

# 2. Anforderungen an Triebfahrzeuge

## 2.1 Nach nationaler Gesetzgebung

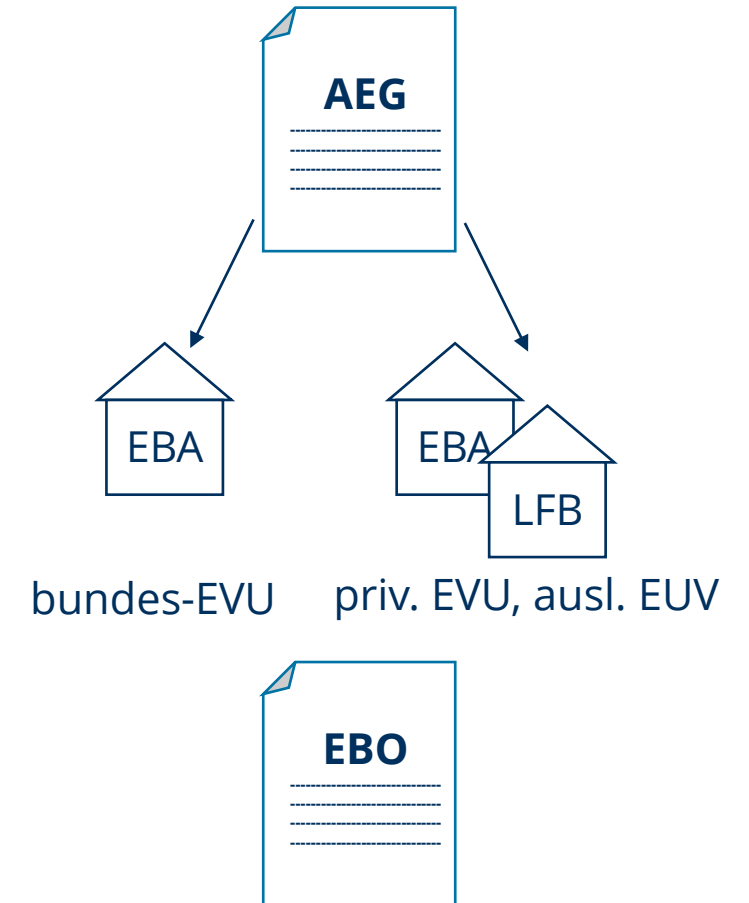


### 2.1.1 Zuständigkeiten

- Regelung durch AEG
- EBA (Eisenbahn Bundesamt) → Aufsicht und Genehmigung/Zulassung von Eisenbahnen des Bundes
- EBA (Eisenbahn Bundesamt) bzw. Landesbevollmächtigte (LFB) → Aufsicht und Genehmigung/Zulassung
  - Eisenbahnen ohne Sitz im Inland
  - mehrere nichtbundeseigene EVU

### 2.1.2 EBO

- EBO (Verordnung) mit Gültigkeit für alle regelspurigen Eisenbahnen (Eisenbahnen des Bundes + priv. EVU)
- alle Regelfahrzeuge müssen Vorschriften der EBO genügen



## 2. Anforderungen an Triebfahrzeuge

### 2.1 Nach nationaler Gesetzgebung



#### zu 2.1.2 EBO

#### Allgemeine Anforderungen (§ 2)

- „Bahnanlagen und Fahrzeuge müssen so beschaffen sein, dass sie den Anforderungen der Sicherheit und Ordnung genügen“ → erfüllt wenn:
  - Erfüllung der Vorschriften der EBO
  - anerkannten Regeln der Technik entsprechend
- Abweichung von anerkannten Regeln der Technik nur möglich, wenn mindestens die gleiche Sicherheit nachgewiesen

#### Anschriften (§ 28, Abs. 14)

- „Fahrzeuge müssen die für Betrieb, Unterhaltung und Arbeitsschutz erforderlichen Anschriften und Zeichen tragen.“

#### Abnahme und Untersuchung der Fahrzeuge (§ 32)

- „Neue Fahrzeuge dürfen erst in Betrieb genommen werden, wenn sie abgenommen worden sind“
- Fahrzeuge sind planmäßig wiederkehrend zu untersuchen
- Untersuchung mind. alle 6 Jahre; die Frist zw. 2 Untersuchungen verlängerbar (um 1 Jahr), insg. max. 8 Jahre wenn Fzg-Zustand zulässig

# 2. Anforderungen an Triebfahrzeuge

## 2.1 Nach nationaler Gesetzgebung



### 2.1.2 EBO – Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung

— Ausrüstung und Anschriften



Fotos: Karim Benabdellah

- (1) Einrichtungen zum Geben hörbarer Signale
- (2) Bahnräumer
- (3) Geschwindigkeitsanzeiger (Führerstand)
- (4) Zugbeeinflussung
- (5) Sicherheitsfahrerschaltung
- (6) Zugfunkeinrichtungen (Dach)
- (7) Anschriften und Zeichen für Betrieb, Unterhaltung und Arbeitsschutz



# 2. Anforderungen an Triebfahrzeuge

## 2.2 Nach europäischer Gesetzgebung

### Transeuropäische Netze (TEN)

— Karte der europäischen Schnellfahrstrecken

Legende :

- 310 - 320 km/h
- 270 - 300 km/h
- 240 - 260 km/h
- 200 - 230 km/h
- < 200 km/h
- Im Bau/  
Ausbaustrecke



Quelle: Wikipedia, Abruf 13.04.2018

# 2. Anforderungen an Triebfahrzeuge

## 2.2 Nach europäischer Gesetzgebung



### 2.2.1 Allgemeines

- auf EU-Ebene: Verordnungen für sicheres und interoperables, also technisch kompatibles, europäisches Bahnsystem nötig
- TSI (Technische Spezifikationen zur Interoperabilität) → enthalten Anforderungen und Prüfverfahren für Interoperabilitätskomponenten und Teilsysteme
- aktuell 11 gültige TSI für Infrastruktur und Fahrzeuge (Stand: 08-2017, Quelle: EBA: TSI-Uebersicht.xls)

- OPE – Verkehrsbetrieb und Verkehrssteuerung
- WAG – Güterwagen
- INF – Infrastruktur
- PRM – Zugänglichkeit für Menschen mit Behinderung und Menschen mit eingeschränkter Mobilität („persons with disabilities and persons with reduced mobility“)
- ENE – Energie
- **LOC&PAS – Lokomotiven und Personenwagen**
- SRT – Sicherheit in Eisenbahntunneln
- NOI – Lärm
- TAF – Telematikanwendungen für den Güterverkehr
- TAP – Telematikanwendungen für den Personenverkehr
- ZZS – Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung

# 2. Anforderungen an Triebfahrzeuge

## 2.2 Nach europäischer Gesetzgebung

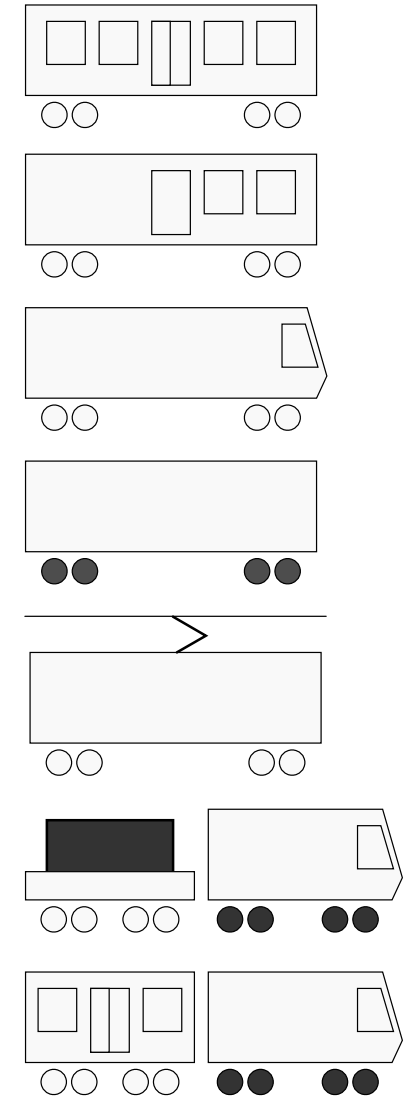
### 2.2.2 TSI LOC&PAS – Lokomotiven und Personenwagen

#### Geltungsbereich

- Nicht trennbare Zügeinheiten (Triebzüge)
- Einzelfahrzeuge oder feste Fahrzeuggruppen

#### Technische Fahrzeugkategorien für Triebfahrzeuge lt. TSI

- für die Beförderung von Fahrgästen ausgelegte Einheit
- für die Beförderung von fahrgastbezogenen Lasten (Gepäck, Autos usw.) ausgelegte Einheit
- mit einem Führerstand ausgestattete Einheit
- mit Antriebsausrüstung ausgestattete Einheit
- elektrische Einheit, mit Energiebezug aus TSI-konformem Spannungssystem
- Güterzuglokomotive: für die Beförderung von Güterwagen ausgelegte Einheit
- Reisezuglokomotive: für die Beförderung von Reisezugwagen ausgelegte Einheit

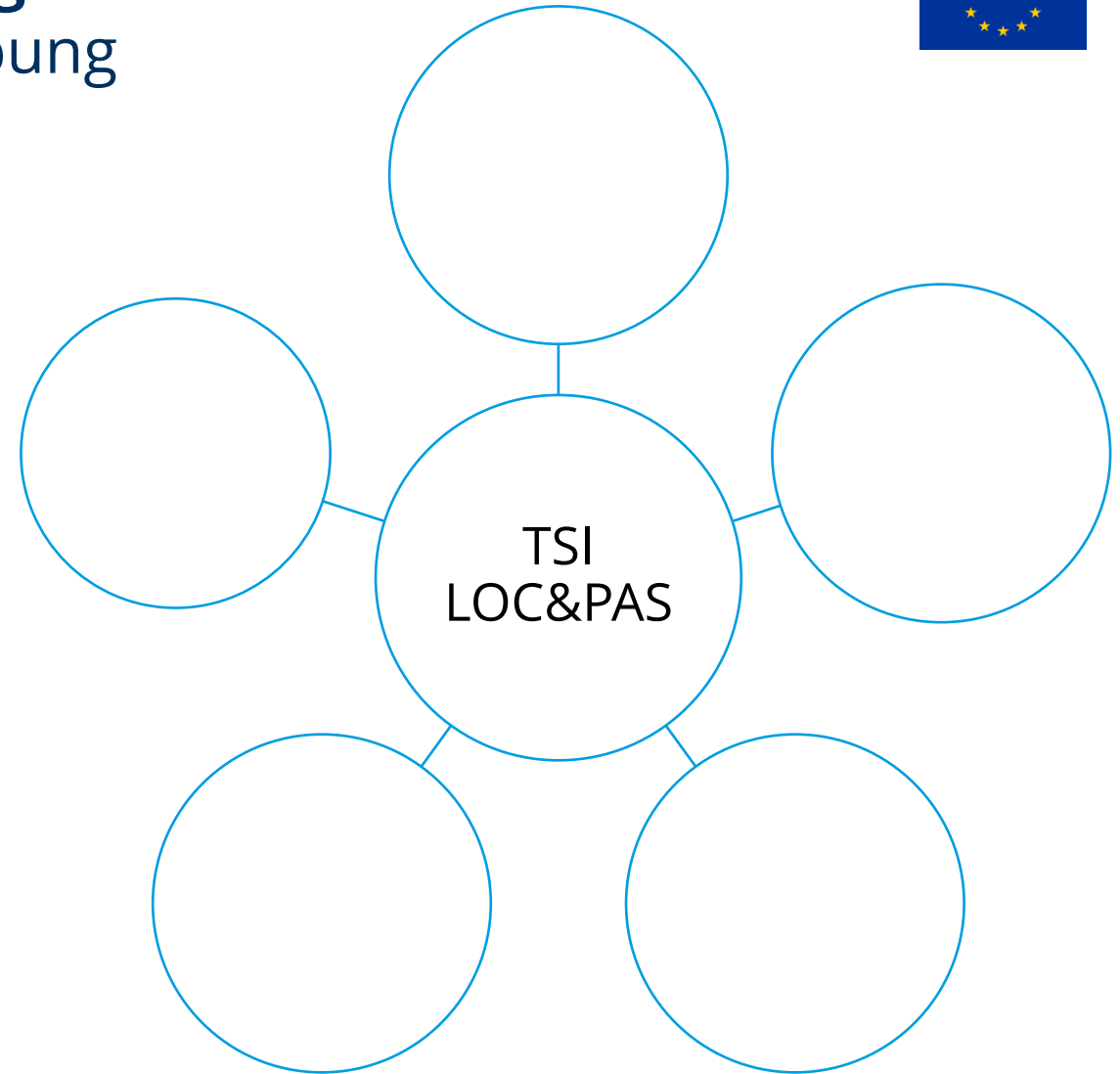
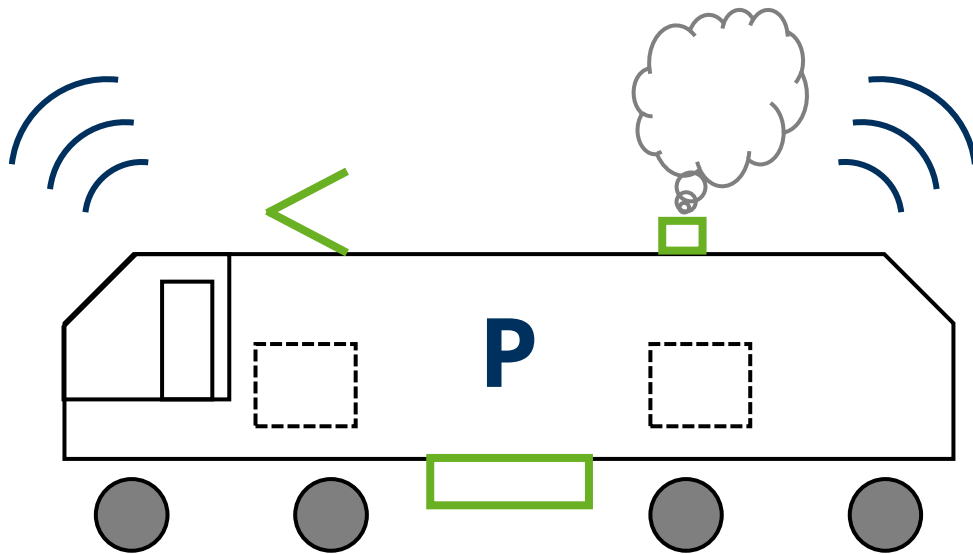


# 2. Anforderungen an Triebfahrzeuge

## 2.2 Nach europäischer Gesetzgebung



### 2.2.2 TSI LOC&PAS – wichtige Anforderungen aus triebfahrzeugtechnischer Sicht





## 2. Anforderungen an Triebfahrzeuge

### 2.2 Nach europäischer Gesetzgebung

#### 2.2.2 TSI LOC&PAS – wichtige Anforderungen aus triebfahrzeugtechnischer Sicht

##### Bsp: Antriebsleistung

- Zweck Antriebssystem: Sicherstellung des Betriebs des Zuges mit mehreren Geschwindigkeiten bis  $v_{\max, \text{Betrieb}}$
- Leistung von Einheiten so zu definieren, dass für Beförderungsaufgabe ausreichend
  
- Triebzüge u. Triebwagen: Beschleunigungen mind.  $0,05 \text{ m/s}^2$  bei normaler Zuladung, für HGV Triebzüge ( $v_{\max} \leq 250 \text{ km/h}$ ) zusätzliche Angaben
  - $0,40 \text{ m/s}^2$  von 0 auf 40 km/h
  - $0,32 \text{ m/s}^2$  von 0 auf 120 km/h
  - $0,17 \text{ m/s}^2$  von 0 auf 160 km/h
- Maximal ausgenutzte Kraftschlussbeiwerte
  - 0,30 beim Anfahren und bei sehr geringen Geschwindigkeiten
  - 0,275 bei 100 km/h
  - 0,19 bei 200 km/h
  - 0,10 bei 300 km/h

## 2. Anforderungen an Triebfahrzeuge

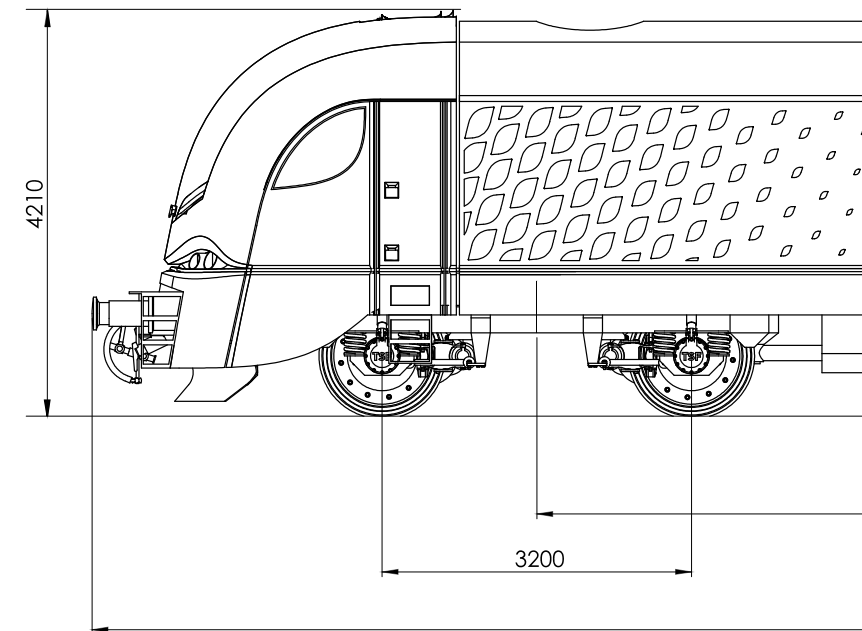
### 2.3 Fahrdynamische Anforderungen aus der Zugförderung\*

#### 2.3.1 Ausschreibungsseitige Anforderungen

##### Beispiel: Ausschreibung eines Bahnbetreibers für Diesellokomotiven im Reisezugverkehr

„Die Lokomotiven müssen folgende Grundanforderungen erfüllen:

- Realisierung des folgenden Zugförderprogramms:  
**5 Doppelstockwagen (DoSto)** mit je 55 t und **ein Steuerwagen** mit 60 t und  $V_{\max}$  **140 km/h in der Ebene** mit einem **Zugkraftüberschuss** von **3N/kN** und einer zentralen Energieversorgung (**ZEV**) von mind. **300 kVA**,
- Streckenklasse C2,
- **Anfahrzugkraft:** mindestens 235 kN. Die Lokomotive muss auch auf 270 kN ausgelegt werden können,
- $V_{\max}$  140 km/h /Option 160 km/h, ...“



(Zitat: Ausschreibung Nummer 356834-2009 ,Amtsblatt der Europäischen Union 248/2009)

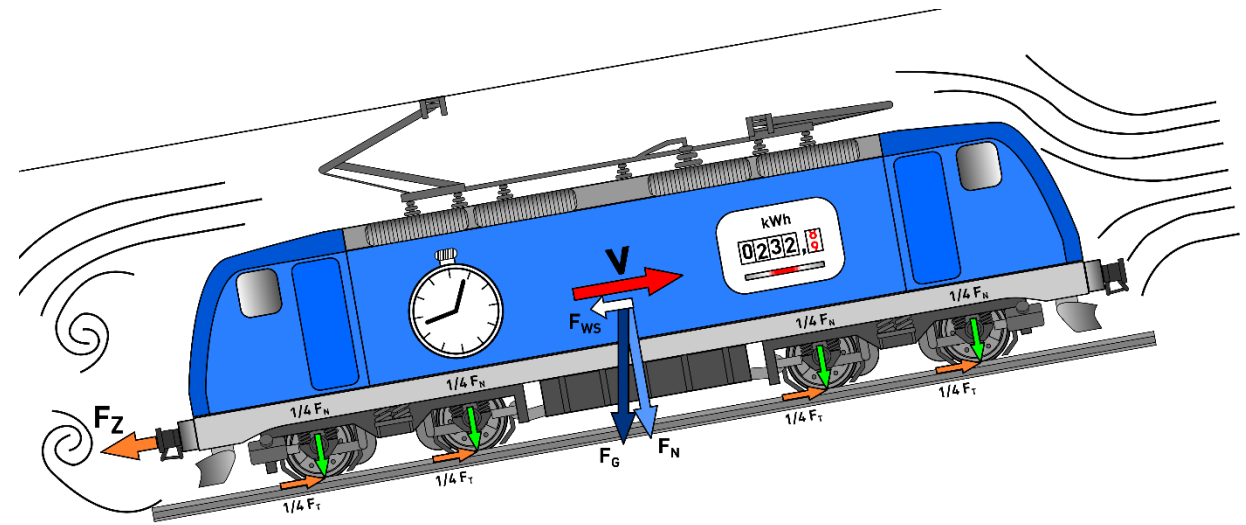
## 2. Anforderungen an Triebfahrzeuge

### 2.3 Fahrdynamische Anforderungen aus der Zugförderung\*

#### 2.3.2 Allgemeine Anforderungen

Aufgaben des Antriebssystems eines Tfz:

- Anfahren und Beschleunigen eines Triebfahrzeuges bzw. Zuges unter allen auftretenden Bedingungen
- Anpassen von Zugkraft und Geschwindigkeit an die Erfordernisse des Zugbetriebes
- Erreichung möglichst geringer Energieverluste bei Erfüllung der genannten Ziele
  
- Antriebsleistung so bemessen, dass Zug mit mehreren Geschwindigkeiten bis  $v_{\text{Max,Betrieb}}$  betrieben werden kann, unter Berücksichtigung von
  - Zugmasse
  - **Kraftschlussbedingungen**
  - **Strecken- und Fahrzeugwiderstände**



## 2. Anforderungen an Triebfahrzeuge

### 2.3 Fahrdynamische Anforderungen aus der Zugförderung\*

#### 2.3.3 Erforderliche Kräfte und Leistungen zur Zugförderung

- Widerstandskraft und Widerstandsleistung

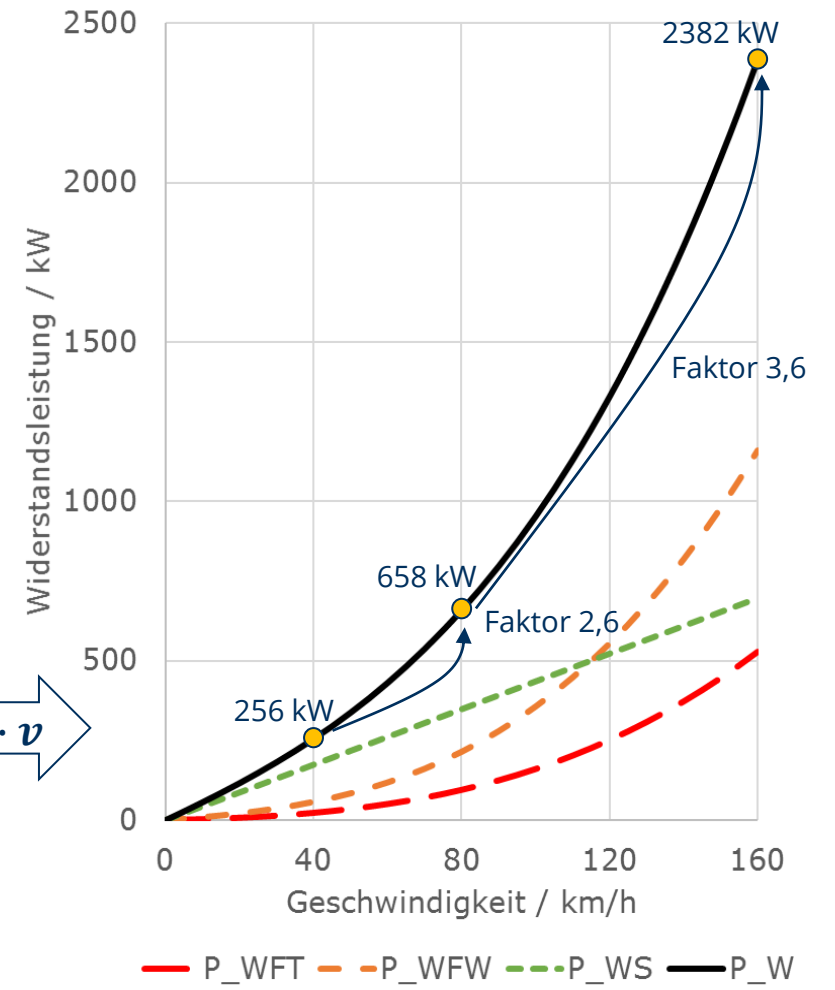
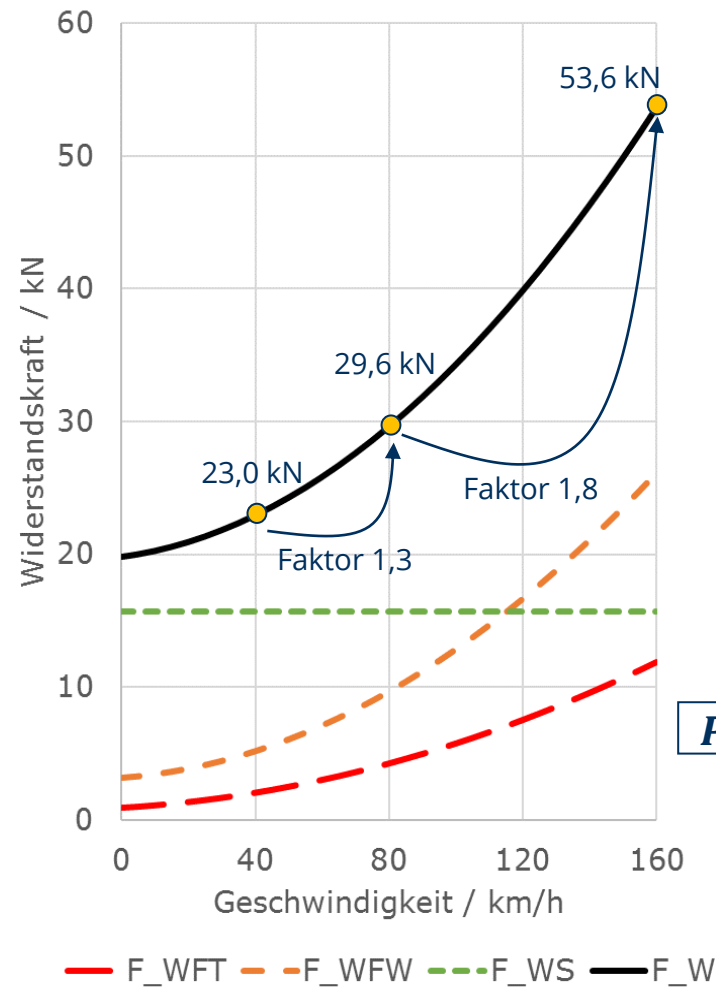
#### Formelzeichen

- $F_{WFT}$  Tfz-Widerstand
- $F_{WFW}$  Wagenzugwiderstand
- $F_{WS}$  Streckenwiderstand
- $F_W$  Gesamtwiderstand



Bsp: Reisezug

Foto: Martin Kache

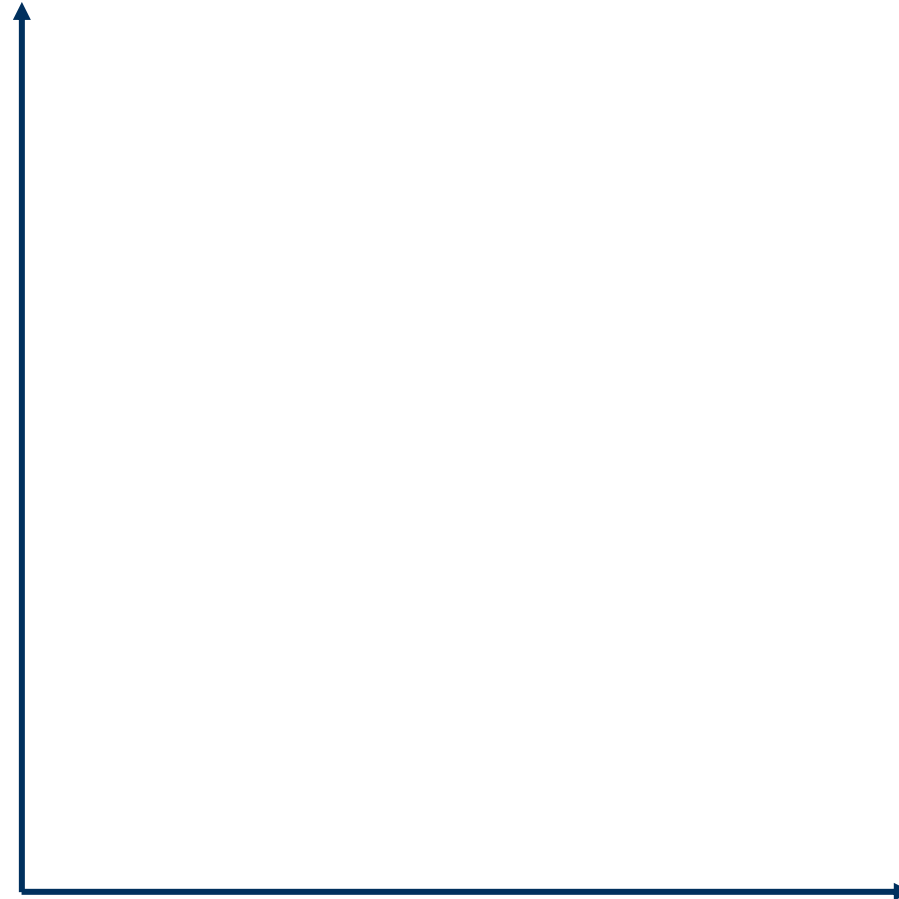


## 2. Anforderungen an Triebfahrzeuge

### 2.3 Fahrdynamische Anforderungen aus der Zugförderung\*

#### 2.3.3 Erforderliche Kräfte und Leistungen zur Zugförderung

— Zugkraft-Geschwindigkeits-Diagramm



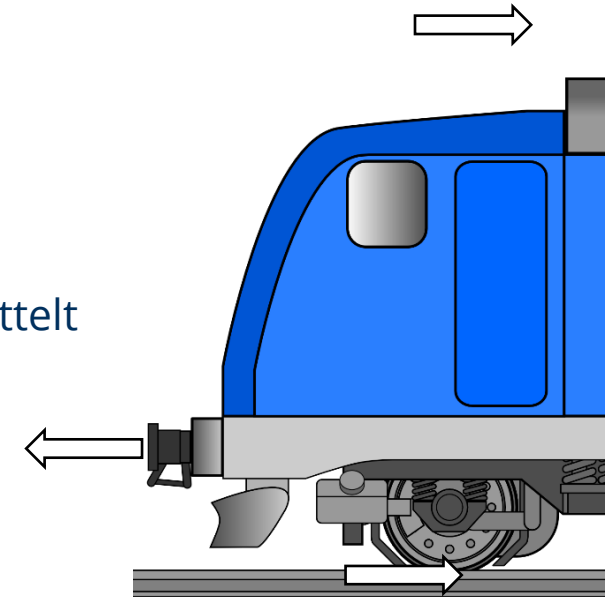
## 2. Anforderungen an Triebfahrzeuge

### 2.3 Fahrdynamische Anforderungen aus der Zugförderung\*

#### 2.3.3 Erforderliche Kräfte und Leistungen zur Zugförderung

##### Zugkraft (1)

- Wahl des Bezugspunktes muss definiert werden, bei
  - Lokomotiven: Zugkraft am Zughaken
  - Triebwagen und Triebzügen: Zugkraft am Treibradumfang
- erforderliche Tfz-Leistung aus *Zugförderbedingungen/Zugförderprogramm* ermittelt
  - Zugmasse,
  - Zugeigenschaften (Tfz.- und Wagenwiderstandskraft  $F_{WFT}, F_{WFW}$ )
  - Höchstgeschwindigkeit u. erf. Zugkraftüberschuss  $F_a$
  - Steigung (Streckenwiderstandskraft  $F_{WS}$ )
- erforderliche Zugkraft  $F_{T, erf}$  am Radumfang (aus Kräftegleichgew. in Längsrichtung):
- theoretische Zugkrafthyperbel



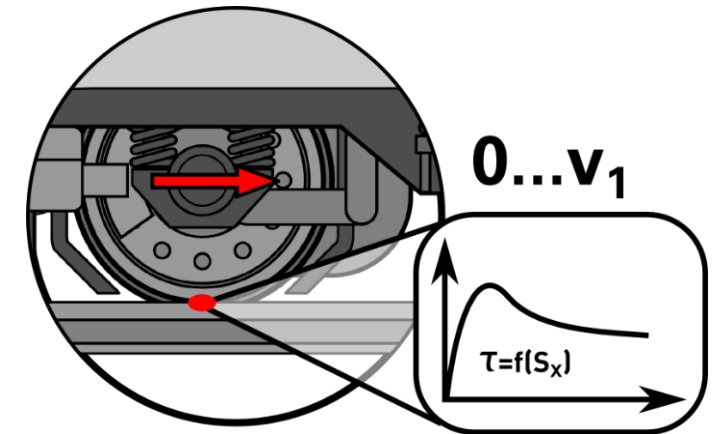
## 2. Anforderungen an Triebfahrzeuge

### 2.3 Fahrdynamische Anforderungen aus der Zugförderung\*

#### 2.3.3 Erforderliche Kräfte und Leistungen zur Zugförderung

##### Zugkraft (2)

- Zugkraft an der Kraftschlussgrenze m. Kraftschlussbeiwert  $\tau(v) \rightarrow$ 
  - $m_A$  - Fahrzeugmasse auf angetriebenen Radsätzen des Triebfahrzeugs
  - bei Triebzügen je nach Verteilung nicht angetriebene/angetriebene Radsätze
  - bei Lokomotiven  $m_{Tfz}$
- Einflussfaktoren Kraftschlussbeiwert:
  - Radkonstruktion, Drehmoment, Steuerung, Schlupf, äußere Einflüsse
  - empirisch ermittelte Kraftschlussmodelle  $\tau(v) \rightarrow$  z. B. Curtius/Kniffler
- bei  $v = 0$  und trockene Schiene  $\rightarrow \tau_{max} = ( \quad )$
- bei ungünstigen Bedingungen  $\tau = ( \quad )$
- $F_{T,erf}$   $F_{T,KS} \rightarrow$  Schleudern des Treibradsatzes
- Leistung des Tfz bestimmt Höhe der *Übergangsgeschwindigkeit*  $v_{\ddot{u}}$  und Lage der Leistungsgrenze



## 2. Anforderungen an Triebfahrzeuge

### 2.3 Fahrdynamische Anforderungen aus der Zugförderung\*

#### 2.3.3 Erforderliche Kräfte und Leistungen zur Zugförderung

##### Zugkraft (3)

- Zugkraft aus dem Abtriebsmoment  $M_2$  der Leistungsübertragung oder des Fahrmotors im Anfahrpunkt:

$D_T$  Treibraddurchmesser,  $i_{RG}$  RS-Getriebeübersetzung,  $h_{RG}$  Wirkungsgrad Radsatzgetriebe

##### Fahrgeschwindigkeit

- aus Abtriebsdrehzahl  $n_2$  des Antriebs:

$v$  in km/h;  $n$  in  $\text{min}^{-1}$ ,  $D$  in m

## 2. Anforderungen an Triebfahrzeuge

### 2.3 Fahrdynamische Anforderungen aus der Zugförderung\*

#### 2.3.3 Erforderliche Kräfte und Leistungen zur Zugförderung

##### Spezifika Dieseltriebfahrzeuge

- Nennleistung des Dieselmotors meist nur anteilig in Anspruch genommen, Teillast bzw. Nulllast sind betrieblich maßgebend
  - Streckenlok: 35 %
  - Rangierlok: 15 % → Potential für Hybridlokomotiven
- bei Rangierloks meist höhere Zugkräfte bei kleinen Geschwindigkeiten gefordert
  - Erhöhung der Lokmasse
  - andere Getriebestufung

##### Spezifika Elektrotriebfahrzeuge

- kurzzeitig überlastbar (v. a. konventionelle Antriebstechnik)
- Bsp. Fahrzeug mit DAT: Siemens Taurus → „Booster-Taste“: kurzzeitige Leistungssteigerung v. 6,4 auf 7 MW

## 2. Anforderungen an Triebfahrzeuge

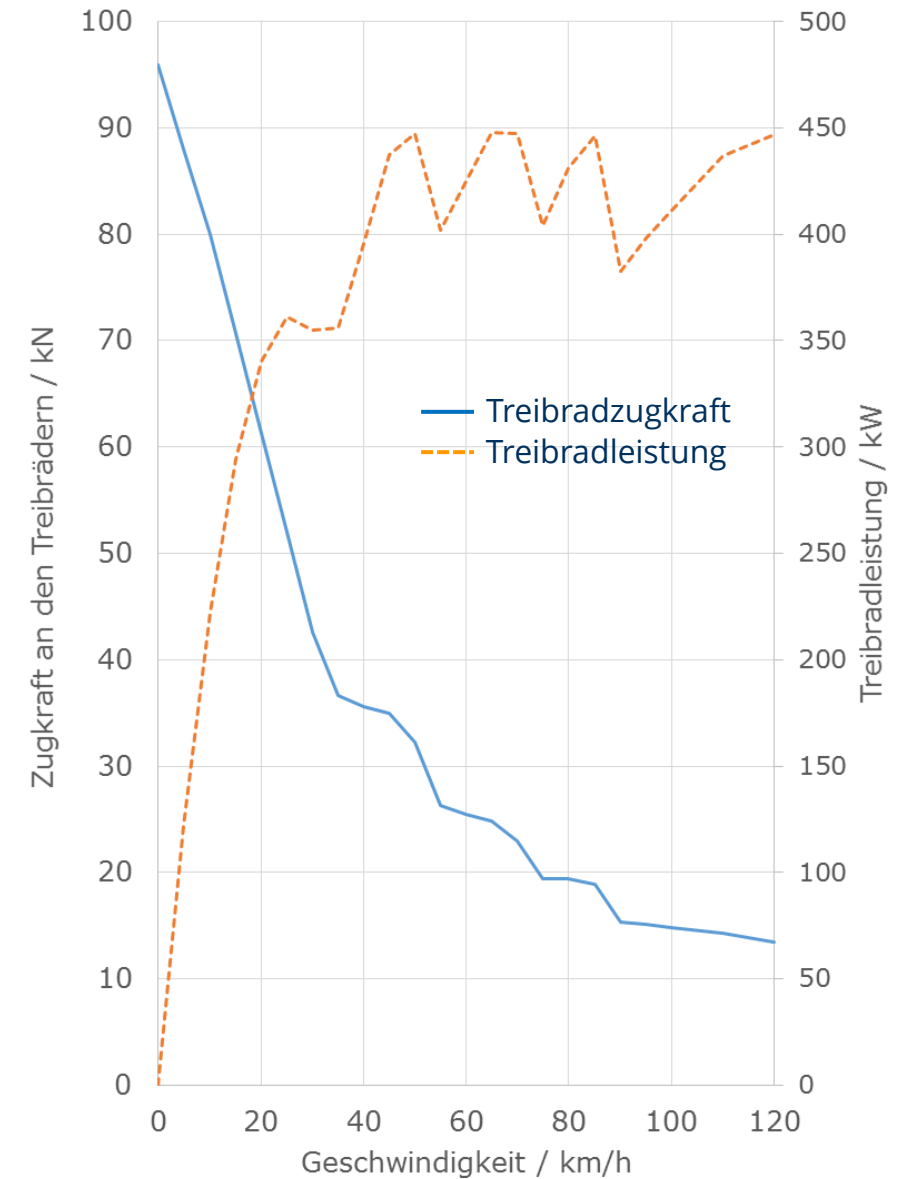
### 2.3 Fahrdynamische Anforderungen\*

#### Beispielhafte Zugkraft- und Leistungsverläufe

— **BR 642** (Dieseltriebwagen mit hydromechanischer LÜ)



Foto: Martin Kache



## 2. Anforderungen an Triebfahrzeuge

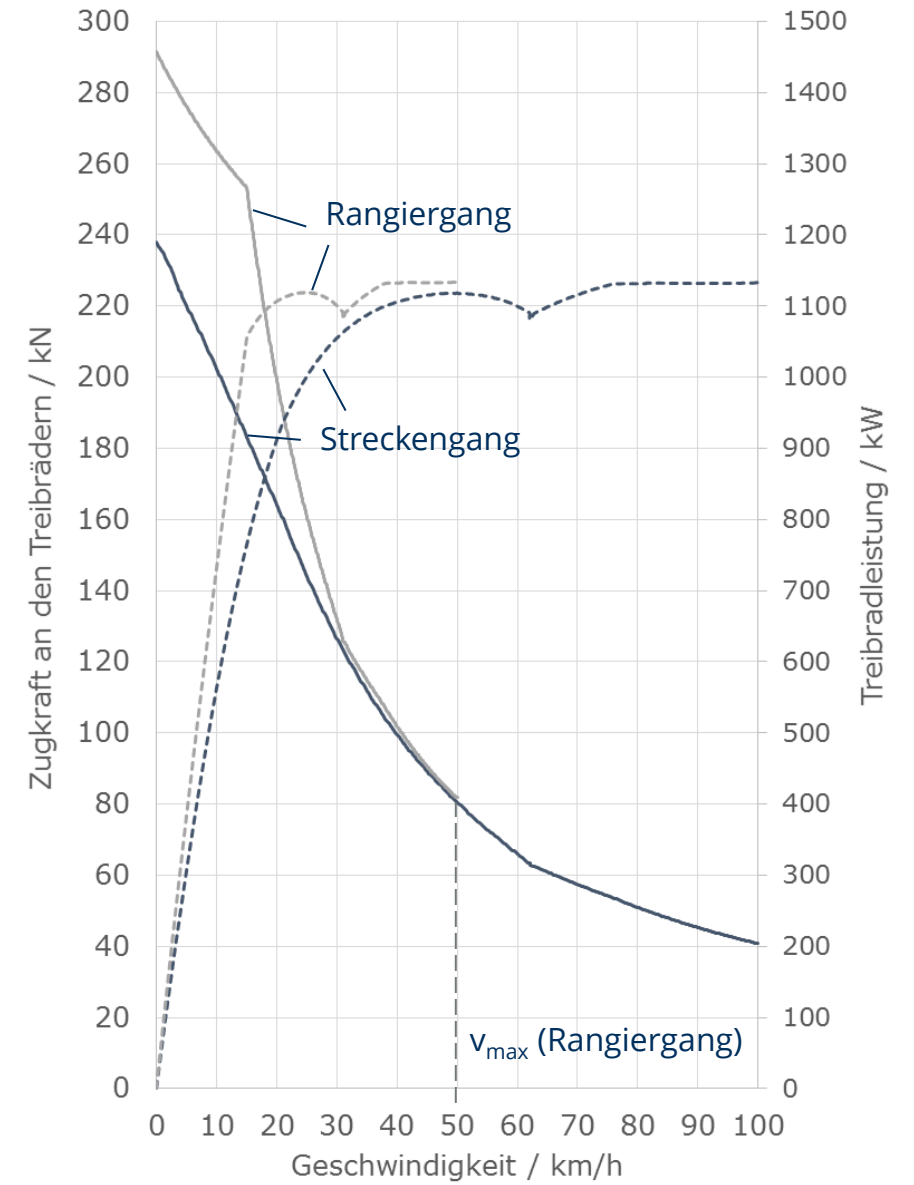
### 2.3 Fahrdynamische Anforderungen\*

#### Beispielhafte Zugkraft- und Leistungsverläufe

— Vossloh G 1206 (Rangierlok mit hydrodynamischer LÜ)



Foto: Martin Kache



# 2. Anforderungen an Triebfahrzeuge

## 2.3 Fahrdynamische Anforderungen\*

### Beispielhafte Zugkraft- und Leistungsverläufe

#### — TRAXX F140 DE / P160 DE

(Diselelektrische Streckenlokomotive, DAT)

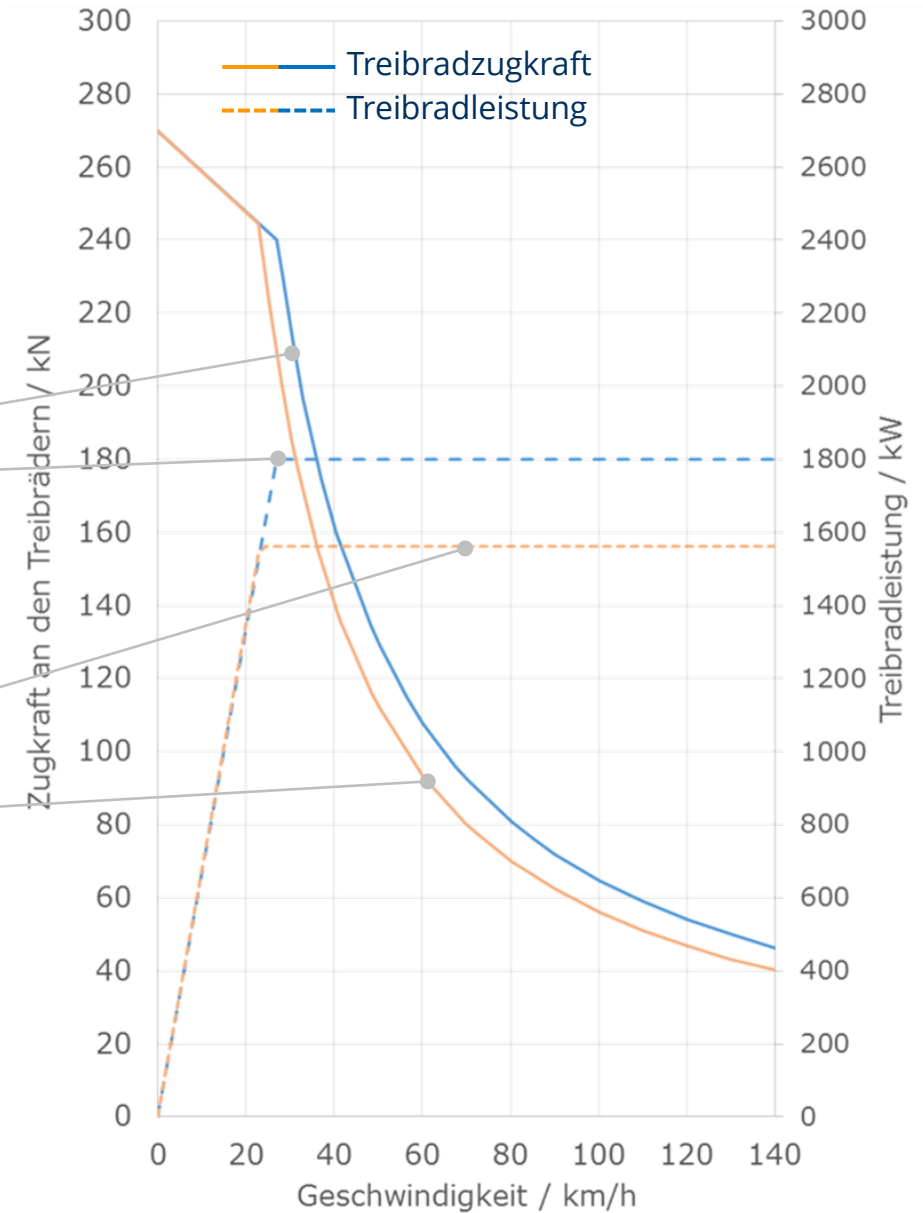


Güterzugbetrieb



Reisezugbetrieb

Fotos: Martin Kache



## 2. Anforderungen an Triebfahrzeuge

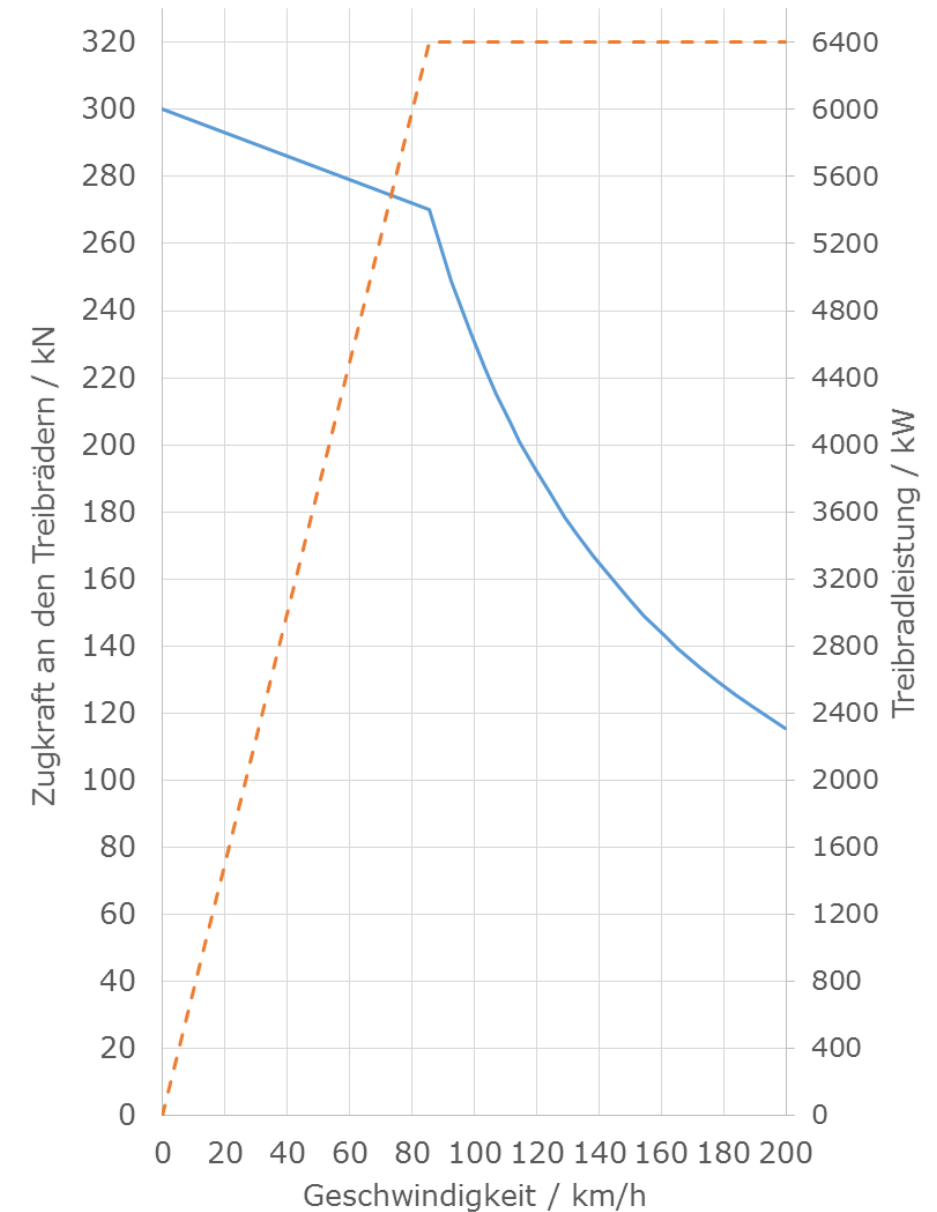
### 2.3 Fahrdynamische Anforderungen\*

#### Beispielhafte Zugkraft- und Leistungsverläufe

- **Siemens Vectron**  
(el. Streckenlokomotive, DAT)



Foto: Martin Kache



## 2. Anforderungen an Triebfahrzeuge

### 2.3 Fahrdynamische Anforderungen\*

#### Beispielhafte Zugkraft- und Leistungsverläufe

- **Bombardier TRAXX „Last Mile“**  
(Zweikraft-Streckenlokomotive, DAT+DM)



Foto: Martin Kache

