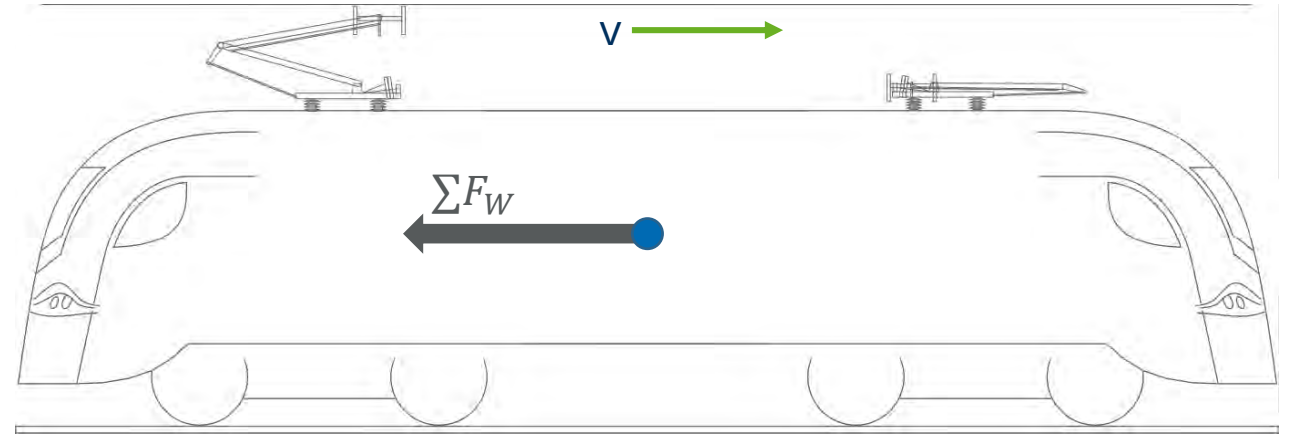


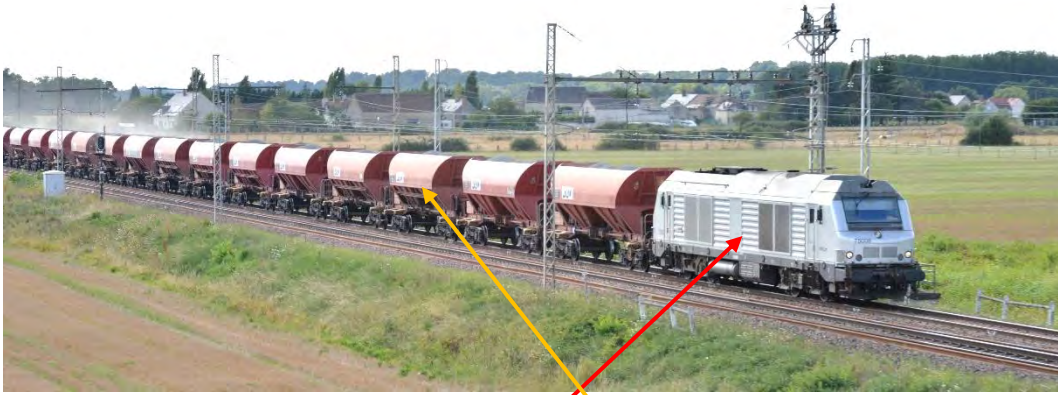
Vorlesungsinhalte

- Einführung
- Grundlagen
- **Fahrwiderstandskräfte**
- Antriebskräfte
- Bewertung des Traktionsvermögens
- Leistungs- und Energiebedarf
- Betrachtungen zu Energie und Fahrzeit
- Grundlagen der Fahrzeitberechnung
- Rechnerpraktikum Zugfahrtsimulation



Berechnung des Fahrzeugwiderstandes anhand empirischer Gleichungen

Variable Zugverbände: Triebfahrzeug(e) + Wagenzug



$$F_{WFZ} = F_{WFT} + f_{WFW} \cdot m_W \cdot g$$

$$F_{WFT} = 1,107 + 0,9 \cdot \frac{v}{100} + 3,0 \cdot \left(\frac{v}{100}\right)^2$$

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

$$F_{WFT} = A + B \cdot \frac{v}{100} + C \cdot \left(\frac{v + \Delta v}{100}\right)^2$$

$$f_{WFW} = \alpha + \beta \cdot \frac{v}{100} + \gamma \cdot \left(\frac{v}{100}\right)^2$$

Invariable Zugverbände



$$F_{WFZ} = F_{WFT}$$

$$F_{WFT} = 3,45 + 2,75 \cdot \frac{v}{100} + 5,89 \cdot \left(\frac{v}{100}\right)^2$$

Berechnung des Fahrzeugwiderstandes anhand empirischer Gleichungen

Bsp. Güterzug



$m_W = 1000 \text{ t}$, $v = 100 \text{ km/h}$

$$F_{WFT} = 2,8 + 3,48 \cdot \left(\frac{v + 12}{100} \right)^2$$

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

$$F_{WFZ} = F_{WFT}(100) + f_{WFW}(100) \cdot m_W \cdot g$$

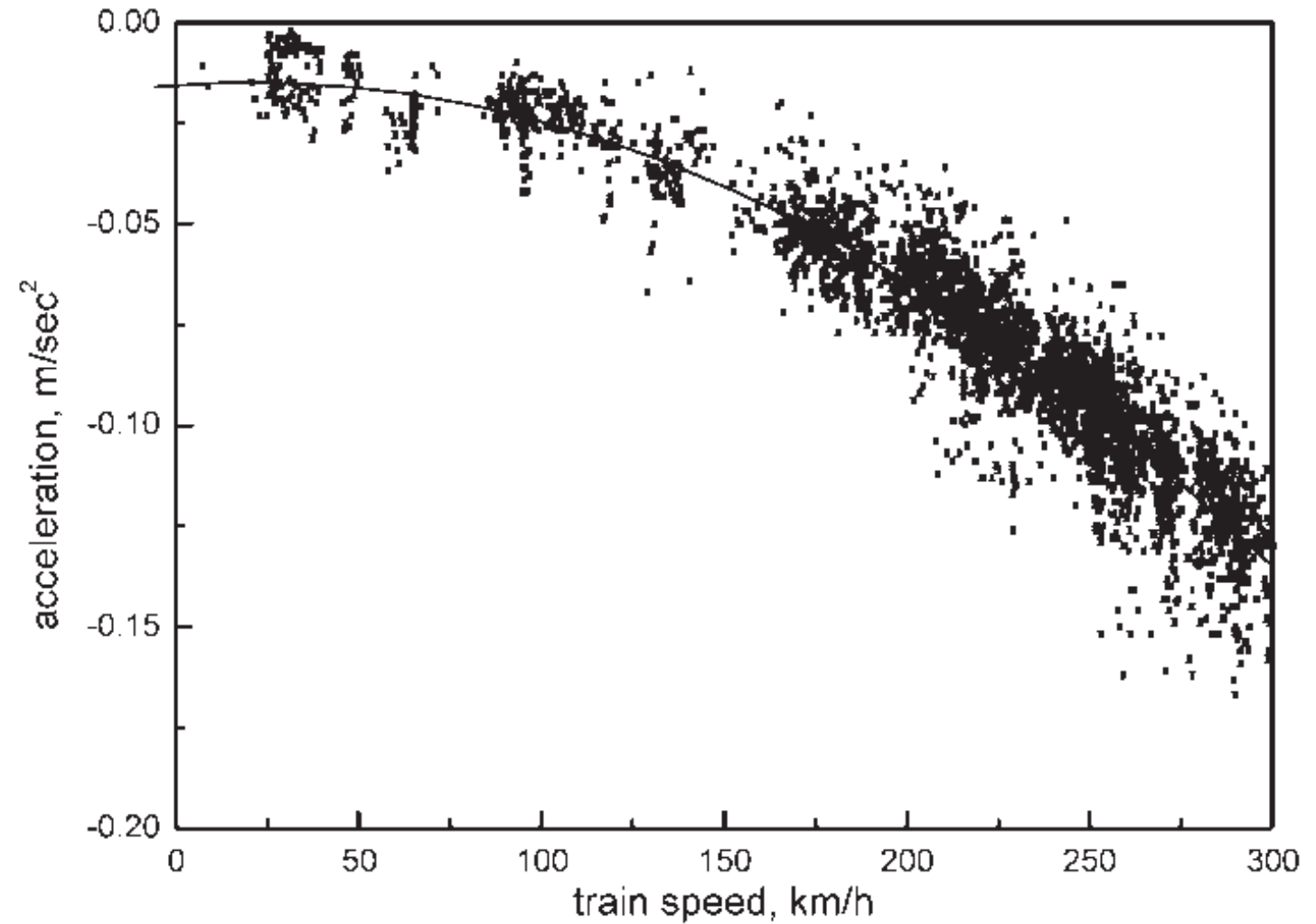
$$F_{WFT}(100) = 2,8 + 3,48 \cdot \left(\frac{100 + 12}{100} \right)^2 = 7,2 \text{ kN}$$

$$f_{WFW}(100) = 0,0012 + 0,0022 \cdot \left(\frac{100}{100} \right)^2 = 0,0034$$

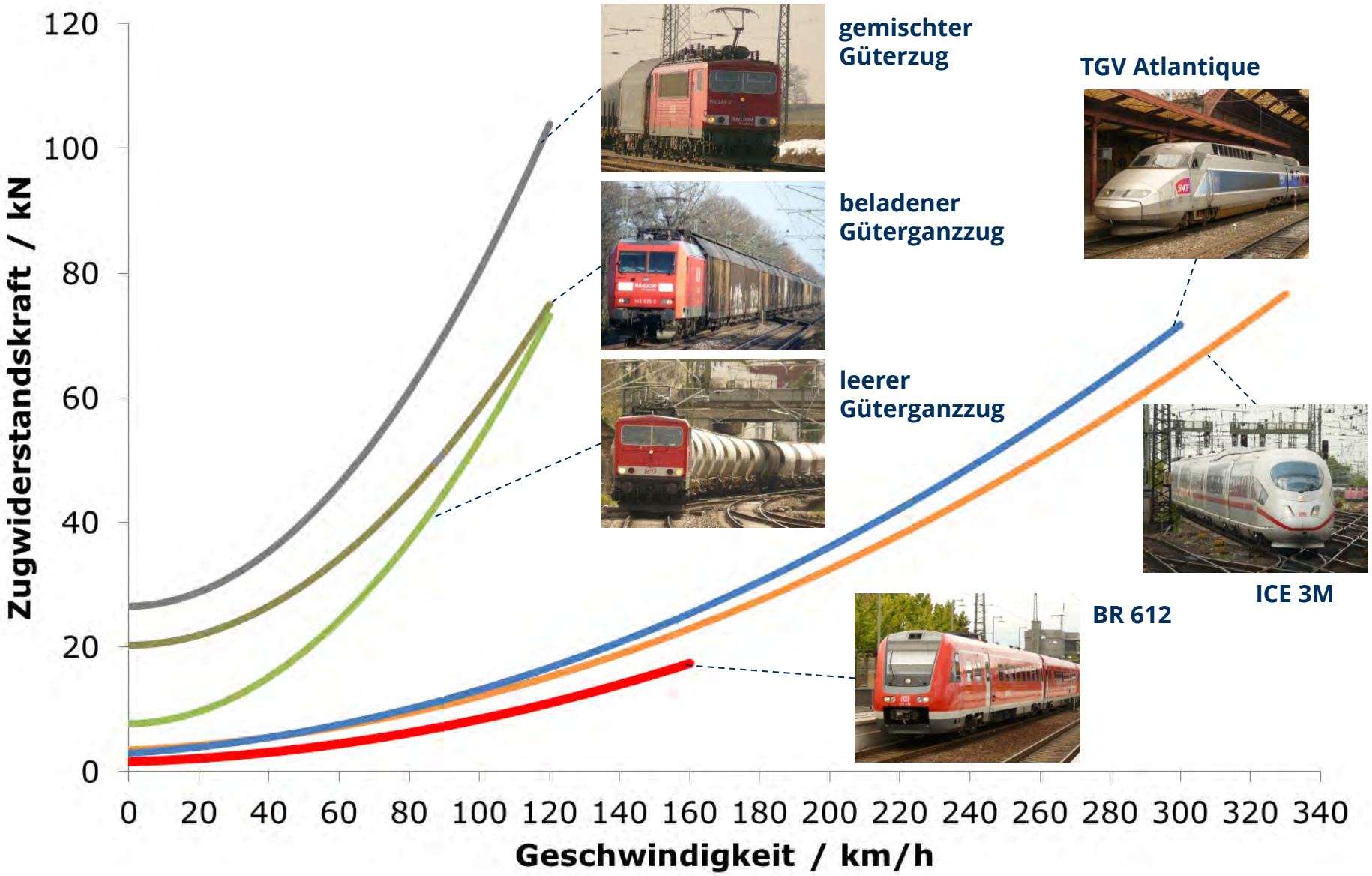
$$F_{WFZ} = 7,2 \text{ kN} + 0,0034 \cdot 1000 \text{ t} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 40,5 \text{ kN}$$

Ermittlung von Fahrzeugwiderstandsgleichungen

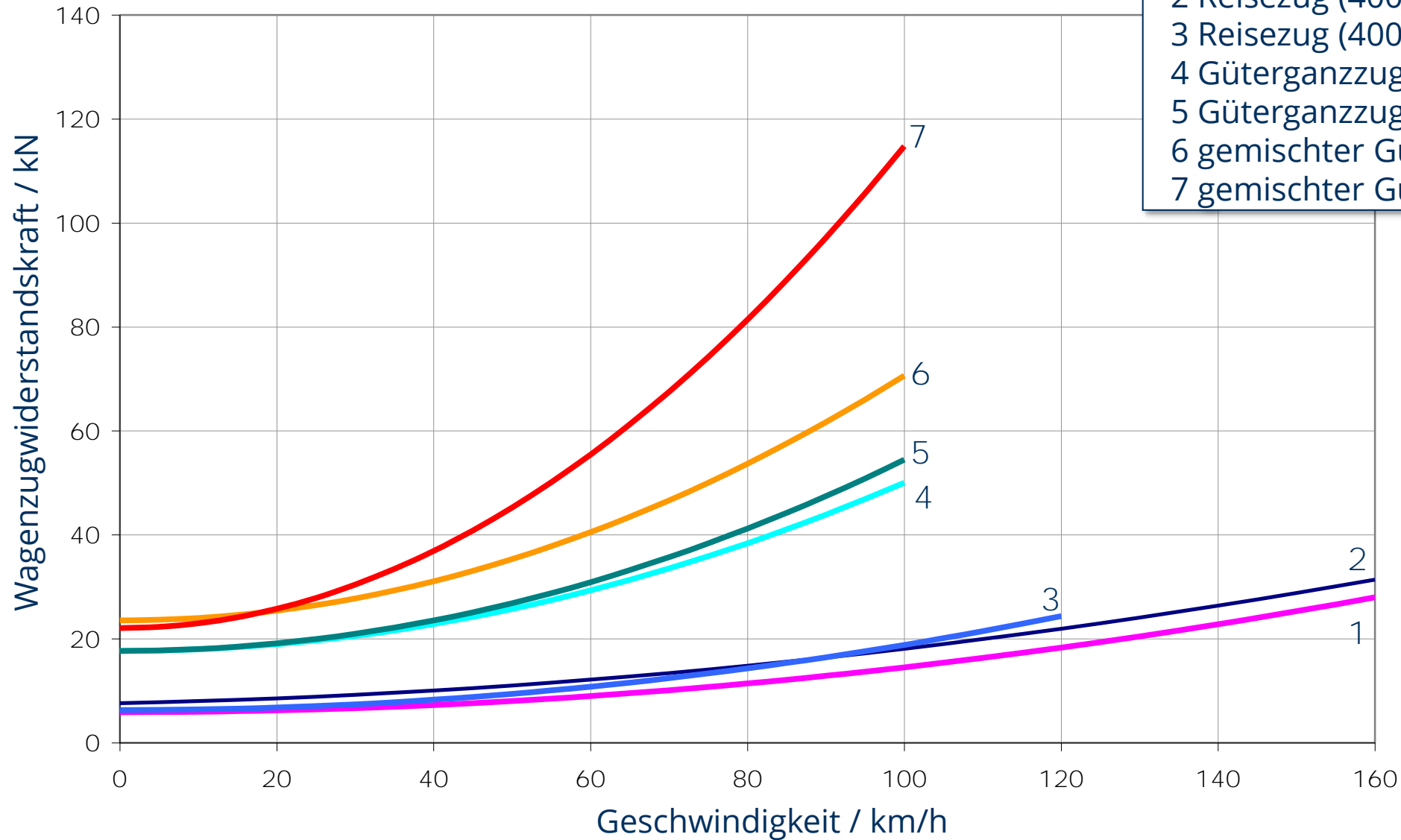
HSR-350x (Südkorea) - Auslaufversuche



Fahrzeugwiderstandsgleichungen ausgewählter Fahrzeuge und Züge



Wagenzugwiderstandskräfte



- 1 Reisezug (400t) SNCF-Formel
- 2 Reisezug (400t) DB-Formel
- 3 Reisezug (400t) DR-Formel
- 4 Güterganzzug (1500t) DR-Formel
- 5 Güterganzzug (1500t) SNCF-Formel
- 6 gemischter Güterzug (1500t) DR-Formel
- 7 gemischter Güterzug (1500t) SNCF-Formel

Einfluss Grundwiderstand



2 x BR 612

Dresden - Freiberg

Streckenlänge:
40 km

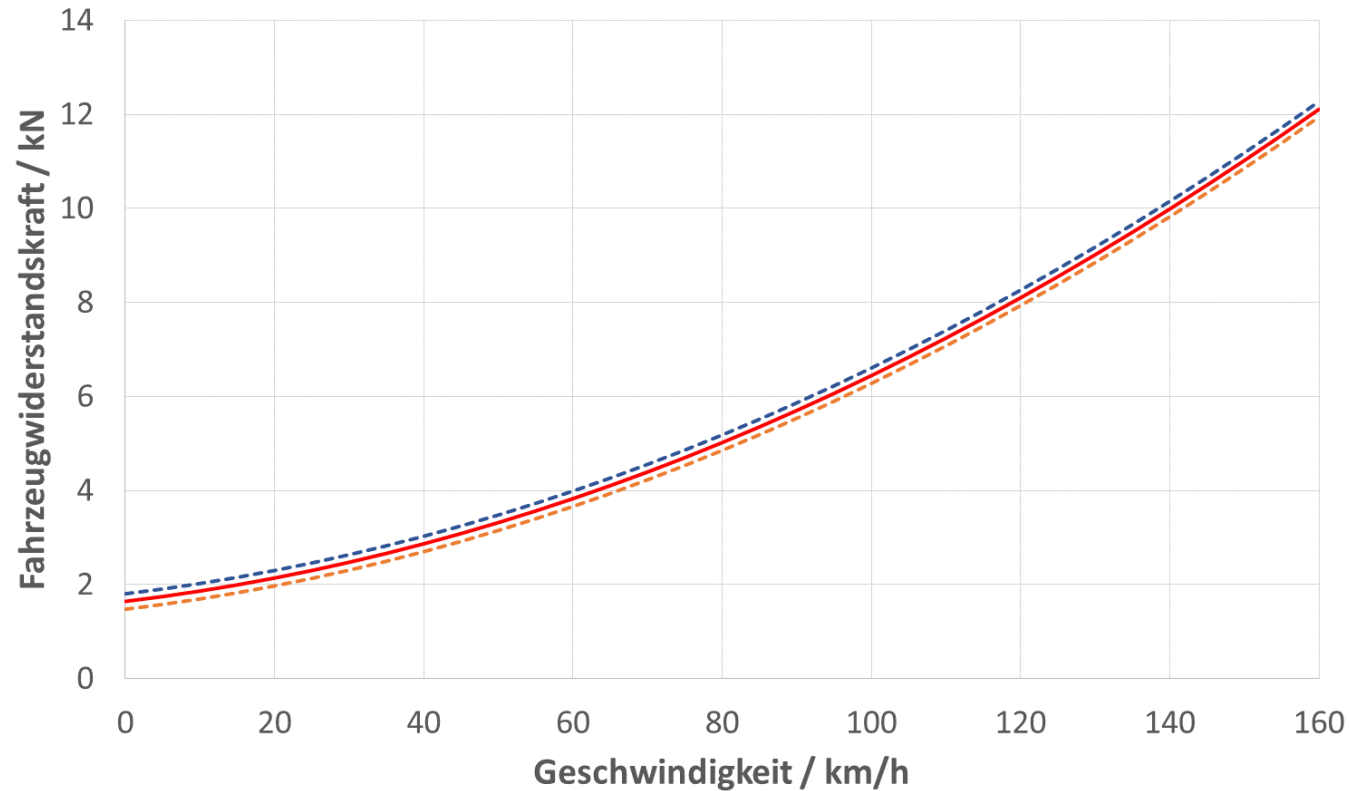
Größte Steigung:
26,5 ‰

Größtes Gefälle:
-20,0 ‰

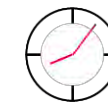
Größte Geschwindigkeit:
120 km/h

Referenzfahrzeit (BR 612):
2011 s (33 min, 31 s)

Referenz-Treibradarbeit:
409,2 kWh



— Bezug - - -10% Grundwiderstand - - -+10% Grundwiderstand



±0,5 s (0,02%)



±2,8 kWh (0,70%)

Einfluss Luftwiderstand



2 x BR 612

Dresden - Freiberg

Streckenlänge:
40 km

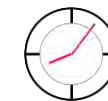
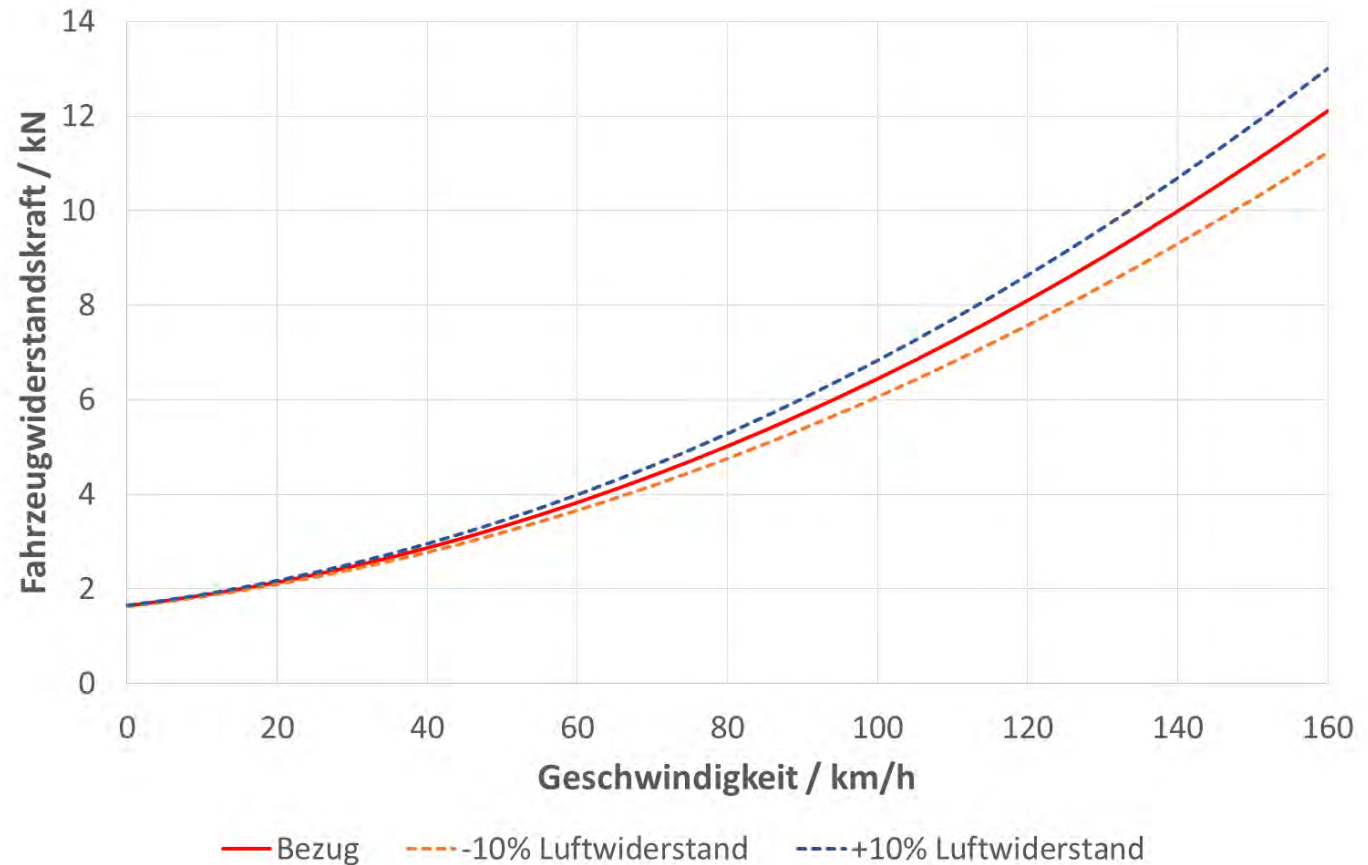
Größte Steigung:
26,5 ‰

Größtes Gefälle:
-20,0 ‰

Größte Geschwindigkeit:
120 km/h

Referenzfahrzeit (BR 612):
2011 s (33 min, 31 s)

Referenz-Treibradarbeit:
409,2 kWh



±0,6 s (0,03%)



±5,4 kWh (1,30%)

Einfluss Gleichungswahl



2 x BR 612

Dresden - Freiberg

Streckenlänge:
40 km

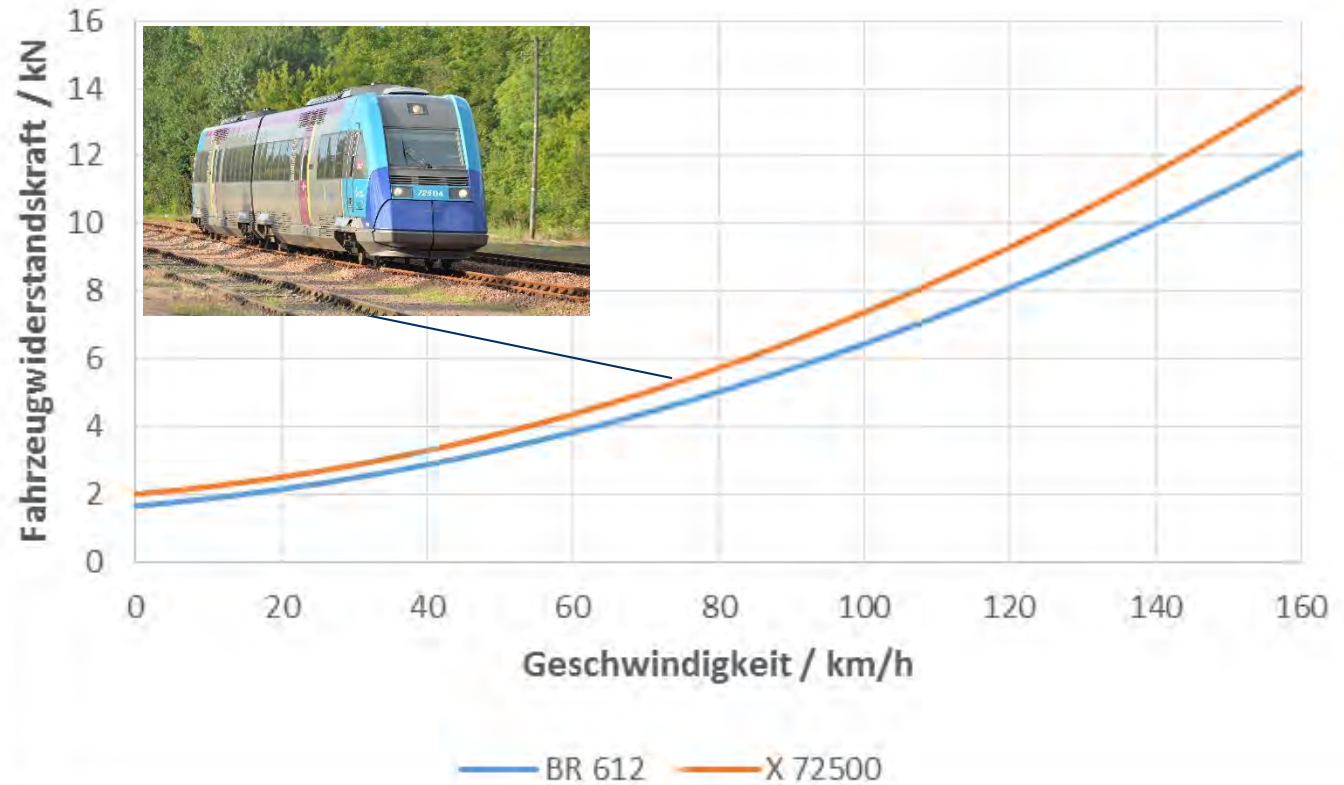
Größte Steigung:
26,5 ‰

Größtes Gefälle:
-20,0 ‰

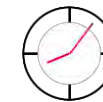
Größte Geschwindigkeit:
120 km/h

Referenzfahrzeit (BR 612):
2011 s (33 min, 31 s)

Referenz-Treibradarbeit:
409,2 kWh



Rechnung mit
„falscher“ Fahrzeu-
gwidstandsgleichung:



+2,0 s (0,1%)



+13,9 kWh (3,4%)