

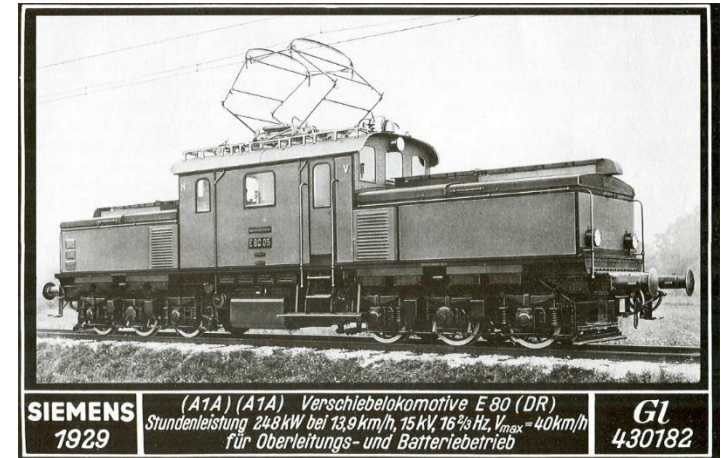
3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.3 Zweikrafttriebfahrzeuge

3.3.1 Einführung & Definition

„Zweikrafttriebfahrzeug“ (2K-Tfz)

- grundsätzliche Idee in D bereits Ende 1920er Jahren umgesetzt
 - DRG E 80
- Entwicklungsschwerpunkt bei Vollbahnen: Zweikraftfahrzeuge für Diesel- und Oberleitungsbetrieb
- frühe Fahrzeugentwicklungen (vorrangig für DC-Netze):
 - Jung ED (Werkbahnlok, D)
 - EMD FL 9 (DE-Diesellok mit Stromabnehmer für OL/Stromschiene, USA)



Fotos: Wikipedia/rapidotrains.com

3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

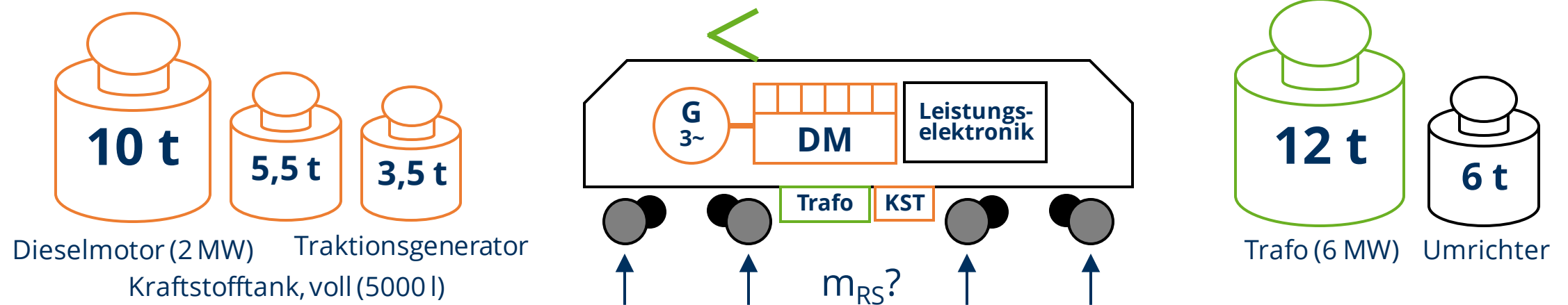
3.3 Zweikrafttriebfahrzeuge

3.3.2 Anforderungen und typische Einsatzfelder

Zielkonflikt:

→ bei AC-Betrieb mit schwerem Trafo (bes. bei 16,7 Hz) und entsprechendem DM schwer vereinbar

Beispiel: Hauptantriebskomponenten f. Tfz mit $P = 2 \text{ MW}$ Diesel, 6 MW elektrisch (Trafo für 15 kV , $16,7 \text{ Hz}$ Netz)



3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.3 Zweikrafttriebfahrzeuge

3.3.2 Anforderungen und typische Einsatzfelder

Einsatz von 2K-Tfz im Personenverkehr (auch Einsatzfälle bei BOStrab):

Einsatz von 2K-Tfz im Güterverkehr:



Foto: © Christopher Gore



Foto: © Robert Pisani



Foto: Wikipedia/Rainer Haufe



Foto: © Captrain

3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

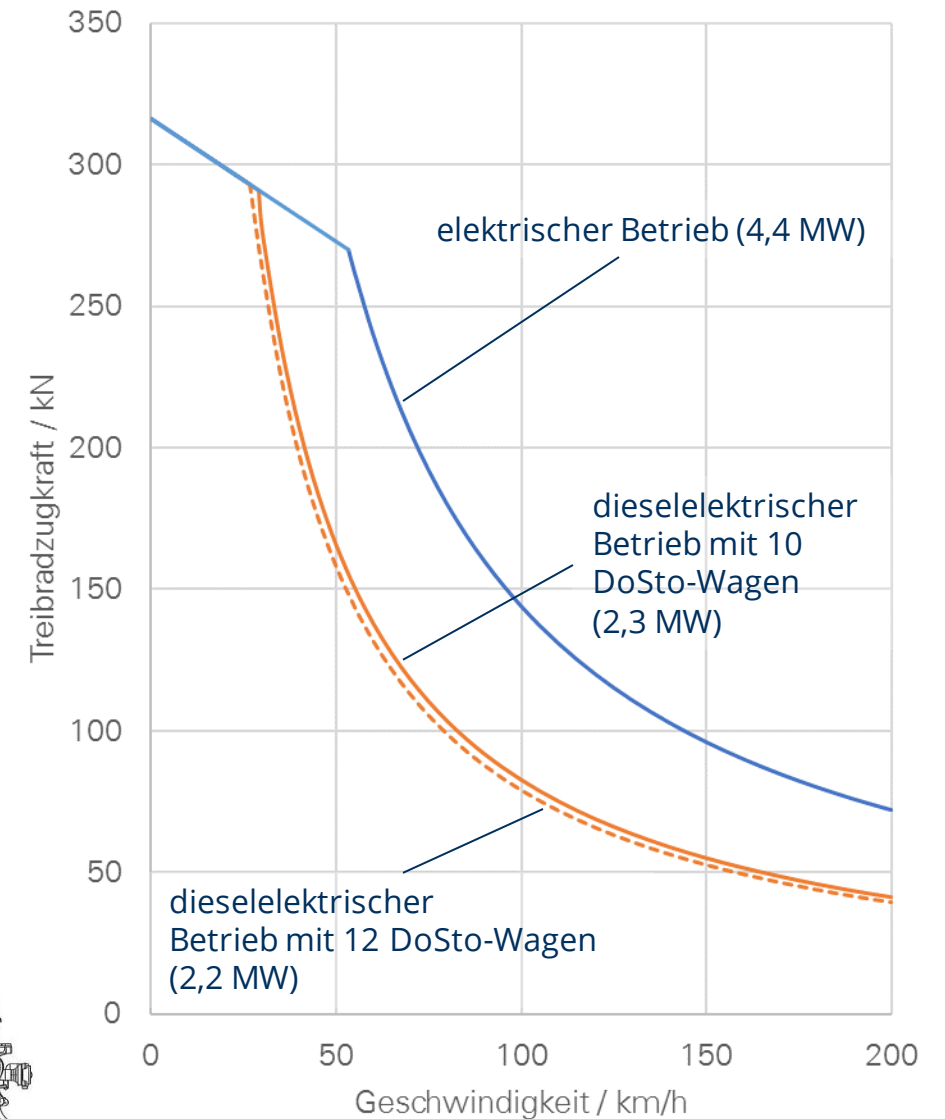
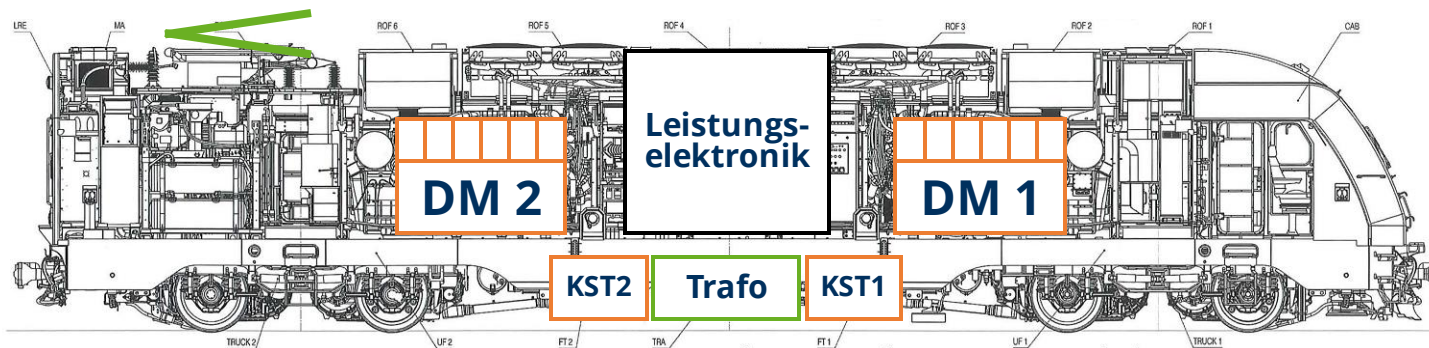
3.3 Zweikrafttriebfahrzeuge

3.3.3 Zweikraft-Streckenlokomotiven

Bombardier ALP 45-DP ($k_{DE} = 0,52$)

— Tfz für Intercity-Personenverkehr (E-Teil für AC Netze)

- Radsatzfolge Bo' Bo'
- $P_{el} = 4400 \text{ kW}$
- $P_{DM} = 2 \times 1567 \text{ kW} = 3134 \text{ kW}$
- $F_Z = 316 \text{ kN}$
- $m_{Tfz} = 128 \text{ t}$, $m_{RS} = 32 \text{ t}$
- $v_{max} = 200 \text{ km/h (el.)}$, $160 \text{ km/h (diesel-el.)}$



3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

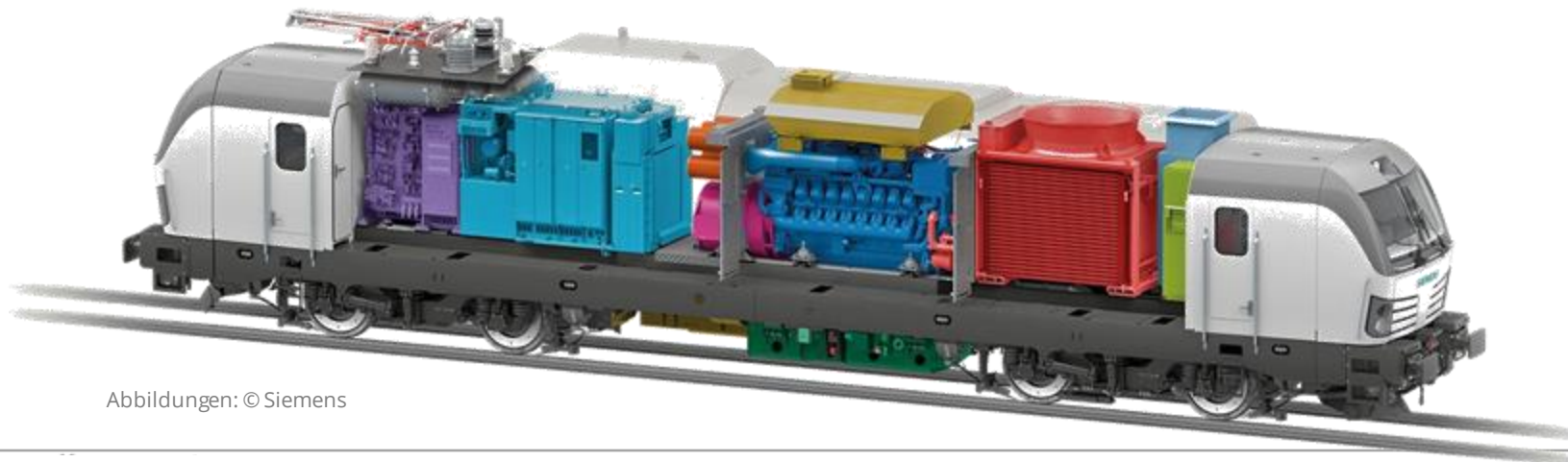
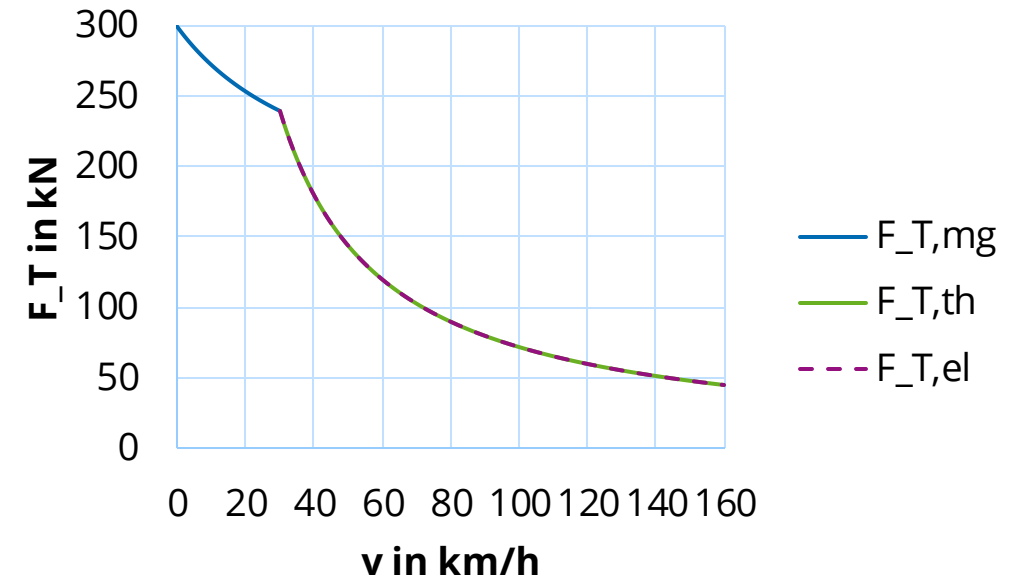
3.3 Zweikrafttriebfahrzeuge

3.3.3 Zweikraft-Streckenlokomotiven

Siemens Vectron Dual Mode ($k_{DE} = 1$)

— Tfz mit gleichberechtigten Antriebsmodi, vorrangig für Gv

- Radsatzfolge Bo'Bo'
- $P_{el} = 2000 \text{ kW}$
- $P_{DM} = 2600 \text{ kW}$
- $F_Z = 300 \text{ kN}$
- $m_{Tfz} = 90 \text{ t}$, $m_{RS} = 22,5 \text{ t}$
- $v_{max} = 160 \text{ km/h}$



Komponenten

- Bremswiderstand
- Zugsicherungsschrank
- Dieselmotor-Kühlanlage
- Dieselmotor
- Partikelfilter
- Verbrennungsluftansaugung
- Generator
- E-Block mit Zentrallüfter und Umschaltgerüst
- Bremsgerüst
- Kraftstoffbehälter
- Haupttransformator
- Stromabnehmer

Abbildungen: © Siemens

3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.3 Zweikrafttriebfahrzeuge

3.3.3 Zweikraft-Streckenlokomotiven

CAF Bitrac CC 3600 ($k_{DE} = 0,65$)

— Tfz für Güterverkehr (E-Teil nur für DC Netze)

- Radsatzfolge Co' Co'
- $P_{el} = 4450 \text{ kW}$
- $P_{DM} = 2 \times 1800 \text{ kW}$ (2900 kW am TR)
- $F_Z = 440 \text{ kN}$
- $m_{Tfz} = 130 \text{ t}$
- $m_{RS} = 21,7 \text{ t}$
- $v_{max} = 120 \text{ km/h}$



Foto: Wikipedia/Ricardo Gómez

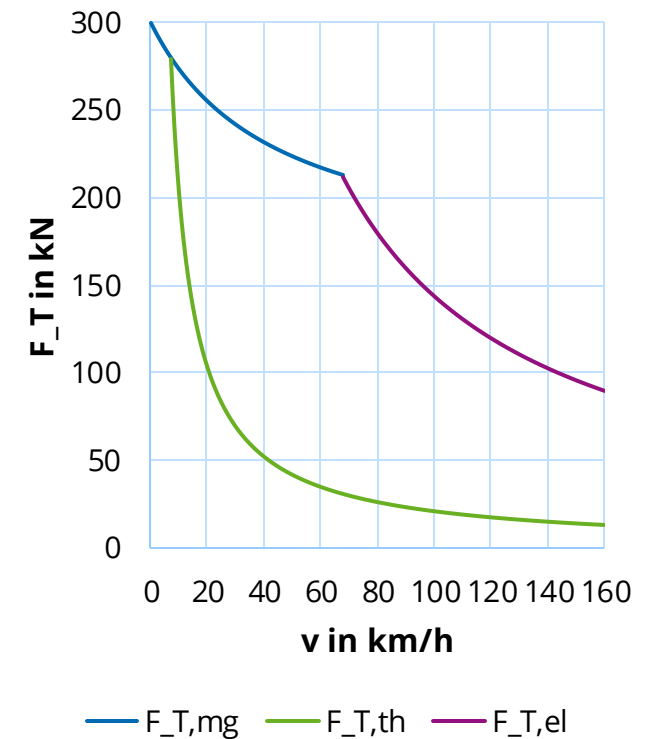


Foto: Martin Kache

Stadler UK Dual Class 88 ($k_{DE} < 0,18$)

— Tfz für Güterverkehr (E-Teil für AC Netze)

- Radsatzfolge Bo' Bo'
- $P_{el} = 4000 \text{ kW}$
- $P_{DM} = 700 \text{ kW}$
- $F_Z = 317 \text{ kN}$
- $m_{Tfz} = 86 \text{ t}$
- $m_{RS} = 21,5 \text{ t}$
- $v_{max} = 160 \text{ km/h}$



3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.3 Zweikrafttriebfahrzeuge

3.3.3 Zweikraft-Streckenlokomotiven

Stadler EuroDual BR 159 ($k_{DE} \approx 0,36$)

— Tfz mit gleichberechtigten Antriebsmodi, vorrangig für Güterverkehr

- Radsatzfolge Co'Co'
- $P_{el} = 6150 \text{ kW}$ (15 kV 16,7 Hz + 25 kV 50 Hz)
- $P_{DM} = 2800 \text{ kW}$
- $F_Z = 500 \text{ kN}$
- $m_{Tfz} = 123 \text{ t}$, $m_{RS} = 20,5 \text{ t}$
- $v_{max} = 120 \text{ km/h}$
- Kraftstoffvorrat: 3500 l

Dieselmotoren-Leistung am Rad abgeschätzt
mit Wirkungsgrad der LÜ $\eta_{LÜ} = 85 \%$
Hilfsleistungsfaktor $\psi = 8 \%$
→ ca. 2200 kW

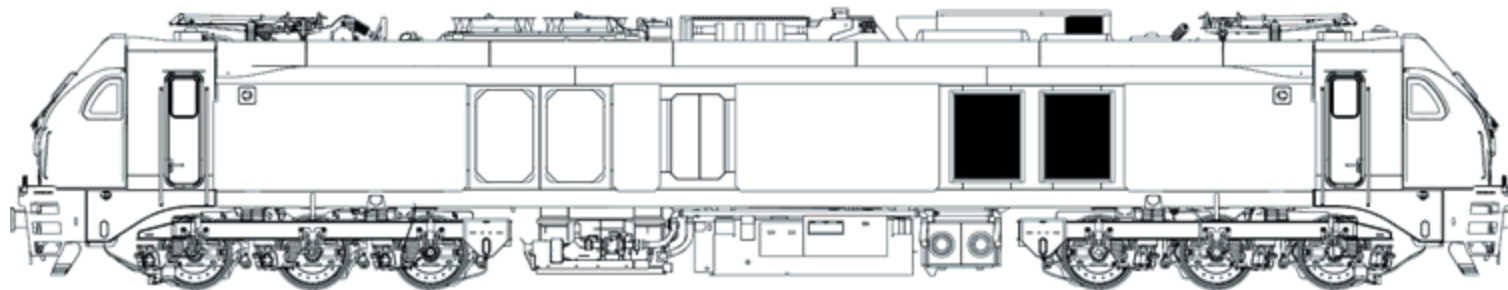
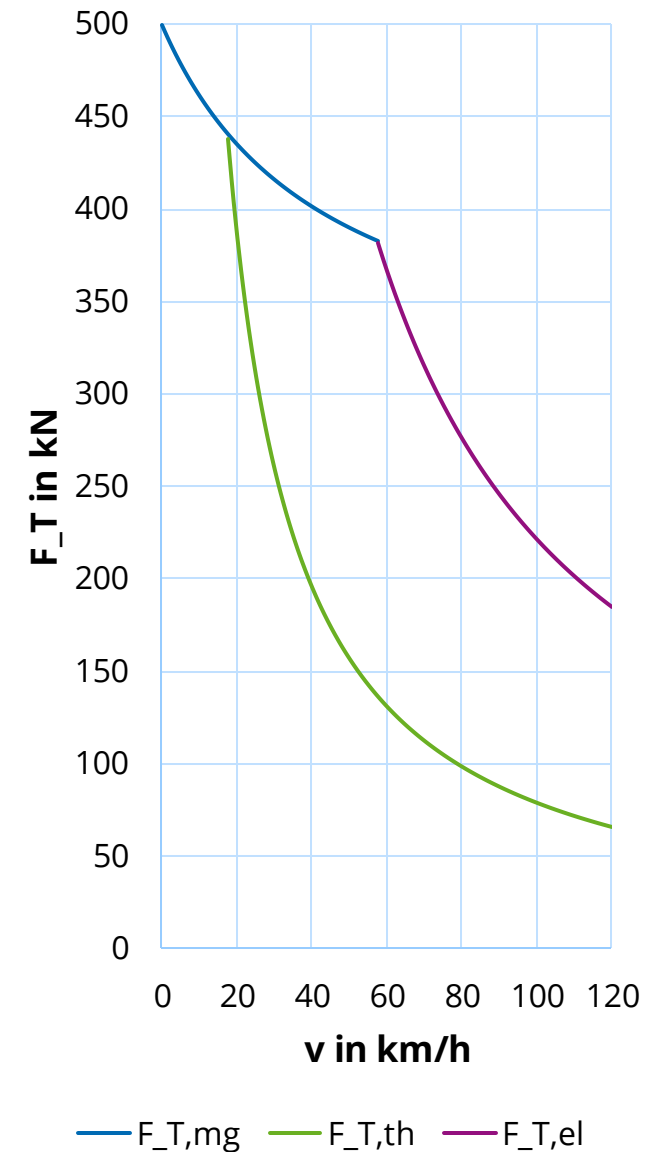


Abbildung: © stadlerail.com



3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.3 Zweikrafttriebfahrzeuge

3.3.4 „Last-Mile“- und Rangiertriebfahrzeuge mit Zusatzaggregat

Aufgabe:

Eine zu projektierende el. Streckenlokomotive soll ein Last-Mile Aggregat erhalten. Welche Dieselmotorleistung ist für folgende Schleppaufgabe (in der Ebene) nötig?

- $v = 20 \text{ km/h}$
- $m_W = 2000 \text{ t}$
- $F_{WFW} (20 \text{ km/h}) \approx 25 \text{ kN}$
- $F_{WFT} (20 \text{ km/h}) \approx 5 \text{ kN}$ (Referenz: BR 145)

Randbedingungen des Antriebs:

Wirkungsgrad der LÜ $\eta_{LÜ} = 85 \%$
Hilfsleistungsfaktor $\psi = 8 \%$

1) **Selbstversuch - Schätzen Sie!**

2) **Berechnen Sie** die erforderliche Leistung

$$P_{DM,T} = F_{T,erf} \cdot v = \frac{F_{WFT} + F_{WFW}}{\eta_{LÜ} \cdot (1 - \psi)} \cdot \frac{v}{3,6} \quad v \text{ in } \frac{\text{km}}{\text{h}}; F \text{ in kN}$$

3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.3 Zweikrafttriebfahrzeuge

3.3.4 „Last-Mile“- und Rangiertriebfahrzeuge mit Zusatzaggregat

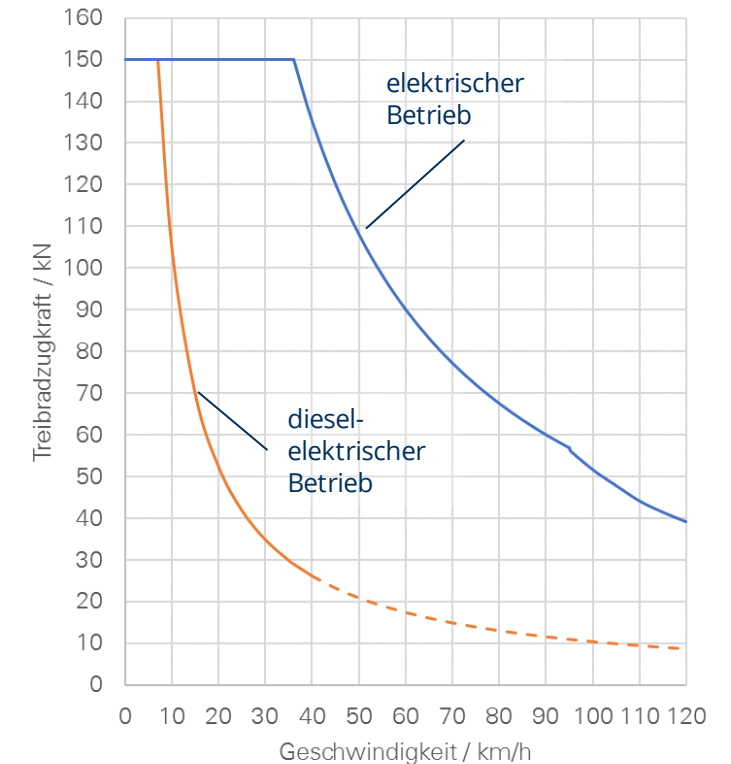
Stadler SBB Eem 923 ($k_{DE} = 0,19$)

— Rangierlok für leichten Streckendienst

- Radsatzfolge Bo'
- $P_{el} = 1500 \text{ kW}$
- $P_{DM} = 360 \text{ kW}$ (290 kW am Treibrad)
- $F_Z = 150 \text{ kN}$
- $m_{Tfz} = 45 \text{ t}$
- $m_{RS} = 22,5 \text{ t}$
- $v_{max} = 120 \text{ km/h}$
- E-Teil für 15 kV/16,7 Hz, 25 kV/50 Hz



Foto: Martin Kache



3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.3 Zweikrafttriebfahrzeuge

3.3.4 „Last-Mile“- und Rangiertriebfahrzeuge mit Zusatzaggregat

Bombardier TRAXX 3 Last Mile ($k_{DE} = 0,02$)

— Universal-E-Lok (AC/MS) mit DE-Zusatzaggregat

- Radsatzfolge Bo' Bo'
- $P_{el} = 5600 \text{ kW}$
- $P_{DM} = 230 \text{ kW}$ (132 kW am Treibrad)
- $F_Z = 300 \text{ kN}$
- $m_{Tfz} = 87 \text{ t}$
- $m_{RS} = 21,7 \text{ t}$
- $v_{max} = 120 \text{ km/h}$, 50 km/h (LM)



Foto: © Bombardier

Siemens VR-Baureihe Sr3 ($k_{DE} < 0,06$)

— Universal-E-Lok (AC) mit DE-Zusatzaggregat

- Radsatzfolge Bo' Bo'
- $P_{el} = 6400 \text{ kW}$
- $P_{DM} = 2 \times 180 \text{ kW} = 360 \text{ kW}$
- $F_Z = 350 \text{ kN}$
- $m_{Tfz} = 90 \text{ t}$
- $m_{RS} = 22,5 \text{ t}$
- $v_{max} = 200 \text{ km/h}$



Foto: Martin Kache

3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.3 Zweikrafttriebfahrzeuge

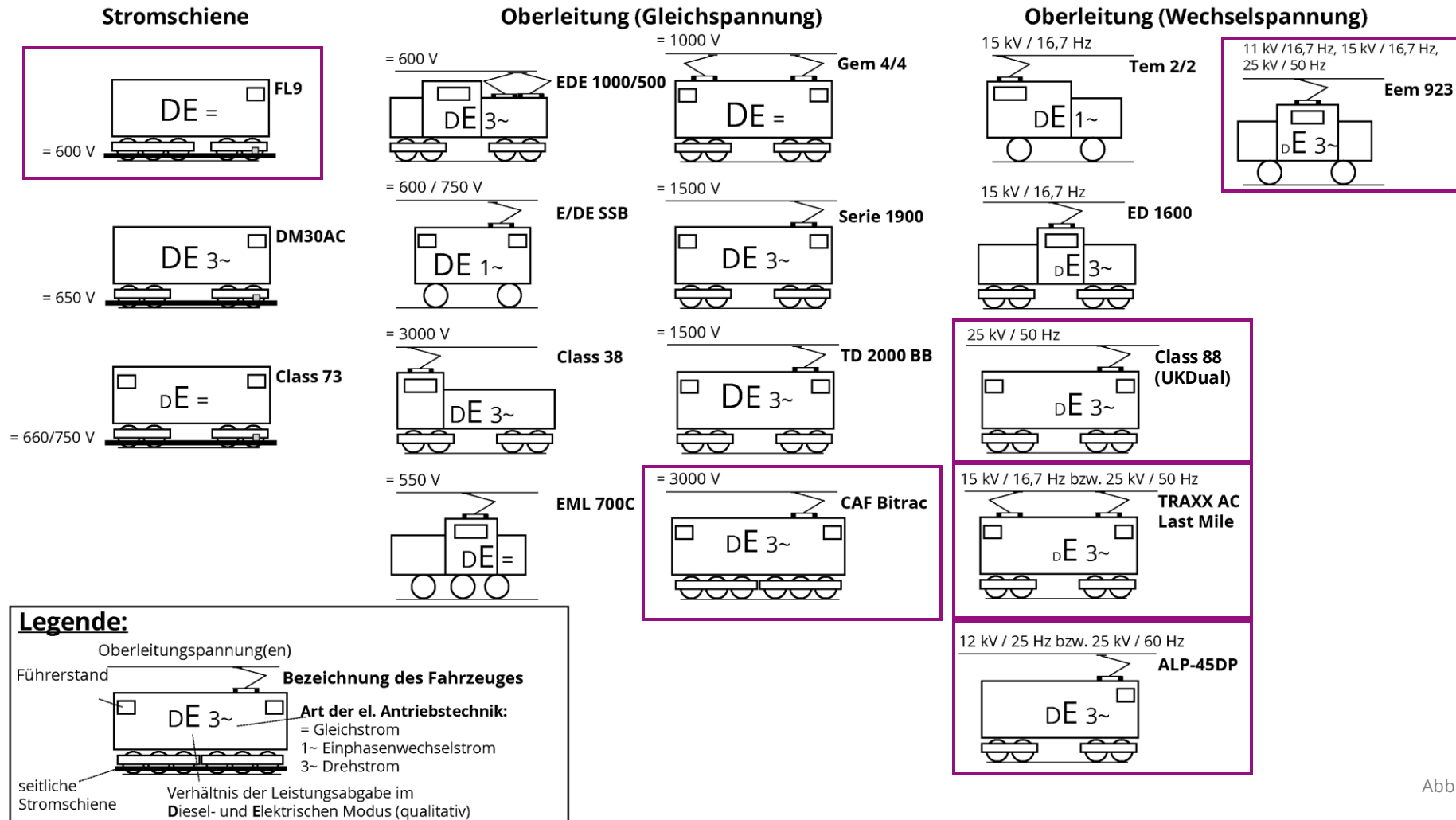


Abbildung: Martin Kache

3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.3 Zweikrafttriebfahrzeuge



Abbildung: Martin Kache

3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.3 Zweikrafttriebfahrzeuge

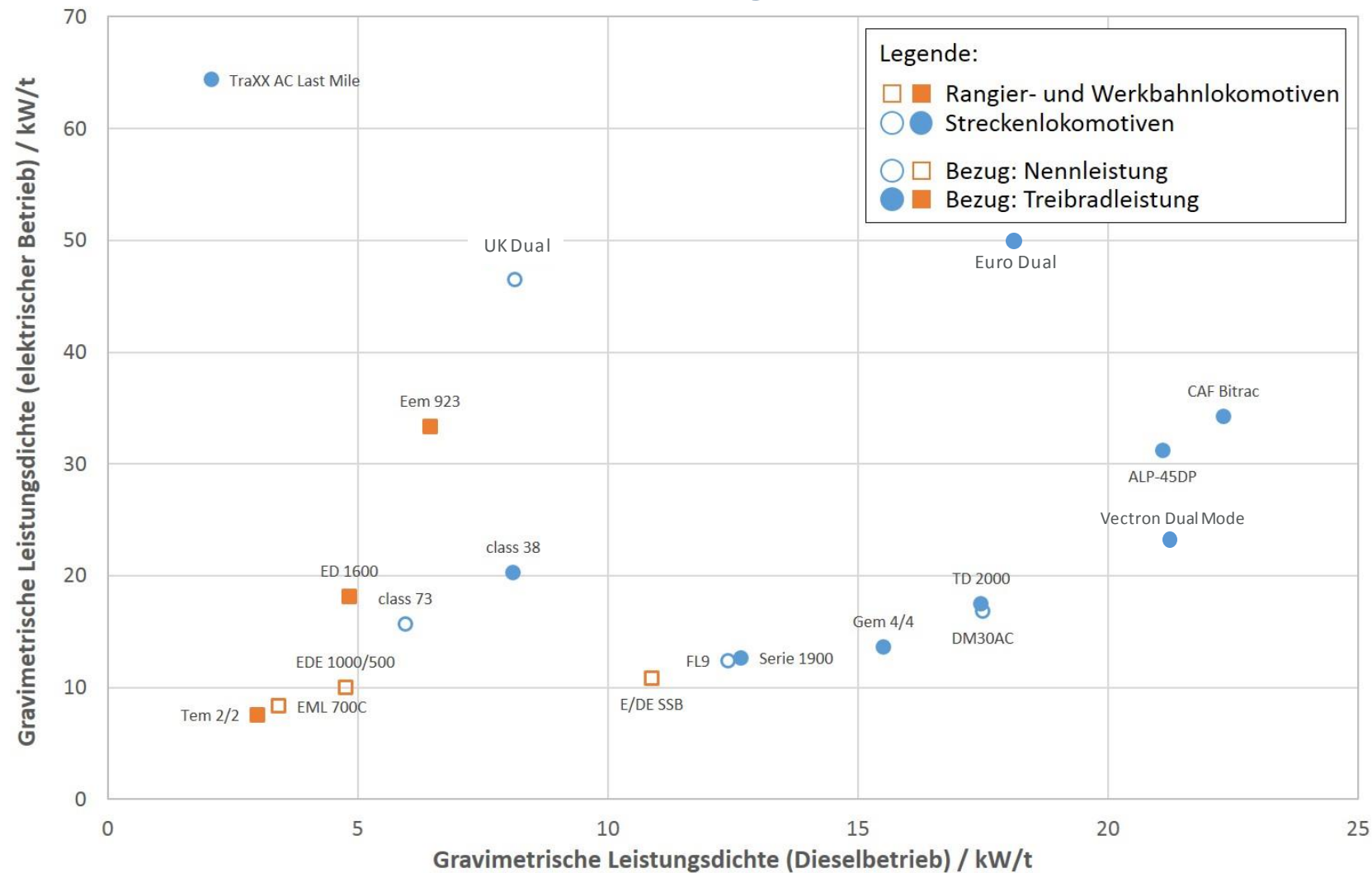


Abbildung: Martin Kache

3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.3 Zweikrafttriebfahrzeuge

3.3.5 Zweikrafttriebzüge

Bombardier AGC Bibi (SNCF B 81500 und B 82500) ($k_{DE} = 0,70$)

- 2K-Regionaltriebzug (3- o. 4-tlg. Gliederzug)
- Radsatzfolge Bo' 2' 2' Bo' bzw. Bo' 2' 2' 2' Bo'
- $P_{el} = 1300 \text{ kW (DC), 1900 \text{ kW (AC)}$
- $P_{DM} = 2 \times 662 \text{ kW}$
- $v_{max} = 160 \text{ km/h}$
- E-Teil für 1,5 kV DC (B 81500) bzw. 1,5 kV + 25 kV/50 Hz AC (B 82500)

Beispiel: Paris-Troyes

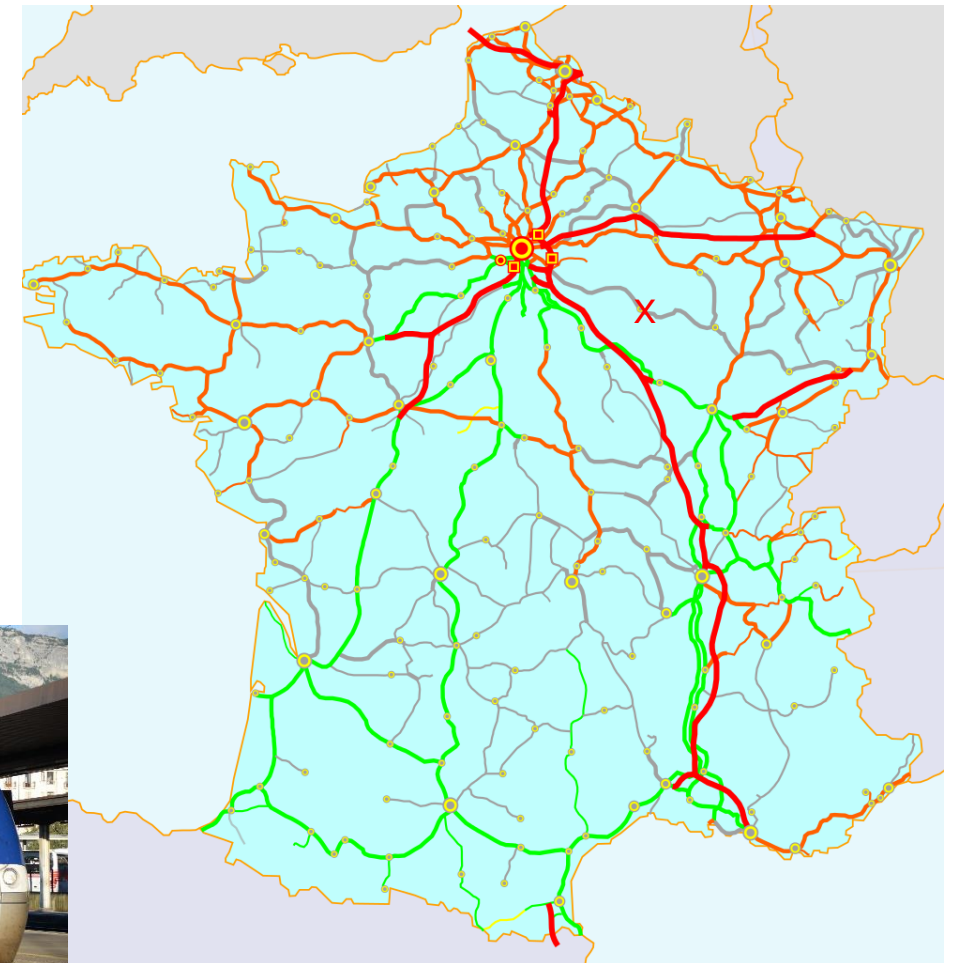
Gesamtlänge: 166,2 km
davon elektrifiziert: 38,3 km

Kraftstoffeinsparung durch Einsatz
von Zweikraftfahrzeugen: 27% (ca. 72 l)

Reduktion CO₂-Ausstoß: 25% (175 kg)
bezogen auf „Strommix“ im frz. Bahnstromnetz



Foto: Martin Kache



- 1500 V DC
- 25 kV/50 Hz
- 25 kV/50 Hz HGV

3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.3 Zweikrafttriebfahrzeuge

3.3.5 Zweikrafttriebzüge

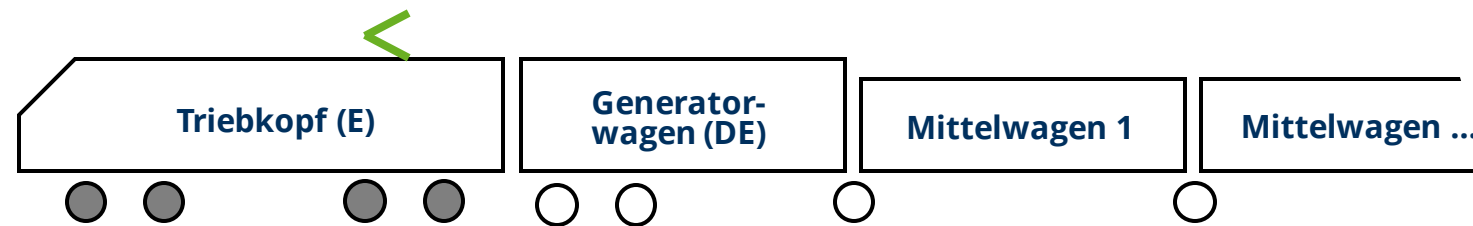
Talgo/Bombardier RENFE BR 730 ($k_{DE} < 0,5$)

— 2K+2-System HGV-Zug

- Zugkonf. TK+GW+9 MW+GW+TK
- P_{el} = 2x 2400 kW (AC), 2x 2000 kW (DC)
- P_{DM} = 2x 1200 kW
- V_{max} = 250 km/h (AC), 220 km/h (DC), 180 km/h (DE-Modus)
- E-Teil für 25 kV/50 Hz AC, 3 kV DC



Foto: Wikipedia/David Gubler



3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.3 Zweikrafttriebfahrzeuge

3.3.5 Zweikrafttriebzüge

Hitachi AT300 (BR Class 800/802)

— 2K HGV-Zug (jeweils 5- bzw. 9-teilig)

	BR Class 800	BR Class 802
Konfig.		S+A+A+A+S(5-T) S+A+A+M+A+M+A+A+S(9-T)
P_{el}		2712 kW (5-T) 4520 kW (9-T)
P_{DM}	3x 700 kW (5-T) 4x 700 kW (9-T)	3x 700 kW (5-T) 5x 700 kW (9-T)
k_{DE}	< 0,77 (5-T) < 0,62 (9-T)	< 0,77
V_{max}		200 km/h
E-Teil		25 kV/50 Hz AC

S ... Steuerwagen
A... angetriebener Mittelwagen
M... Mittwagen o. Antrieb



Foto: Wikipedia/Rsa

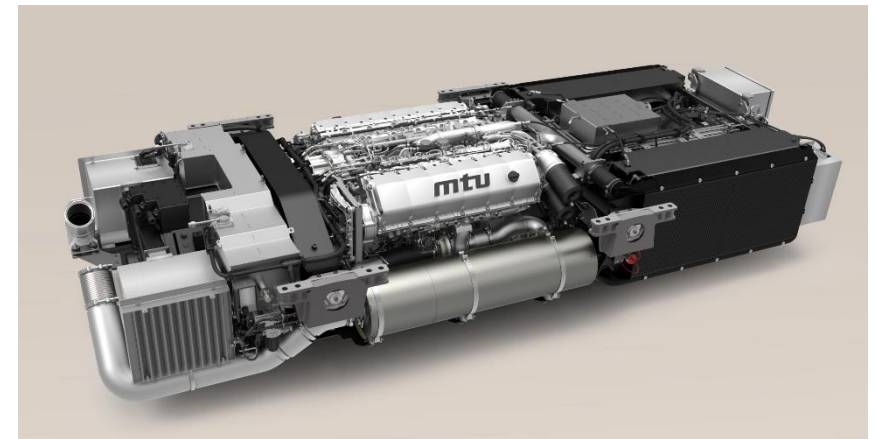


Abbildung: © MTU