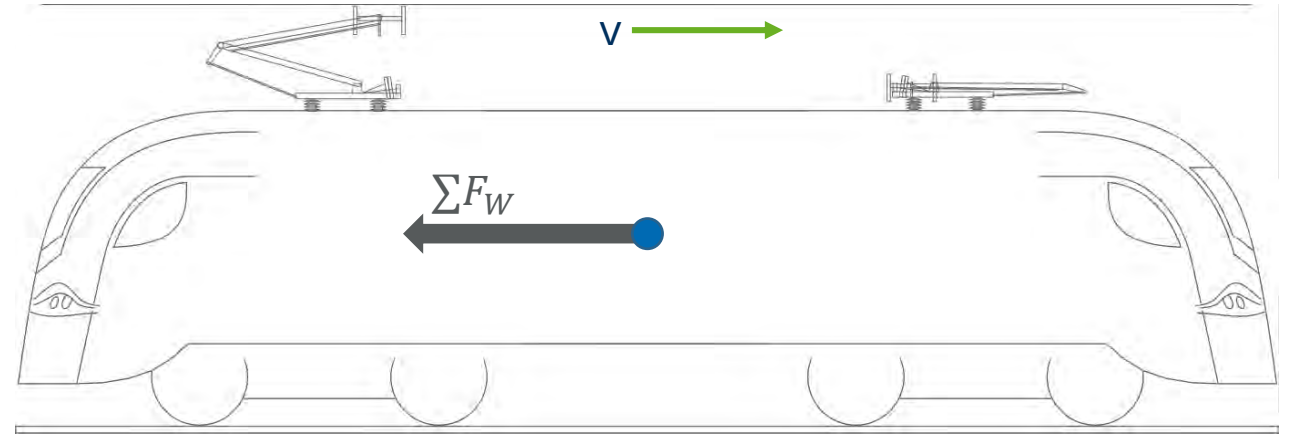


# Vorlesungsinhalte

- 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



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

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

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

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

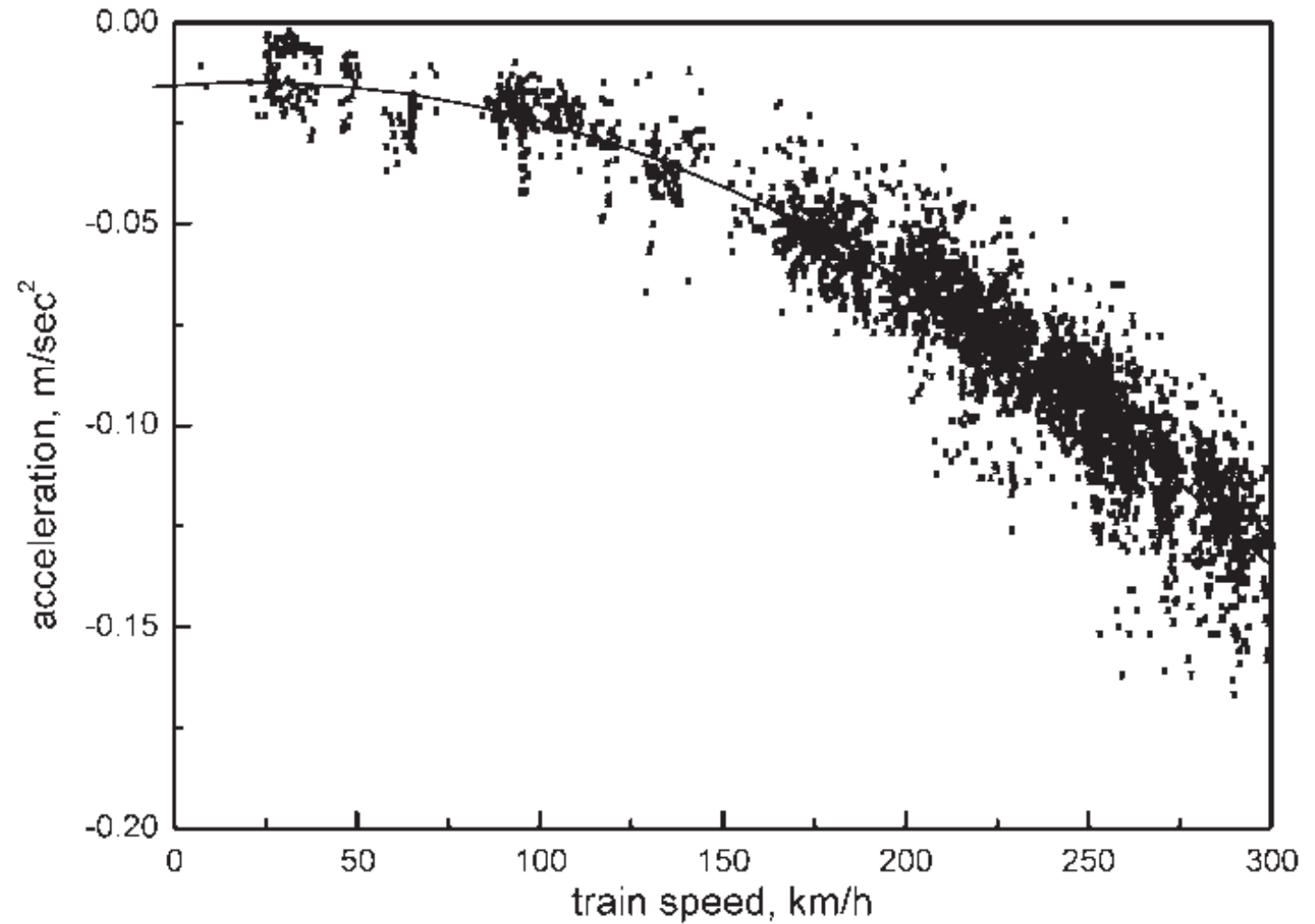
$$F_{WFT}(100) = 2,8 + 3,48 \cdot \left( \frac{100 + 12}{100} \right)^2 = 7,2 \text{ kN}$$

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

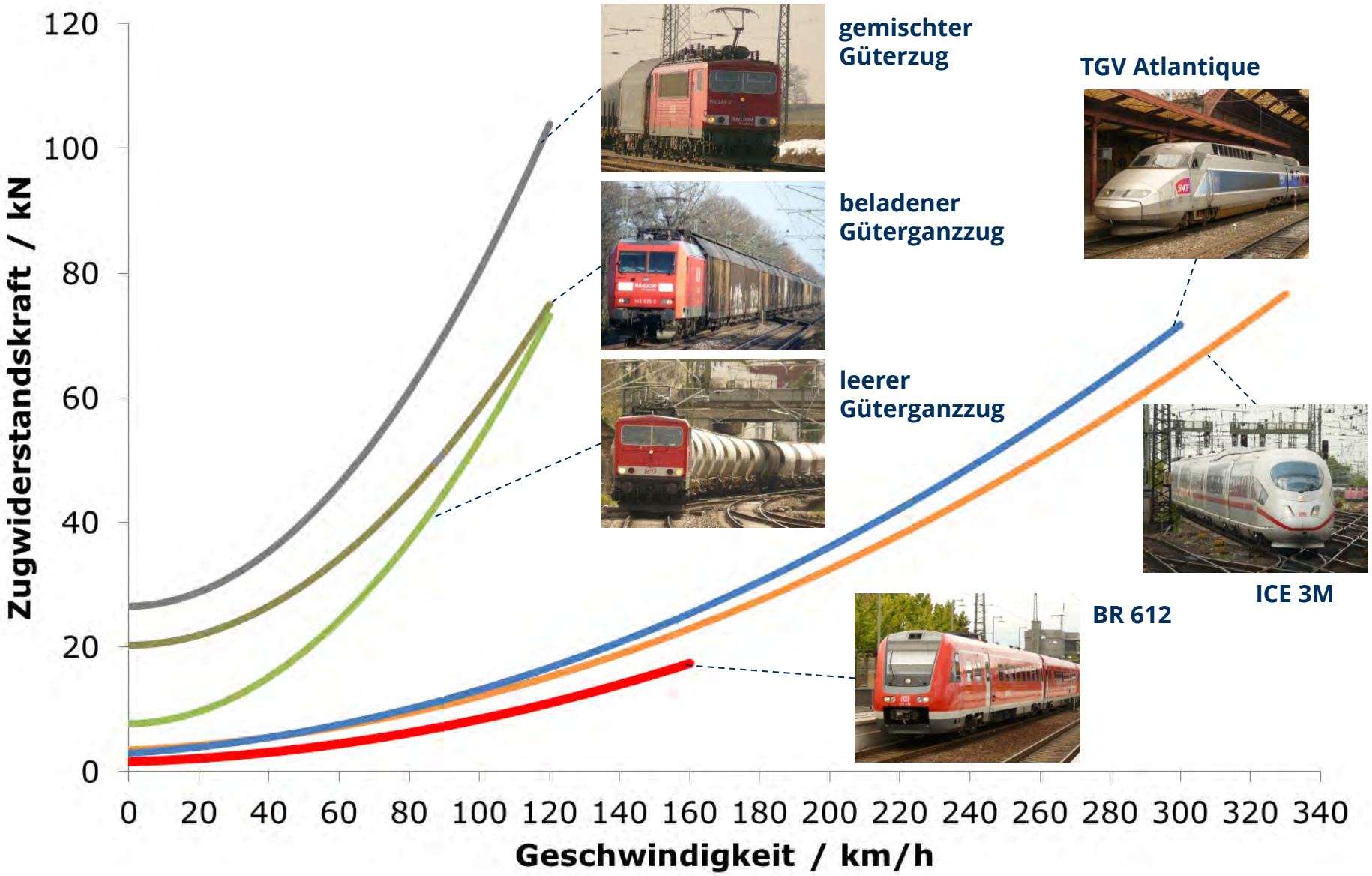
$$F_{WFZ} = 7,2 \text{ kN} + 0,0034 \cdot 1000 \text{ t} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 40,5 \text{ kN}$$

# Ermittlung von Fahrzeugwiderstandsgleichungen

HSR-350x (Südkorea) - Auslaufversuche



# Fahrzeugwiderstandsgleichungen ausgewählter Fahrzeuge und Züge



gemischter Güterzug

TGV Atlantique



beladener Güterzug



leerer Güterzug

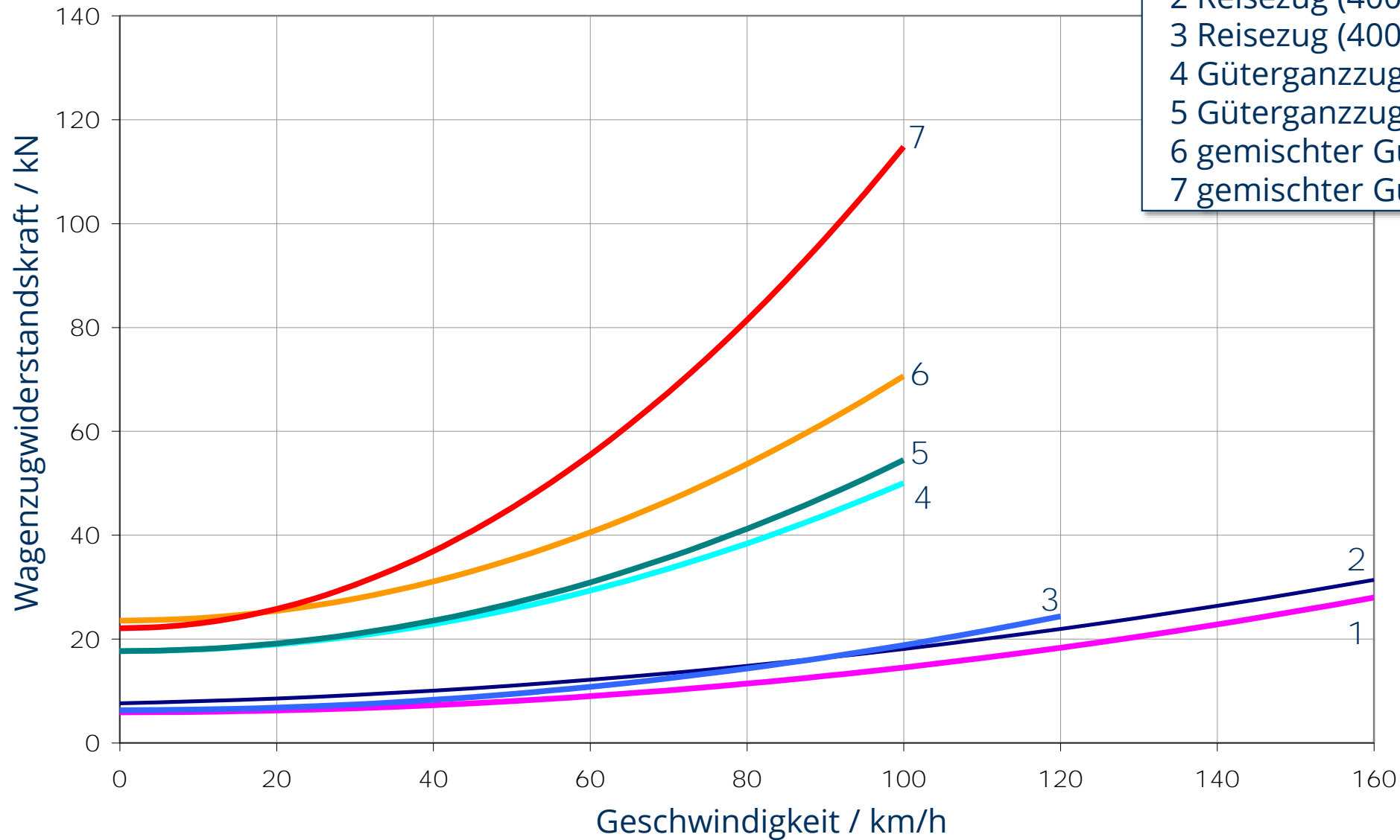


ICE 3M



BR 612

# Wagenzuwiderstandskräfte



- 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

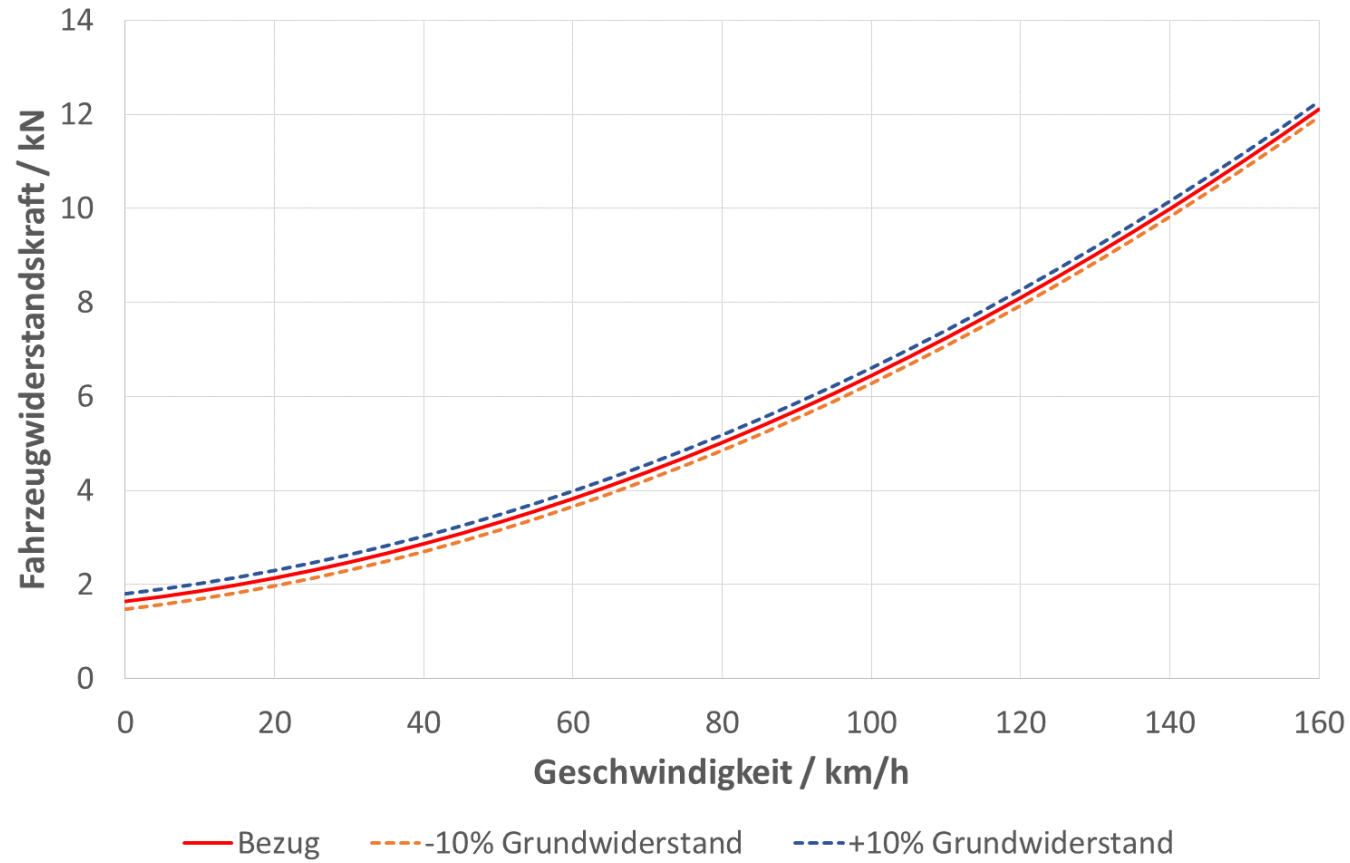
Größte Steigung:  
26,5 ‰

Größtes Gefälle:  
-20,0 ‰

Größte Geschwindigkeit:  
120 km/h

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

Referenz-Treibradarbeit:  
409,2 kWh



**±0,5 s (0,02%)**



**±2,8 kWh (0,70%)**

# Einfluss Luftwiderstand



2 x BR 612

## Dresden - Freiberg

Streckenlänge:  
40 km

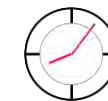
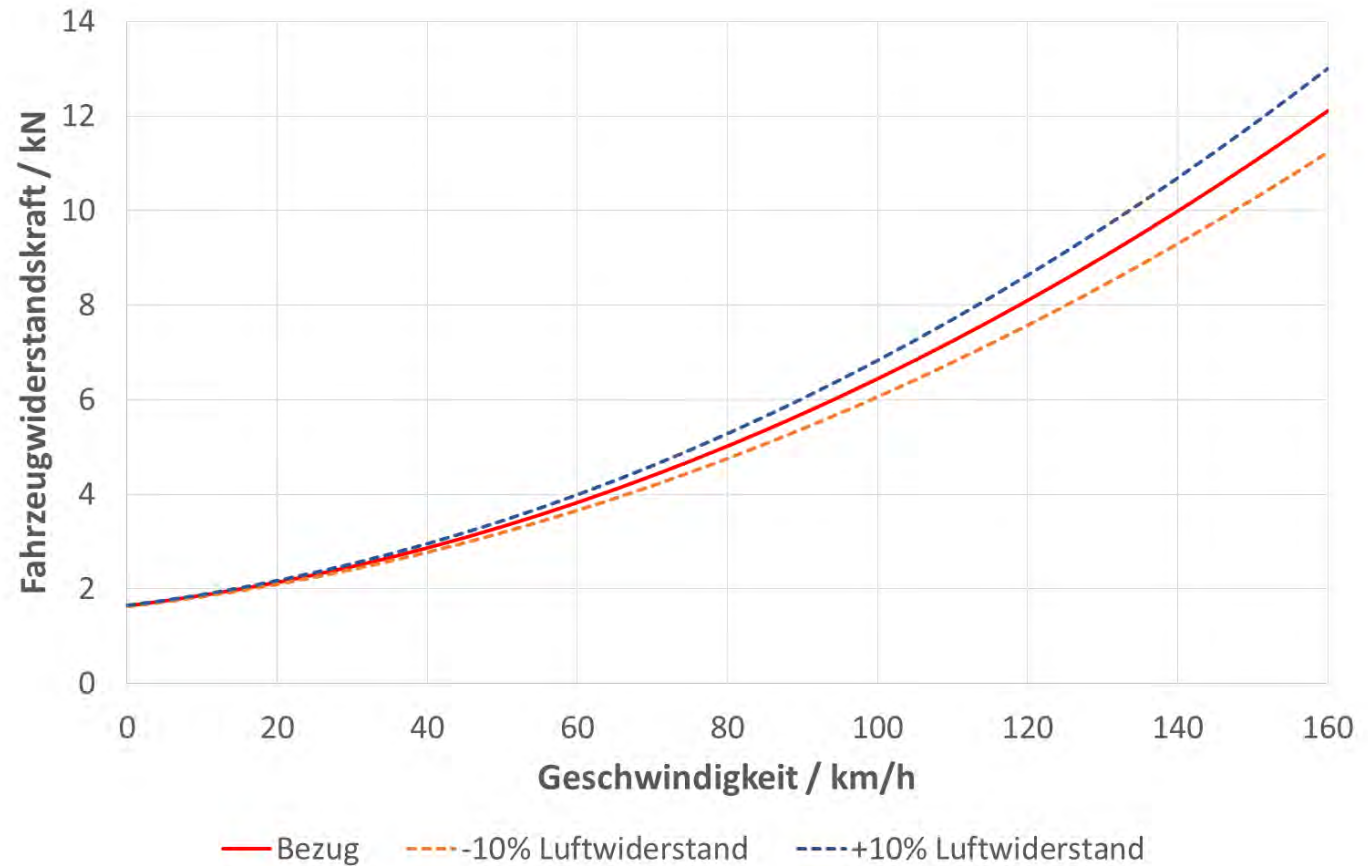
Größte Steigung:  
26,5 ‰

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

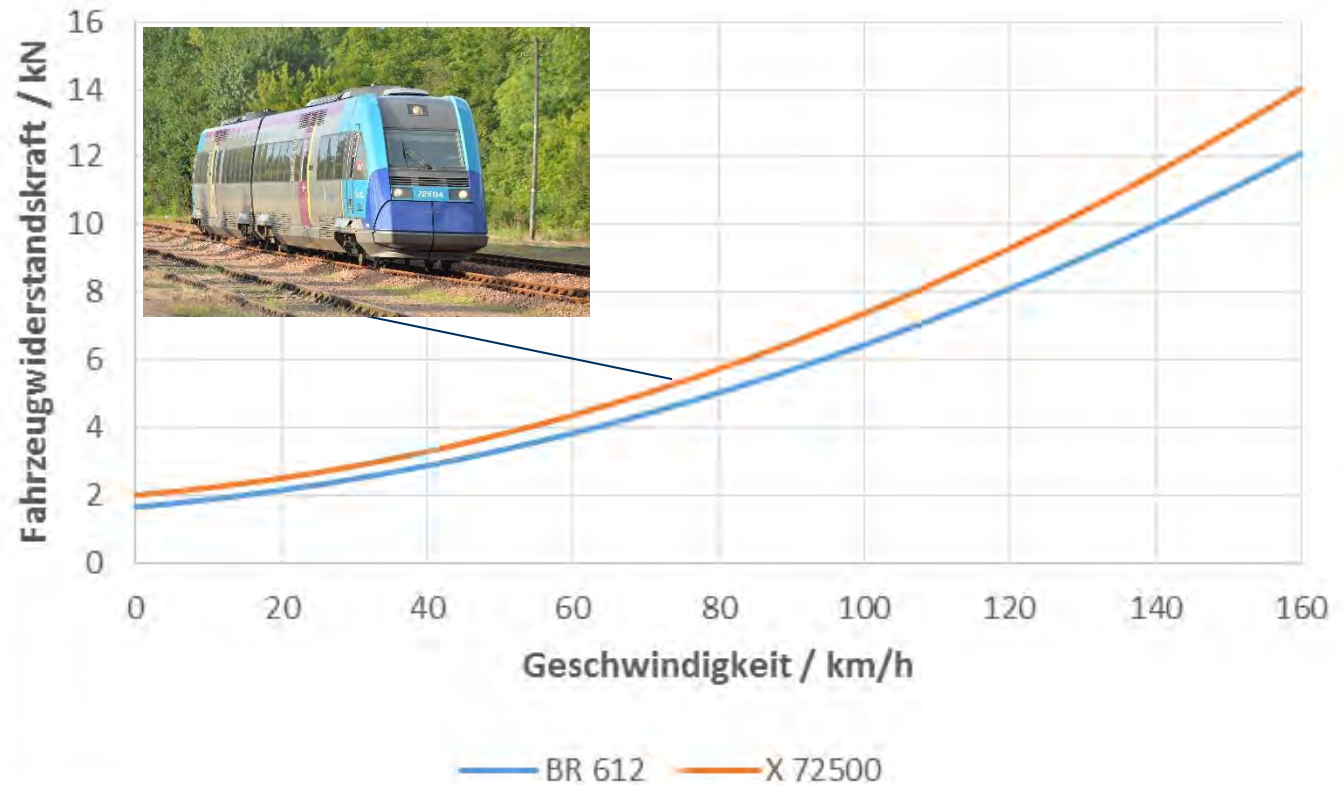
Größte Steigung:  
26,5 ‰

Größtes Gefälle:  
-20,0 ‰

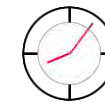
Größte Geschwindigkeit:  
120 km/h

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%)**