

Fakultät Verkehrswissenschaften „FRIEDRICH LIST“
Professur für Technik spurgeführter Fahrzeuge

Triebfahrzeugtechnik

Antriebskonfigurationen

Dr.-Ing. Martin Kache // Sommersemester 2021



Inhalte

Vorlesung Triebfahrzeugtechnik (Antriebskonfigurationen)

1. Einteilung der Triebfahrzeuge
2. Anforderungen
3. Entwicklungslinien
4. Baugruppen
5. Mechanischer Teil
6. Einrichtungen zur Bedienung, Wartung und Instandhaltung

Inhalte Triebfahrzeugtechnik
(Grundlagen)

7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

8. Dieselmotor und andere Verbrennungskraftmaschinen
9. Leistungsübertragungsanlagen
10. Hilfs- und Nebenbetriebe
11. Leittechnik (Überblick)
12. Fallstudien unkonventionelle Triebfahrzeuge

7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.1 Grundlagen (Wiederholung)



7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.2 Leistungsauslegung auf Basis von Zugförderprogrammen

Fahrdynamische Grundgleichung:

$$0 = -\xi m \ddot{x} + F_T - F_{WFT} - F_{WFW} - F_{WS} - \cancel{F_B}$$

$$F_T = \xi m \ddot{x} + F_{WFT} + F_{WFW} + F_{WS}$$

$$F_T = F_{WFT} + f_{WFW} \cdot m_W \cdot g + f_{WS} \cdot (m_W + m_T) \cdot g + \xi m \ddot{x}$$

$$F_T = F_{WFT} + f_{WFW} \cdot m_W \cdot g + f_{WS} \cdot (m_W + m_T) \cdot g + f_a \cdot (m_W + m_T) \cdot g$$

$$F_T = F_{WFT} + f_{WFW} \cdot m_W \cdot g + (m_W + m_T) \cdot g \cdot (f_{WS} + f_a)$$

Definition Leistung (stationärer Fall):

$$P_T = F_T \cdot v$$

$$P_T(v_{Ziel}) = F_T(v_{Ziel}) \cdot v_{Ziel}$$

$$P_T(v_{Ziel}) = v_{Ziel} \cdot [F_{WFT}(v_{Ziel}) + f_{WFW}(v_{Ziel}) \cdot m_W \cdot g + (m_W + m_T) \cdot g \cdot (f_{WS} + f_a)]$$

7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.2 Leistungsauslegung auf Basis von Zugförderprogrammen

Treibradleistung: $P_T(v_{Ziel}) = v_{Ziel} \cdot [F_{WFT}(v_{Ziel}) + f_{WFW}(v_{Ziel}) \cdot m_W \cdot g + (m_W + m_T) \cdot g \cdot (f_{WS} + f_a)]$

→ Fahrmotorleistung:

$$P_{FM} = \frac{v_{Ziel}}{3,6} \cdot \frac{F_{WFT}(v_{Ziel}) + f_{WFW}(v_{Ziel}) \cdot m_W \cdot g + (m_W + m_T) \cdot g \cdot (f_{WS} + f_a)}{z_{FM} \cdot \eta_{RS}}$$

← Anzahl Fahrmotoren

← Wirkungsgrad des Radsatzantriebes

→ Dieselmotorleistung:

$$P_{DM} = \frac{v_{Ziel}}{3,6} \cdot \frac{F_{WFT}(v_{Ziel}) + f_{WFW}(v_{Ziel}) \cdot m_W \cdot g + (m_W + m_T) \cdot g \cdot (f_{WS} + f_a)}{\eta_{Lü} \cdot (1 - \psi)} + P_{Komf}$$

← Wirkungsgrad der Leistungsübertragung

← Hilfsleistungsfaktor

← Komfortleistung (Zugsammelschiene)

7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.2 Leistungsauslegung auf Basis von Zugförderprogrammen

Zugförderprogramm – Bsp. 1: BR 101 (DB AG)



- IC-Zug mit $m_W = 500$ t mit $v = 200$ km/h in 5‰
- gemischter Güterzug mit $m_W = 2200$ t mit $v = 100$ km/h in 3‰
- Güterganzzug mit $m_W = 1200$ t mit $v = 120$ km/h in 3‰

Zugförderprogramm – Bsp. 2: Siemens Vectron



- Reisezug mit $m_W = 550$ t mit $v = 200$ km/h in der Ebene mit $f_a = 5$ N/kN
- Güterzug mit $m_W = 1600$ t mit $v = 120$ km/h in der Ebene mit $f_a = 3$ N/kN

7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.2 Leistungsauslegung auf Basis von Zugförderprogrammen

Zugförderprogramm – Bsp. 3: Siemens Vectron Dual Mode



Foto: Siemens Mobility

- beladener Container-/Ganzzug mit $m_W = 1200$ t und $f_a = 2,5$ N/kN bei 100 km/h in der Ebene
- beladener Container-/Ganzzug mit $m_W = 1600$ t und $f_a = 3,0$ N/kN bei 80 km/h in der Ebene
- beladener Container-/Ganzzug mit $m_W = 2500$ t und $f_a = 2,0$ N/kN bei 70 km/h in der Ebene
- beladener, gemischter Güterzug mit $m_W = 1200$ t und $f_a = 3,0$ n/kN bei 80 km/h in der Ebene

Zugförderprogramm – Bsp. 4: Re 465 (BLS)



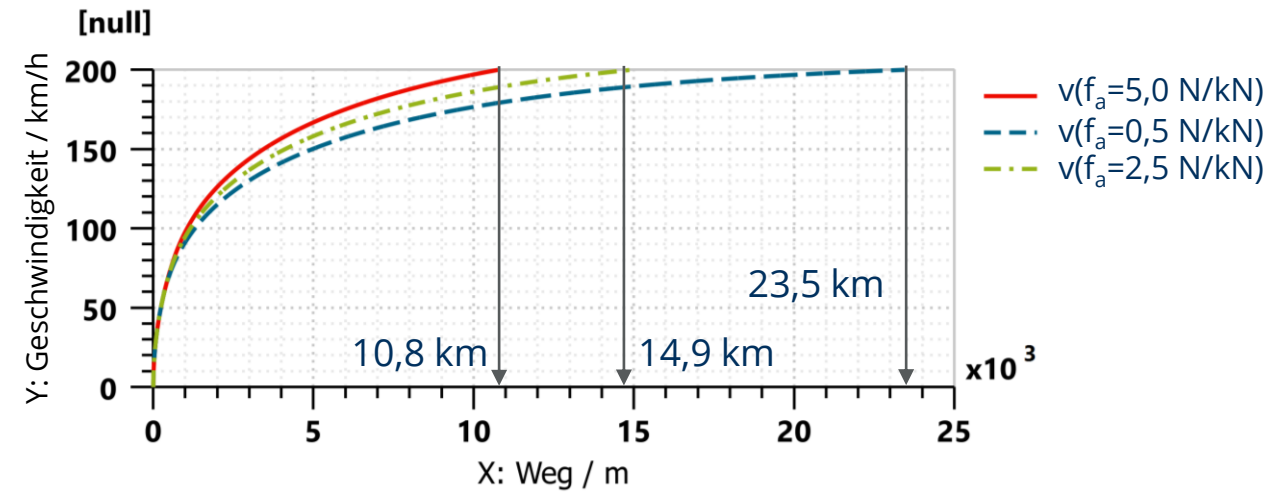
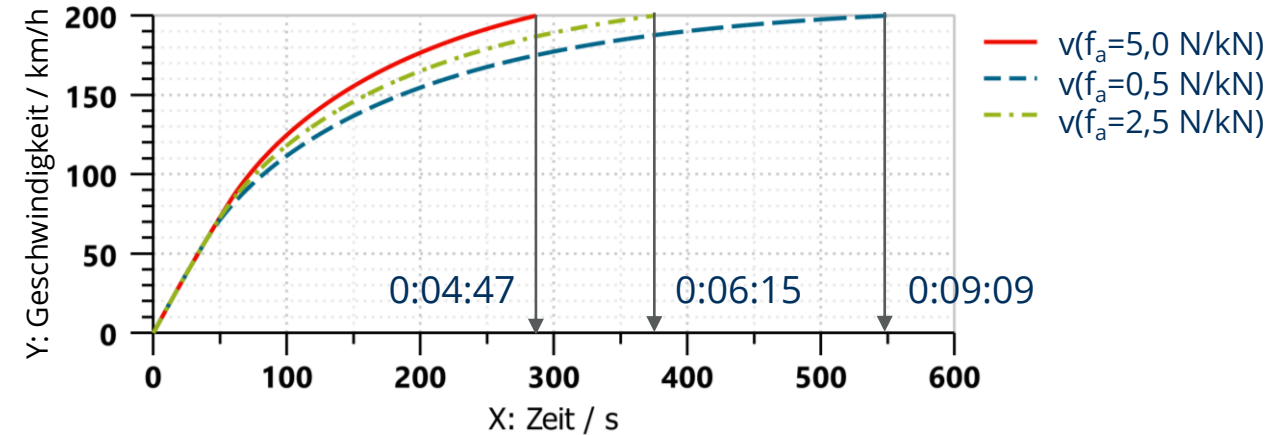
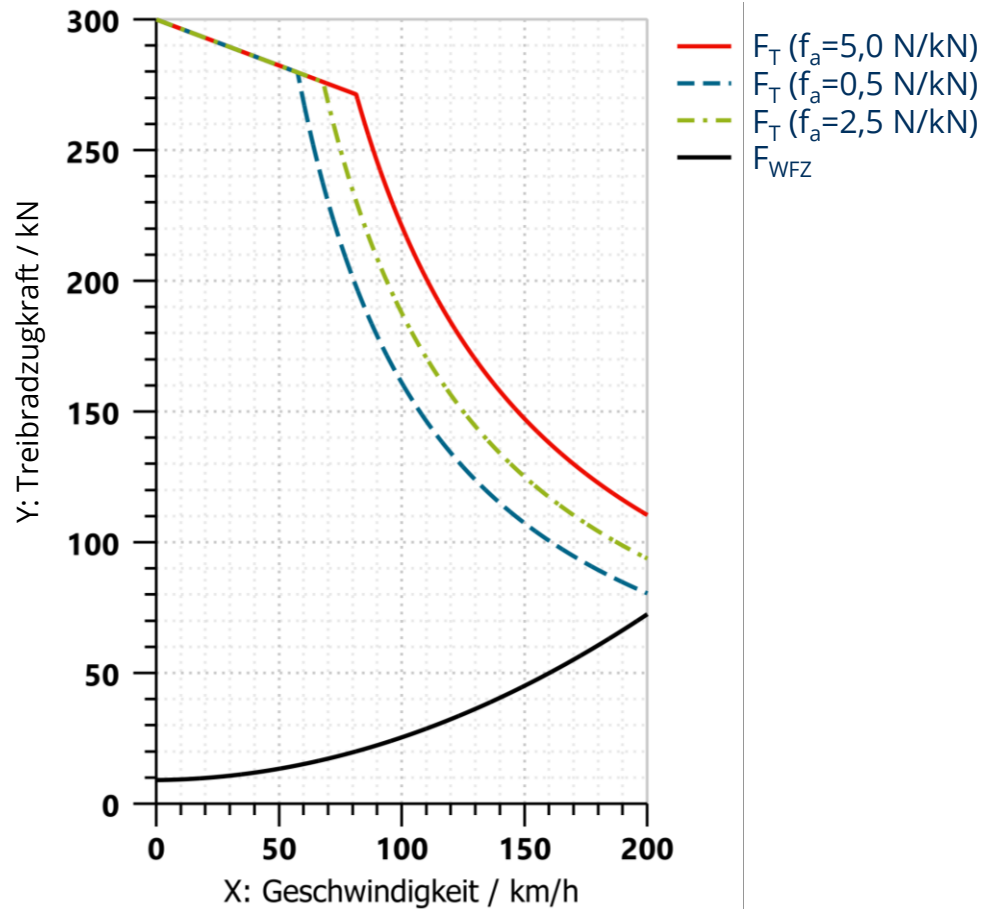
Foto: Peider Trippi

- Zug mit 650 t in 27 ‰ auf 100 km/h beschleunigen
- Reisezug mit 650 t im Lötschberg-Basistunnel in 11 ‰ bei 160 km/h

7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.2 Leistungsauslegung auf Basis von Zugförderprogrammen

Einfluss der spezifischen Beschleunigungskraft f_a :



7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.2 Leistungsauslegung auf Basis von Zugförderprogrammen

Auslegungsbeispiel

Zugförderprogramm Diesellok (dieselelektrisch):

- Güterzug mit $m_W = 1200$ t in 5 ‰ mit $v = 60$ km/h bei $f_a = 1$ N/kN
- Güterzug mit $m_W = 1000$ t in 15 ‰ mit $v = 40$ km/h bei $f_a = 1$ N/kN
- Reisezug mit $m_W = 260$ t in der Ebene mit $v = 160$ km/h bei $f_a = 2,5$ N/kN

Annahmen:

$$F_{WFT} = 0,965 + 1,472 \cdot \frac{v}{100} + 3,34 \cdot \left(\frac{v}{100}\right)^2$$

$$f_{WFW, \text{Güterzug}} = 0,0012 + 0,0025 \cdot \left(\frac{v}{100}\right)^2$$

$$f_{WFW, \text{Reisezug}} = 0,0012 + 0,0022 \cdot \left(\frac{v}{100}\right)^2$$

- | | |
|--|-----------|
| • Triebfahrzeugmasse: | 88 t |
| • Wirkungsgrad der Leistungsübertragung: | max. 0,85 |
| • Hilfsleistungsfaktor: | 0,08 |
| • Komfortleistungsbedarf Reisezug: | 300 kW |



7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.2 Leistungsauslegung auf Basis von Zugförderprogrammen

Auslegungsbeispiel

Zugförderprogramm Diesellok (dieselelektrisch):

- Güterzug mit $m_W = 1200 \text{ t}$ in 5 ‰ mit $v = 60 \text{ km/h}$ bei $f_a = 1 \text{ N/kN}$

$$F_{WFT} = 0,965 + 1,472 \cdot \frac{60}{100} + 3,34 \cdot \left(\frac{60}{100}\right)^2 =$$

$$F_{WFW, \text{Güterzug}} = \left[0,0012 + 0,0025 \cdot \left(\frac{60}{100}\right)^2 \right] \cdot m_W \cdot g =$$

$$(f_a + f_{WS}) \cdot (m_W + m_T) \cdot g =$$

$$P_{DM} = \frac{60}{3,6} \cdot \frac{F_{WFT}(60) + F_{WFW}(60) + (m_W + m_T) \cdot g \cdot (f_{WS} + f_a)}{0,85 \cdot (1 - 0,08)} =$$



7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.2 Leistungsauslegung auf Basis von Zugförderprogrammen

Auslegungsbeispiel

Zugförderprogramm Diesellok (dieselelektrisch):

- **Güterzug mit $m_W = 1000 \text{ t}$ in 15 ‰ mit $v = 40 \text{ km/h}$ bei $f_a = 1 \text{ N/kN}$**

$$F_{WFT} = 0,965 + 1,472 \cdot \frac{40}{100} + 3,34 \cdot \left(\frac{40}{100}\right)^2 =$$

$$F_{WFW, \text{Güterzug}} = \left[0,0012 + 0,0025 \cdot \left(\frac{40}{100}\right)^2 \right] \cdot m_W \cdot g =$$

$$(f_a + f_{WS}) \cdot (m_W + m_T) \cdot g =$$

$$P_{DM} = \frac{40}{3,6} \cdot \frac{F_{WFT}(40) + F_{WFW}(40) + (m_W + m_T) \cdot g \cdot (f_{WS} + f_a)}{0,85 \cdot (1 - 0,08)} =$$



7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.2 Leistungsauslegung auf Basis von Zugförderprogrammen

Auslegungsbeispiel

Zugförderprogramm Diesellok (dieselelektrisch):

- **Reisezug mit $m_W = 260 \text{ t}$ in 0 ‰ mit $v = 160 \text{ km/h}$ bei $f_a = 2,5 \text{ N/kN}$**

$$F_{WFT} = 0,965 + 1,472 \cdot \frac{160}{100} + 3,34 \cdot \left(\frac{160}{100}\right)^2 =$$

$$F_{WFW,Reisezug} = \left[0,0012 + 0,0022 \cdot \left(\frac{160}{100}\right)^2 \right] \cdot m_W \cdot g =$$

$$(f_a + f_{WS}) \cdot (m_W + m_T) \cdot g =$$

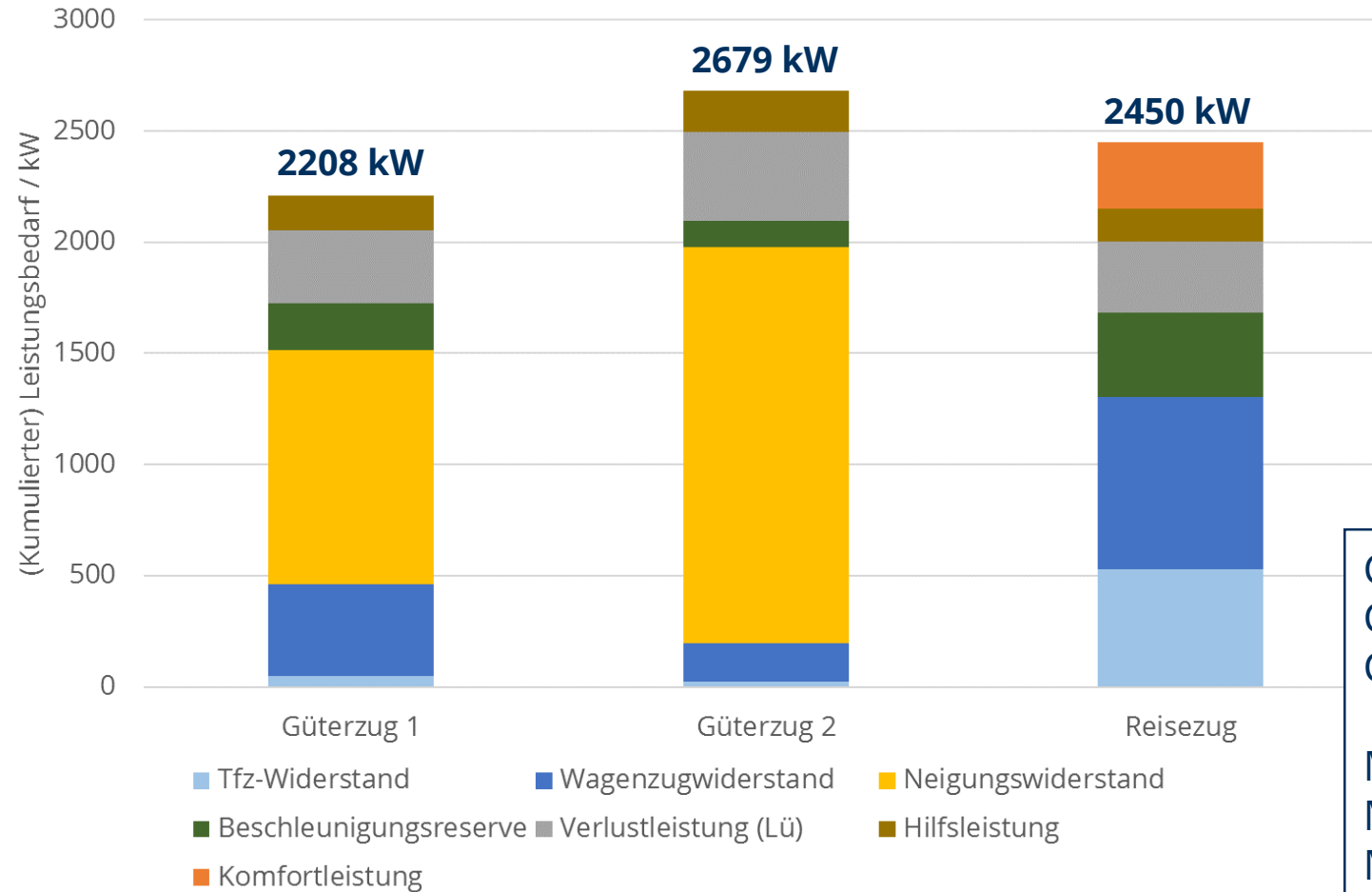
$$P_{DM} = \frac{160}{3,6} \cdot \frac{F_{WFT}(160) + F_{WFW}(160) + (m_W + m_T) \cdot g \cdot (f_{WS} + f_a)}{0,85 \cdot (1 - 0,08)} + 300 \text{ kW} =$$



7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.2 Leistungsauslegung auf Basis von Zugförderprogrammen

Auslegungsbeispiel (Zusammenfassung)



| | |
|--------------------|---------|
| CAT C280-8: | 2180 kW |
| CAT 280-12: | 3280 kW |
| Cummins QSK95: | 2237 kW |
| MTU 16V 4000 R43: | 3803 kW |
| MTU 16V 4000 R43L: | 2200 kW |
| MTU 20V 4000 R43: | 2400 kW |
| | 2700 kW |

7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.3 Leistungsauslegung auf Fahrspielbasis (SPNV)

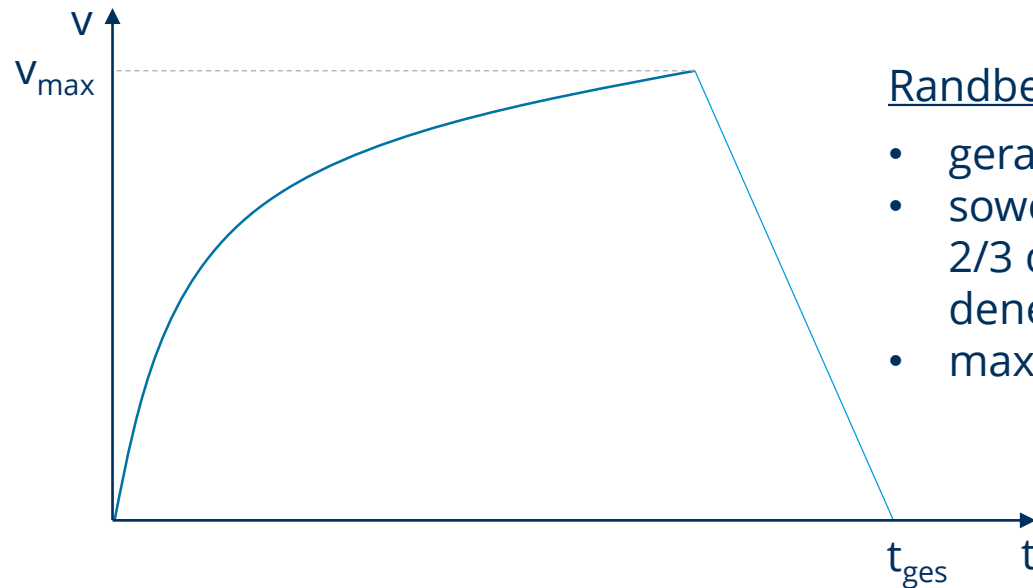


7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.3 Leistungsauslegung auf Fahrspielbasis (SPNV)

Grundlage: VDV-Schriften **150** (Stadtbahnen) und **151** (U-Bahnen)

Definition von Muster-Fahrspielen und fahrdynamischen Grenzwerten



Randbedingungen:

- gerade, ebene Strecke
- sowohl leeres, als auch mit 2/3 der max. Nutzlast beladenes Fahrzeug
- max. Raddurchmesser

VDV 150/151

max. Beschleunigung bis $v_{\ddot{u}}$: 1,3 m/s²
max. mittlere Betriebsbremsverzögerung: 1,2 m/s²

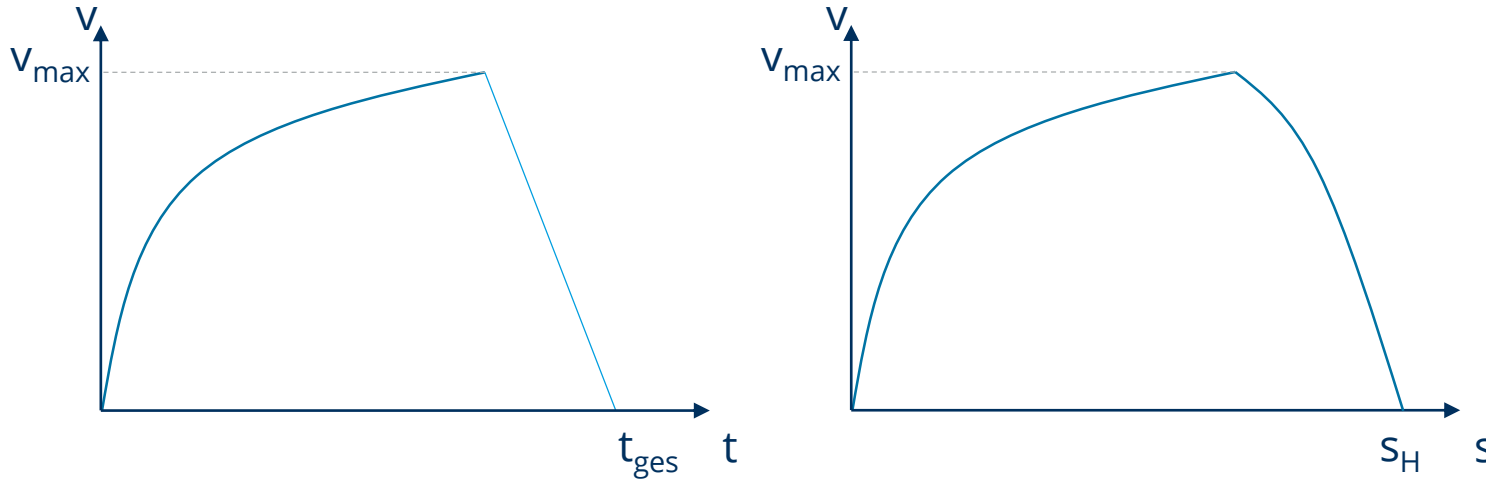


7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.3 Leistungsauslegung auf Fahrspielbasis (SPNV)

Grundlage: VDV-Schriften **150** (Stadtbahnen) und **151** (U-Bahnen)

Definition von Muster-Fahrspielen und fahrdynamischen Grenzwerten



VDV 150:
(Straba)

$s_H = 600 \text{ m}$ und $v_{\max} = 70/80 \text{ km/h}$: $t_{\text{ges}} \leq 52 \text{ s}$
 $s_H = 850 \text{ m}$ und $v_{\max} = 70/80 \text{ km/h}$: $t_{\text{ges}} \leq 65 \text{ s}$

VDV 150:
(U-Bahn)

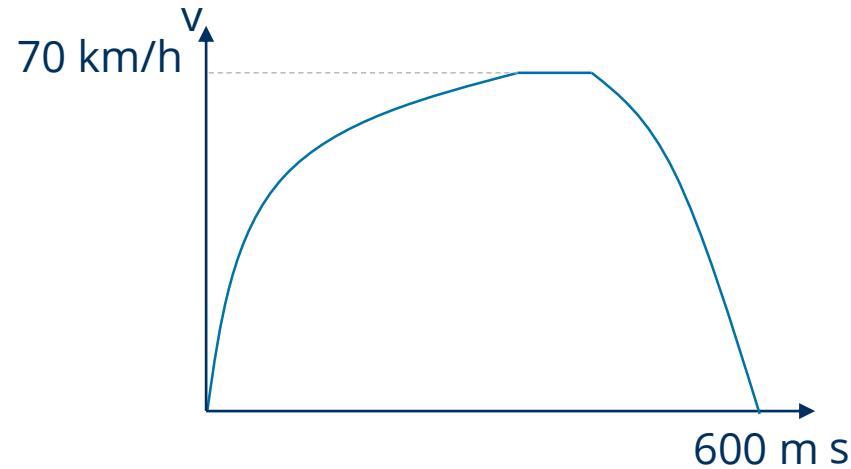
$s_H = 800 \text{ m}$ und $v_{\max} = 80 \text{ km/h}$: $t_{\text{ges}} \leq 60 \text{ s}$



7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.3 Leistungsauslegung auf Fahrspielbasis (SPNV)

Beispiel: Auslegung Stadtbahn – $s_H = 600 \text{ m}$, $v_{\max} = 70 \text{ km/h}$, $t_{\text{ges}} = 50 \text{ s}$



Harmonisches Mittel
der Beschleunigungen: $a_h = \frac{2ab}{a+b}$ a – Beschleunigung
b – Bremsverzögerung



Was ist zu tun?

- Festlegung der Betriebsbremsverzögerung,
- Ermittlung der zugehörigen erforderlichen mittleren Beschleunigung unter Nutzung des harmonischen Mittels¹ a_h der Beschleunigungen
- Festlegung von Anfangsbeschleunigung a_{\max} und Übergangsgeschwindigkeit $v_{\ddot{u}}$ so, dass erforderliche mittlere Beschleunigung erreicht wird

¹ zur Anwendung des harmonischen Mittels der Beschleunigungen bei fahrdynamischen Berechnungen siehe: Potthoff, Gerhart: „Das harmonische Mittel“, in: Deutsche Eisenbahntechnik, Bd. 10, H. 11/1962, S. 520-521

7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.3 Leistungsauslegung auf Fahrspielbasis (SPNV)

Beispiel: Auslegung Stadtbahn – $s_H = 600 \text{ m}$, $v_{\max} = 70 \text{ km/h}$, $t_{\text{ges}} = 50 \text{ s}$

Für die Fahrzeit gilt:

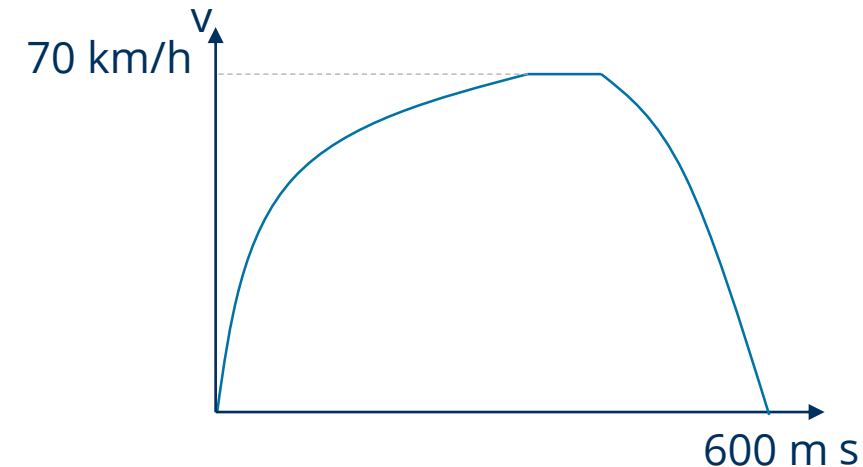
$$t_{\text{ges}} = \frac{v_{\max}}{a_h} + \frac{s_H}{v_{\max}} \quad \Longrightarrow \quad a_h = \frac{v_{\max}}{t_{\text{ges}} - \frac{s_H}{v_{\max}}} = \frac{19,4444 \text{ m/s}}{50\text{s} - \frac{600\text{m}}{19,4444\text{m/s}}}$$
$$a_h = 1,0158 \text{ m/s}^2$$

Annahme mittlere Bremsverzögerung: $1,0 \text{ m/s}^2$

Ermittlung der erforderlichen mittleren Beschleunigung:

$$a_h = \frac{2a}{a+1} \quad \Longrightarrow \quad a = \frac{a_h}{2 - a_h} = \frac{1,0158}{2 - 1,0158} = 1,0321 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 1,05 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Das Fahrzeug soll **von 0 auf 70 km/h mit durchschnittlich 1,05 m/s²** beschleunigen.

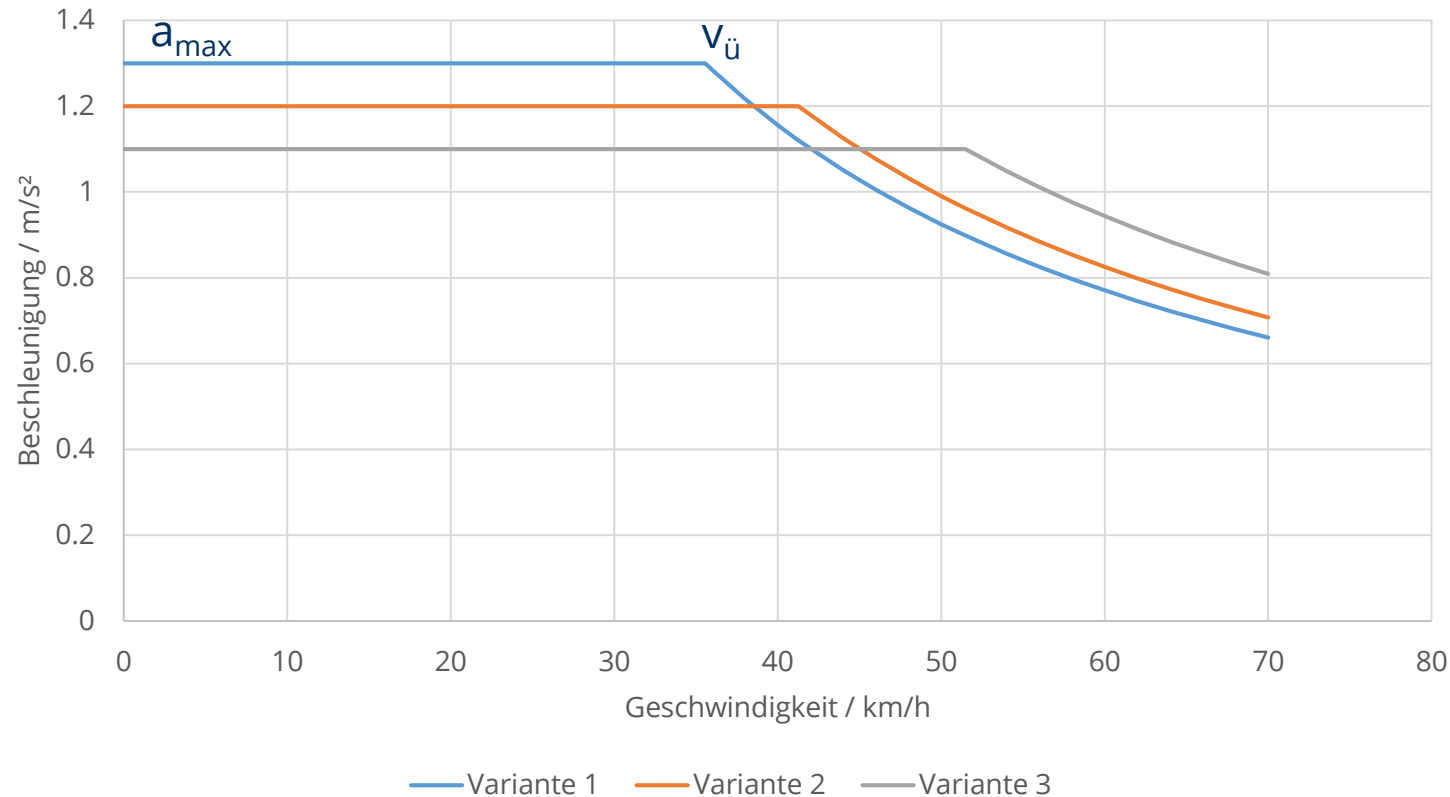


7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.3 Leistungsauslegung auf Fahrspielbasis (SPNV)

Beispiel: Auslegung Stadtbahn – $s_H = 600 \text{ m}$, $v_{\max} = 70 \text{ km/h}$, $t_{\text{ges}} = 50 \text{ s}$

Fahrdynamisch äquivalente Auslegungsvarianten:



Auslegungsgröße:
spezifische Leistung p

$$p = \frac{P}{m} = \frac{F_T v}{m} = a v$$

$$p_{\text{nenn}} = a_{\max} v_{\text{ü}}$$

7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.3 Leistungsauslegung auf Fahrspielbasis (SPNV)

Beispiel: Auslegung Stadtbahn – $s_H = 600 \text{ m}$, $v_{\max} = 70 \text{ km/h}$, $t_{\text{ges}} = 50 \text{ s}$

Fahrdynamisch äquivalente Auslegungsvarianten:

Variante 1: $a_{\max} = 1,3 \text{ m/s}^2$, $v_{\ddot{u}} = 35,6 \text{ km/h}$ → $p = 12,86 \text{ kW/t}$

Variante 2: $a_{\max} = 1,2 \text{ m/s}^2$, $v_{\ddot{u}} = 41,3 \text{ km/h}$ → $p = 13,77 \text{ kW/t}$

Variante 3: $a_{\max} = 1,1 \text{ m/s}^2$, $v_{\ddot{u}} = 51,5 \text{ km/h}$ → $p = 15,74 \text{ kW/t}$

Annahme einer fahrdynamisch äquivalenten Masse von 55t:

Variante 1: $P_T = 708 \text{ kW}$ = ca. 124 kW/FM*

Variante 2: $P_T = 758 \text{ kW}$ = ca. 133 kW/FM*

Variante 3: $P_T = 866 \text{ kW}$ = ca. 152 kW/FM*



Auslegungsgröße:
spezifische Leistung p

$$p = \frac{P}{m} = \frac{F_T v}{m} = a v$$

$$p_{\text{nenn}} = a_{\max} v_{\ddot{u}}$$

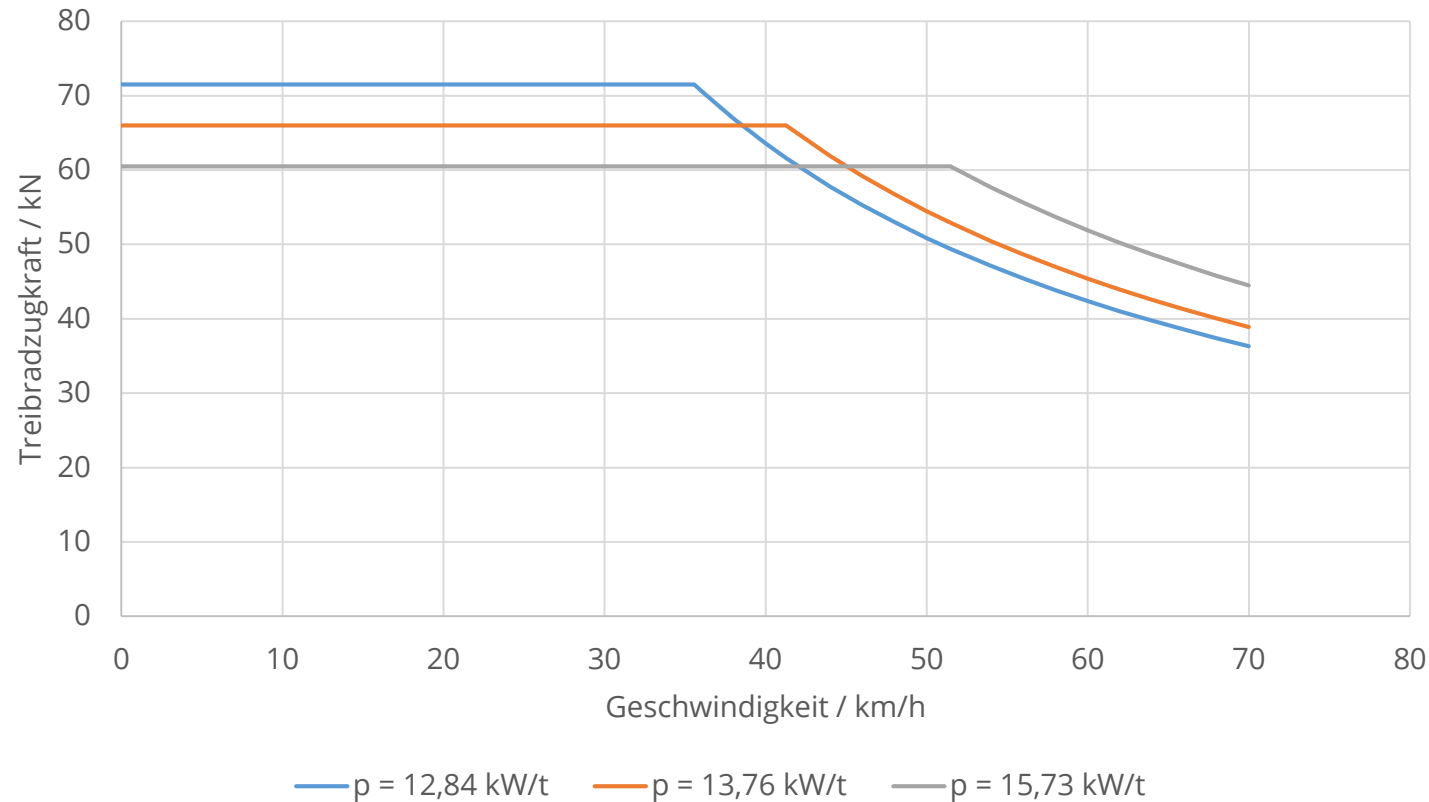
*Wirkungsgrad des Radsatzantriebes: 0,95

7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.3 Leistungsauslegung auf Fahrspielbasis (SPNV)

Beispiel: Auslegung Stadtbahn – $s_H = 600$ m, $v_{\max} = 70$ km/h, $t_{\text{ges}} = 50$ s

Fahrdynamisch äquivalente Auslegungsvarianten:



Auslegungsgröße:
spezifische Leistung p

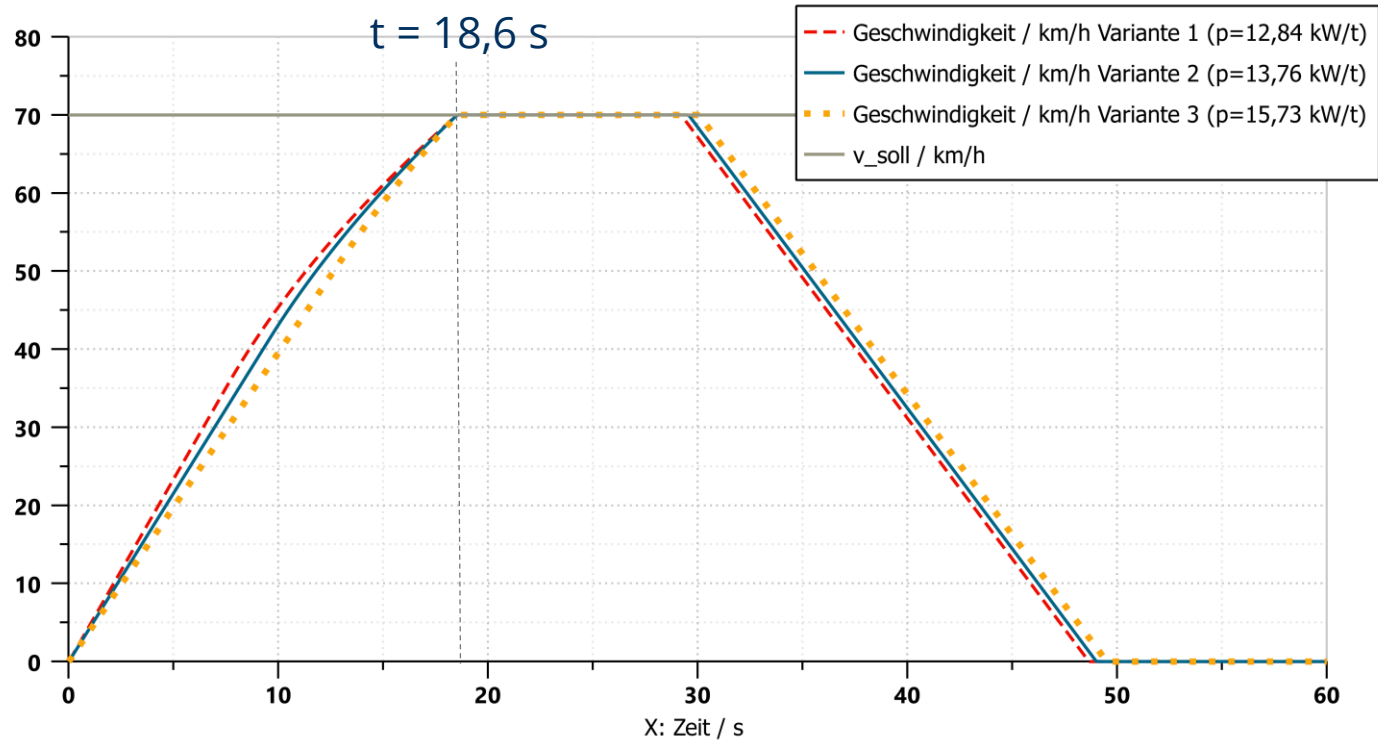
$$p = \frac{P}{m} = \frac{F_T v}{m} = a v$$

$$p_{\text{nenn}} = a_{\text{max}} v_{\text{ü}}$$

7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.3 Leistungsauslegung auf Fahrspielbasis (SPNV)

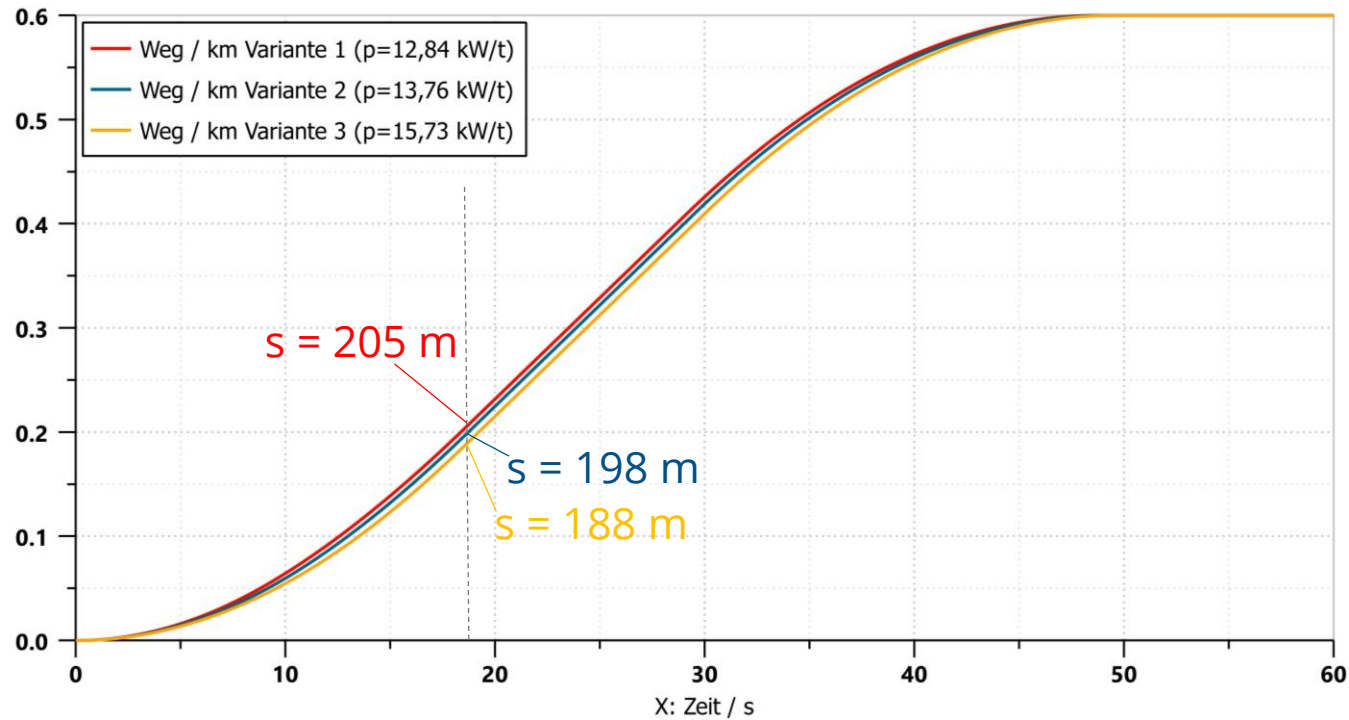
Beispiel: Auslegung Stadtbahn – $s_H = 600$ m, $v_{\max} = 70$ km/h, $t_{\text{ges}} = 50$ s



7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.3 Leistungsauslegung auf Fahrspielbasis (SPNV)

Beispiel: Auslegung Stadtbahn – $s_H = 600$ m, $v_{\max} = 70$ km/h, $t_{\text{ges}} = 50$ s



7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.3 Leistungsauslegung auf Fahrspielbasis (SPNV)

Ist jetzt alles bedacht?

Netzspezifische Randbedingungen beachten!

Beispiele:

- Fahrzeug soll in der Lage sein, ein leeres Schwesterfahrzeug in der größten Steigung mit einer Geschwindigkeit $v = X$ km/h abzuschleppen
- voll besetztes Fahrzeug soll bei Ausfall eines Triebdrehgestells noch in der Lage sein, die höchste im Netz auftretende Steigung mit $v = X$ km/h zu befahren



7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.4 Streckenbezogene Leistungsauslegung



7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.4 Streckenbezogene Leistungsauslegung

Beispiel 1: Auslegung eines Triebzuges für eine Mittelgebirgsstrecke

Randbedingungen:

$$F_{WFT} = 2,1 + 2,5 \cdot \frac{v}{100} + 4,0 \cdot \left(\frac{v + 15}{100}\right)^2$$

| | |
|------------------------------------|----------------------|
| Anzahl der Fahrmotoren: | 2...12 |
| Fahrzeugmasse: | 170 t |
| Massenfaktor: | 1,06 |
| max. Beschleunigung: | 1,1 m/s ² |
| Anzahl Radsätze: | 12 |
| Radsatzfolge: | Bo'[X][X][X][X]X' |
| v _{max} (fahrzeugseitig): | 160 km/h |



7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.4 Streckenbezogene Leistungsauslegung

Beispiel 1: Auslegung eines Triebzuges für eine Mittelgebirgsstrecke

Festlegung von $F_{T,max} = 75 \text{ kN}$:

Ausgangspunkt: „Minimalvariante“
Bo' [2] [2] [2] [2] 2'

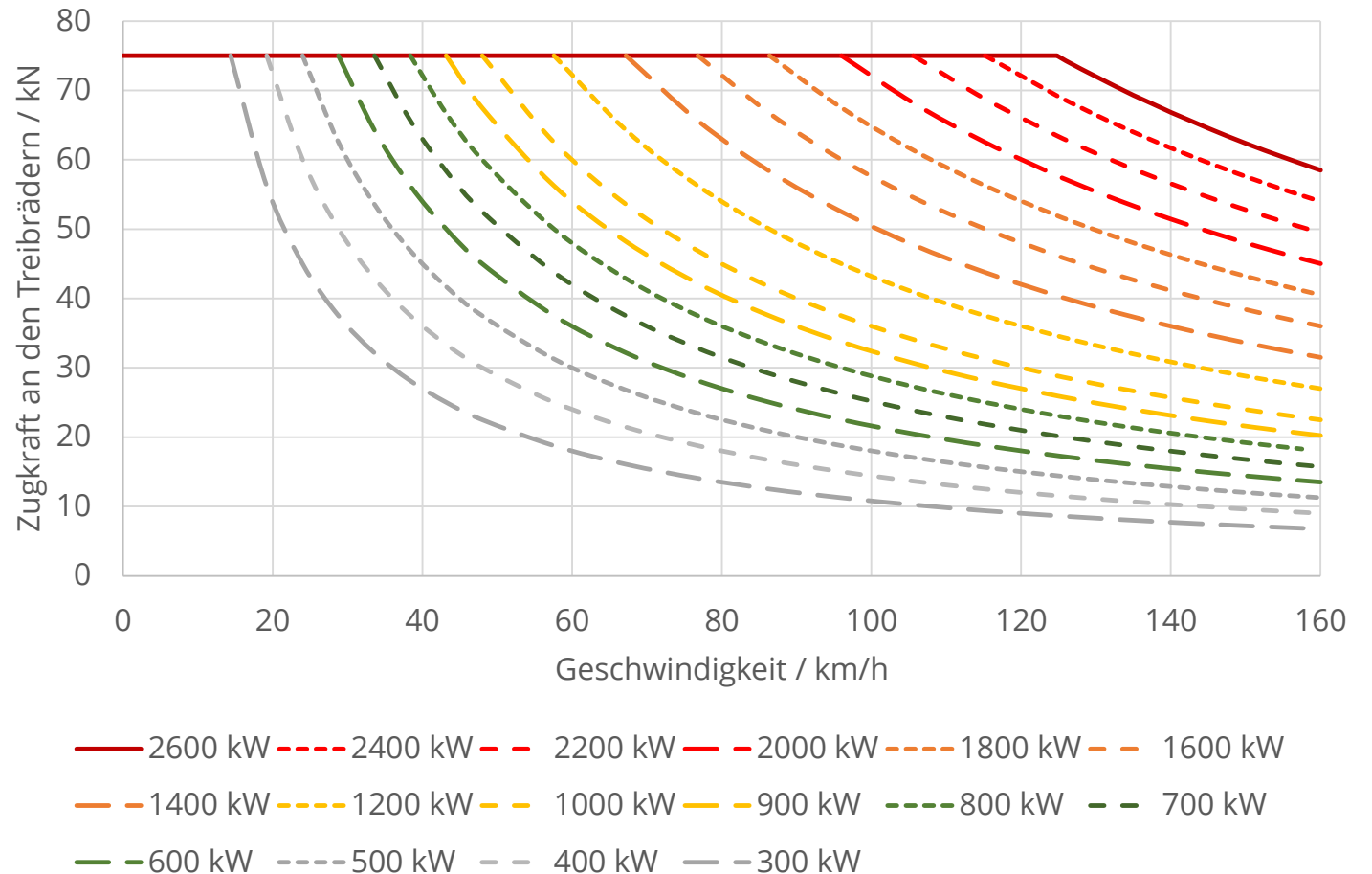
Masse $m_{R,T}$ auf den angetriebenen
Radsätzen:
ca. 1/6 von 170 t = 28,3 t

max. Kraftschlussausnutzung:
 $\tau_{max} = 0,27$

$$F_{T,max} = m_{R,T} \cdot g \cdot \tau_{max}$$

$$F_{T,max} = 28,3 \text{ t} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,27$$

$$F_{T,max} = 75 \text{ kN}$$

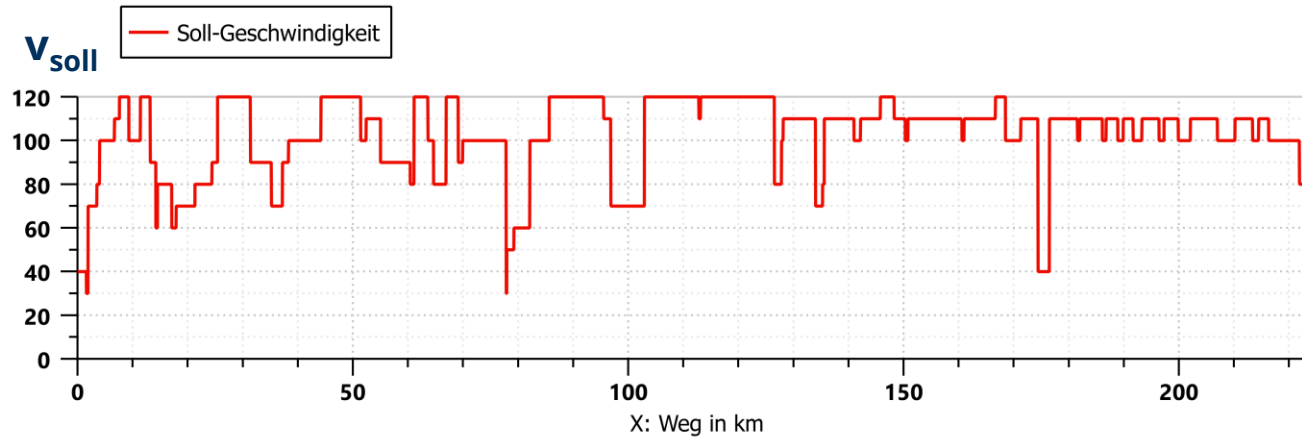
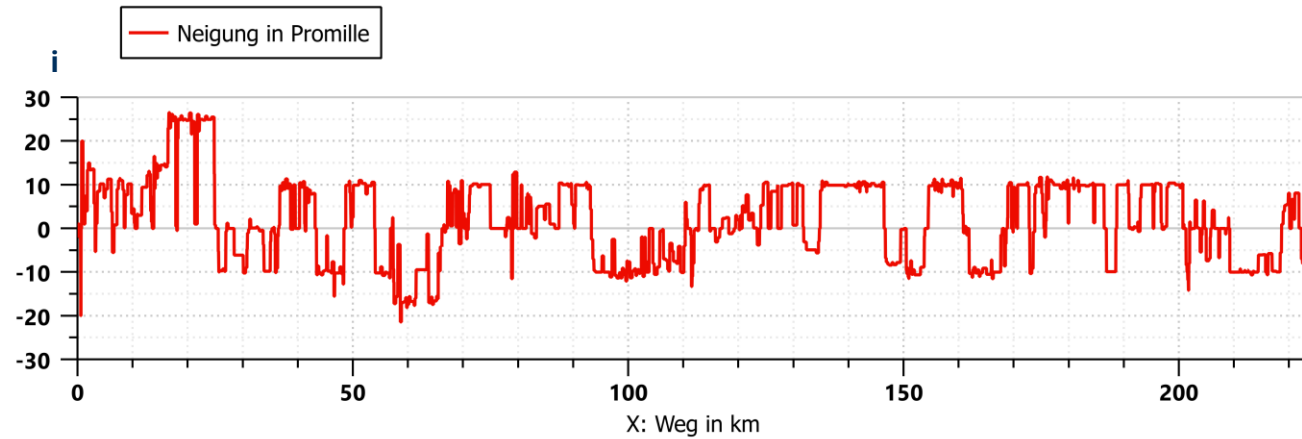


7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.4 Streckenbezogene Leistungsauslegung

Beispiel 1: Auslegung eines Triebzuges für eine Mittelgebirgsstrecke

Streckenprofil



7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.4 Streckenbezogene Leistungsauslegung

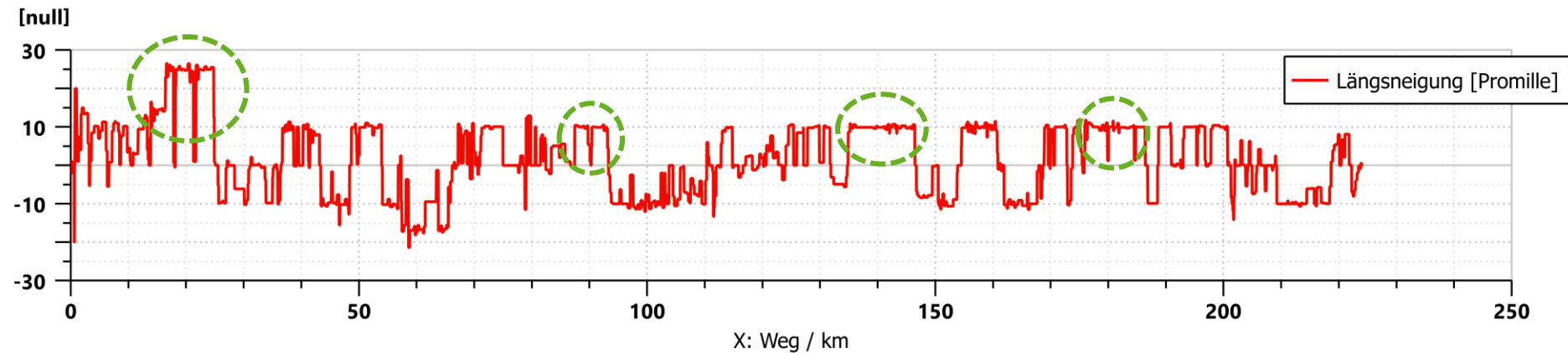
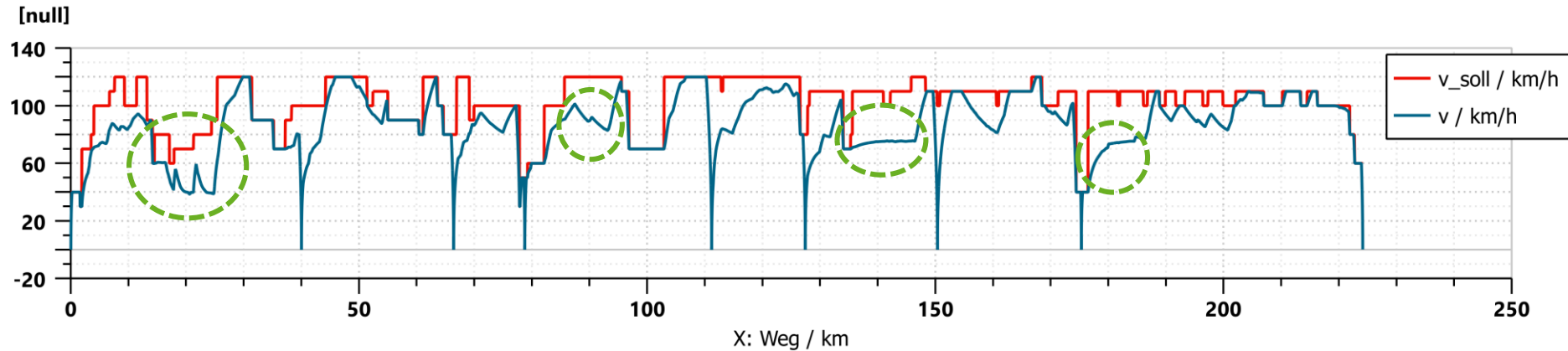
Beispiel 1: Auslegung eines Triebzuges für eine Mittelgebirgsstrecke

$$P_T = 500 \text{ kW}$$

$$P_{T,m}/P_{T,max} = 0,71$$

$$t_{ges} = 02:57:56$$

$$t_{ges} = 10676 \text{ s}$$



7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

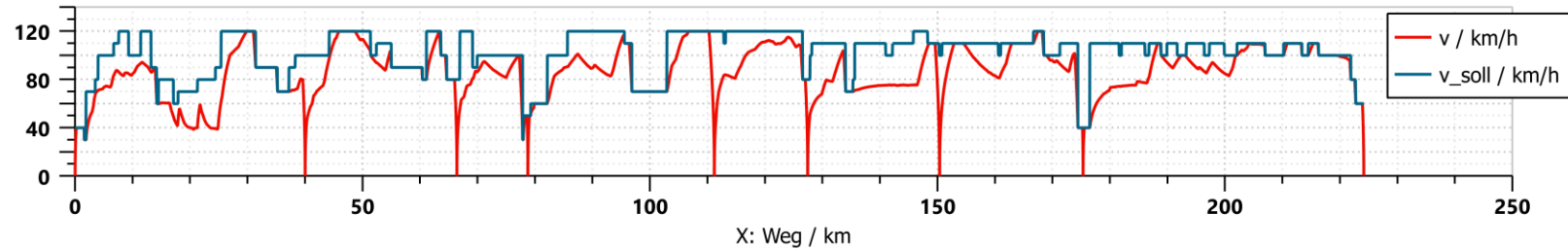
7.4 Streckenbezogene Leistungsauslegung

Beispiel 1: Auslegung eines Triebzuges für eine Mittelgebirgsstrecke

$P_T = 500 \text{ kW}$

$P_{T,m}/P_{T,max} = 0,71$

$t_{ges} = 02:57:56$

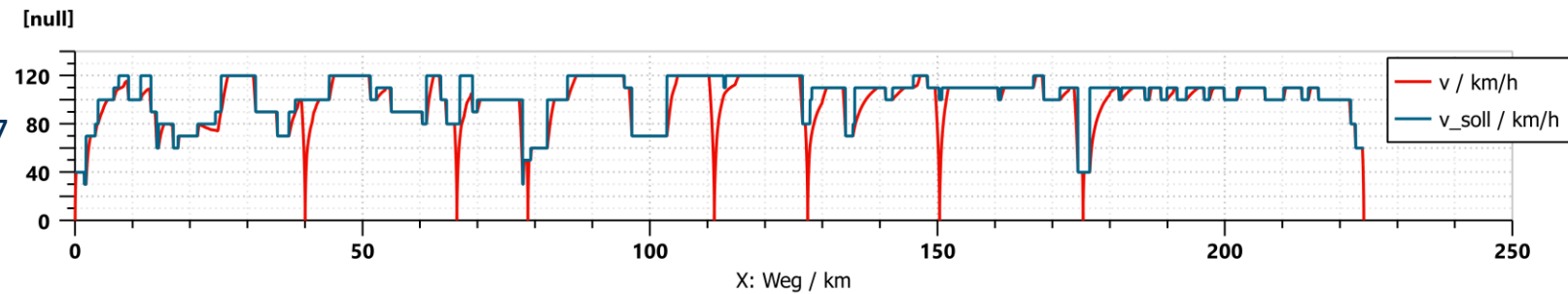


-1312 s
-00:21:52
(- 12,3%)

$P_T = 1000 \text{ kW}$

$P_{T,m}/P_{T,max} = 0,47$

$t_{ges} = 02:36:04$

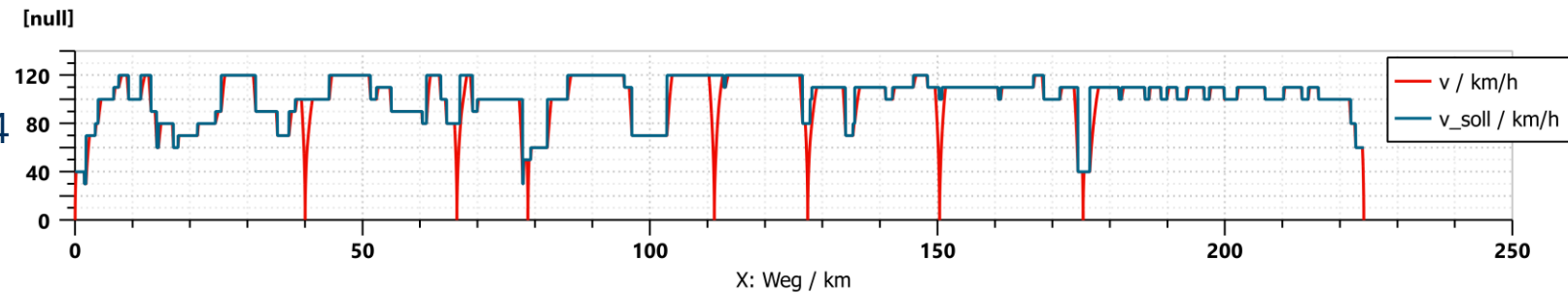


-144 s
-00:02:24
(- 1,5%)

$P_T = 2000 \text{ kW}$

$P_{T,m}/P_{T,max} = 0,24$

$t_{ges} = 02:33:40$

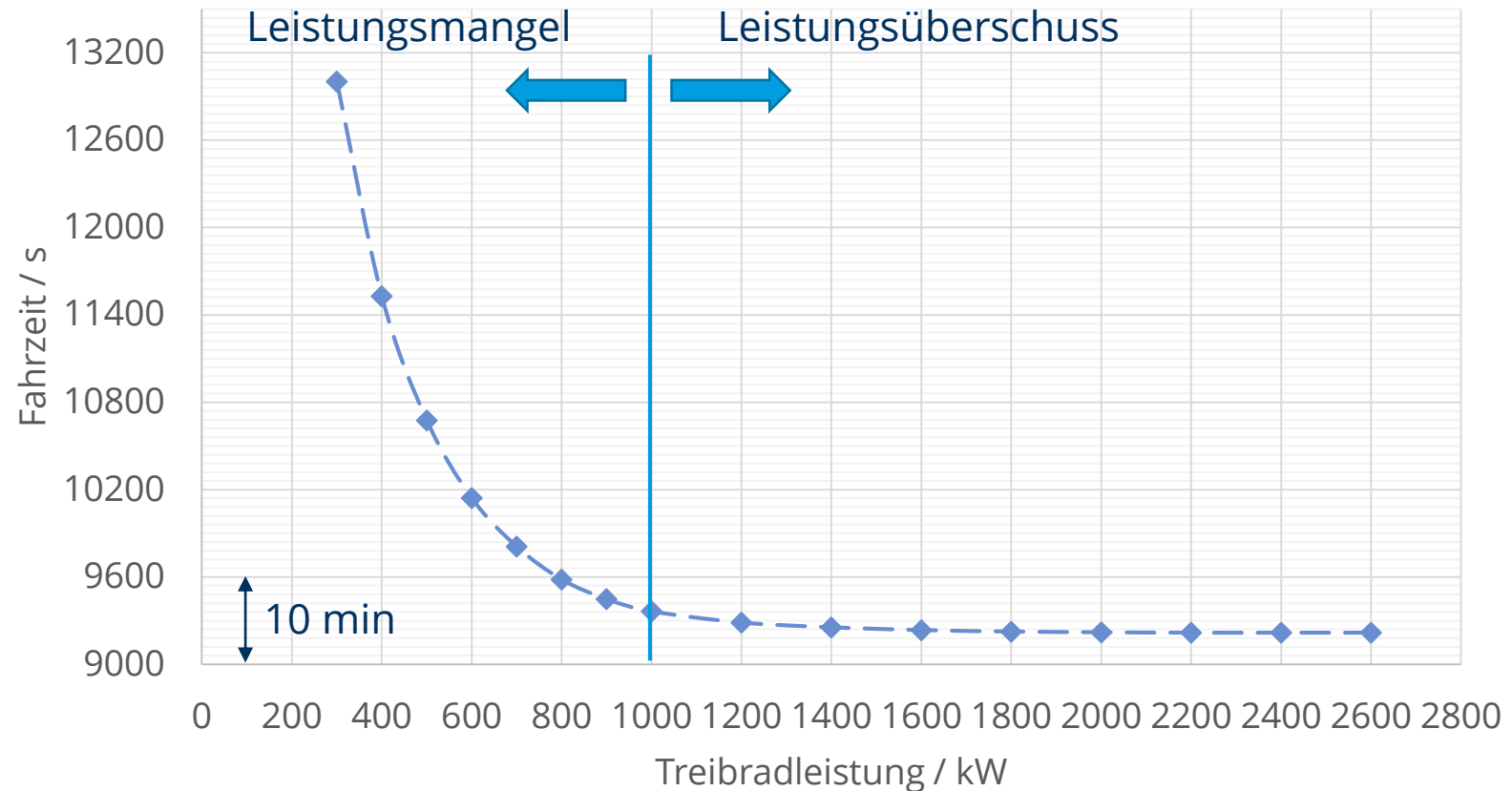


7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.4 Streckenbezogene Leistungsauslegung

Beispiel 1: Auslegung eines Triebzuges für eine Mittelgebirgsstrecke

Abhängigkeit der Gesamtfahrzeit von der Treibradleistung

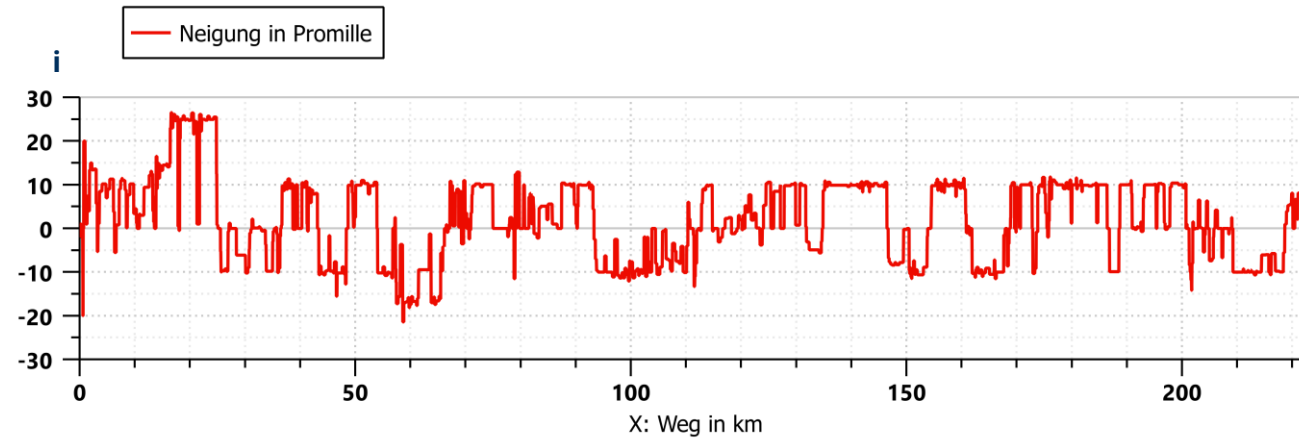


7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

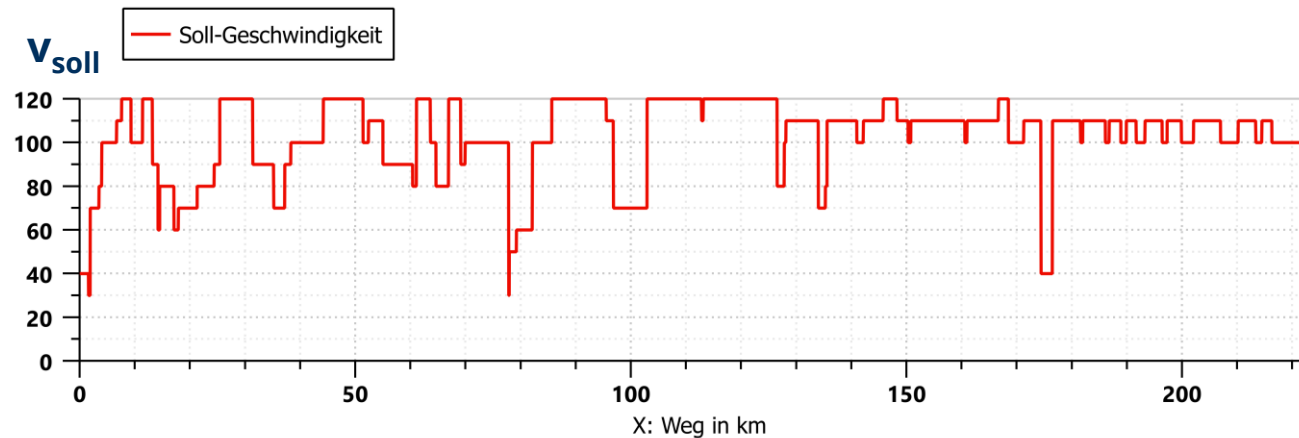
7.4 Streckenbezogene Leistungsauslegung

Beispiel 1: Auslegung eines Triebzuges für eine Mittelgebirgsstrecke

Streckenprofil



$$P_{WS,erf} = F_{WS}(s) \cdot v_{soll}$$



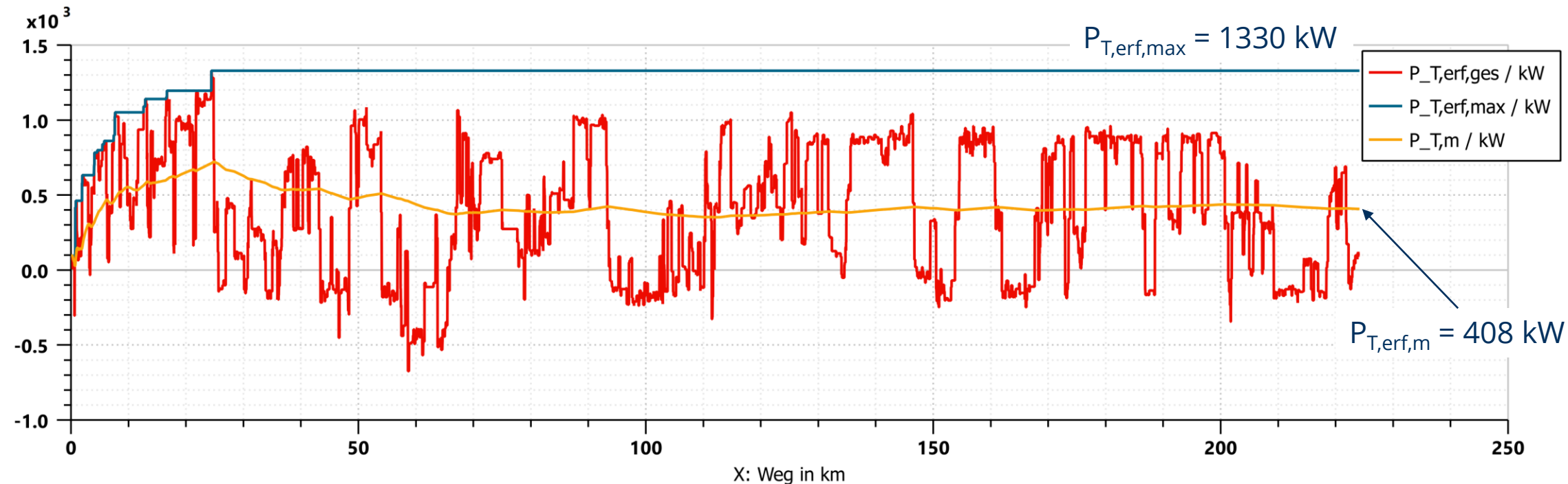
$$P_{WFT,erf} = F_{WFT}(v_{soll}) \cdot v_{soll}$$

7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.4 Streckenbezogene Leistungsauslegung

Beispiel 1: Auslegung eines Triebzuges für eine Mittelgebirgsstrecke

Ermittlung des minimalen Leistungsbedarfes ($f_a = 0 \text{ N/kN}$):

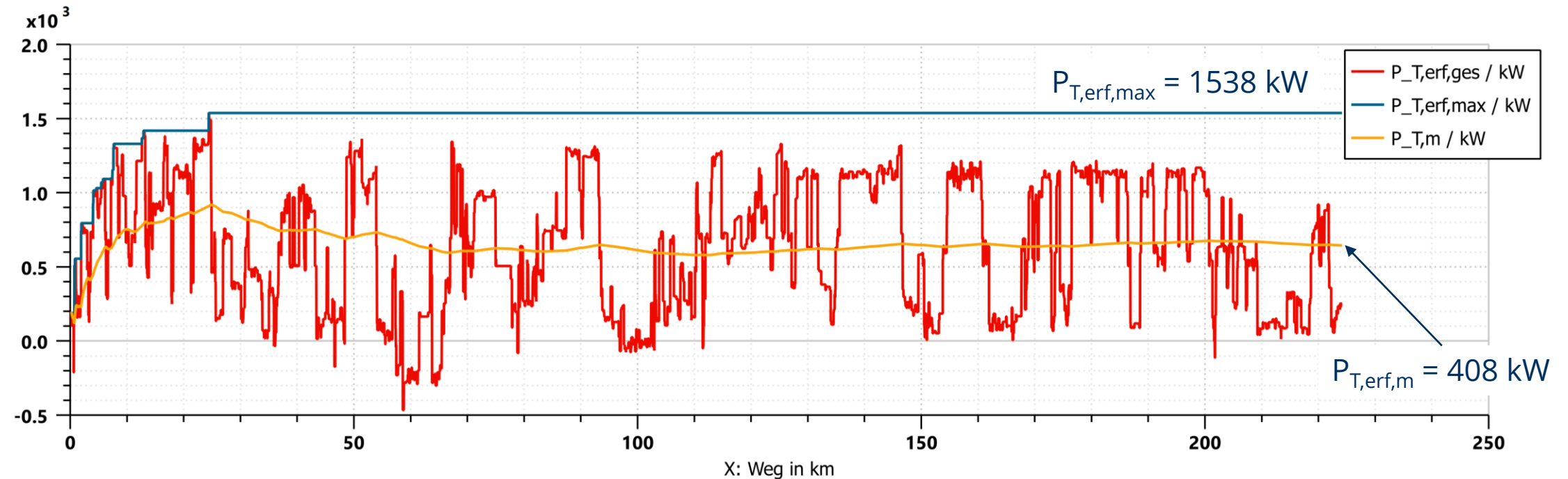


7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.4 Streckenbezogene Leistungsauslegung

Beispiel 1: Auslegung eines Triebzuges für eine Mittelgebirgsstrecke

Ermittlung des minimalen Leistungsbedarfes mit Beschleunigungsreserve ($f_a = 5 \text{ N/kN}$):



7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.4 Streckenbezogene Leistungsauslegung

Beispiel 1: Auslegung eines Triebzuges für eine Mittelgebirgsstrecke



Variante A: $P_T = 600 \text{ kW}$ $F_{T,max} = 60 \text{ kN}$ $\tau_{max} = 0,245$



Variante B: $P_T = 1200 \text{ kW}$ $F_{T,max} = 120 \text{ kN}$ $\tau_{max} = 0,245$



Variante C: $P_T = 1800 \text{ kW}$ $F_{T,max} = 180 \text{ kN}$ $\tau_{max} = 0,245$



Variante D: $P_T = 2400 \text{ kW}$ $F_{T,max} = 200 \text{ kN}$ $\tau_{max} = 0,200$



Variante E: $P_T = 3000 \text{ kW}$ $F_{T,max} = 200 \text{ kN}$ $\tau_{max} = 0,160$



Variante F: $P_T = 3600 \text{ kW}$ $F_{T,max} = 200 \text{ kN}$ $\tau_{max} = 0,140$

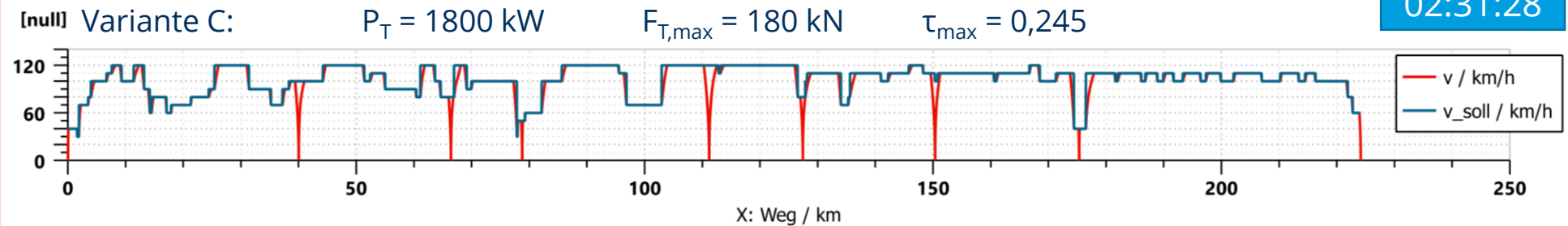
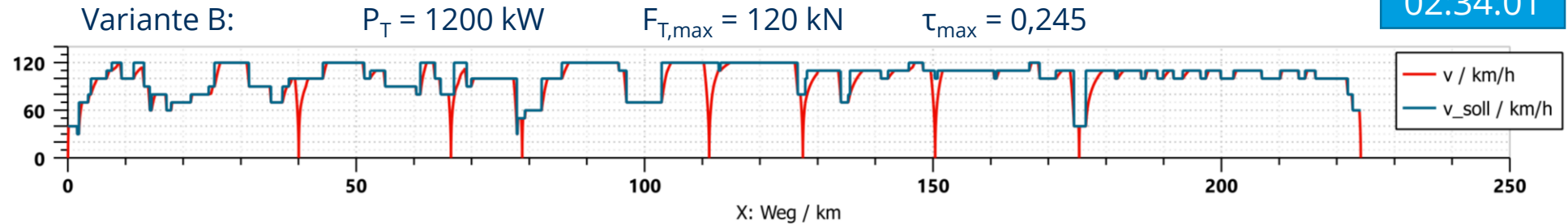
7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.4 Streckenbezogene Leistungsauslegung

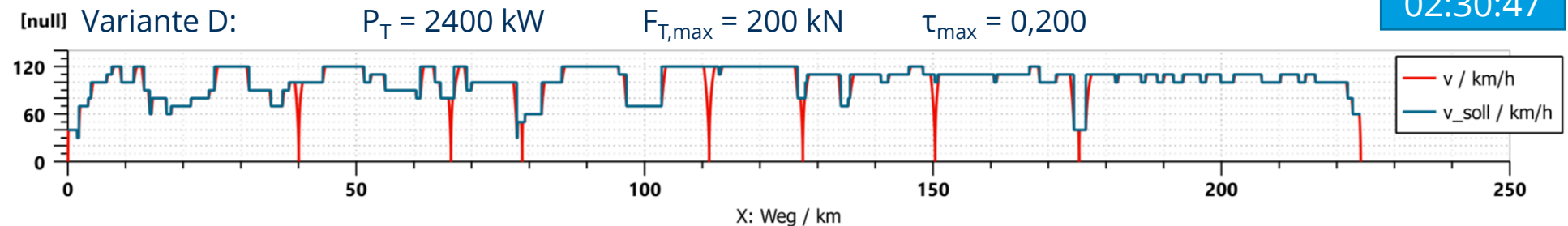
Beispiel 1: Auslegung eines Triebzuges für eine Mittelgebirgsstrecke

Fahrzeit:

02:34:01



02:31:28



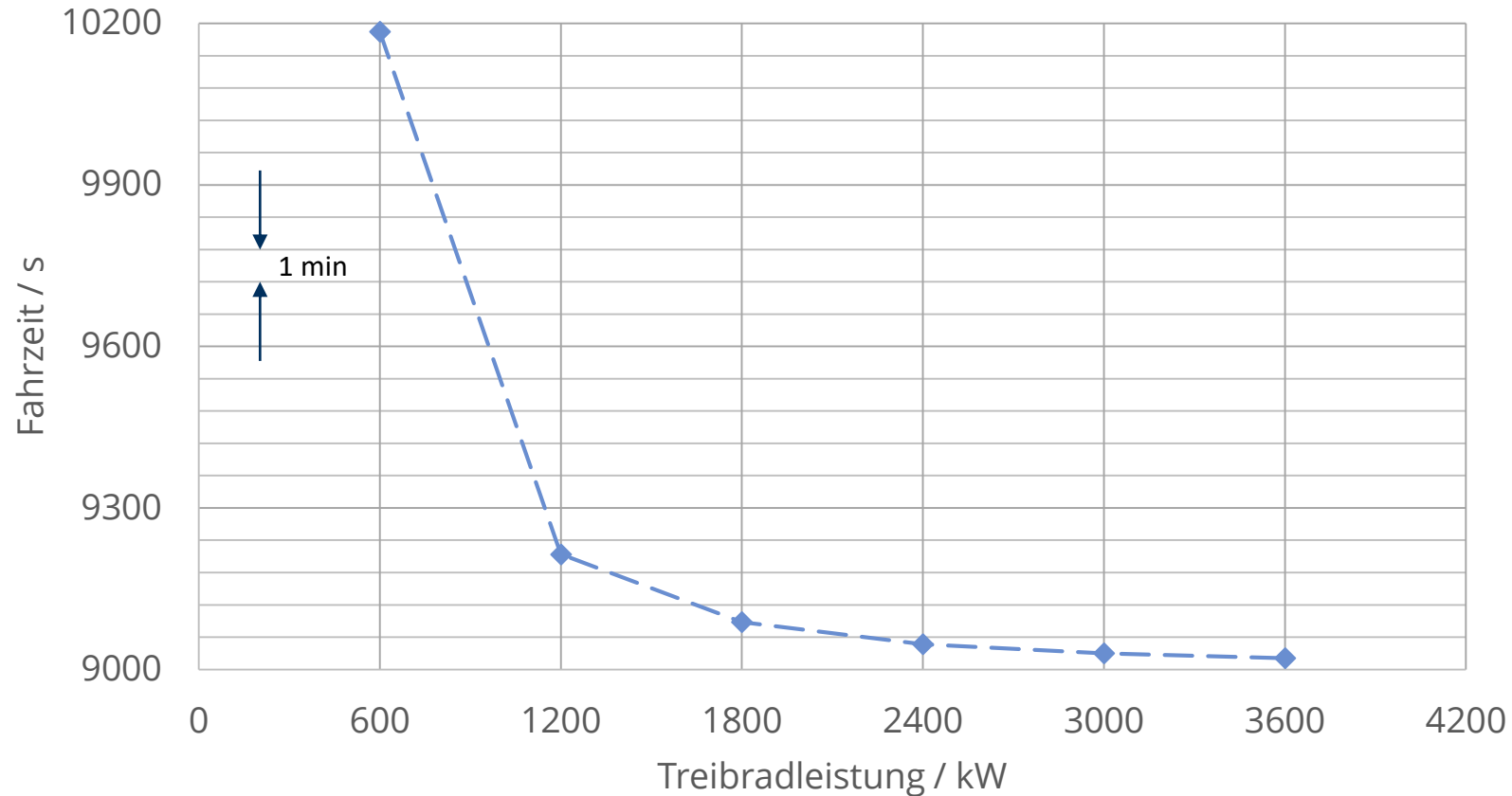
02:30:47

7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.4 Streckenbezogene Leistungsauslegung

Beispiel 1: Auslegung eines Triebzuges für eine Mittelgebirgsstrecke

Abhängigkeit der Gesamtfahrzeit von der Treibradleistung

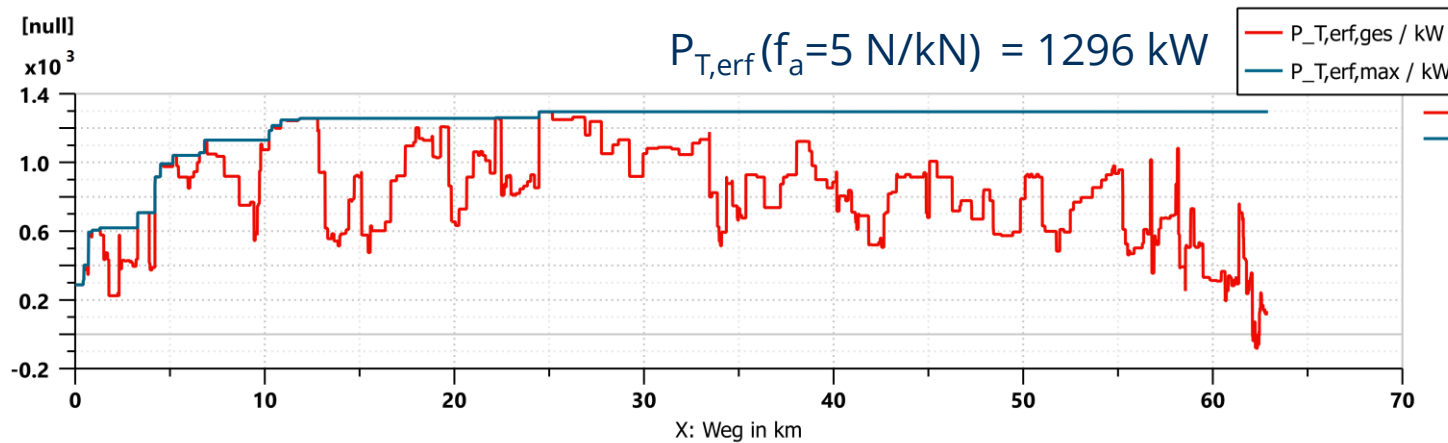
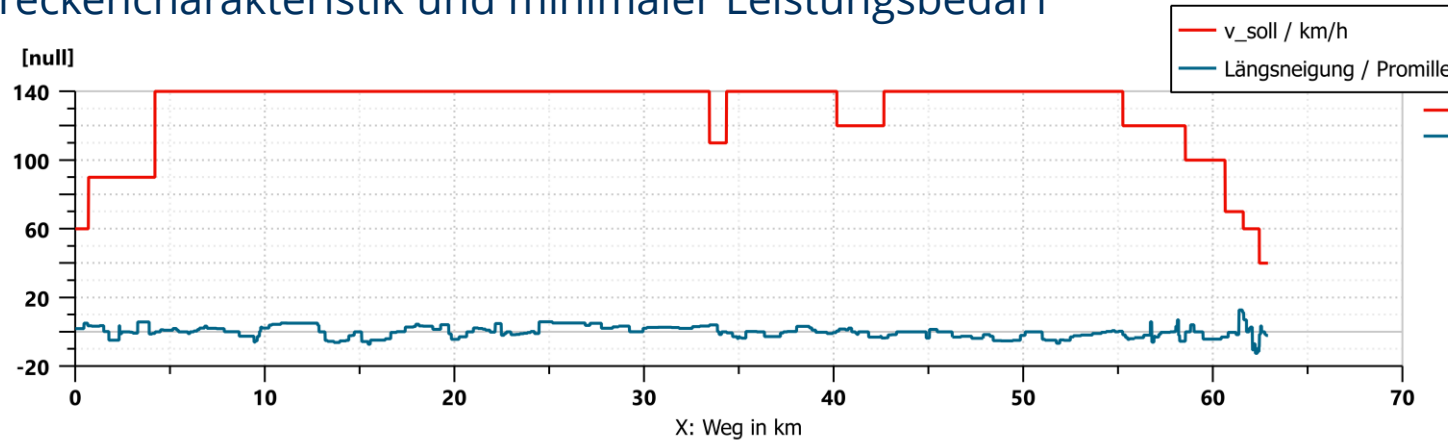


7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.4 Streckenbezogene Leistungsauslegung

Beispiel 2: Auslegung eines Triebzuges für eine Flachlandstrecke

Streckencharakteristik und minimaler Leistungsbedarf



7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.4 Streckenbezogene Leistungsauslegung

Beispiel 2: Auslegung eines Triebzuges für eine Flachlandstrecke

Simulationsergebnisse:

Variante B

(1200 kW, 120 kN):

$t_{ges} = 00:38:24$

Variante C

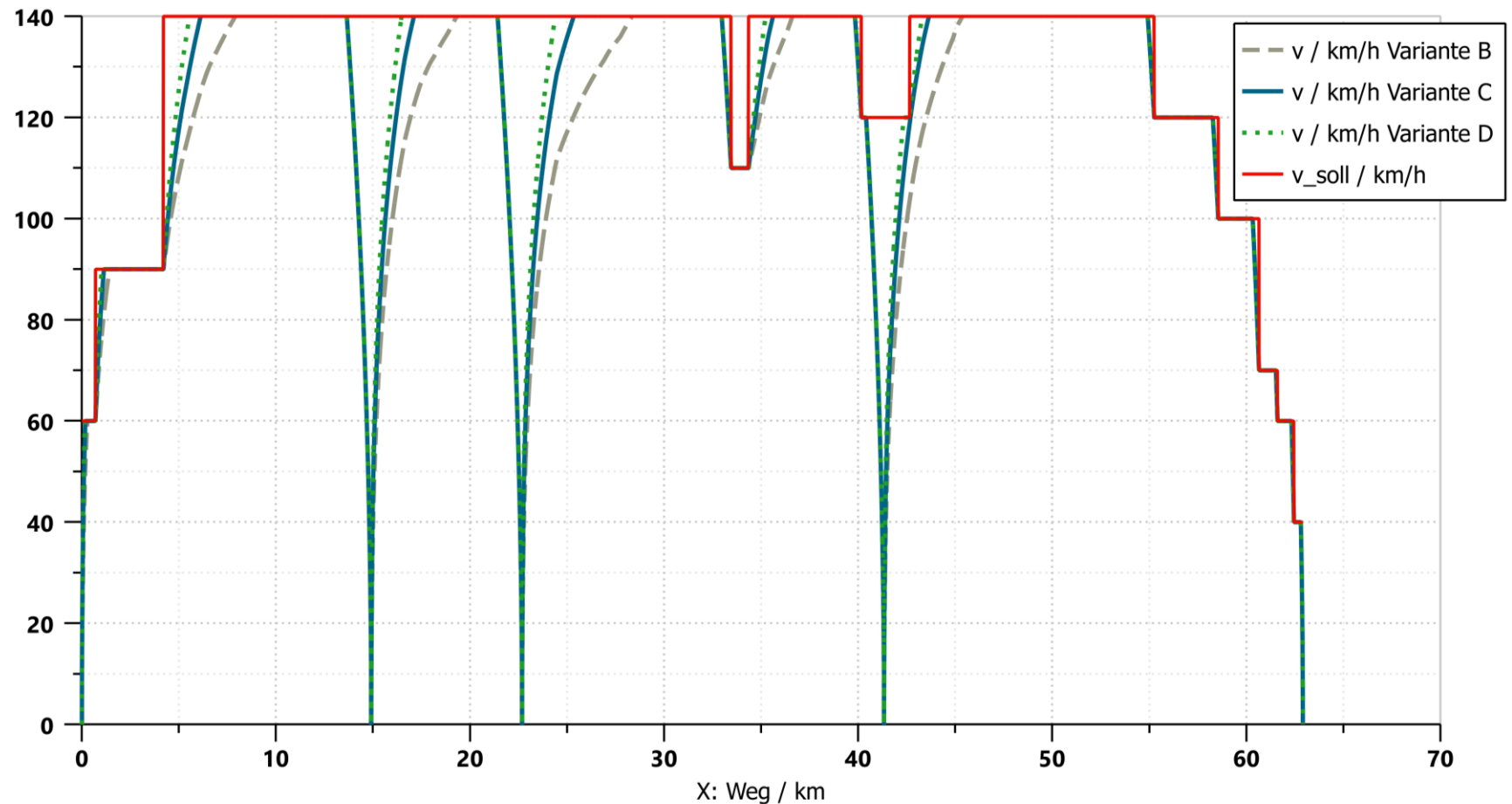
(1800 kW, 180 kN):

$t_{ges} = 00:37:10$

Variante D

(2400 kW, 200 kN):

$t_{ges} = 00:36:45$



7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.4 Streckenbezogene Leistungsauslegung

Beispiel 2: Auslegung eines Triebzuges für eine Flachlandstrecke

Simulationsergebnisse:

Variante B

(1200 kW, 120 kN):

$t_{\text{ges}} = 00:38:24$

Variante C

(1800 kW, 180 kN):

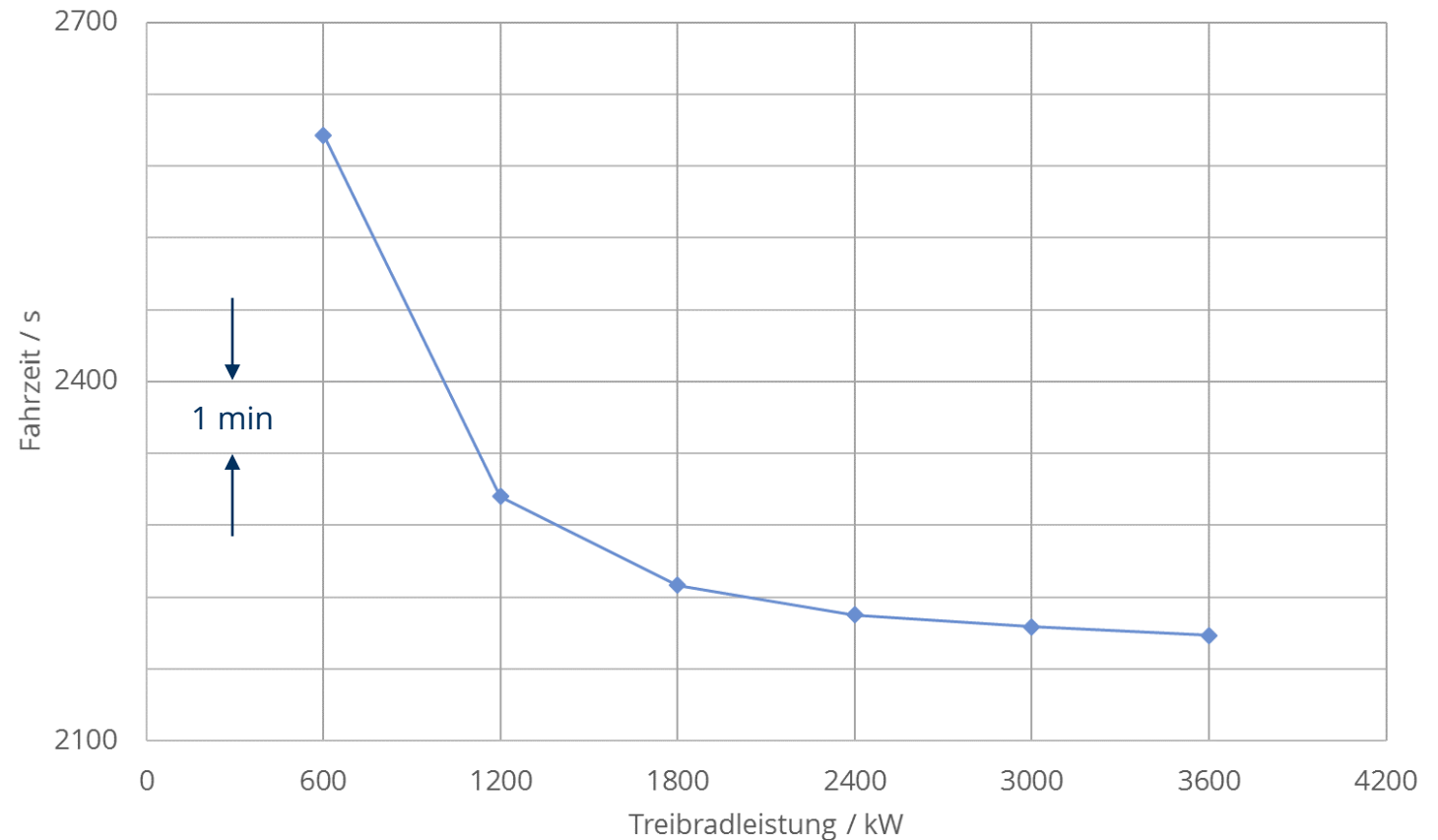
$t_{\text{ges}} = 00:37:10$

Variante D

(2400 kW, 200 kN):

$t_{\text{ges}} = 00:36:45$

Abhängigkeit der Gesamtfahrzeit von der Treibradleistung



7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen

7.5 Zusammenfassung

Leistungsauslegung

$$P = F \cdot v$$

auf Basis von
Zugförderprogrammen

Fahrdynamische Grundgleichung

auf Fahrspielbasis



v.a. SPNV

$$P = p \cdot m = a_{max} \cdot v_{\ddot{u}} \cdot m$$

streckenbezogene
Auslegung

Zugfahrtsimulation
(spezielle Auslegungsziele)

