

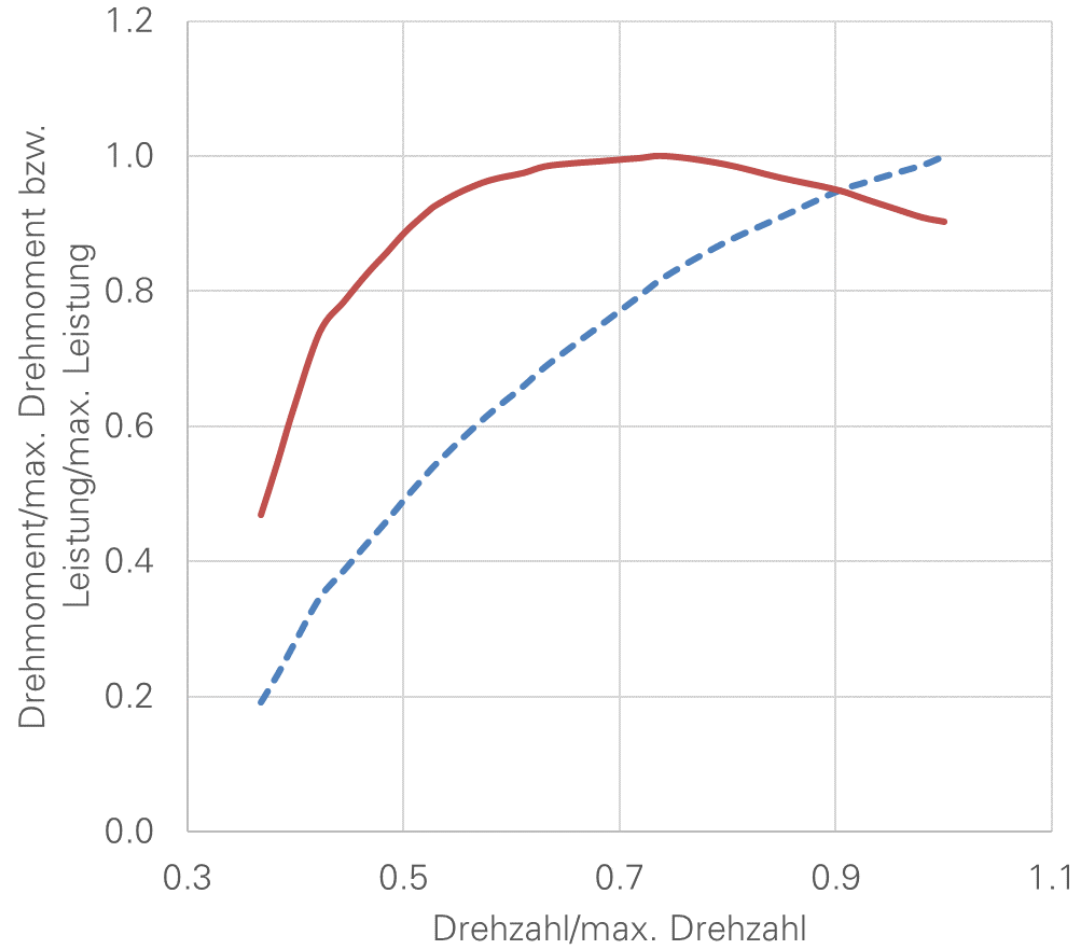
Dipl.-Ing. Tobias Bregulla
Professur für Elektrische Bahnen

Fahrdynamik für Verkehrsingenieure

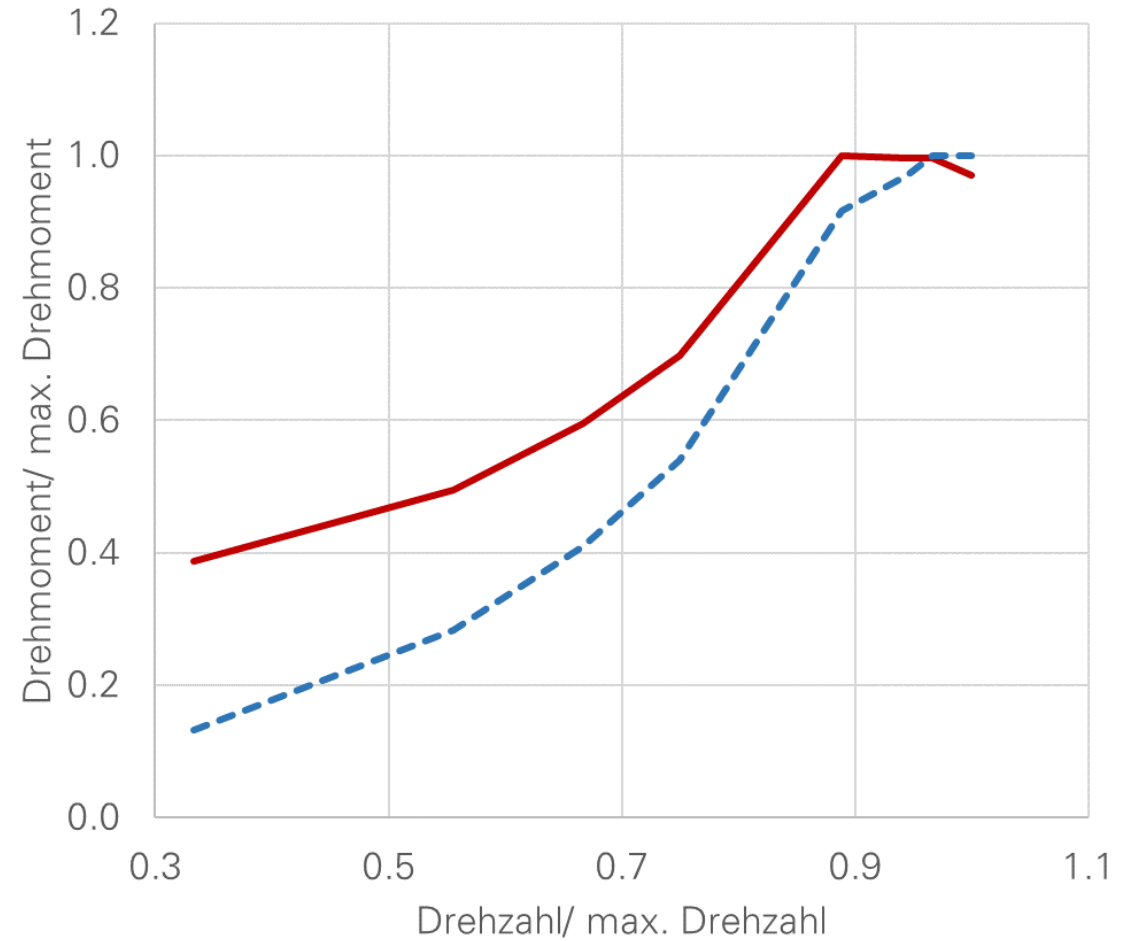
VL 04: Fahrdynamische Charakteristiken

Sommersemester 2022

Leistungs- und Drehmomentcharakteristik von Dieselmotoren

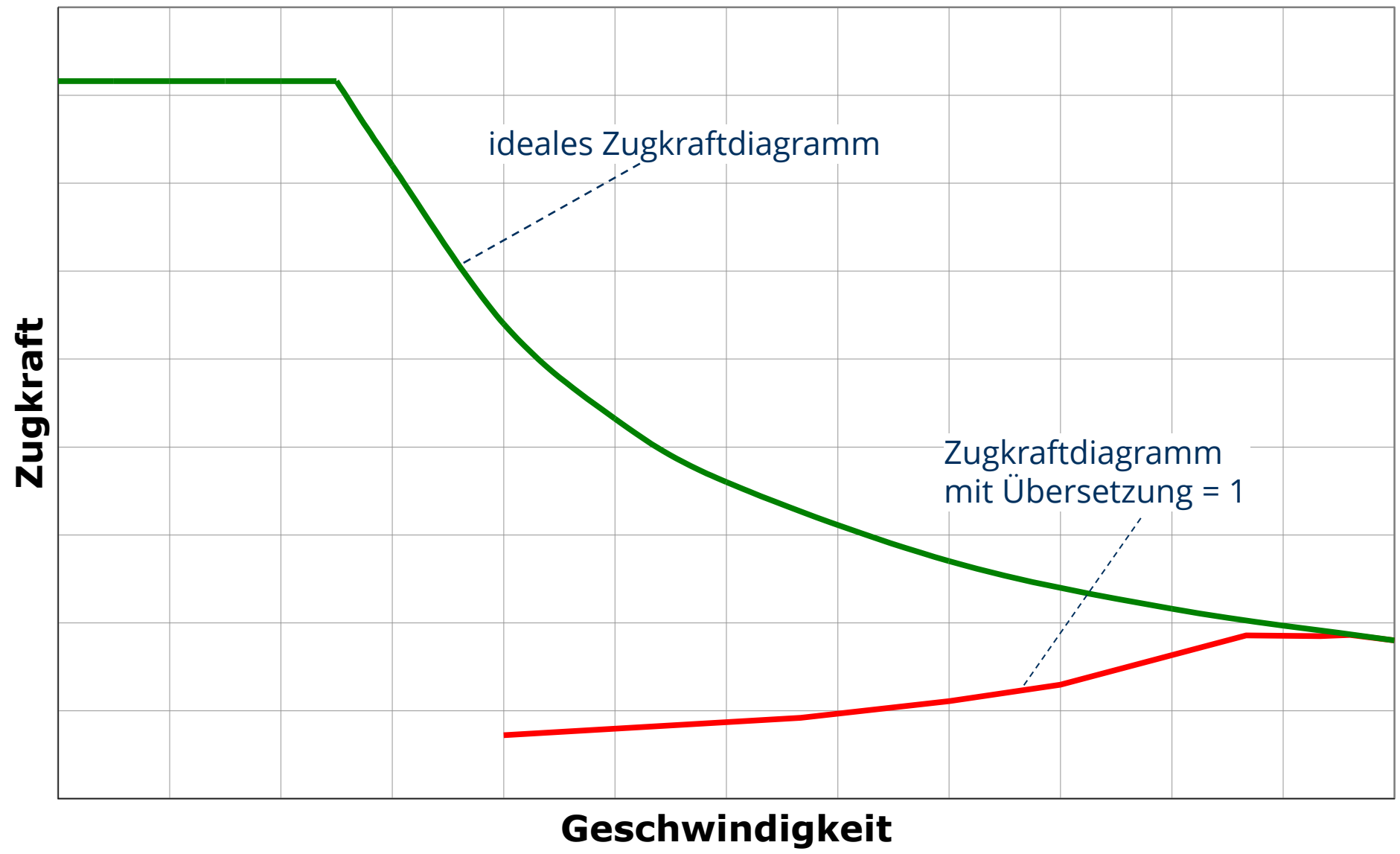


---P/P_max —M/M_max
Triebwagenmotor



—M/M_max ---P/P_max
Lokmotor

Notwendigkeit einer Leistungsübertragung



Ideale Leistungsübertragung

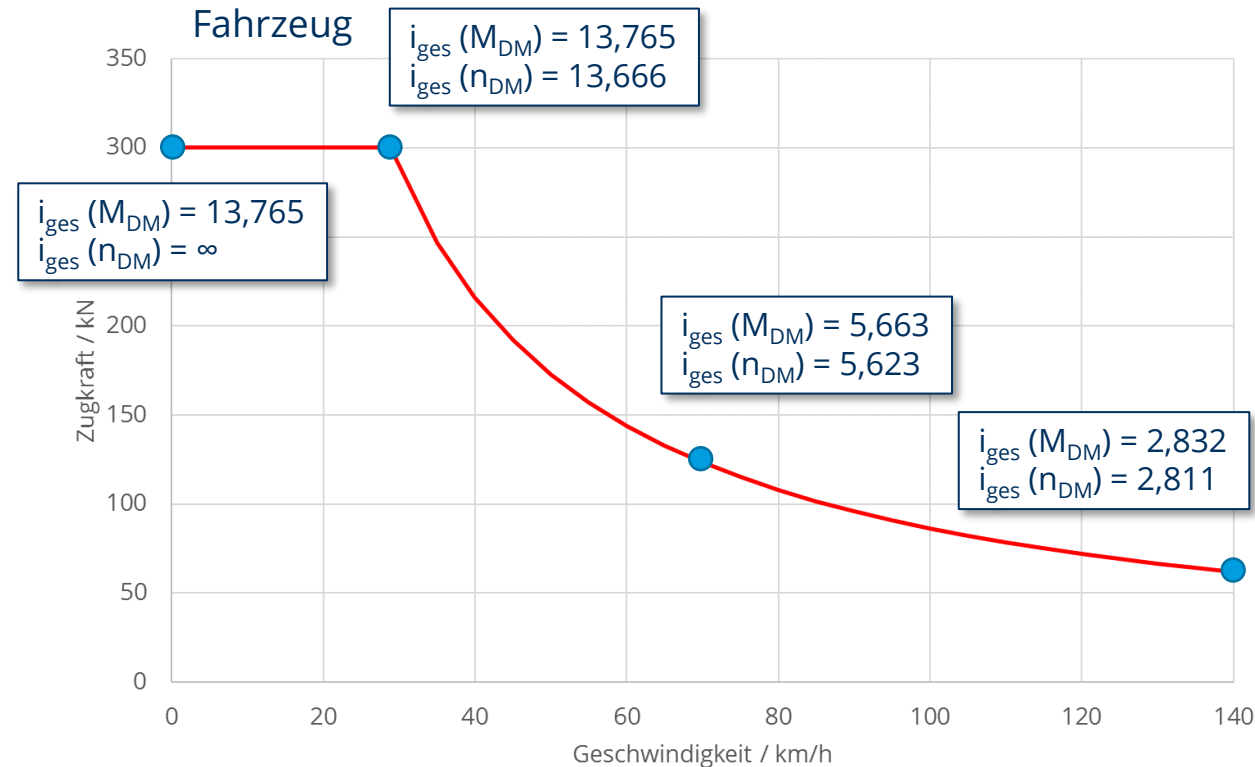
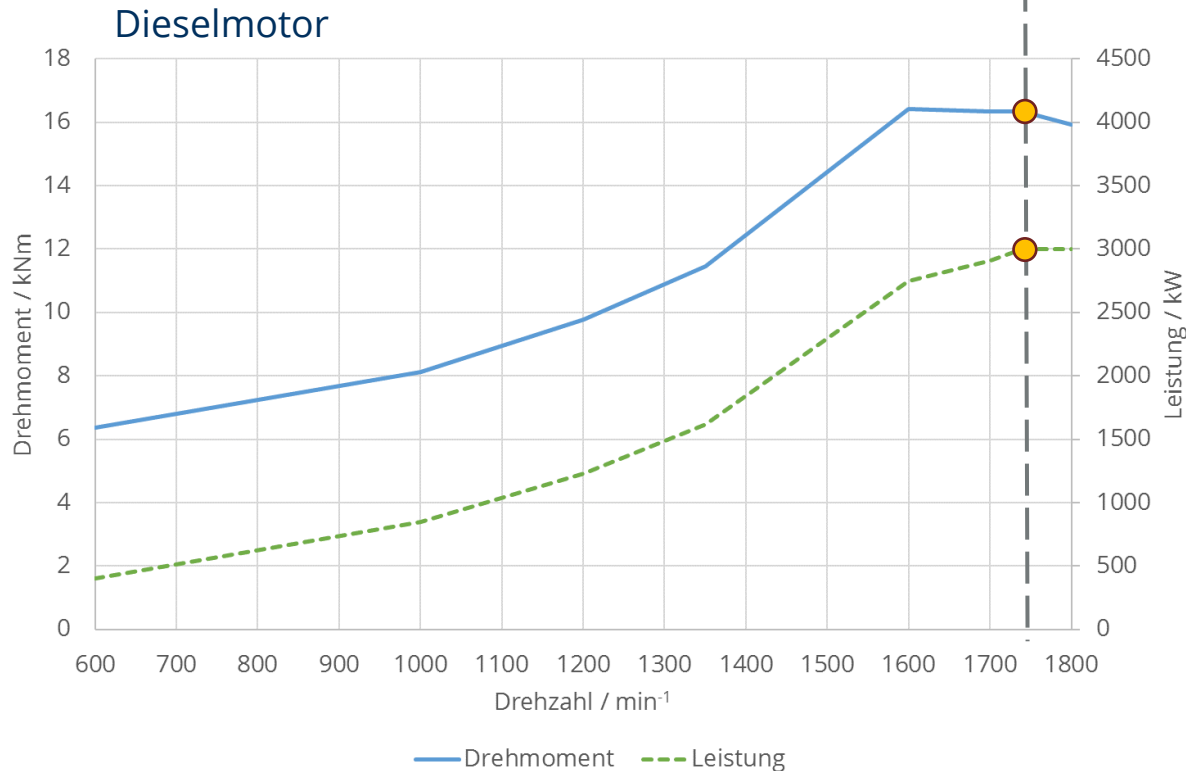
allgemein gilt:

$$i_{ges}(M_{DM}) = \frac{F_T \cdot r_T}{\eta_{ges} \cdot M_{DM}}$$

$$i_{ges}(n_{DM}) = \frac{2\pi \cdot r_T}{v} \cdot n_{DM}$$

16,35 kNm @ 1750 min⁻¹

angestrebter Volllast-Betriebspunkt
(max. Drehmoment bei max. Leistung)

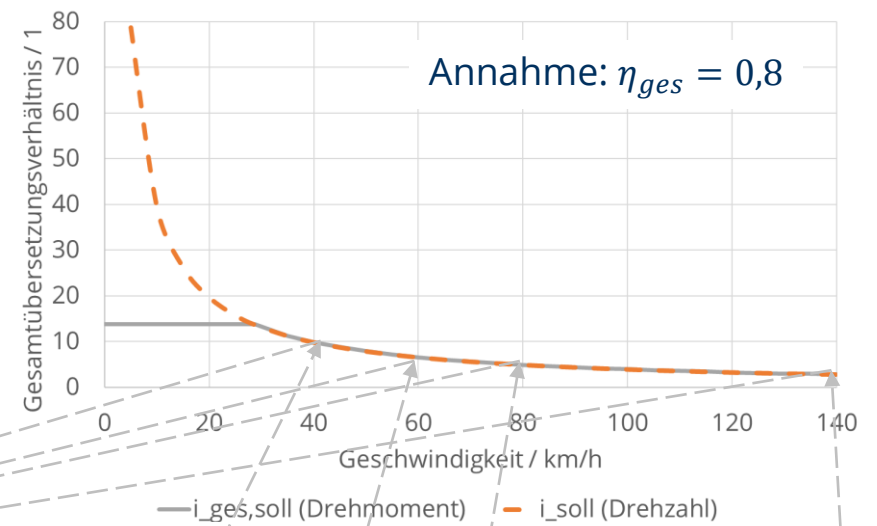
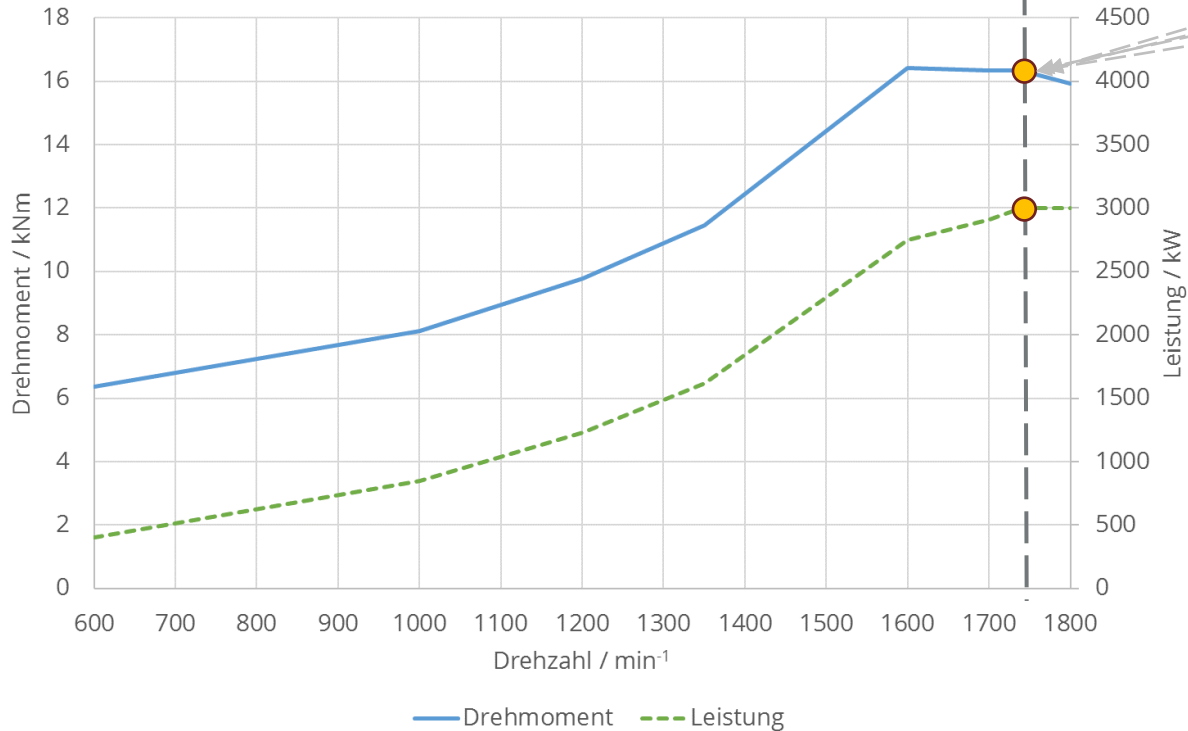


Ideale Leistungsübertragung

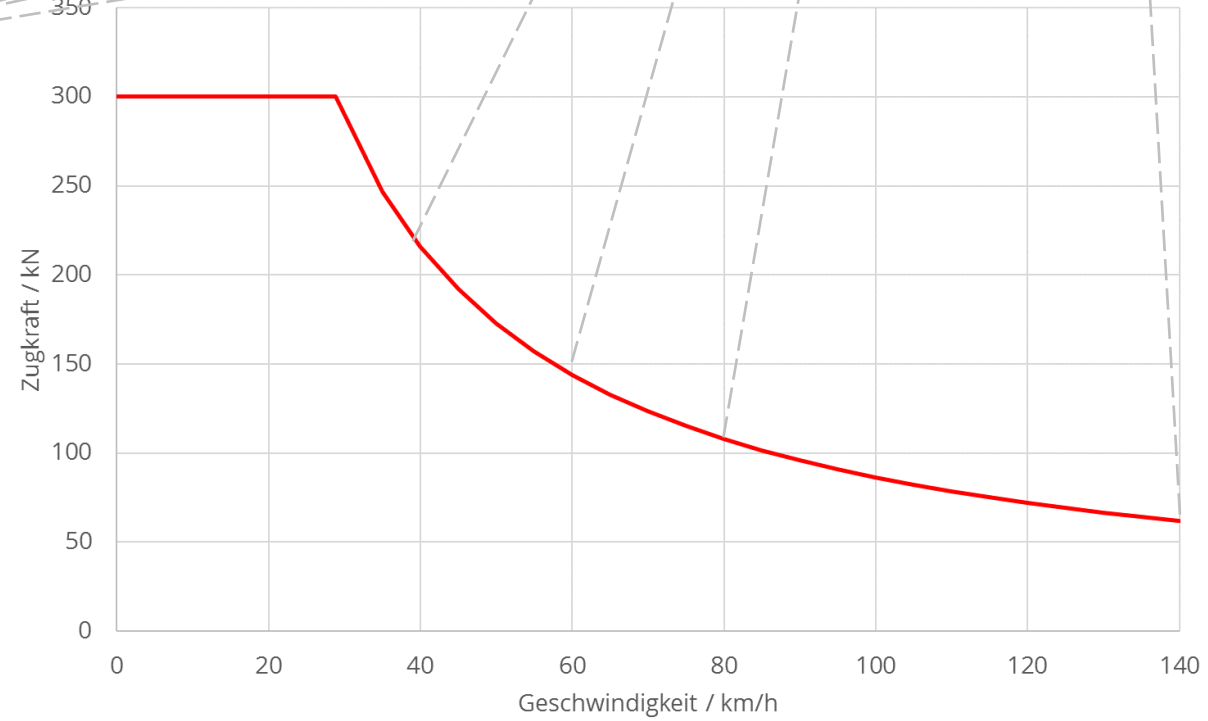
16,35 kNm @ 1750 min⁻¹

angestrebter Volllast-Betriebspunkt
(max. Drehmoment bei max. Leistung)

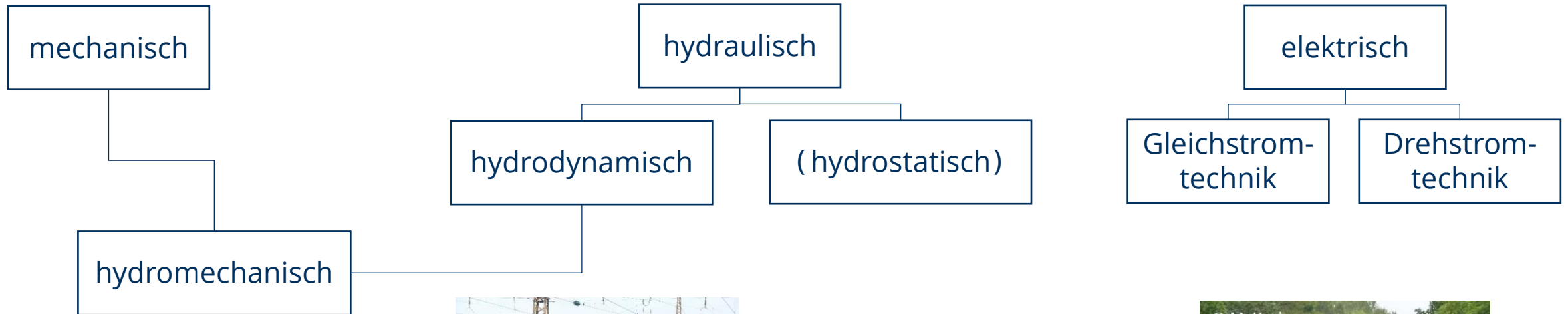
Dieselmotor



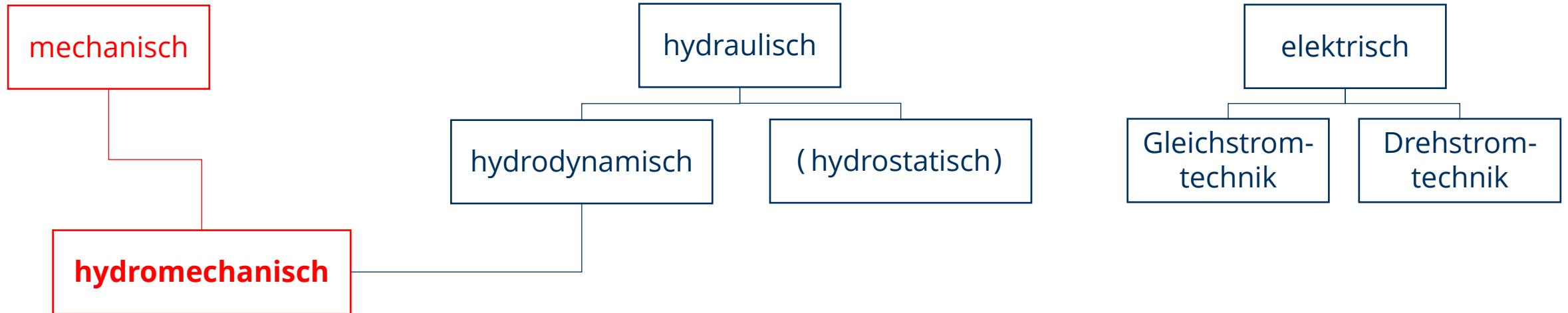
Fahrzeug



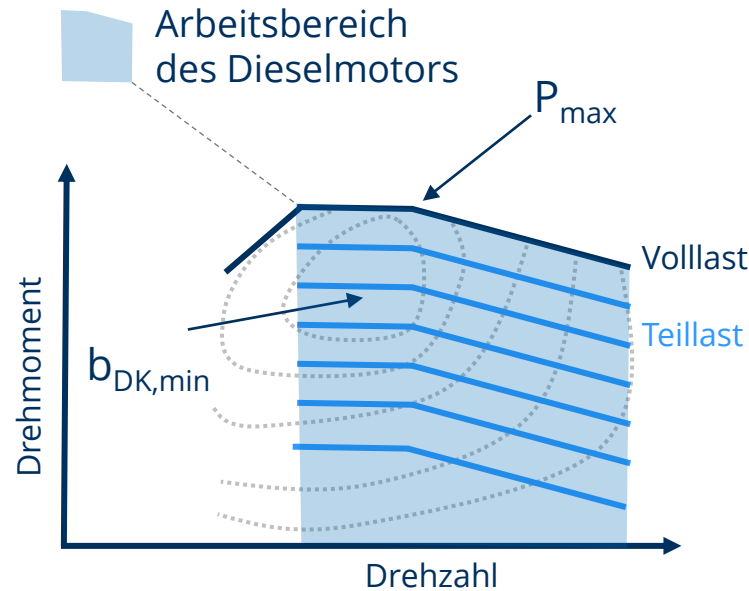
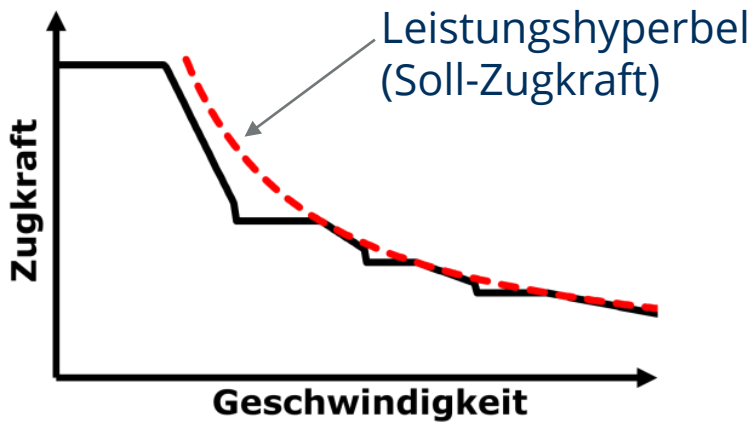
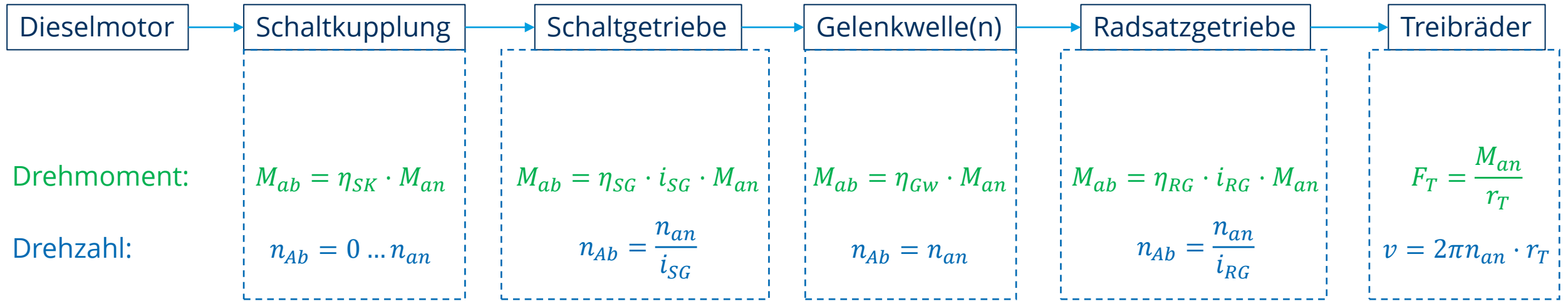
Welche Arten der Leistungsübertragung sind möglich?



Arten der Leistungsübertragung bei Dieseltriebfahrzeugen



Mechanische Leistungsübertragung



$v \sim n_{DM}$
 $F_T \sim M_{DM}$
 $P_T \neq const.$
 $P_{DM,max}$ punktuell



Bsp: Schienenbus

Wahl geeigneter Getriebestufungen

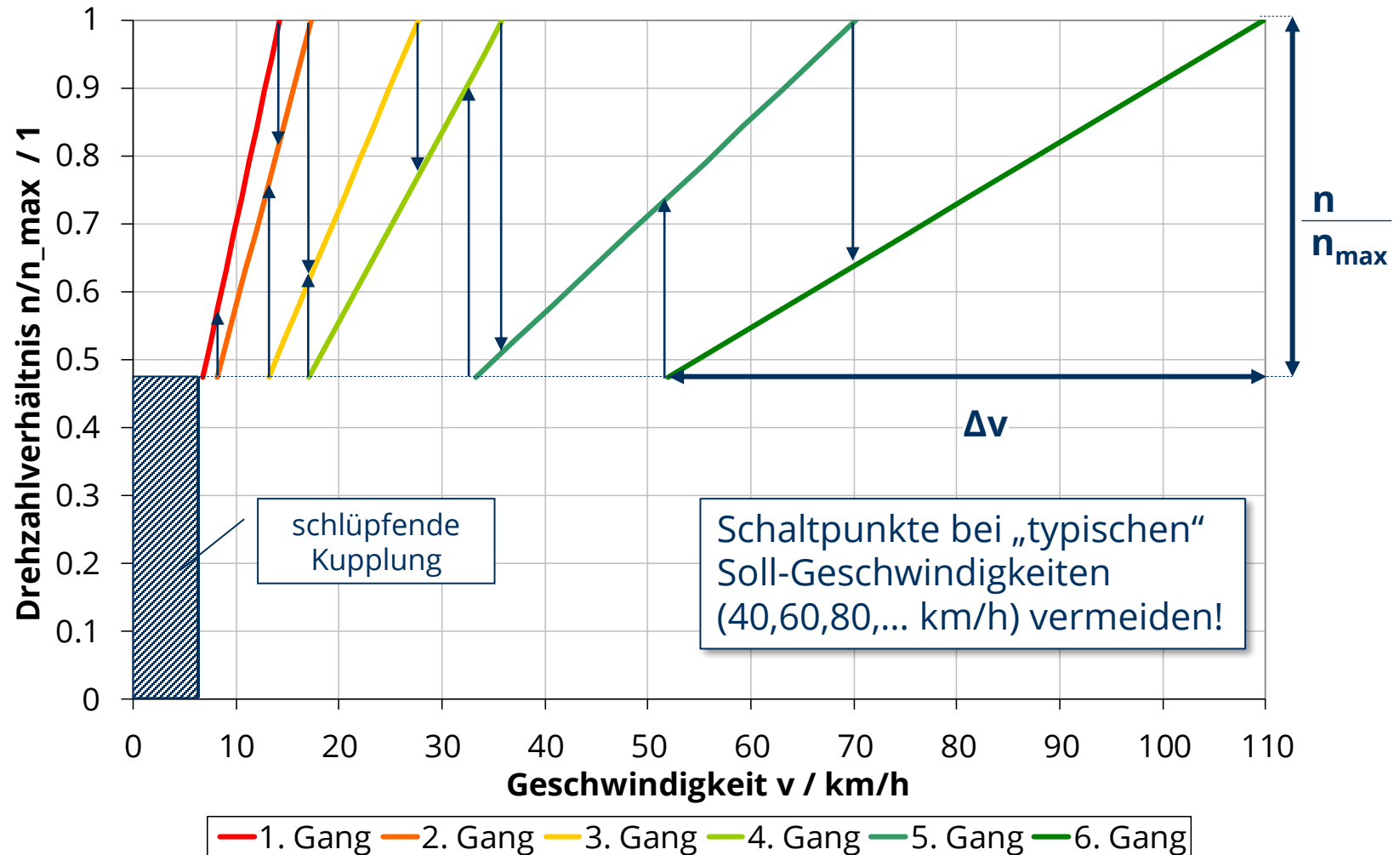
Schaltdiagramm 6-Gang-Getriebe

Radius der Treibräder

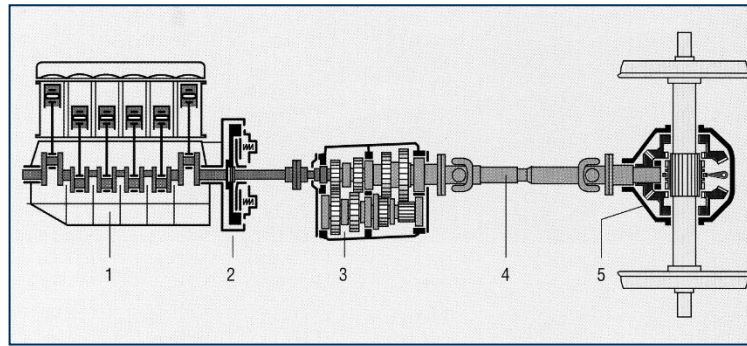
$$v = \frac{2\pi r_T}{i_{ges}} n_{DM}$$

Übersetzung von
Schalt- und
Radsatzgetriebe

Dieselmotor-
drehzahl



Mechanische Leistungsübertragung



- 1 Dieselmotor
- 2 Kupplung
- 3 Schaltgetriebe
- 4 Gelenkwelle
- 5 Radsatzwendegetriebe

Schema: Voith Turbo

Bsp:

Altbau
LVT



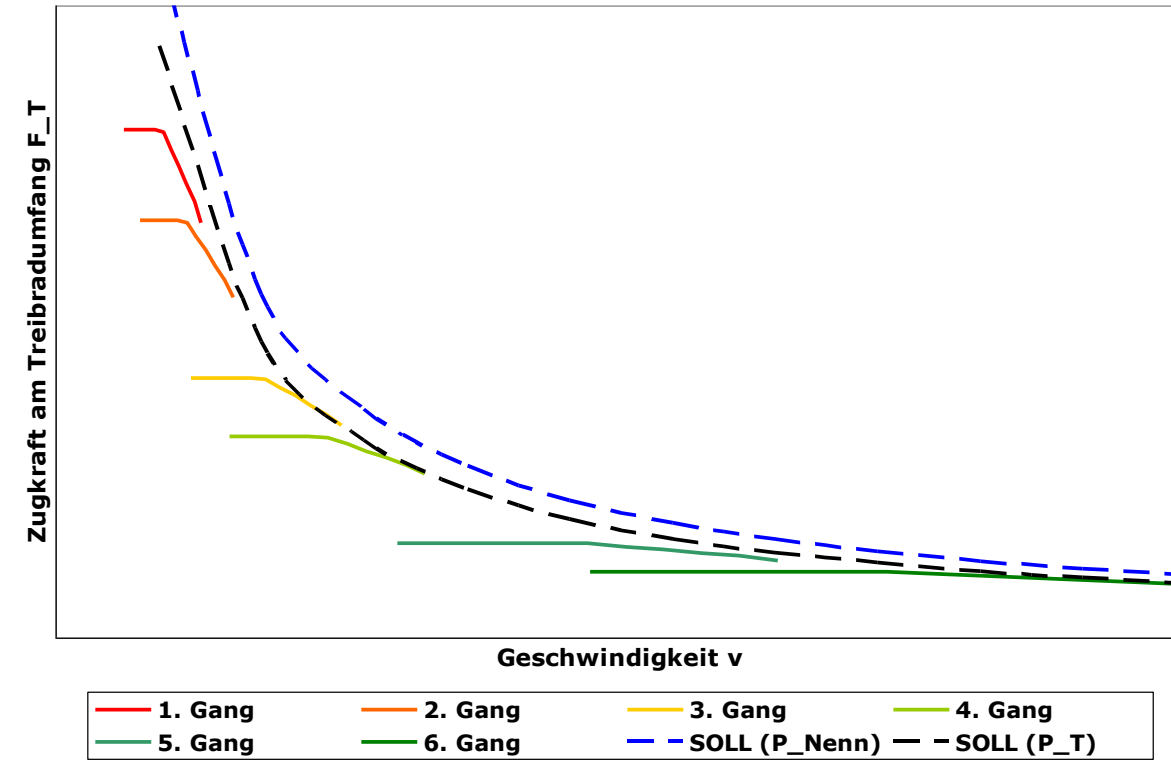
Vorteile:

- + hoher Übertragungswirkungsgrad
- + preiswert
- + einfacher Aufbau

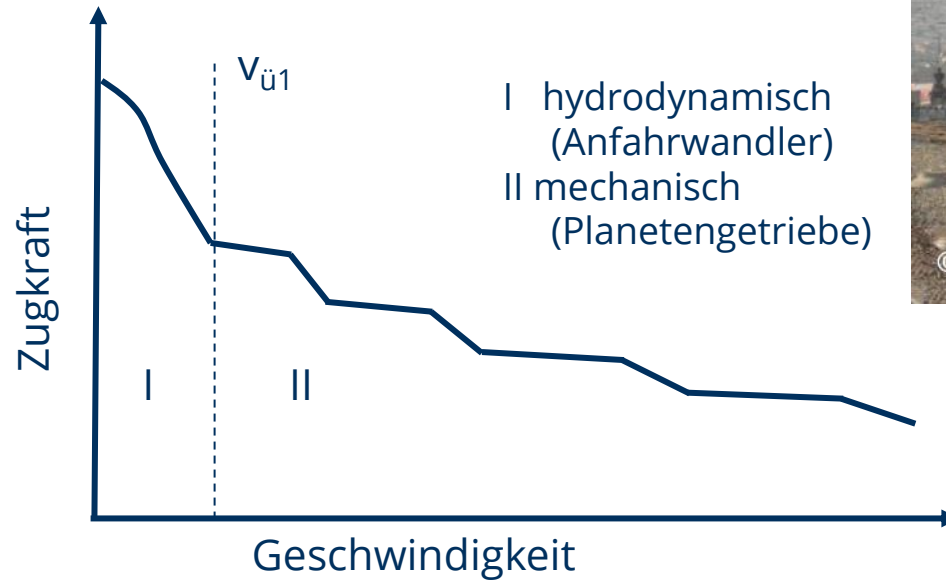
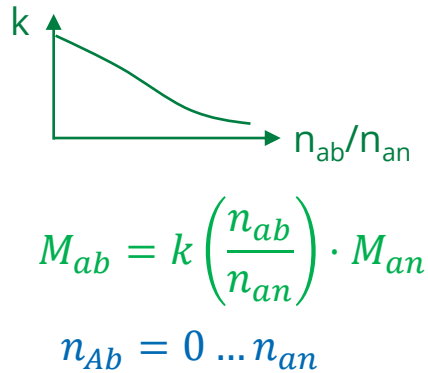
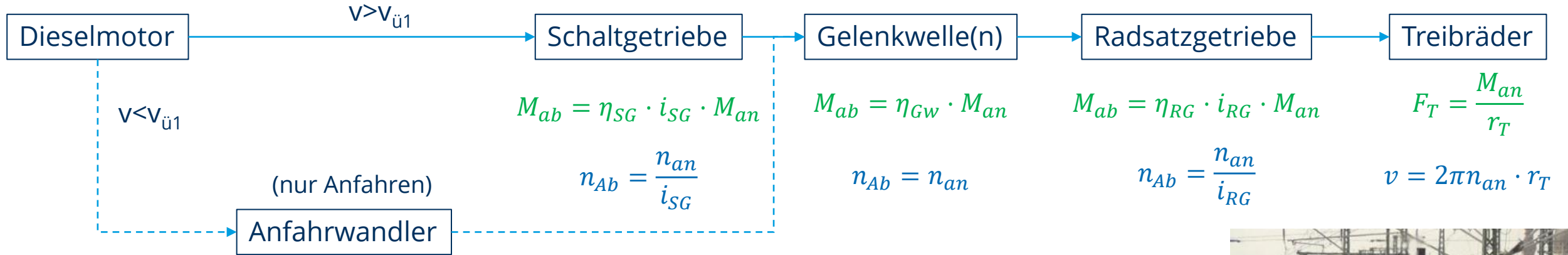
Nachteile:

- hoher Kupplungsverschleiß
- nur für kleine Leistungen geeignet
- stufenartiger Zugkraftverlauf
- schlechter Ausnutzungsgrad der Motorleistung

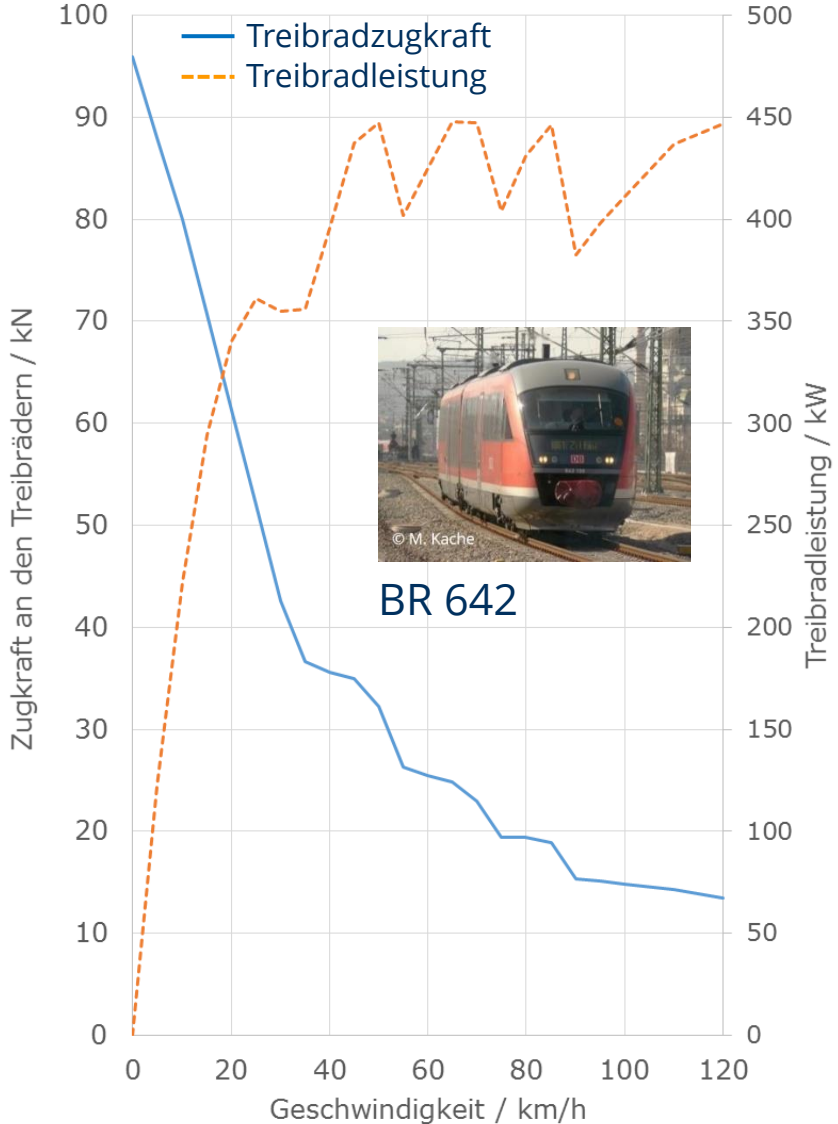
Zugkraft-Geschwindigkeits-Diagramm 6-Gang-Getriebe



Hydromechanische Leistungsübertragung



Zugkraftdiagramme Diesel-hydraulische Fahrzeuge



BR 642

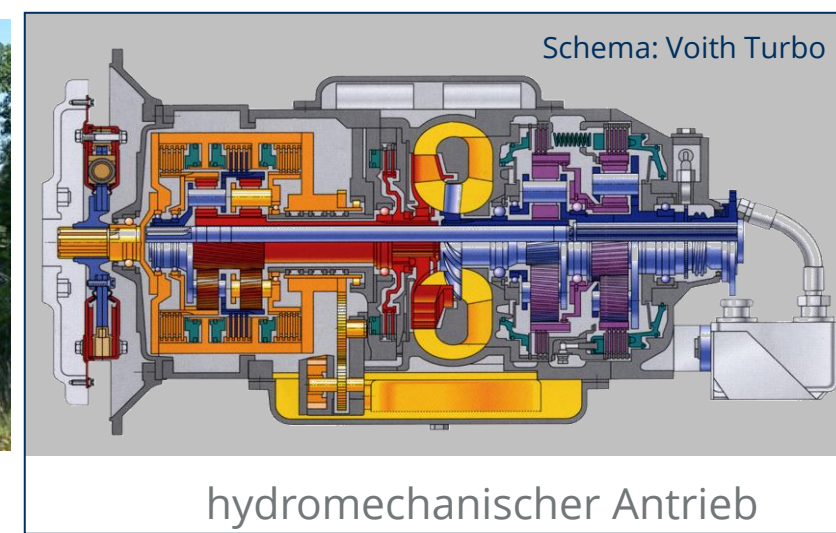


BR 650

Hydromechanische Leistungsübertragung

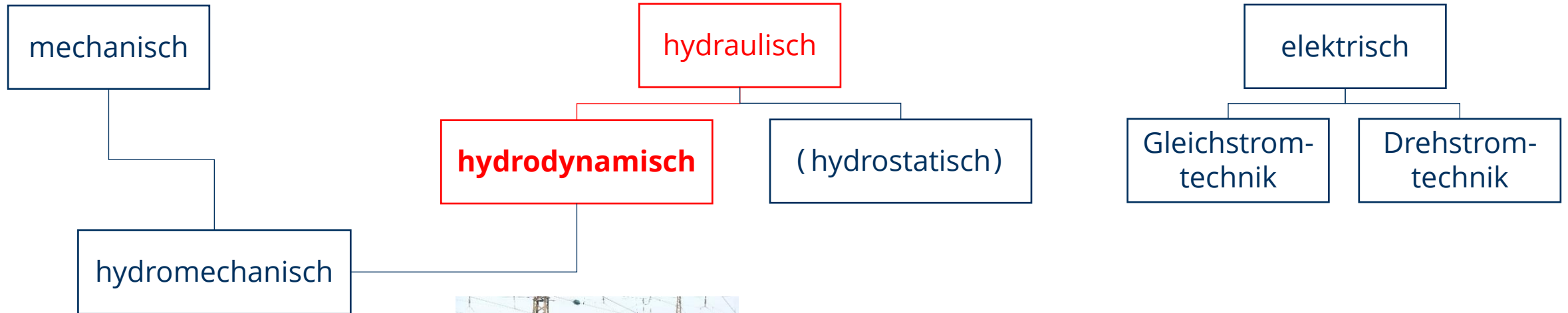


Beispiel: BR 642 (Desiro)



- ✓ 1. Verschleißfreie Anfahrmöglichkeit
- ✓ 2. Generierung hoher Zugkräfte (mindestens: bei kleinen Geschwindigkeiten)
- ✗ 3. Zugkraftentwicklung entlang der Leistungshyperbel und ohne Unstetigkeiten
- ✗ 4. dauerhafte Ausnutzung der Dieselmotorleistung ($v \neq n_{DM}$)
- ✓ 5. stufenlose Zugkraftregelung
- ✗ 6. Ermöglichung einer selektiven Radsatzschlupfregelung
- ✗ 7. Ermöglichung eines energetisch günstigen Betriebs des Dieselmotors (Primärkennlinie)
- ✓ 8. hoher Übertragungswirkungsgrad über weiten Drehzahl- und Drehmomentbereich
- ✗ 9. thermische Robustheit bei Vollast und kleinen Geschwindigkeiten
- ✓ 10. Umkehr des Leistungsflusses bei Bremsvorgängen ermöglichen (dynamische Bremse)

Arten der Leistungsübertragung bei Dieseltriebfahrzeugen



Hydrodynamische Leistungsübertragung

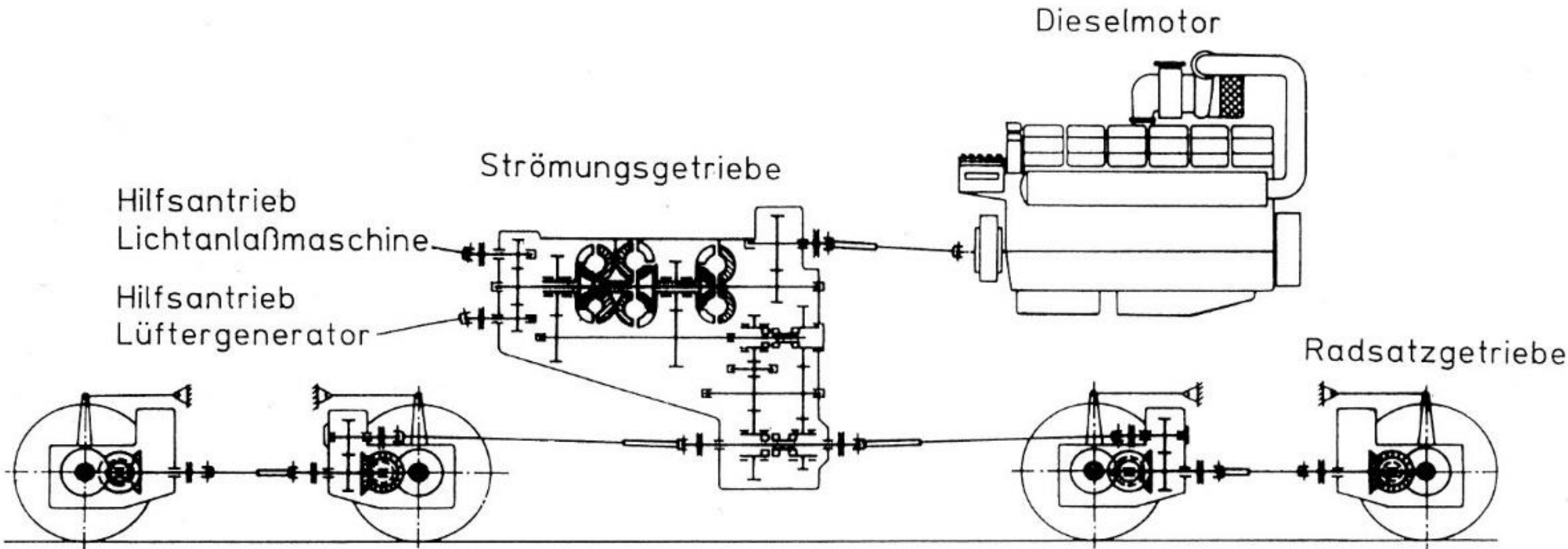
Bsp. 1:

Vossloh
G 1206

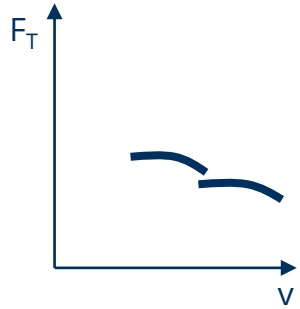


Bsp. 2:

BR 612

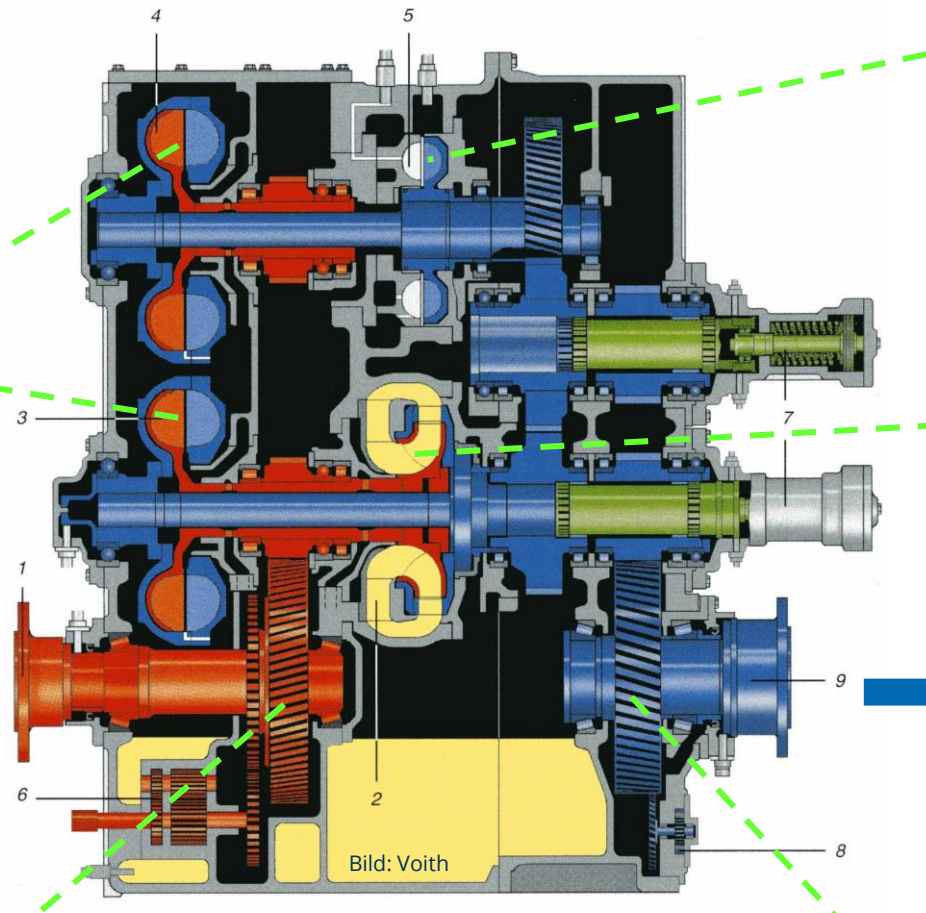


Beispiel: Strömungsgetriebe Voith T312br



Strömungskupplung

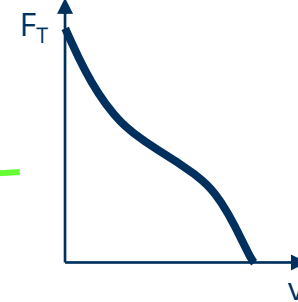
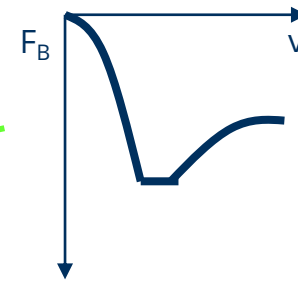
vom Dieselmotor
 $n_{DM} \approx \text{const.}$



Eingangsübersetzung
 (Hochtrieb)

Abtriebsübersetzung

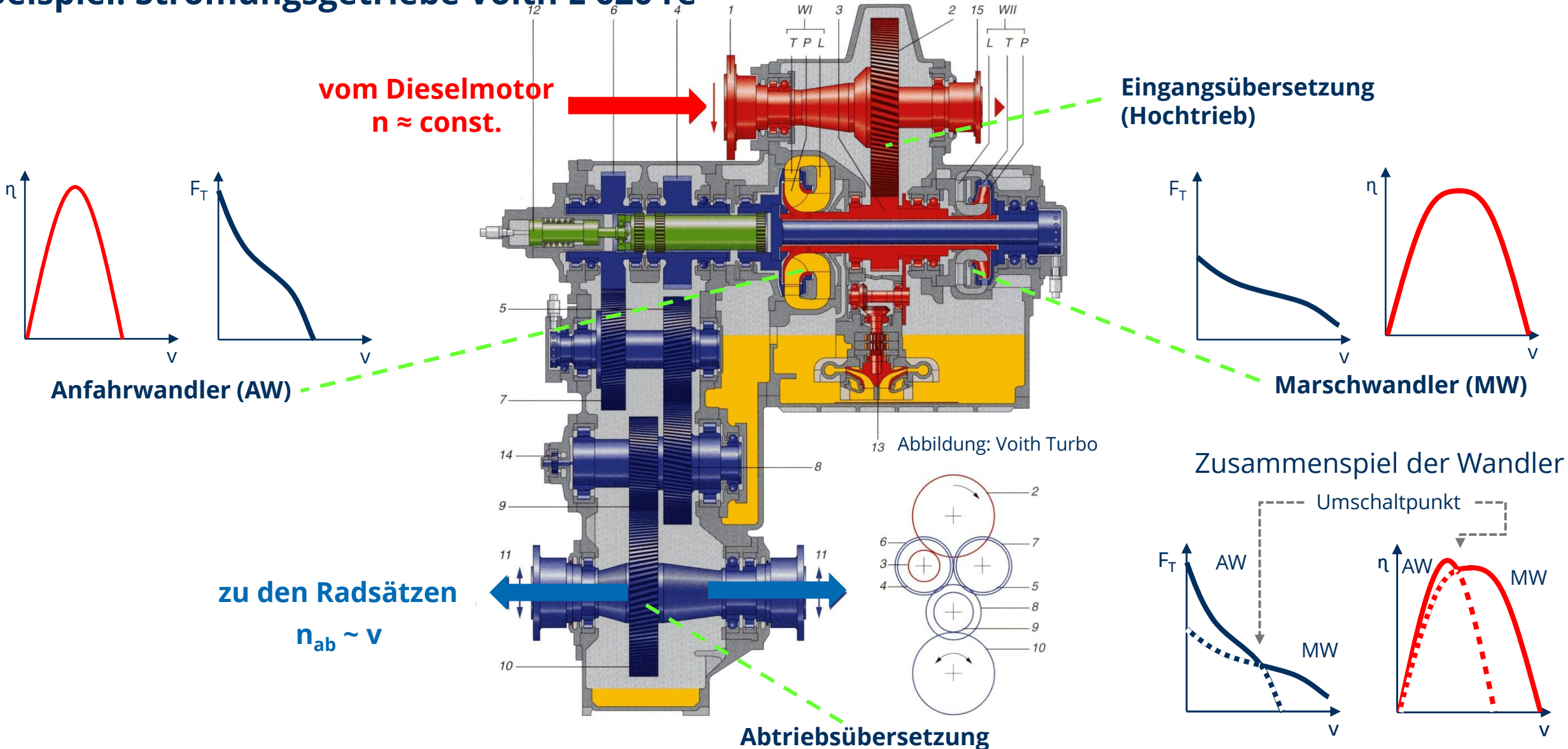
Retarder
 (Strömungsbremse)



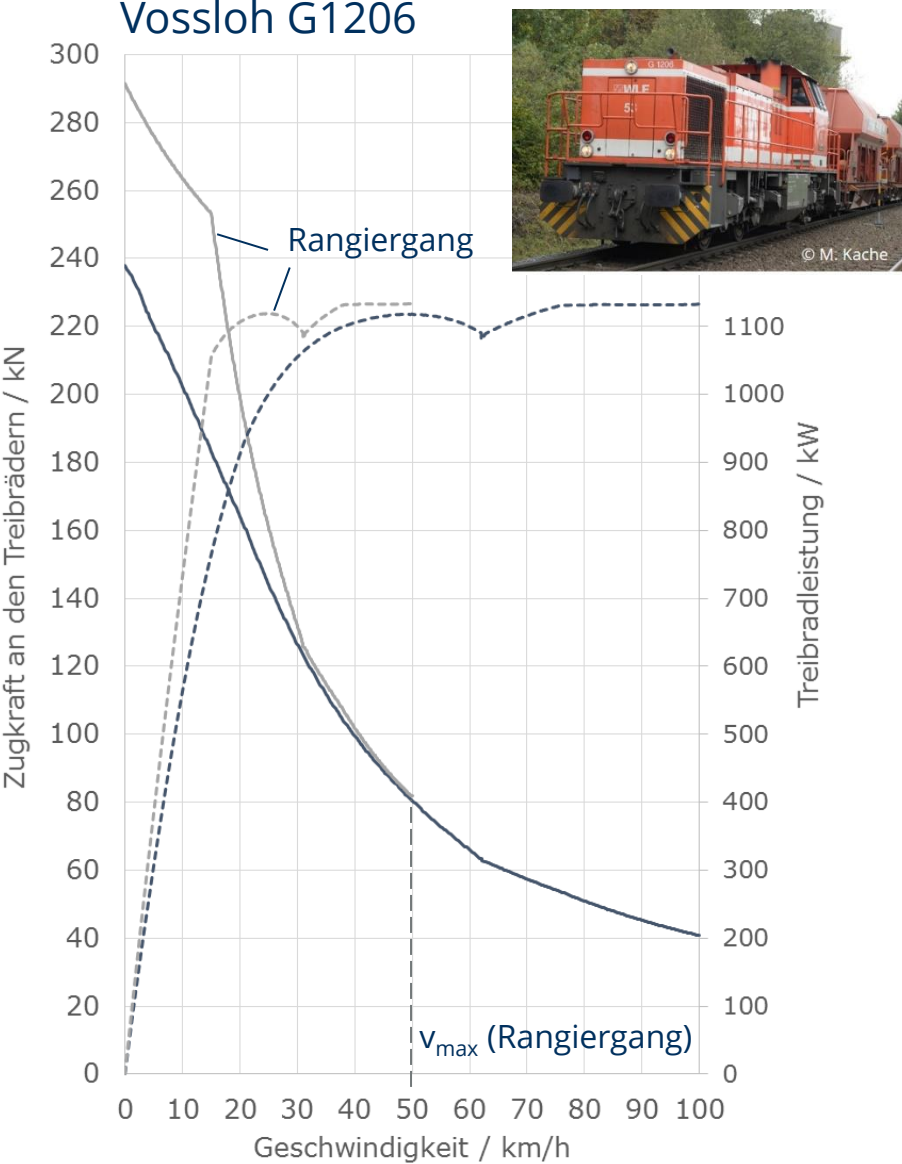
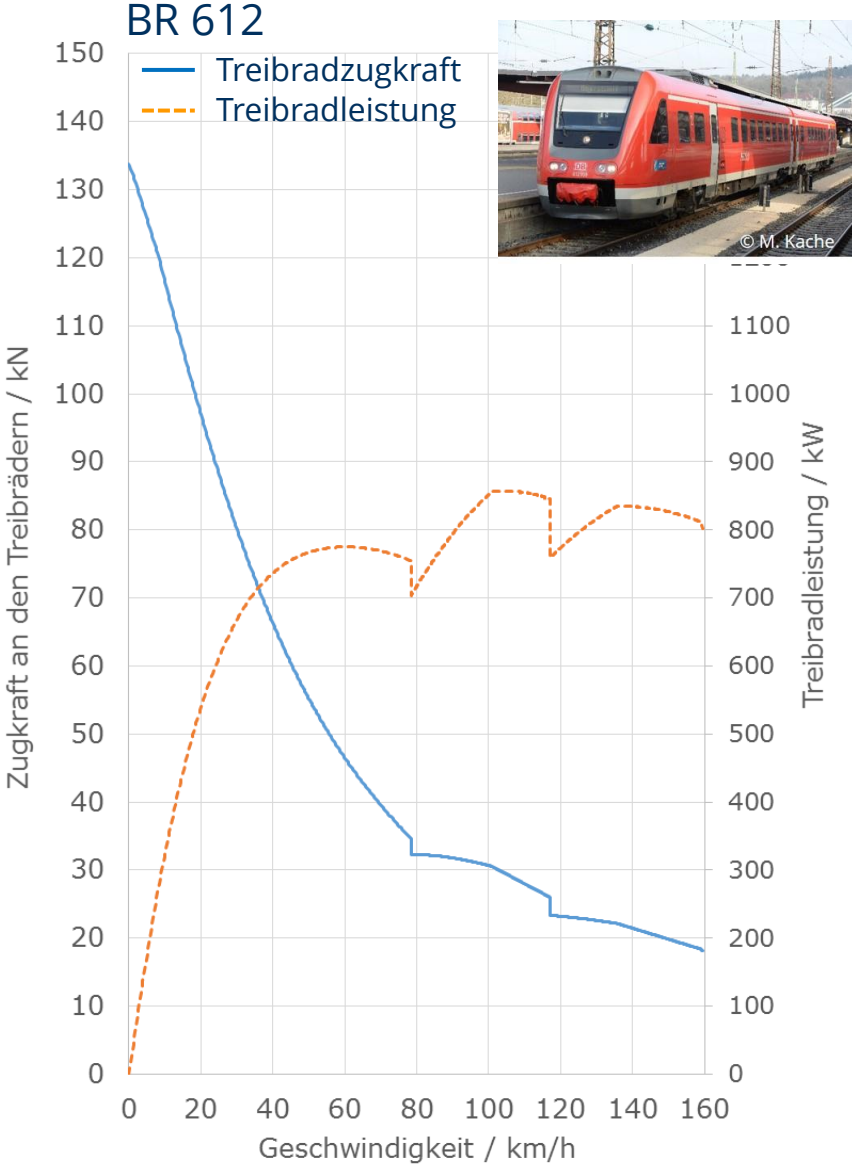
Strömungswandler

zu den Radsätzen
 $n_{ab} \sim v$

Beispiel: Strömungsgetriebe Voith L 620 re

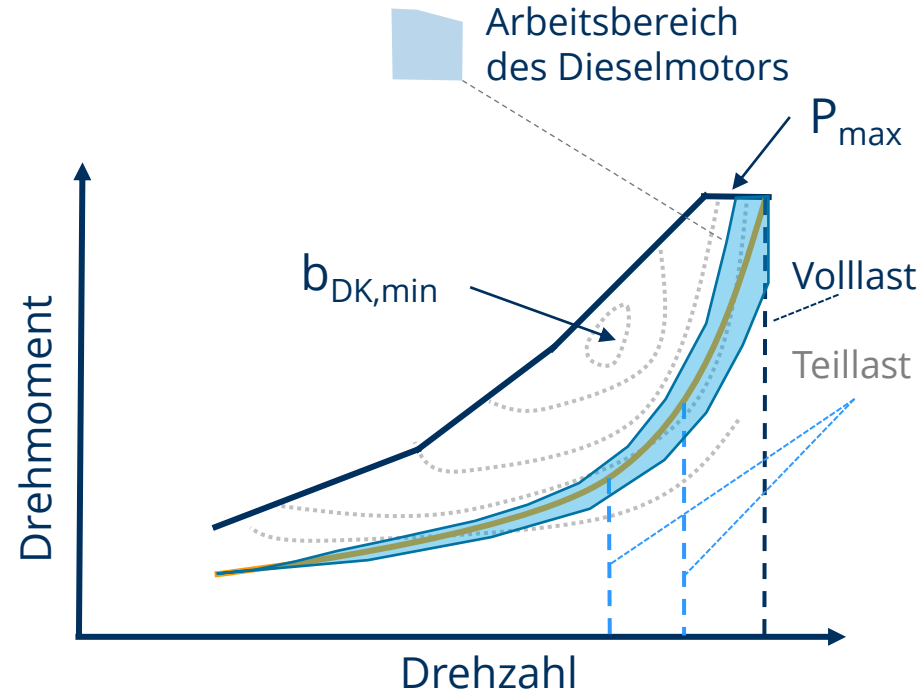
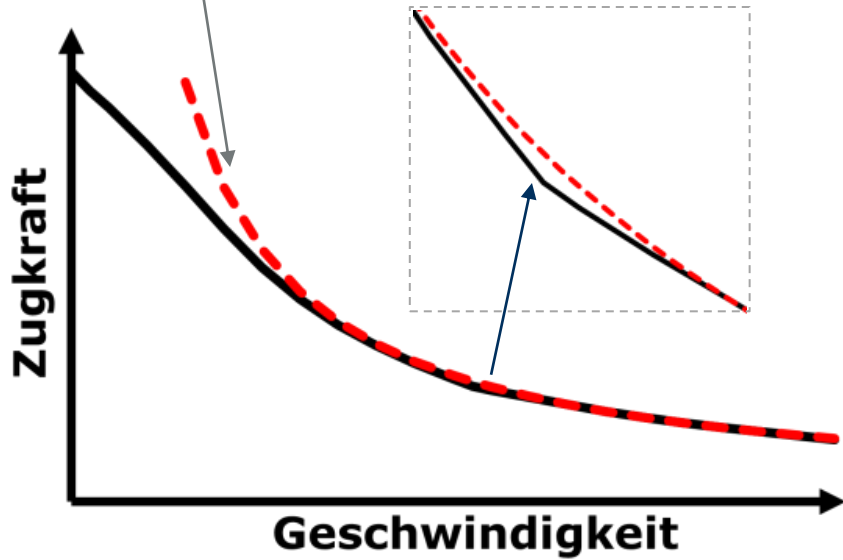


Zugkraftdiagramme Diesel-hydrodynamische Fahrzeuge



Charakterisierung der hydrodynamischen Leistungsübertragung

Leistungshyperbel
(Soll-Zugkraft)



$$v \neq n_{DM}$$

$$F_T \neq M_{DM}$$

$$P_T \neq \text{const.}$$

$$P_{DM,max} \text{ dauerhaft}$$

Hydrodynamische Leistungsübertragung



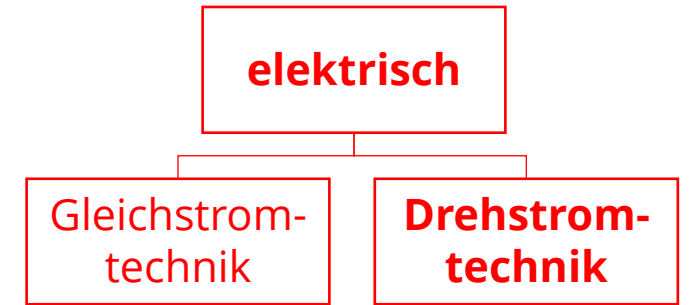
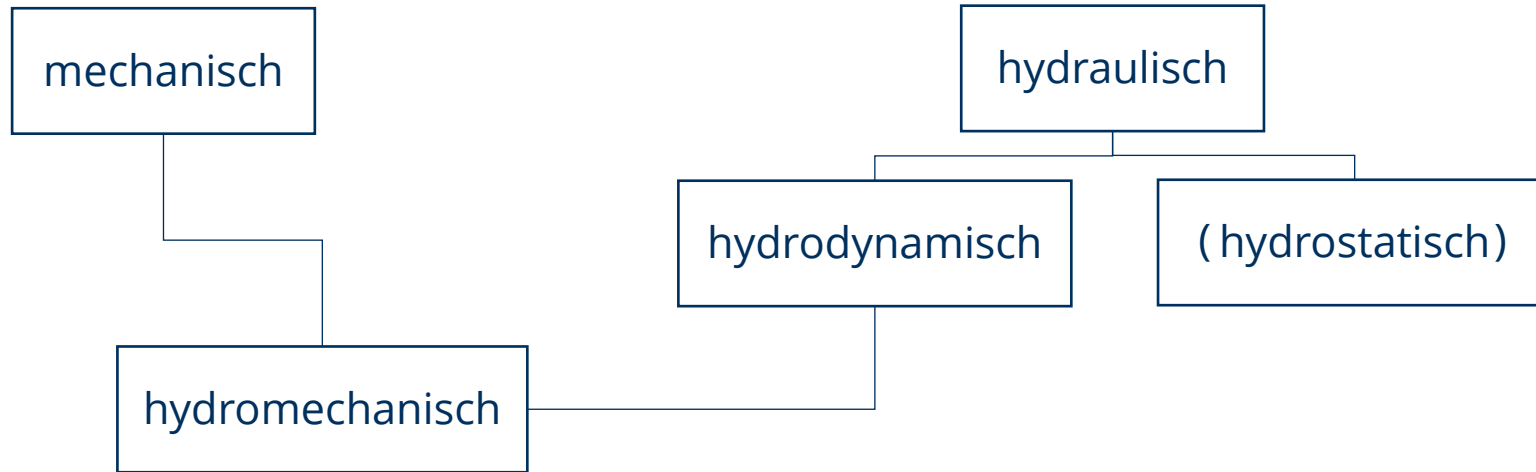
Beispiel 1: Vossloh G 1206



Beispiel2: BR 612

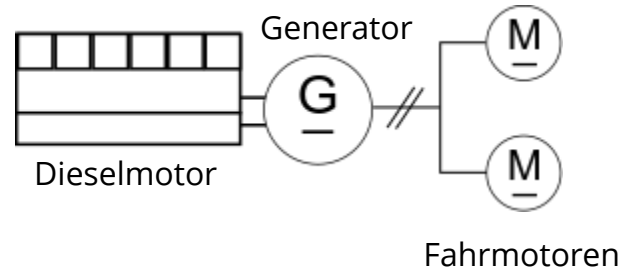
- ✓ 1. Verschleißfreie Anfahrmöglichkeit
- ✓ 2. Generierung hoher Zugkräfte (mindestens: bei kleinen Geschwindigkeiten)
- ✗ 3. Zugkraftentwicklung entlang der Leistungshyperbel und ohne Unstetigkeiten
- ✓ 4. dauerhafte Ausnutzung der Dieselmotorleistung (nur bei Verwendung von Wandlern)
- ✓ 5. stufenlose Zugkraftregelung
- ✓ 6. Ermöglichung einer selektiven Radsatzschlupfregelung
- ✓ 7. Ermöglichung eines energetisch günstigen Betriebs des Dieselmotors (Primärkennlinie)
- ✓ 8. hoher Übertragungswirkungsgrad über weiten Drehzahl- und Drehmomentbereich
- ✗ 9. thermische Robustheit bei Vollast und kleinen Geschwindigkeiten
- ✓ 10. Umkehr des Leistungsflusses bei Bremsvorgängen ermöglichen (dynamische Bremse)

Arten der Leistungsübertragung bei Dieseltriebfahrzeugen



Elektrische Leistungsübertragung

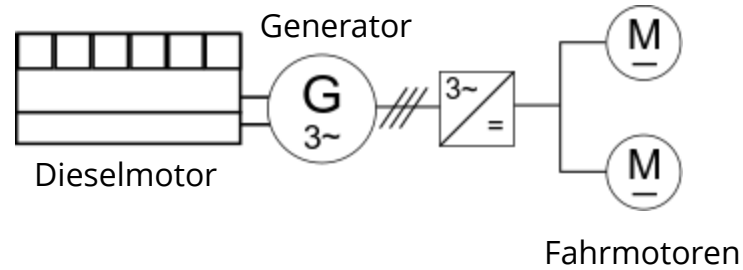
Prinzipielle Topologien:



DC-DC



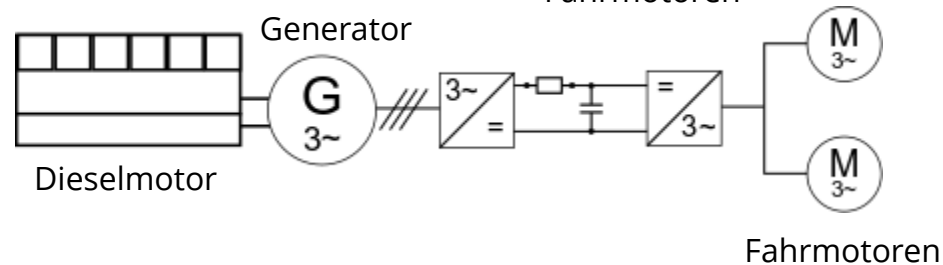
Heute in der westlichen Welt fast verschwunden.



AC-DC



Bei älteren Bestandsfahrzeugen sowie in Amerika von Bedeutung.



AC-AC

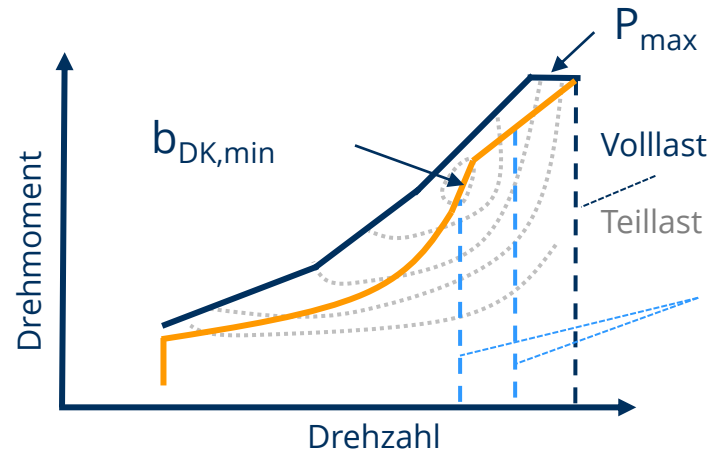
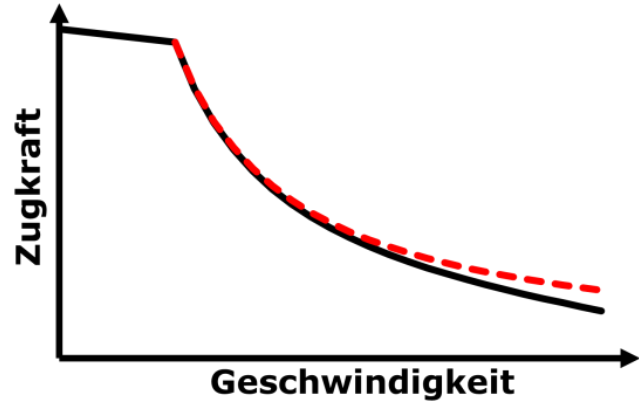


Stand der Technik

Die heute im Schienenfahrzeugbau am weitesten verbreiteten Fahrmotoren sind
Gleichstrom-Reihenschlussmotor und **Drehstromasynchronmotor**

Charakterisierung der elektrischen Leistungsübertragung

elektrische Lü (AC-DC)



$$v \neq n_{DM}$$

$$F_T \neq M_{DM}$$

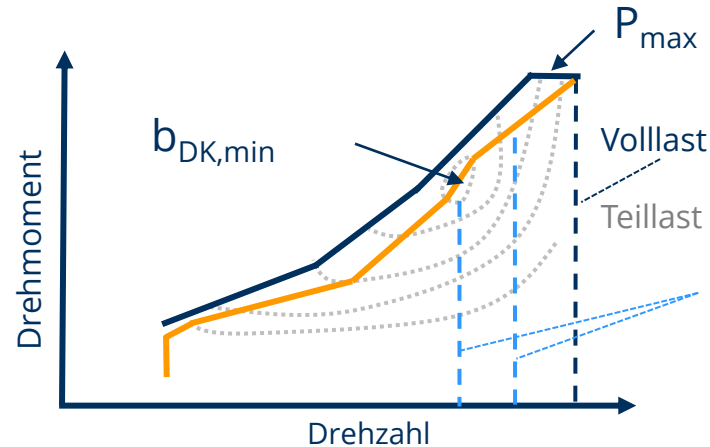
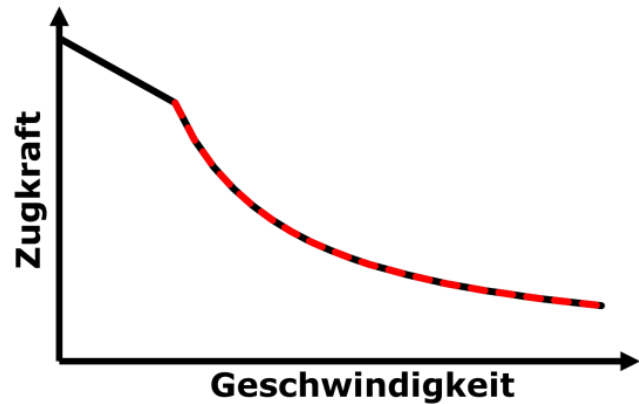
$$P_T \neq \text{const.}$$

$$P_{DM,max} \text{ dauerhaft}$$



© M. Kache

elektrische Lü (AC-AC)



$$v \neq n_{DM}$$

$$F_T \neq M_{DM}$$

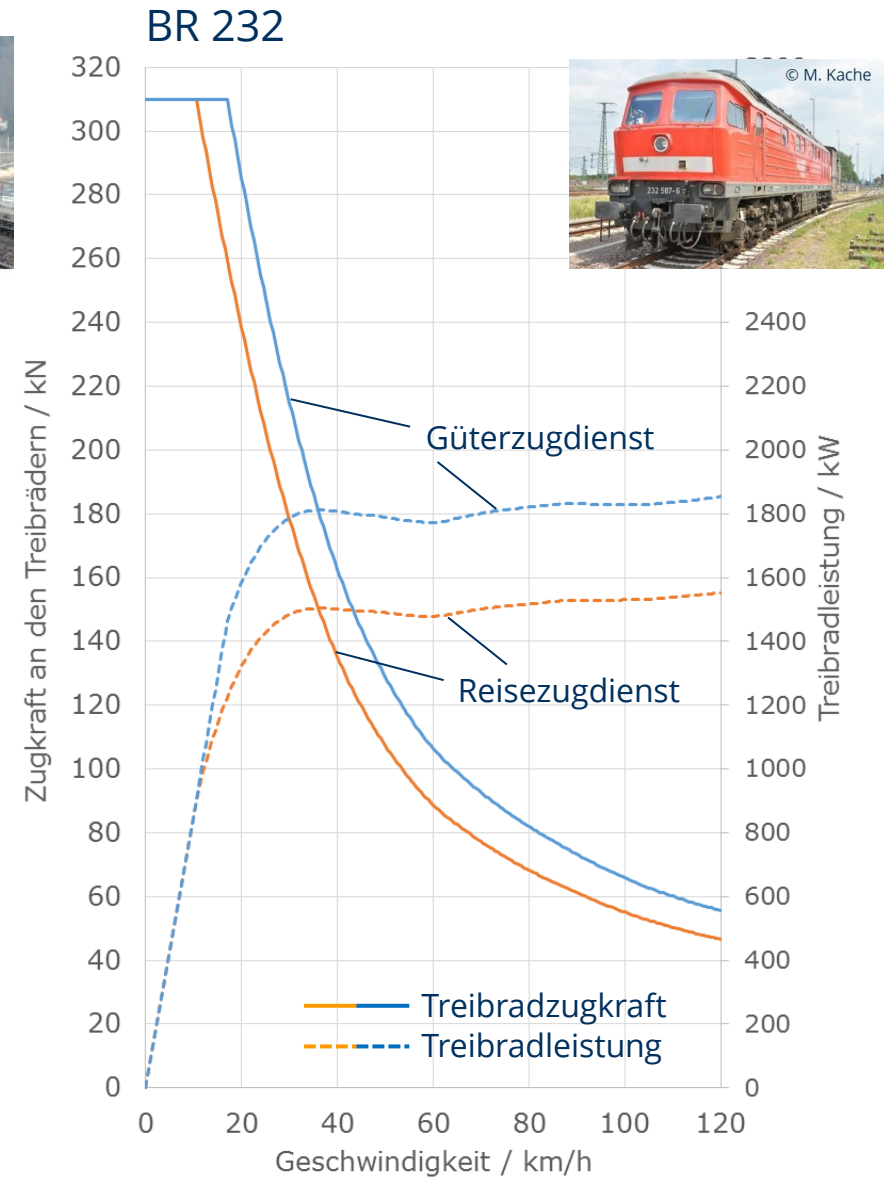
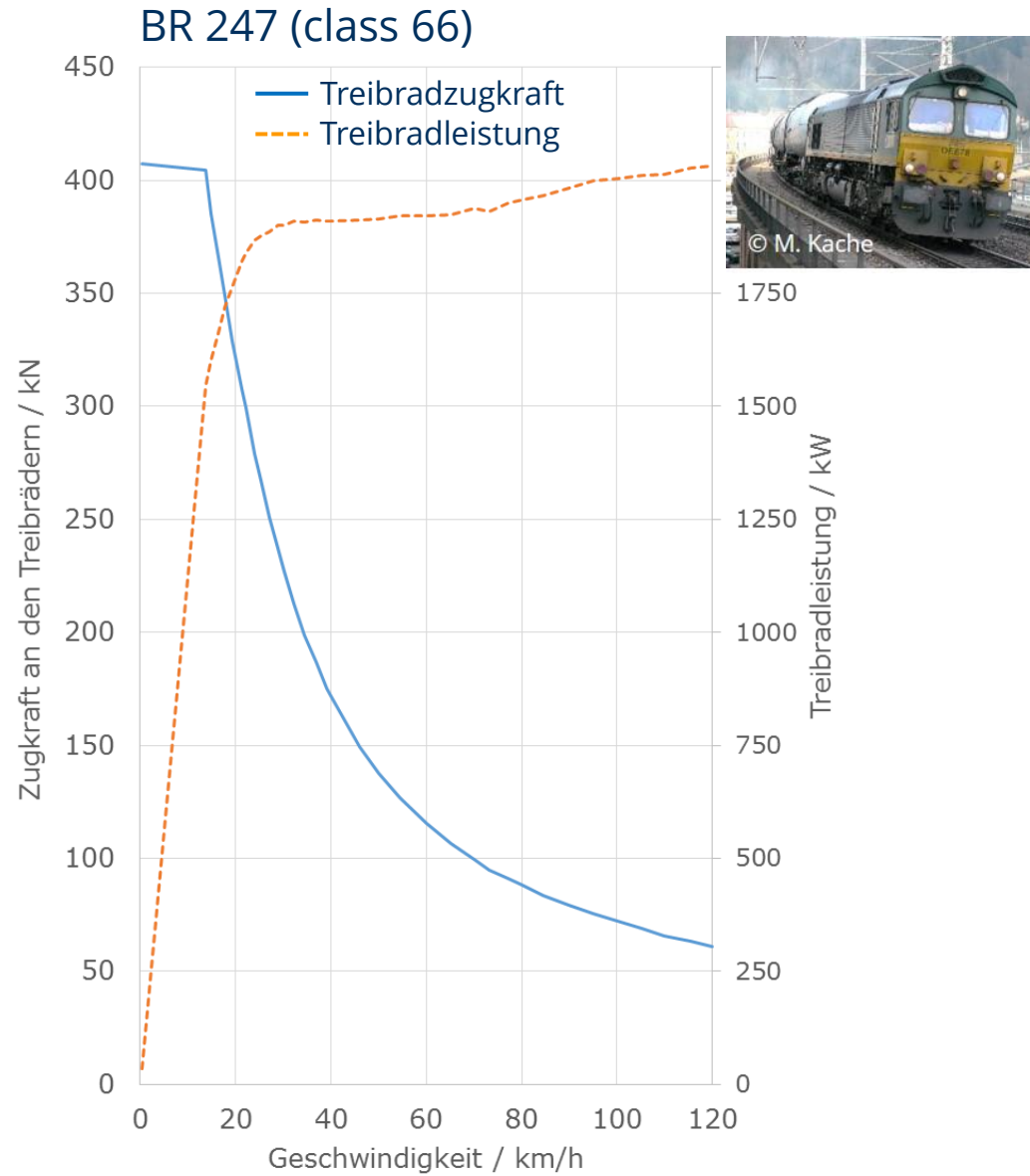
$$P_T = \text{const. (} v > v_{\ddot{u}} \text{)}$$

$$P_{DM,max} \text{ dauerhaft}$$



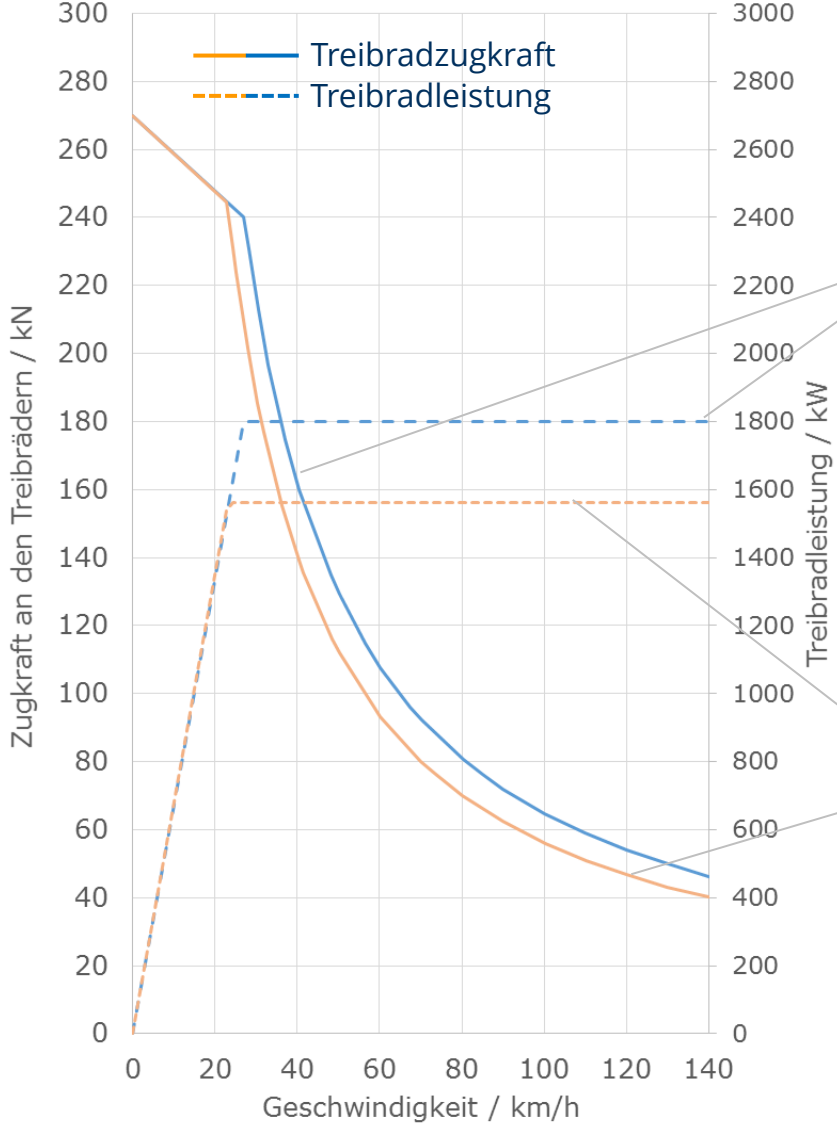
© M. Kache

Zugkraftdiagramme Diselelektrische Fahrzeuge



Zugkraftdiagramme Diselelektrische Fahrzeuge (DAT)

Traxx F140 DE / P160 DE



Güterzugbetrieb



Reisezugbetrieb

Elektrische Leistungsübertragung



© M. Kache

Beispiel 1: Traxx DE



© M. Kache

Beispiel 2: class 66

- ✓ 1. Verschleißfreie Anfahrmöglichkeit
- ✓ 2. Generierung hoher Zugkräfte (mindestens: bei kleinen Geschwindigkeiten)
- ✓ 3. Zugkraftentwicklung entlang der Leistungshyperbel (**nur DAT¹**) und ohne Unstetigkeiten
- ✓ 4. dauerhafte Ausnutzung der Dieselmotorleistung (nur bei Verwendung von Wandlern)
- ✓ 5. stufenlose Zugkraftregelung
- ✓ 6. Ermöglichung einer selektiven Radsatzschlupfregelung
- ✓ 7. Ermöglichung eines energetisch günstigen Betriebs des Dieselmotors (Primärkennlinie)
- ✓ 8. hoher Übertragungswirkungsgrad über weiten Drehzahl- und Drehmomentbereich
- ✓ 9. thermische Robustheit bei Vollast und kleinen Geschwindigkeiten (**nur DAT¹**)
- ✓ 10. Umkehr des Leistungsflusses bei Bremsvorgängen ermöglichen (dynamische Bremse)

¹ DAT: **D**rehstrom**A**ntriebs**T**echnik