

2. Anforderungen an Triebfahrzeuge

2.1 Nach nationaler Gesetzgebung

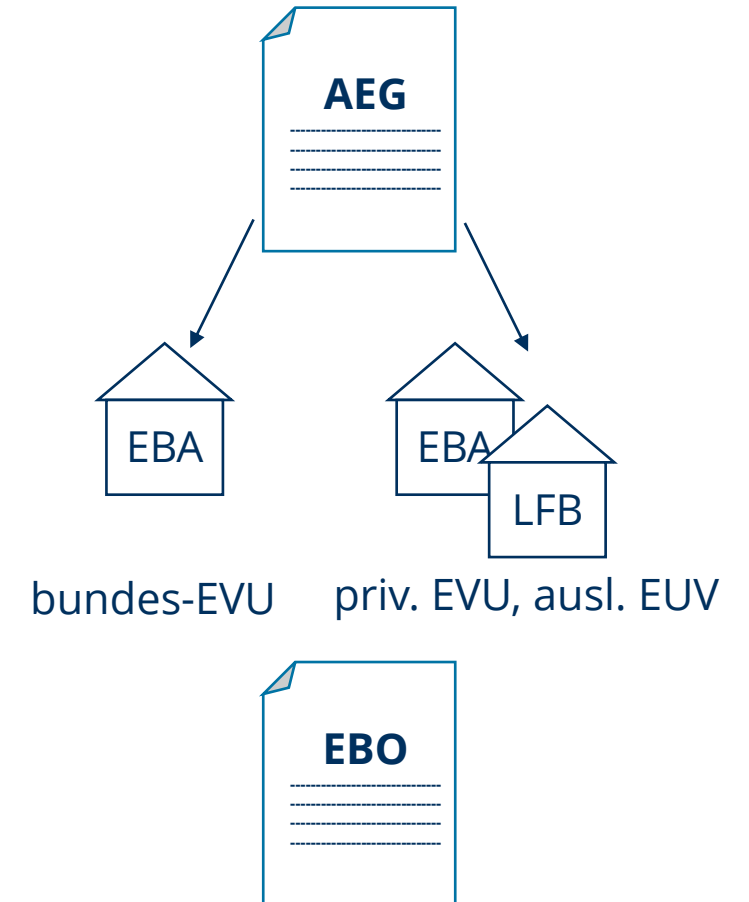


2.1.1 Zuständigkeiten

- 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)

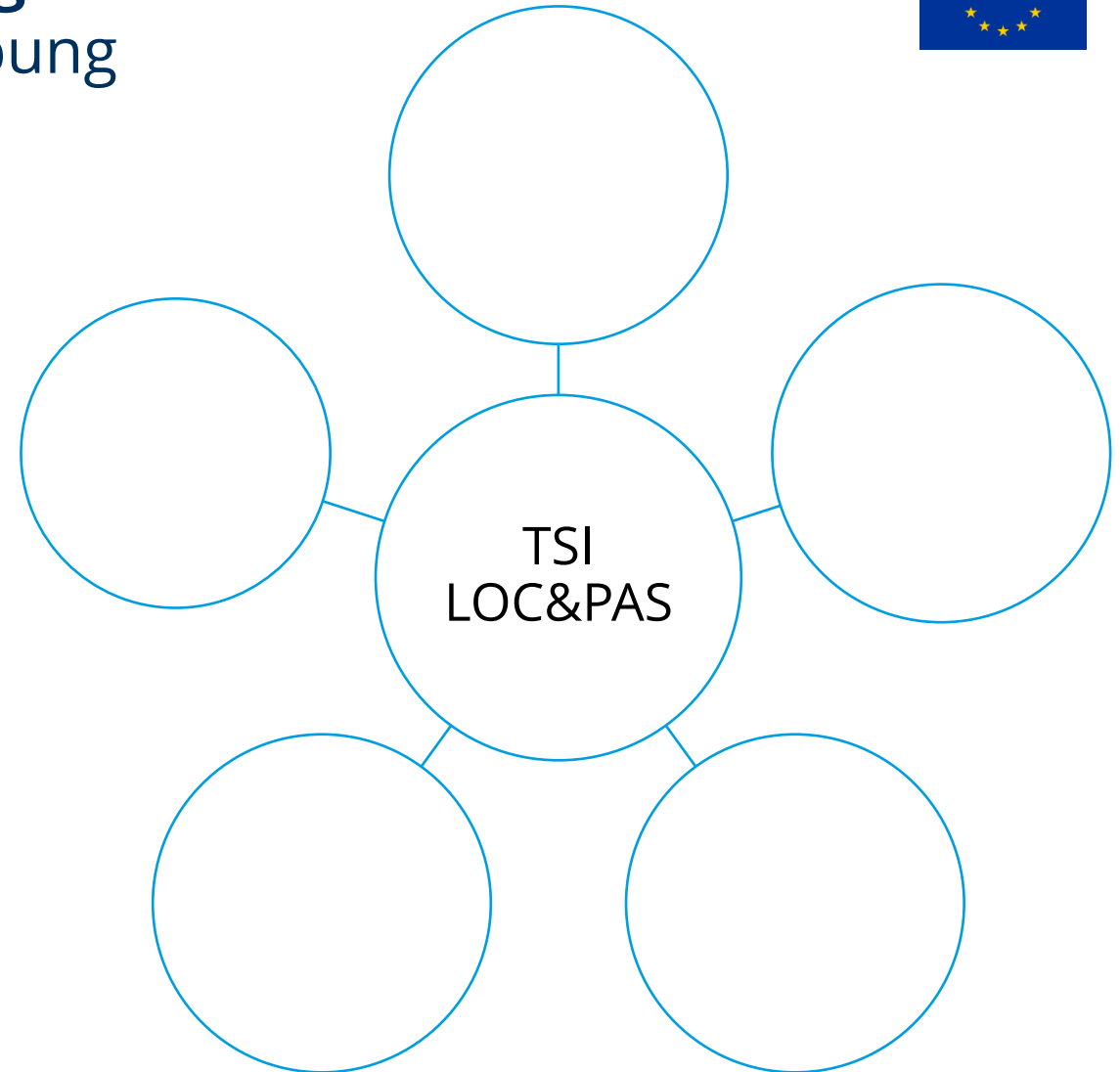
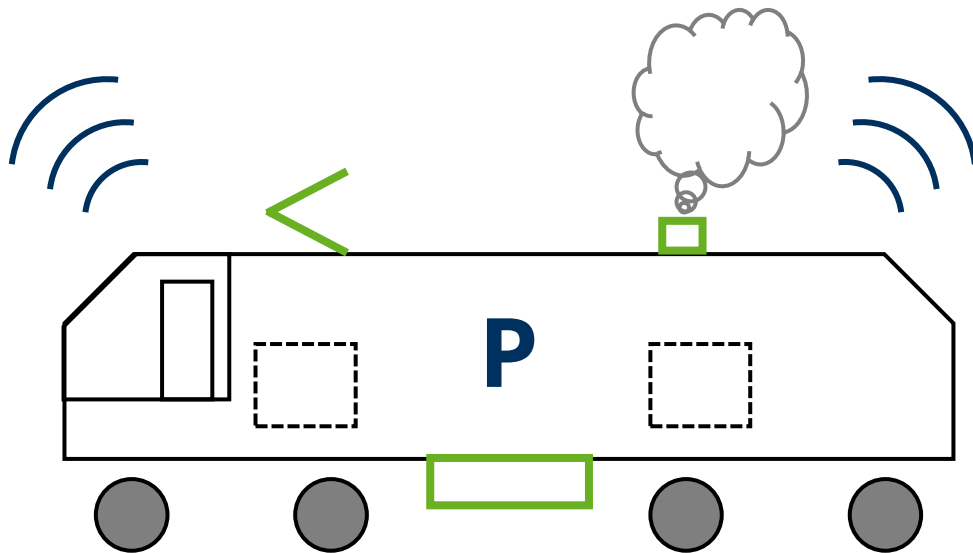
- OPE – Verkehrsbetrieb und Verkehrssteuerung
- WAG – Güterwagen
- INF – Infrastruktur
- PRM – Zugänglichkeit für Menschen mit Behinderung und Menschen mit eingeschränkter Mobilität („persons with disabilities and persons with reduced mobility“)
- ENE – Energie
- **LOC&PAS – Lokomotiven und Personenwagen**
- 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 – 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

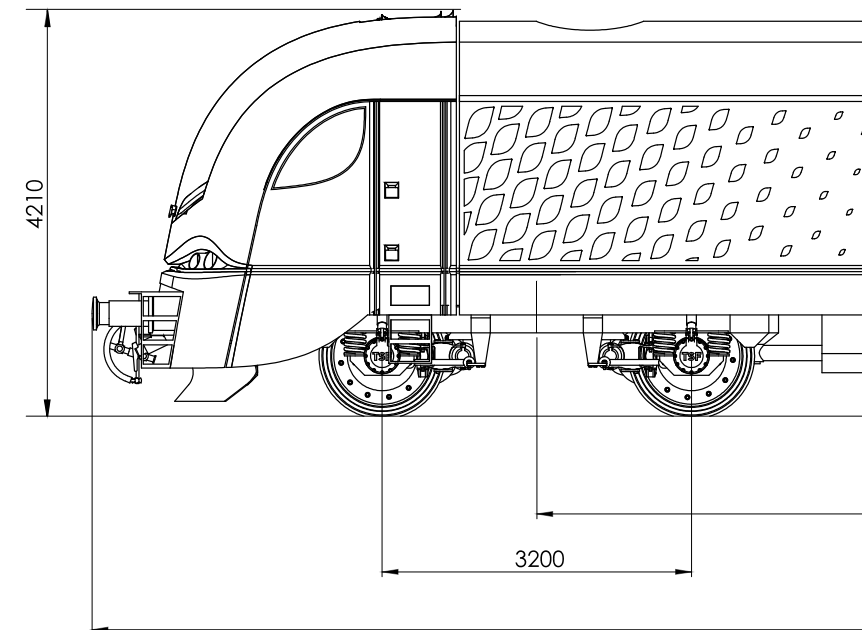
Beispiel: Ausschreibung eines Bahnbetreibers für Diesellokomotiven im Reisezugverkehr

„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*

2.3.3 Erforderliche Kräfte und Leistungen zur Zugförderung

- Widerstandskraft und Widerstandsleistung

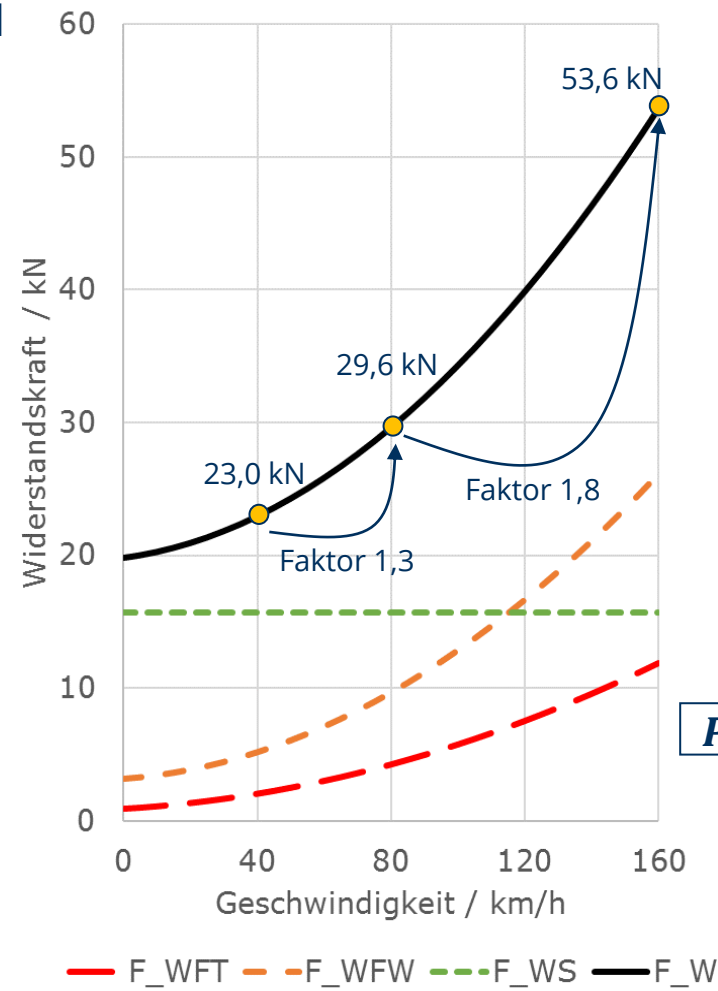
Formelzeichen

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

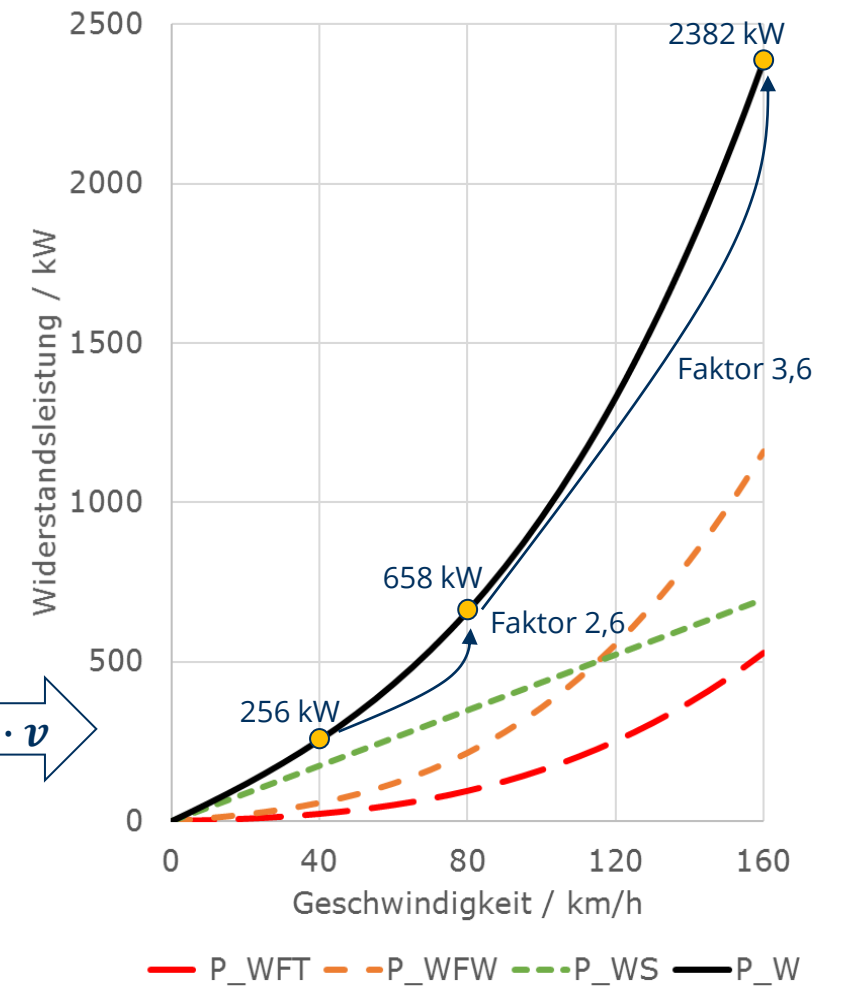


Bsp: Reisezug

Foto: Martin Kache



$$P = F \cdot v$$

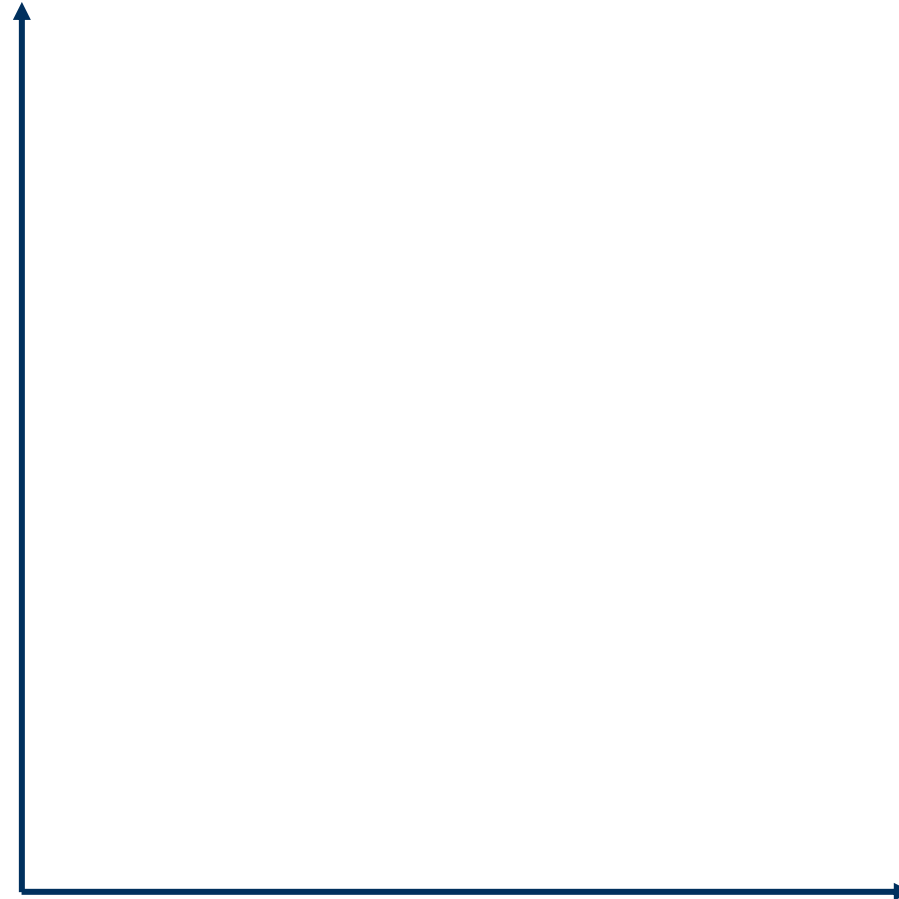


2. Anforderungen an Triebfahrzeuge

2.3 Fahrdynamische Anforderungen aus der Zugförderung*

2.3.3 Erforderliche Kräfte und Leistungen zur Zugförderung

— Zugkraft-Geschwindigkeits-Diagramm



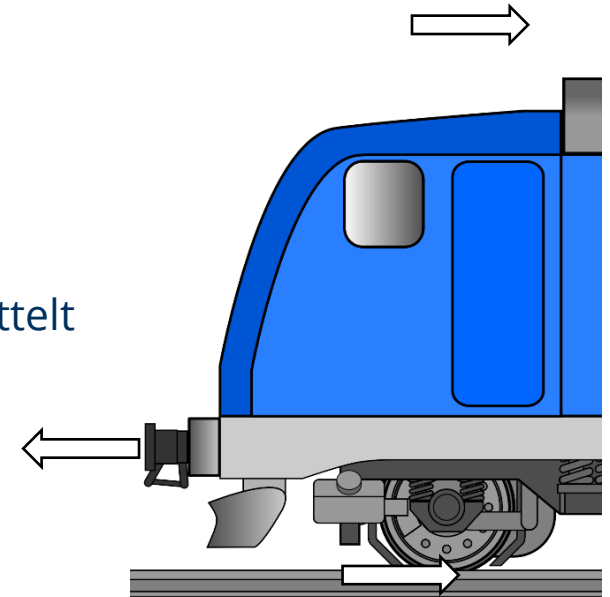
2. Anforderungen an Triebfahrzeuge

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



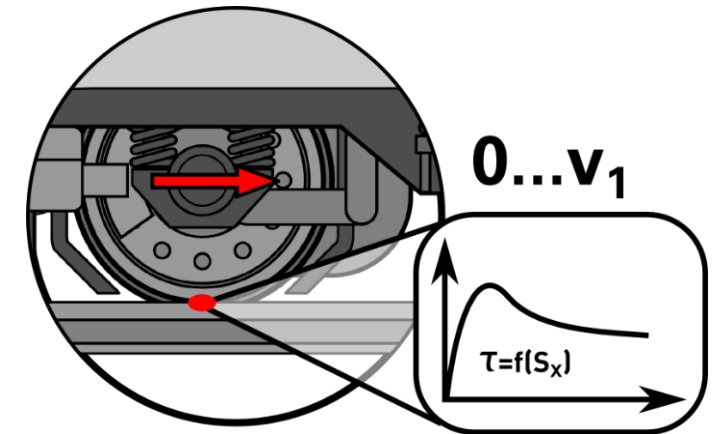
2. Anforderungen an Triebfahrzeuge

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
 - \rightarrow bei Triebzügen je nach Verteilung nicht angetriebene/angetriebene Radsätze
 - \rightarrow bei Lokomotiven m_{Tfz}
- Einflussfaktoren Kraftschlussbeiwert:
 - Radkonstruktion, Drehmoment, Steuerung, Schlupf, äußere Einflüsse
 - \rightarrow 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 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

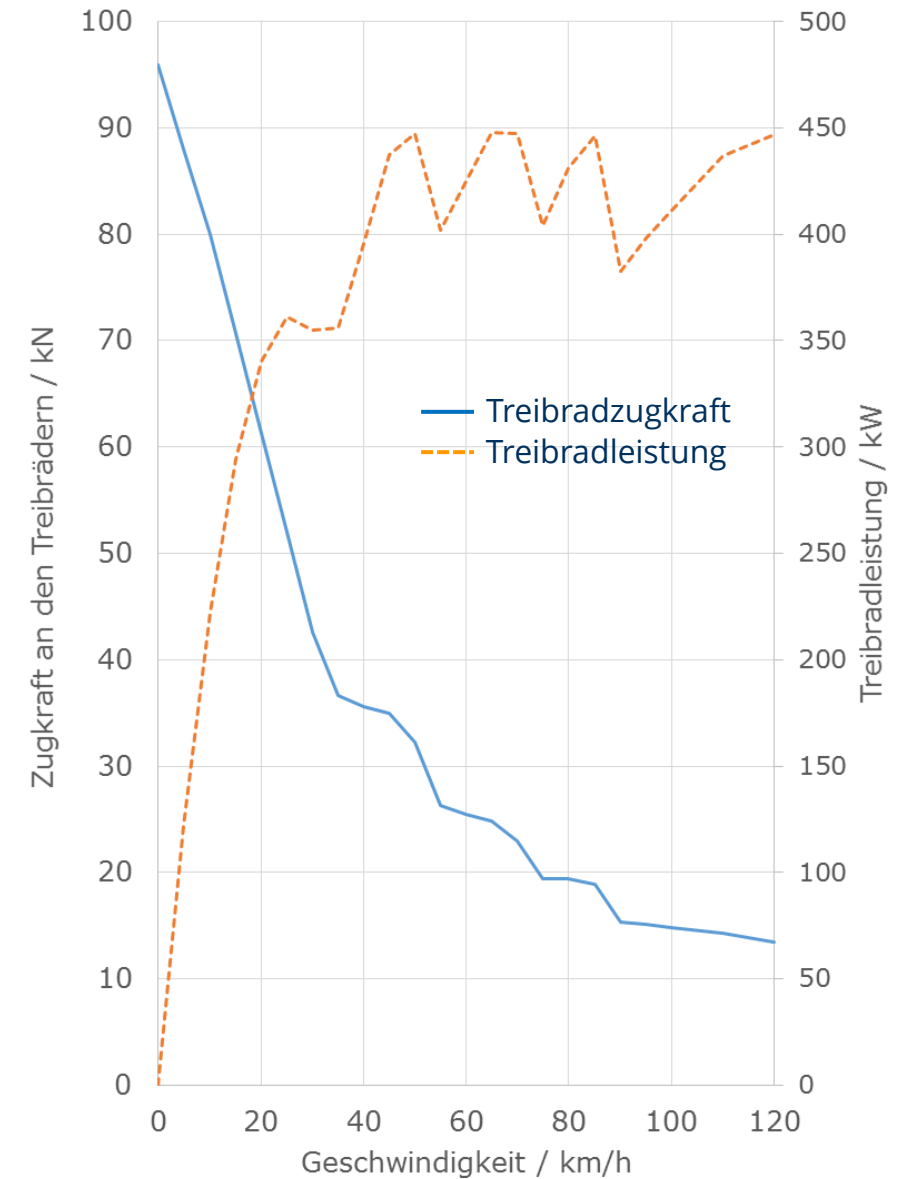
2.3 Fahrdynamische Anforderungen*

Beispielhafte Zugkraft- und Leistungsverläufe

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



Foto: Martin Kache



2. Anforderungen an Triebfahrzeuge

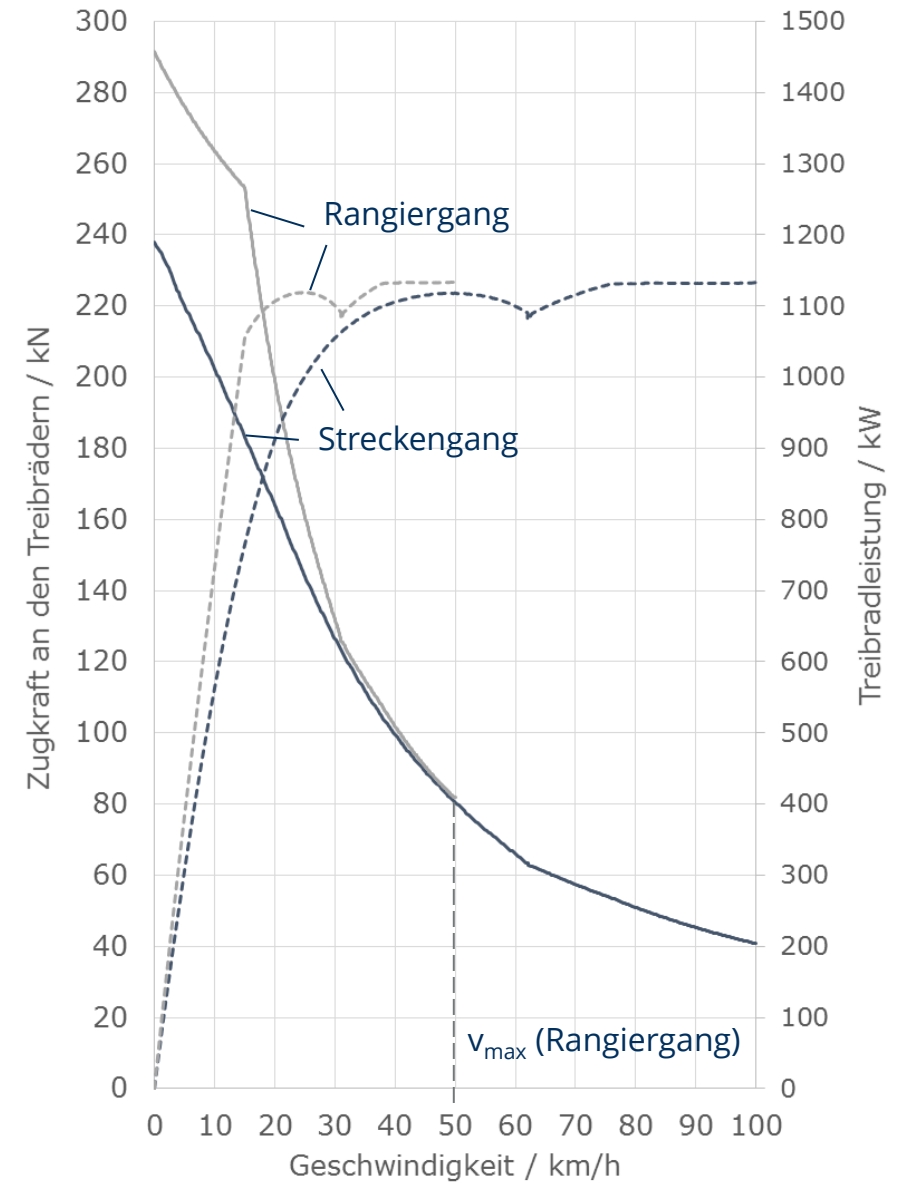
2.3 Fahrdynamische Anforderungen*

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)

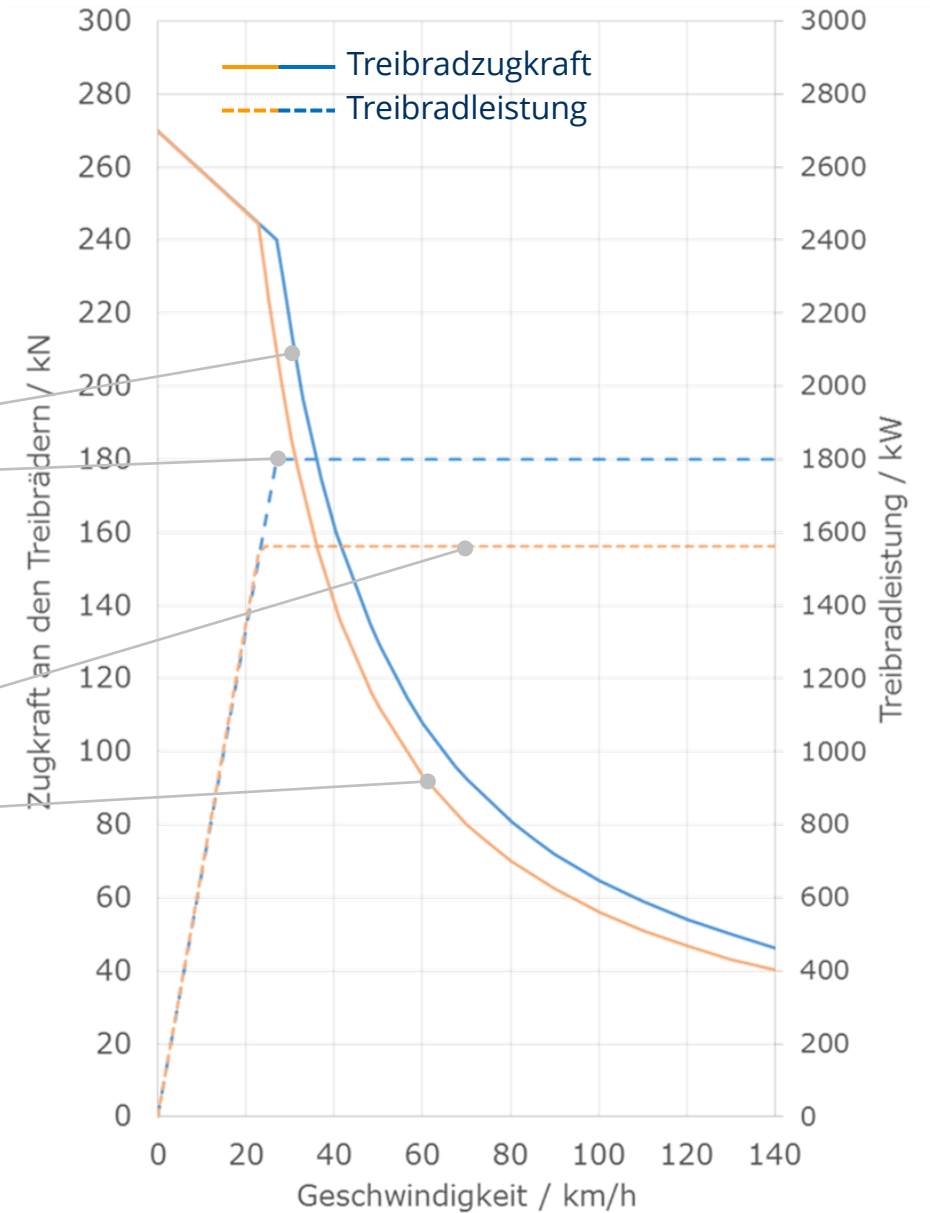


Güterzugbetrieb



Reisezugbetrieb

Fotos: Martin Kache



2. Anforderungen an Triebfahrzeuge

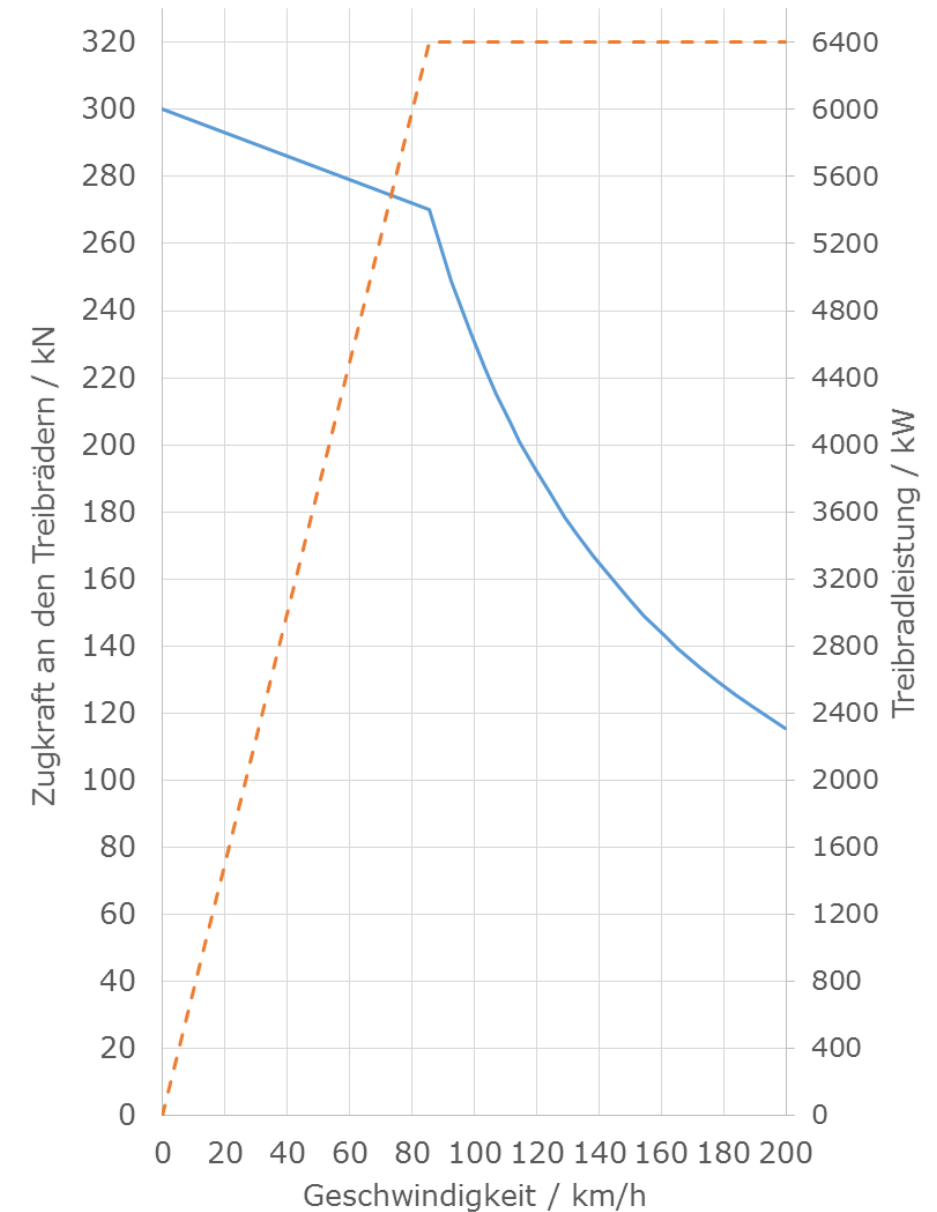
2.3 Fahrdynamische Anforderungen*

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

