

Fakultät Verkehrswissenschaften „FRIEDRICH LIST“
Professur für Technik spurgeführter Fahrzeuge /
Professur für Elektrische Bahnen

Triebfahrzeugtechnik

Antriebskonfigurationen

Prof. Dr.-Ing. Arnd Stephan / Dipl.-Ing. Holger Fricke / Manuskript: Dr.-Ing. Martin Kache // Sommersemester 2025



Inhalte

Vorlesung Triebfahrzeugtechnik (Antriebskonfigurationen)

7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen
8. Dieselmotor und andere Verbrennungskraftmaschinen
9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5 Energetische Beurteilung von Antriebskonzepten

10. Hilfs- und Nebenbetriebe
11. Leittechnik (Überblick)
12. Fallstudien unkonventionelle Triebfahrzeuge

9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5.0 Energiebedarf von Zugfahrten



Erstellen Sie eine *Mindmap* zum *Energiebedarf von Zugfahrten*. Welche *Einflussfaktoren* und *Abhängigkeiten* fallen Ihnen ein?

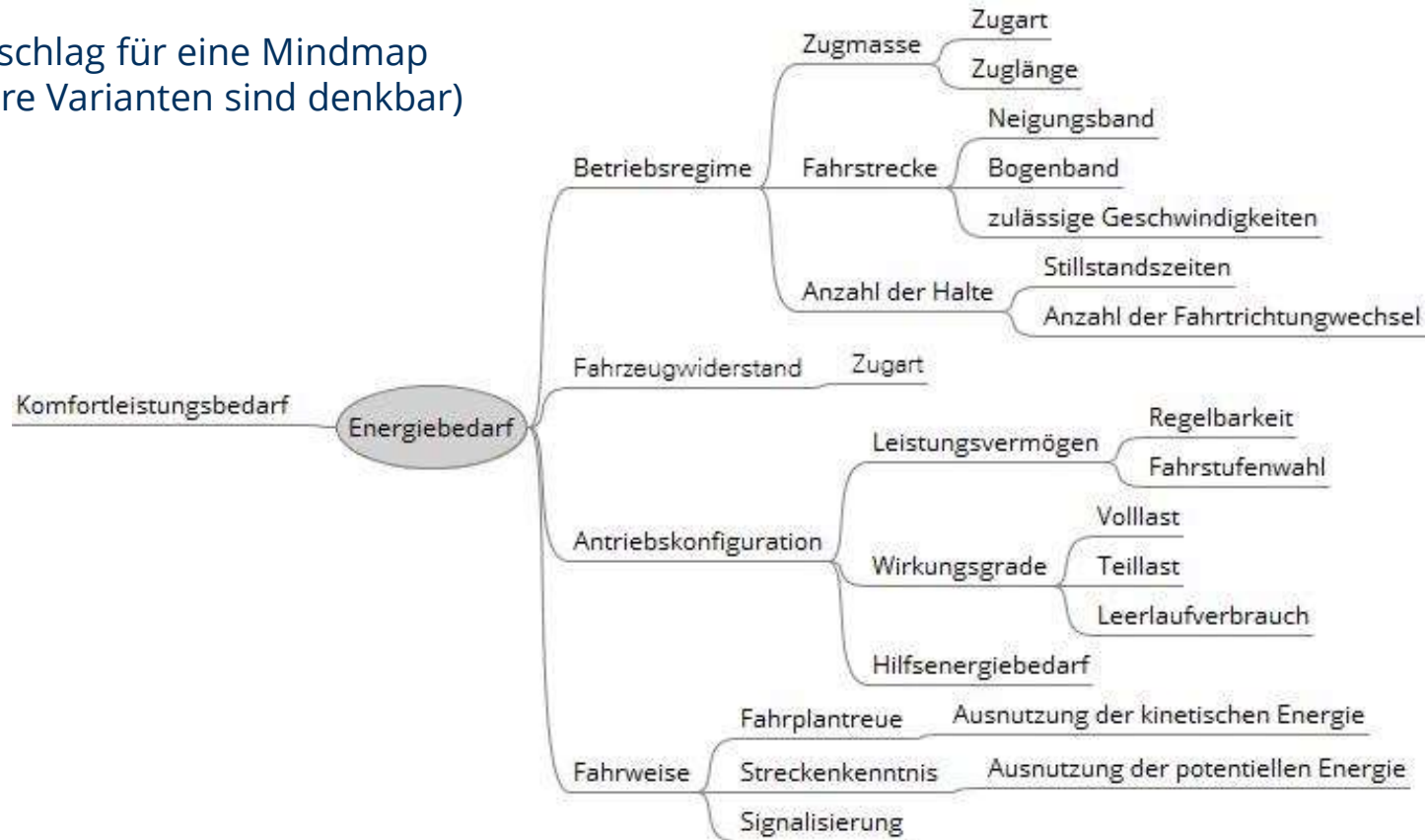


Fotos: Martin Kache

9. Leistungsübertragungsanlagen

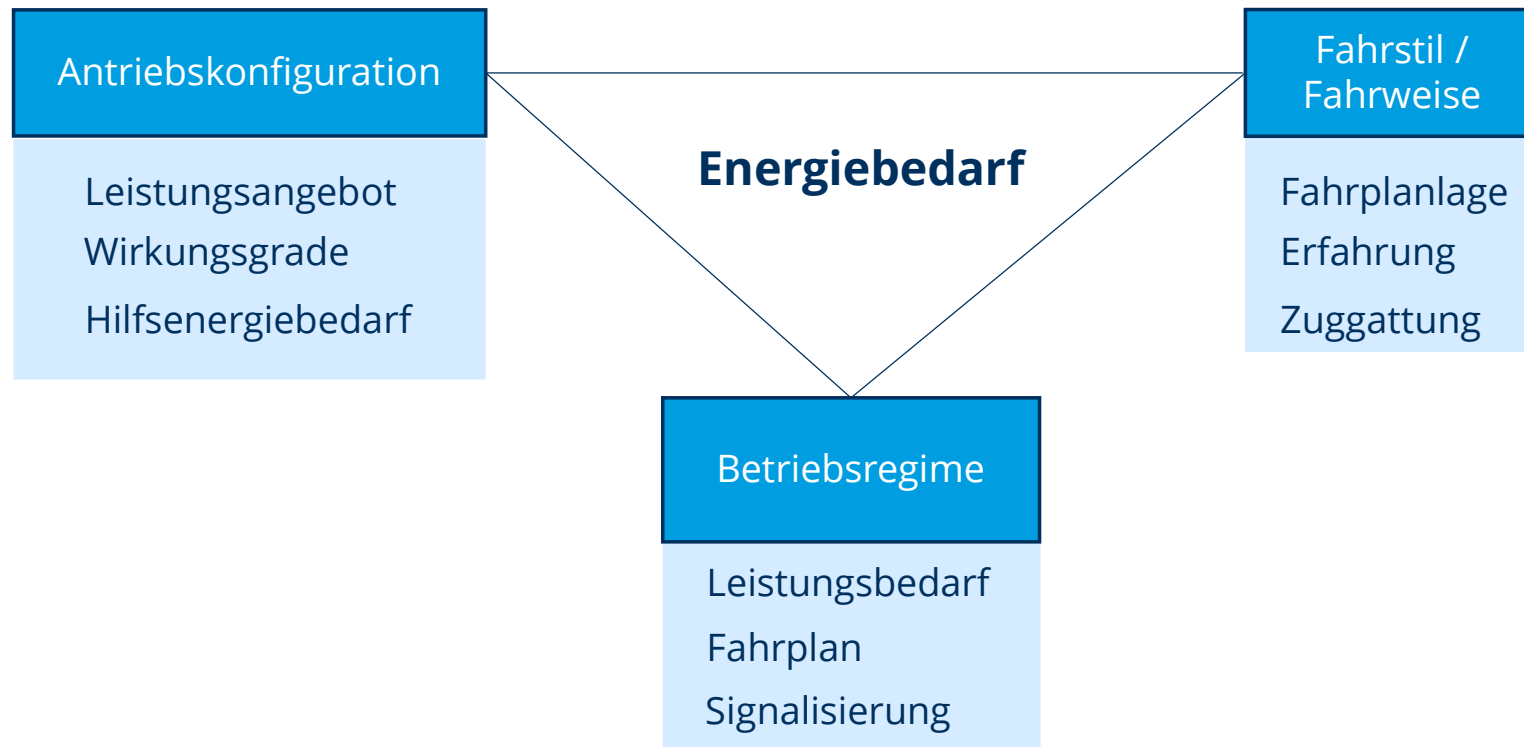
9.5.0 Energiebedarf von Zugfahrten

Vorschlag für eine Mindmap
(andere Varianten sind denkbar)



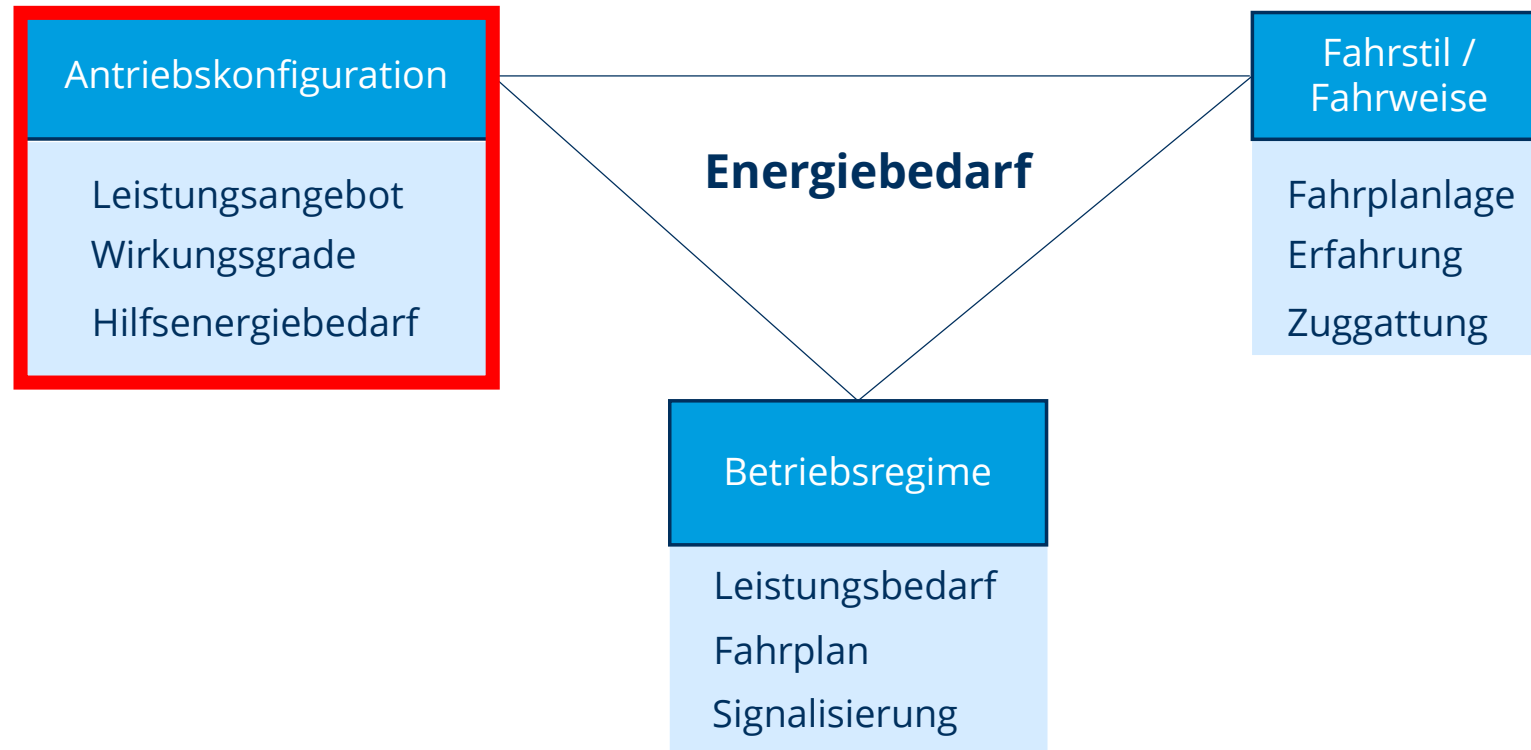
9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5.0 Energiebedarf von Zugfahrten



9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5.0 Energiebedarf von Zugfahrten



9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5.1 Wirkungsgrade von Antriebsträngen

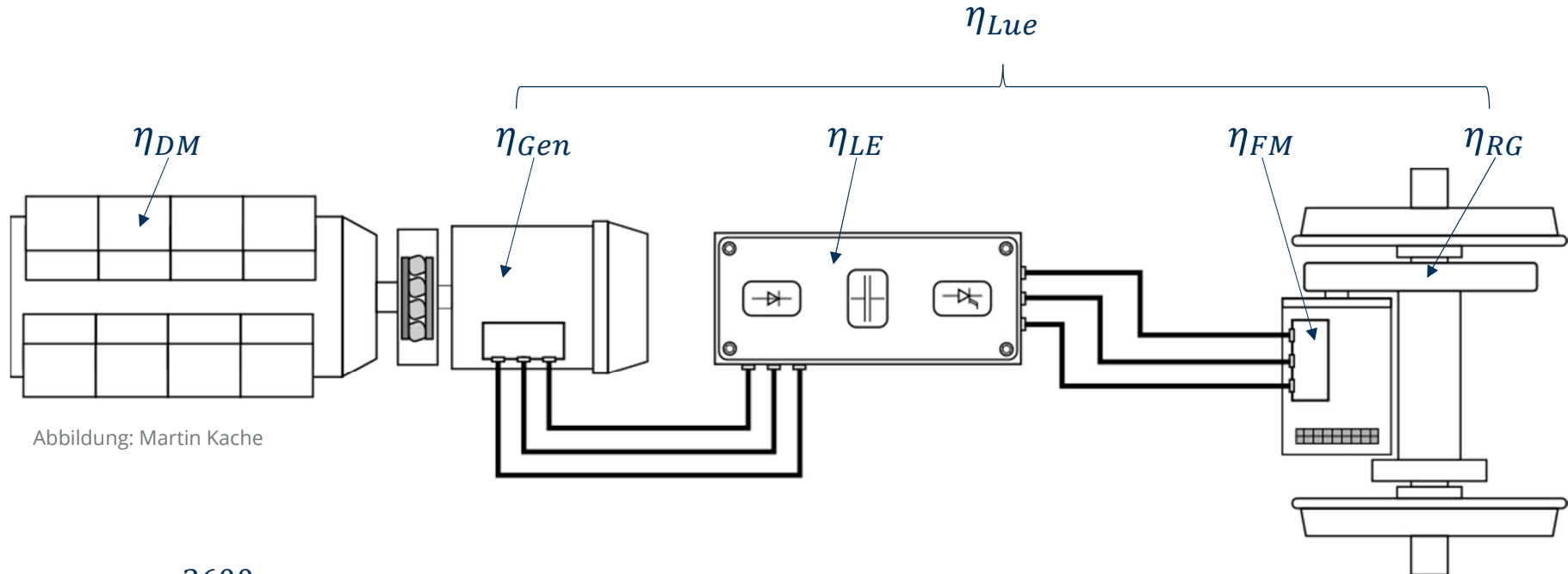


Abbildung: Martin Kache

$$\eta_{DM} = \frac{3600}{b_{DK} \cdot H_{DK}} \quad \eta_{Gen} = f(n) = 0,8 \dots 0,96 \quad \eta_{LE} = f(f_s, I) \approx 0,98$$

$$\eta_{RG} \approx 0,96 \dots 0,98$$

$$\eta_{FM} = f(M, n) \leq 0,96$$

$$b_{DK} = 0,19 \dots 0,40 \text{ kg/kWh}$$

$$H_{DK} = 42800 \text{ kWs/kg}$$

9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5.1 Wirkungsgrade von Antriebsträngen

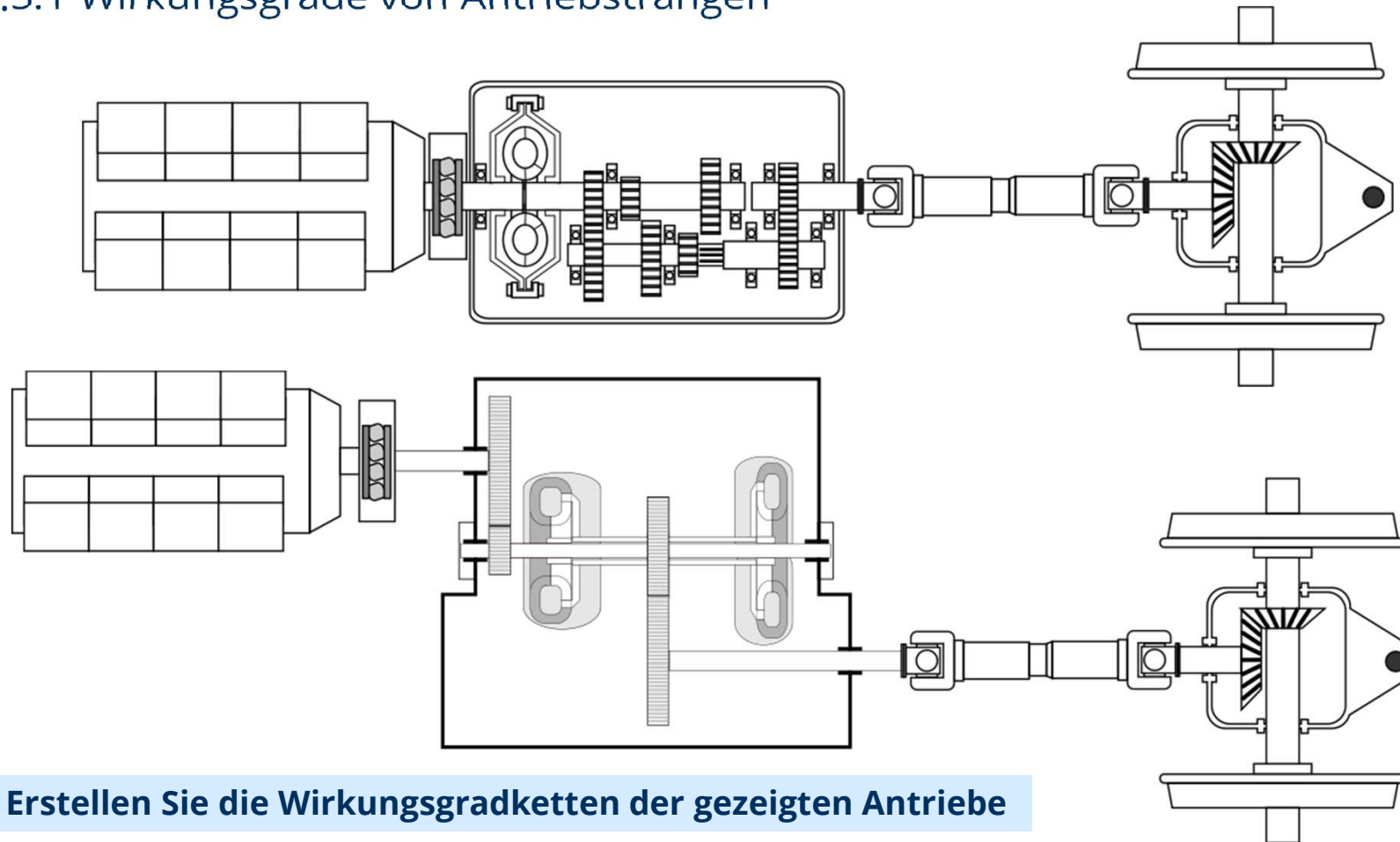


Abbildung: Martin Kache

9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5.1 Wirkungsgrade von Antriebsträngen

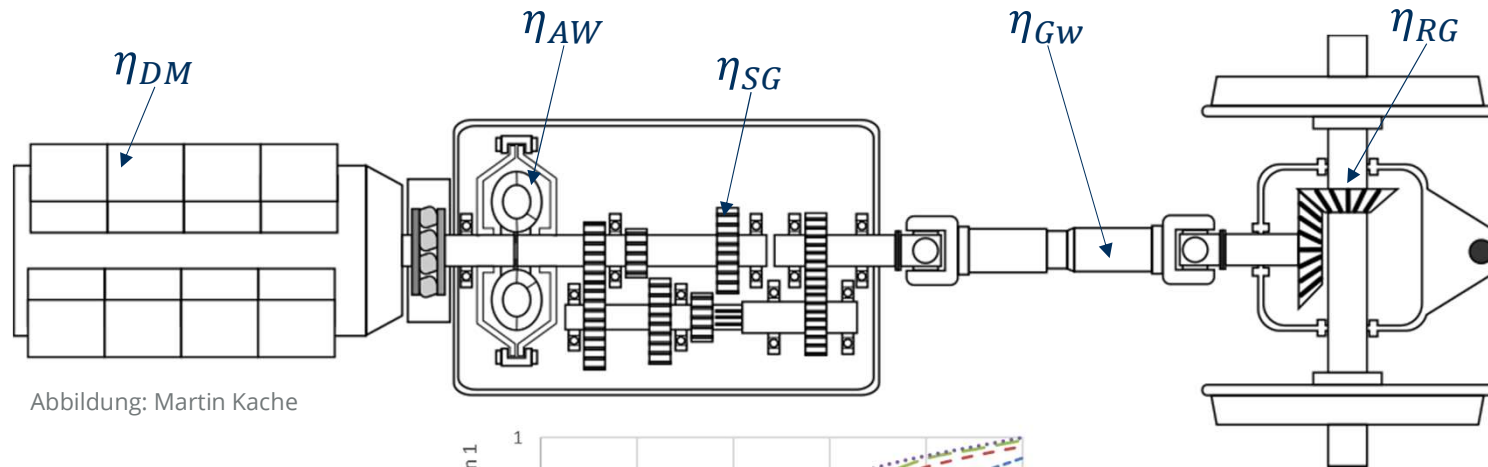
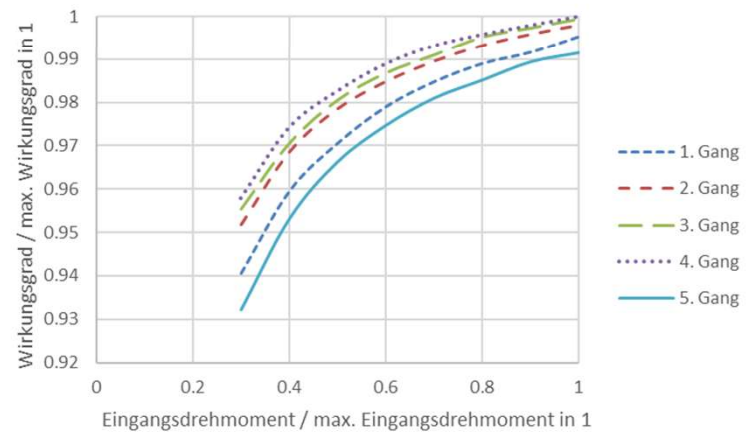


Abbildung: Martin Kache

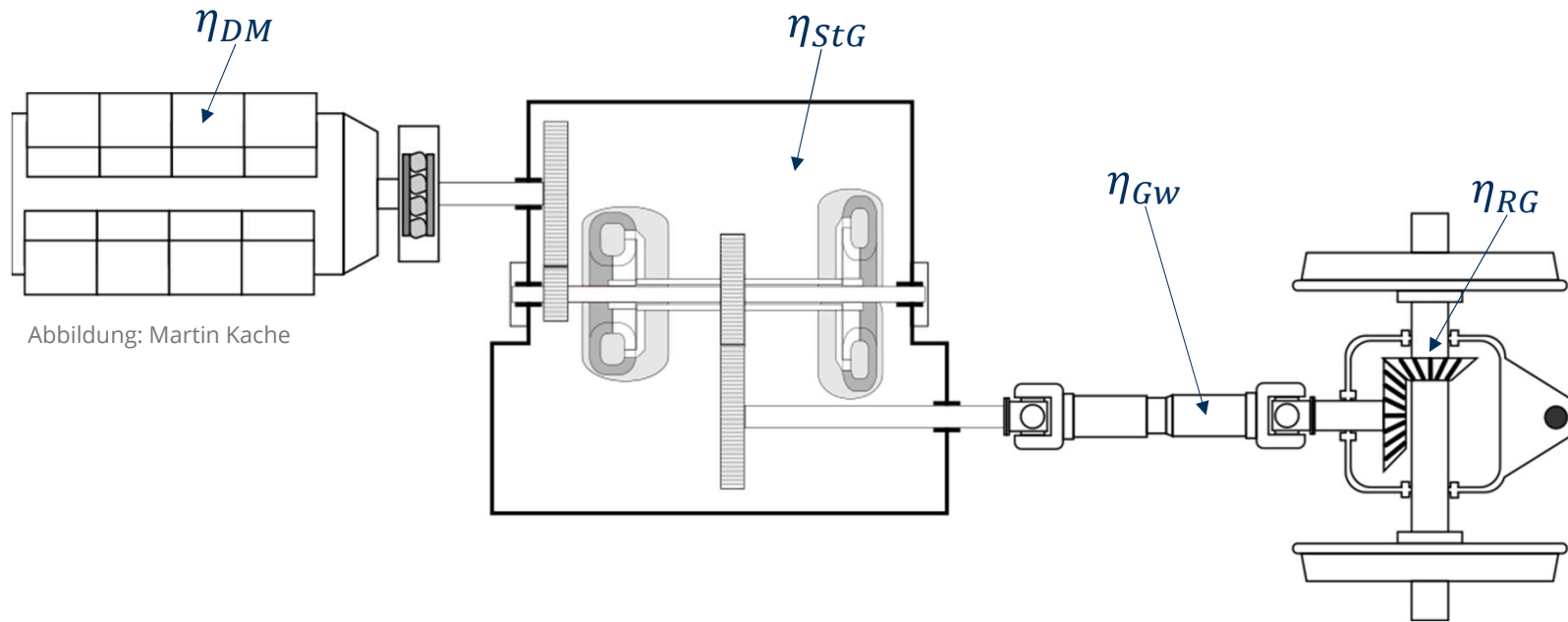
Wandlungsgang: $\eta_{Lü} = \eta_{AW} \cdot \eta_{GW} \cdot \eta_{RG}$

mech. Gänge: $\eta_{Lü} = \eta_{SG} \cdot \eta_{GW} \cdot \eta_{RG}$



9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5.1 Wirkungsgrade von Antriebsträngen



9. Leistungsübertragungsanlagen

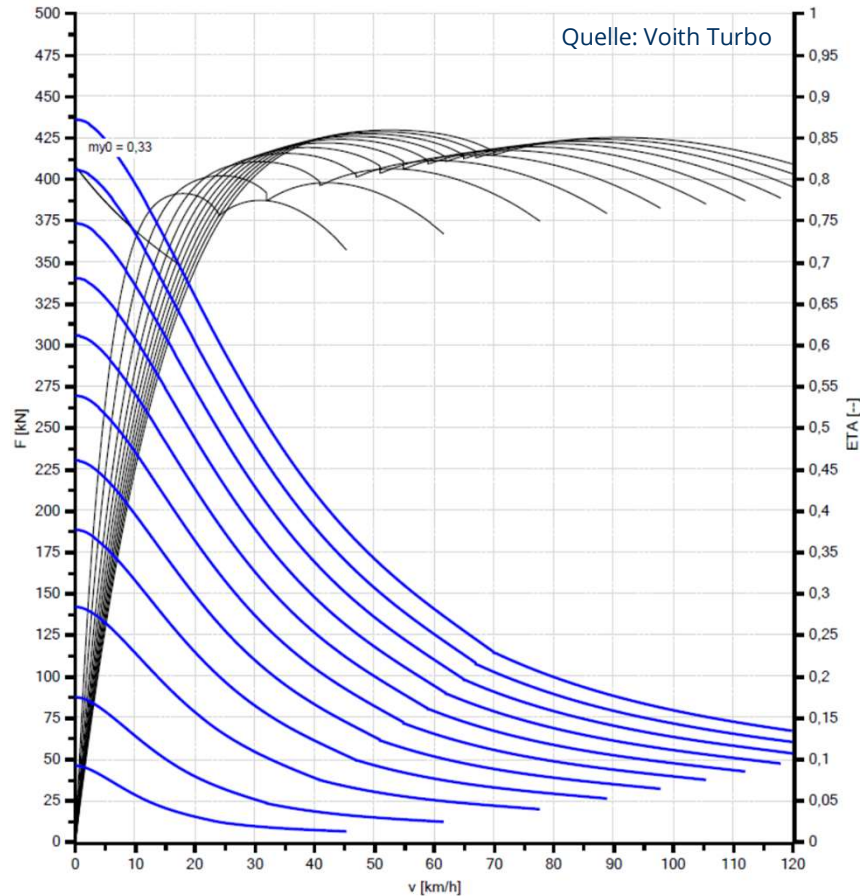
9.5.1 Wirkungsgrade von Antriebsträngen

zur Beachtung:

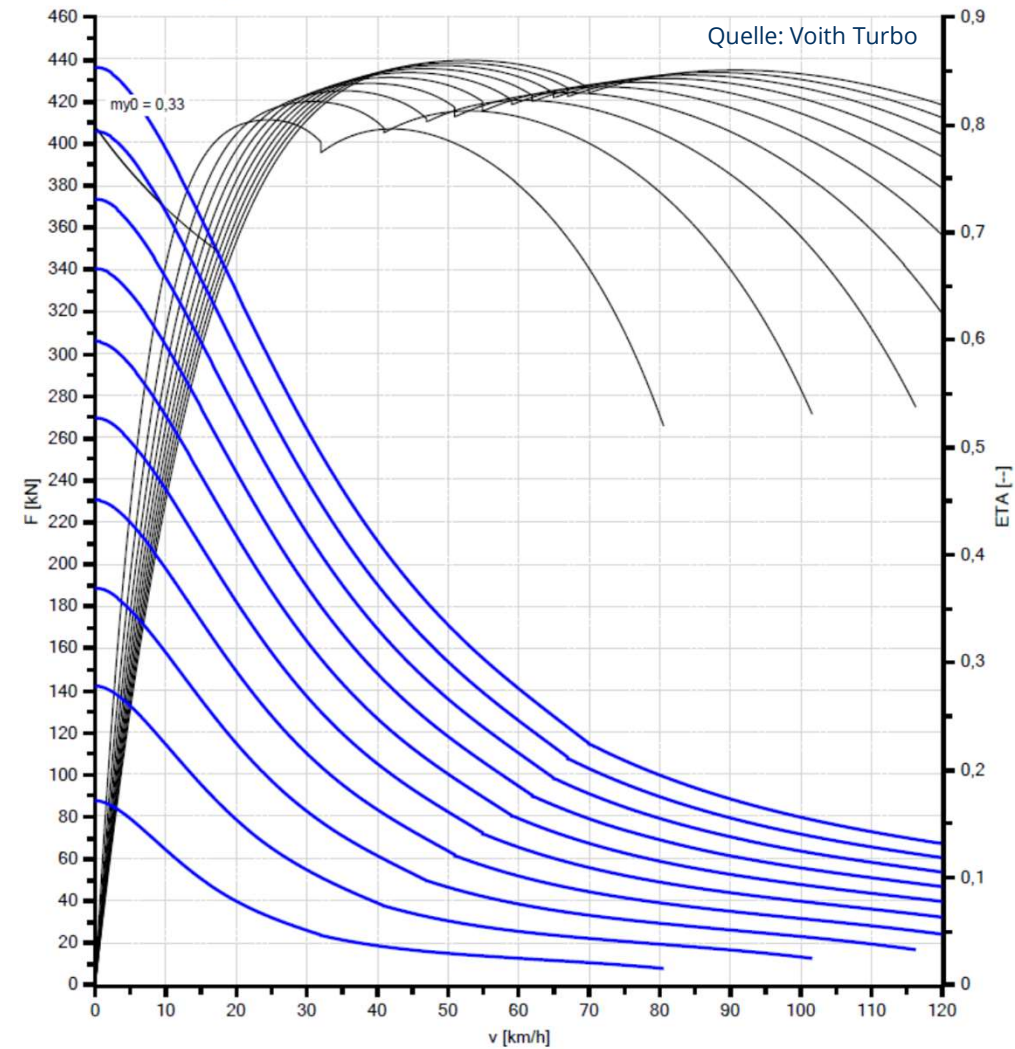
Lü-Wirkungsgrad
in Zugkraftkurven
enthalten

Zuordnung
Zugkraft -
DM-Drehzahl?

Zugkraftlücken
im Teillastbereich?



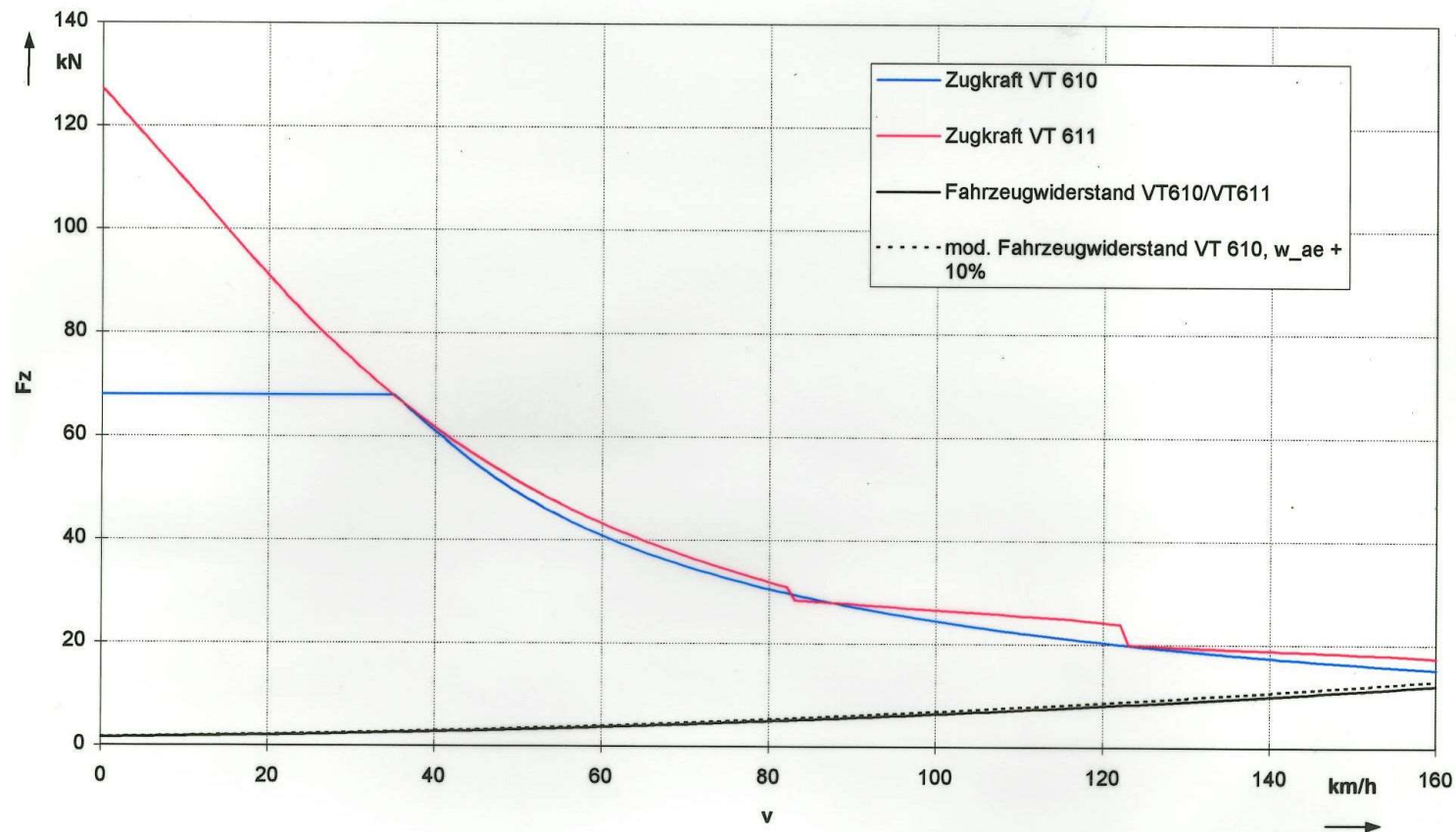
Tractive effort at wheel and transmission efficiency curves subject to sheet 3.202-463e.
When calculating tractive effort losses of 3 % for cardan shafts and axle drives have been accounted for.



9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5.1 Wirkungsgrade von Antriebsträngen

Zugkraft-Geschwindigkeitsdiagramme VT 610 und VT 611

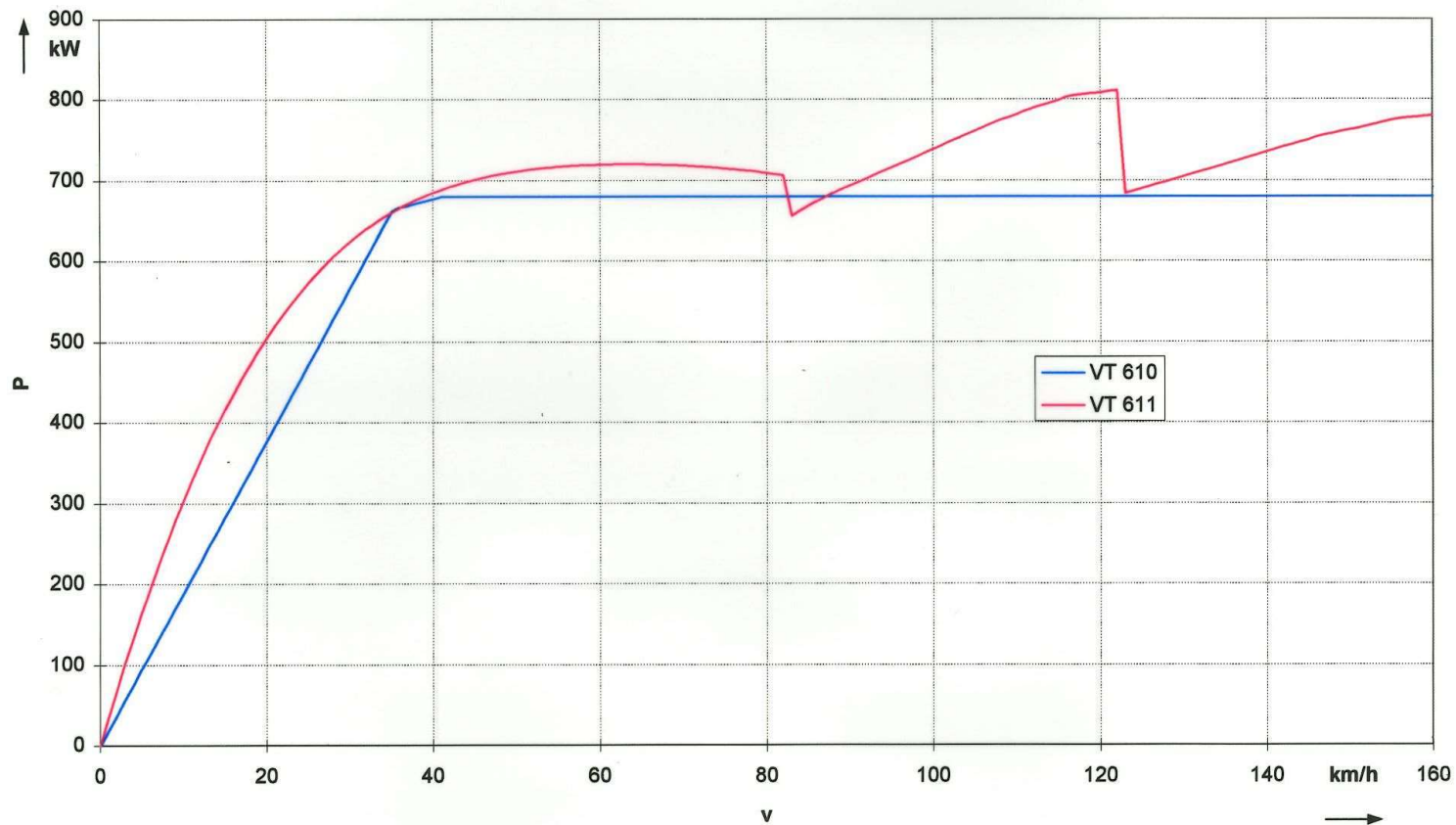


9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5.1 Wirkungsgrade von Antriebsträngen

Leistungs-Geschwindigkeitsdiagramme VT 610 und VT 611

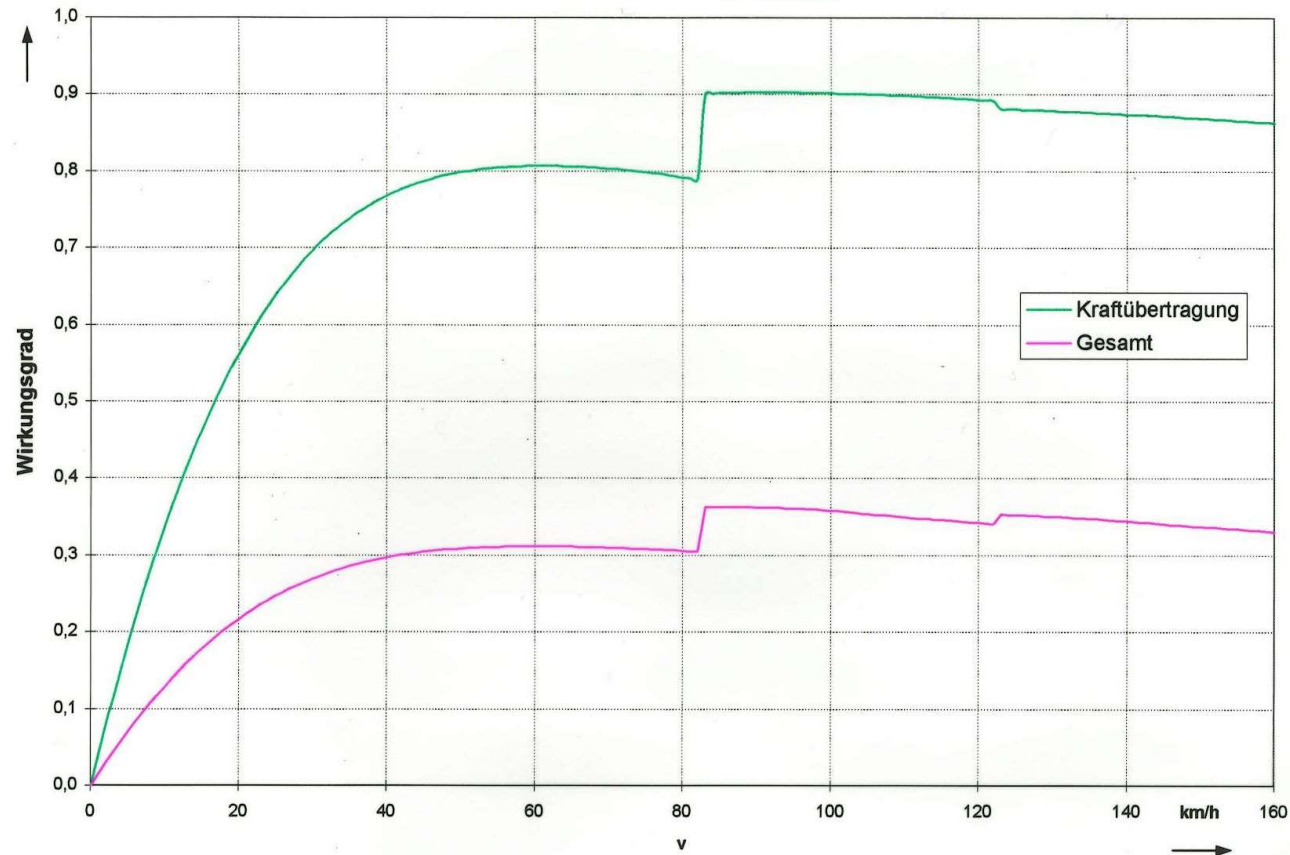
Leistung $P(v)$ am Treibrad, berechnet aus Zugkraftverlauf $F(v)$



9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5.1 Wirkungsgrade von Antriebsträngen

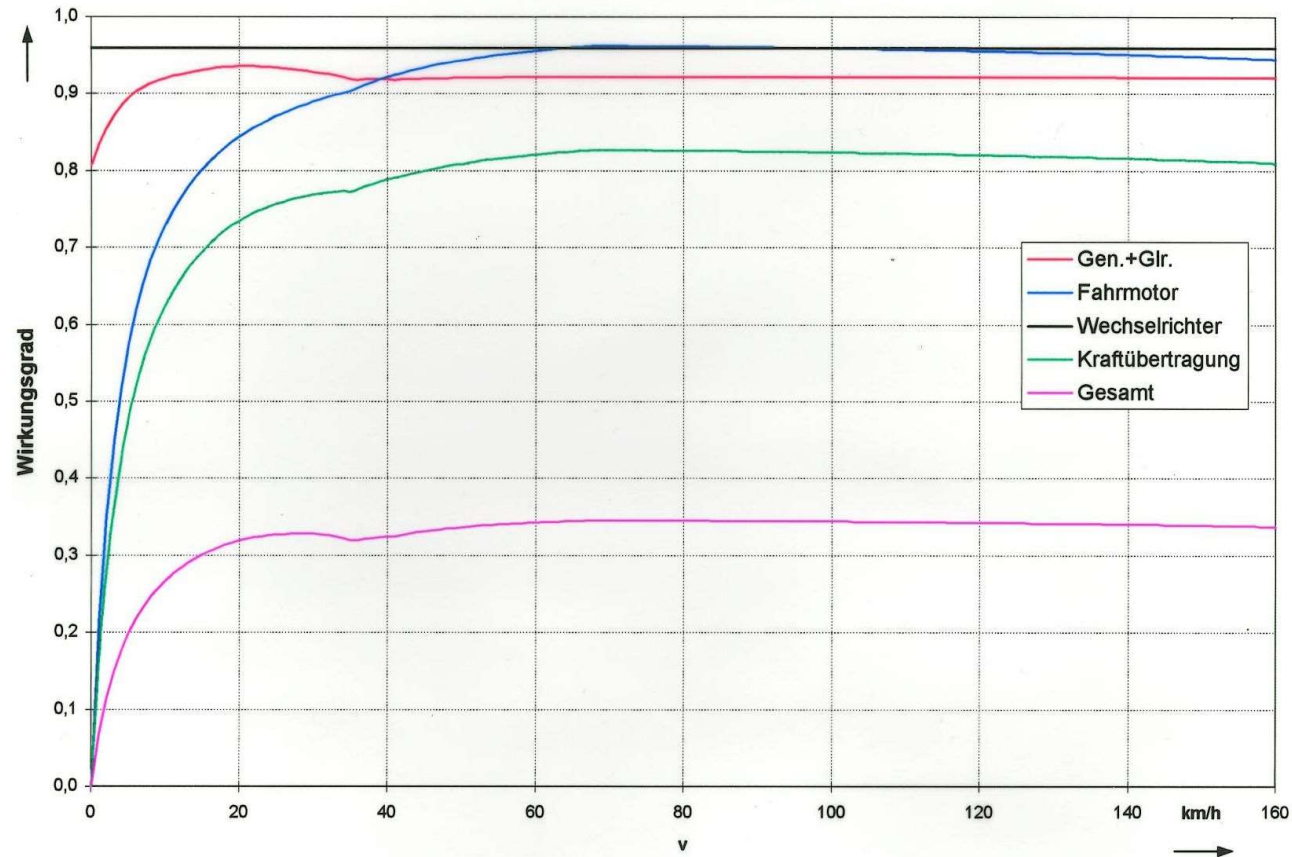
Wirkungsgradverläufe des Antriebssystems 611
für Vollast



9. Leistungsübertragungsanlagen

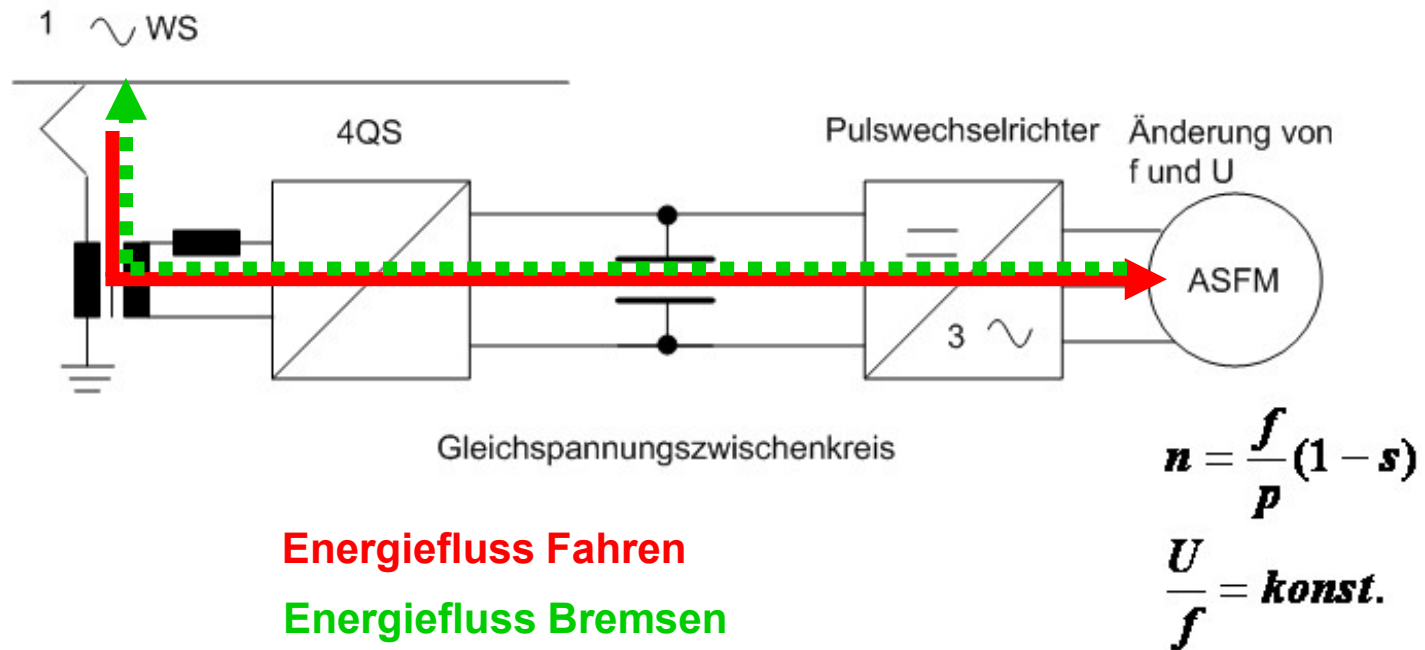
9.5.1 Wirkungsgrade von Antriebsträngen

Wirkungsgradverläufe des Antriebssystems 610
für Volllast



9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5.1 Wirkungsgrade von Antriebsträngen

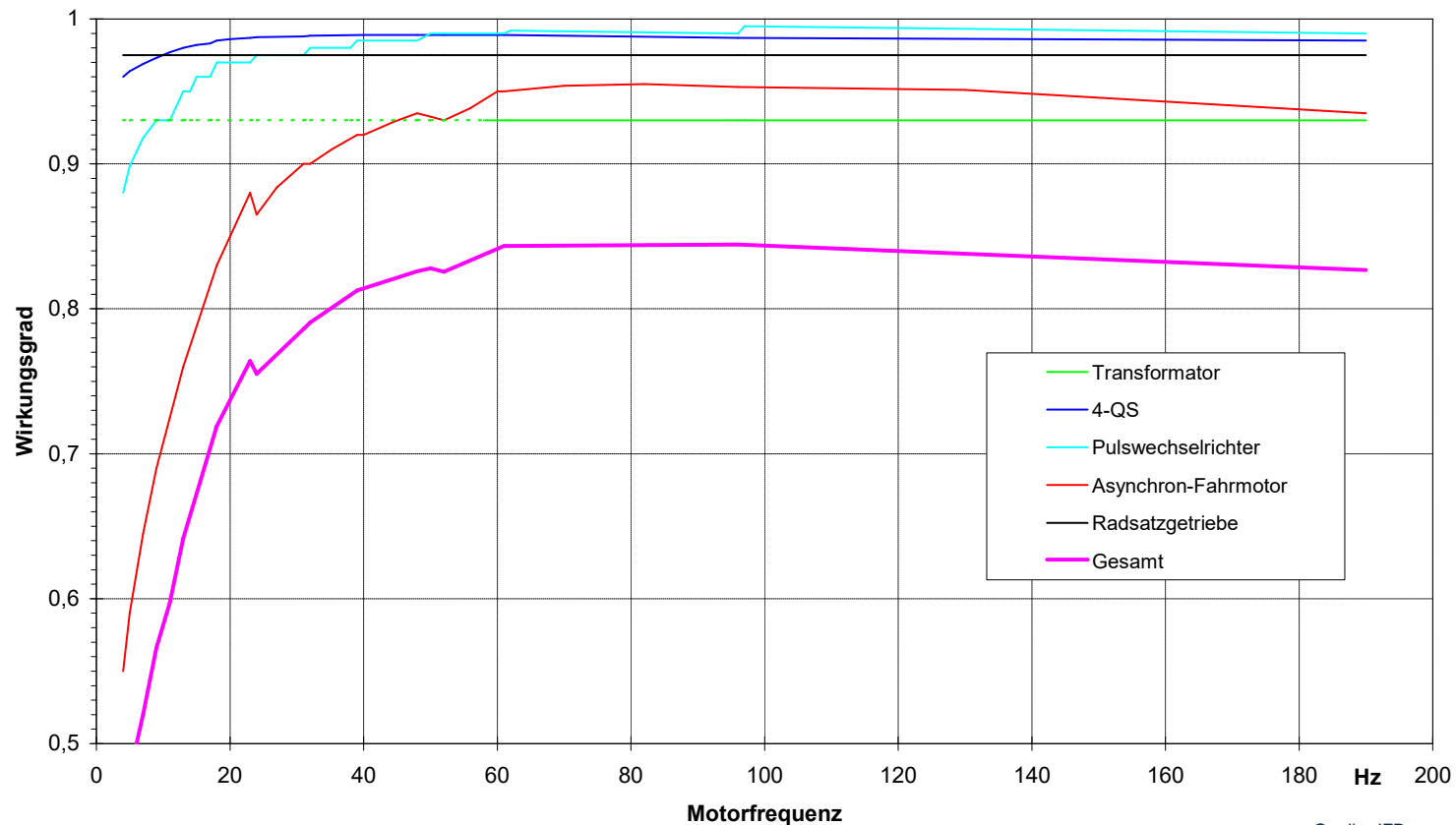


9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5.1 Wirkungsgrade von Antriebsträngen

Wirkungsgradverläufe ICE 3 für maximale Zugkraft

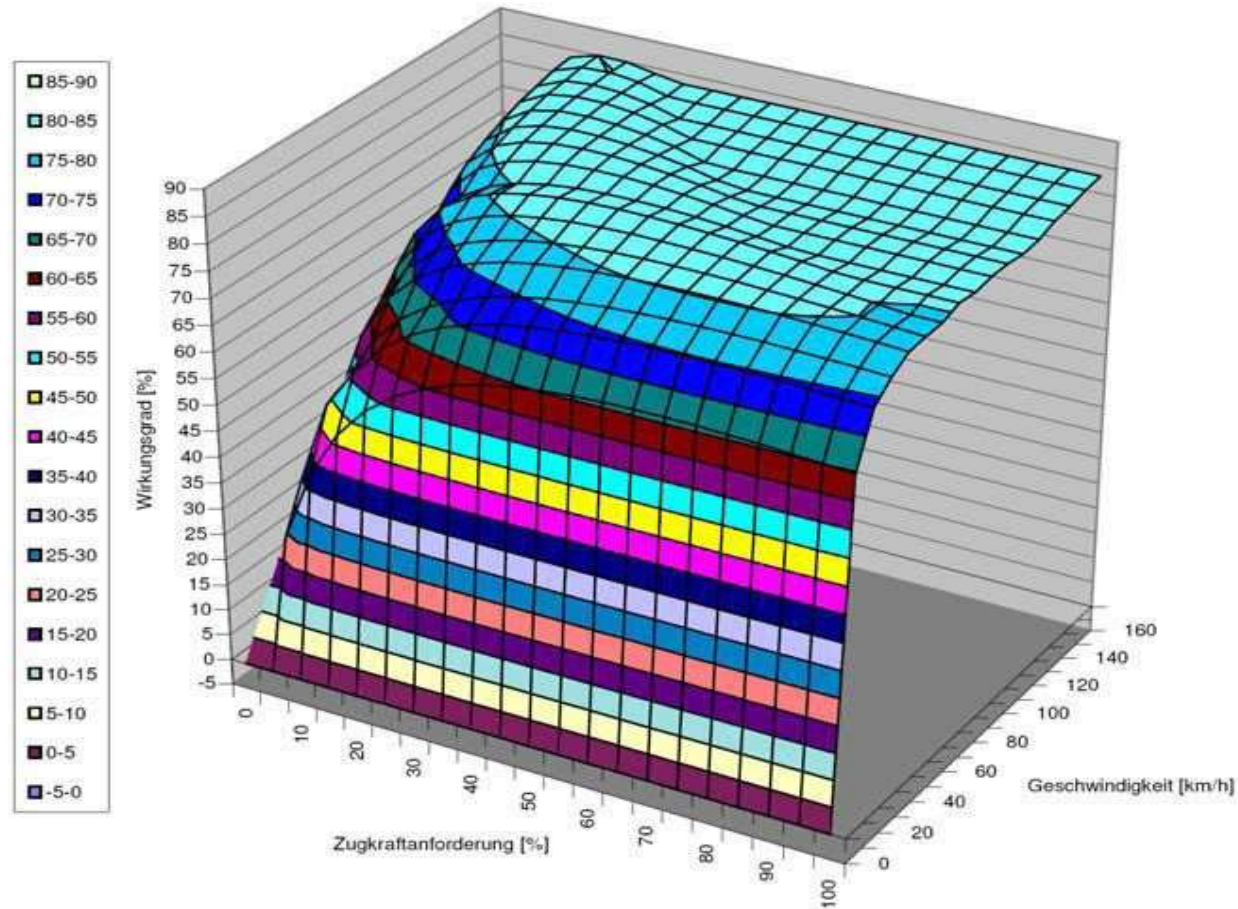
Herstellerangabe für Betrieb bei 15 kV 16,7 Hz



Quelle: IFB

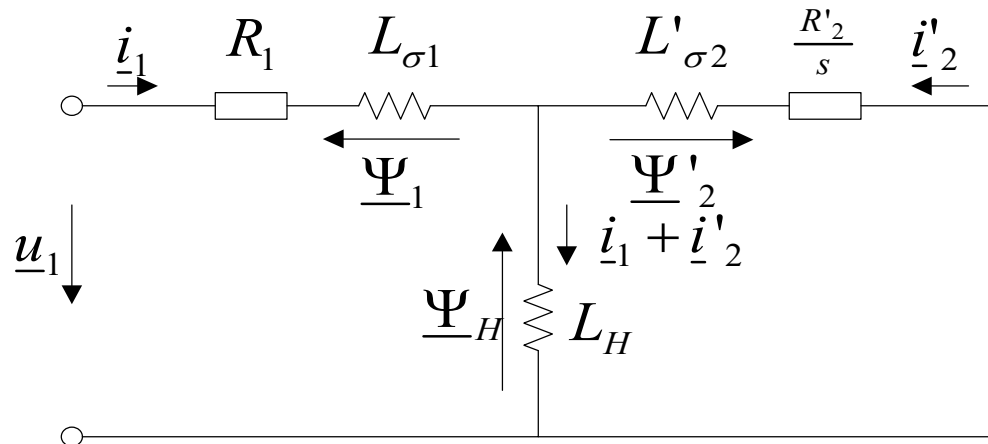
9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5.1 Wirkungsgrade von Antriebsträngen



9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5.1 Wirkungsgrade von Antriebsträngen



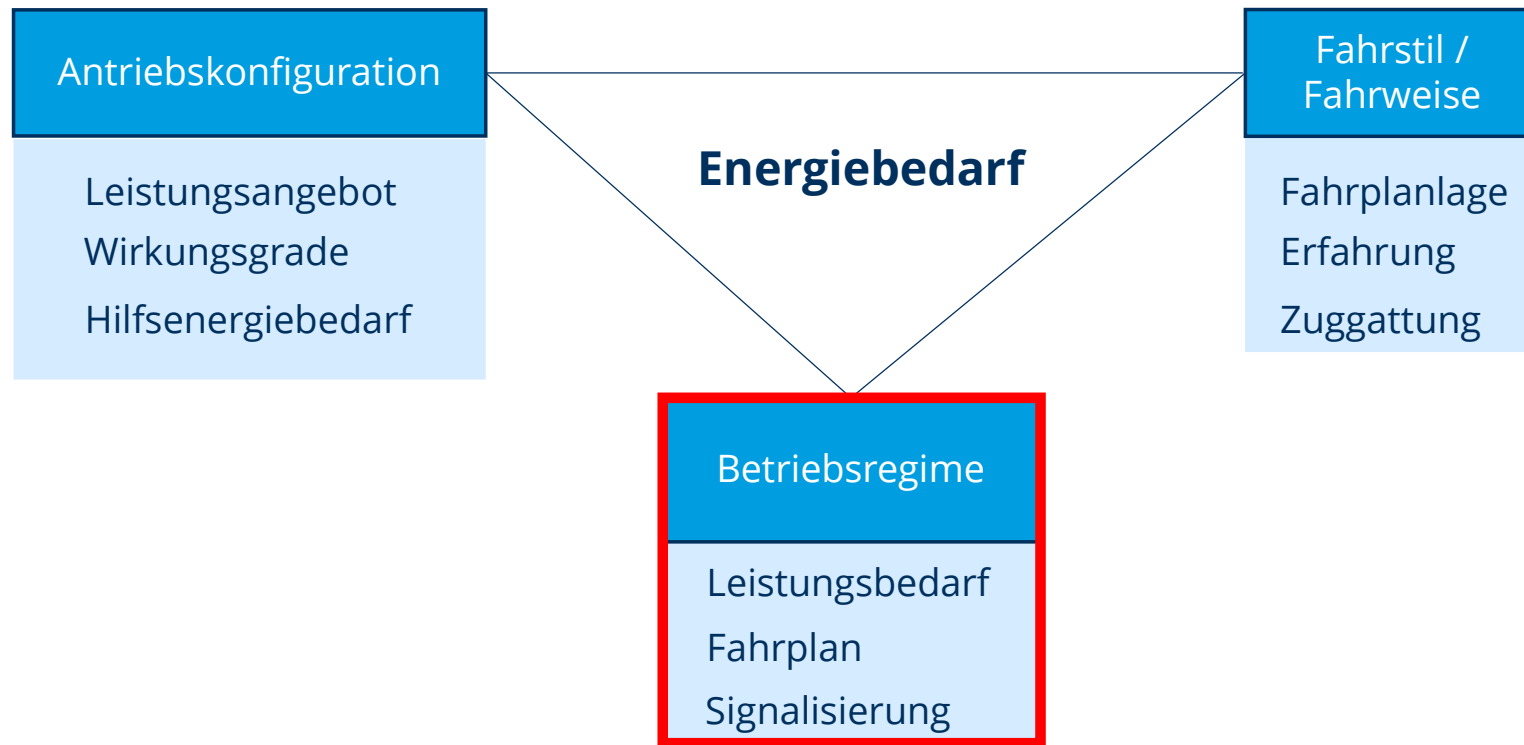
$$M_{\text{elekt}} = M_{\text{mech}} + M_{\text{Läuferverluste}}$$

$$M_{\text{Läuferverluste}} = \frac{P_{\text{Rotorverluste}}}{2\pi n} = \frac{\frac{3}{2} \underline{i}'_2{}^2 \cdot R'_2}{2\pi n}$$

Quelle: DA Kawan 2005

9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5.1 Energiebedarf von Zugfahrten



9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5.2 Betriebsregime Reisezugverkehr

Fernverkehr



Regionalverkehr



Nahverkehr



Hochgeschwindigkeitsverkehr



Fotos: Martin Kache

9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5.2 Betriebsregime Güterverkehr

Güterfernverkehr



Ganzzugverkehr



Einzelwagenverkehr



Bauzugverkehr



Rangierverkehr



Verteilerverkehr / Übergaben



Werksverkehr



Be- und Entladung



Zusammenstellung und Auflösung von Zügen



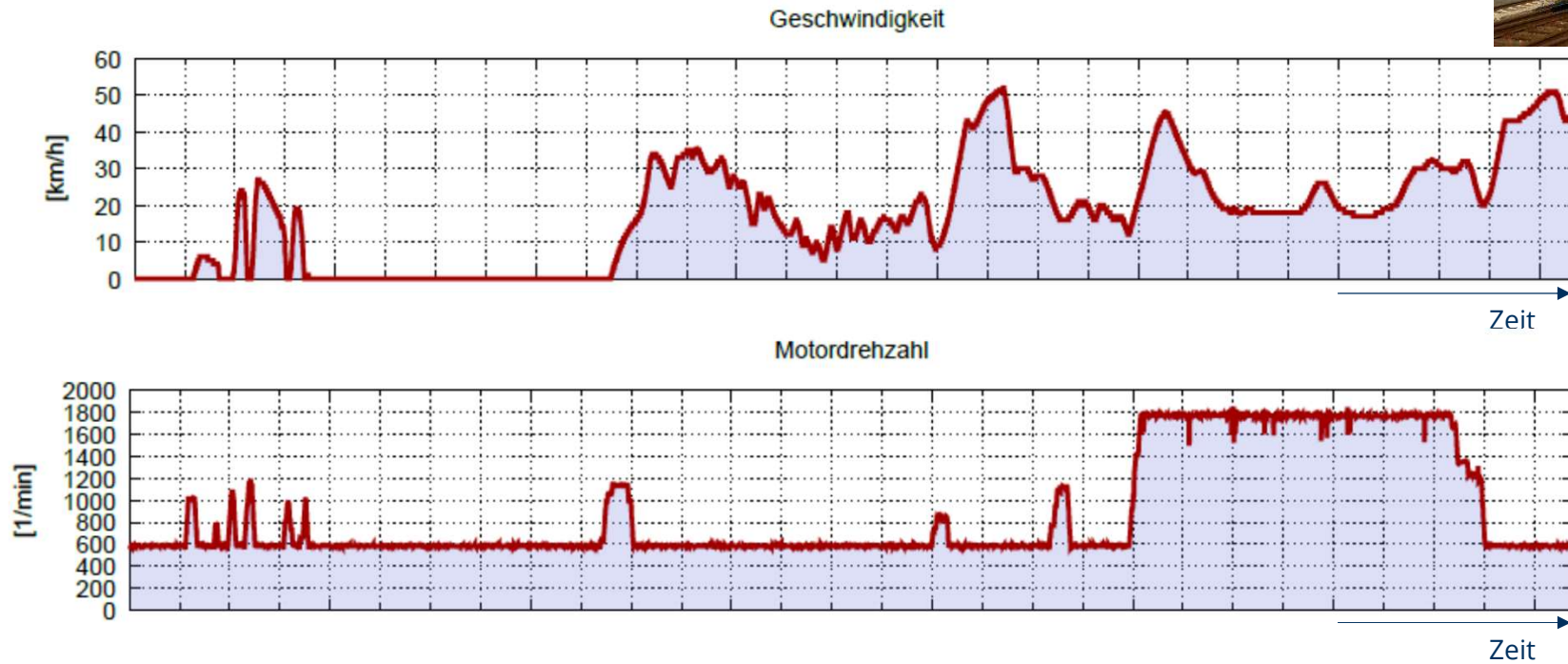
Fotos: Martin Kache

9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5.2 Betriebsregime Güterverkehr

Interpretieren Sie die dargestellten Betriebsregime

G 1206
DH-Antrieb



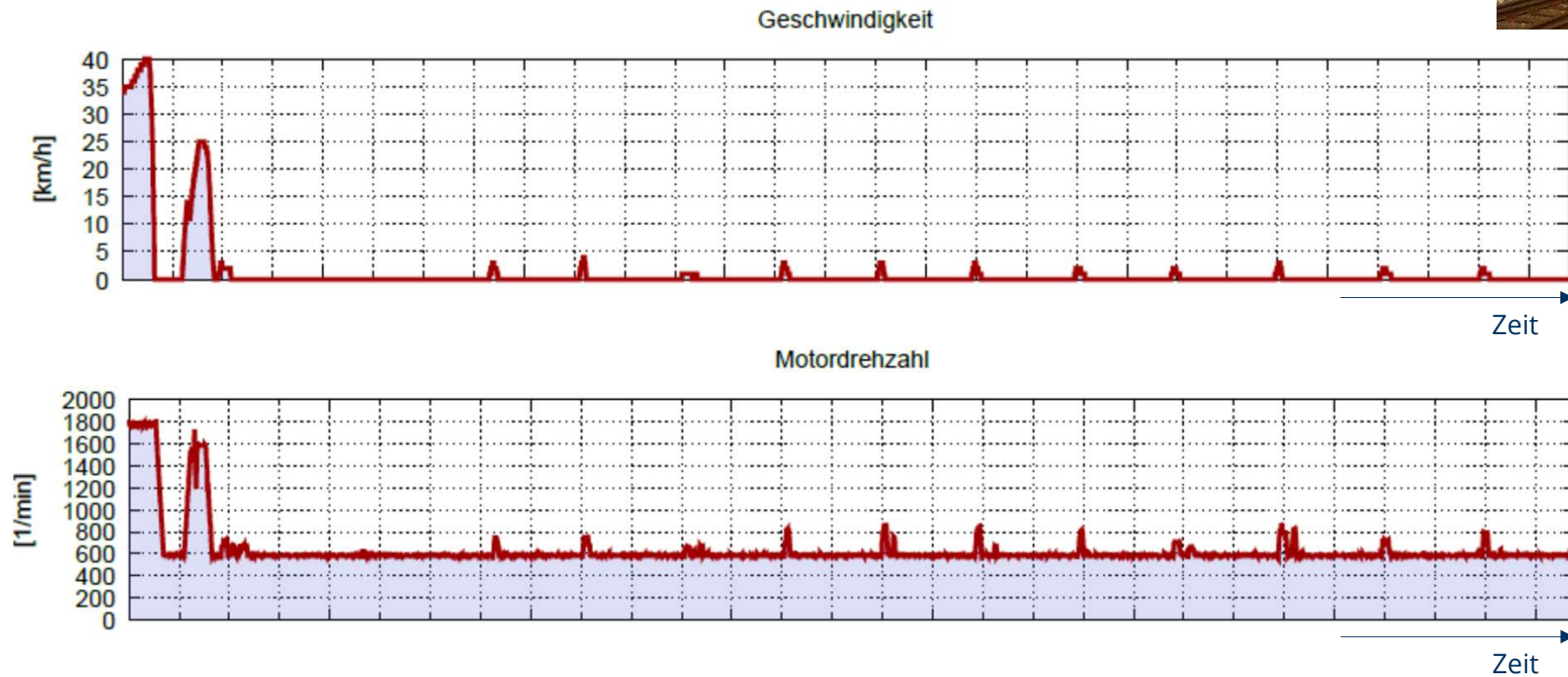
dargestellte Zeitdauer: 1h

9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5.2 Betriebsregime Güterverkehr

Interpretieren Sie die dargestellten Betriebsregime

G 1206
DH-Antrieb



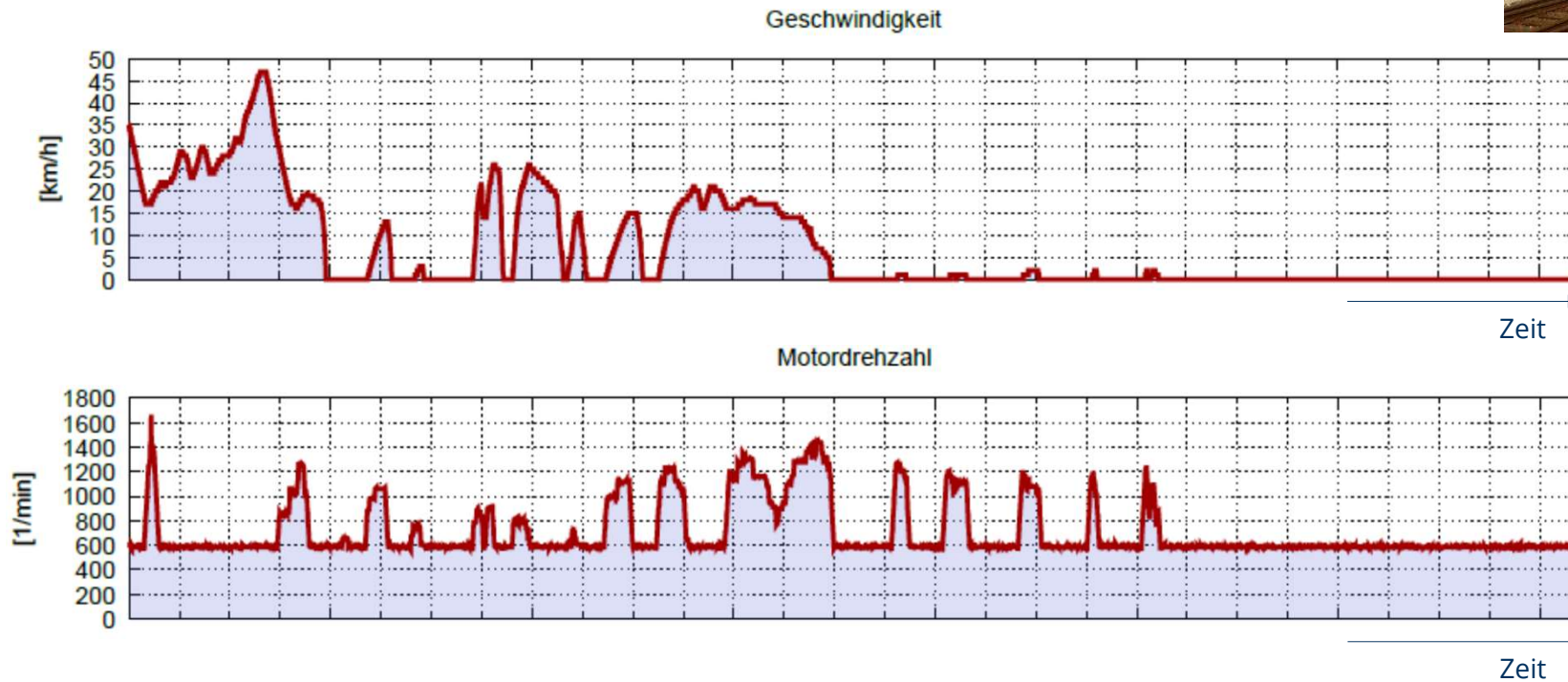
dargestellte Zeitdauer: 1h

9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5.2 Betriebsregime Güterverkehr

Interpretieren Sie die dargestellten Betriebsregime

G 1206
DH-Antrieb



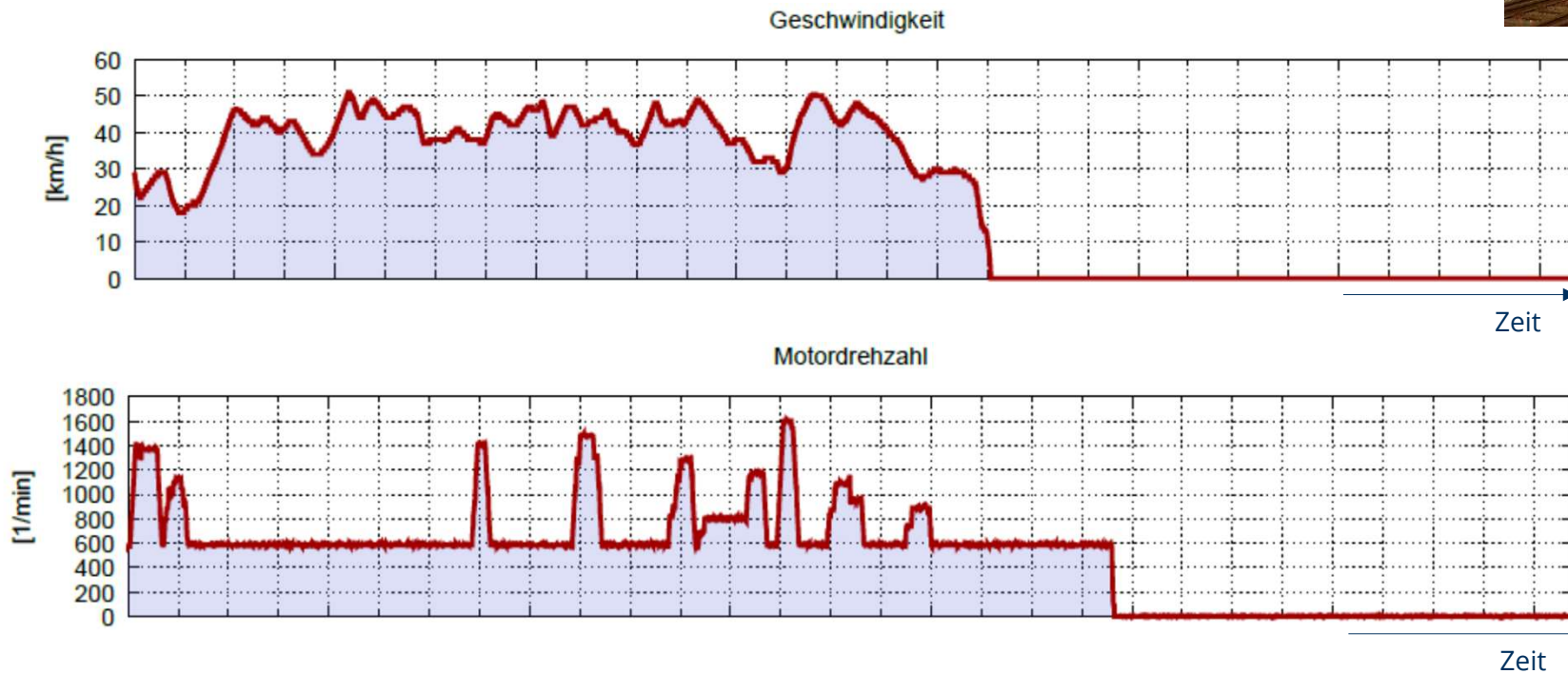
dargestellte Zeitdauer: 1h

9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5.2 Betriebsregime Güterverkehr

Interpretieren Sie die dargestellten Betriebsregime

G 1206
DH-Antrieb



dargestellte Zeitdauer: 1h

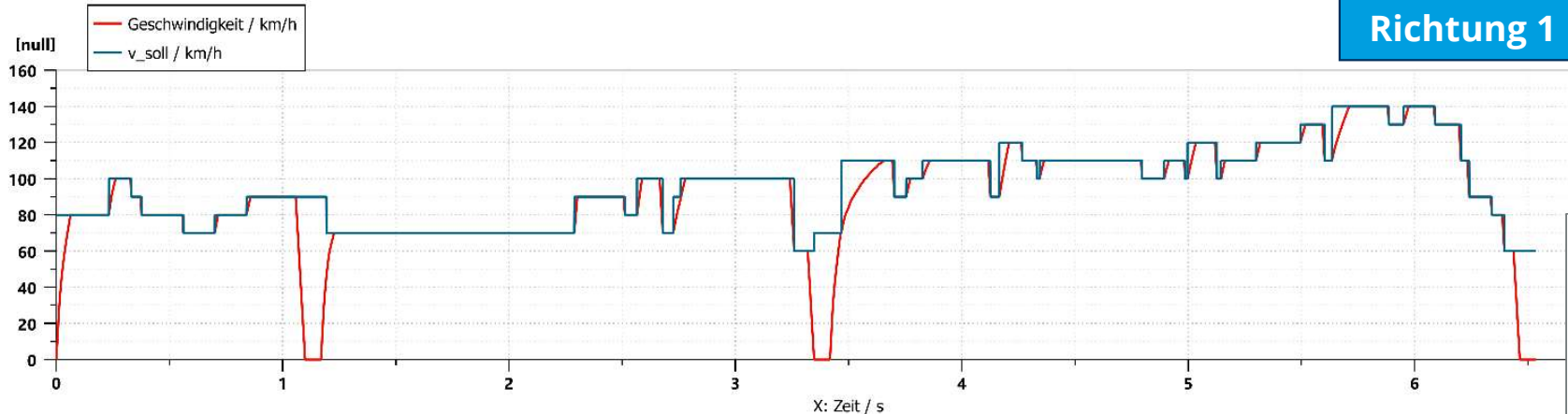
9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5.2 Betriebsregime: Beispiel 1, Richtung 1

Foto: Martin Kache

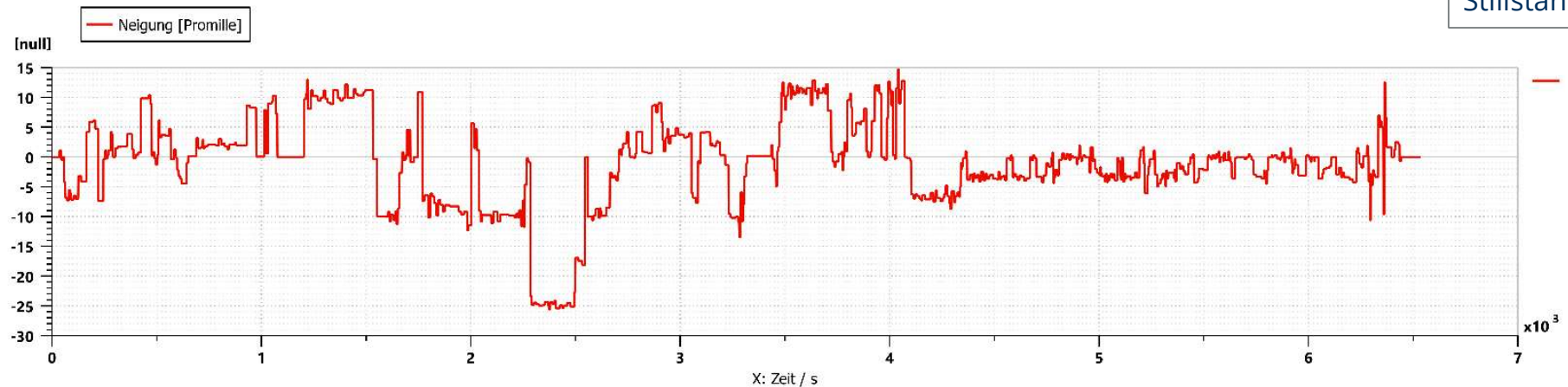


Streckenlänge: 165km
mittl. Hs.-Abst.: 55,1km



Fahrzustände

Beschleunigen:	5%
Beharrung:	88%
Verzögern:	4%
Stillstand:	3%



9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5.2 Betriebsregime: Beispiel 1, Richtung 1

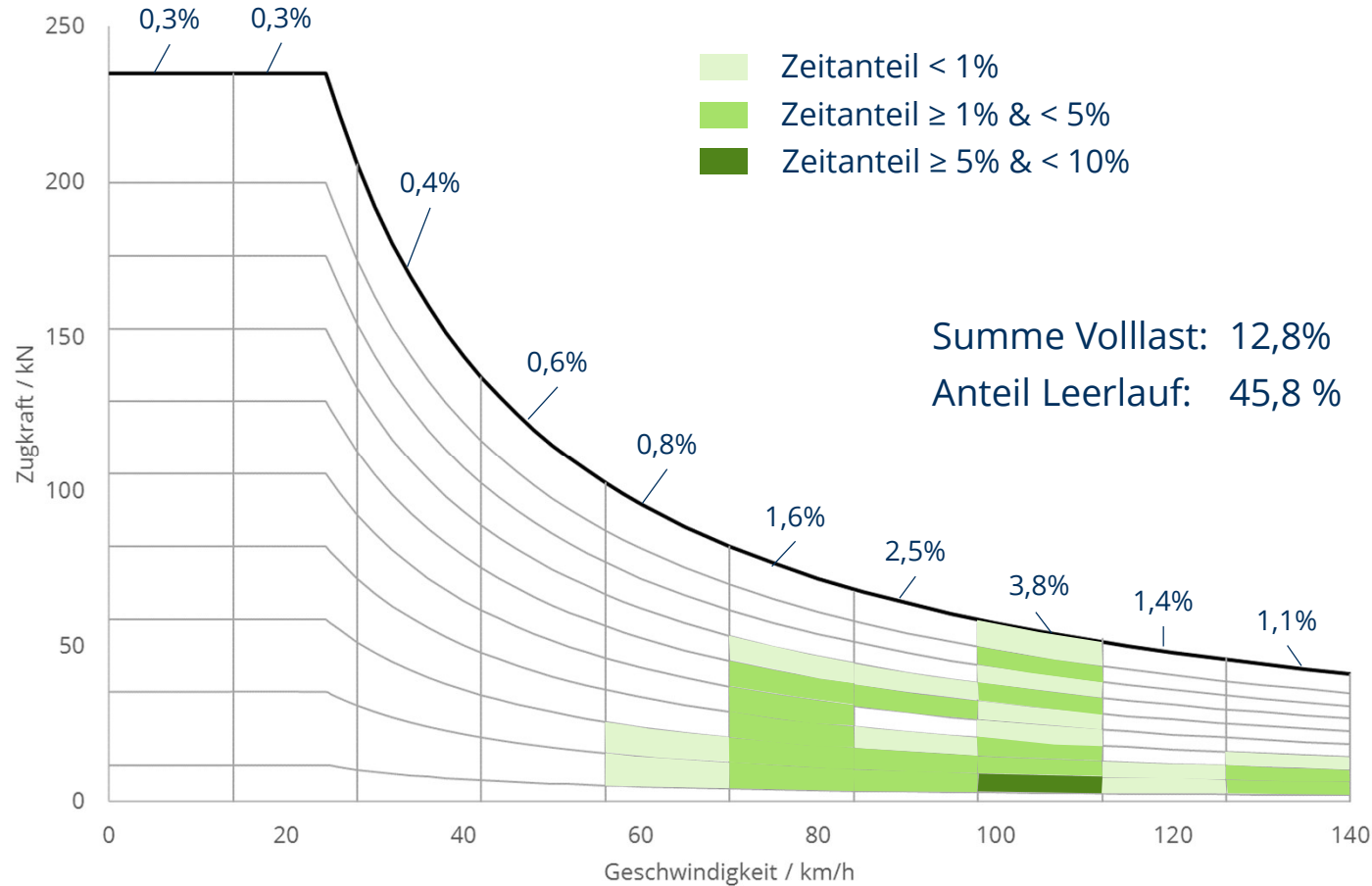


Foto: Martin Kache



Wagenzugmasse: 250 t
 Betriebsregime: RE

Richtung 1

9. Leistungsübertragungsanlagen

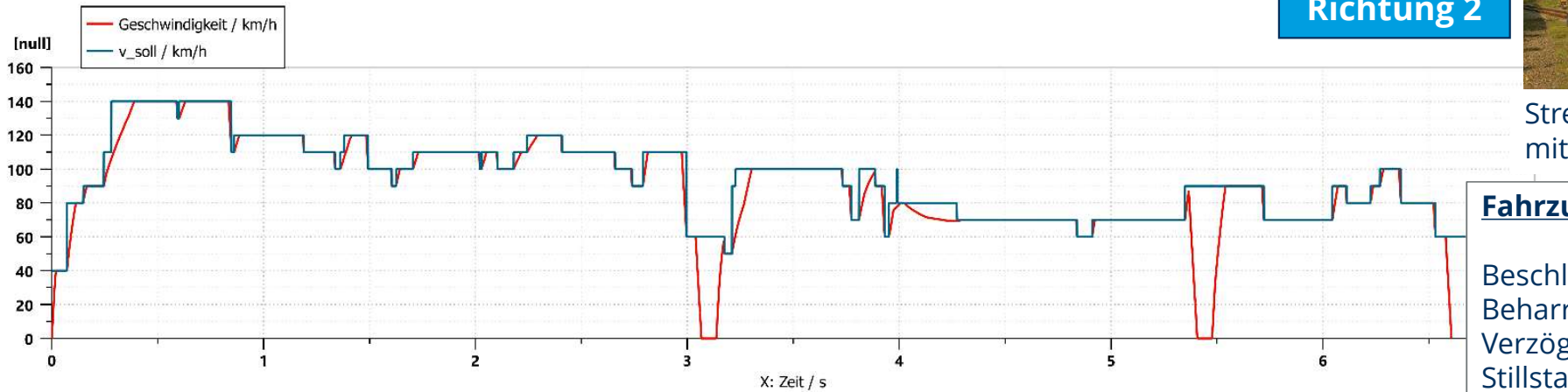
9.5.2 Betriebsregime: Beispiel 1, Richtung 2

Foto: Martin Kache



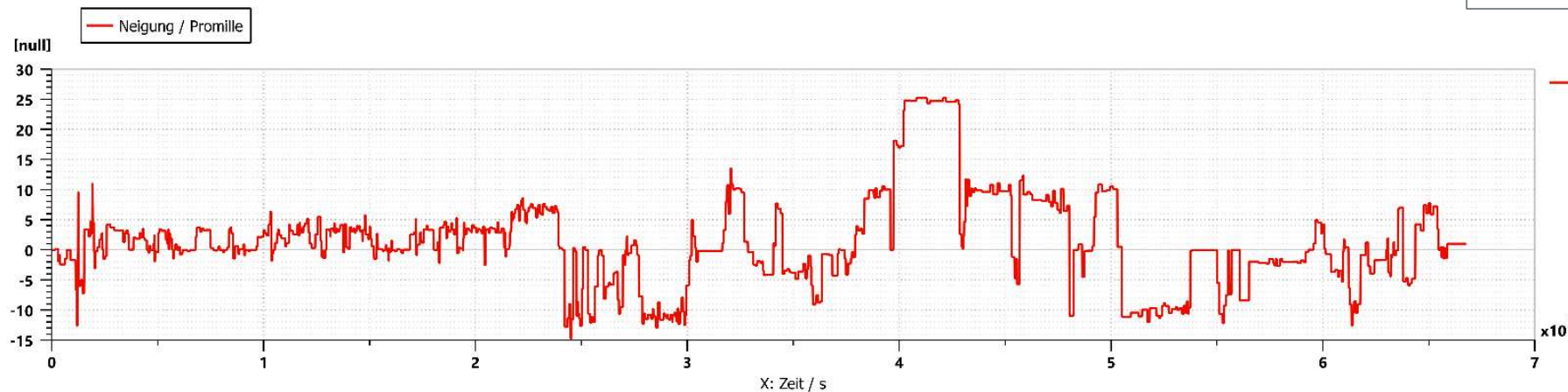
Streckenlänge: 165km
mittl. Hs.-Abst.: 55,1km

Richtung 2



Fahrzustände

Beschleunigen:	7,5%
Beharrung:	85,5%
Verzögern:	4,0%
Stillstand:	3,0%



9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5.2 Betriebsregime: Beispiel 1, Richtung 2

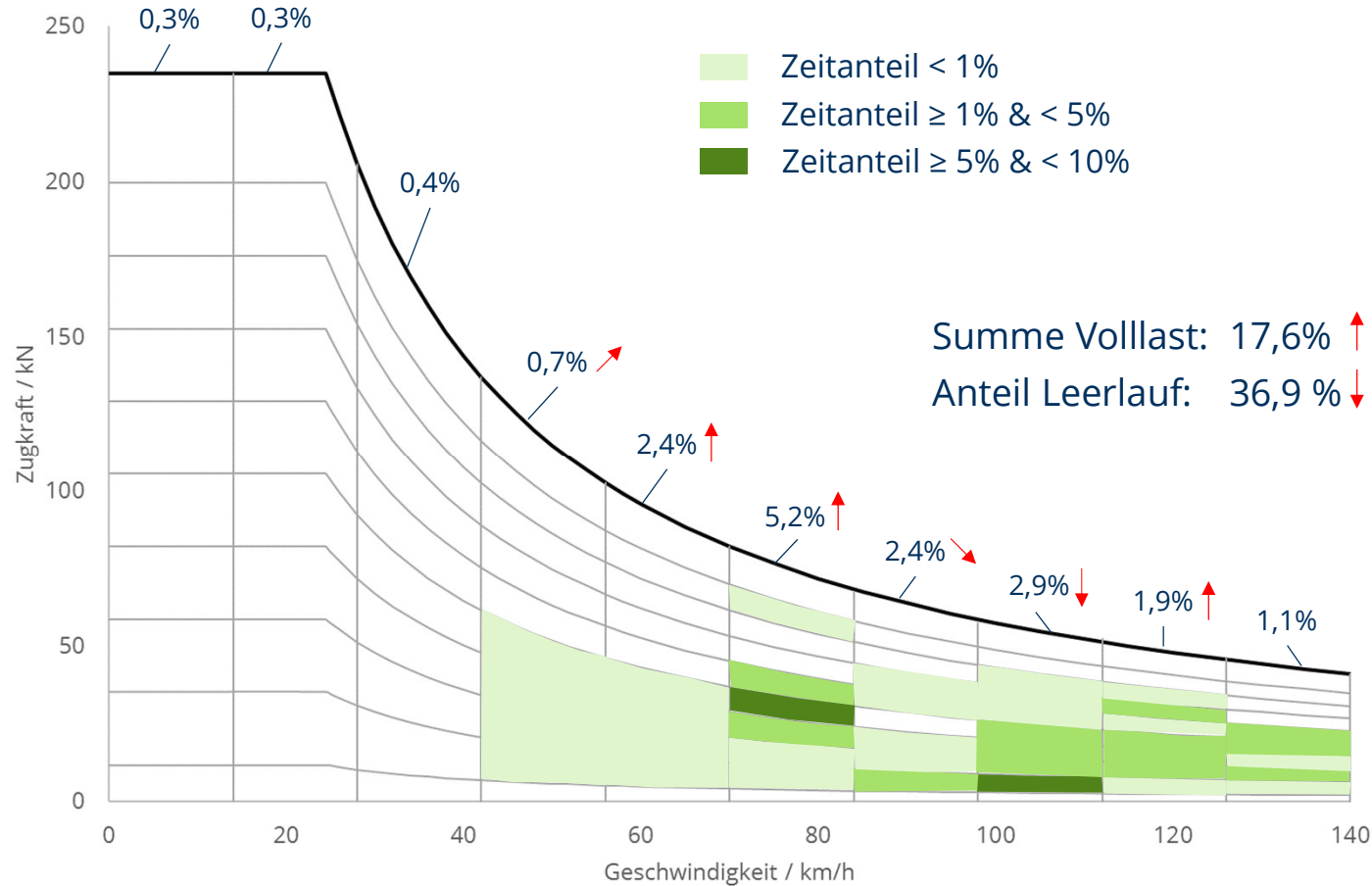


Foto: Martin Kache



Wagenzugmasse: 250 t
 Betriebsregime: RE

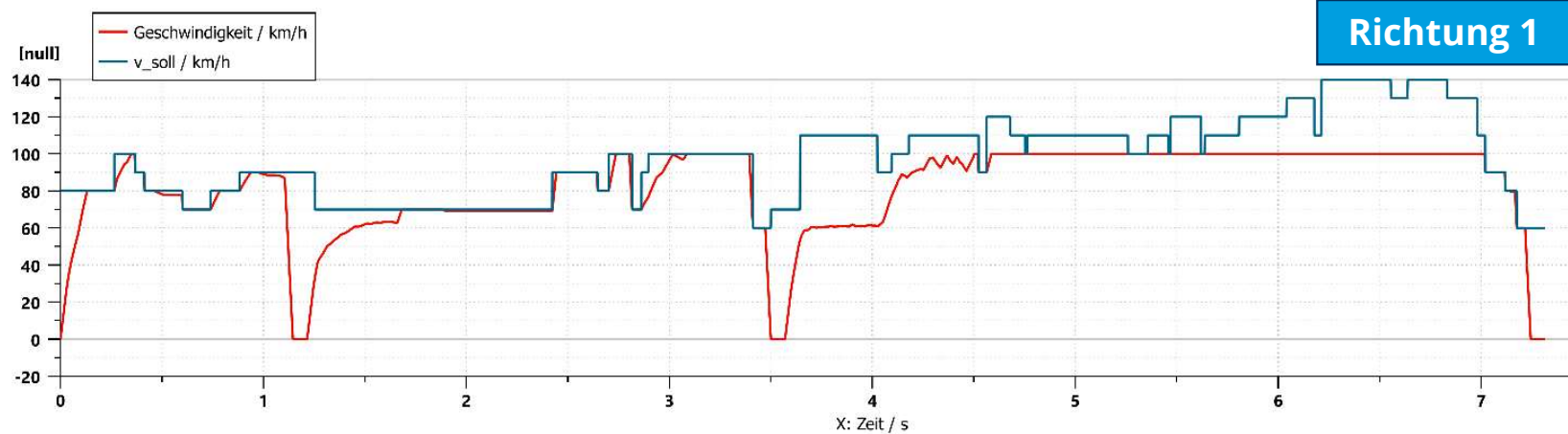
Richtung 2

↓ Pfeile repräsentieren
 qualitative Veränderung
 zur Fahrt in Richtung 1

9. Leistungsübertragungsanlagen

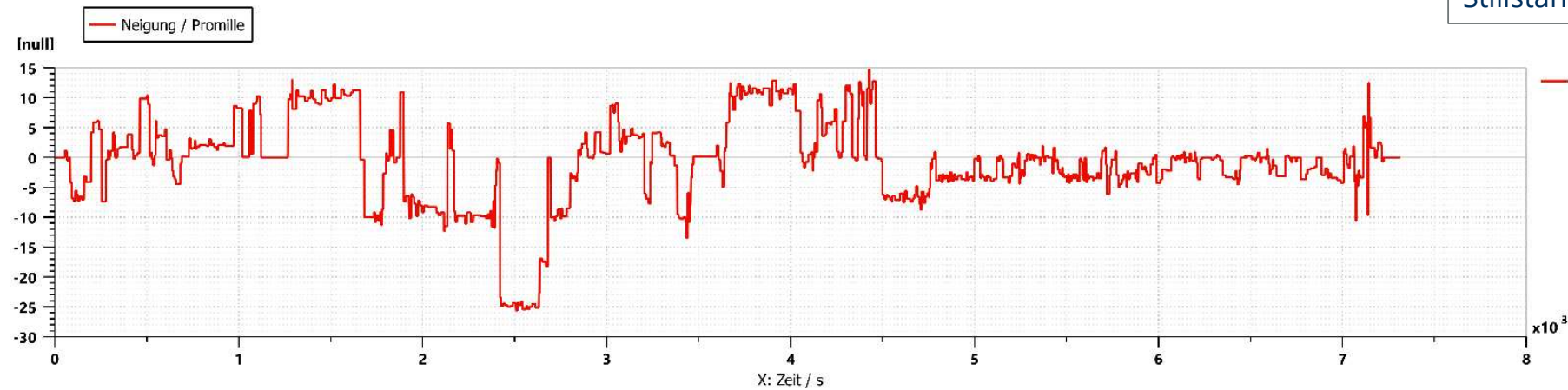
9.5.2 Betriebsregime: Beispiel 2

Foto: Martin Kache



Fahrzustände

Beschleunigen:	10%
Beharrung:	85%
Verzögern:	2%
Stillstand:	3%



9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5.2 Betriebsregime: Beispiel 1

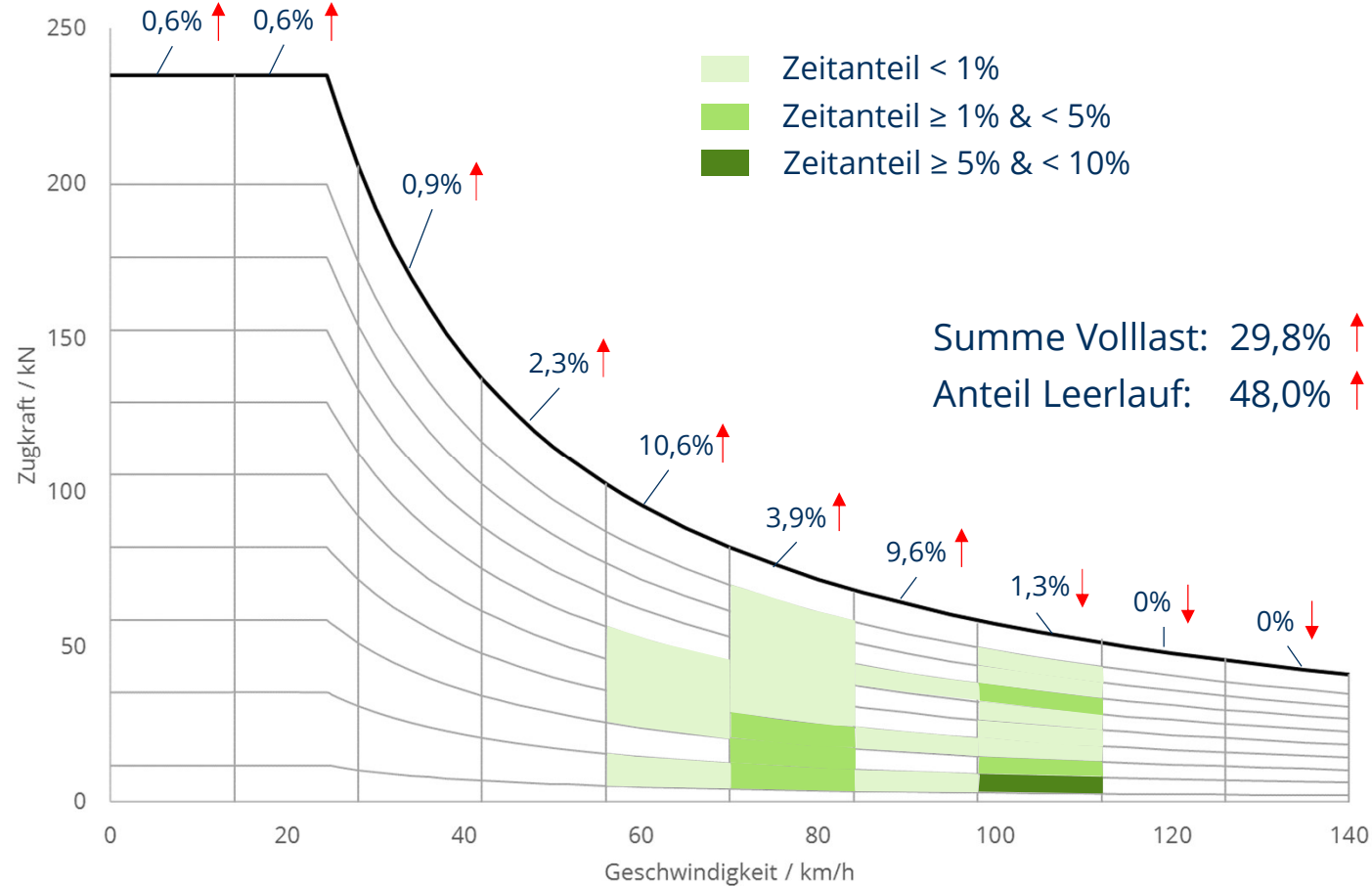


Foto: Martin Kache



Wagenzugmasse: 750 t

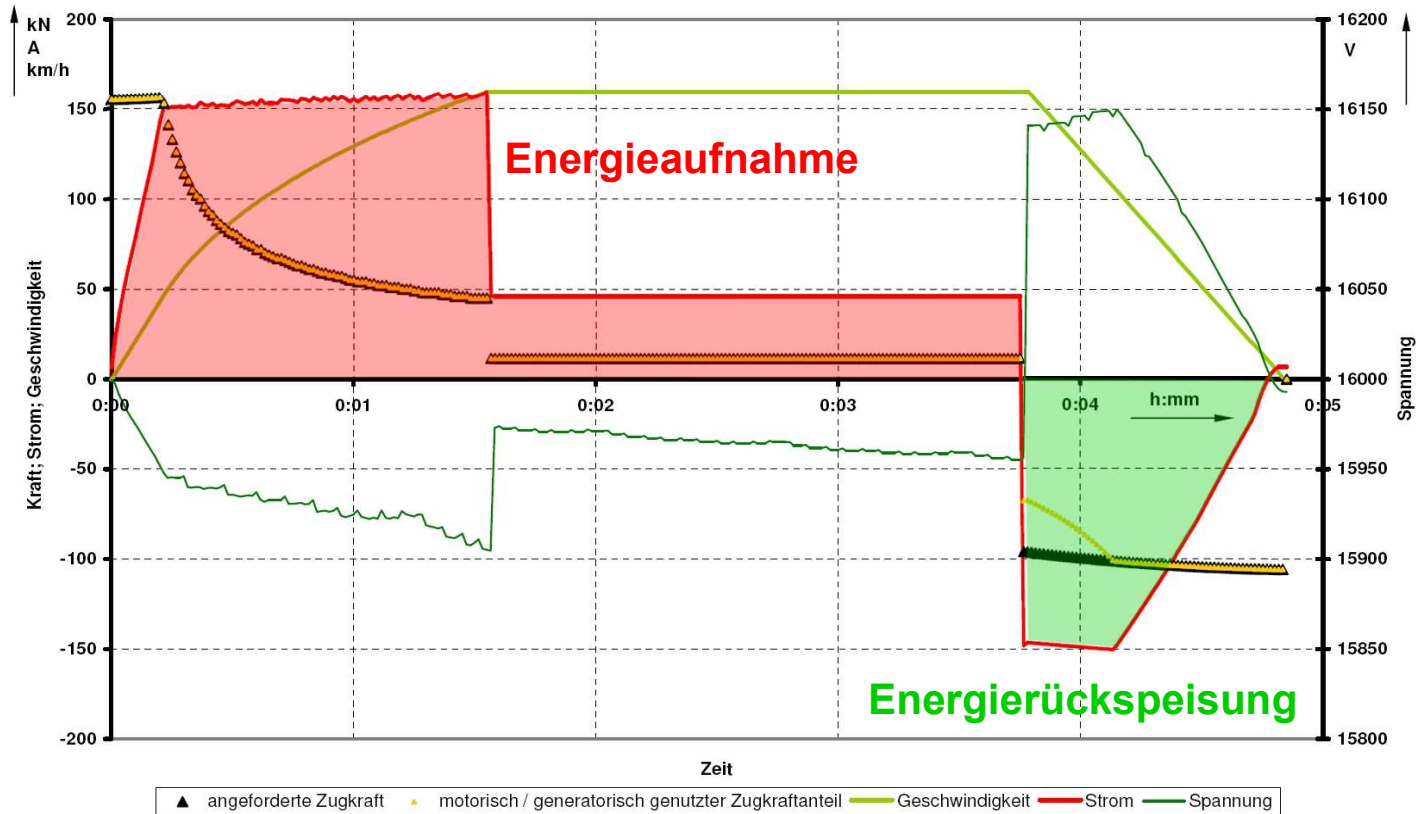
Betriebsregime: Güterzug

Richtung 1

↓ Pfeile repräsentieren qualitative Veränderung zur Fahrt des RE (Beispiel 1) in gleicher Fahrtrichtung

9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5.3 Antriebssimulation

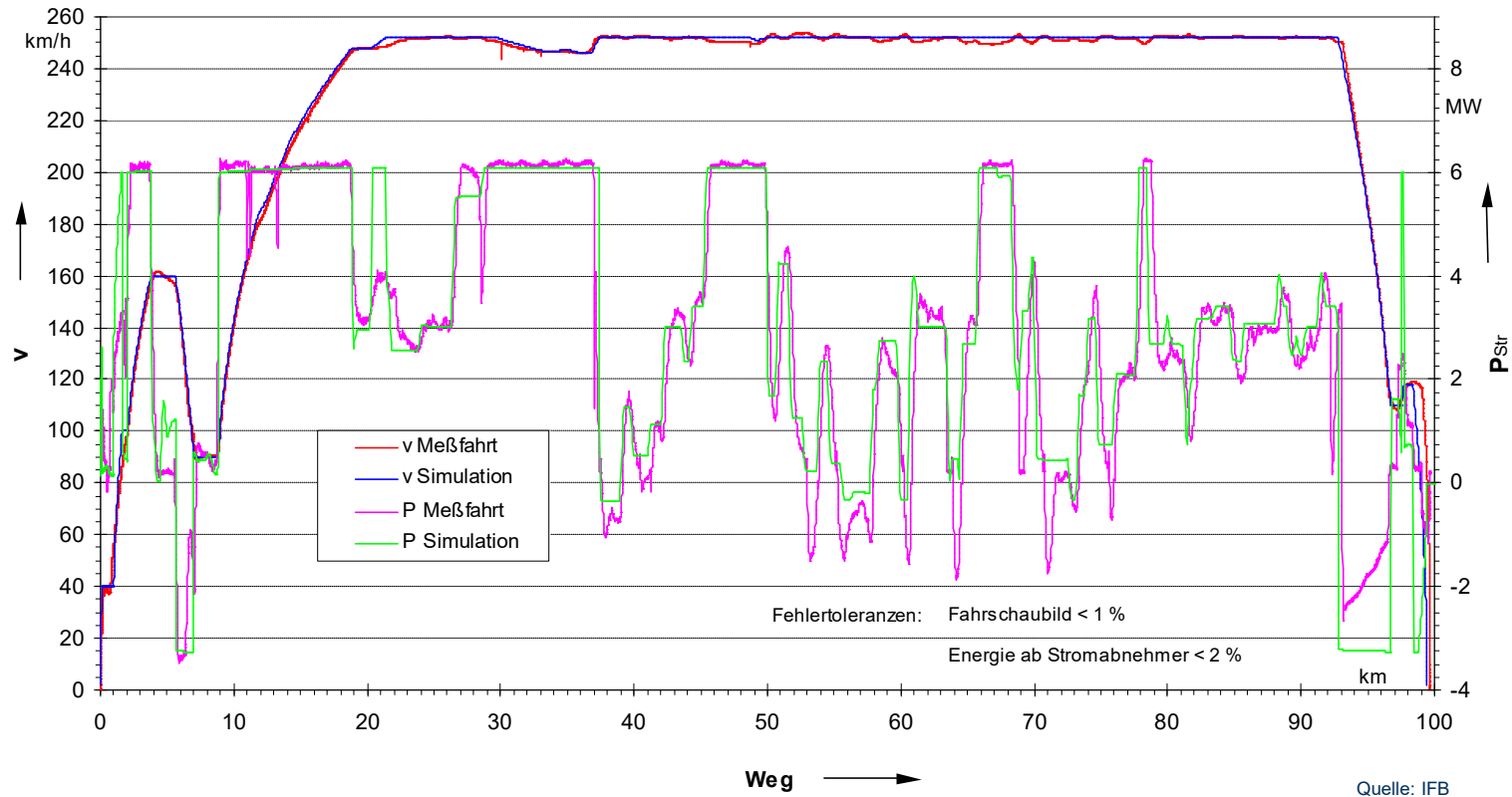


9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5.3 Antriebssimulation

Fahrschaubild und Leistungsverlauf ICE1

Betriebsfahrt Hannover - Göttingen, Meßwerte am führenden Triebkopf,
Simulation IFB: Standardparameter und Wirkungsgradmodell ICE1/2

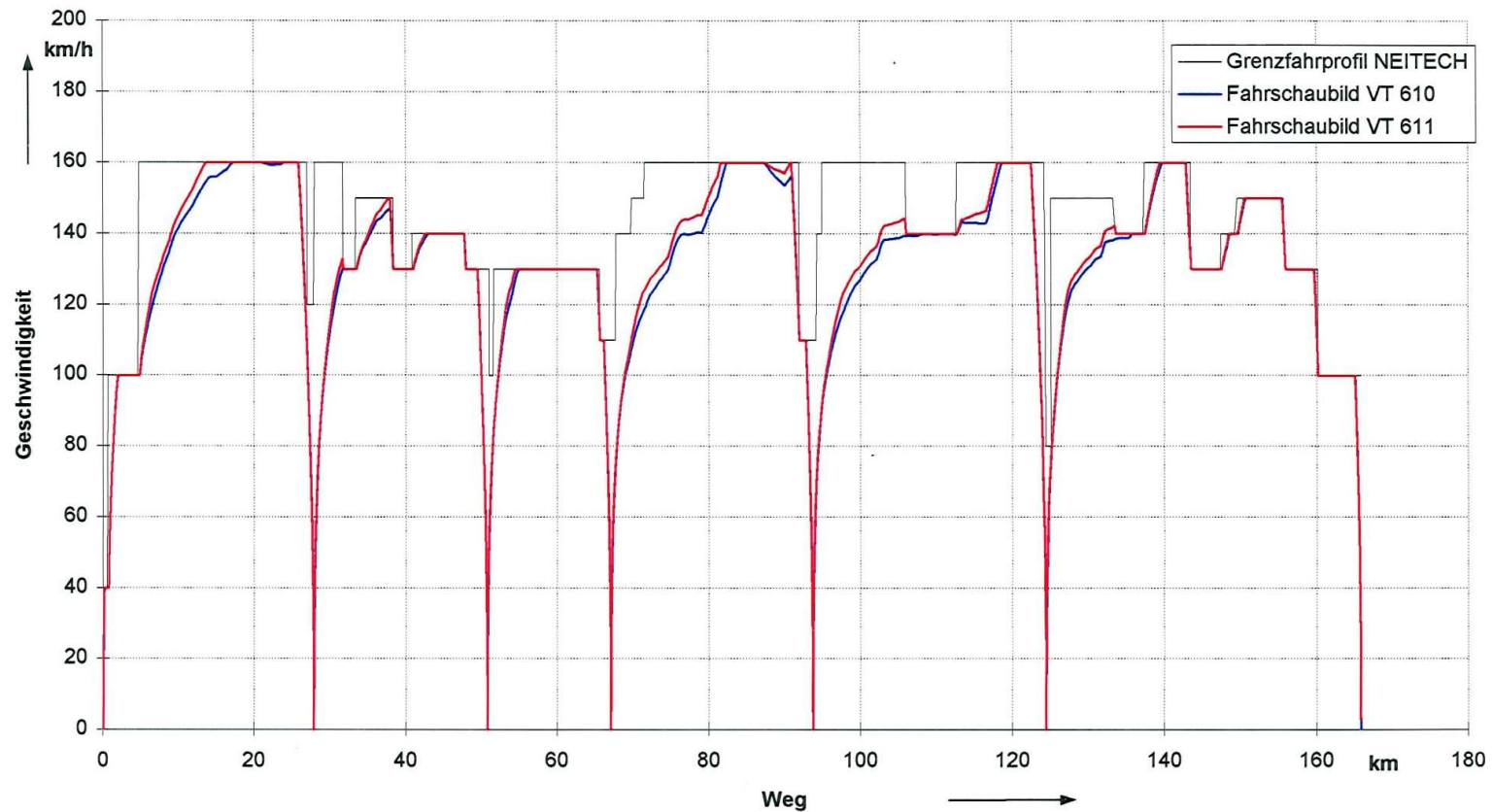


9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5.3 Antriebssimulation

Grenzfahrprofil und Geschwindigkeitsverläufe für VT 610/VT 611 Nürnberg - Hof

Spitzfahrt, 100 % Sitzplätze besetzt, $t_{halt} = const. = 2 \text{ min}$

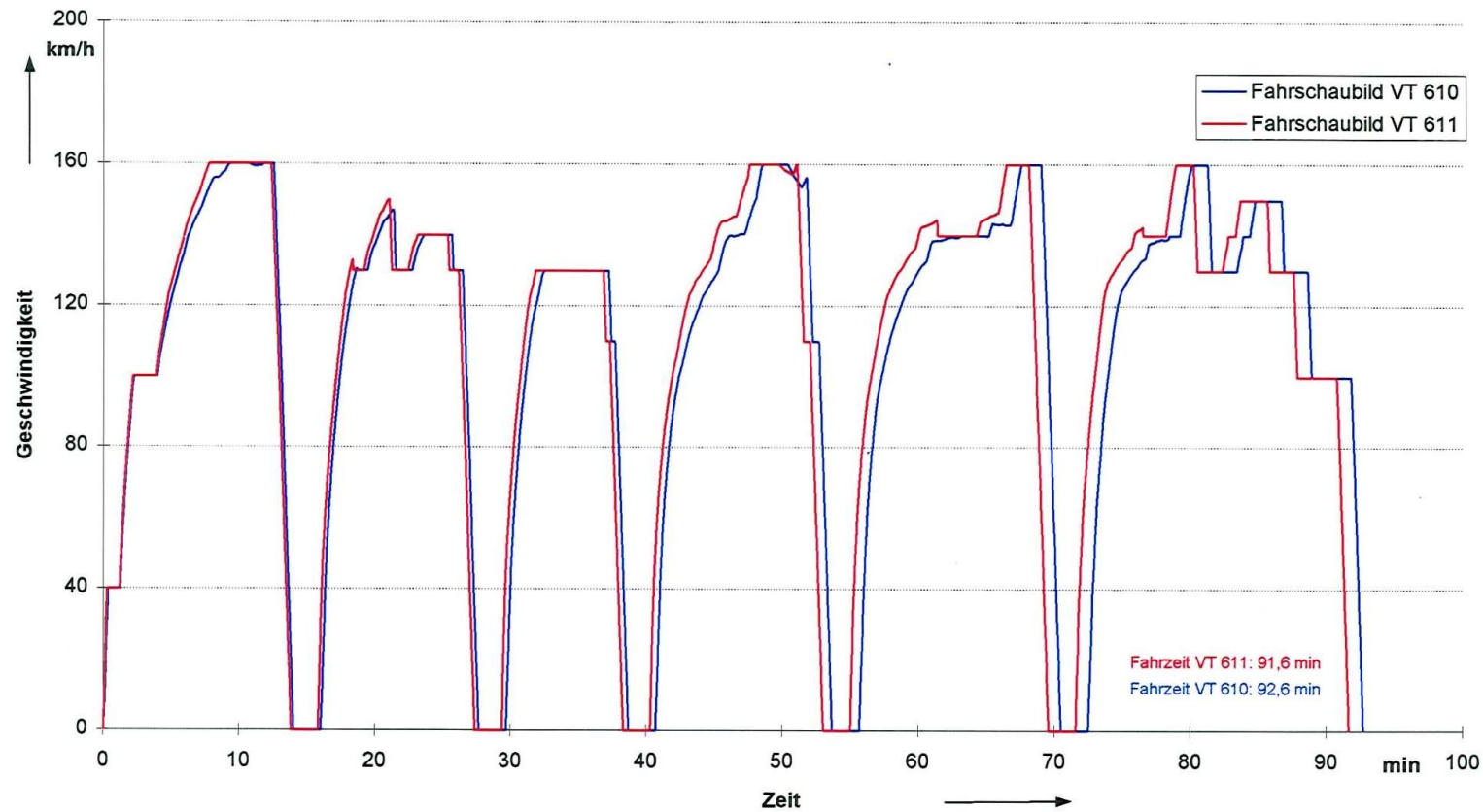


9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5.3 Antriebssimulation

Geschwindigkeitsverläufe für VT 610/VT 611 Nürnberg - Hof

Spitzfahrt, 100 % Sitzplätze besetzt, $t_{halt} = const. = 2 \text{ min}$

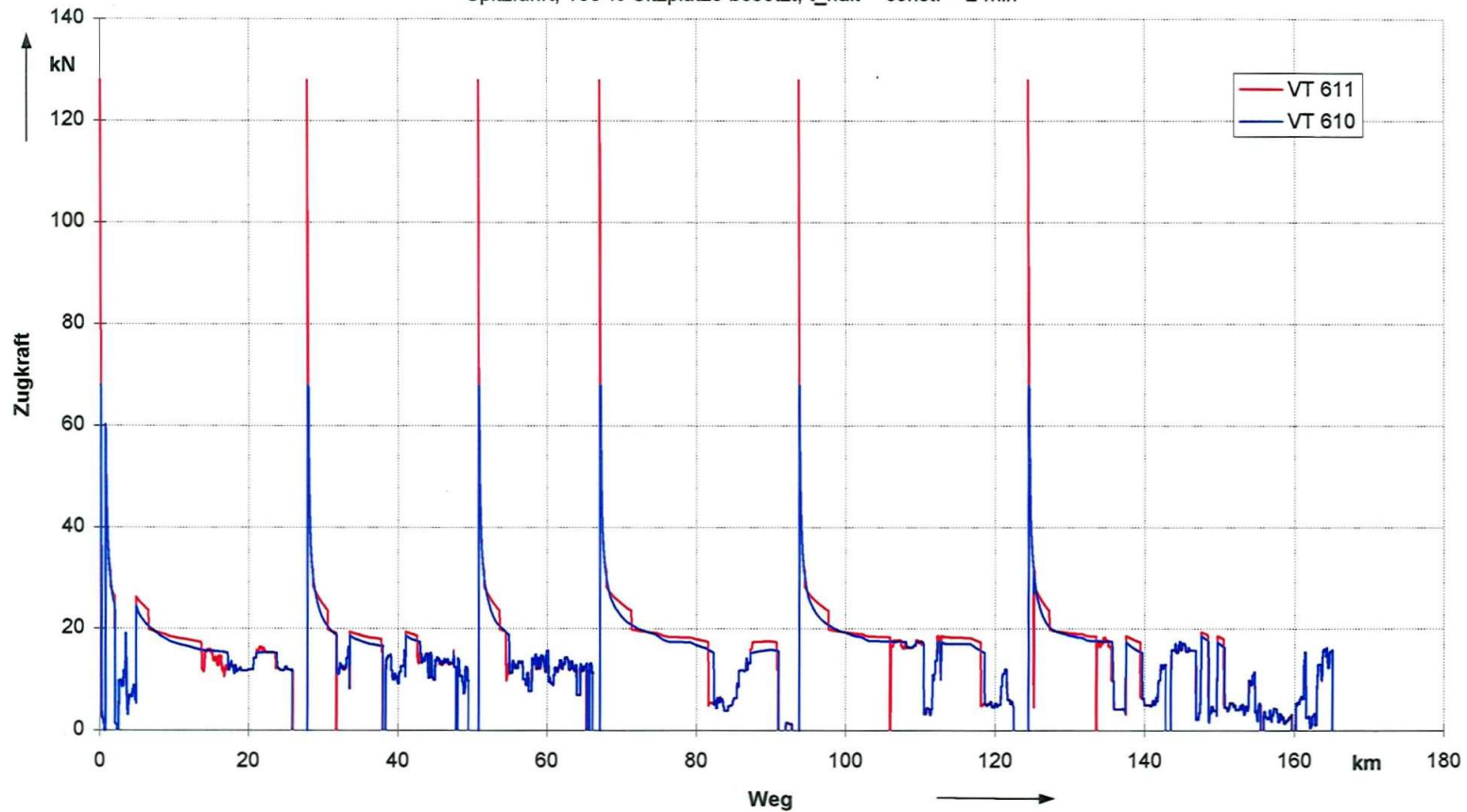


9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5.3 Antriebssimulation

Zugkraftverläufe für VT 610/VT 611 Nürnberg - Hof

Spitzfahrt, 100 % Sitzplätze besetzt, $t_{halt} = const. = 2 \text{ min}$

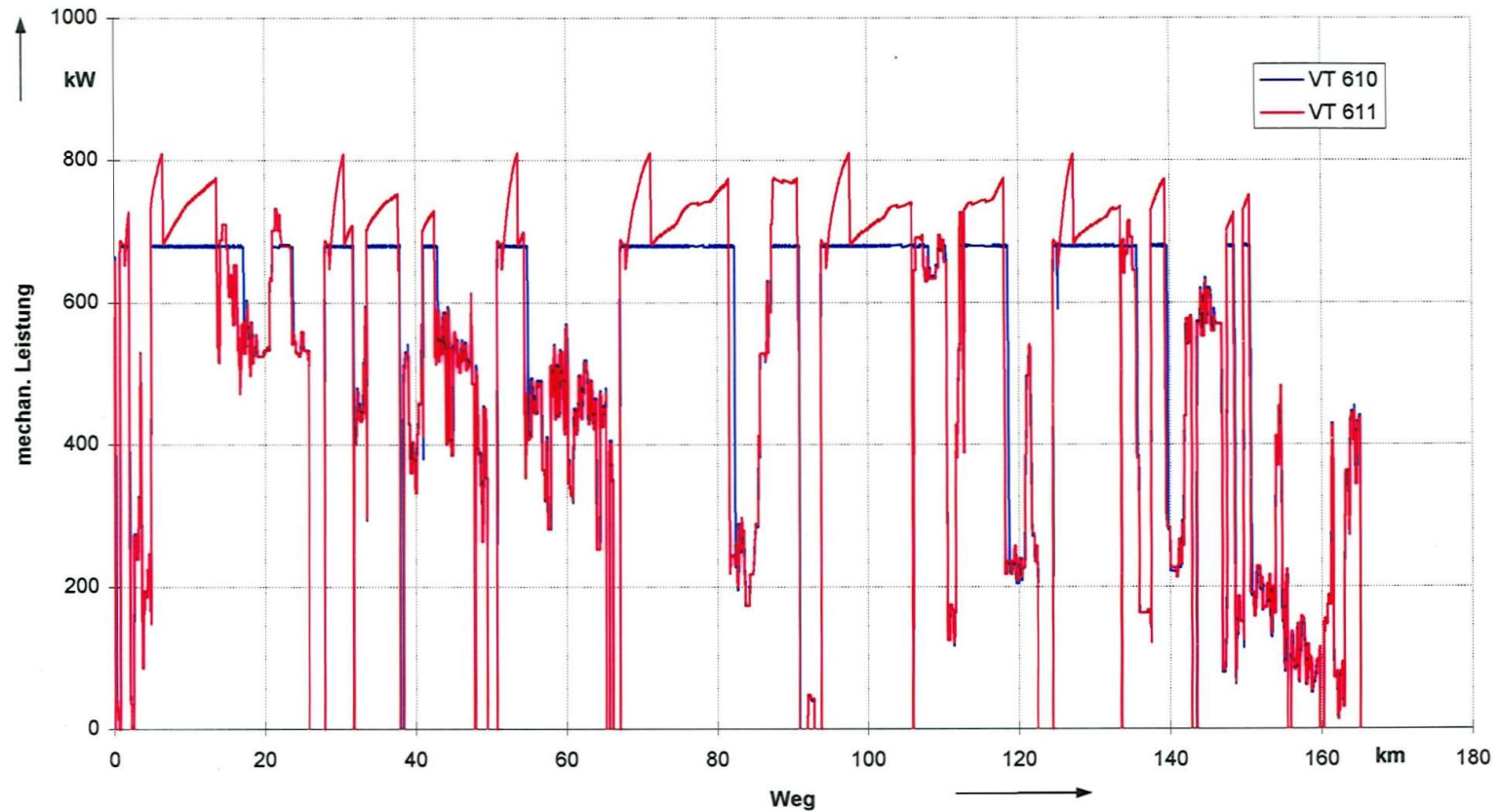


9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5.3 Antriebssimulation

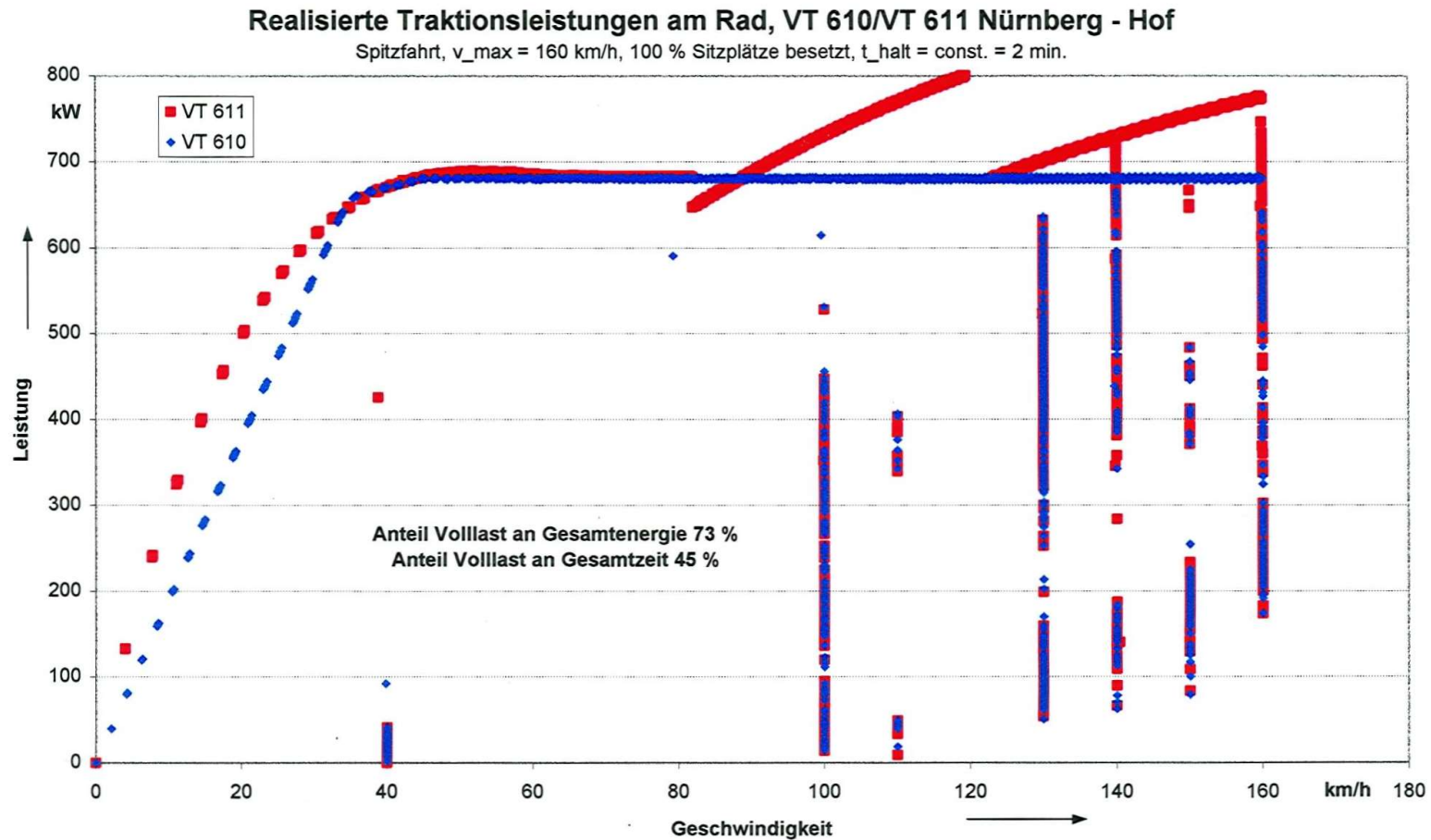
Verläufe der mechanischen Leistung am Rad für VT 610/VT 611 Nürnberg - Hof

Spitzfahrt, 100 % Sitzplätze besetzt, $t_{halt} = const. = 2 \text{ min}$



9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5.3 Antriebssimulation



9. Leistungsübertragungsanlagen

9.5.3 Antriebssimulation

Verläufe des Kraftstoffverbrauches für VT 610/VT 611 Nürnberg - Hof

Spitzfahrt, 100 % Sitzplätze besetzt, $t_{halt} = \text{const.} = 2 \text{ min}$

