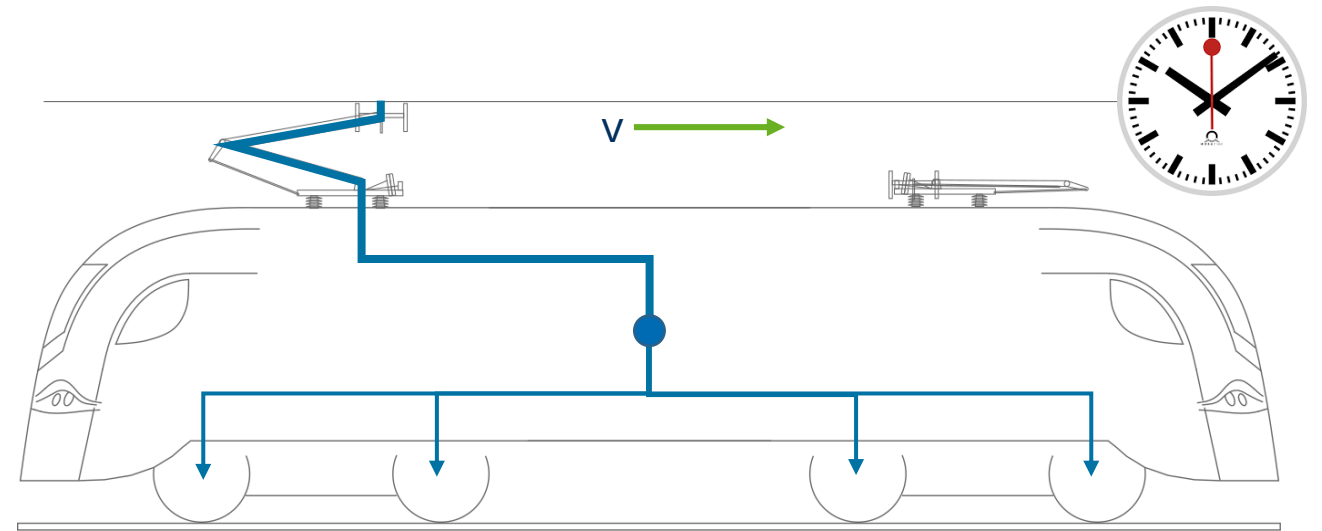
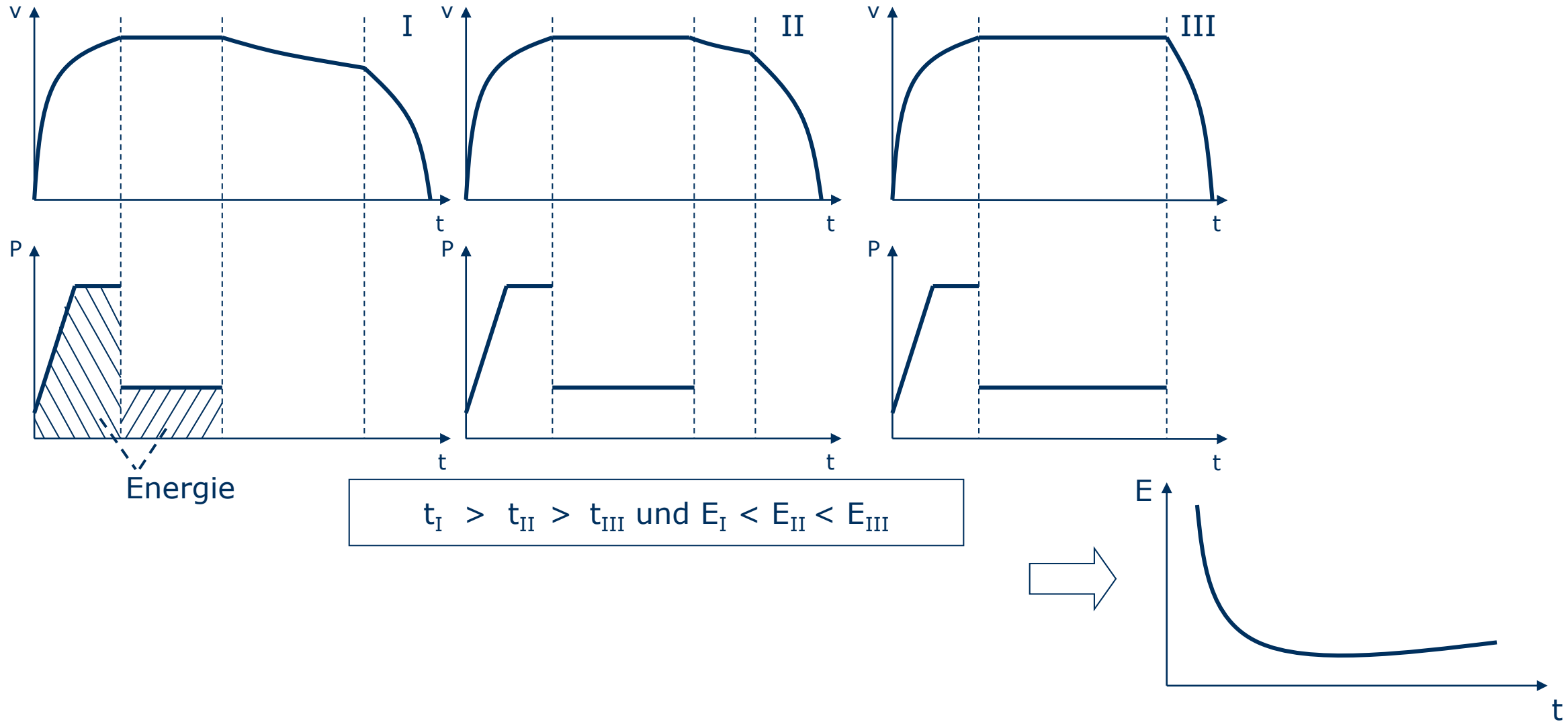


Vorlesungsinhalte

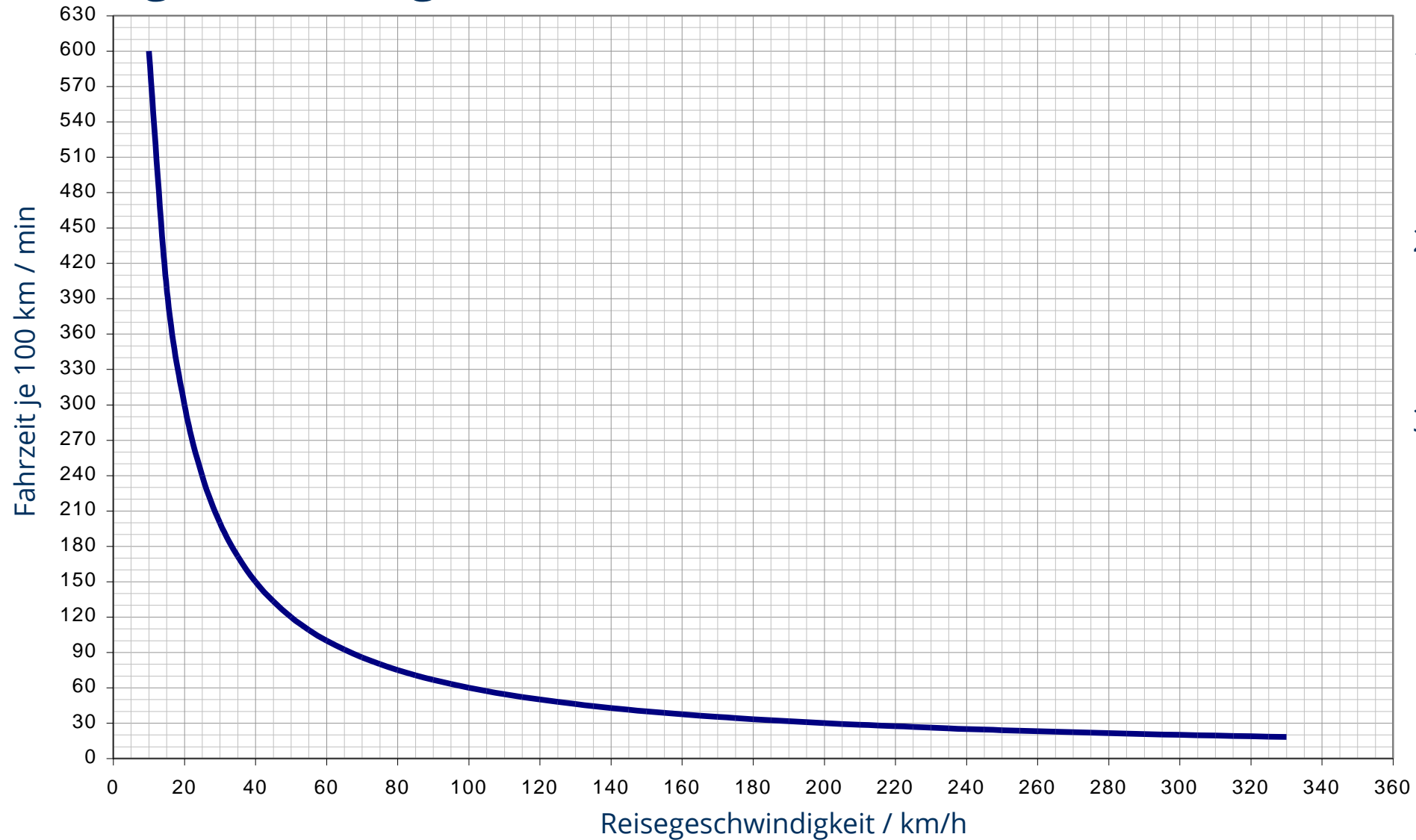
- 0 Einführung
- 1 Grundlagen
- 2 Fahrwiderstandskräfte
- 3 Antriebskräfte
- 4 Bewertung des Traktionsvermögens
- 5 Leistungs- und Energiebedarf
- 6 Betrachtungen zu Energie und Fahrzeit**
- 7 Grundlagen der Fahrzeitberechnung
- Rechnerpraktikum Zugfahrtsimulation



Grundzüge des Energiesparenden Fahrens



Reisegeschwindigkeit und Reisezeit I

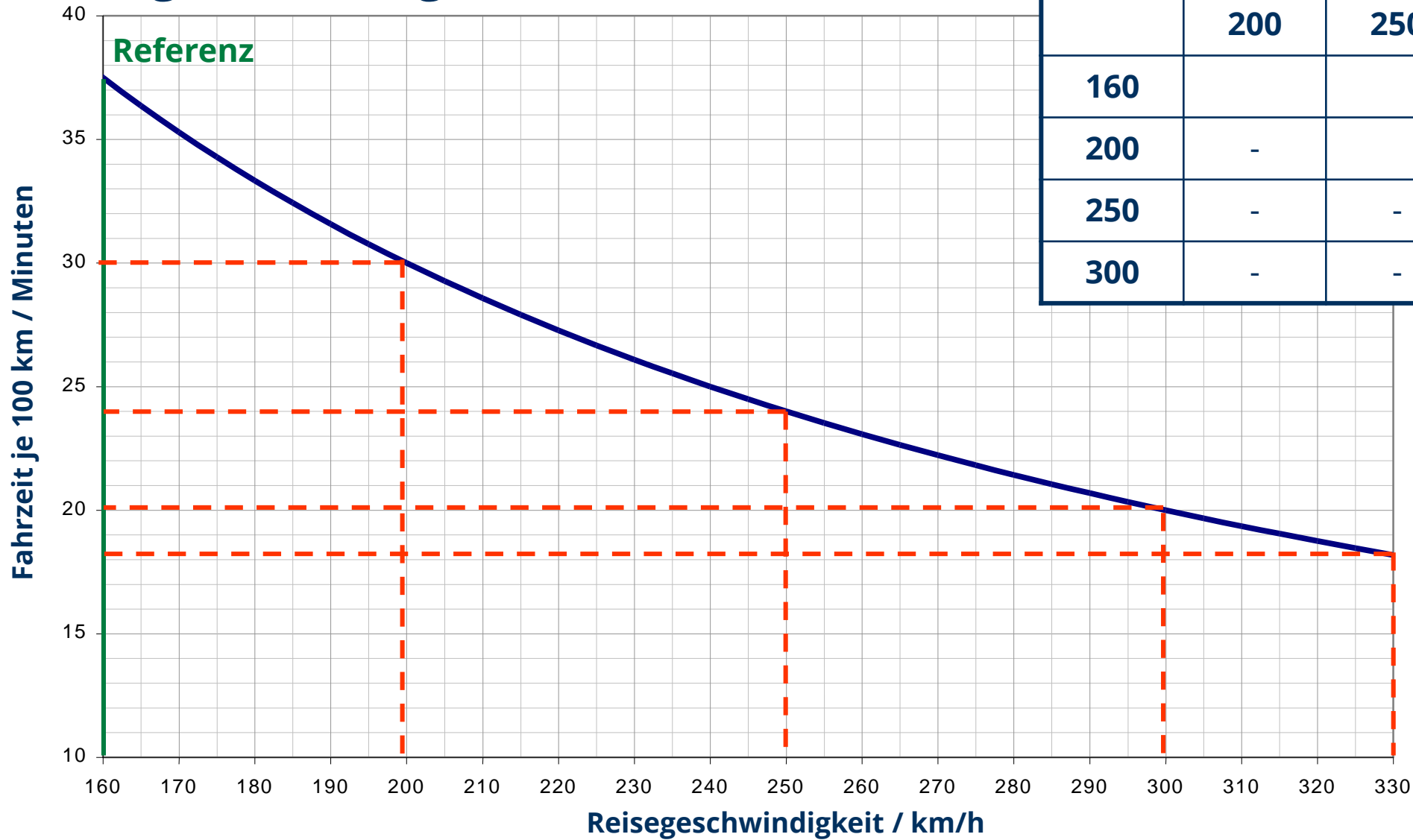


100 km/h:
60 min/ 100 km

200 km/h:
30 min/ 100 km

300 km/h:
20 min/ 100 km

Reisegeschwindigkeit und Reisezeit II



	200	250	300	330
160				
200	-			
250	-	-		
300	-	-	-	

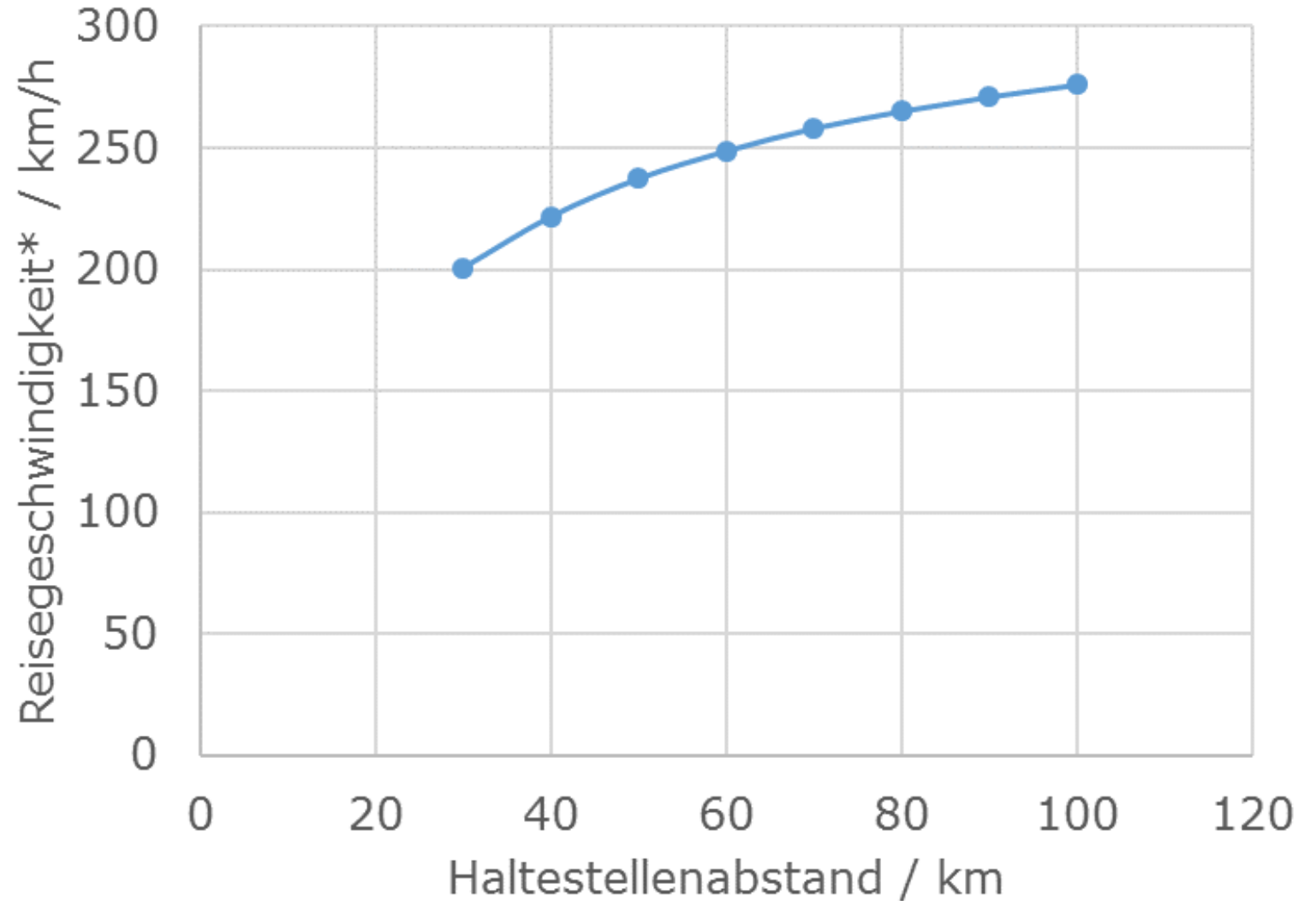
Reisegeschwindigkeit und Haltestellenabstand

*Randbedingungen:

ideales Fahrspiel aus

- Beschleunigung unter Ausnutzung der maximalen Anfahrzugkraft und Treibradleistung
- Beharrung bei $v_{\max} = 300$ km/h (sofern möglich)
- Bremsung mit $0,5$ m/s² (Betriebsbremsung)
- ebene Strecke

- Variation des Haltestellenabstandes



Energiebedarf an den Treibrädern (ICE 3)

Fahrzeit und Energie ICE 3

100 km/h:

60 min/100 km
360 kWh/100 km

-30 min (50%)
+570 kWh (258 %)

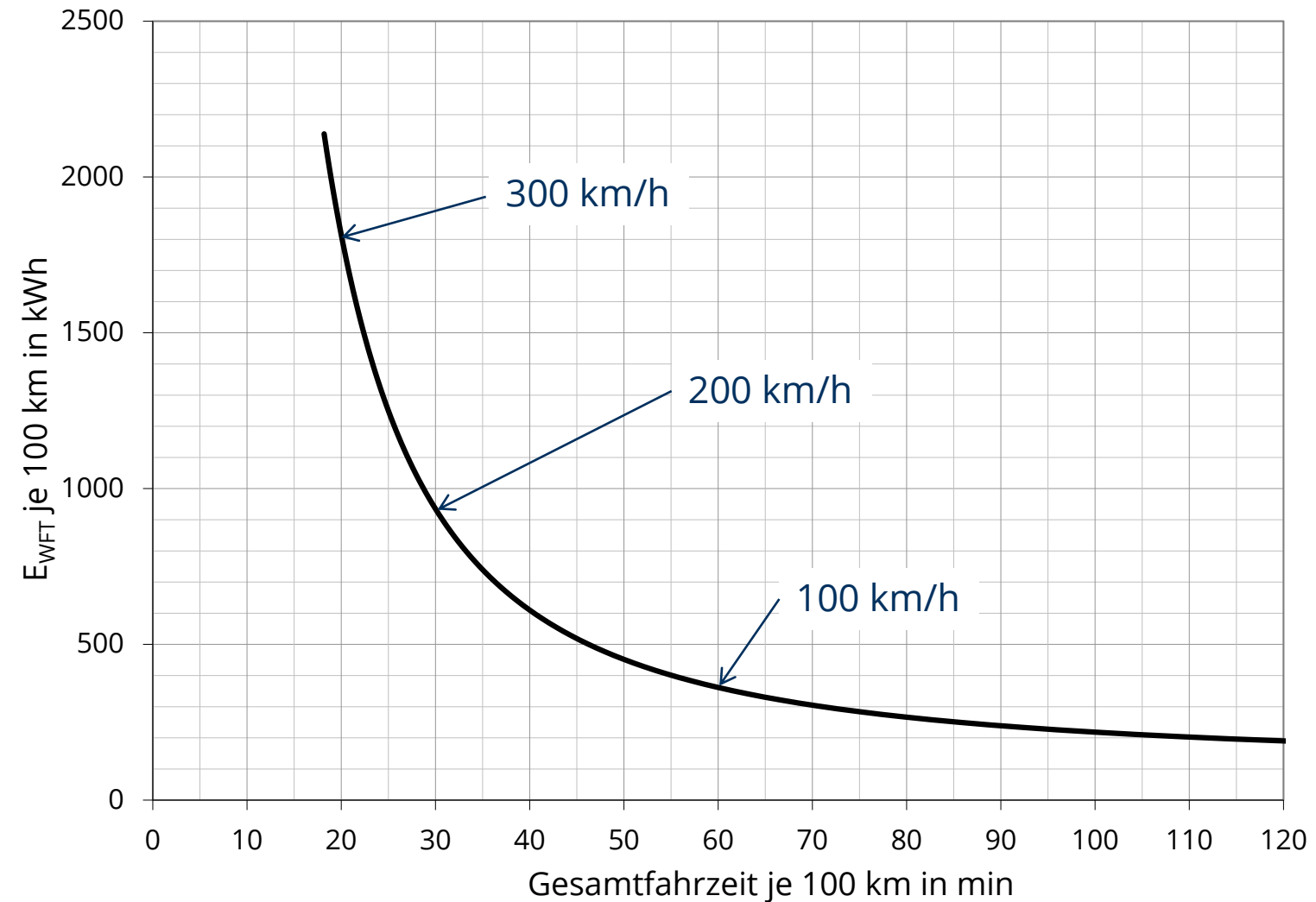
200 km/h:

30 min/100 km
930 kWh/100 km

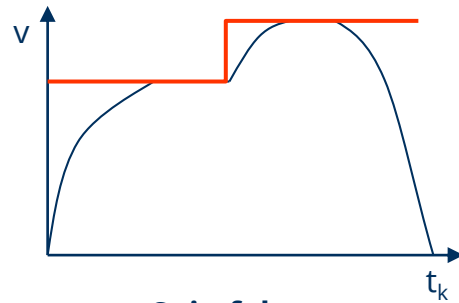
-10 min (67%)
+910 kWh (198 %)

300 km/h:

20 min/100 km
1840 kWh/100 km

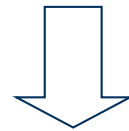


Fahrplankonstruktion (Prinzip)



Spitzfahrt -
Vorausberechnung der
kürzesten Fahrzeit

Regelzuschlag
+
Sonderzuschläge = Fahrplan-Fahrzeit (Soll-Fahrzeit)



Fahrzeitreserve

Anwendung der
Energiesparenden
Fahrweise

kurzfristige Langsamfahrstellen
verlängerter Fahrgastwechsel
außerplanmäßige Halte
Zwangsbremnungen

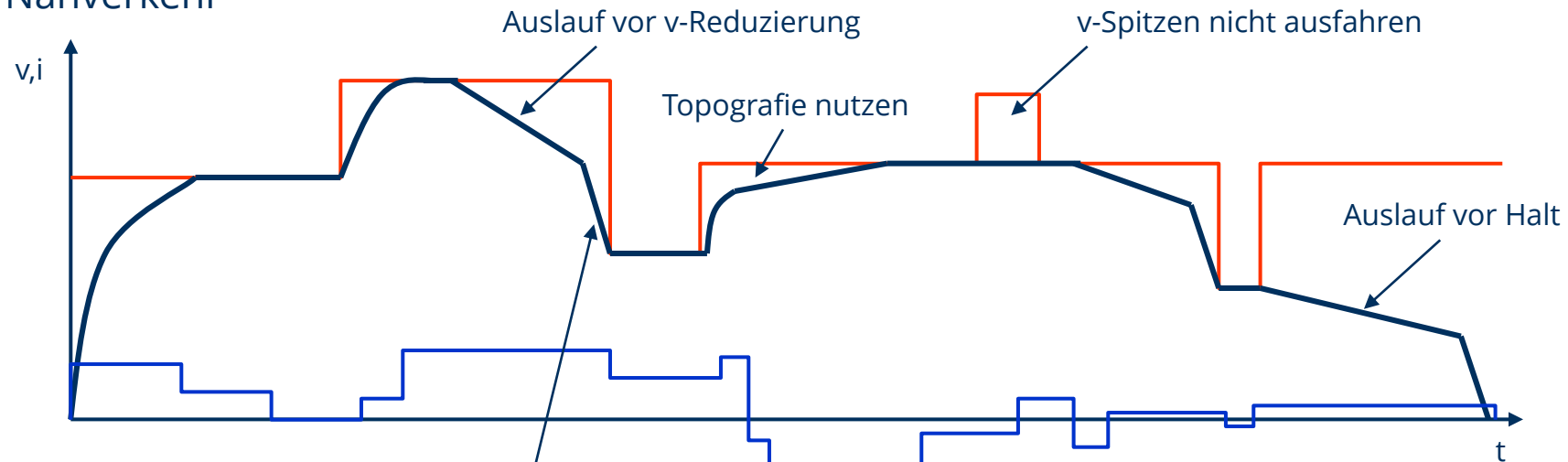
Traktionsenergie sparen



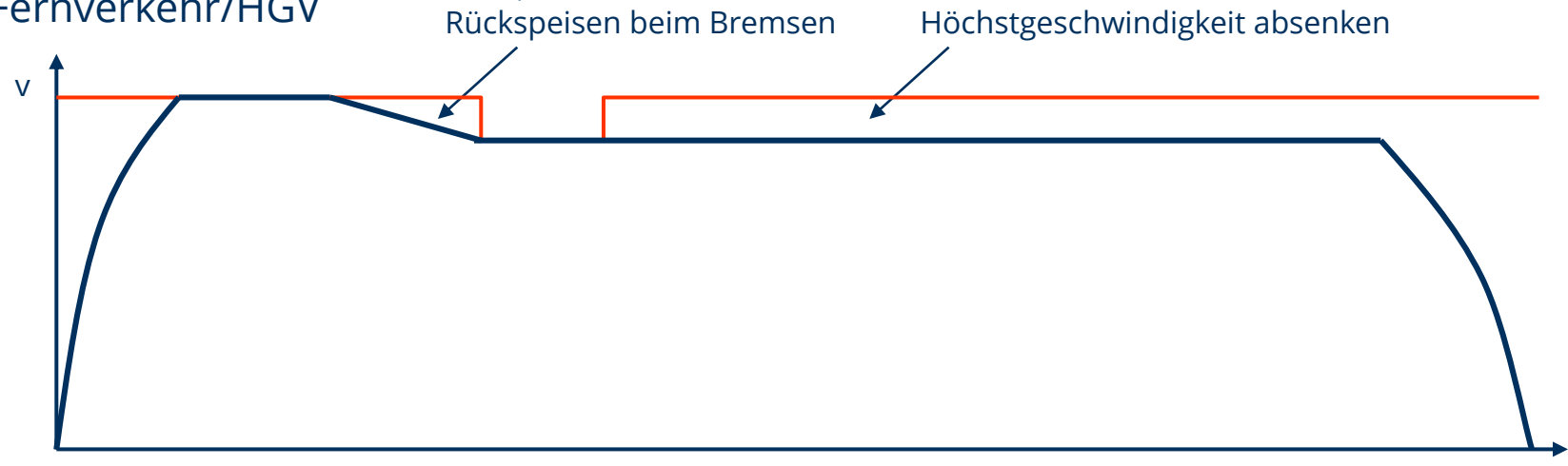
Fahrplan einhalten

Energiesparendes Fahren – betriebliche Eingriffsmöglichkeiten

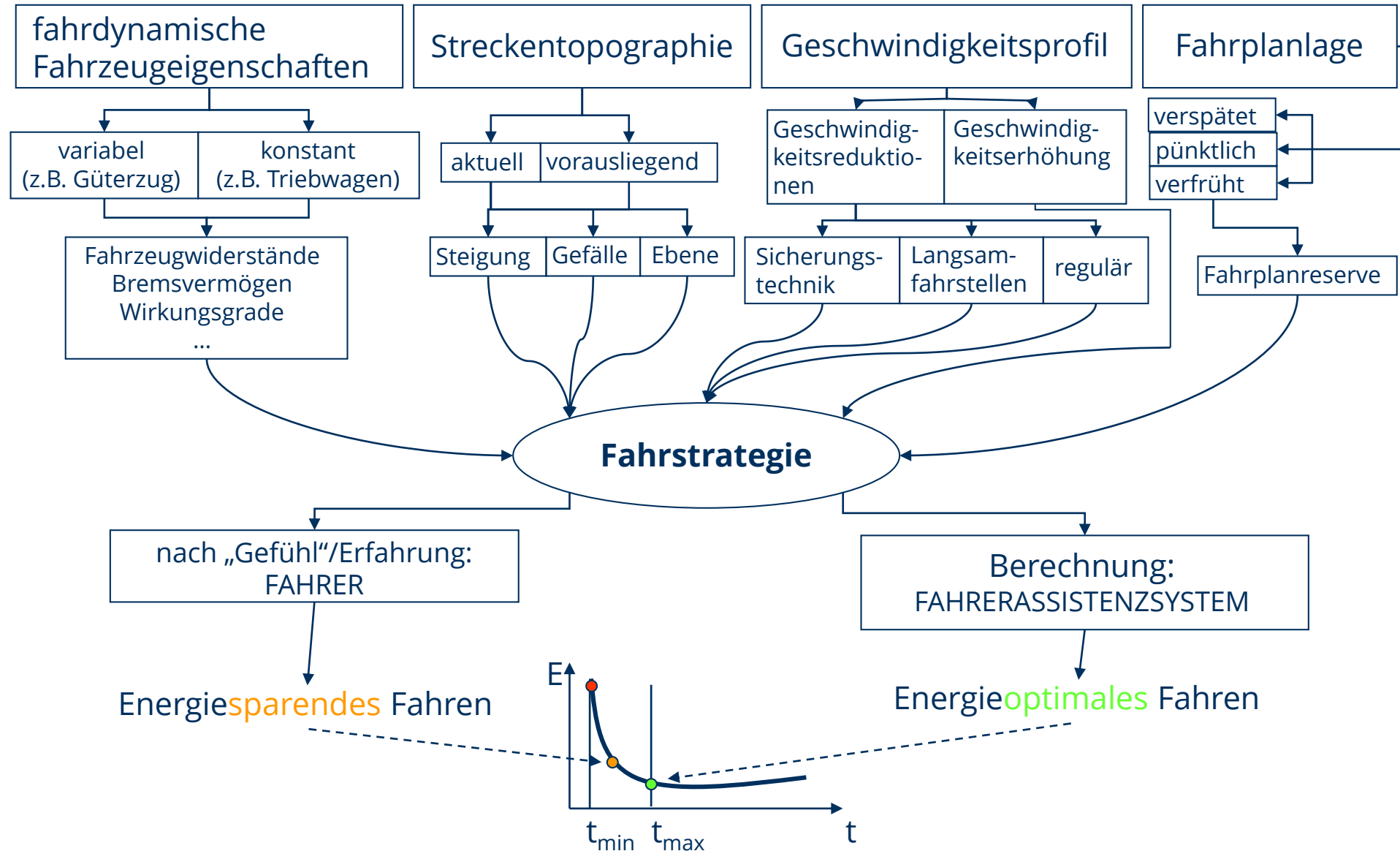
Nahverkehr



Fernverkehr/HGV



Energiesparendes Fahren – Fahrstrategie und Einflussfaktoren



Energiesparen 1:

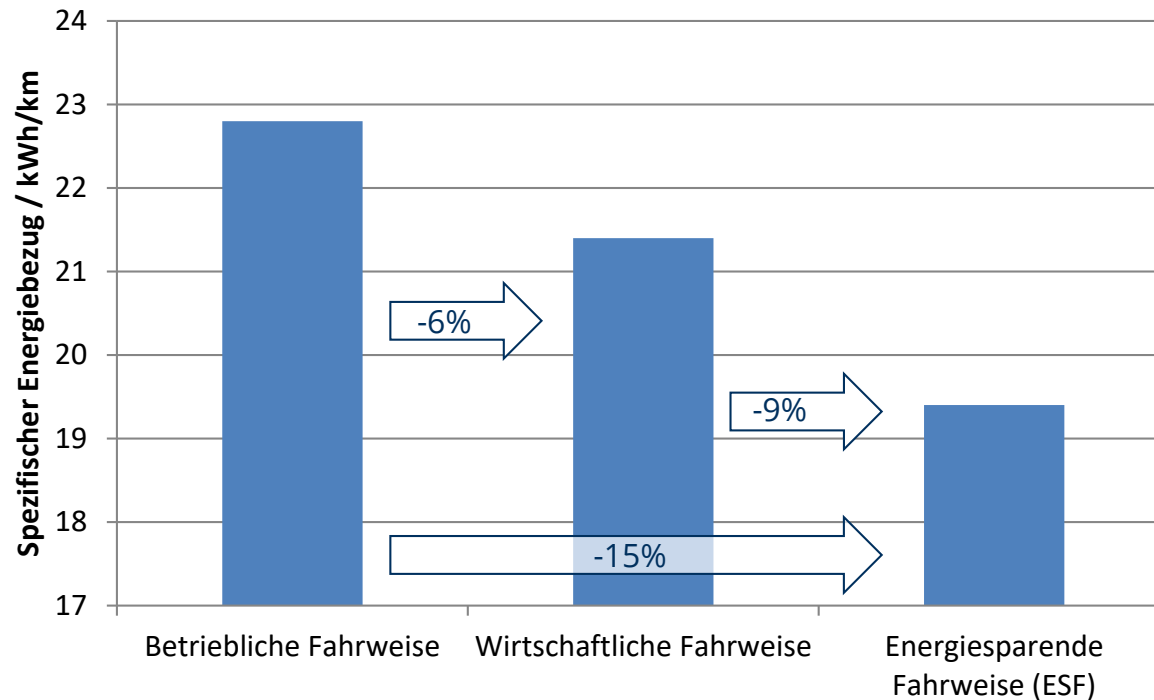
Empirische Analyse gemessener Energiebezüge der ICE 1 – Flotte der DB

Quelle: Lehmann, EB Elektrische Bahnen, 7/2007, S. 397 ff.

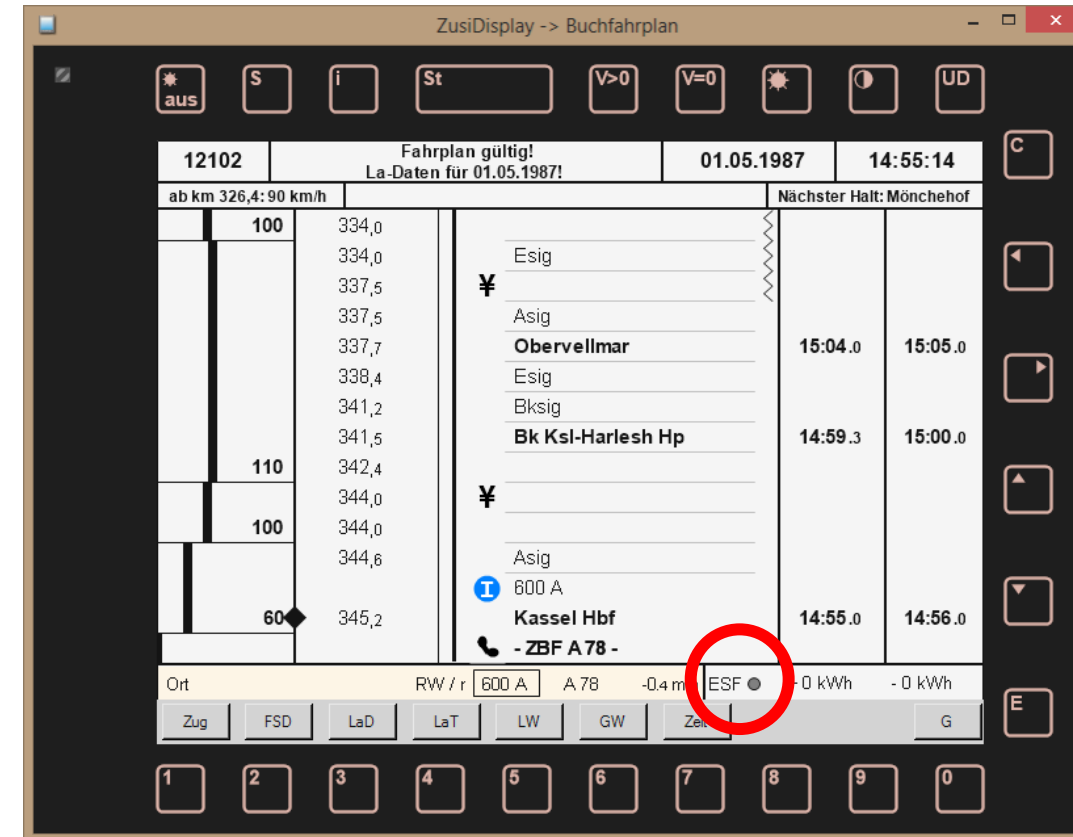


BR 401
(ICE 1)

Analyse von 5092 Fahrten (1996/1997):



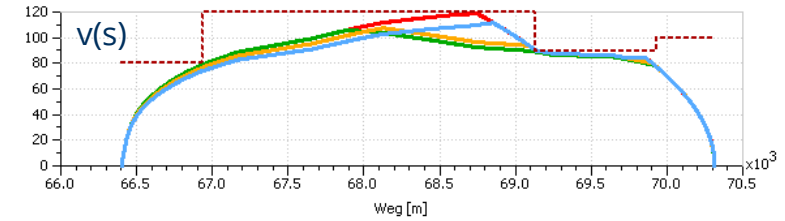
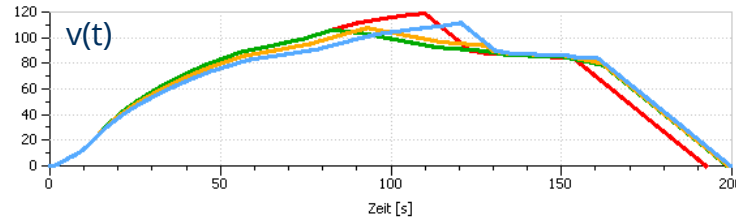
©Jens Hauptert



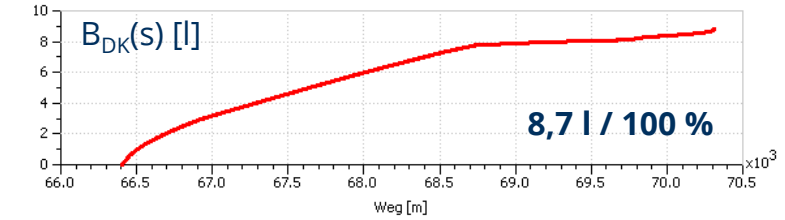
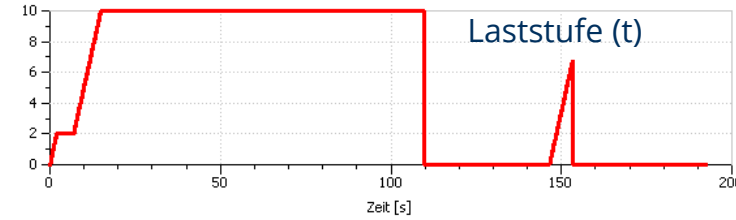
Energiesparen 2 Fahrzeugbedienung



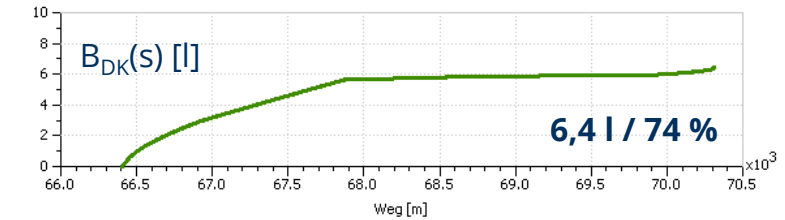
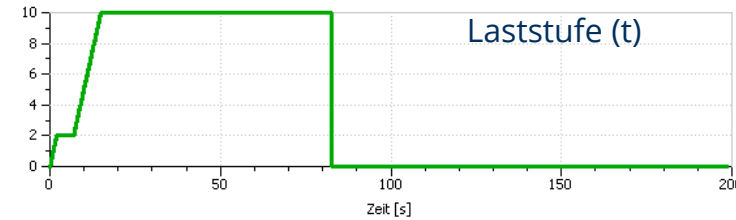
BR 612



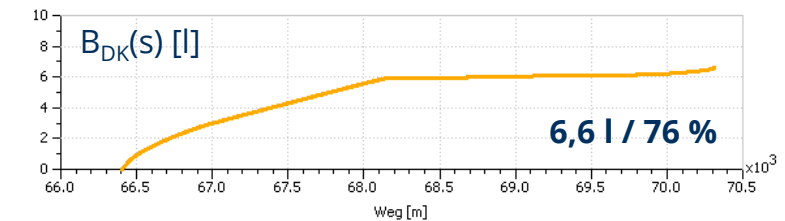
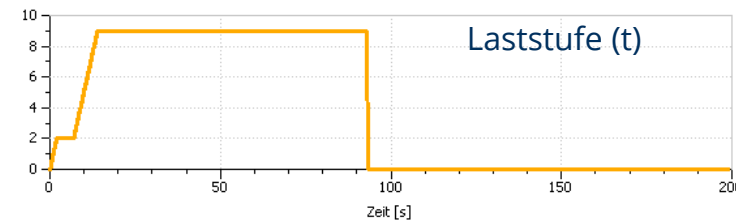
Vergleich der
simulierten
Fahrspiele



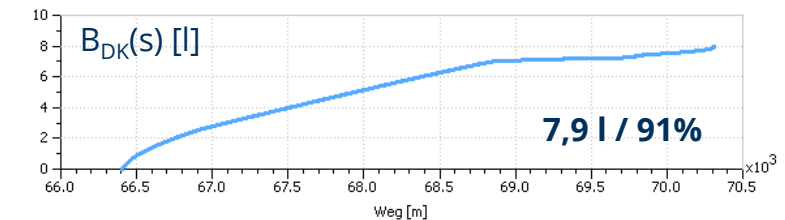
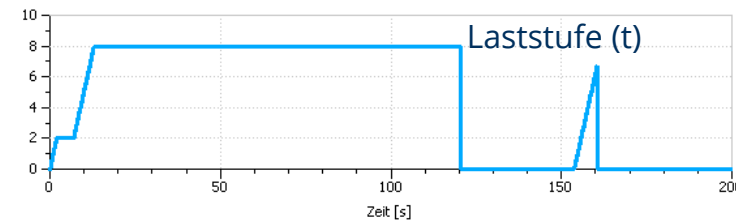
Strategie 1:
Spitzfahrt



Strategie 2:
Energiesparend
mit maximaler
Traktionsleistung



Strategie 3:
Energiesparend
mit 90%
Traktionsleistung



Strategie 4:
Energiesparend
mit 80%
Traktionsleistung

Energiesparen 3 - Fahrzeugbedienung



Beispiel BR 232

Verdopplung (!) des Kraftstoffverbrauches für einen Beschleunigungsvorgang bei ungünstig gewählter Fahrstufe

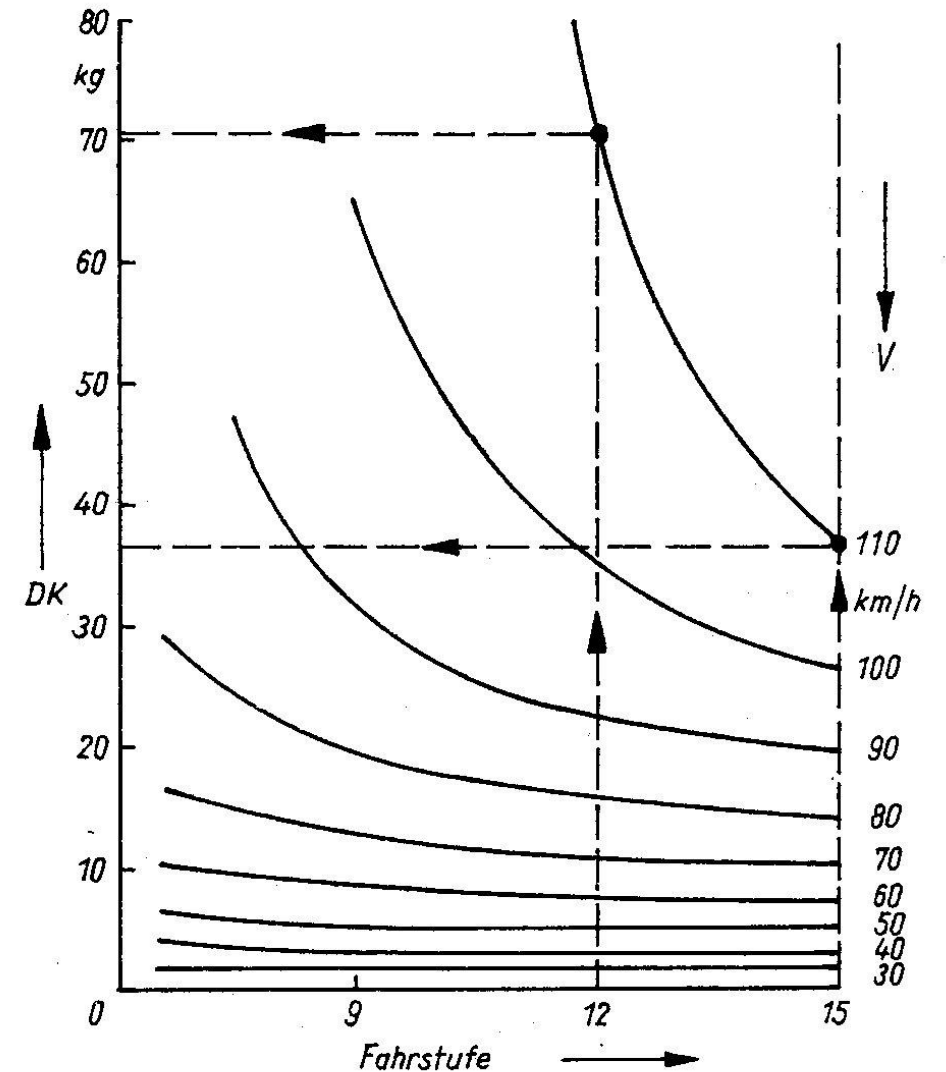


Bild 1 DK-Verbrauch für die Beschleunigungsphase (Anfahren) in Abhängigkeit der Fahrstufenstellung
BR 132 Zugmasse = 400 t

Energiesparen 4: Analyse des Flottenenergiebedarfes der Virgin Pendolino

Installation von Elektroenergiezählern und Protokollierung des gesamten Energiebedarfes im Betrieb

Erkenntnisse und Maßnahmen:

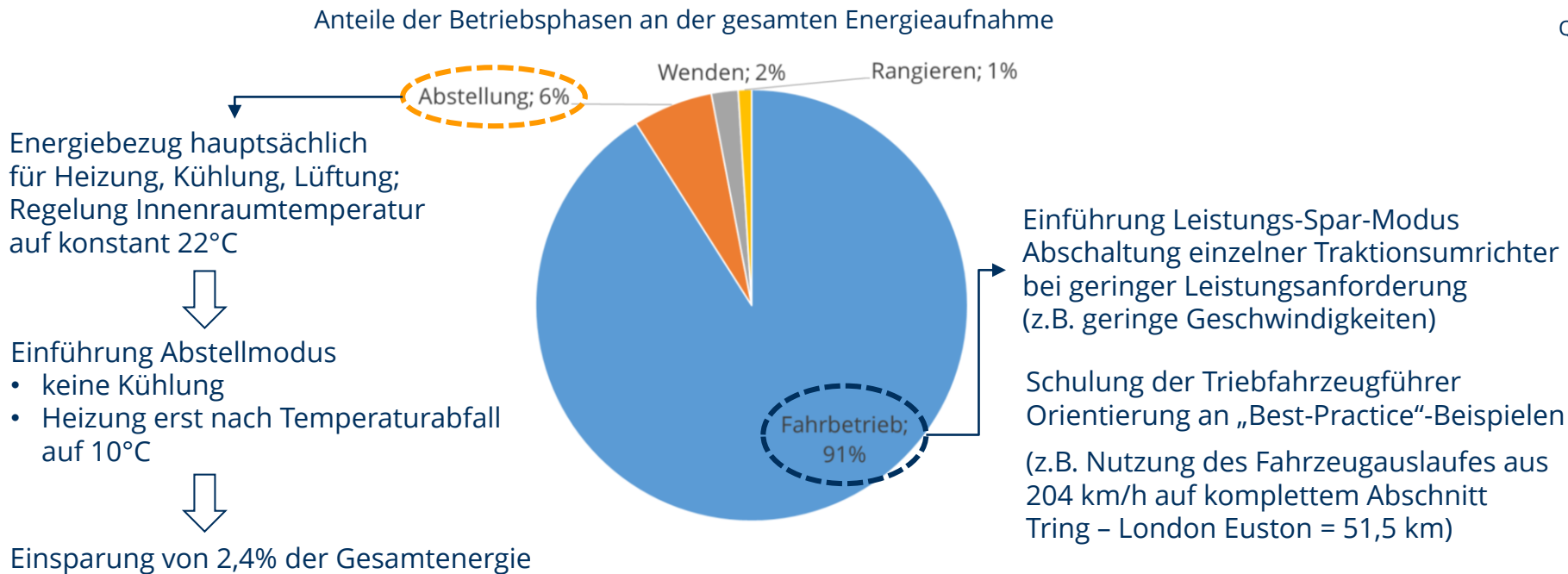
- durchschnittlicher wegbezogener Energiebezug: 14,5 kWh/km
- Rückspeisequote: 17%
- Schwankungen des Energiebezuges von vergleichbaren Fahrten (gleiche Strecke): 10%



class 390 „Virgin Pendolino“

Quelle:

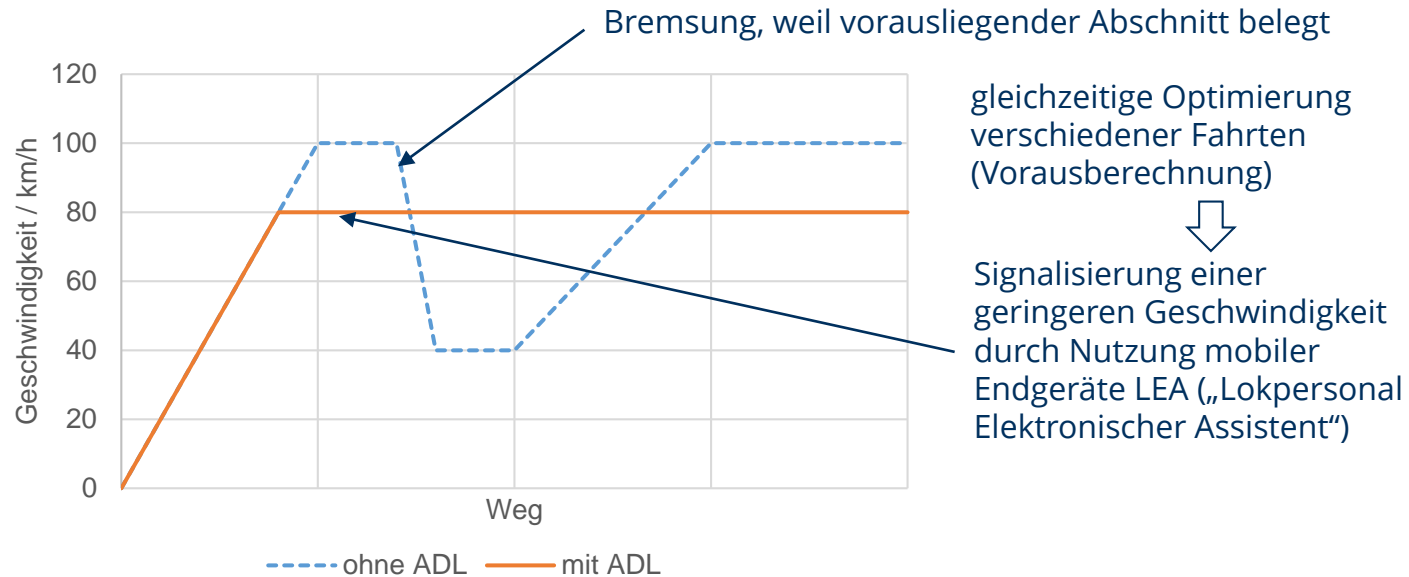
J. Evans:
"Energy monitoring on the Virgin Pendolino trains"
IET Conference on Railway Traction Systems (RTS 2010), Birmingham, 2010, pp. 1-5,
doi: 10.1049/ic.2010.0023



Energiesparen 5: Adaptive Zuglenkung (ADL) bei den SBB

Grundgedanke: Vermeidung von Bremsungen bzw. Zughalten bei der Lösung von Trassenkonflikten

Effekt: minimaler Gesamtenergiebedarf bei maximaler Streckenkapazität



Einsparpotentiale für typische Züge:



Fernverkehr: ca. 19 kWh



Nahverkehr: ca. 2 kWh
(hohe Rückspeisequote)



Güterverkehr: ca. 64 kWh

Quelle:
Schranil, Steffen und Grossenbacher, Peter:
"Energieeffizienz in der Bahnproduktion",
Eisenbahntechnische Rundschau (ETR),
Bd. 65, Heft 9/2016, S. 152-157