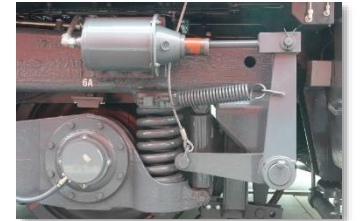
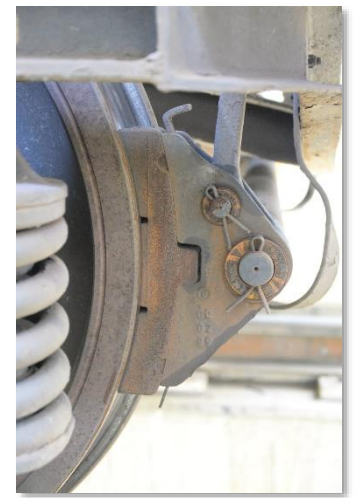


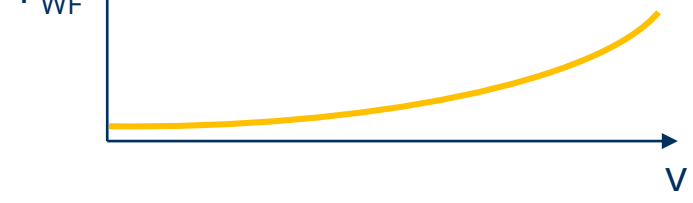
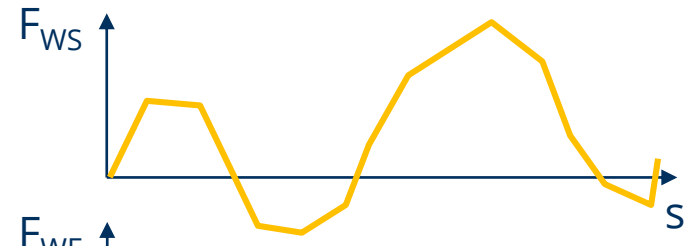
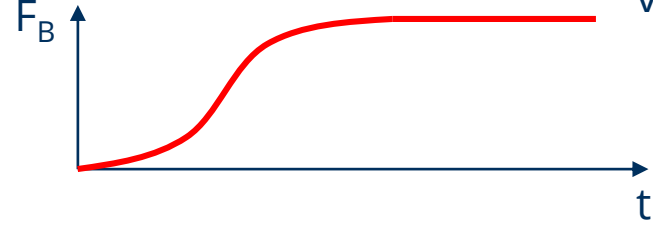
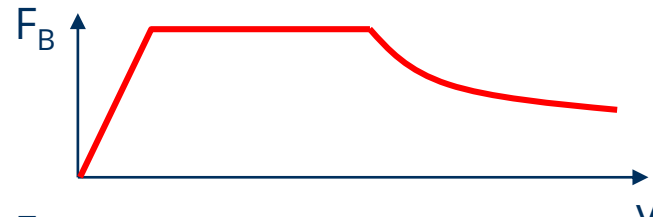
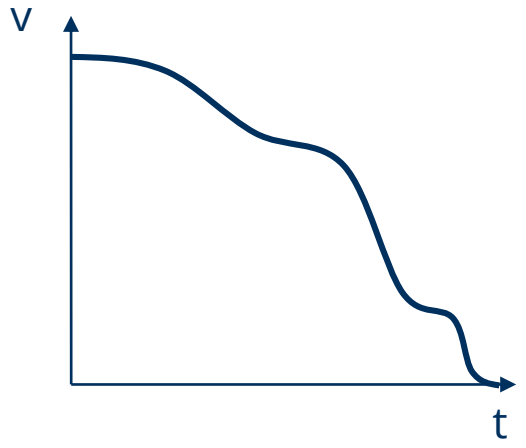
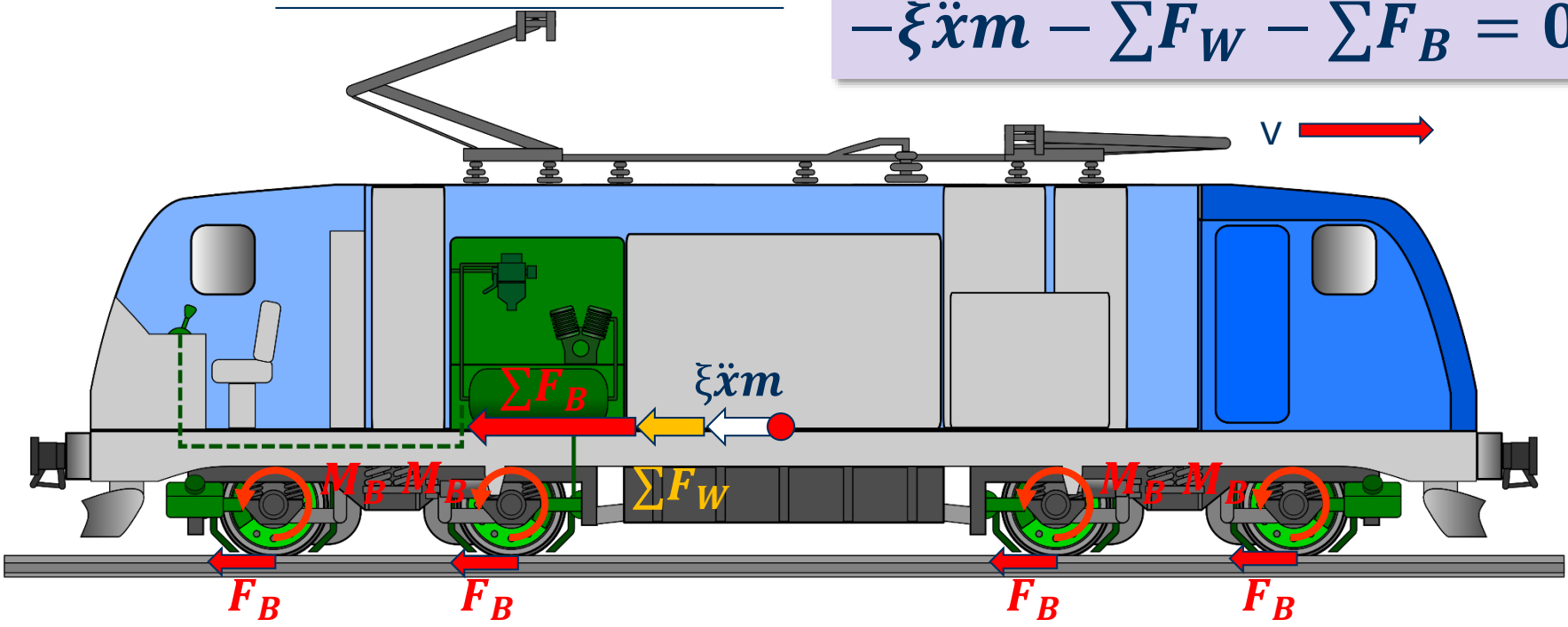
Vorlesungsinhalte

- Einführung
- Grundlagen der Schienenfahrzeugbremstechnik
- Einteilung und Klassifizierung von Eisenbahnbremsen
- **Fahrdynamik der Bremsung**
-
-
-
-
-
-

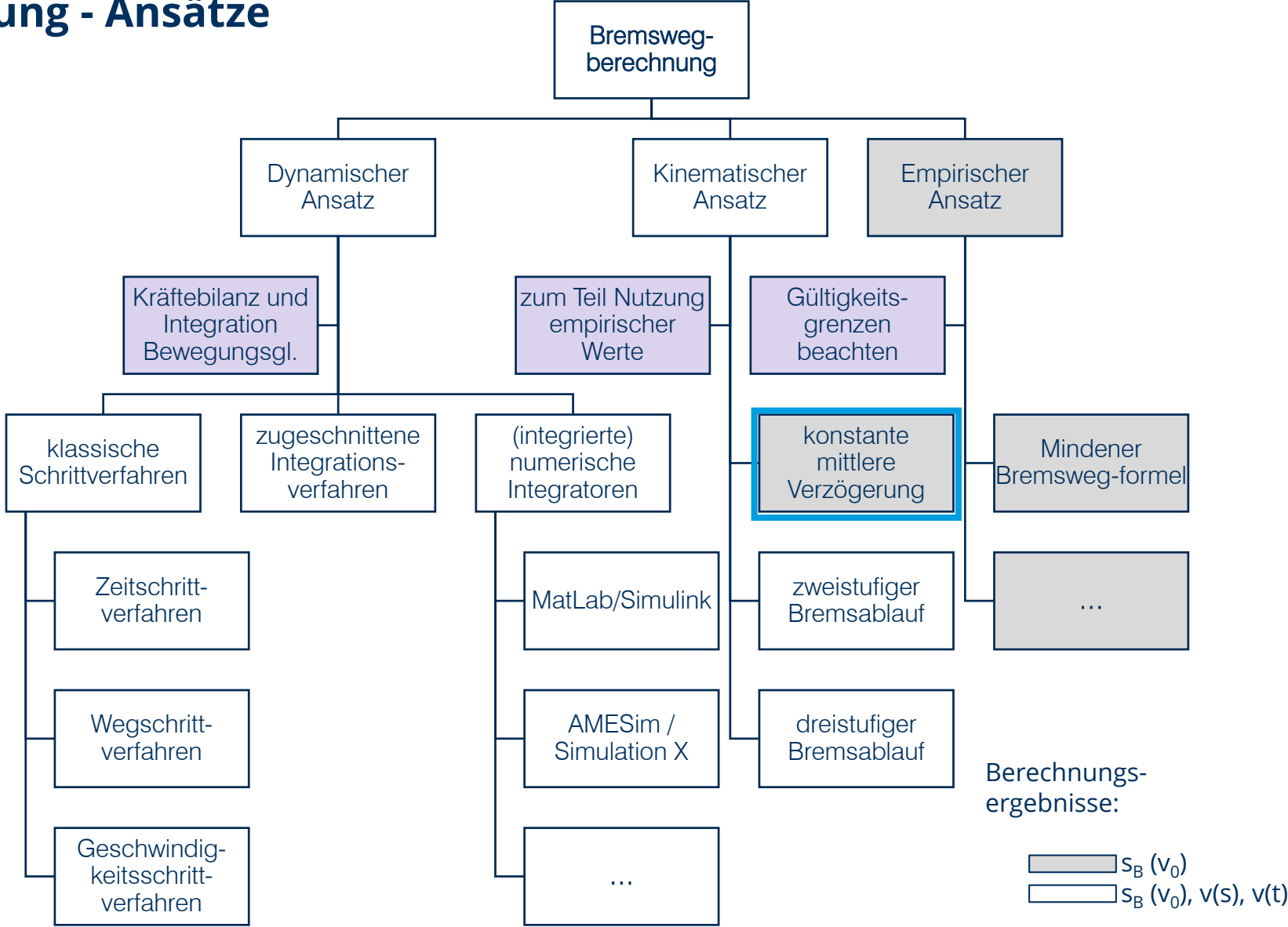


Fahrdynamik der Bremsung

$$-\xi \dot{x}m - \sum F_W - \sum F_B = 0$$



Bremswegberechnung - Ansätze



mittlere Verzögerungen



Güterzug

$$|a_{BB}| = 0,25 \dots 0,30 \text{ m/s}^2$$

$$|a_{SB}| = 0,40 \dots 0,50 \text{ m/s}^2$$



Fernverkehrszug

$$|a_{BB}| = 0,40 \dots 0,50 \text{ m/s}^2$$

$$|a_{SB}| = 0,60 \dots 1,00 \text{ m/s}^2$$



Nahverkehrszug

$$|a_{BB}| = 0,40 \dots 0,60 \text{ m/s}^2$$

$$|a_{SB}| = 0,60 \dots 1,00 \text{ m/s}^2$$



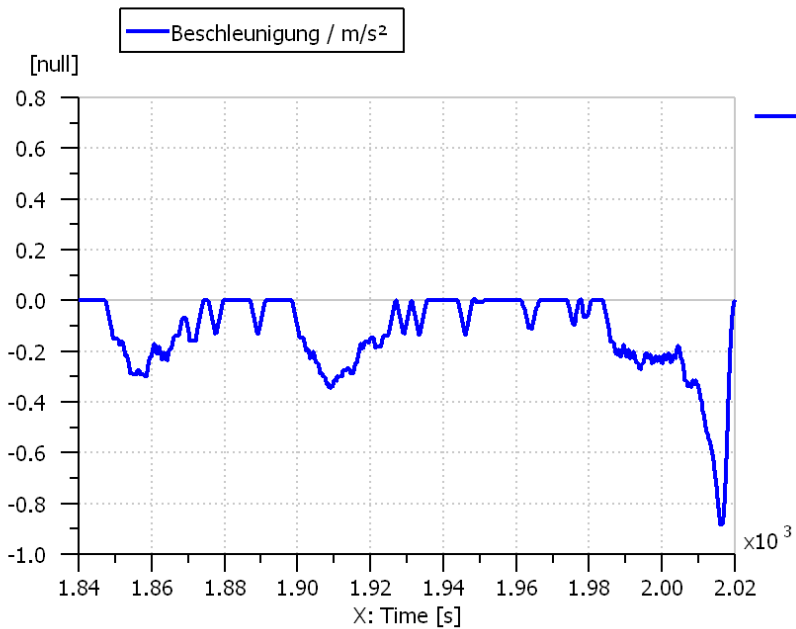
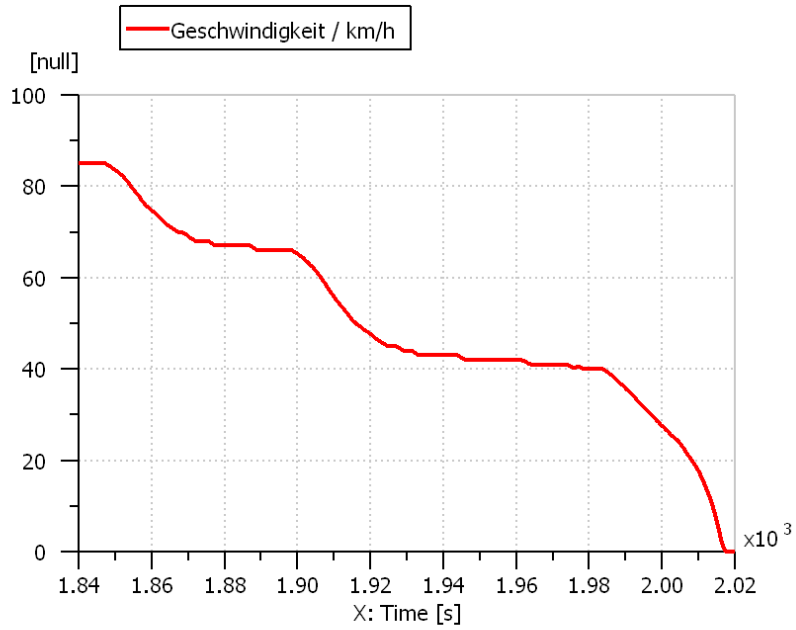
Straßen-/ Stadt- / U-Bahn

$$|a_{BB}| = 0,80 \dots 1,00 \text{ m/s}^2$$

$$|a_{BB}| = 0,71 \dots 2,73 \text{ m/s}^2$$

a_{BB} = mittlere Betriebsbremsbeschleunigung

a_{SB} = mittlere Schnellbremsbeschleunigung



Betriebsbremsung eines Güterzuges

$$v_0 = 23,6 \text{ m/s}$$

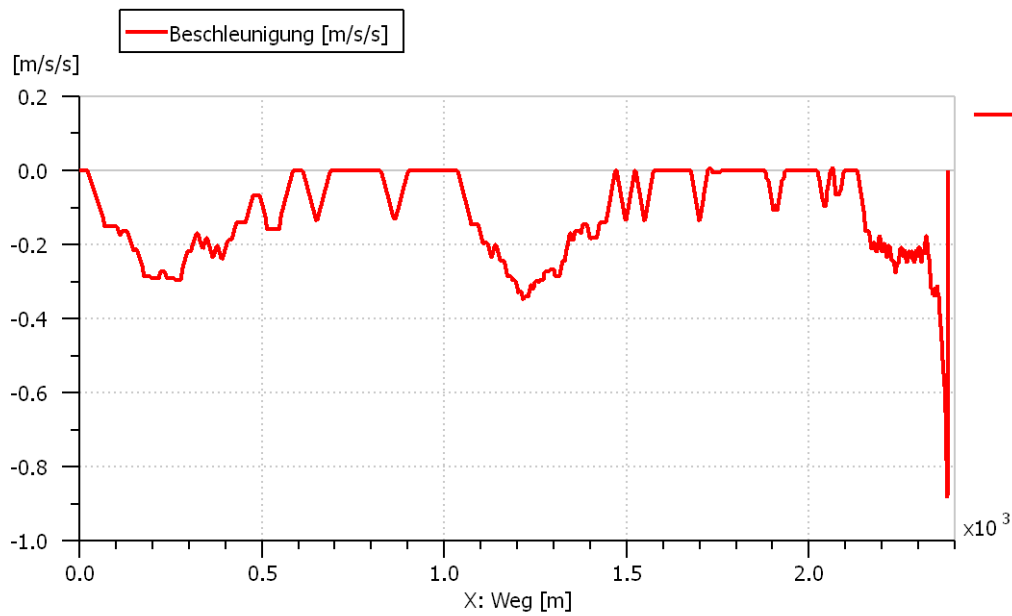
$$= 85 \text{ km/h}$$

$$s_B = 2381,3 \text{ m}$$

$$t_B = 172,6 \text{ s}$$

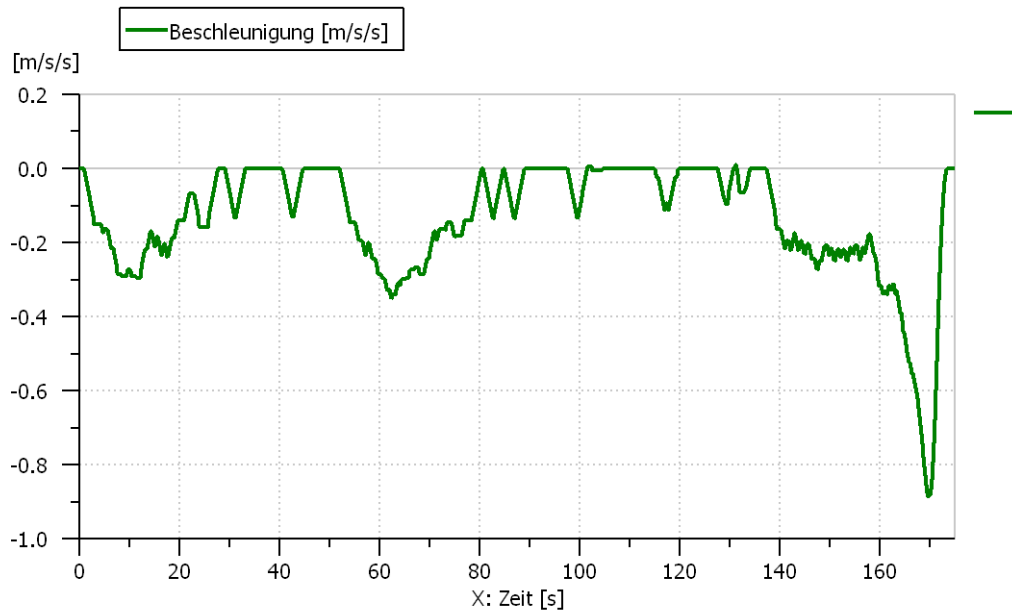


mittlere Beschleunigung?



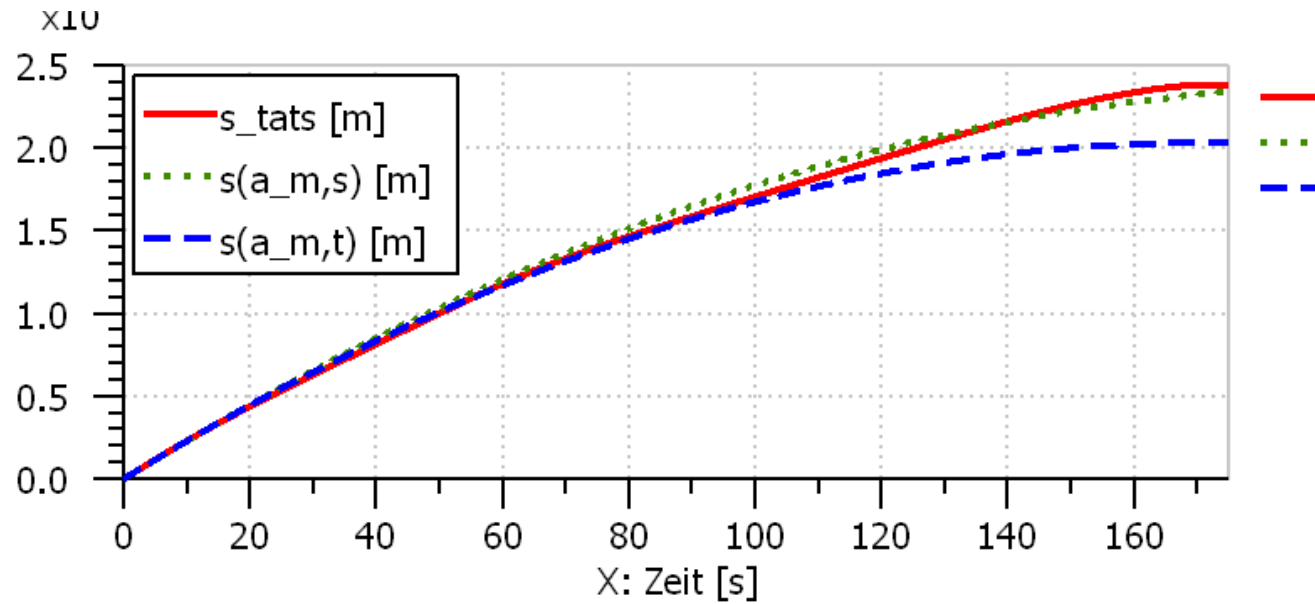
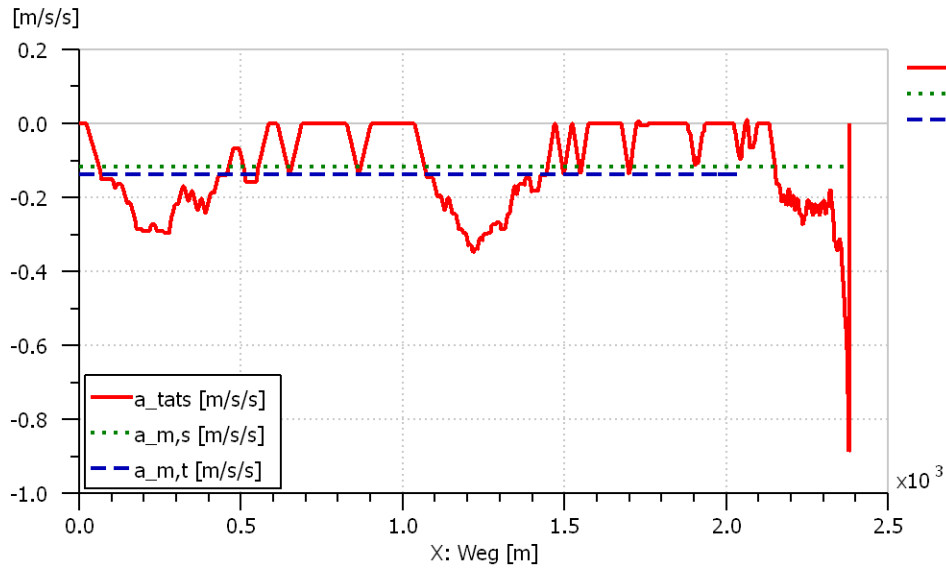
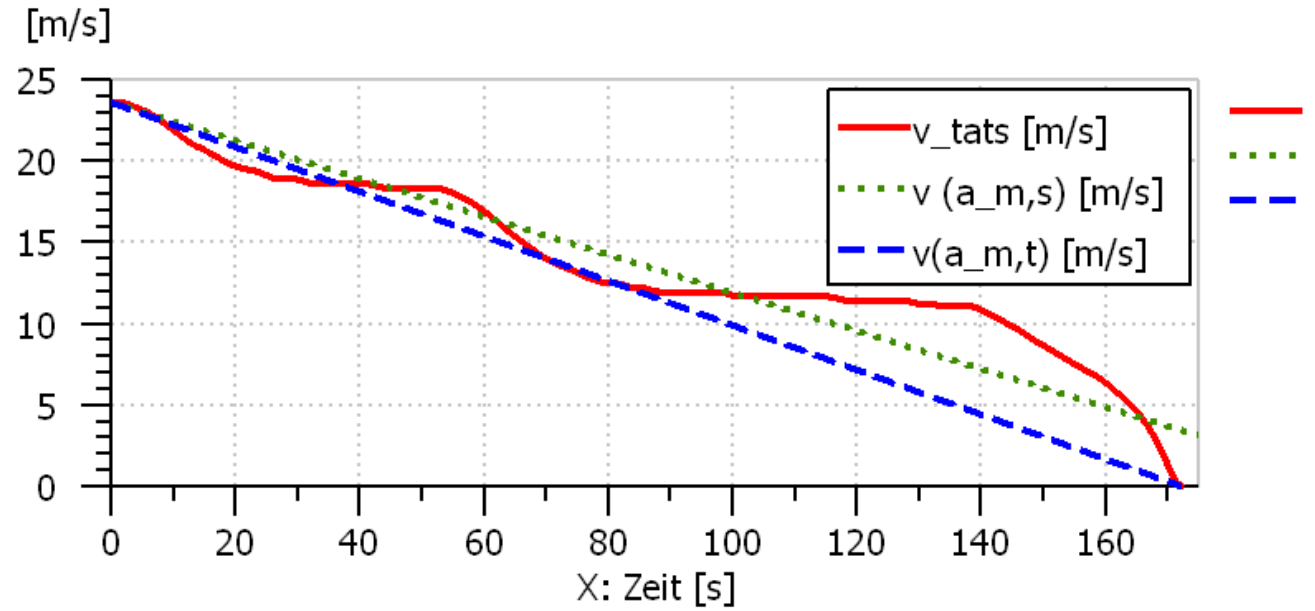
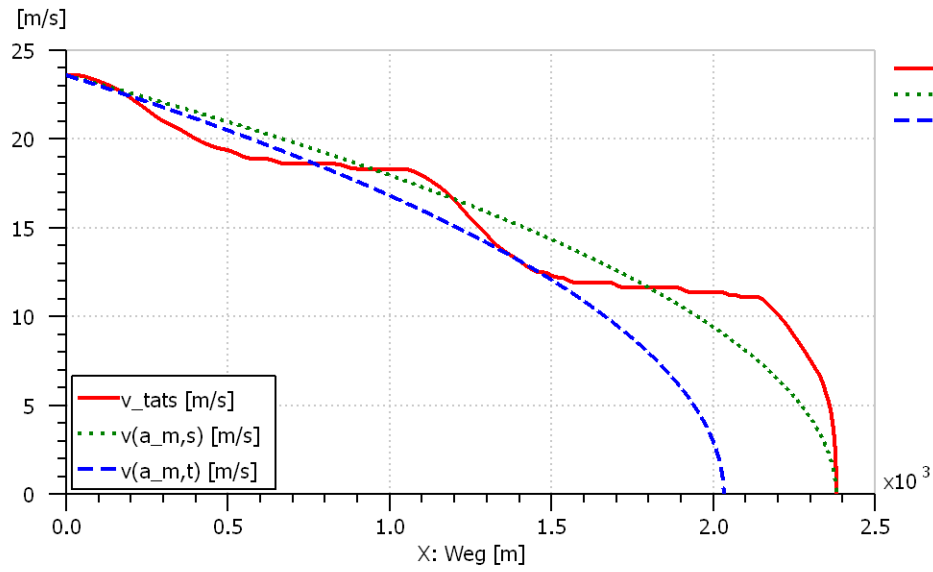
mittlere Beschleunigung
(über dem Weg):

$$a_{m,s} = \frac{v_0^2}{2s_B} = \frac{23,6^2 \text{ m}^2/\text{s}^2}{2 \cdot 2381,3 \text{ m}} = 0,117 \text{ m/s}^2$$

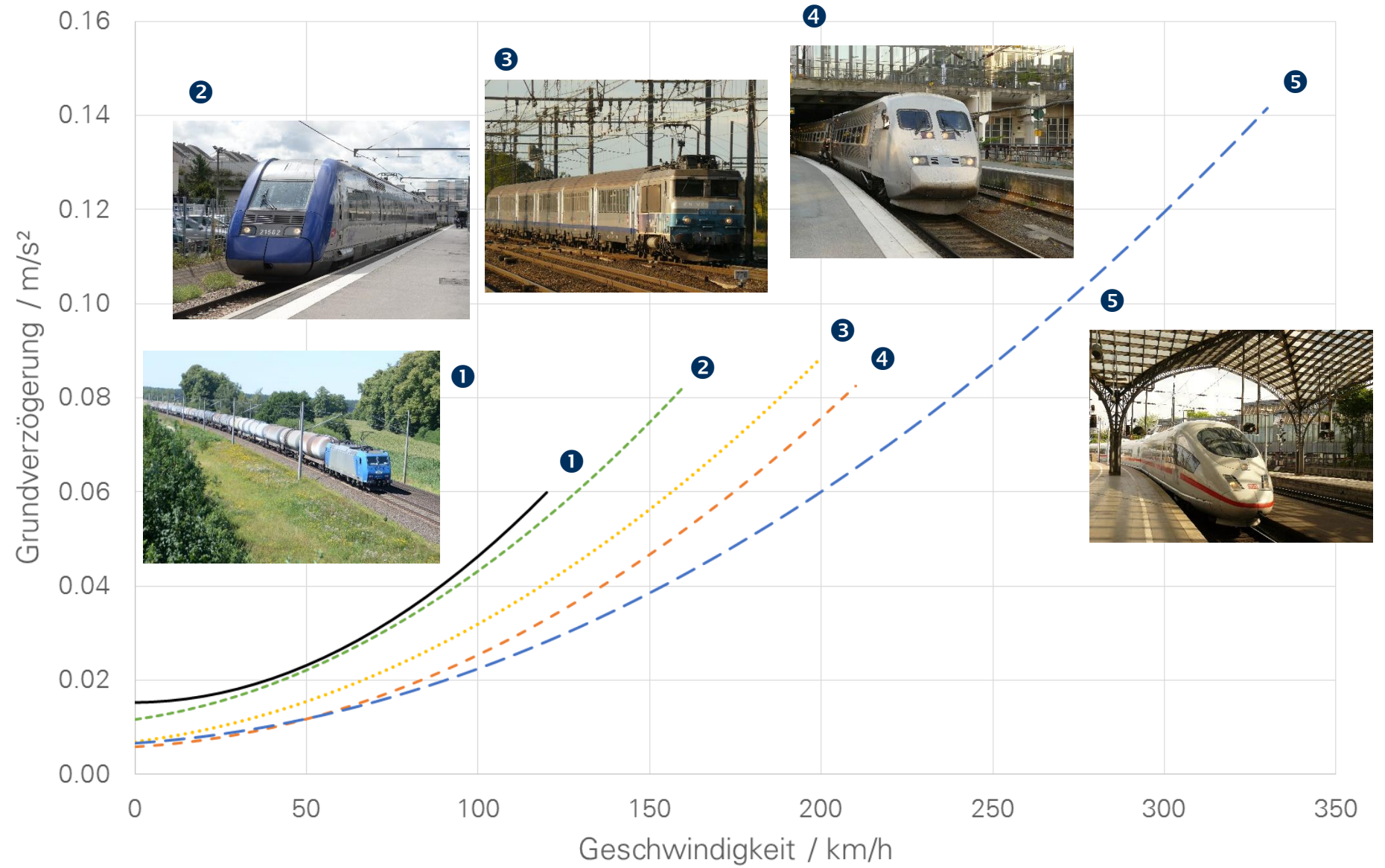


mittlere Beschleunigung
(über der Zeit):

$$a_{m,t} = \frac{v_0}{t_B} = \frac{23,6 \text{ m/s}}{172,6 \text{ s}} = 0,137 \text{ m/s}^2$$



Grundverzögerung





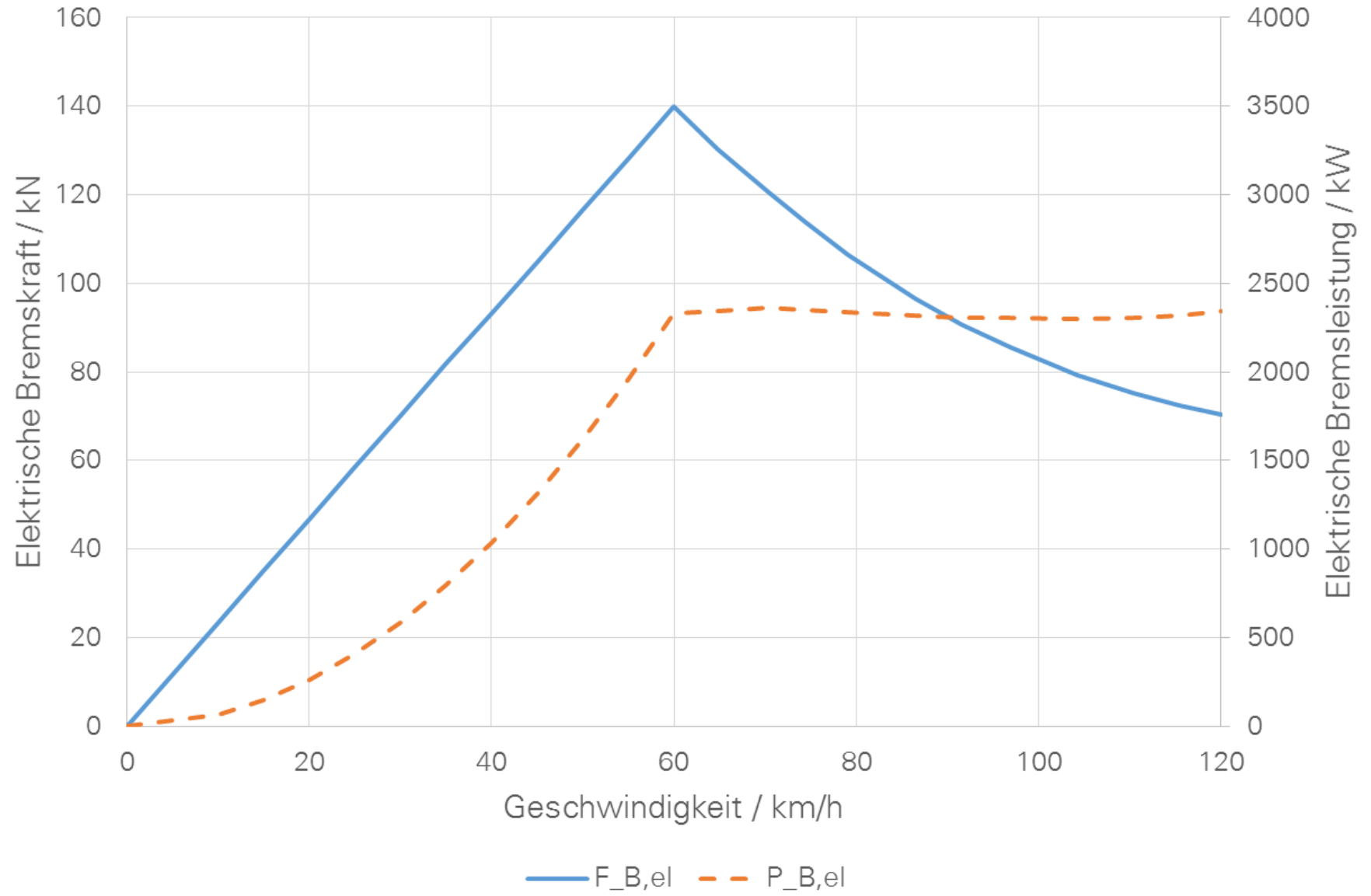
Elektrische Bremsen (Altbau – Lokomotiven)



Elektrodynamische (Widerstands-)Bremse, Beispiel 1



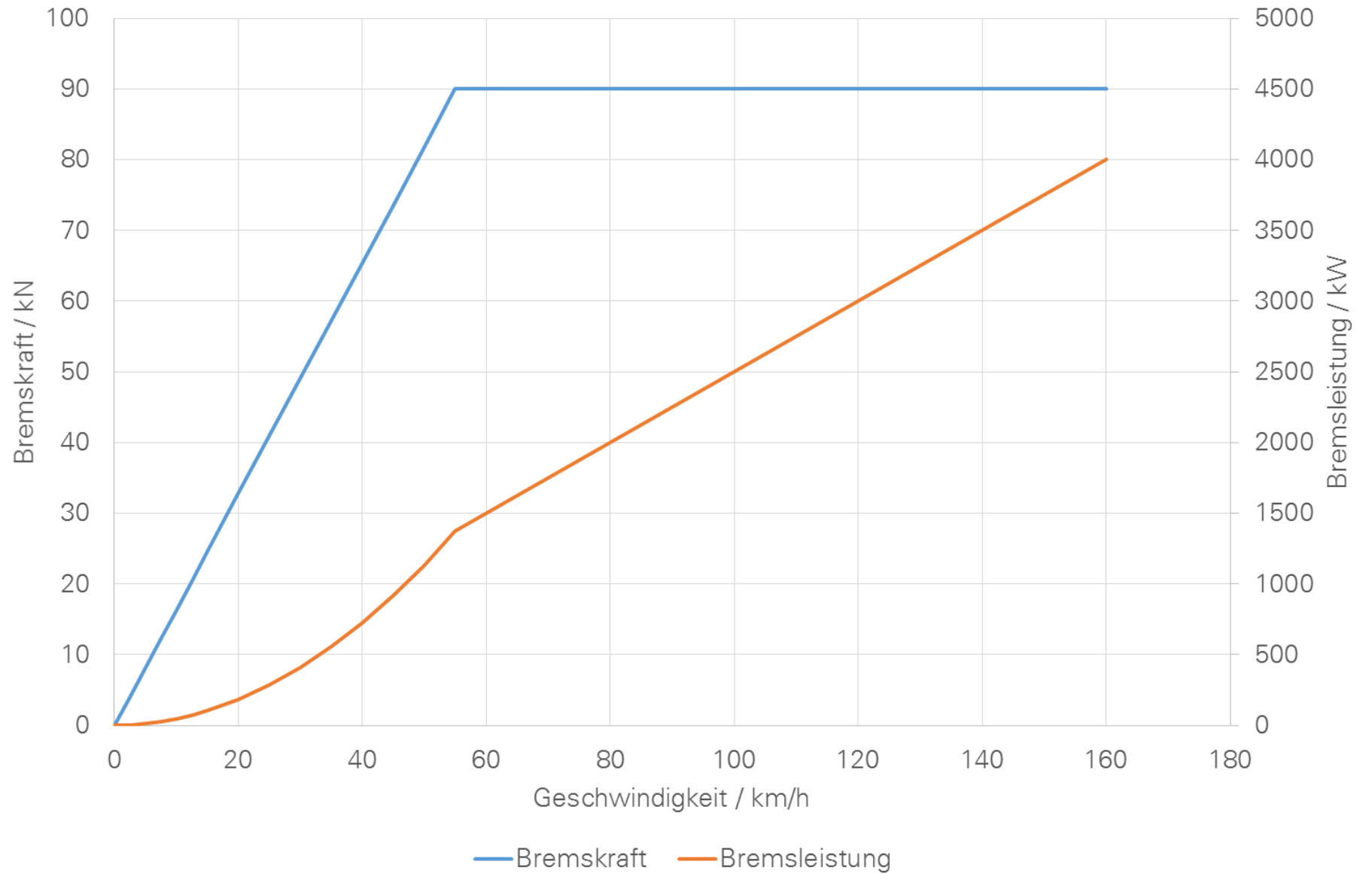
BR 143

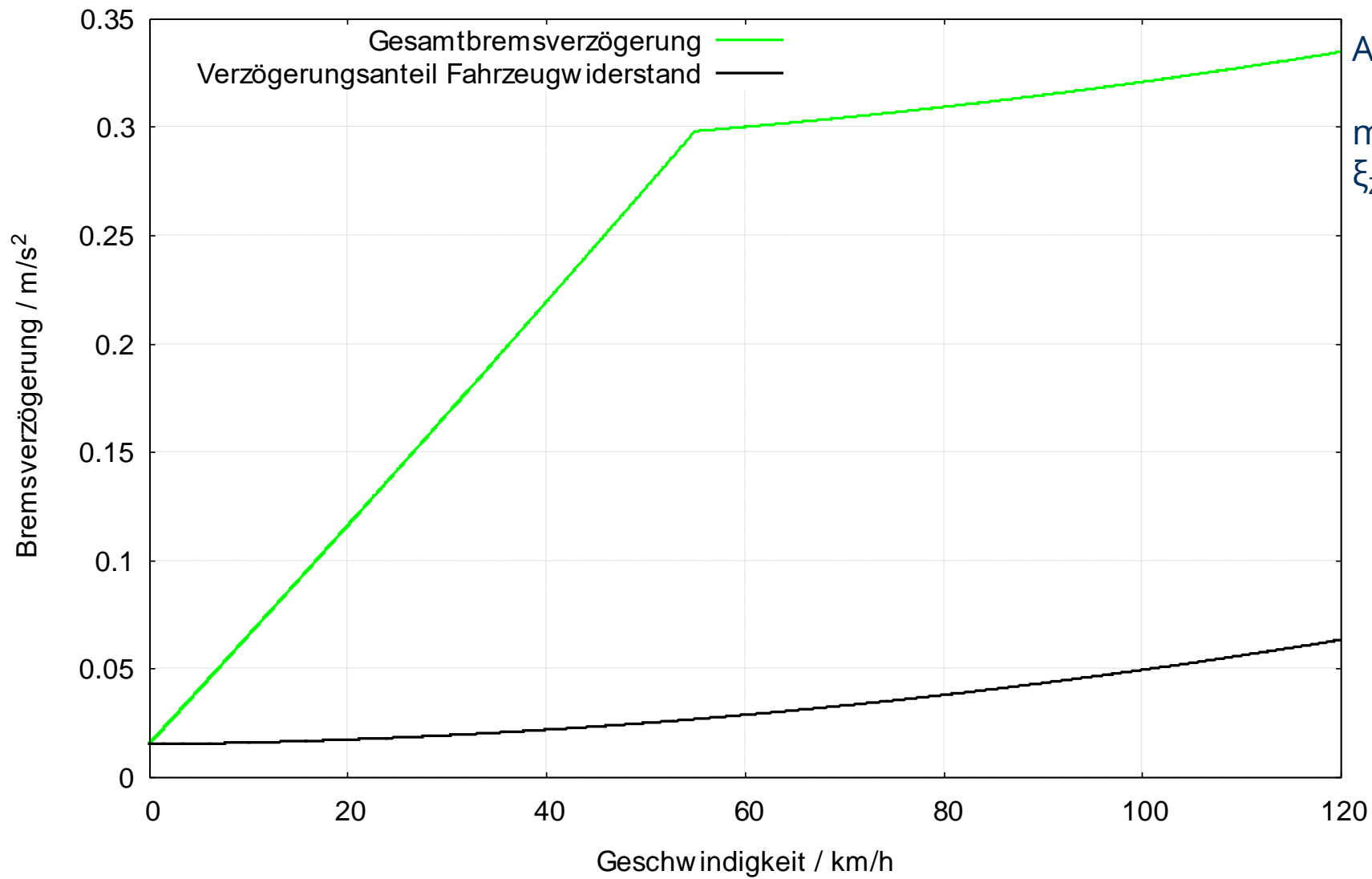


Elektrodynamische (Widerstands-)Bremse, Beispiel 2



BR 111





Annahmen:

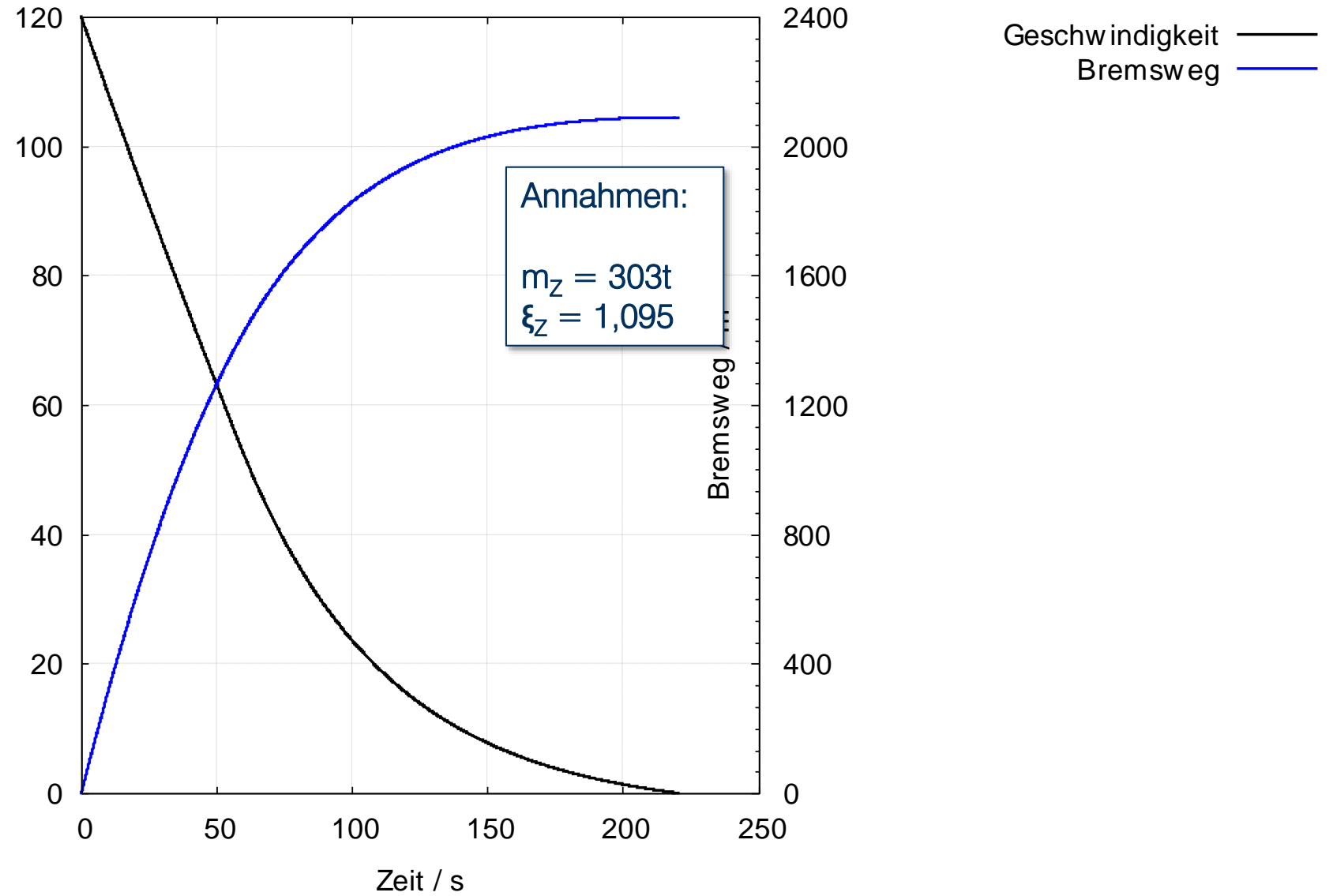
$m_z = 303t$

$\xi_z = 1,095$

Elektrodynamische (Widerstands-)Bremse, Beispiel 2



BR 111 + Reisezug





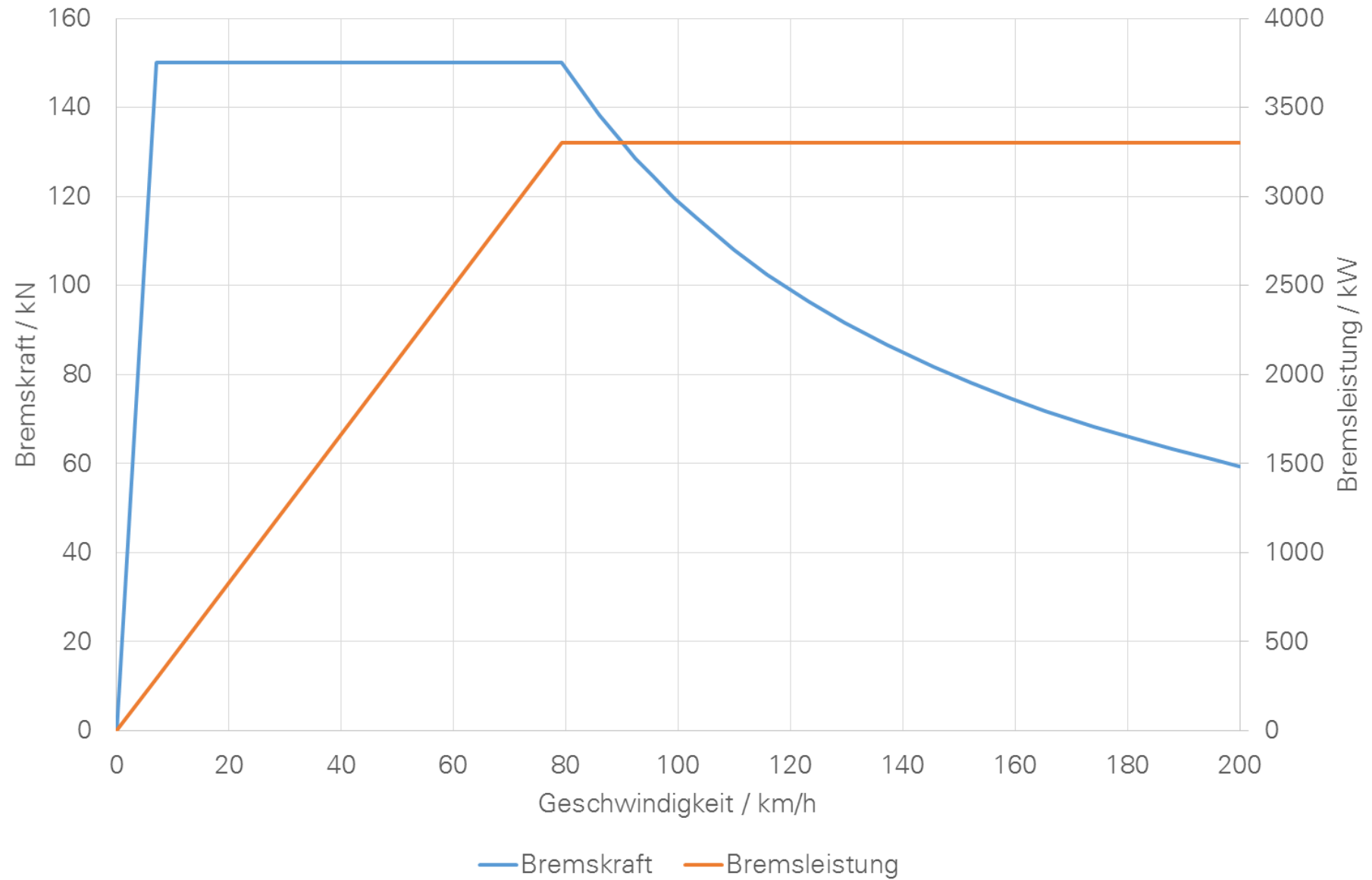
Elektrische Bremsen (Drehstromantriebstechnik)



Elektrodynamische Bremse, Drehstromantrieb, Beispiel 1



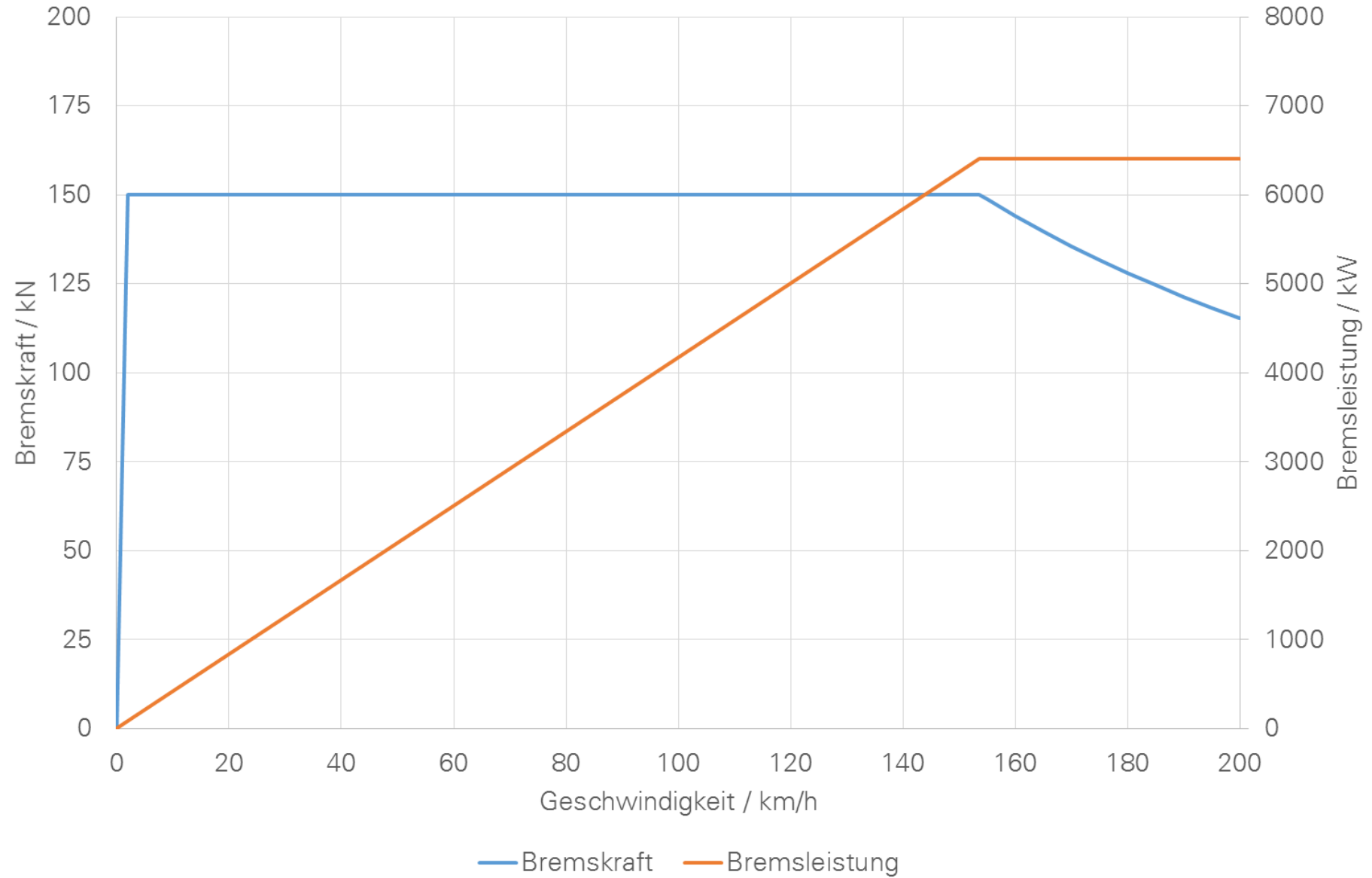
BR 120



Elektrodynamische Bremse, Drehstromantrieb, Beispiel 2



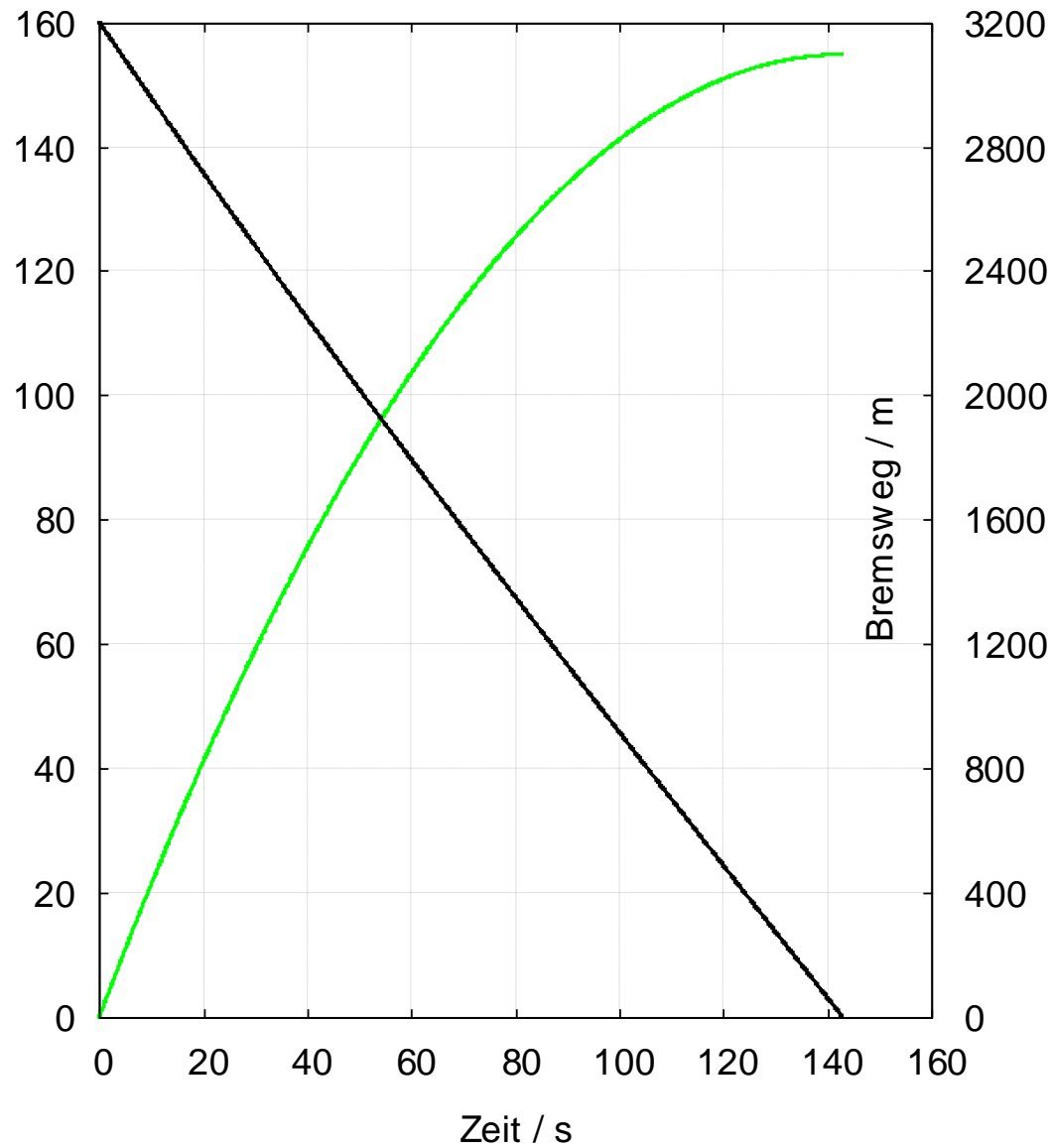
BR 193 (Siemens Vectron)



Elektrodynamische Bremse, Drehstromantrieb, Beispiel 2



BR 193 + Zug



Bremsweg —
Geschwindigkeit —

Annahmen:

$m_z = 487t$
 $\xi_z = 1,08$

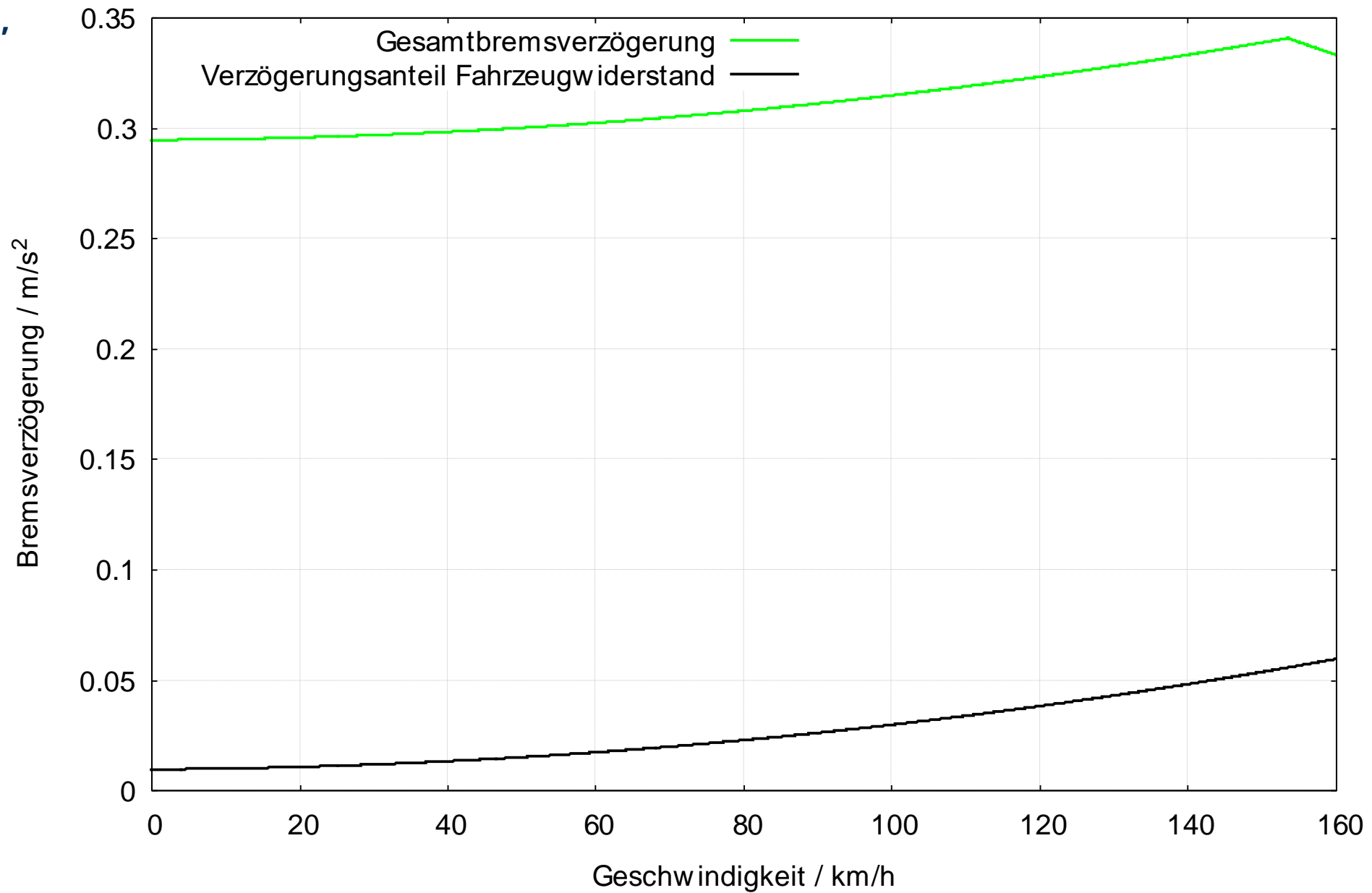
Elektrodynamische Bremse, Drehstromantrieb, Beispiel 2



BR 193 + Zug

Annahmen:

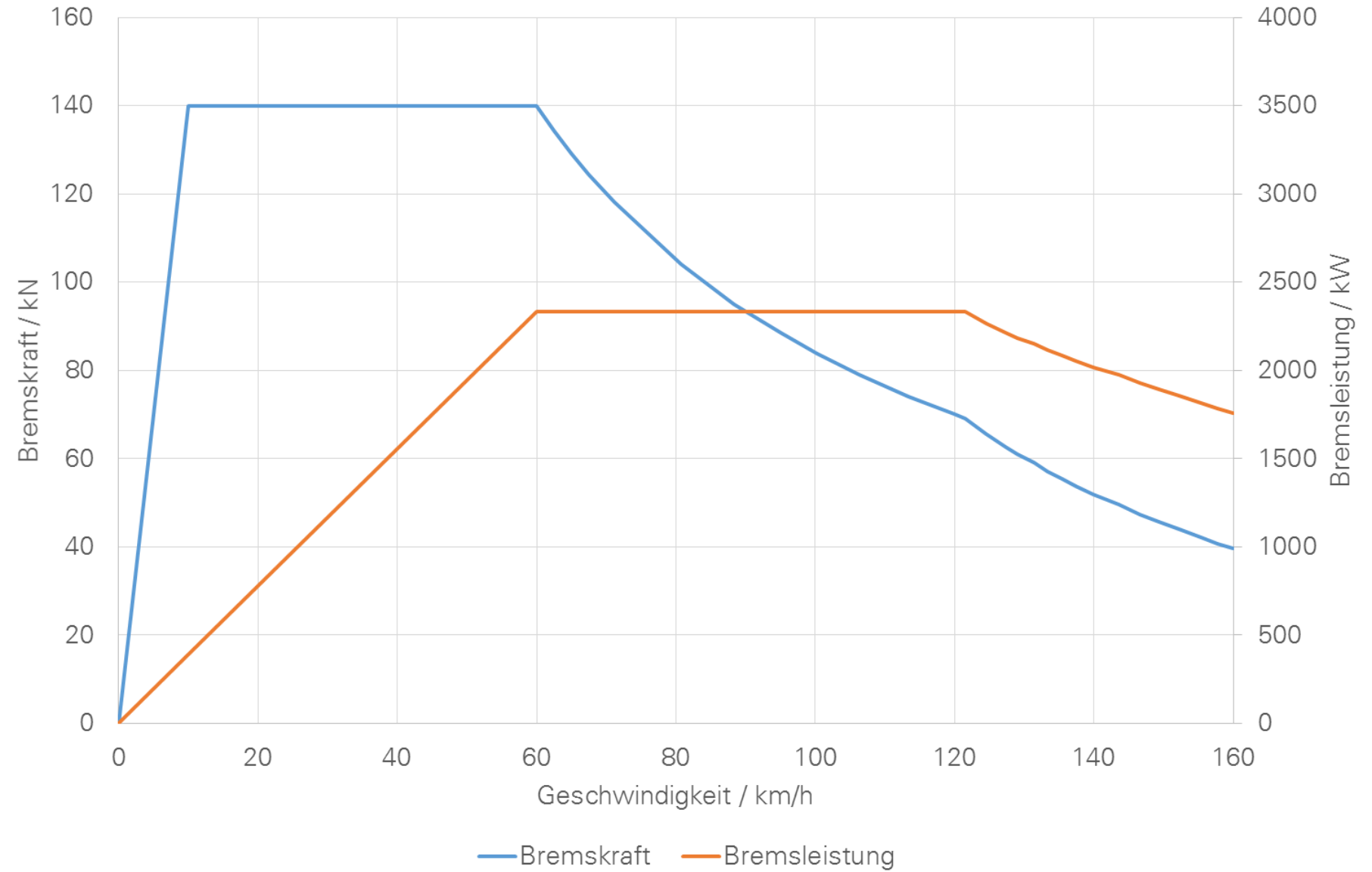
$m_z = 487t$
 $\xi_z = 1,08$



Elektrodynamische Bremsen von Triebzügen, Beispiel 1



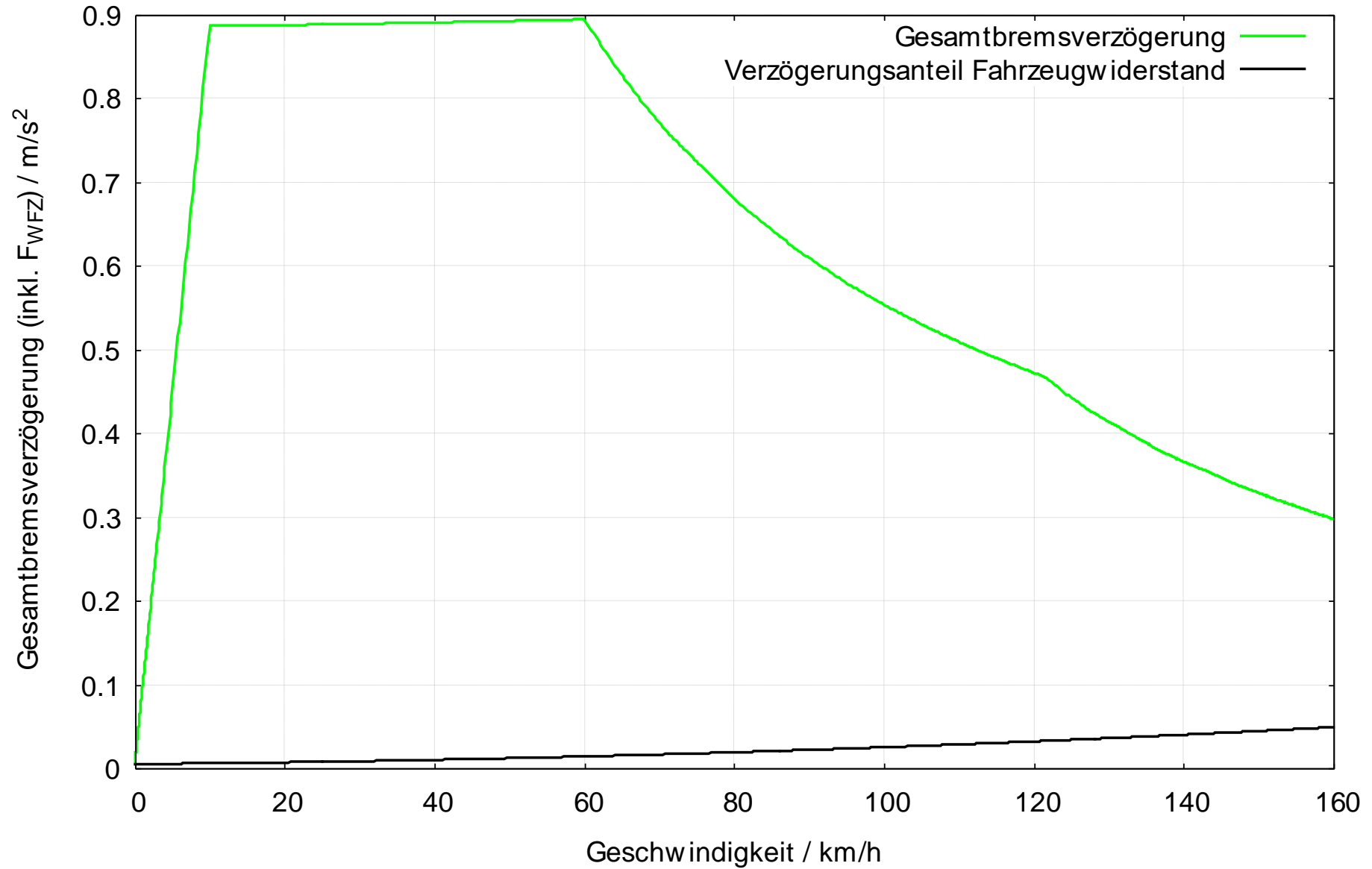
BR 424/425



Bremsverzögerung elektrodynamischer Bremsen von Triebzügen, Beispiel 1



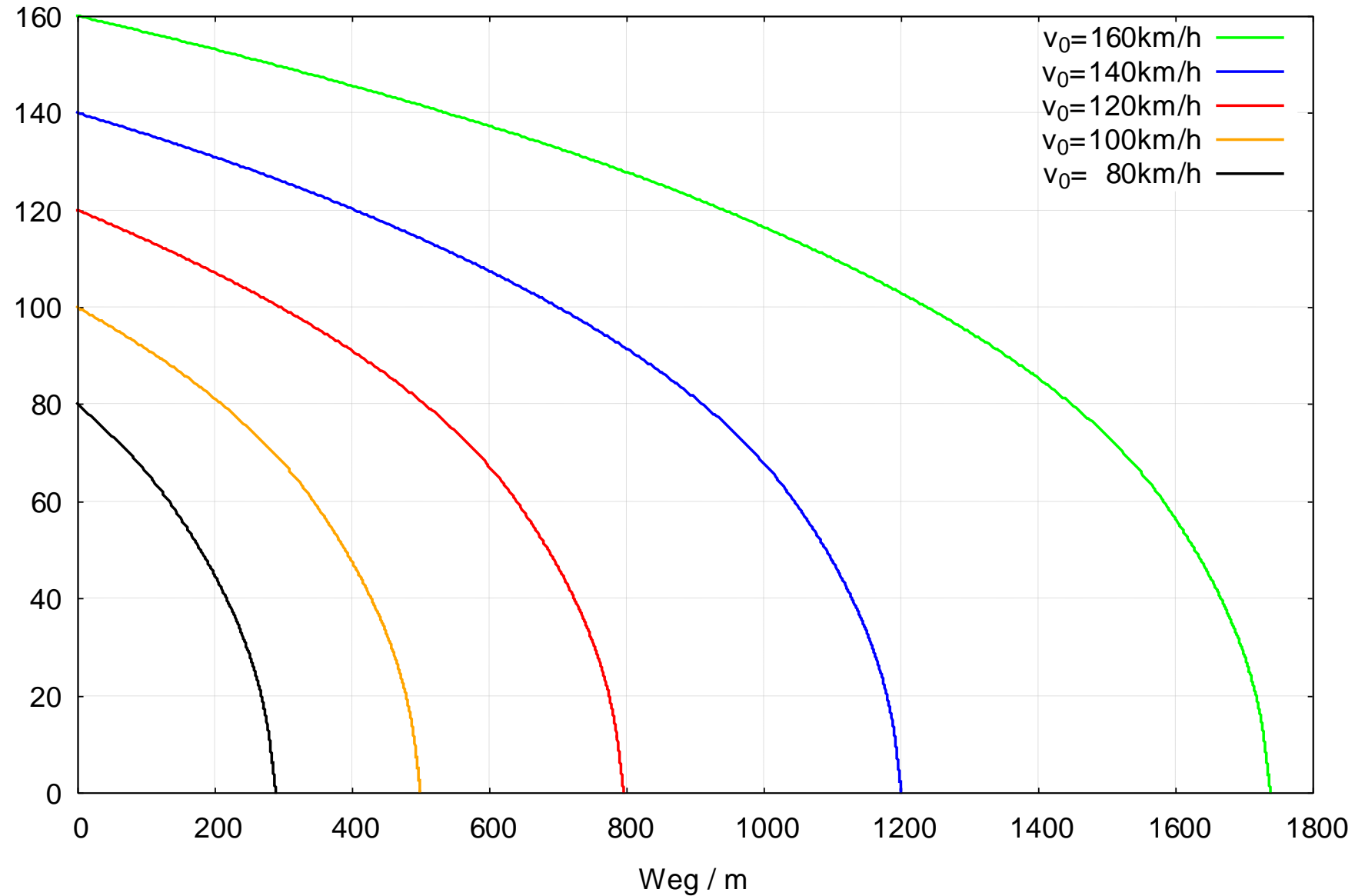
BR 424/425



Bremswege bei ausschließlicher Nutzung der elektrodynamischen Bremsen von Triebzügen, Beispiel 1



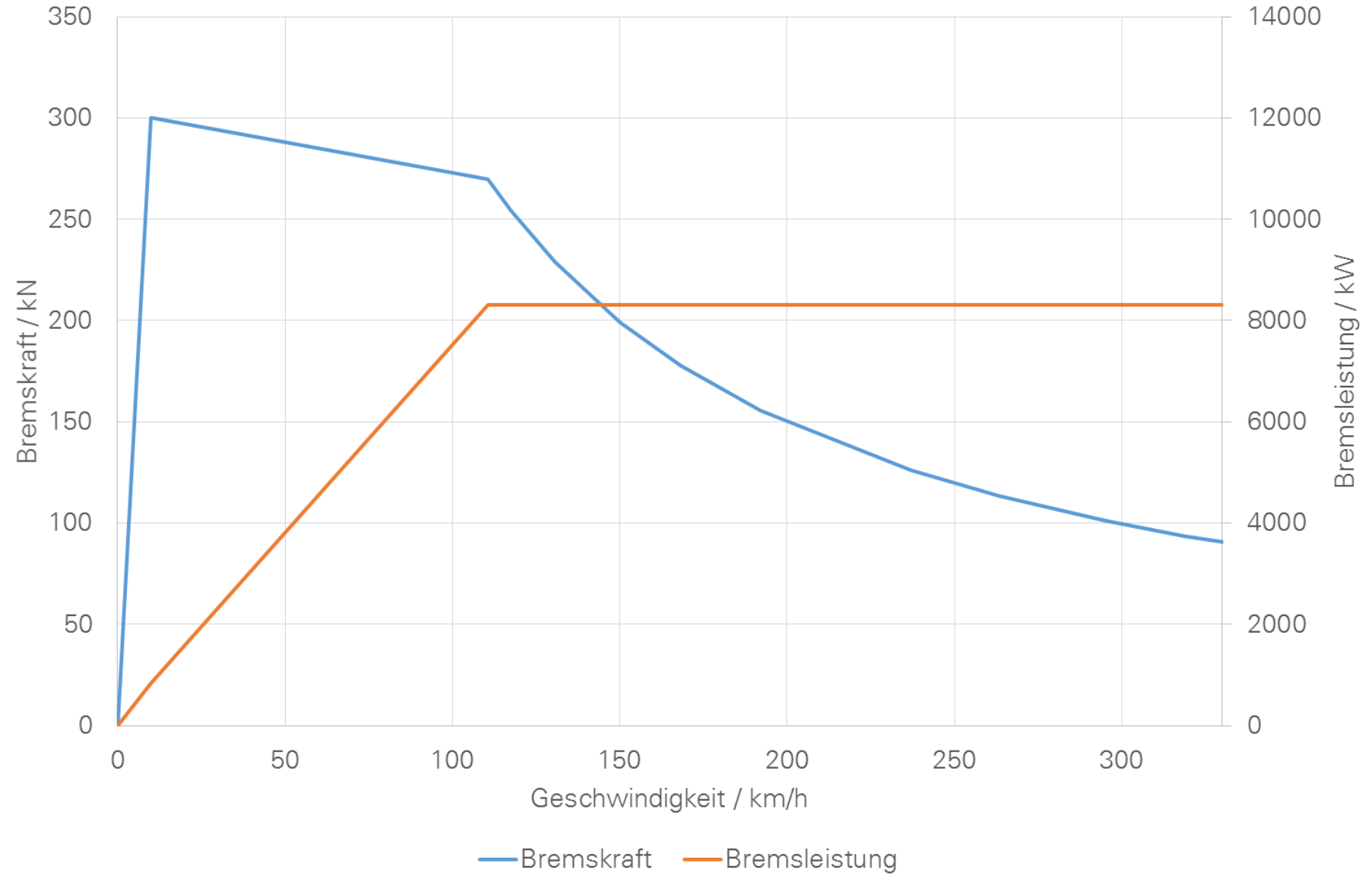
BR 424/425



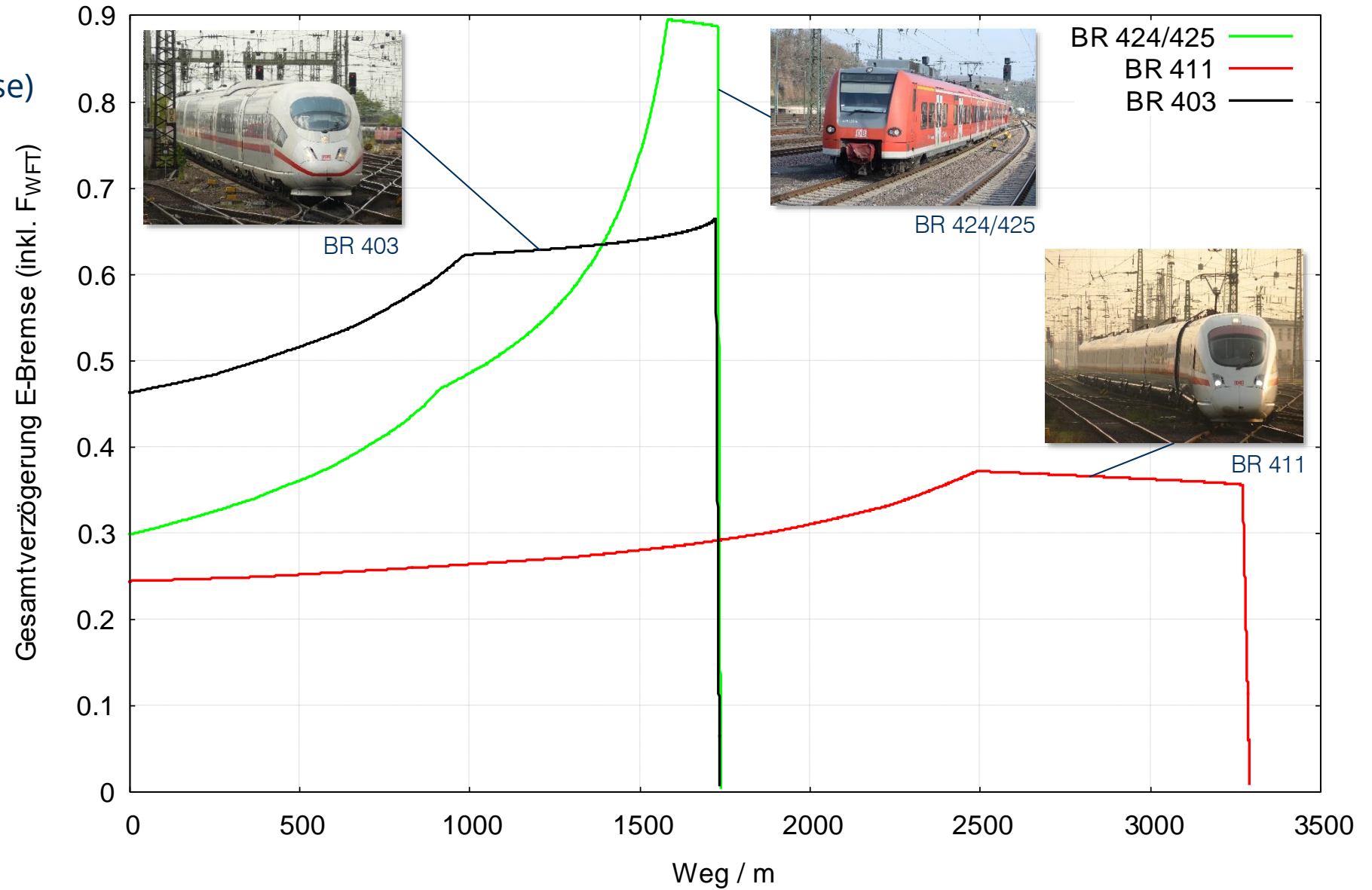
Elektrodynamische Bremsen von Triebzügen, Beispiel 3



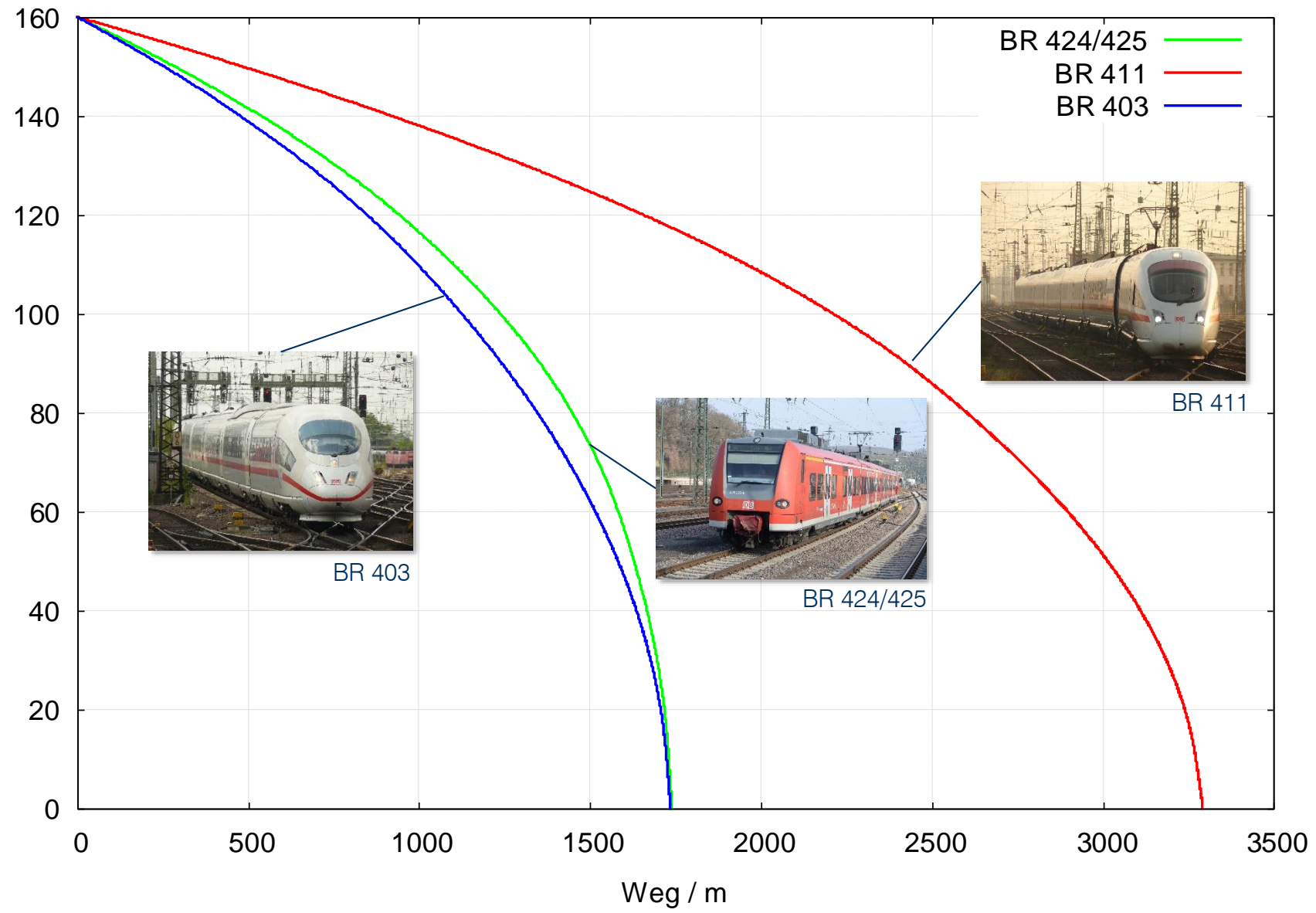
ICE 3



Elektrodynamische Bremse bei Triebzügen – Bremsverzögerungen (ED-Bremse)



Elektrodynamische Bremse bei Triebzügen – Bremswege aus 160 km/h

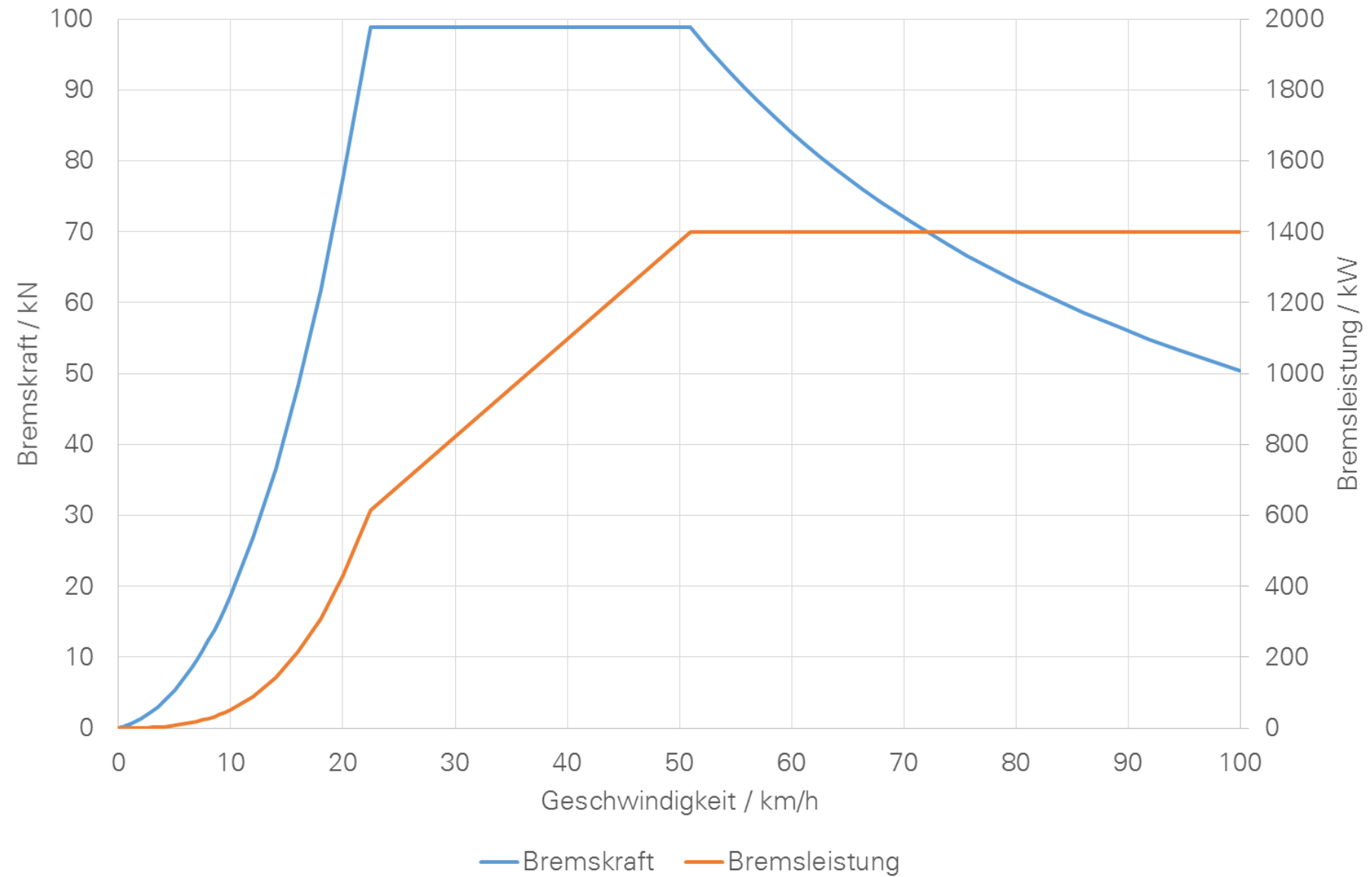




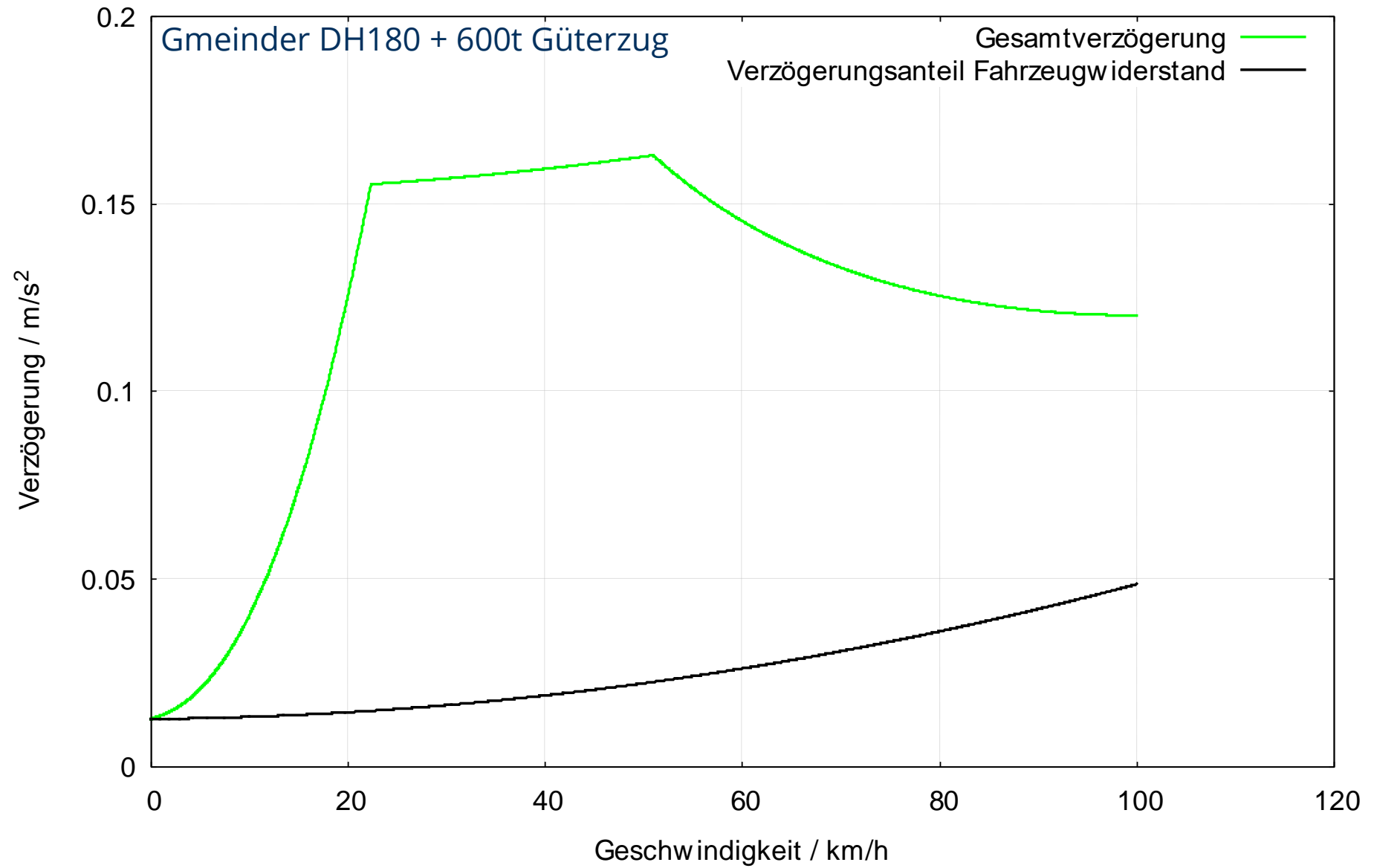
Hydrodynamische Bremsen



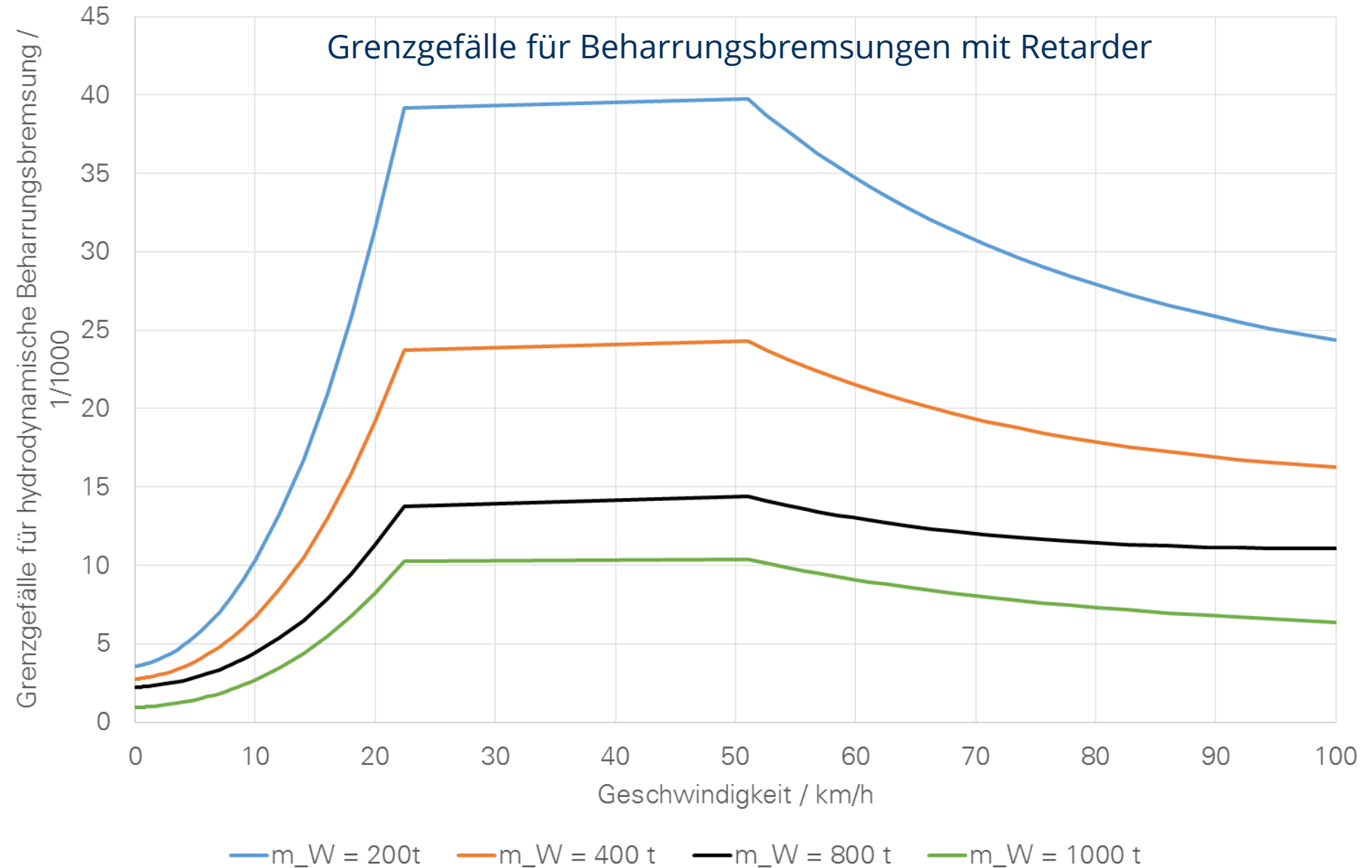
Hydrodynamische Bremsen, Beispiel 1



Hydrodynamische Bremsen, Beispiel 1



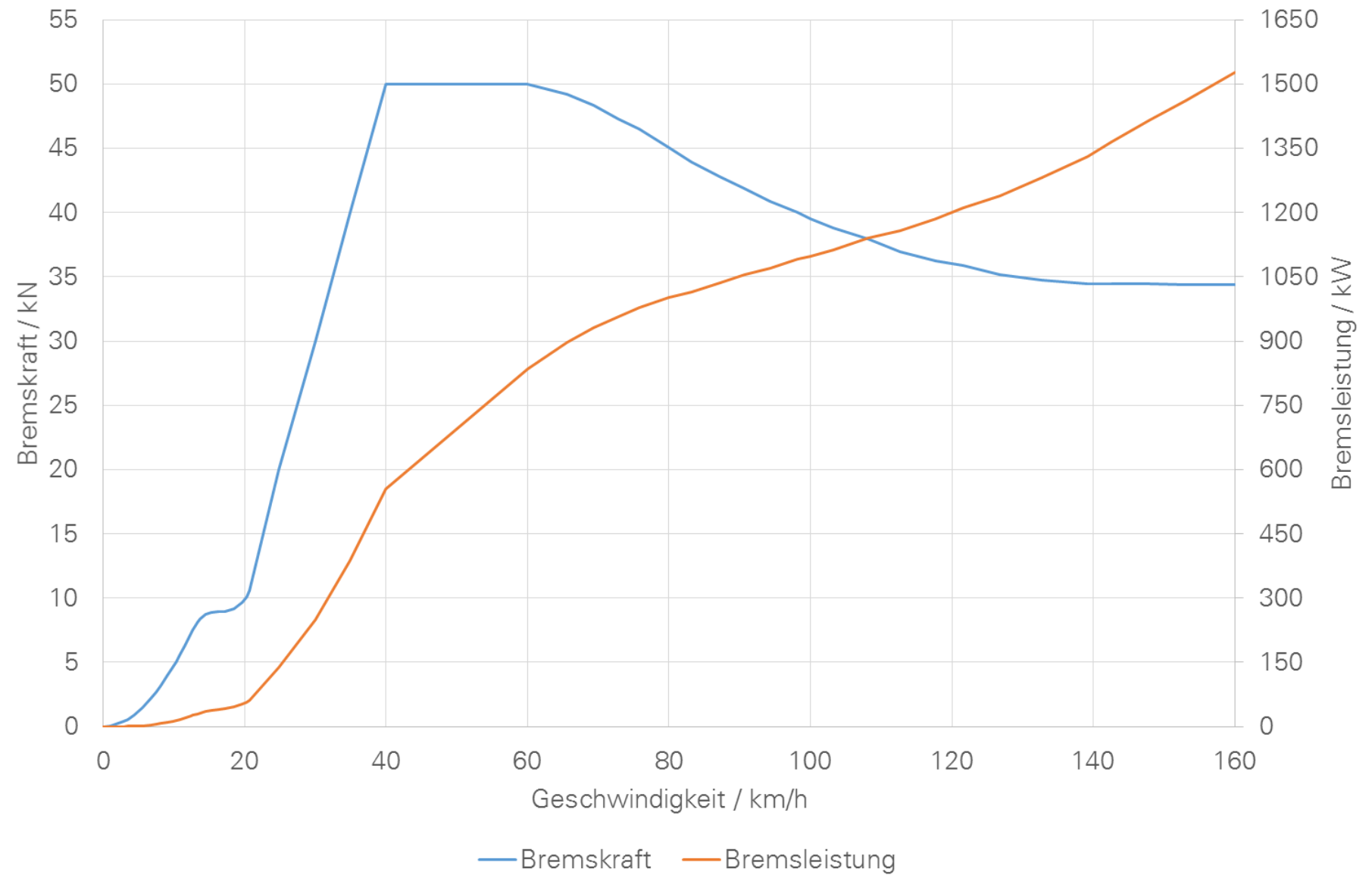
Hydrodynamische Bremsen, Beispiel 1



Hydrodynamische Bremsen, Beispiel 2



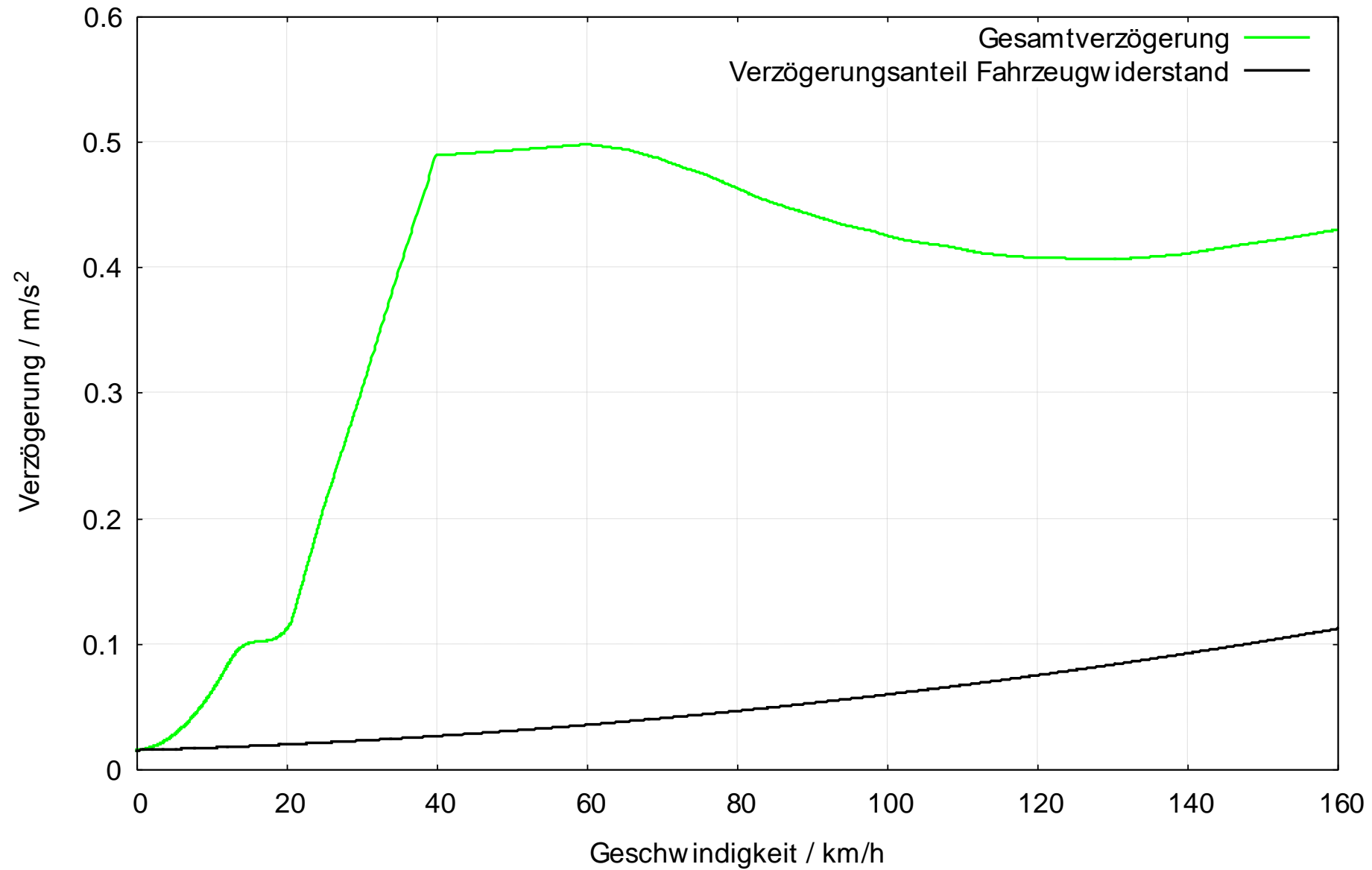
BR 612



Hydrodynamische Bremsen, Beispiel 2, Bremsverzögerung



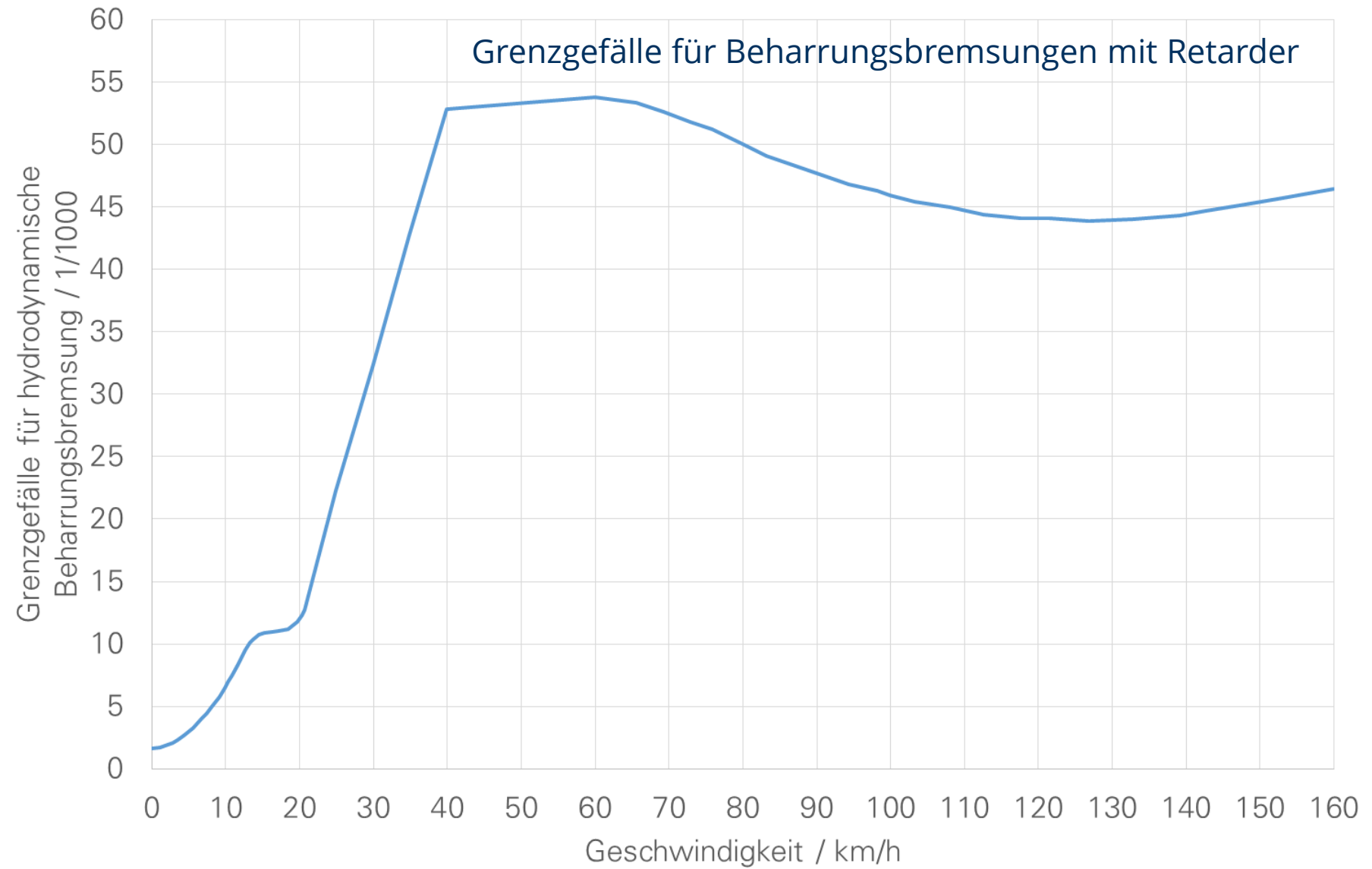
BR 612



Hydrodynamische Bremsen, Beispiel 2, Grenzgefälle



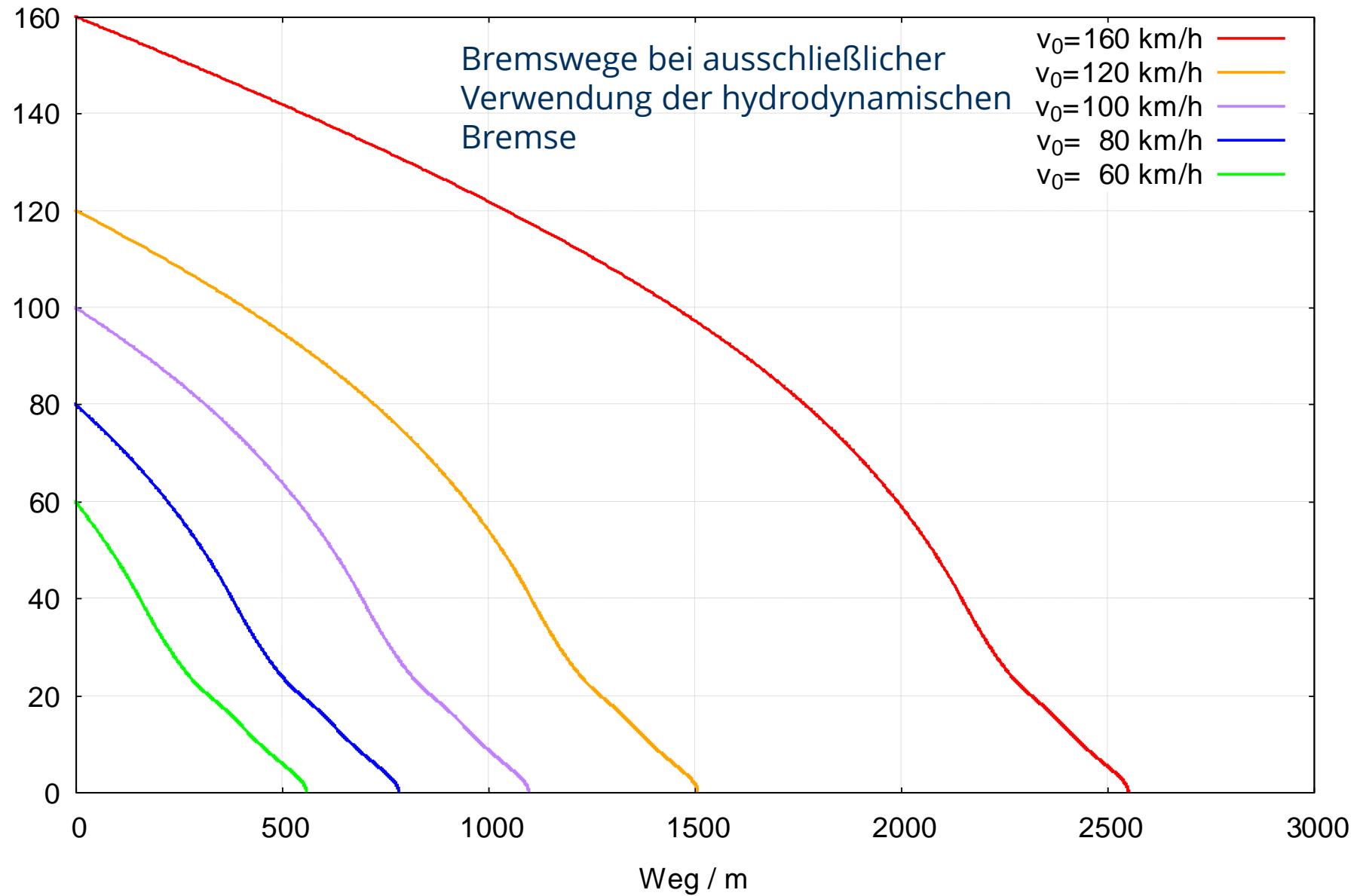
BR 612



Hydrodynamische Bremsen, Beispiel 2, Bremswege



BR 612



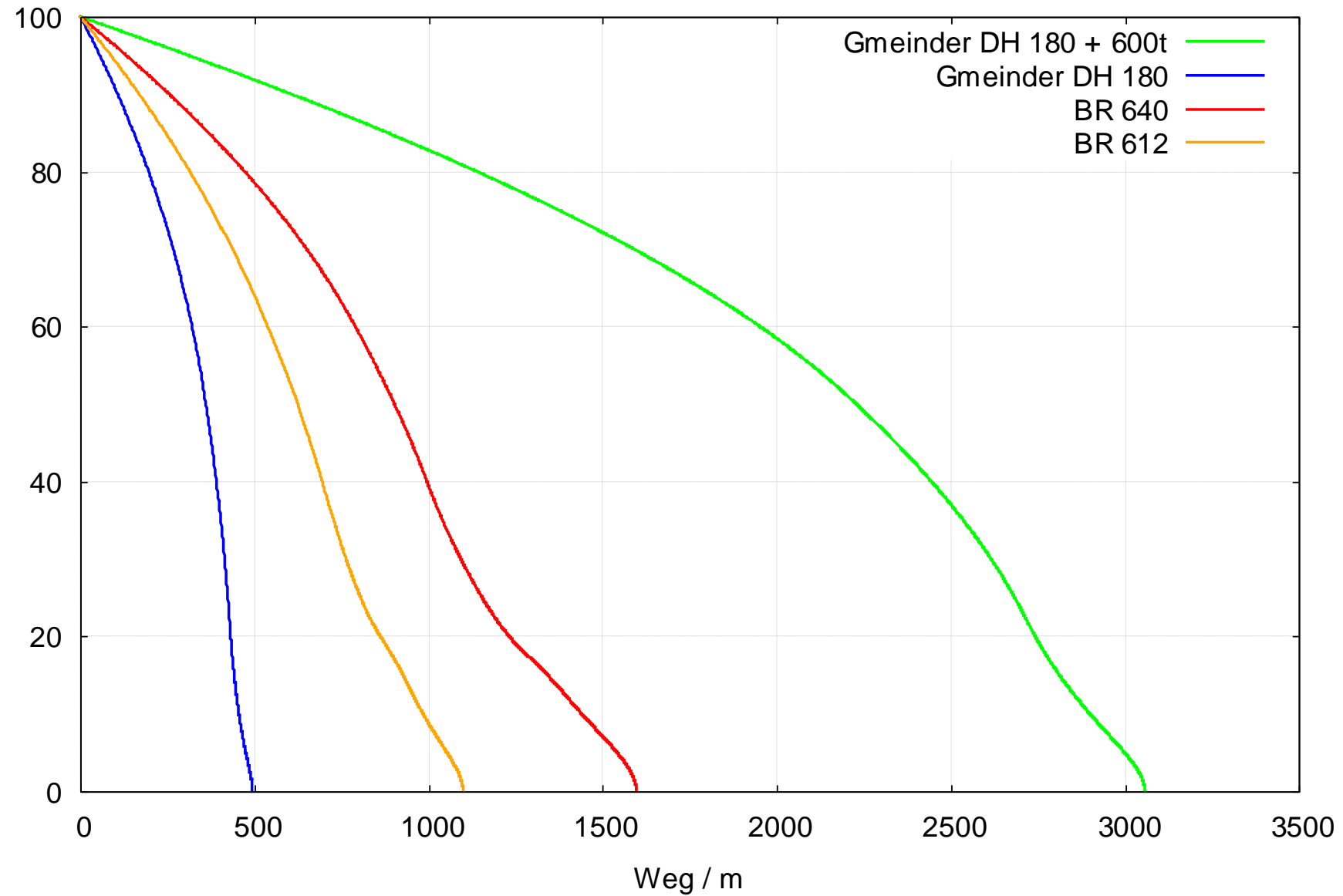
Bremswege bei ausschließlicher Nutzung der hydrodynamischen Bremse



BR 612



BR 640

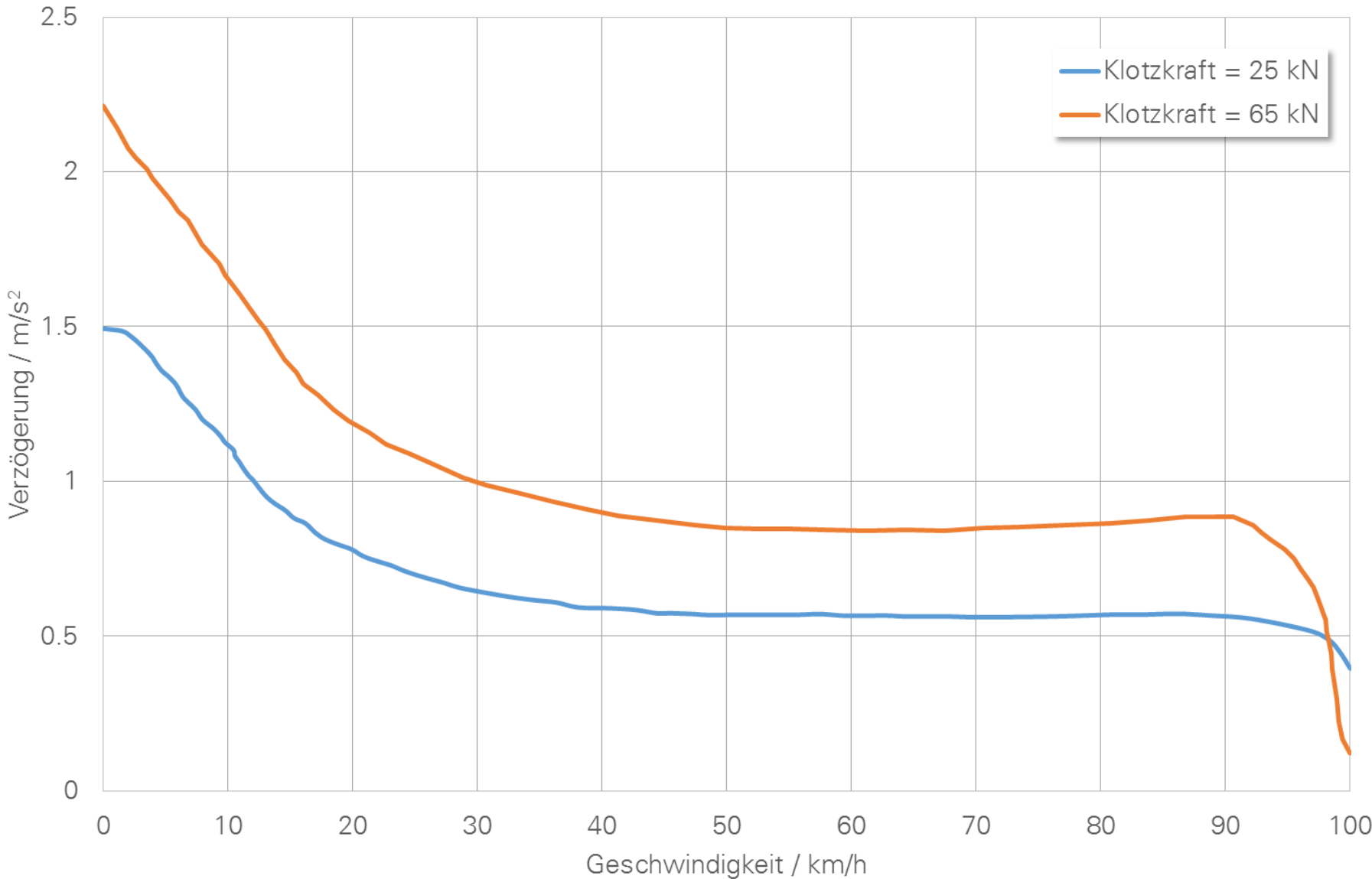




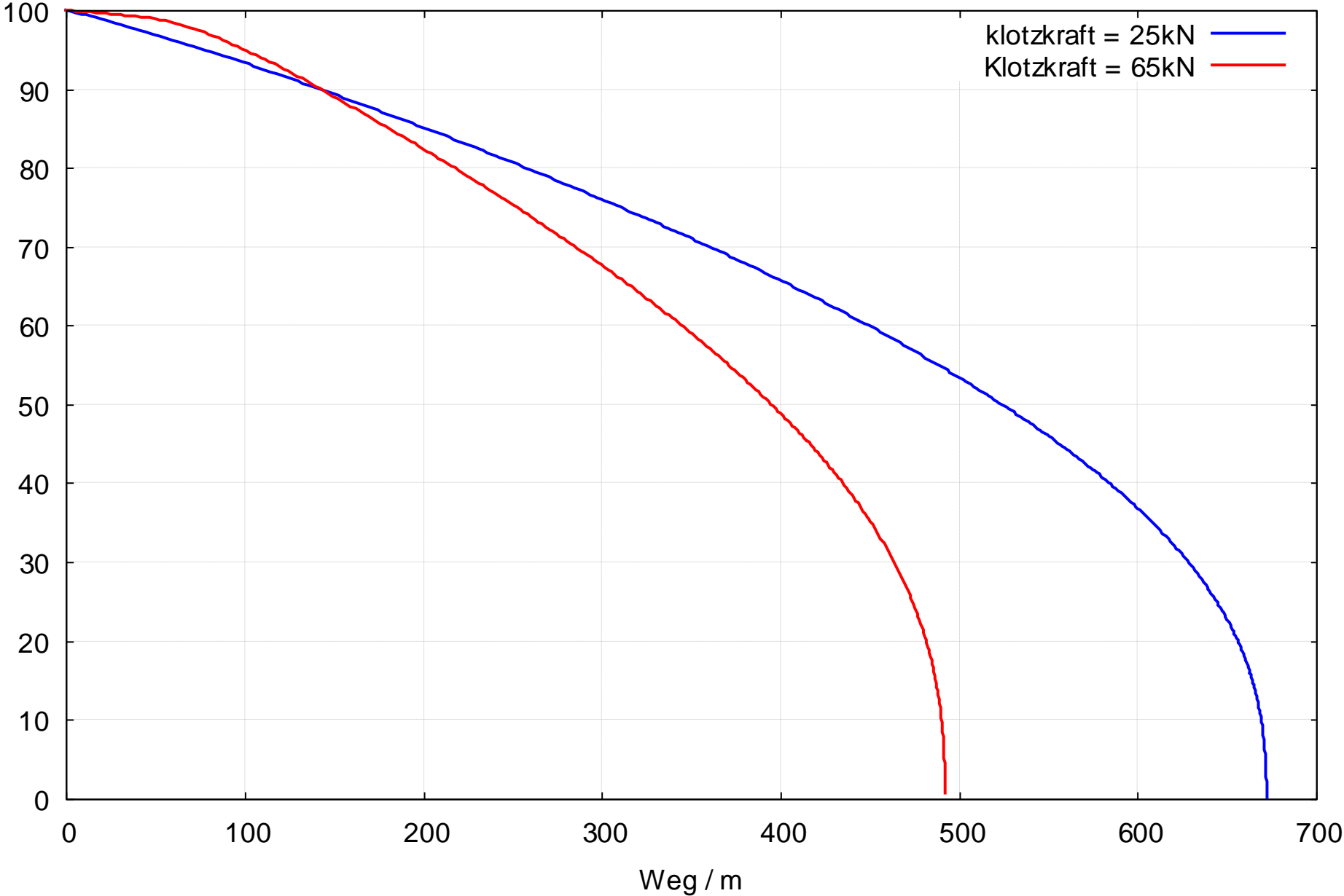
Bremskräfte mechanischer Radbremsen



Bremsverzögerung bei Klotzbremsen



Bremsweg zu Bremskraftverlauf bei Klotzbremsen

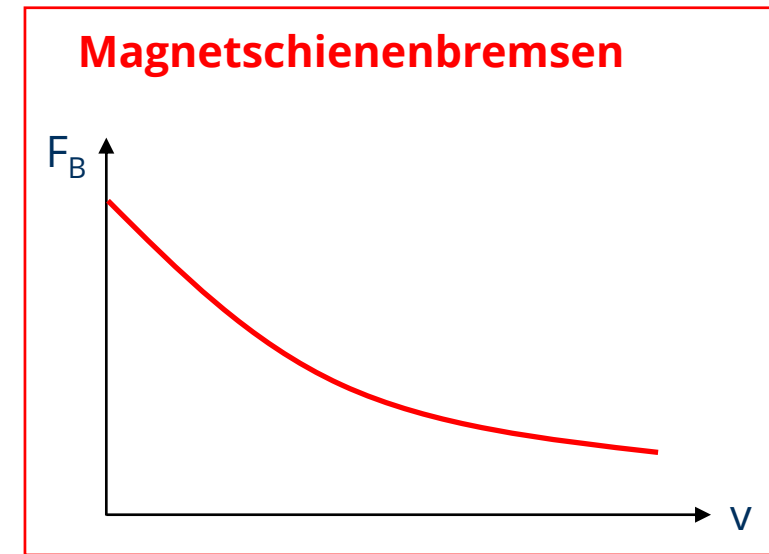
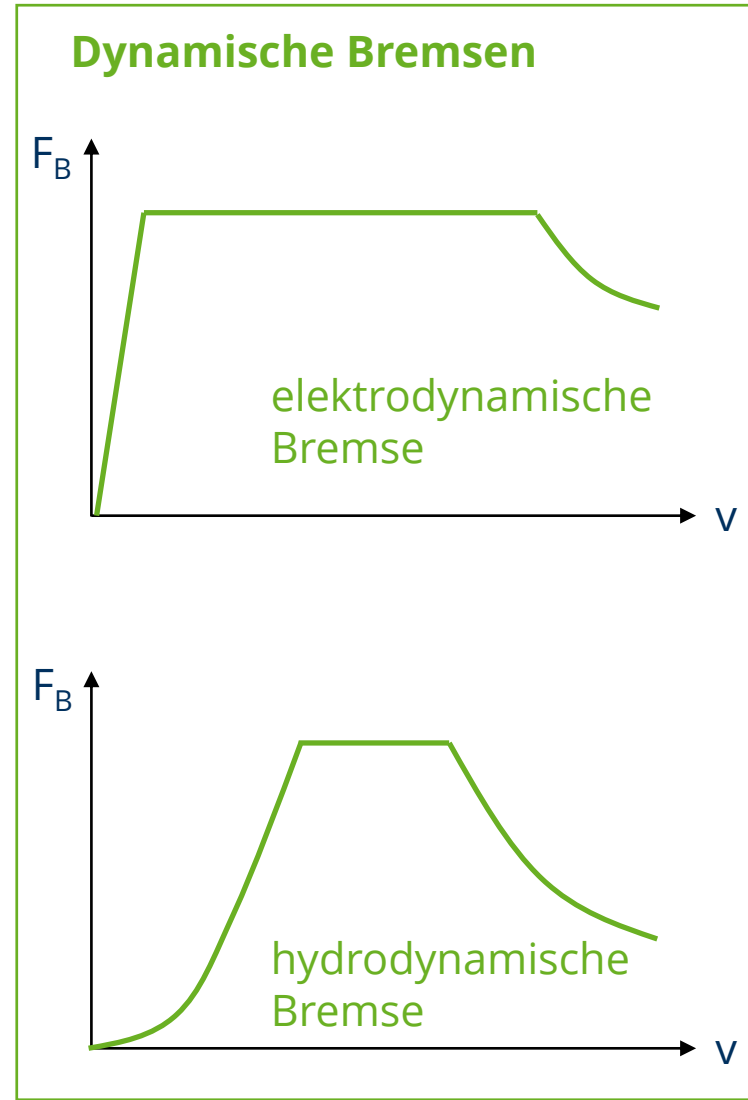
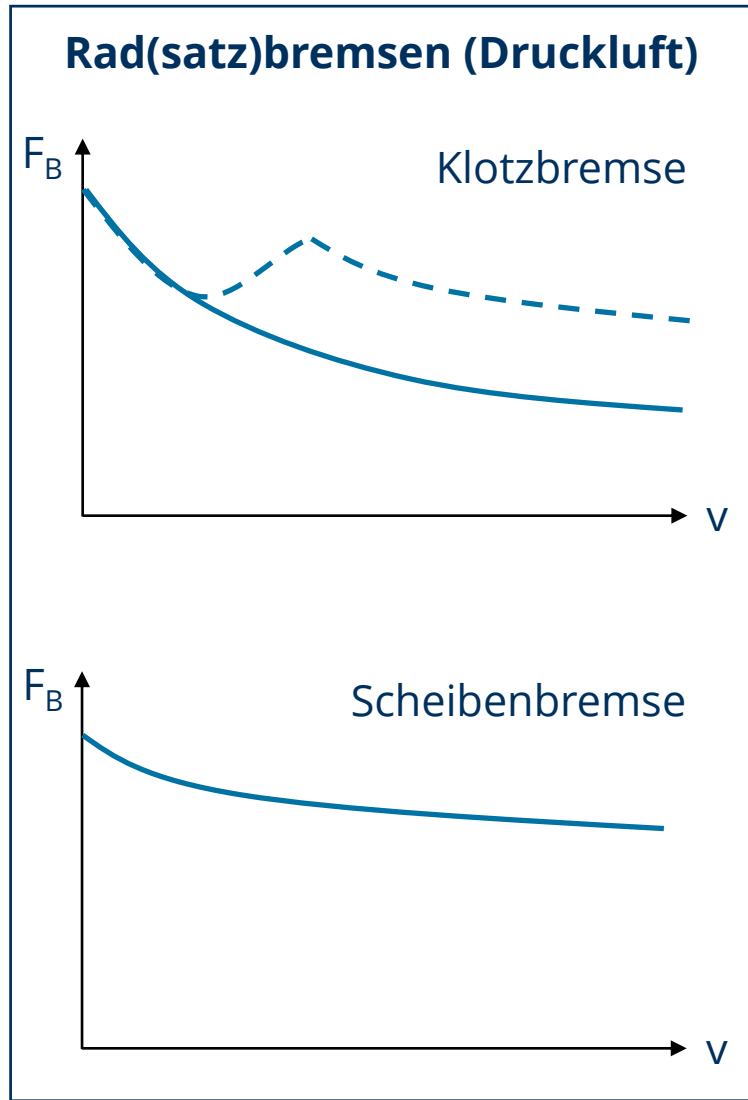




Kombinierter Einsatz von Bremssystemen



Bremskraftkennlinien (qualitativ)

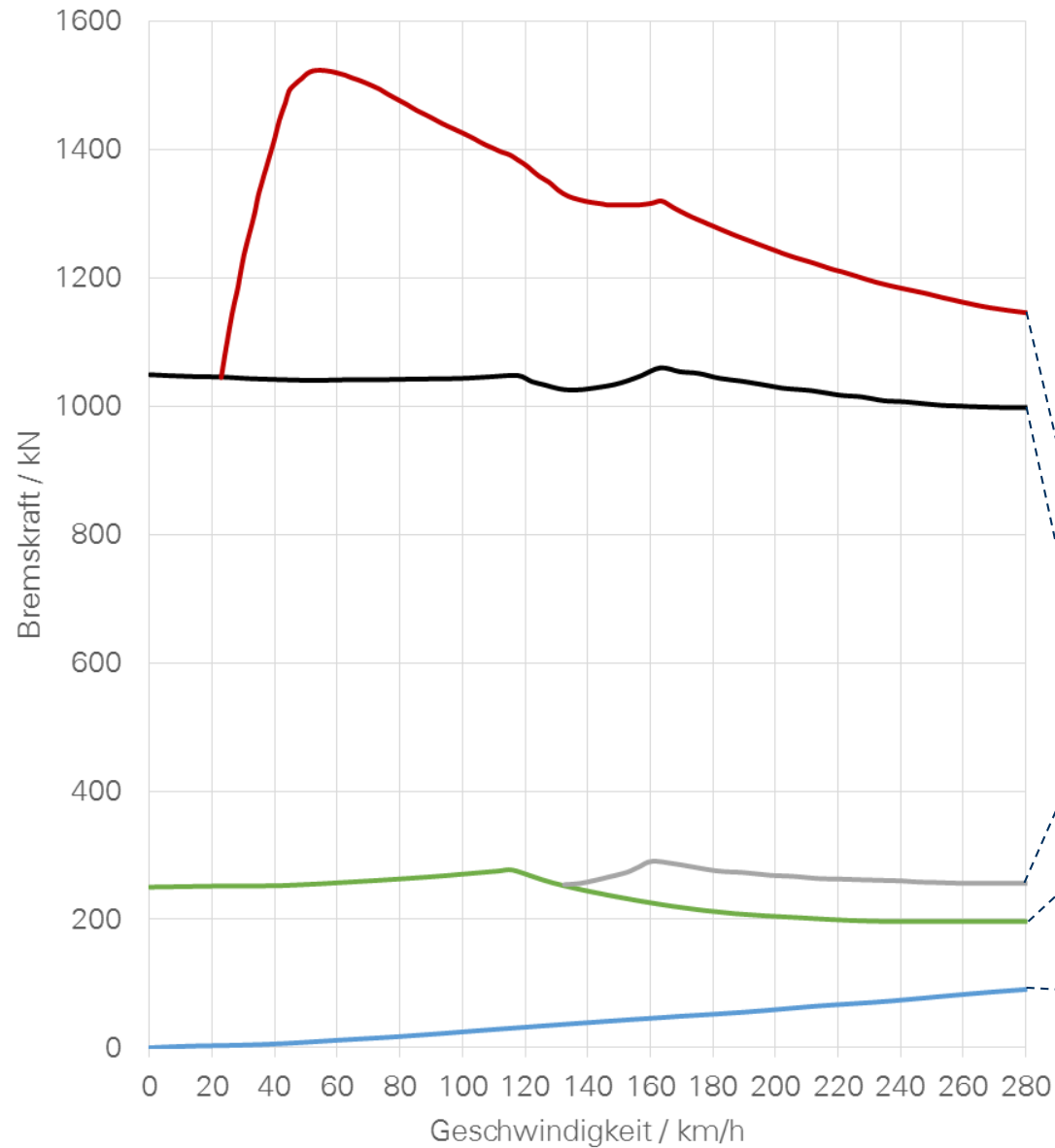


Bremsblending im Hochgeschwindigkeitsverkehr

- Bsp. ICE 1

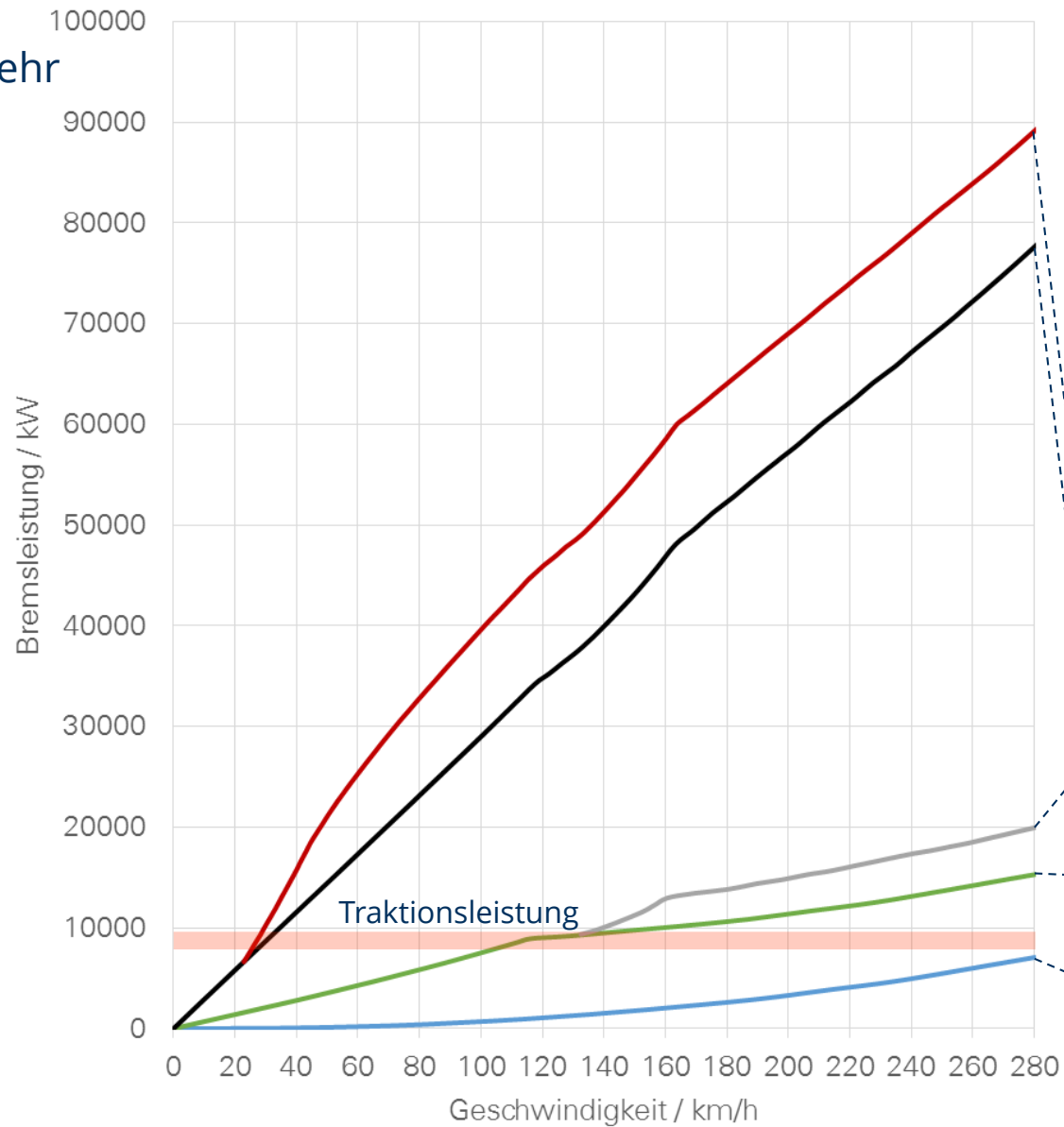


BR 401 (ICE 1)



- + Bremskraft der Magnetschienenbremse $F_{B,Mg}$
- + Scheibenbremskraft des Zuges $F_{B,P}$
- + Scheibenbremskraft der Triebköpfe $F_{B,PTK}$
- + elektrodynamische Bremskraft $F_{B,ED}$
- Fahrzeugwiderstandskraft F_{WFT}

Bremsblending im Hochgeschwindigkeitsverkehr - Bsp. ICE 1



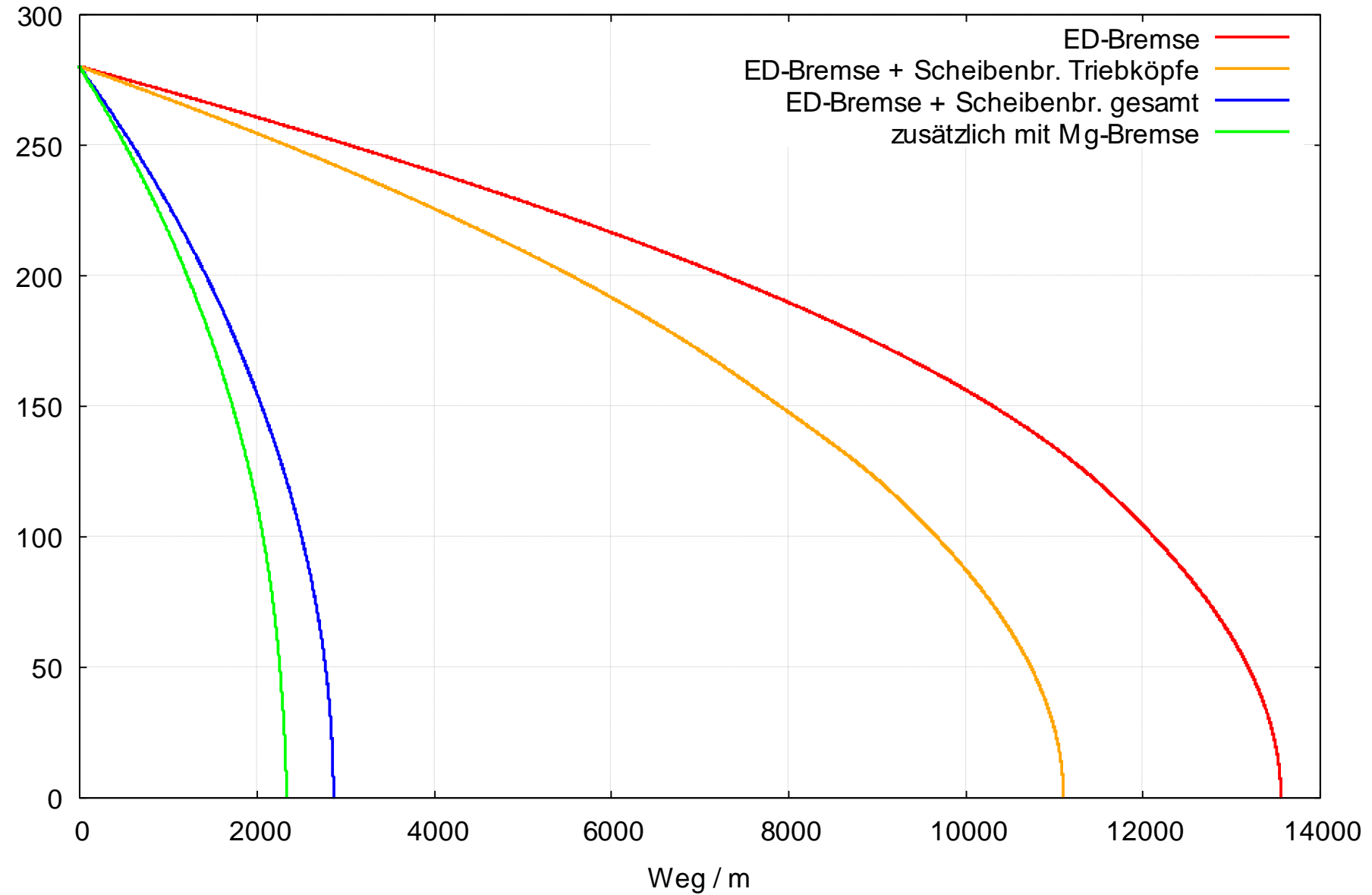
BR 401 (ICE 1)

- + Bremsleistung der Magnetschienensbremse $P_{B,Mg}$
- + Scheibenbremsleistung des Zuges $P_{B,P}$
- + Scheibenbremsleistung der Triebköpfe $P_{B,PTK}$
- + elektrodynamische Bremsleistung $P_{B,ED}$
- Fahrzeugwiderstandsleistung P_{WFT}

Bremswege* ICE 1



BR 401 (ICE 1)

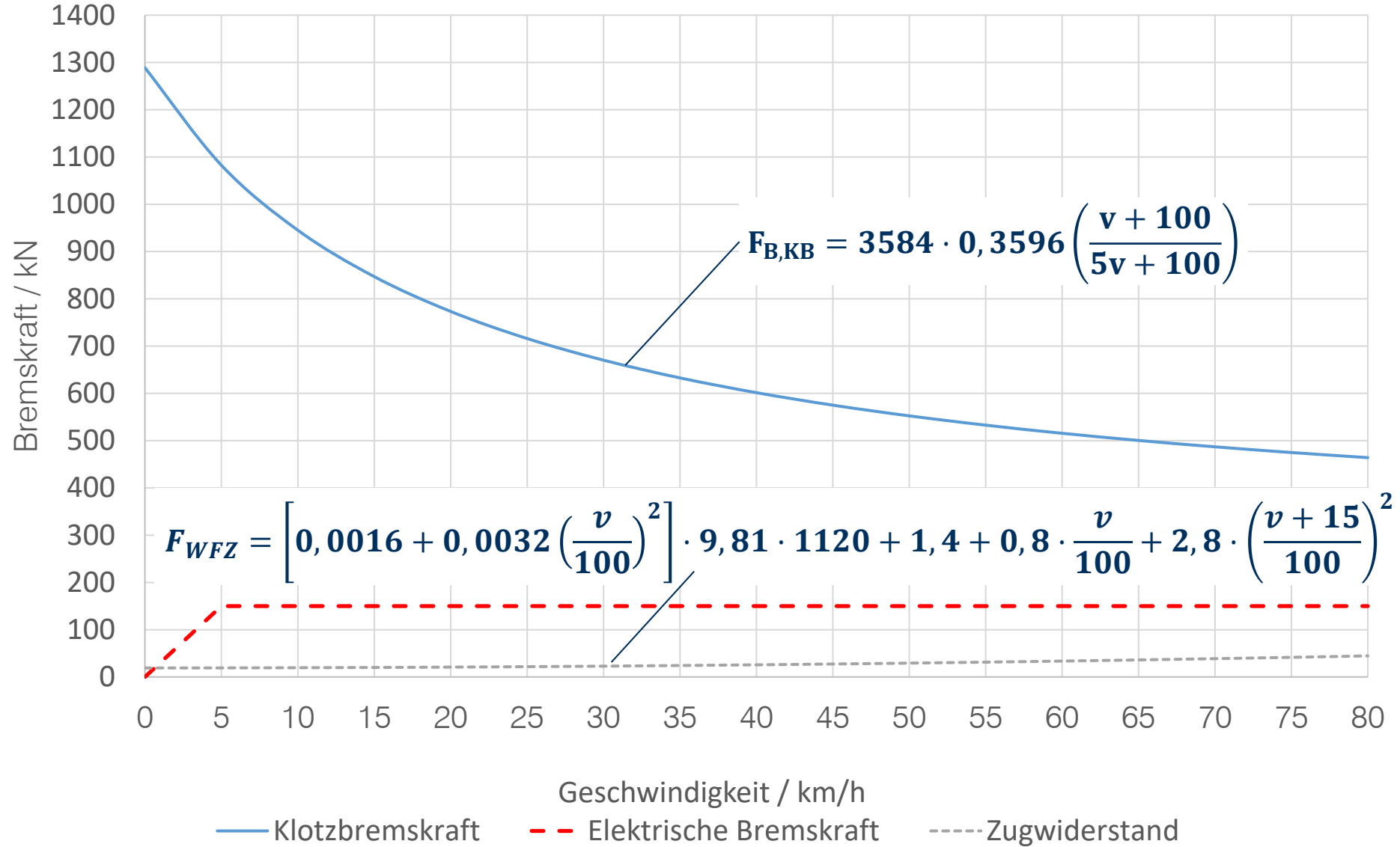


* Es handelt sich um fahrdynamische Simulationsergebnisse zur Veranschaulichung. Reale Messungen können andere Ergebnisse liefern.

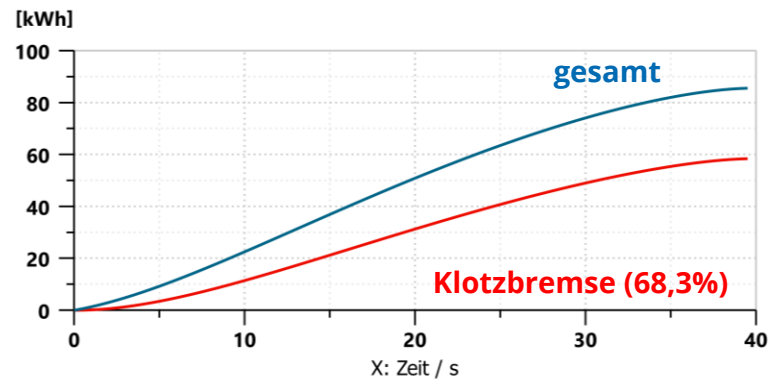
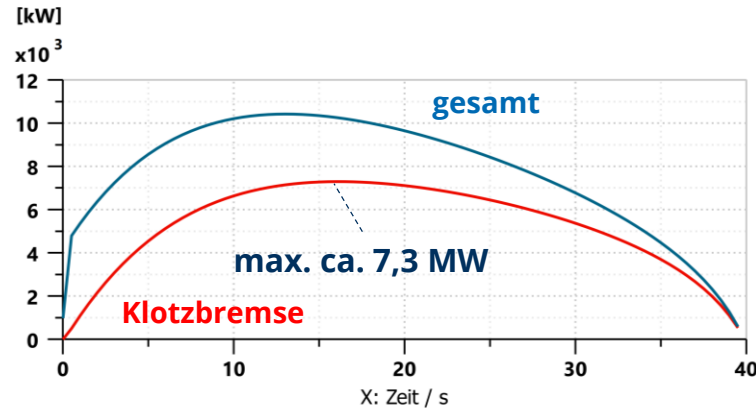
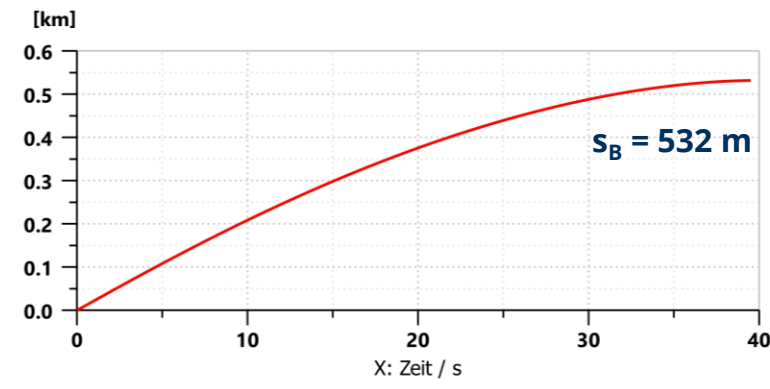
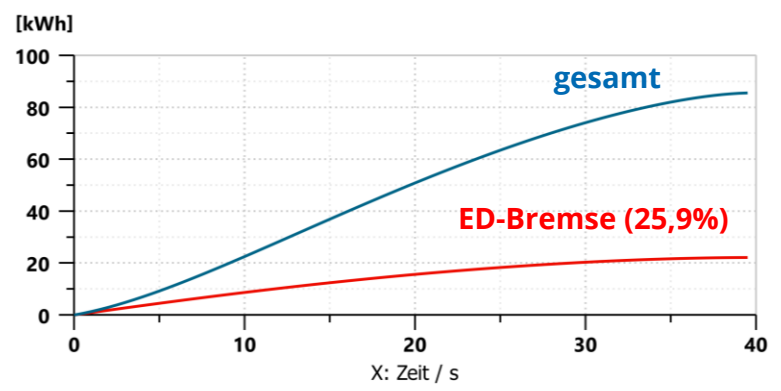
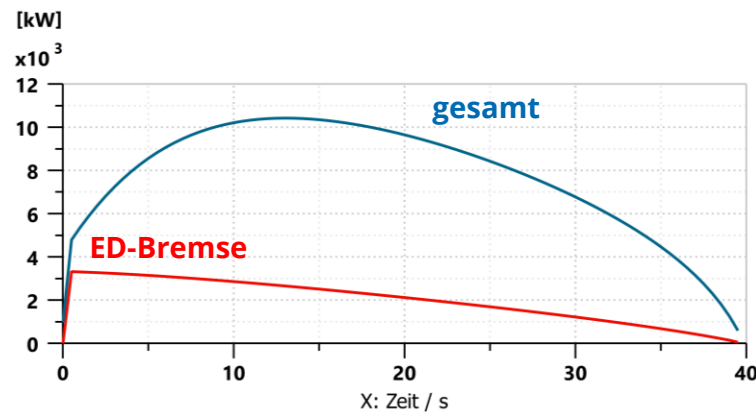
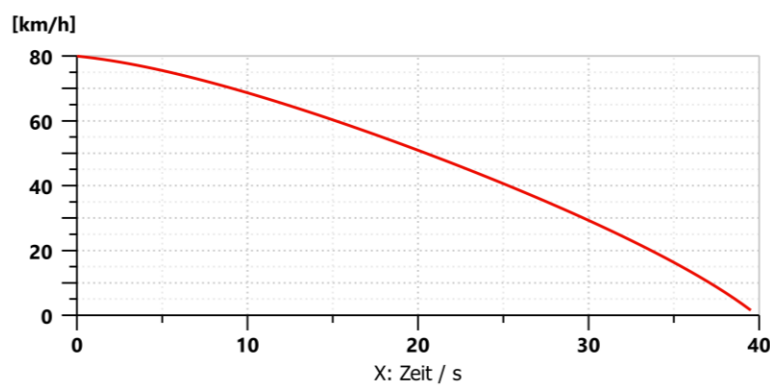
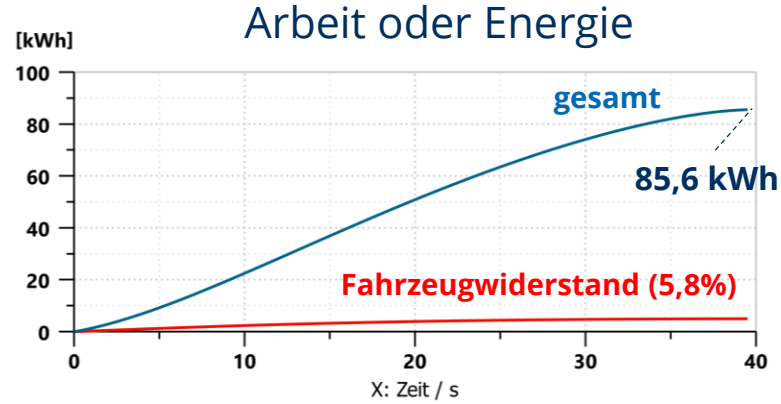
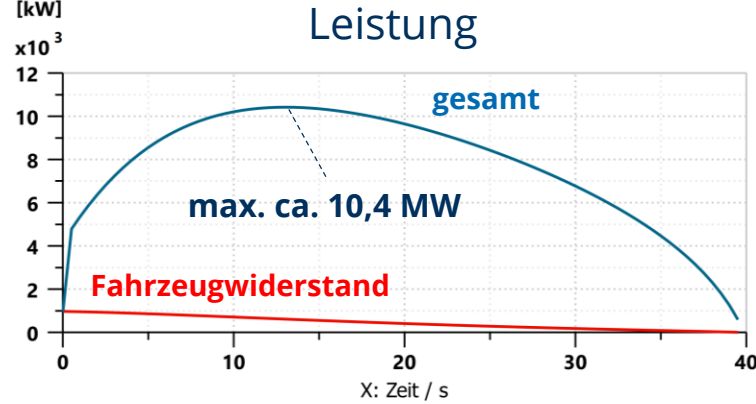
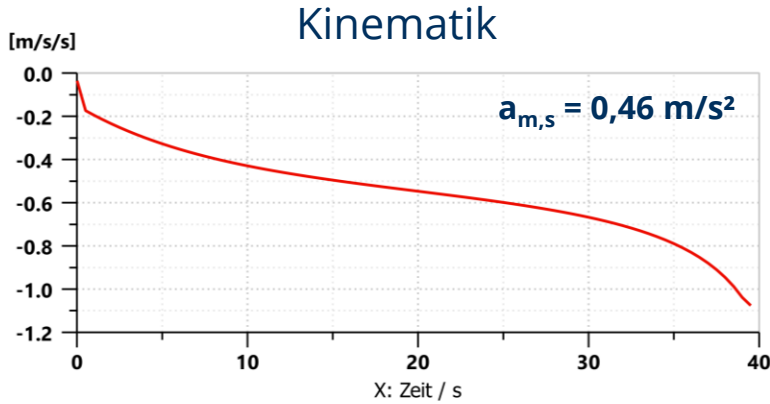
Beispiel: Güterzug



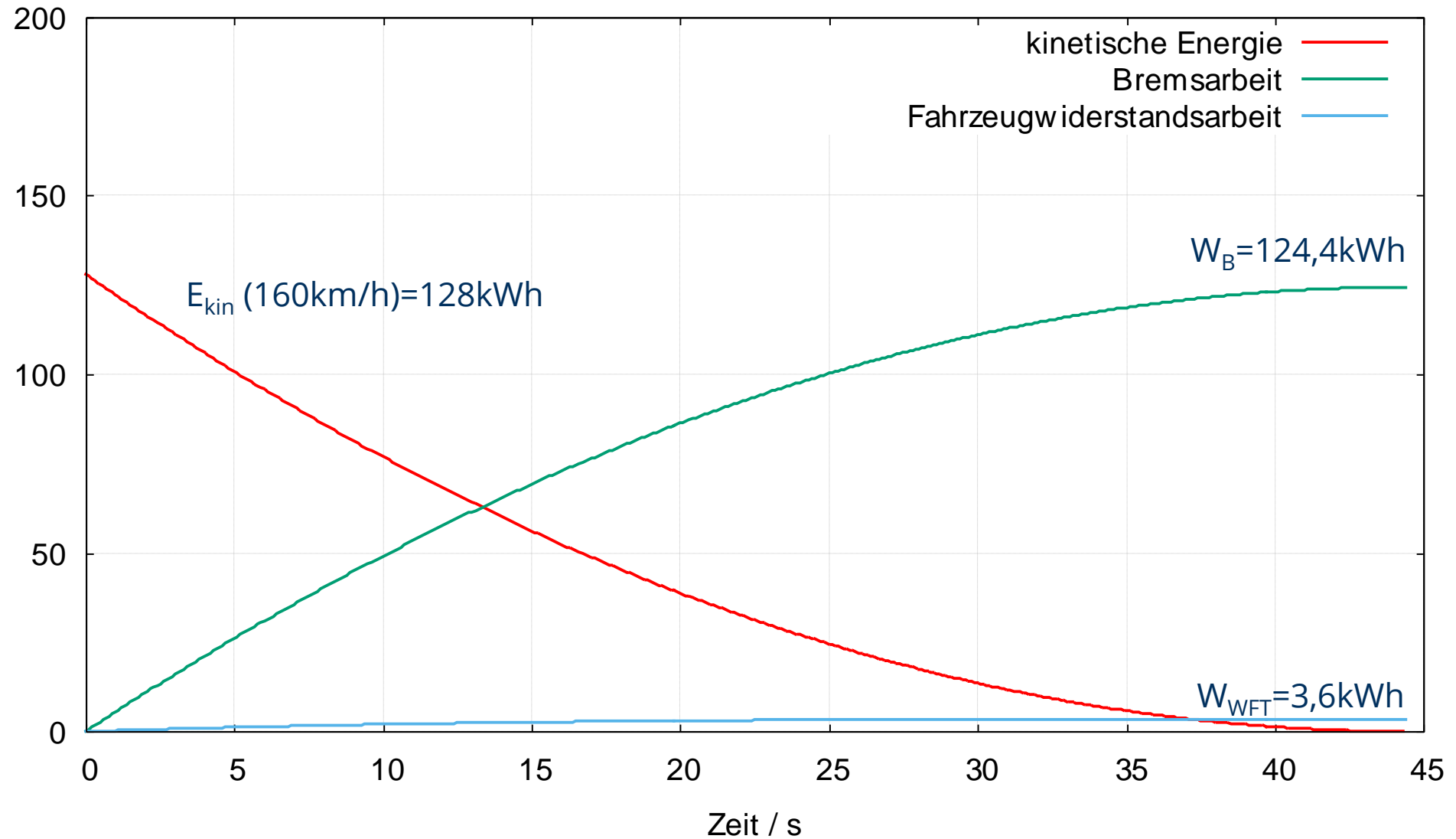
m_W : 1120 t
 Anzahl Wagen: 13
 Anzahl Radsätze: 52



Beispiel: Güterzug



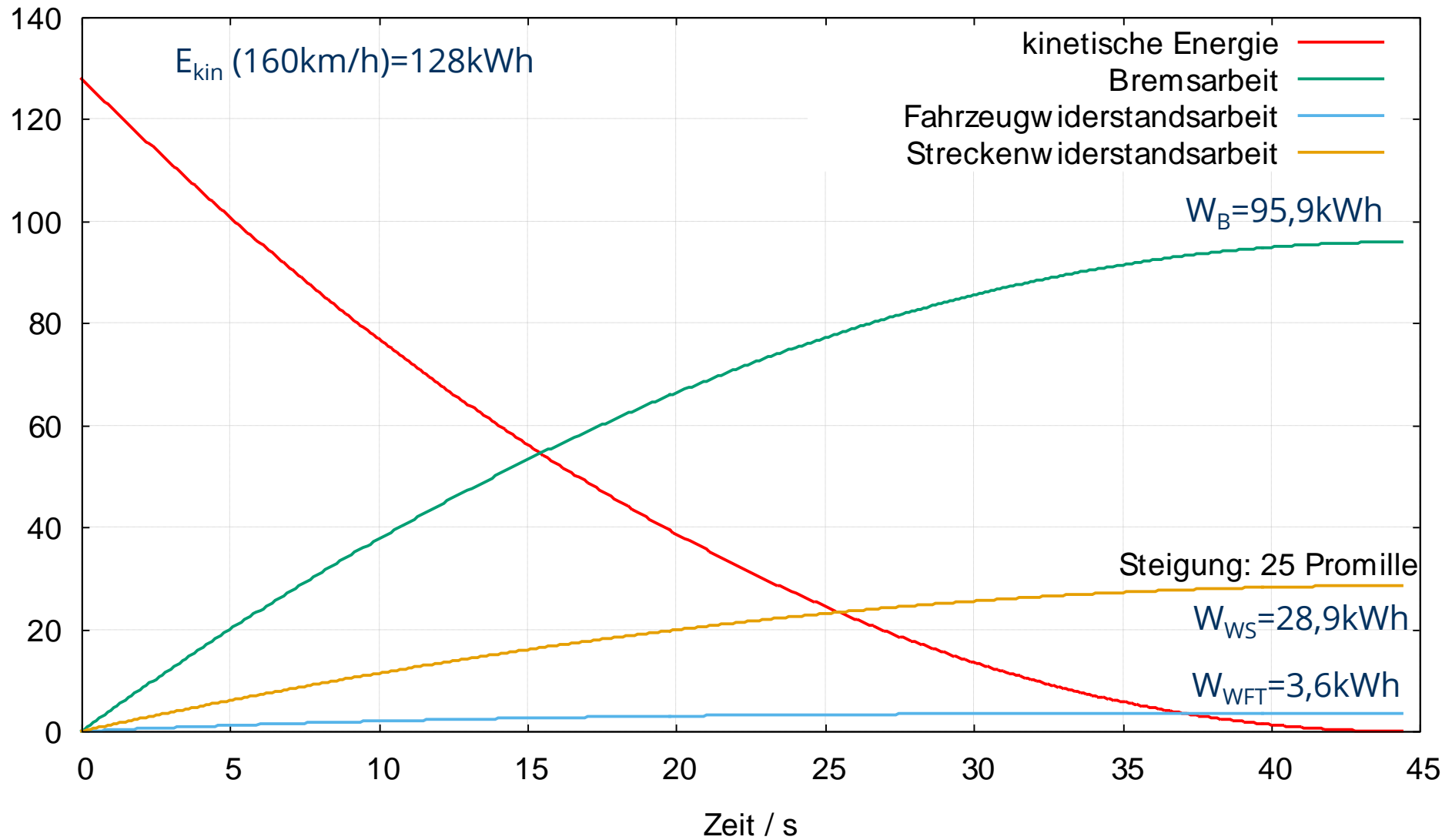
Energie und Bremsarbeit in der Ebene, Bsp.1



Werte gelten überschläglich für TGV Duplex:

$m = 424\text{t}$, Massenfaktor: 1,1, $v_0=160\text{ km/h}$, mittlere Bremsverzögerung: $1,0\text{ m/s}^2$

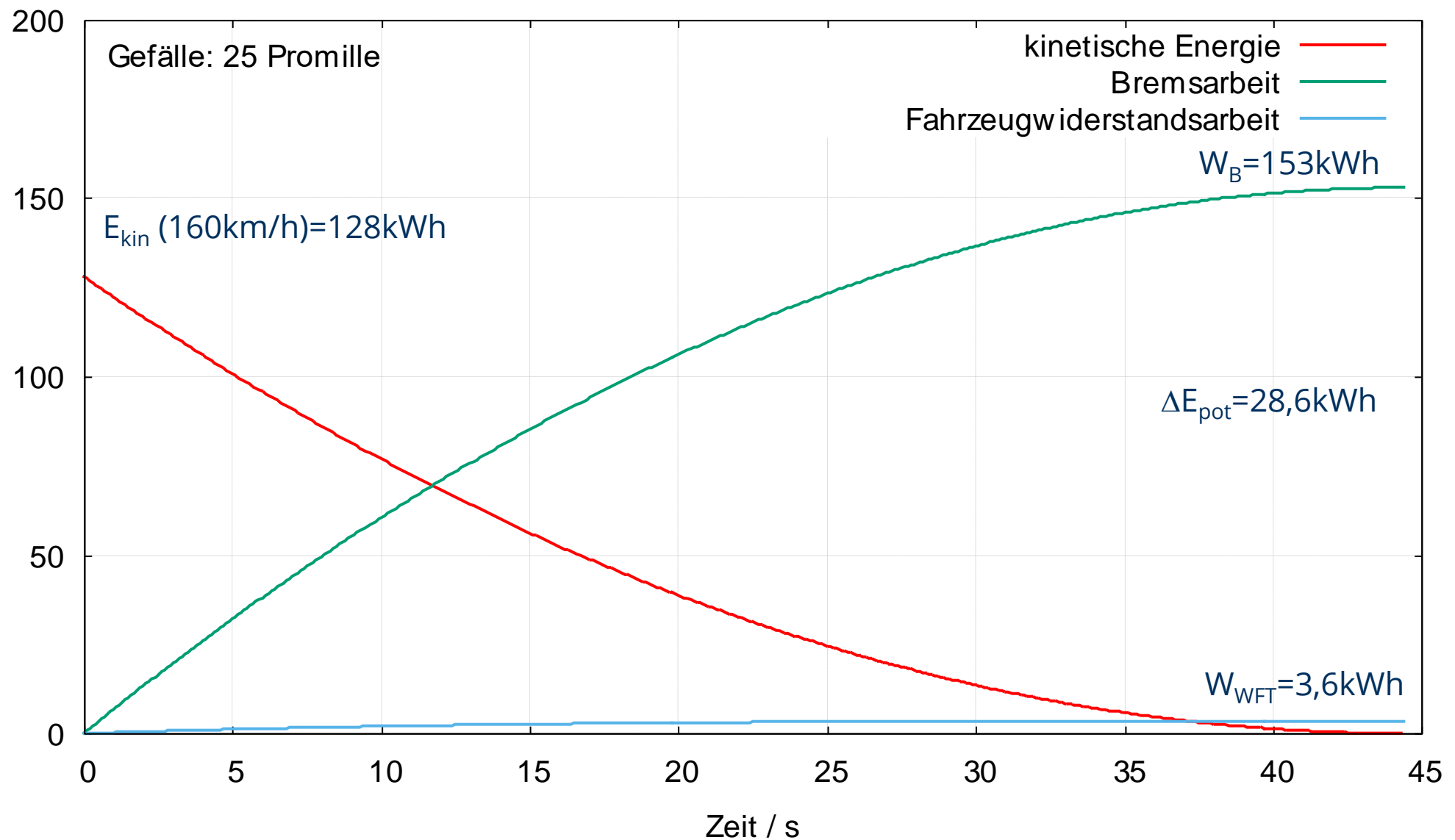
Energie und Bremsarbeit in der Steigung, Bsp.1



Werte gelten überschläglich für TGV Duplex:

$m = 424\text{t}$, Massenfaktor: 1,1, $v_0=160\text{ km/h}$, mittlere Bremsverzögerung: $1,0\text{ m/s}^2$

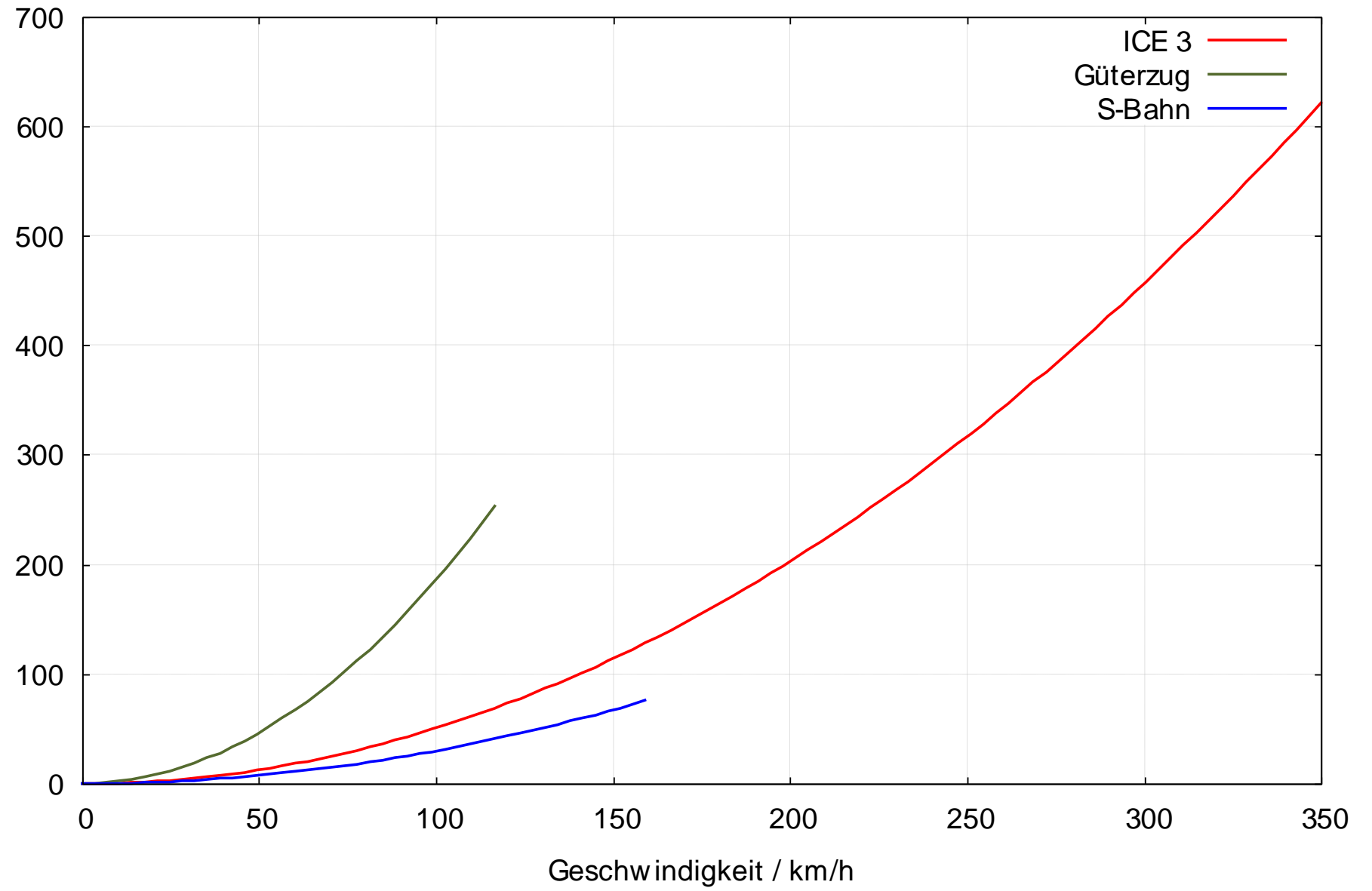
Energie und Bremsarbeit im Gefälle, Bsp.1



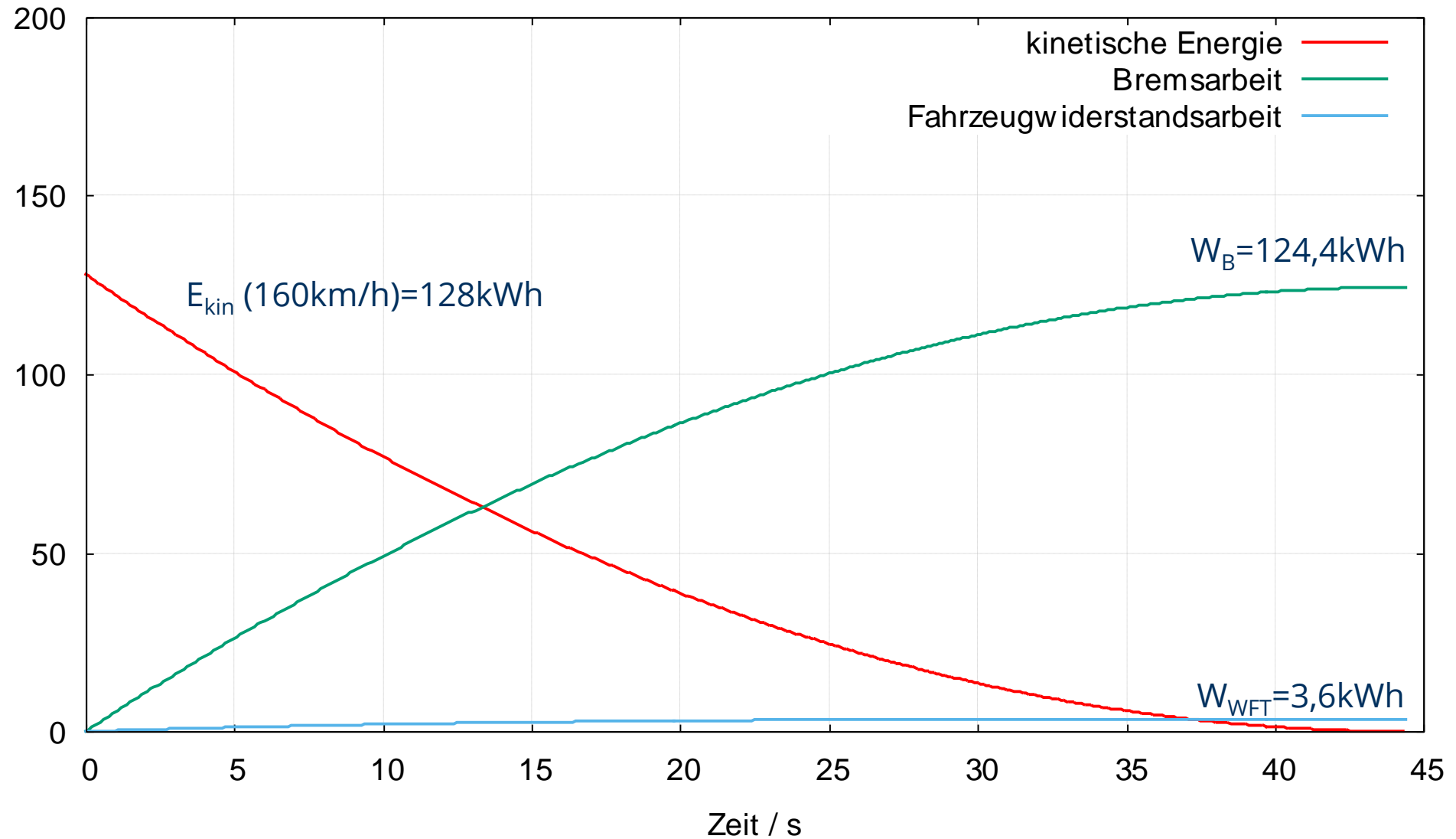
Werte gelten überschlägich für TGV Duplex:

$m = 424\text{t}$, Massenfaktor: 1,1, $v_0=160\text{ km/h}$, mittlere Bremsverzögerung: $1,0\text{ m/s}^2$

Kinetische Energie und Zugart



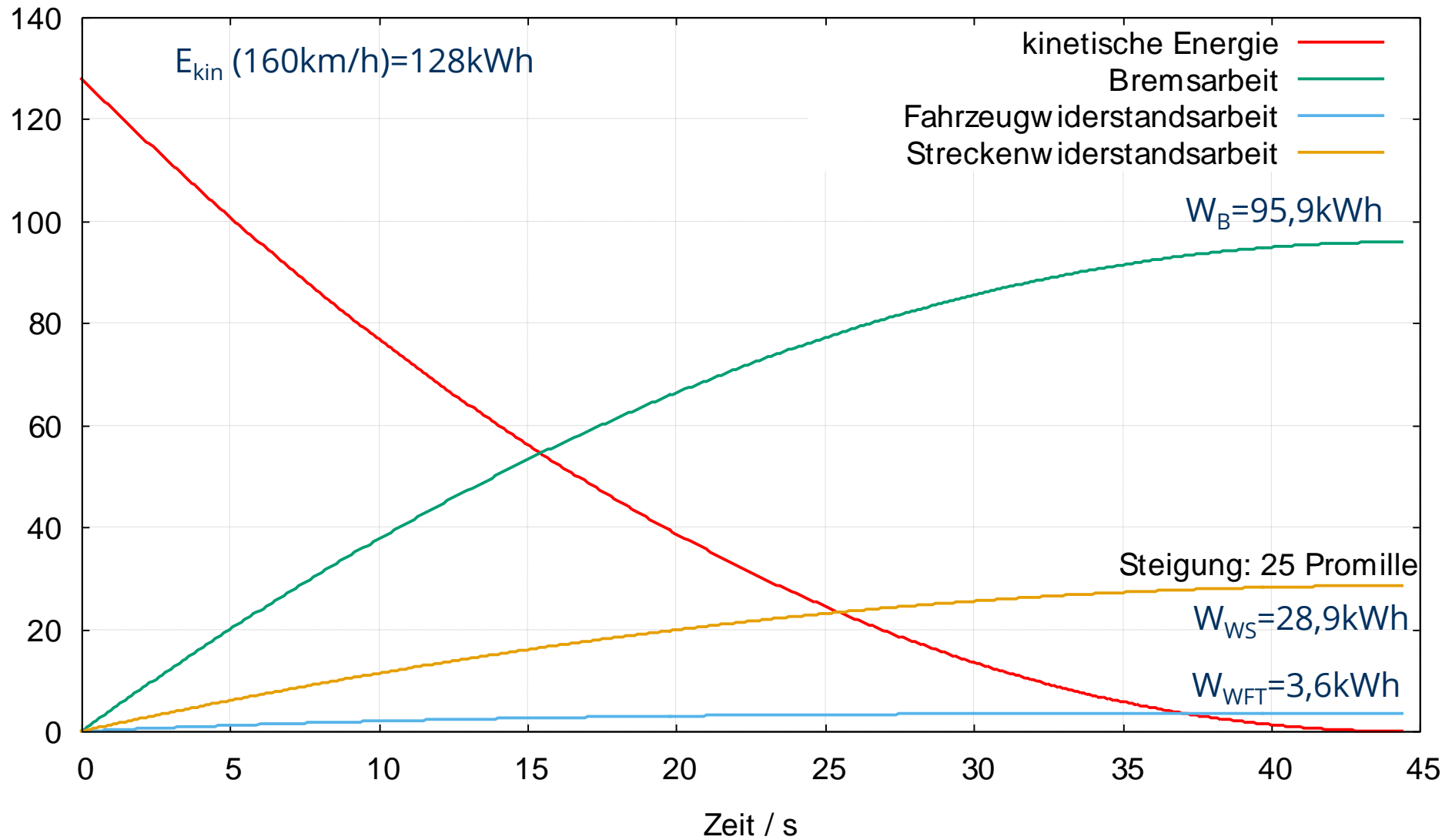
Energie und Bremsarbeit in der Ebene, Bsp.1



Werte gelten überschläglich für TGV Duplex:

$m = 424\text{t}$, Massenfaktor: 1,1, $v_0=160\text{ km/h}$, mittlere Bremsverzögerung: $1,0\text{ m/s}^2$

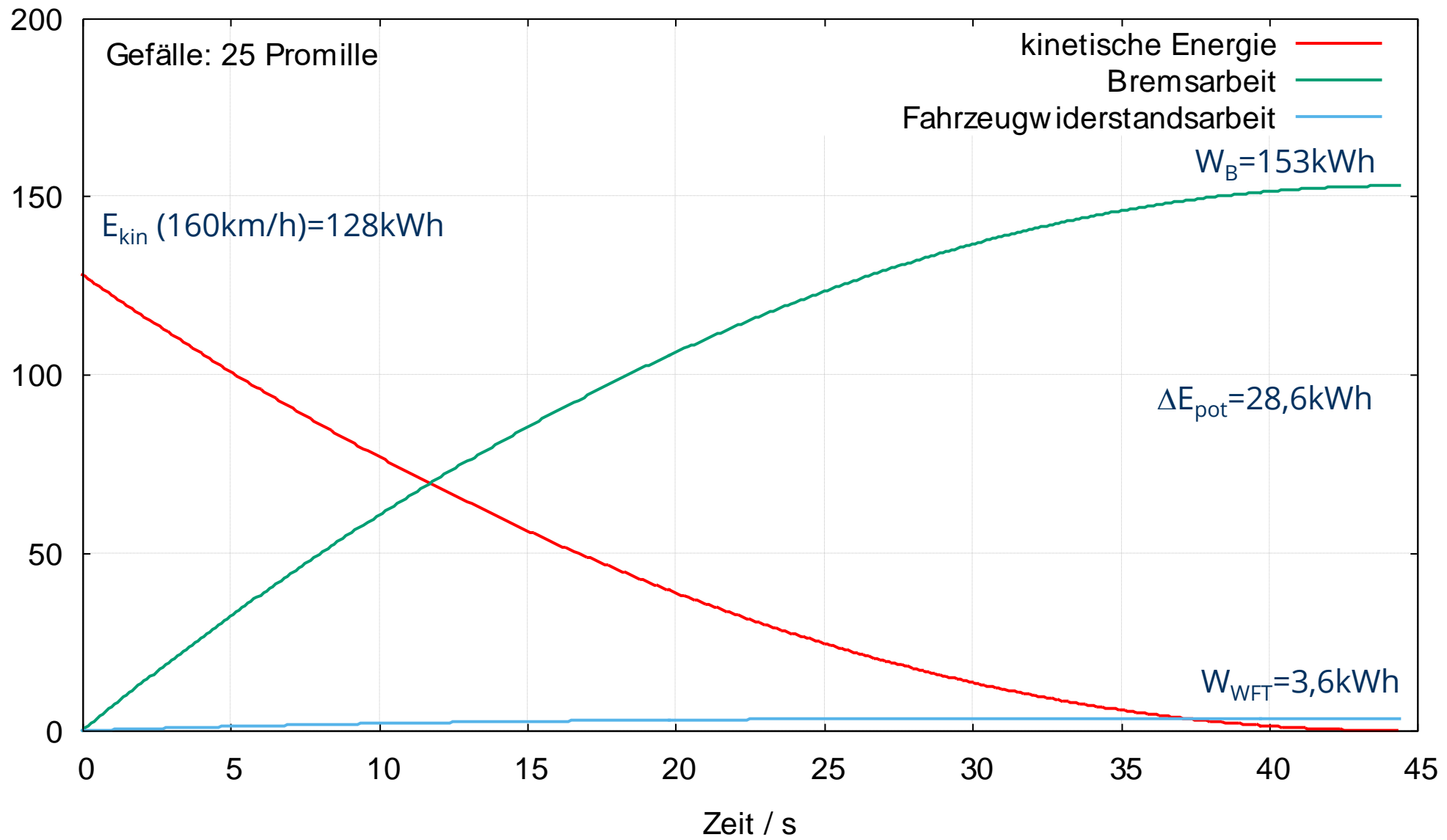
Energie und Bremsarbeit in der Steigung, Bsp.1



Werte gelten überschläglich für TGV Duplex:

$m = 424\text{t}$, Massenfaktor: 1,1, $v_0=160\text{ km/h}$, mittlere Bremsverzögerung: $1,0\text{ m/s}^2$

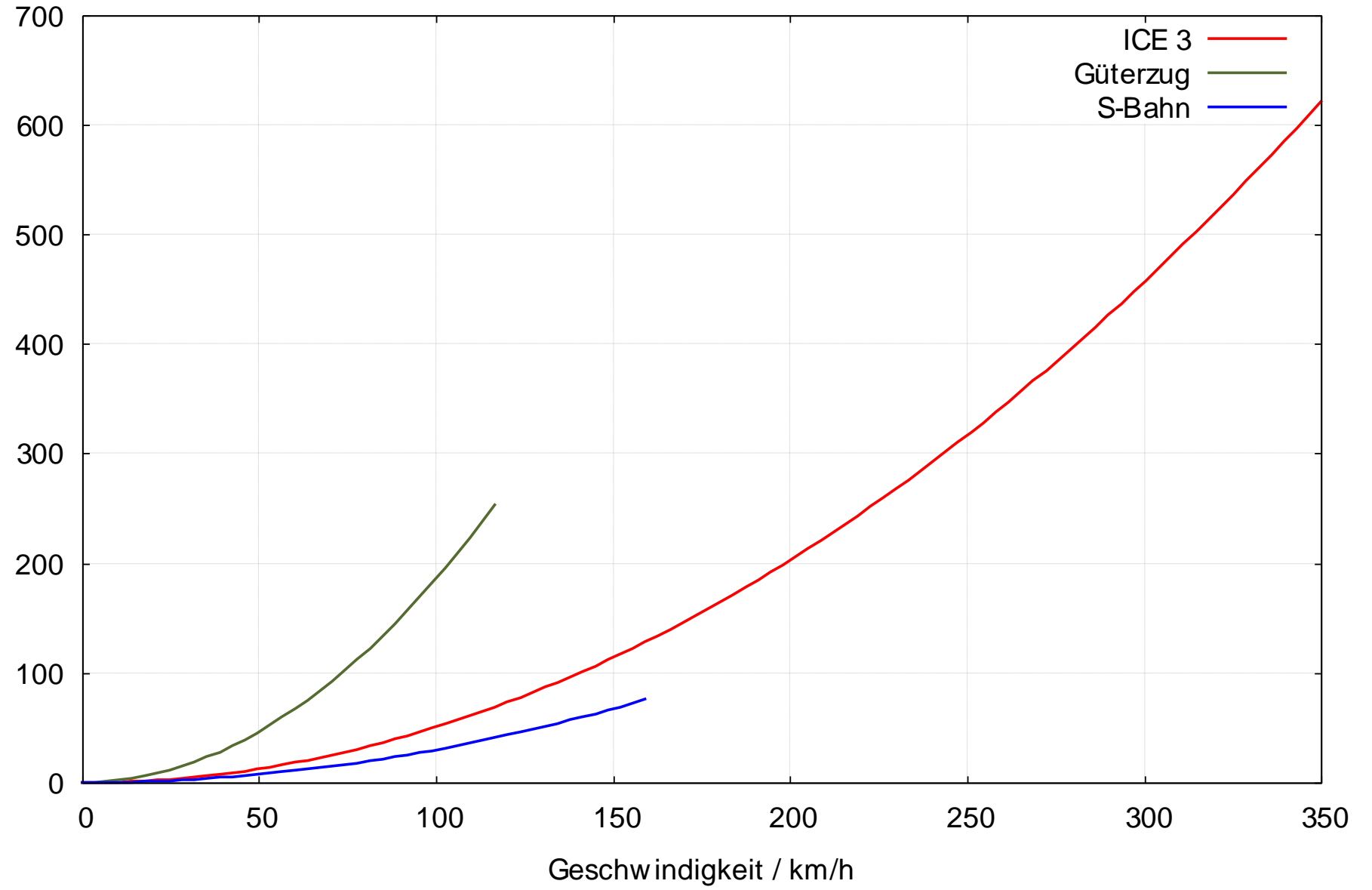
Energie und Bremsarbeit im Gefälle, Bsp.1



Werte gelten überschlägich für TGV Duplex:

$m = 424\text{t}$, Massenfaktor: 1,1, $v_0=160 \text{ km/h}$, mittlere Bremsverzögerung: $1,0 \text{ m/s}^2$

Kinetische Energie und Zugart



Energie, Arbeit, Leistung - weitere Beispiele

Zug 1



Zug 2



Zug 3



Zug 4





Zug 1



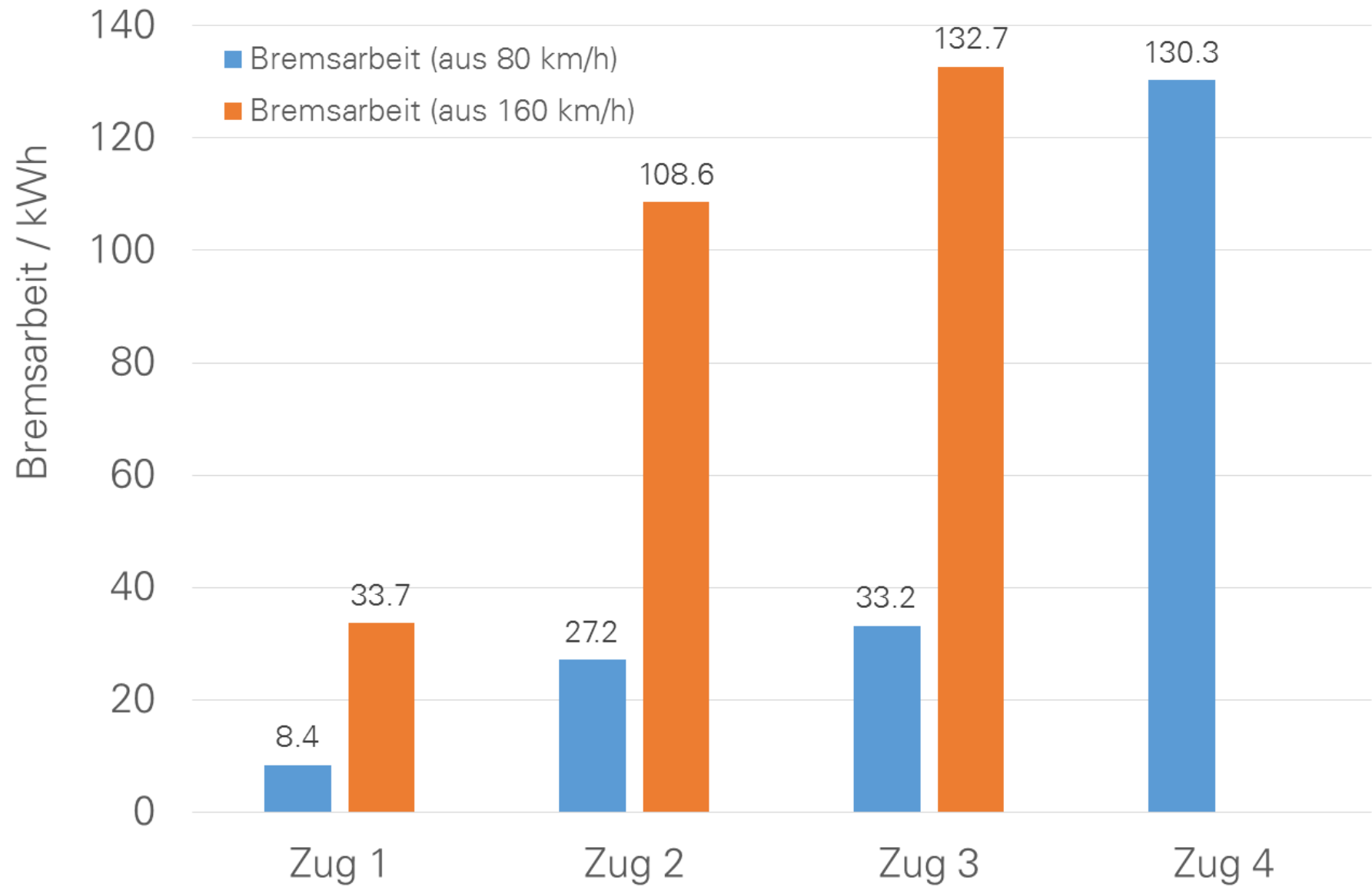
Zug 2



Zug 3



Zug 4





Zug 1



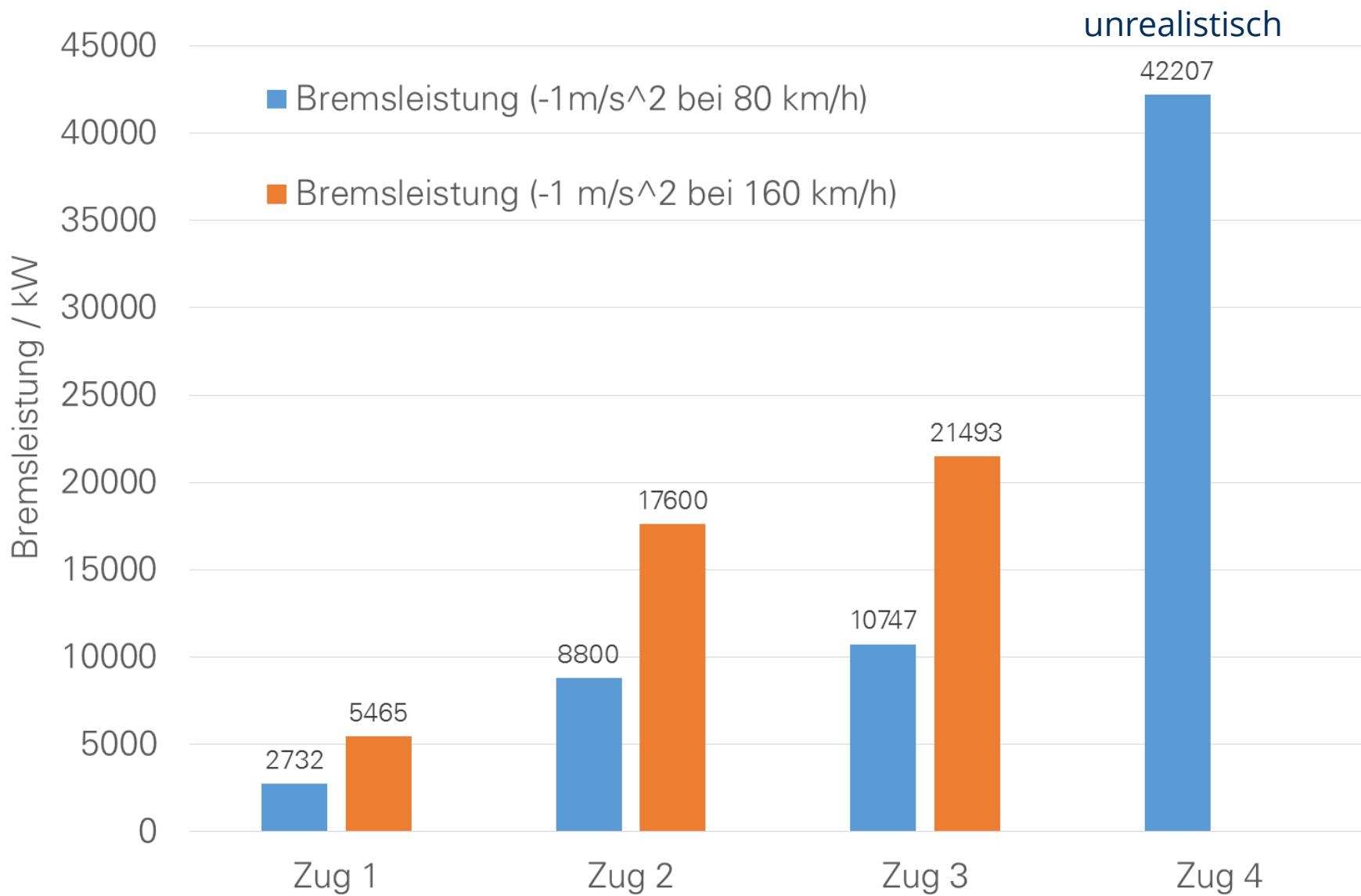
Zug 2



Zug 3



Zug 4





Zug 1



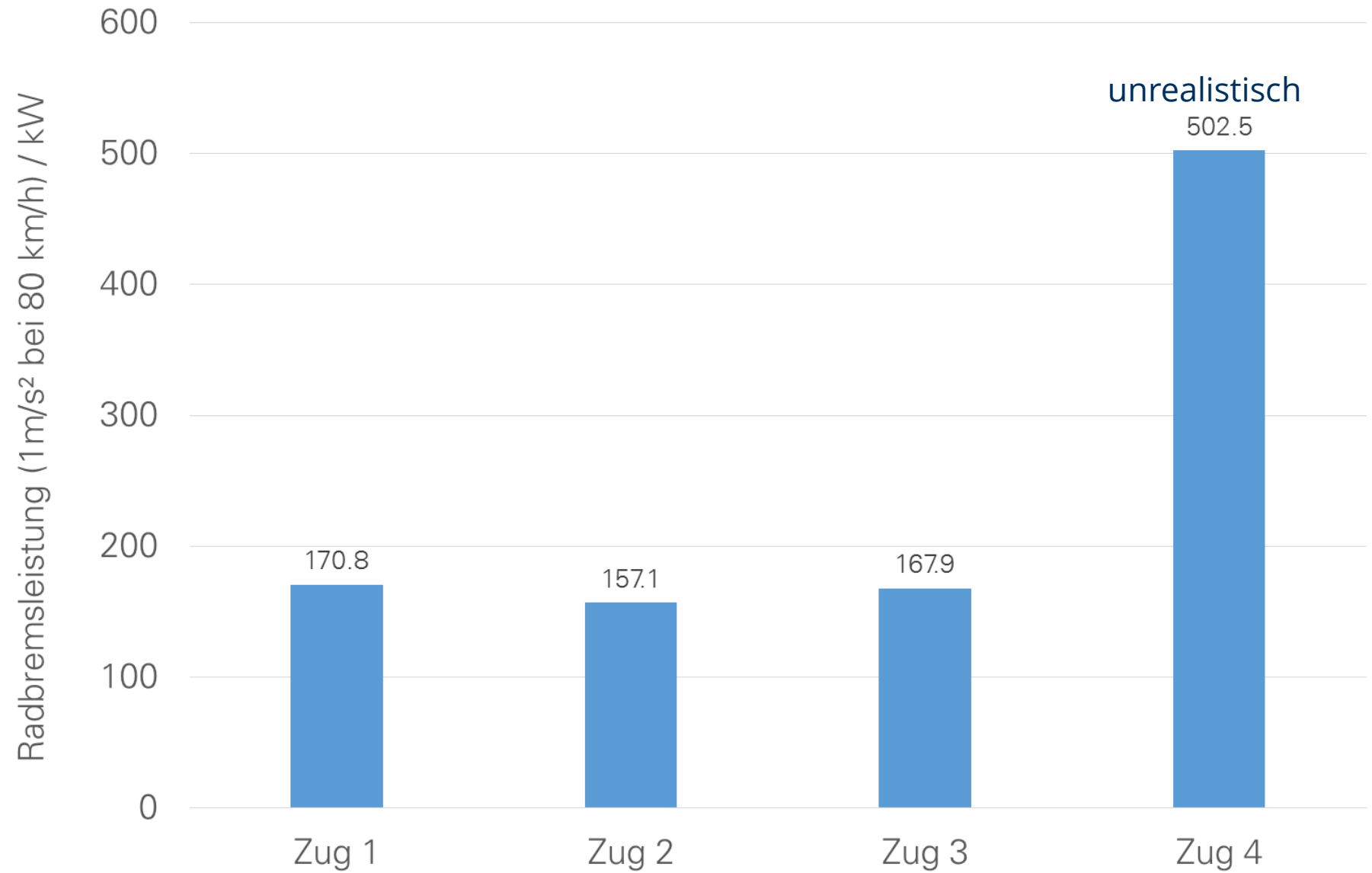
Zug 2



Zug 3



Zug 4





Zug 1



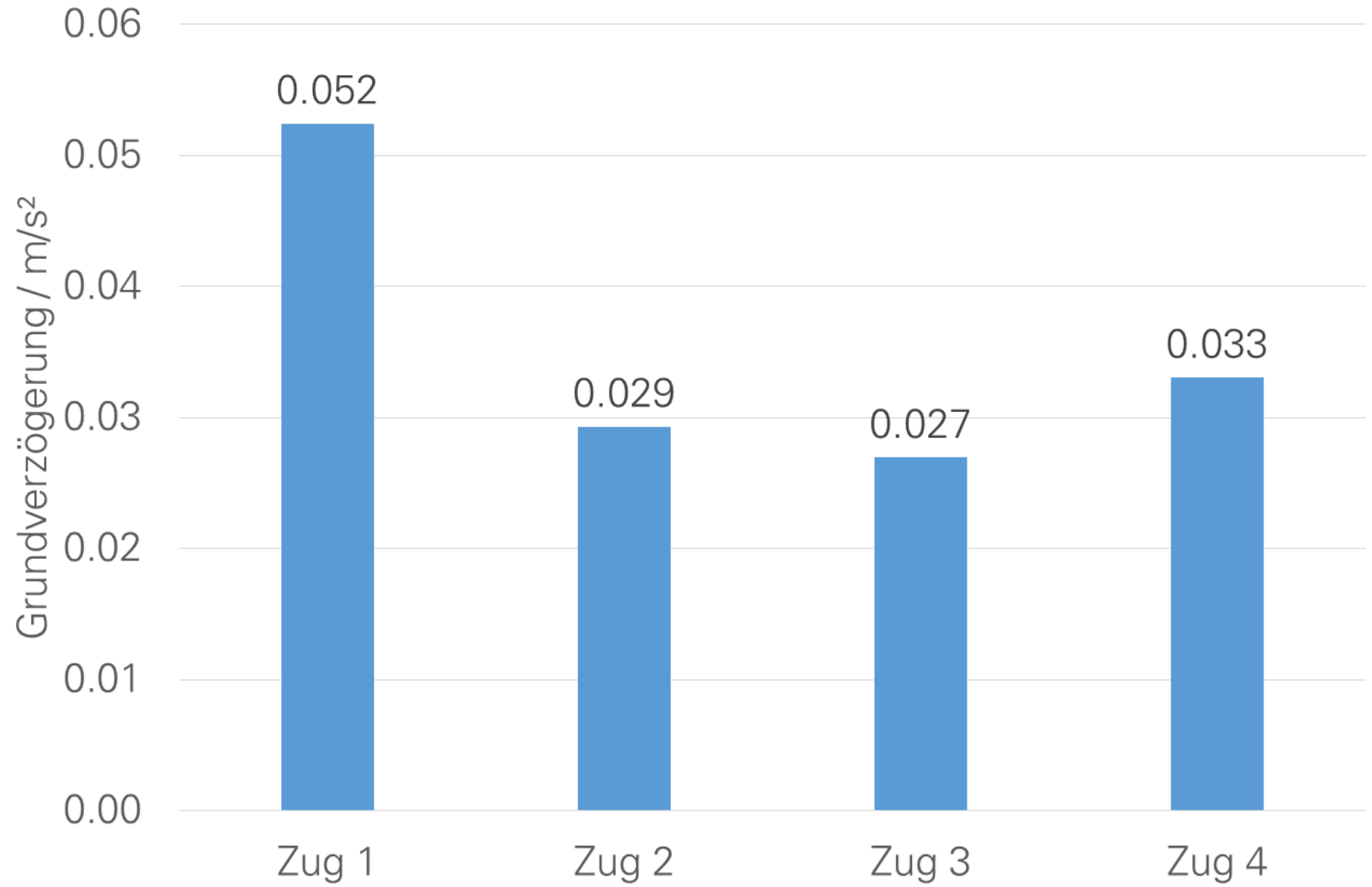
Zug 2



Zug 3



Zug 4





Zug 1



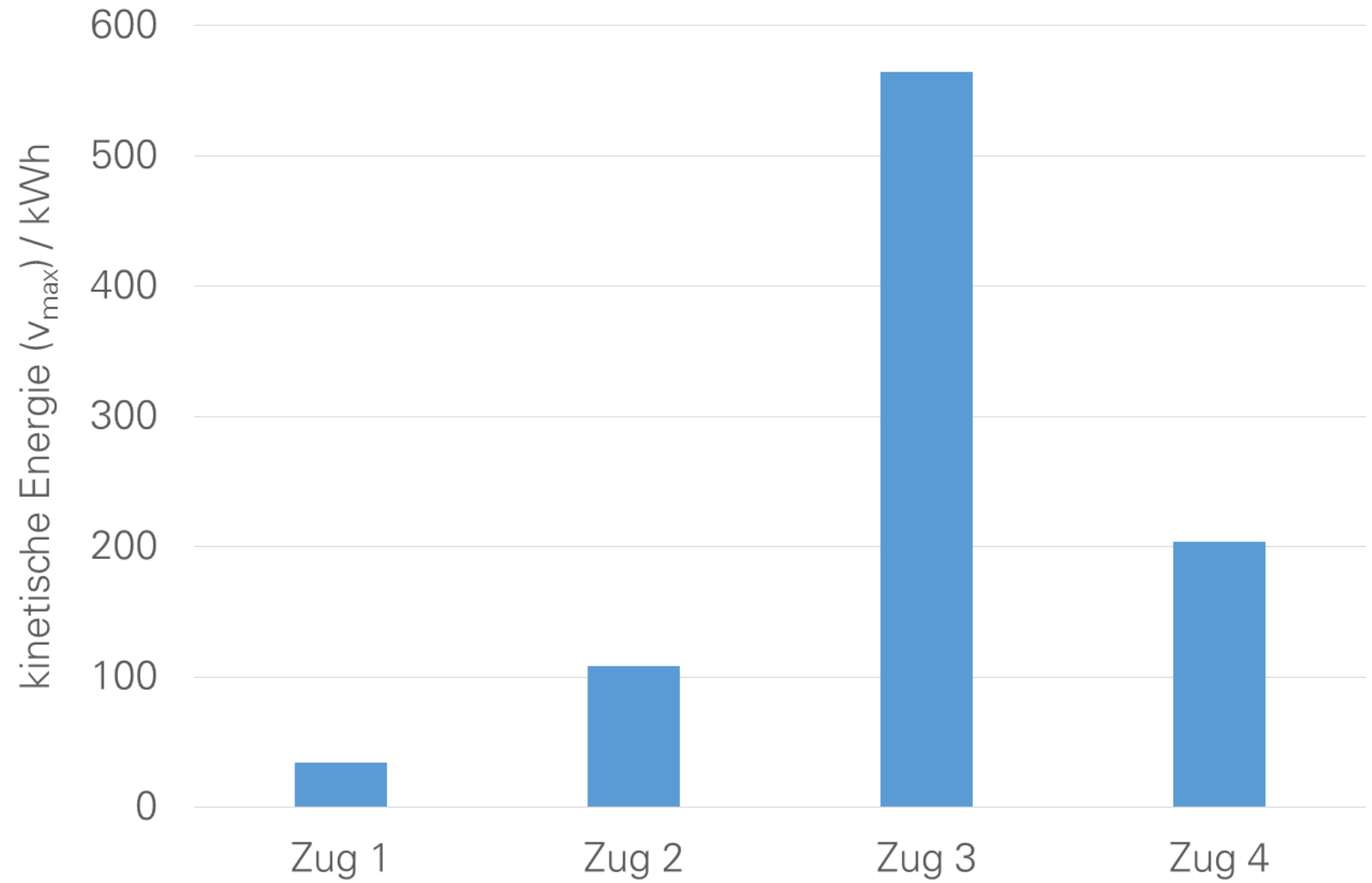
Zug 2



Zug 3



Zug 4



Zug 1



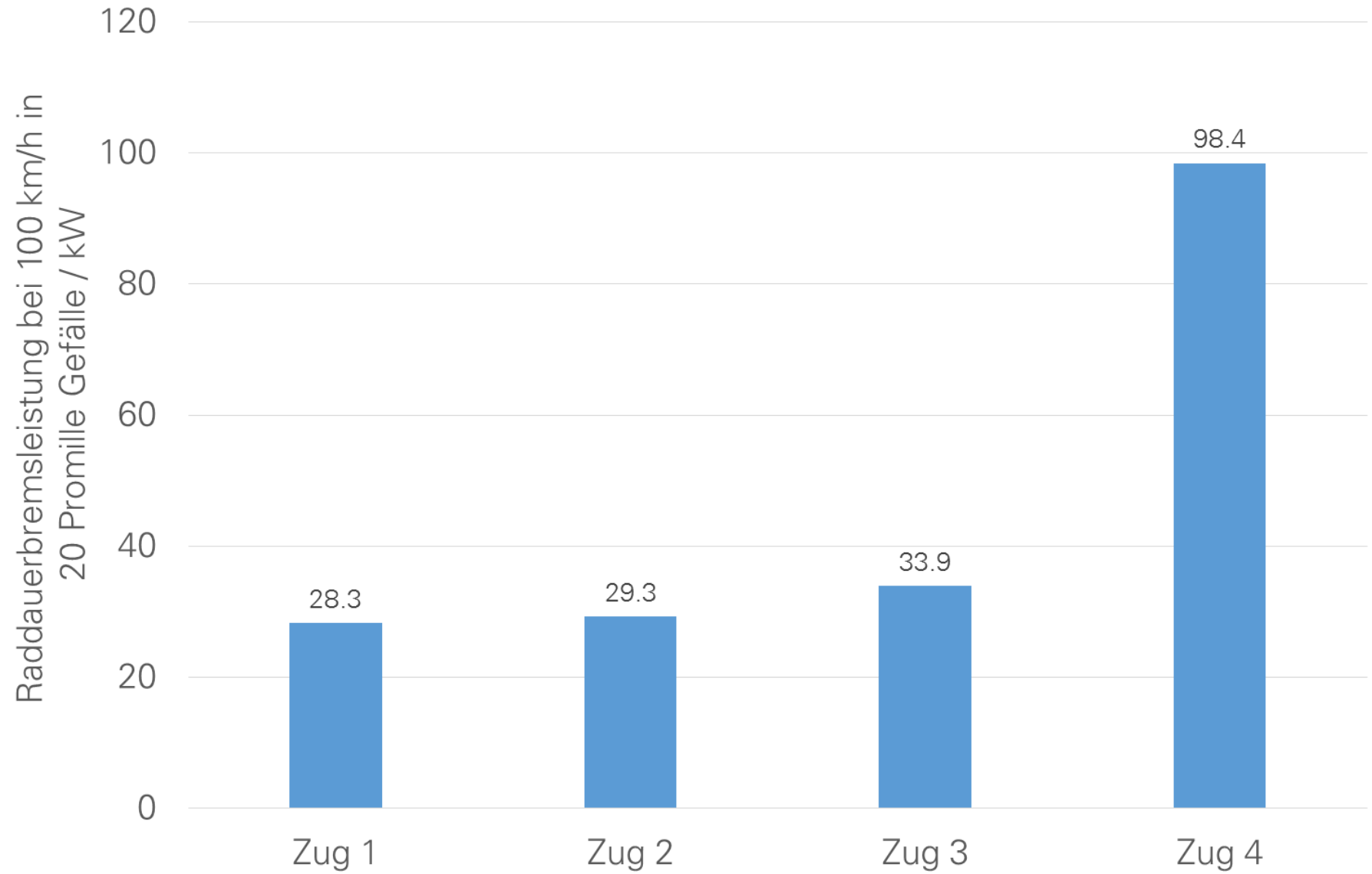
Zug 2



Zug 3



Zug 4





Zug 1



Zug 2

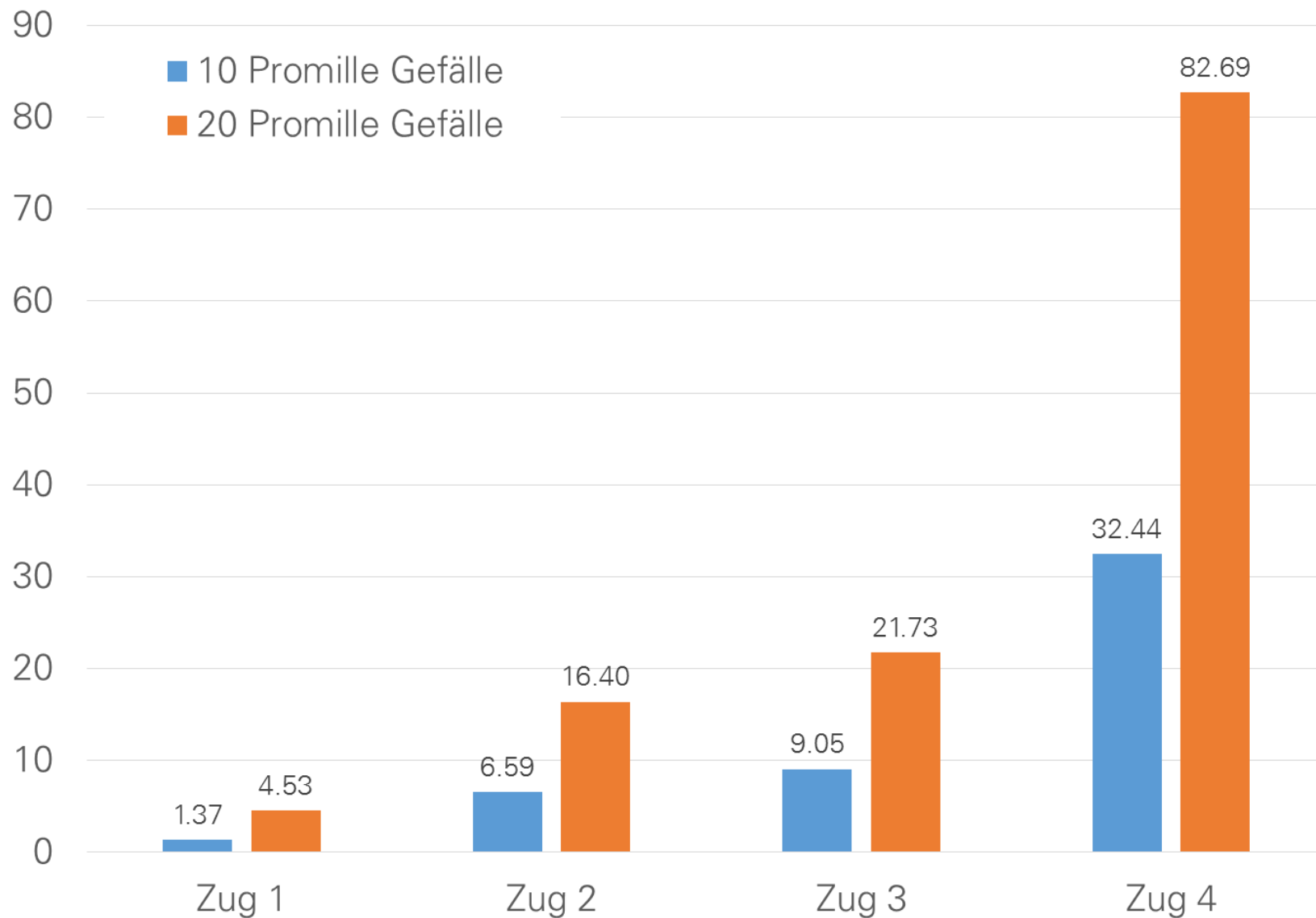


Zug 3



Zug 4

Beharrungsbremsarbeit / kWh/km





Zug 1



Zug 2



Zug 3



Zug 4

