



Zugkraftherzeugung bei elektrischen Triebfahrzeugen



Fahrdynamische Charakterisierung der Elektrotraktion

„Altbau“-Fahrzeuge

Gleichstrom-
Reihenschluss-Motoren



Mischstrom-Motor



Wechselstrom-
Reihenschluss-Motor



- Produktionsjahre: 1960 - 1994
- ggf. gestufte Zugkraftregelung
- Kurzzeit- vs. Dauerleistung
- nicht rückspeisefähig
- $F_{T,max}$: ca. 50...75 kN / Radsatz
- Leistung: 0,9...1,3 MW/Radsatz
- keine Leistungskonstanz

vs.

„Neubau“-Fahrzeuge

**Drehstrom-
Asynchron-Motor**



**Drehstrom-
Synchron-Motor**



- Produktionsjahre: 1980 - heute
- stufenlose Zugkraftregelung
- Kurzzeit- \approx Dauerleistung
- rückspeisefähig
- hohe Kraftschlussausnutzung
- $F_{T,max}$: ca. 70...80 kN / Radsatz
- Leistung: 1,0...1,6 MW/Radsatz
- Leistungskonstanz erreichbar

höherer Wirkungsgrad
höherer Leistungsfaktor

Zugkraftdiagramm „Altbau“-Fahrzeug

Konventionelle Antriebstechnik, Beispiel BR 143

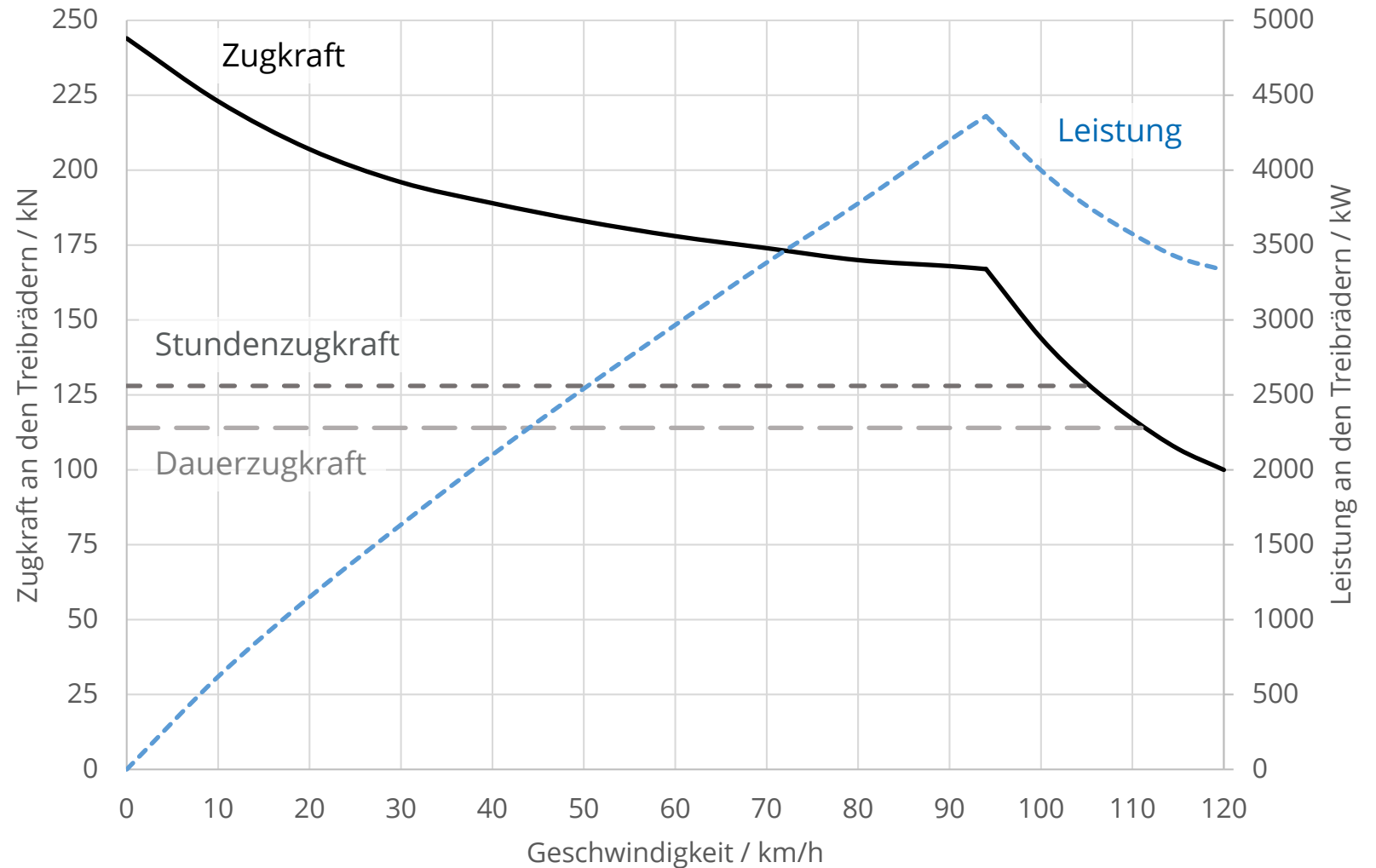


Baujahre: 1982 - 1991

stufenlose Zugkrafteinstellung
durch Thyristor-Anschnitt-
Steuerung

maximale Kraftschlussausnutzung
 $\tau = 0,33$

Nennleistung: 4220 kW
Stundenleistung: 3720 kW
Dauerleistung: 3540 kW



Zugkraftdiagramm „Altbau“-Fahrzeug

Konventionelle Antriebstechnik, Beispiel BR 111

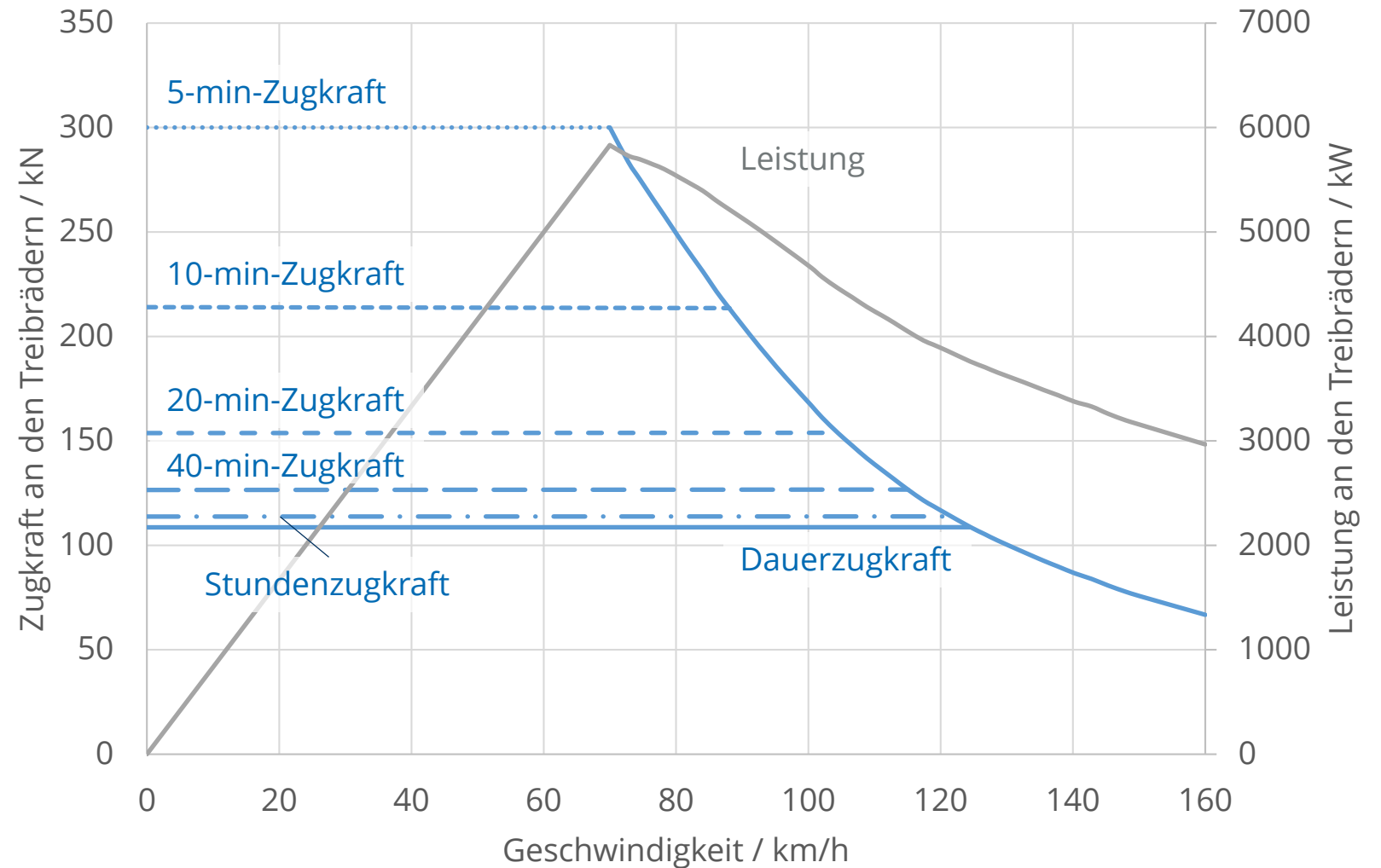


Baujahre: 1974 - 1984

28 Fahrstufen (Schaltwerk)

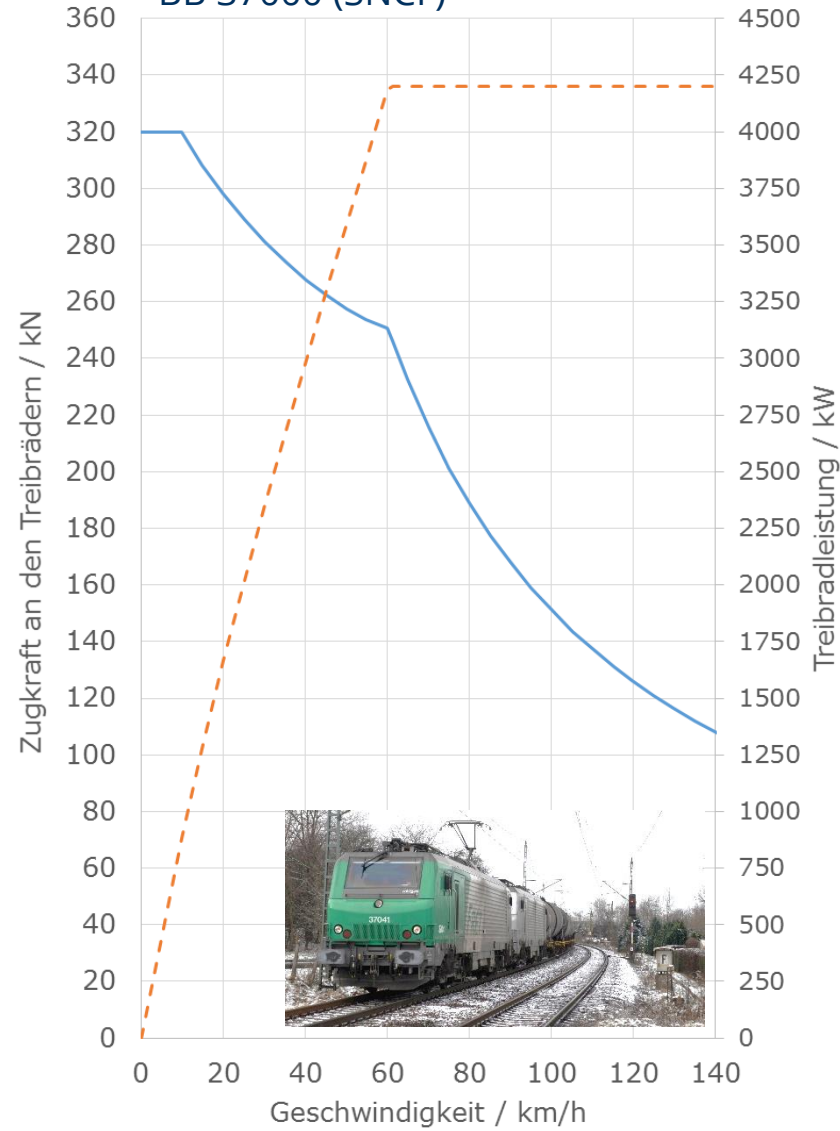
maximale Kraftschlussausnutzung
 $\tau = 0,33$

Stundenleistung: 3700 kW
Dauerleistung: 3620 kW

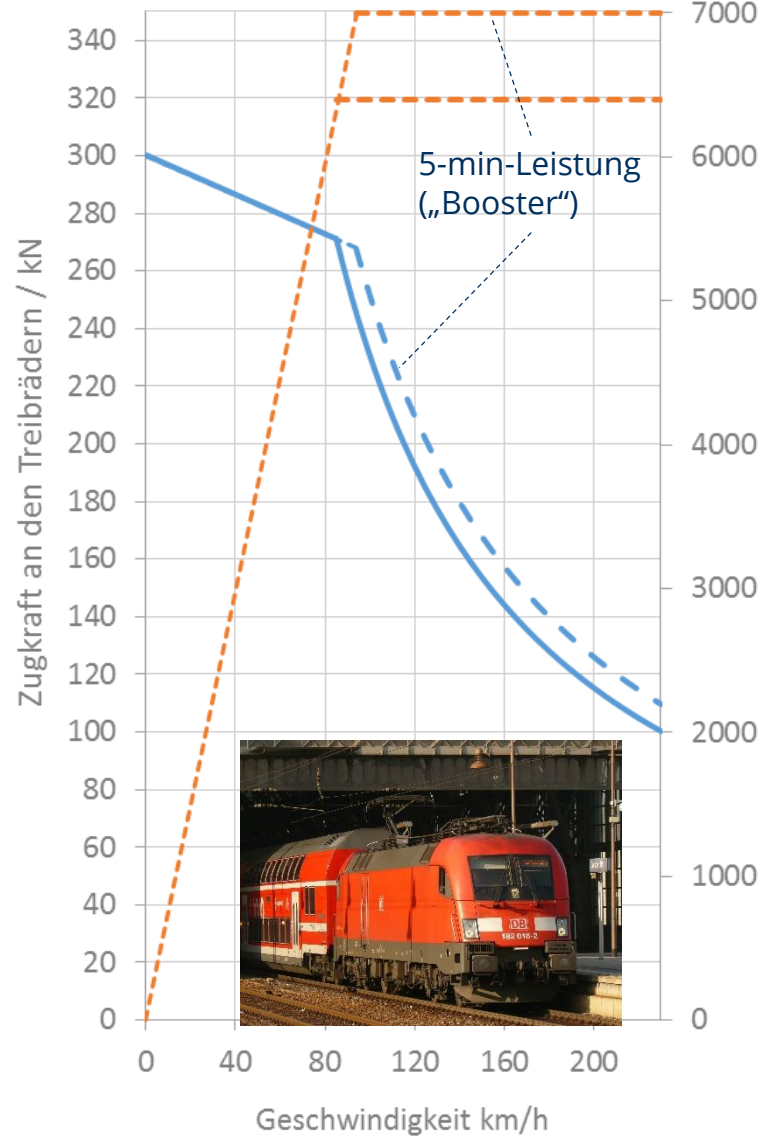


Zugkraftdiagramme Drehstromtriebfahrzeuge

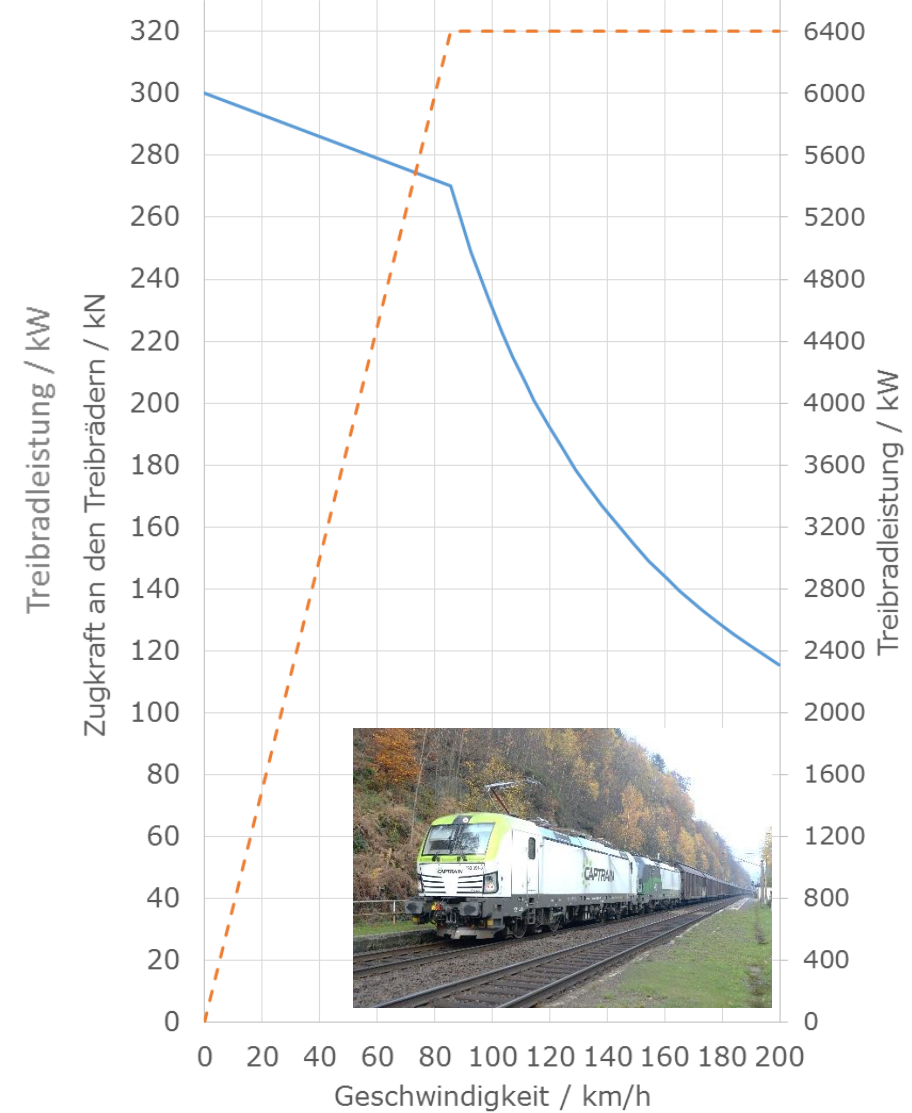
BB 37000 (SNCF)



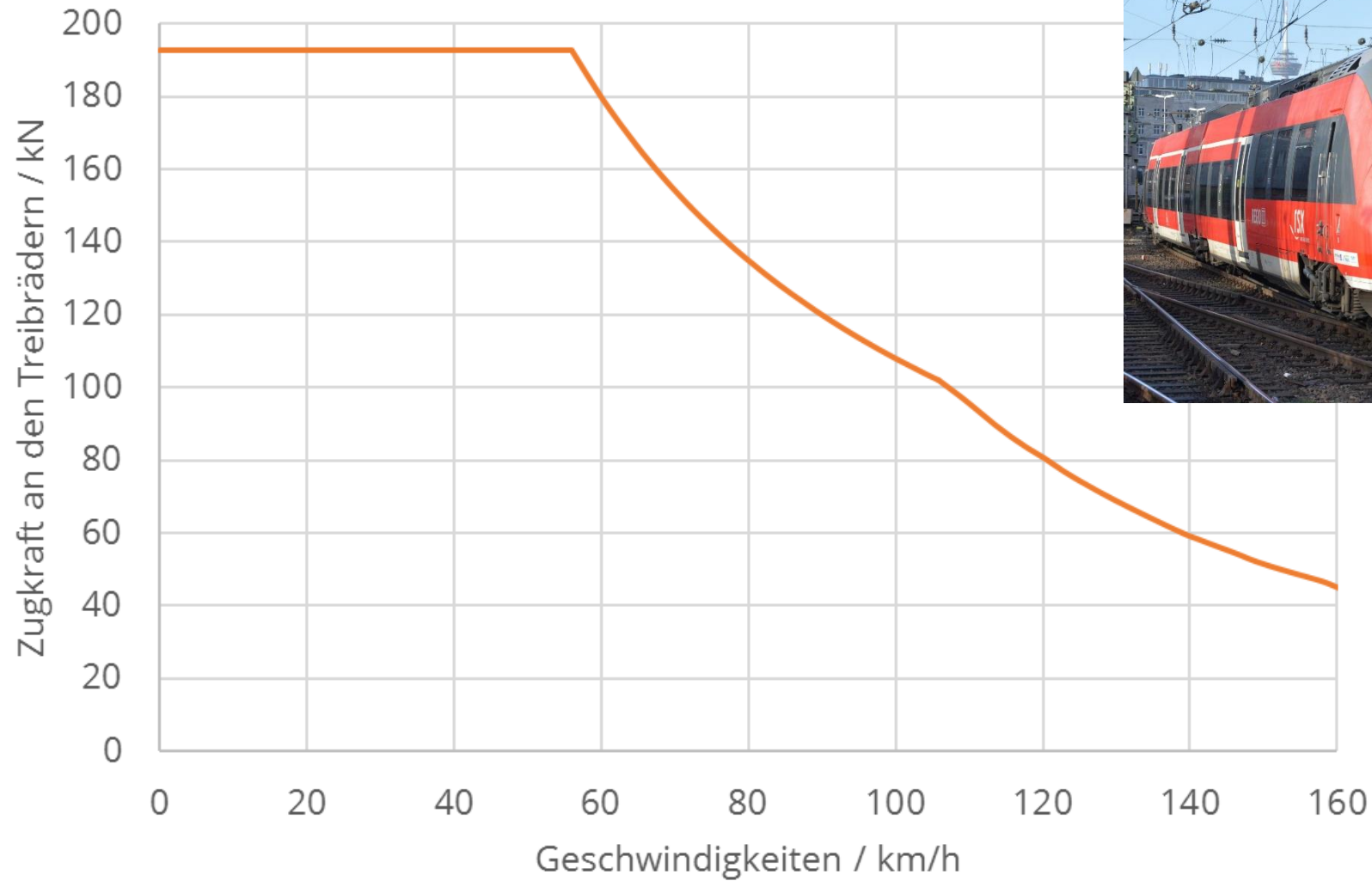
BR 182 (DB AG)



BR 193 (Siemens Vectron)



Zugkraftdiagramme Drehstromtriebfahrzeuge

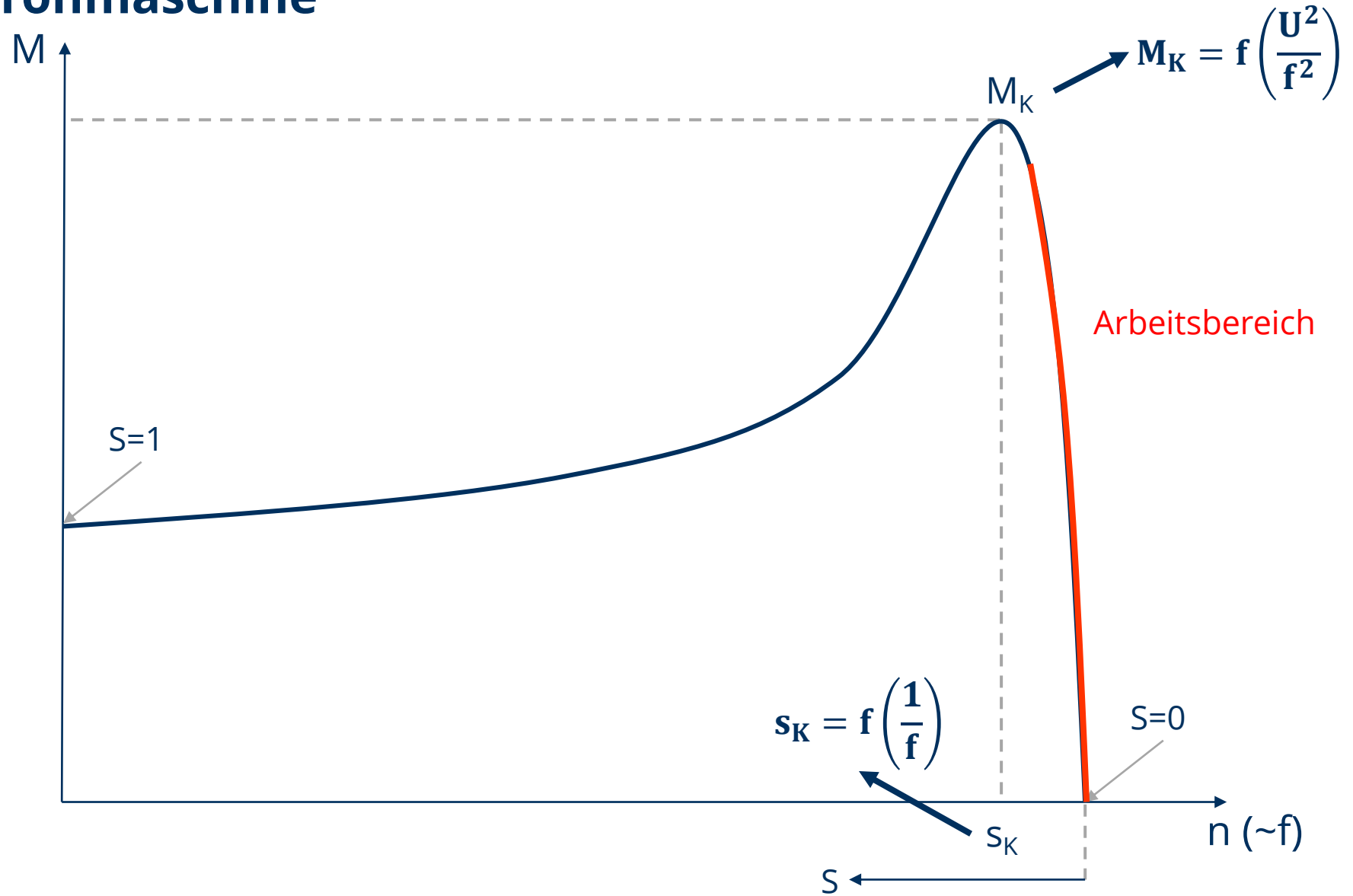


BR 442.2 (Talent 2, 4teilig.)

Woher kommt die zweite Unstetigkeit im Zugkraft-Verlauf?

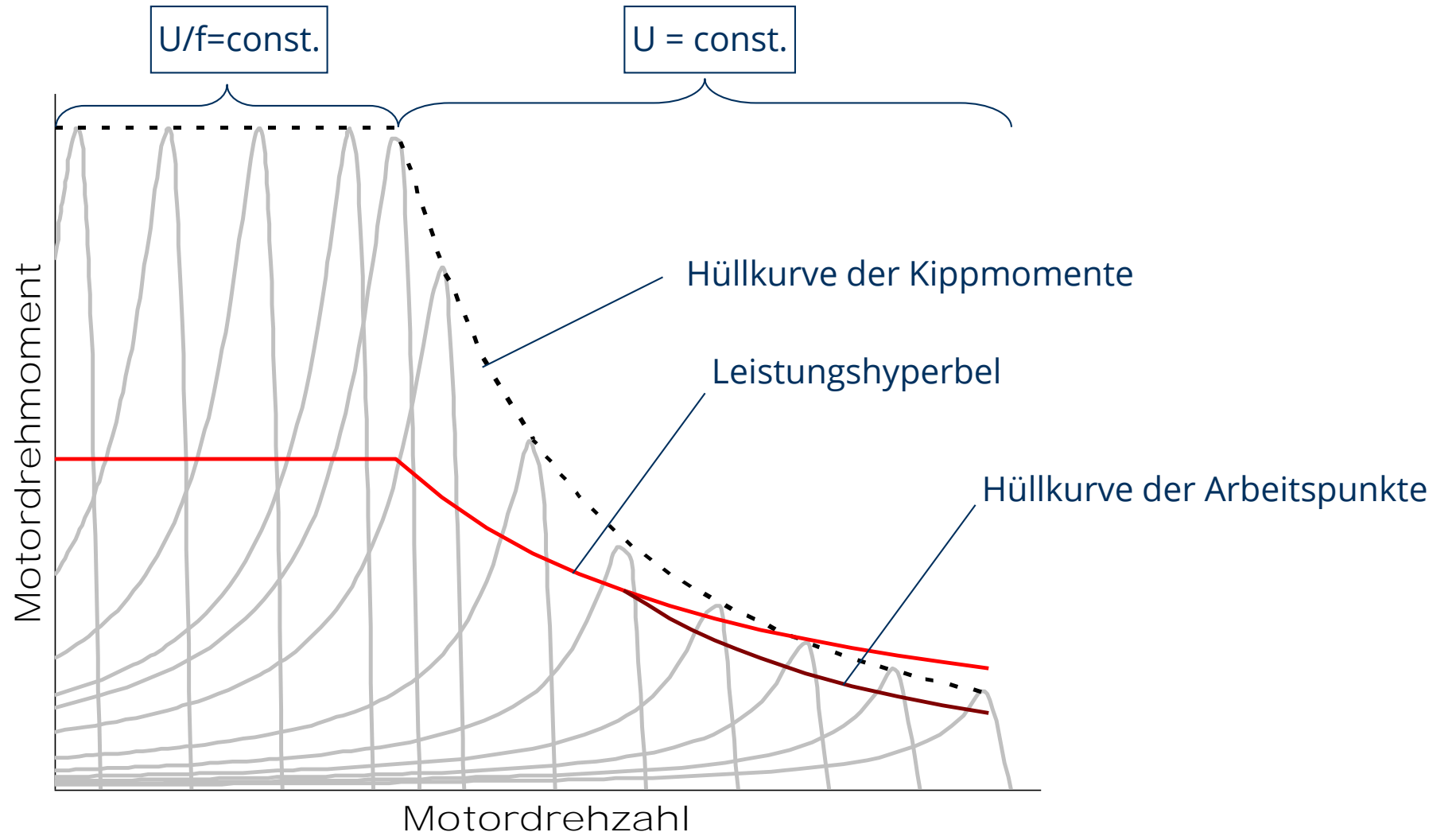
Drehstromasynchronmaschine

Betriebsverhalten



Drehstromasynchronmaschine

Betriebsverhalten



Zugkraftentwicklung von Mehrsystemtriebfahrzeugen

Dreisystem-Zug TGV POS der SNCF



25 kV, 50 Hz:

9,28 MW

15 kV, 16,7 Hz:

6,68 MW

1,5 kV DC:

3,58 MW

Mehrsystem-Ellok BB 22200 der SNCF



25 kV, 50 Hz:

4,4 MW

1,5 kV DC:

4,4 MW

Mehrsystem-Ellok BR 189



25 kV, 50 Hz:

6,4 MW

15 kV, 16,7 Hz:

6,4 MW

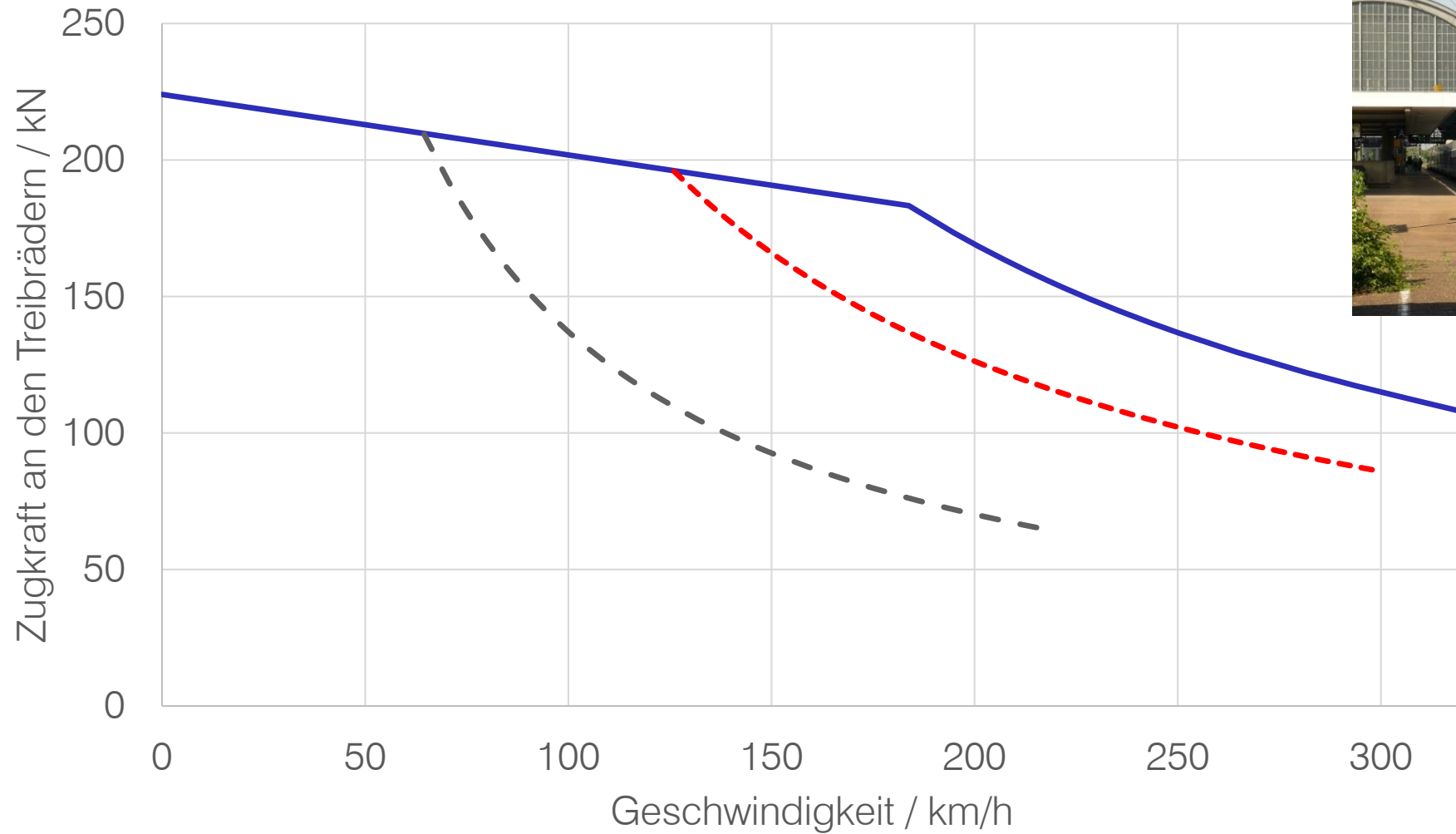
3 kV DC:

6,0 MW

1,5 kV DC:

4,5 MW

Zugkraftentwicklung von Mehrsystemtriebfahrzeugen



TGV POS

— 25kV/50Hz - - - 15kV/16,7Hz - - 1,5kV



Zusatz: Zugkrafterzeugung bei unkonventionellen Triebfahrzeugen



Zugkraftdiagramm Zweikraftfahrzeug

Bsp.: BR 187
(Bombardier Traxx 3 Lastmile)

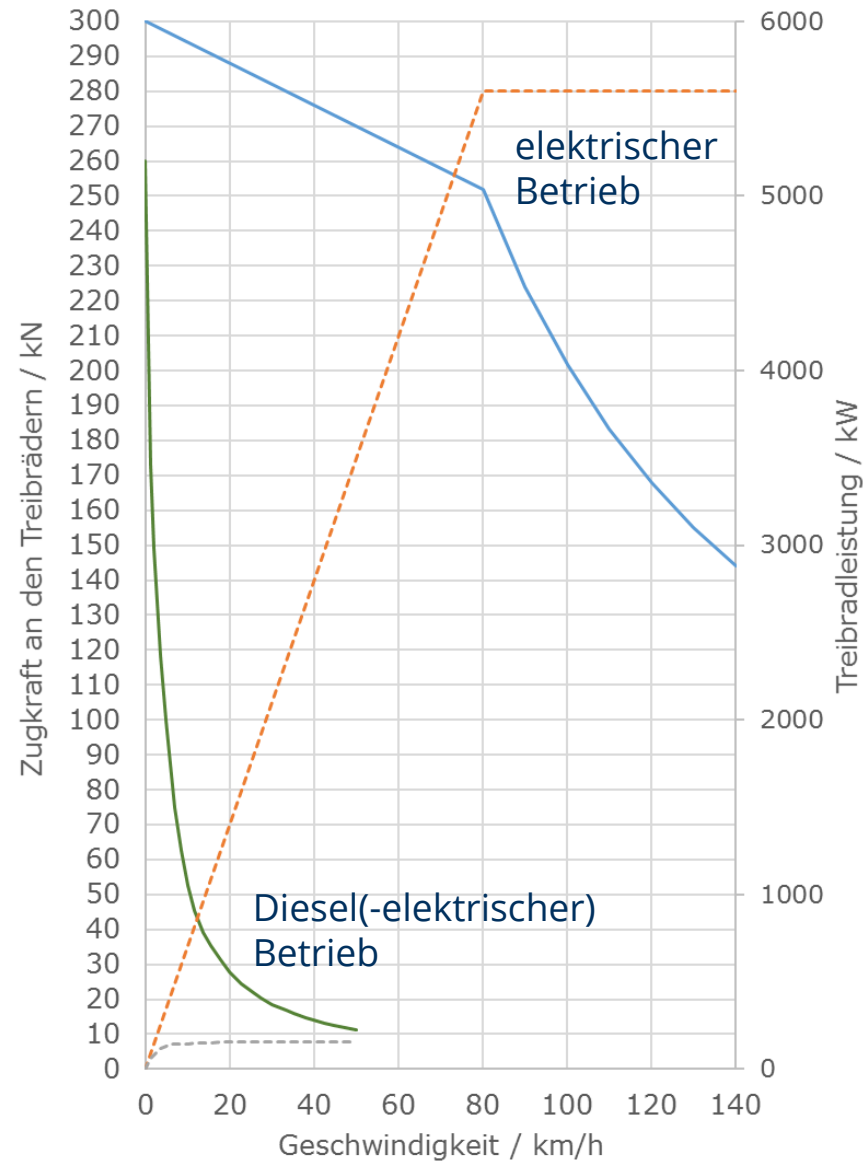


Zweikrafttriebfahrzeug:

Umschaltung zwischen zwei Antriebsmodi möglich

Varianten:

Diesel / Elektrisch
Akku-Elektrisch / Elektrisch



weitere Beispiele:

B 81500 und B82500 (SNCF)



$P_{\text{elektrisch}} = 1,9 \text{ MW}$
 $P_{\text{Diesel}} = 1,3 \text{ MW}$

B 83500, B 84500 + B 85900 (SNCF)



$P_{\text{elektrisch}} = 1,70 \dots 2,6 \text{ MW}$
 $P_{\text{Diesel}} = 0,85 \dots 1,3 \text{ MW}$

Zugkraftdiagramm Zweikraftfahrzeug

Bsp.: Bombardier ALP-45DP



Foto:
Adrian Corus



Foto:
Michael Berry



Foto:
Adrian Corus

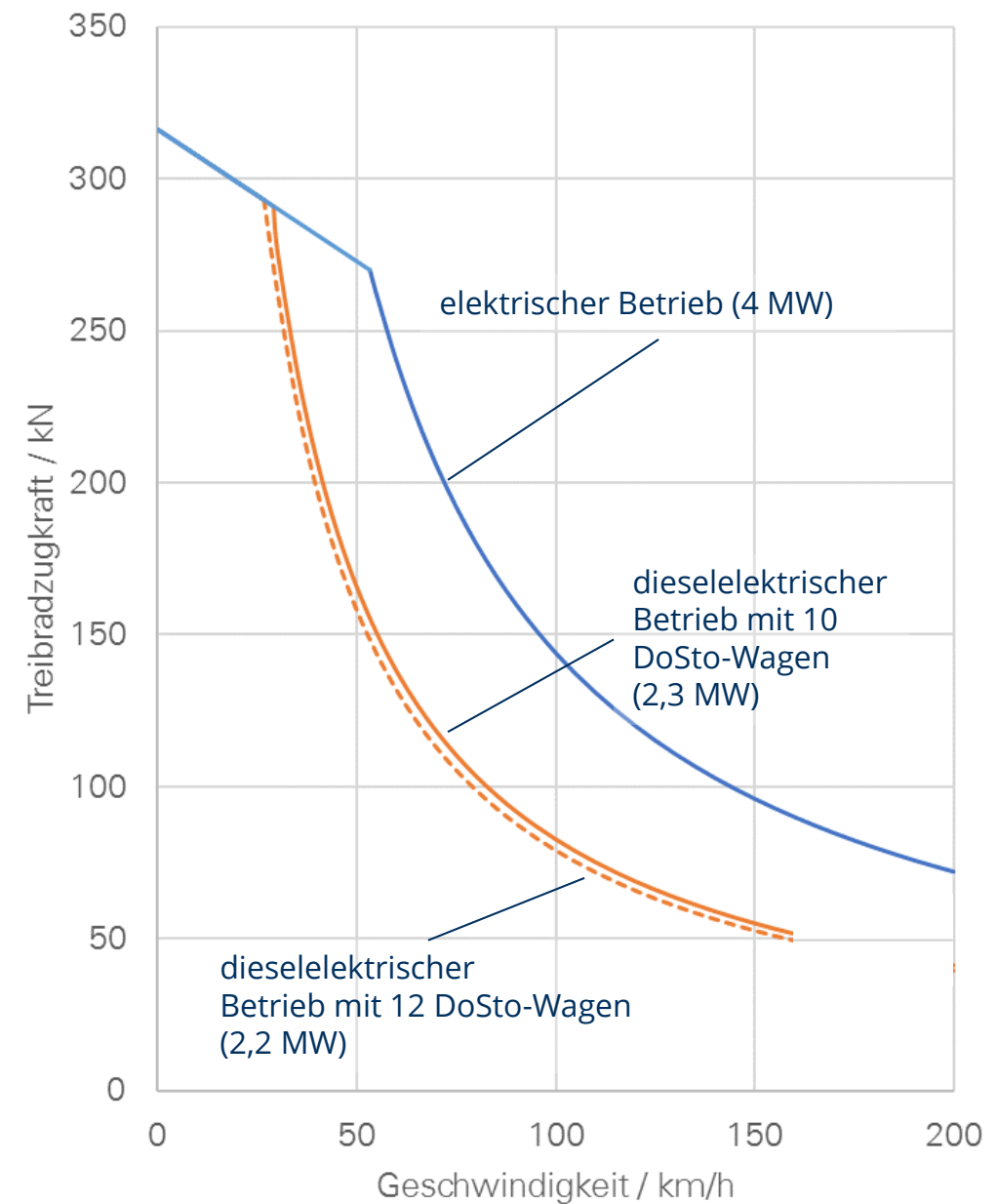


Foto:
Nicolas Houde

Zugkraftdiagramm Zweikraftfahrzeug

Bsp.: Bombardier ALP-45DP

Betreiber:	New Jersey Transit Agence Métropolitaine de Transport (Montréal)
Radsatzanordnung:	Bo' Bo'
Höchstgeschwindigkeit:	200 km/h (elektrisch), 160 km/h (diesel-elektrisch)
Treibradleistung (elektrisch):	4400 kW
Dieselmotorleistung:	2 x 1567 kW = 3134 kW
Gesamtmasse:	128 t
Radsatzfahrmasse:	32 t
Anfahrzugkraft:	316 kN
elektrische Bremskraft:	150 kN
Leistung Bremswiderstand:	1300 kW
Netzspannung:	25 kV/ 60 Hz und 12 kV/ 25 Hz



Hybridlok

Beispiel: Gmeinder DE 75 BB Hybrid



$P_{DM} = 354 \text{ kW}$
 $P_{T,max} = 600 \text{ kW}$
 $P_{T,Bat} = 300 \text{ kW}$

