

Grundlagen der Schienenfahrzeugtechnik



06 Antriebe

Dr.-Ing. Michael Karatas

Siemens Mobility GmbH
Krefeld-Uerdingen

michael.karatas@siemens.com



Gliederung



Antriebe

- Konventionelle Antriebe
- Leistungsübertragung
- Neue Konzepte
- Zugförderungsmechanik (optional)
- Beispiel Baureihe VT628 (optional)

Überblick



- I. Einführung
- II. Zugfördermittel
- III. Wagenkasten
- IV. Fahrtechnik / Systemkinematik
- V. Komfort
- VI. Antriebe**
- VII. Bremse

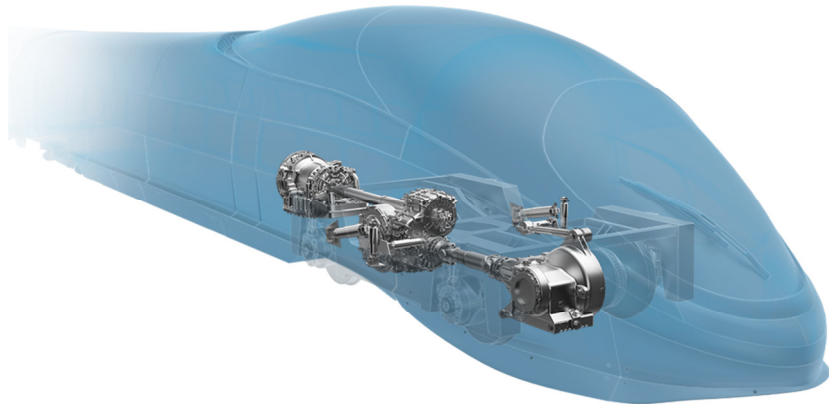
Gliederung



Antriebe

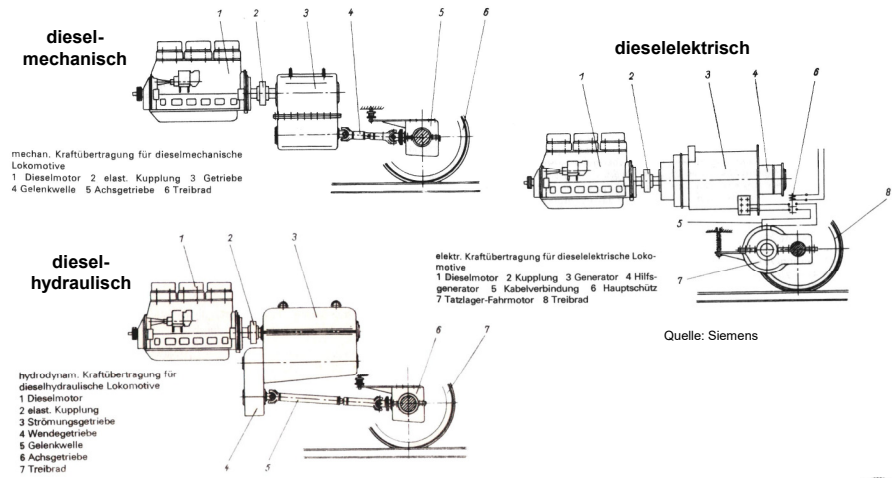
- Konventionelle Antriebe
- Leistungsübertragung
- Neue Konzepte
- Zugförderungsmechanik (optional)
- Beispiel Baureihe VT628 (optional)

6.1 Konventionelle Antriebe



Quelle: ZF

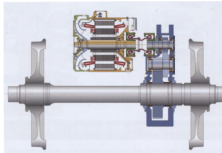
6.1 Konventionelle Antriebe Prinzipanordnung – Verbrennungsmotoren



6.1 Konventionelle Antriebe Prinzipanordnung – Elektrische Antriebe

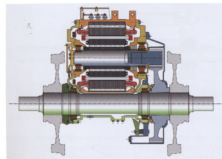
1. Teilabgefederter Antrieb (Triebzüge):

- Getriebe achsreitend,
- Getriebe-Drehmoment primär abgestützt (C-Bügel oder Drehmomentenstütze),
- Motor primär aufgehängt,
- Bogenzahnkupplung zwischen Motor und Getriebeantriebswelle



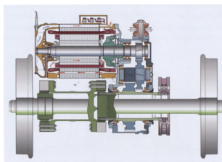
2. Tatzlager-Antrieb (Loks, langsam fahrend):

- Getriebe-Motor-Einheit achsreitend,
- Getriebe-Motor-Moment primär abgestützt,
- Getriebe-Motor-Einheit, Masse primär abgestützt
- Keine Kupplung zur Überbrückung relativ zueinander bewegter Wellen



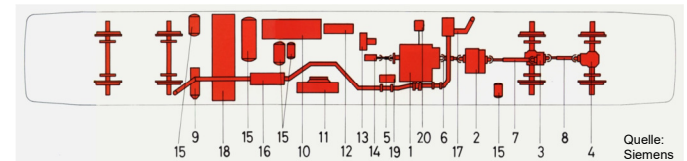
3. Vollabgefederter Antrieb (Loks, schnell fahrend):

- Getriebe und Motor von Radsatz entkoppelt,
- Moment über Aufhängung abgestützt,
- Getriebe-Motor-Einheit primär aufgehängt,
- Hohlwelle um Radsatz herum, Getriebe umbaut Hohlwelle und Radsatz,
- Anbindung Hohlwelle-Radsatz und Hohlwelle Getriebe-Abtrieb jeweils über Lenksterne



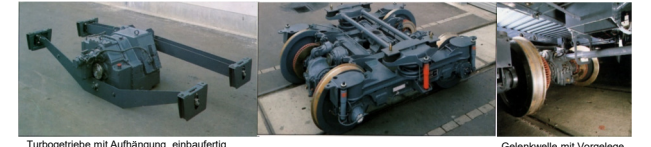
6.1 Konventionelle Antriebe Maschinenanlage

- 1 Cummins-Dieselmotor NT-855-R4
- 2 Voith-Turbo-Getriebe T211 R
- 3 Radsatzgetriebe mit Vorgelege
- 4 Radsatzgetriebe ohne Vorgelege
- 5 Gelenkwelle
- 6 Gelenkwelle
- 7 Gelenkwelle
- 8 Gelenkwelle
- 9 Warmwasserheizgerät
- 10 Batterie- und E-Gerätekasten
- 11 Unterflur-Kühlanlage
- 12 Bremsgerätafel
- 13 Luftpresser
- 14 Hydraulikpumpe
- 15 Luftbehälter
- 16 Abgasanlage
- 17 Verbrennungsluftansaugung
- 18 Kraftstoffbehälter
- 19 Drehstromgenerator
- 20 Stellgerät (Dieselmotor und Turbogetriebe)



6-Zyl.-Dieselmotor mit Aufhängung, einbaufertig vormontiert
Hilfsmaschinen, einbaufertig mit Rahmen (Kompressor, Generator, Hydraulikpumpe mit Ölbehälter);
Unterflurausrüstung mit eingebautem Dieselmotor

Erfahrungen in der Anwendung von standardmäßigen Antriebsmaschinen und Hilfsaggregaten ergeben eine dem Fahrzeug angepasste, bahnfeste, wartungsarme Maschinenanlage von hoher Lebensdauer.

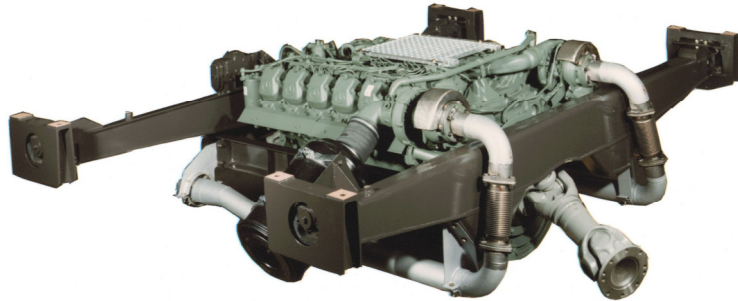


Turbogetriebe mit Aufhängung, einbaufertig vormontiert
Triebgestell
Gelenkwelle mit Vorgelege

6.1 Konventionelle Antriebe

Motorwagen VT 628.2

12-Zylinder-Dieselmotor OM 444A, mit Abgasturboaufladung,
410 kW bei 2 130 min⁻¹

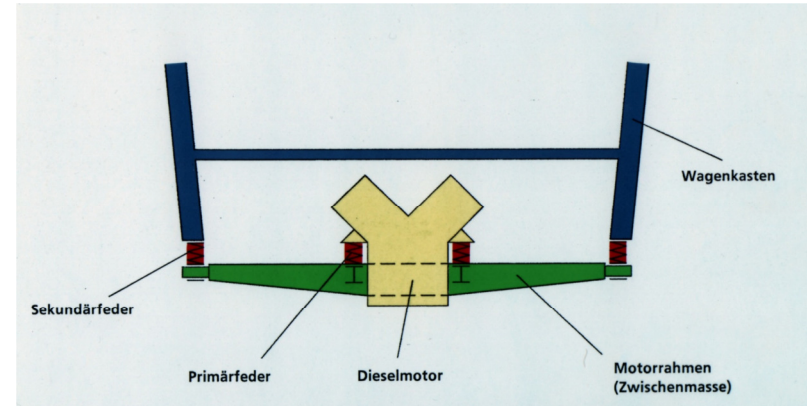


Quelle: Siemens

6.1 Konventionelle Antriebe

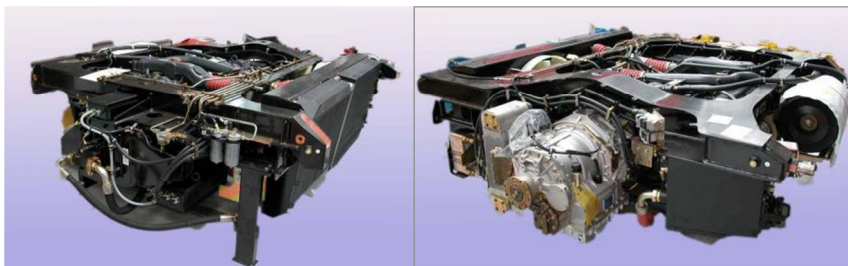
Motoraufhängung Dieseltriebwagen

Schema doppelt-elastische Motoraufhängung bei Dieseltriebwagen



6.1 Konventionelle Antriebe

Beispiel - dieselmechanisch

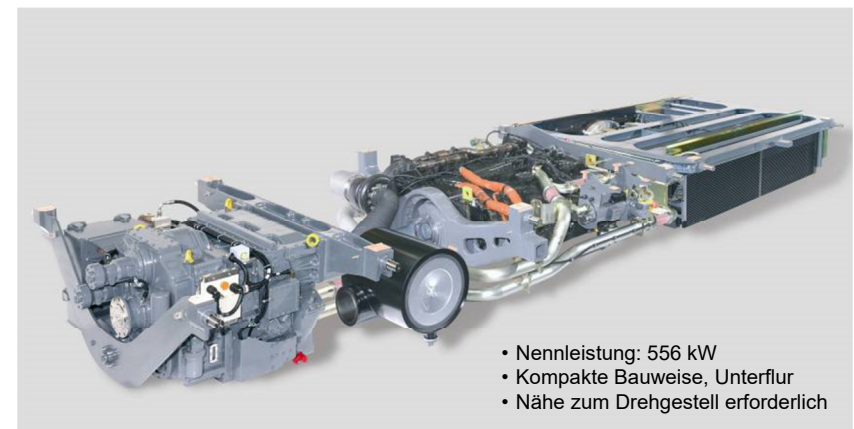


Quelle: Siemens

- Nennleistung: 275, 315, 335 kW
- Sehr kompakte Bauweise
- Nähe zum Drehgestell erforderlich

6.1 Konventionelle Antriebe

Beispiel - dieselhydraulisch

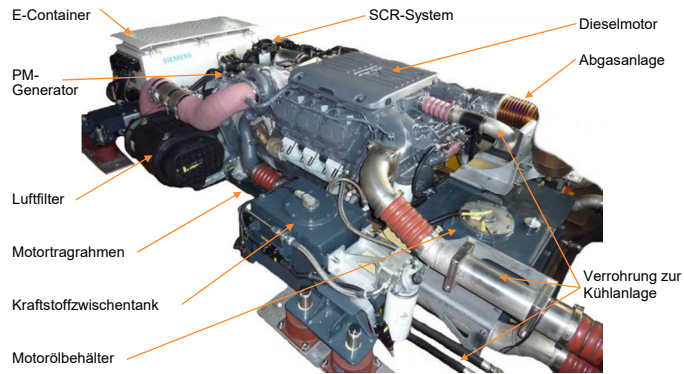


Quelle: Siemens

- Nennleistung: 556 kW
- Kompakte Bauweise, Unterflur
- Nähe zum Drehgestell erforderlich

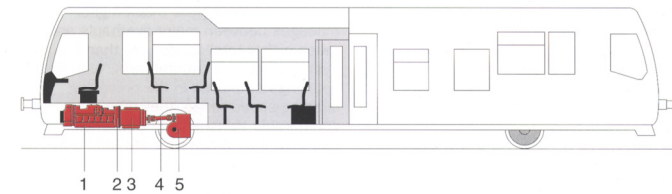
6.1 Konventionelle Antriebe Motorkomponenten

Diesel-Generator-Aggregat (DGA) 390 kW – Stage 3b



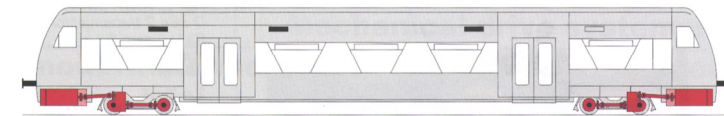
Quelle: Siemens

6.1 Konventionelle Antriebe Antriebsanordnung



Maschinenanlage für LVT/S Schienenbus

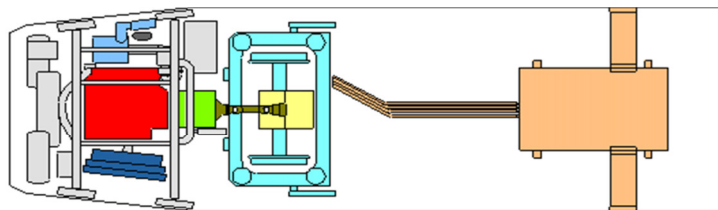
1 = Motor (Volvo DH 10 A 380, 265 kW), 2 = Voith Drehfederkupplung,
3 = Voith DIWA D 863,3 Getriebe, 4 = Kardanwelle, 5 = Gmeinder Radsatzwendegetriebe



RegioShuttle, DMU mit zwei Antriebsanlagen

Quelle:
RTR 2(1999)

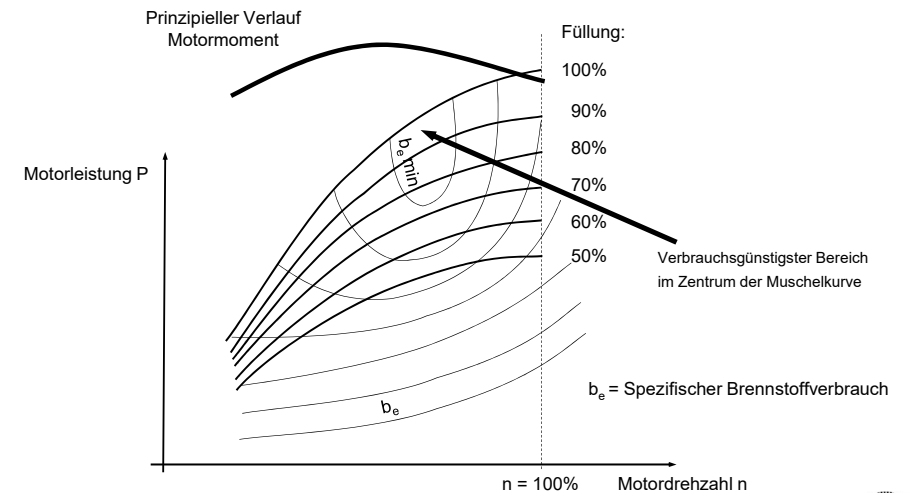
6.1 Konventionelle Antriebe RegioSprinter Antriebsanordnung



Quelle: Siemens

- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| Verbrennungsluftansaugung | Fahrwerk |
| 5-Zylinder-Dieselmotor | Wasser- und Ladeluftkühler |
| 5-Gang-Getriebe mit Retarder | Abgasanlage |
| Gelenkwelle | Kraftstofftank mit je 350 l |
| Radsatzwendegetriebe | |

6.1 Konventionelle Antriebe Motorkennfeld Dieselmotor



6.1 Konventionelle Antriebe Markt Dieselmotoren

Unterflur - Dieselmotoren

- Bus - oder LKW - Motoren:

MTU	(628.0)
MAN	(Regio Sprinter)
KHD	(IC-Regiozüge der DSB)
MTU	(VT 642) 275 KW
	200 - 300 kW -Klasse

- Spezielle Schienenfahrzeugmotoren:

Cummins	(DM 90, NS)
MTU	(628.4) 485 KW
Cummins	(VT 605) 560 KW
	500 KW-Klasse
	(Entwicklung bis 600 kW)

- Liegend oder V-Anordnung
- Üblicherweise wassergekühlt
- Abgas - Emissionen siehe Tabelle
- Enormes Schallproblem > 110 dB (A)
 - Schirmung
 - Kapselung
 - 2-stufige Lagerung
- Im Tragrahmen montiertes Power-Pack als Modul

6.1 Konventionelle Antriebe Abgas – Grenzwerte für Dieselmotoren

Abgas - Grenzwerte für Dieselmotoren von Triebzügen (bis 560 KW)



	ORE (ab 1989)	EURO I (ab 1992)	EURO II (ab 1996)	EURO III (ab 1999)	UIC II (ab 2003)	Stage IIIa (ab 2006)	Stage IIIb (ab 2012)	Stage V (ab 2021)
CO	8,0 g/kWh	4,5 g/kWh	4,0 g/kWh	2,1 g/kWh	2,5 g/kWh	3,5 g/kWh	3,5 g/kWh	3,5 g/kWh
HC	2,4 g/kWh	1,1 g/kWh	1,1 g/kWh	0,66 g/kWh	0,6 g/kWh		0,19 g/kWh	0,19 g/kWh
NOx	20,0 g/kWh	8,0 g/kWh	7,0 g/kWh	5,0 g/kWh	6,0 g/kWh	NOx + HC 4,0 g/kWh	2,0 g/kWh	2,0 g/kWh
Schwärzung	2,5	-	-	-	-	-	-	-
Partikel	-	0,36 g/kWh	0,15 g/kWh	0,1 g/kWh	0,25 g/kWh	0,2 g/kWh	0,025 g/kWh	0,015 g/kWh

6.1 Konventionelle Antriebe Abgas – Grenzwerte für Dieselmotoren

Innermotorische Maßnahmen (bei Stufe III A ausreichend)

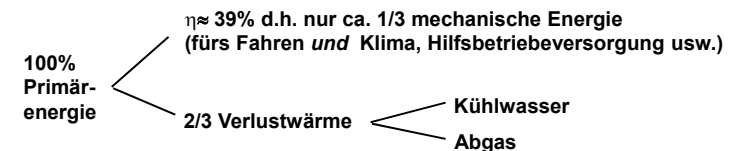
- Abgasrückführung und Motormanagement durch den elektronischen Regler
- Einspritzung mit Common Rail System oder PLD-Technik (Pumpe-Leitung-Düse)
- Nachteil:
 - Höherer Kraftstoffverbrauch
 - Höherer Wärmeanfall zur Kühlung
 - Ggf. geändertes akustisches Verhalten

Abgasnachbehandlung (besonders bei Stufe III B)

- Abgasfiltersysteme z.B. DPF (Diesel Partikel Filter)
- Nutzung von Additiven auf Ammoniak-Basis (Harnstoff) in SCR Katalysator (Selective Catalytic Reduction)
- Nachteil:
 - Platzbedarf zur Integration der zusätzlichen Technik auf dem Fahrzeug (ggf. zusätzlicher Tank, ca. 10% der Größe des Kraftstofftanks)
 - Ggf. zusätzliche Infrastruktur notwendig
 - Entwicklung Abgasnachbehandlung derzeit nicht abgeschlossen
 - Zusätzliche Masse

6.1 Konventionelle Antriebe Heizenergie im Dieseltriebzug

Energie ist im Dieseltriebzug knapp! Sie muss im Gegensatz zu Fahrzeugen, die über die Oberleitung versorgt werden, komplett auf dem Fahrzeug erzeugt werden.



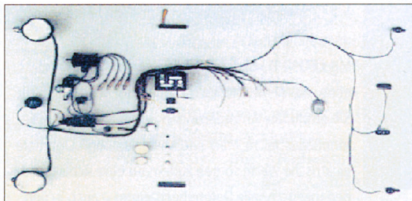
→ Heizen mit Abwärme

Kühlwasserabwärme kann für die Heizung benutzt werden, aber Zusatzmaßnahmen notwendig für Bremsbetrieb oder lange Talfahrten z.B. Ölbrenner (VT 628) oder elektr. Energie aus Bordnetz (DM 90, VT 610)

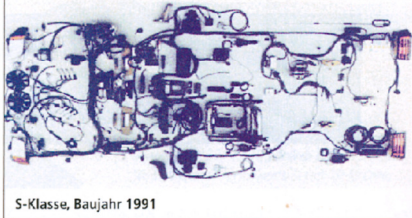
Klimatisierung erfordert ca. 30-40 KW pro Wagenkasten (deshalb u.U. separater Hilfsdiesel)

6.1 Konventionelle Antriebe

Hilfsbetriebssysteme und Nebenverbraucher



Baureihe 170, Baujahr 1949



S-Klasse, Baujahr 1991

Quelle: Siemens

Seit 1950 hat die Elektrik/Elektronik in Fahrzeugen enorm zugenommen und damit auch der Leistungsverbrauch der Nebenverbraucher

1950: ca. 200 W
1990: ca. 3000 W

Heutige Entwicklungen:

Bis zu 100 Motoren und 20 Kameras in Oberklasse-Fahrzeugen. Zusätzlich zum 12V-System ein 36V oder 48V-System für starke Verbraucher wie Klimaanlage, Sitzheizung etc. zur Reduzierung der Ströme.

6.1 Konventionelle Antriebe

Hilfsbetriebssysteme

Verschiedene Hilfssysteme

- E-Netz
- Druckluftnetz
- Heizungs- und Klimatisierungskreisläufe
- Kühlkreisläufe
- Hydraulikkreisläufe

Für leichte, preiswerte Fahrzeuge

- 1 oder 2 direkt am Motor angeflanschte Lichtmaschinen. Begrenzung: marktüblich sind ca. 5 kW

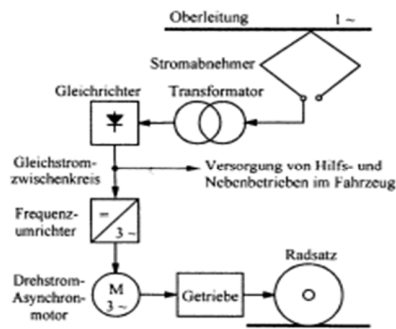
Übliches, bewährtes System mit 2-Hydraulik-Kreisläufen

- 1. Kreislauf unregelter Ölstrom für Dieselmotor - Kühlung, eventuell 2 Ventilatoren
- 2. Kreislauf mit Vorstellpumpe zum Antrieb von Kompressor und Generator, konstante Drehzahlen, z.B. 1500/3000 U/min

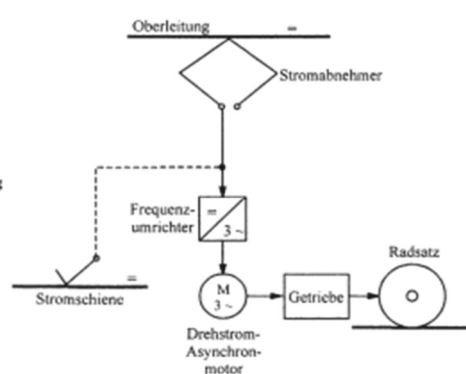
6.1 Konventionelle Antriebe

Prinzipschaltbilder (1)

Wechselspannungs-Antrieb



Gleichspannungs-Antrieb

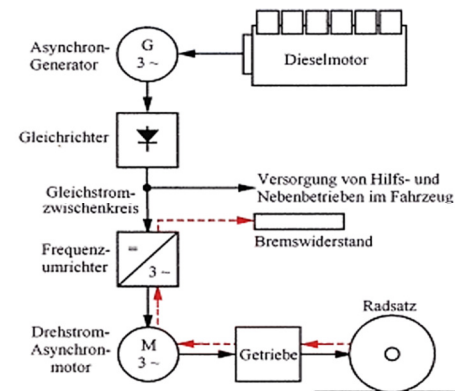


Quelle: Ihme, Schienenfahrzeugtechnik, 2. Auflage

6.1 Konventionelle Antriebe

Prinzipschaltbilder (2)

Dieselelektrischer Antrieb



Quelle: Ihme, Schienenfahrzeugtechnik, 2. Auflage

Gliederung

Antriebe

- Konventionelle Antriebe
- Leistungsübertragung
- Neue Konzepte
- Zugförderungsmechanik (optional)
- Beispiel Baureihe VT628 (optional)

6.2 Leistungsübertragung Markt Dieselantriebe

- **Dieselmekanische Antriebssysteme**
 - Bis 300 kW aus Bus, LKW
 - Zugkraftunterbrechung
 - Günstiger Preis (Großserien)
 - Leider ohne integrierte Wendestufe, also Radsatzwendegetriebe (Beispiel: Regio Sprinter)
- **Dieselelektrische Antriebssysteme**

Vorteile:

 - Elegante Lösung, da keine Zwänge in der Positionierung des Antriebsstranges
 - Für Hybridkonzepte geeignet
 - Heute IGBT - Technik
 - η über weiten Bereich hoch
 - Keine Zugkraftunterbrechung
 - Kennlinie kann $b_{e,min}$ erreichen (Muschelkurve)

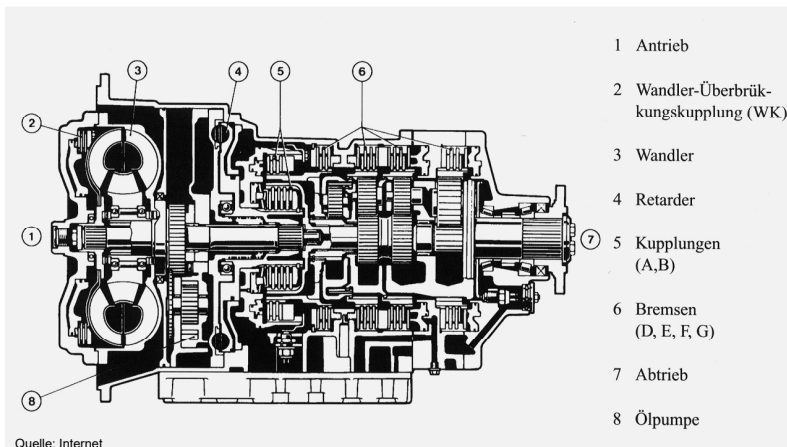
Nachteile:

 - Unwirtschaftlich für kleine Leistungen (erst ab 400 kW)
 - Höchste Anschaffungskosten
 - Leistung dreifach installiert
 - Am schwersten von allen Systemen
- **Dieselhydraulischer Antriebssysteme**
 - Bis 500 kW für Unterflureinbau
 - Keine Zugkraftunterbrechung
 - Speziell für Schienenfahrzeuge
 - Integrierte Wendestufe
 - Wandler - Wandler
 - Vorteil: Gute Ausnutzung der Motorleistung
 - Nachteil: Schlechteres η über ges. Drehzahlbereich (Bsp. 628.2, Voith T320 rz)
 - Wandler - Kupplung
 - Vorteil: Gutes η im Kupplungsbereich
 - Nachteil: Keine volle Ausnutzung der Motorleistung (Bsp. 628.4, Voith 311 r)

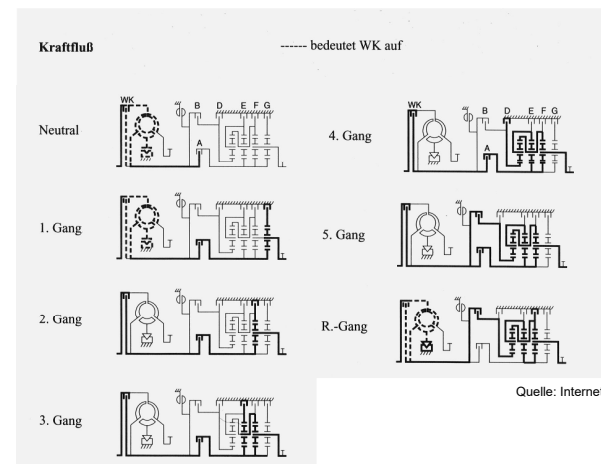
6.2 Leistungsübertragung Mechanische Schaltgetriebe (1)

ZF-Getriebe

5 Gang Version; $i=5,60 - 1,00$



6.2 Leistungsübertragung Mechanische Schaltgetriebe (2)



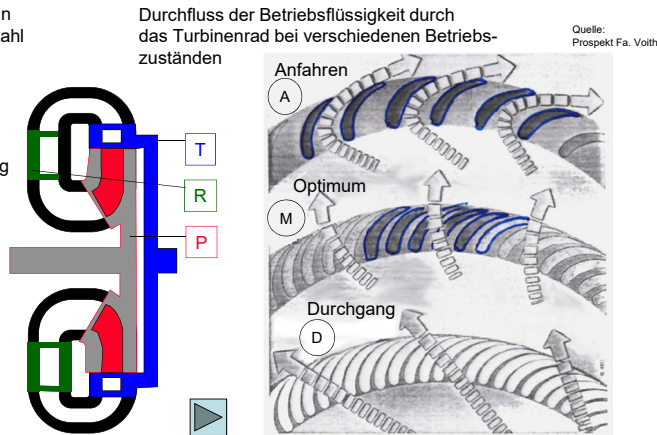
6.2 Leistungsübertragung Hydrodynamische Wandler (1)

Wie verhalten sich hydrodynamische Getriebe (Wandler)?

Die Übersetzung zwischen Ein- und Ausgangsdrehzahl ist nicht (wie bei einem Zahnradpaar) konstant, sondern stellt sich selbstständig stufenlos der abtriebsseitigen Belastung entsprechend ein. Die Leistungsaufnahme ist durch die Charakteristik des Wandlers gegeben.

Wandlerschema:

P = Pumpe
T = Turbine
R = Reaktionsglied



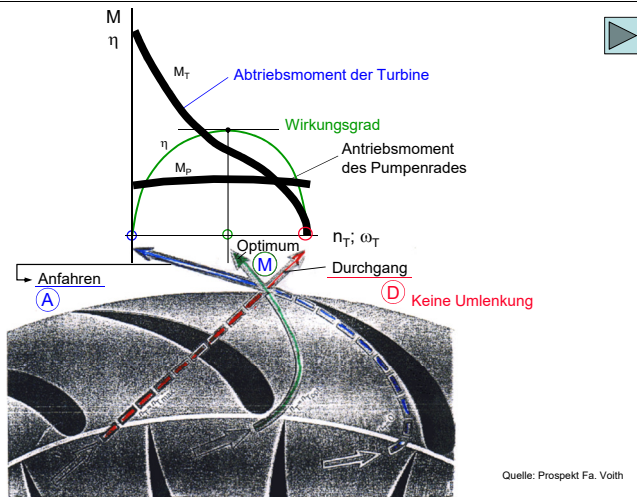
6.2 Leistungsübertragung Hydrodynamische Wandler (2)

Wie verhalten sich hydrodynamische Getriebe ?

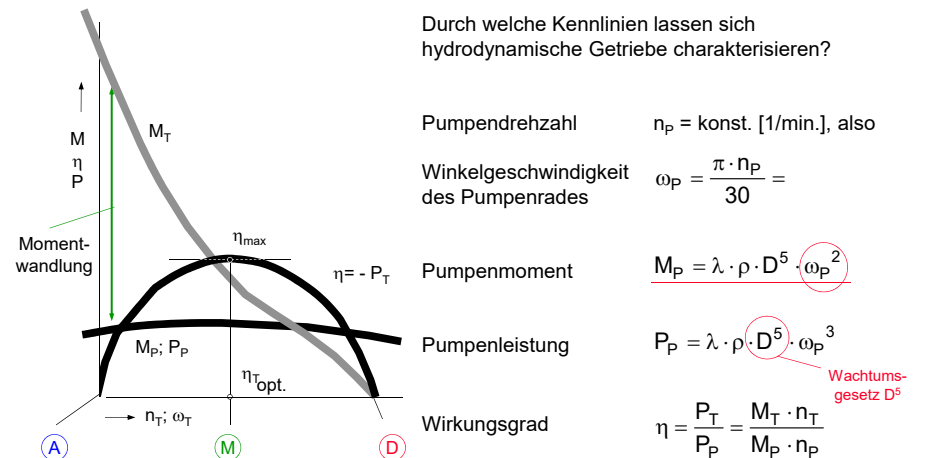
Durch Beschleunigung der Flüssigkeitsmasse in der Pumpe wird ein Drehmoment M_1 an der Antriebswelle des Drehmomentwandlers aufgenommen. In der Turbine wird die Flüssigkeitsmasse anschließend verzögert und auf diese Weise ein Drehmoment M_2 erzeugt und auf die Abtriebswelle übertragen. Das feststehende Reaktionsglied (Leitrad) nimmt hierbei das Differenzmoment zwischen dem Antriebs- und Abtriebsdrehmoment auf und bewirkt eine Drehmomentwandlung. Das Drehmoment M_2 an der Abtriebswelle nimmt stufenlos von einem hohen Anfahrtdrehmoment aus mit zunehmender Abtriebsdrehzahl stetig ab.

Eine Änderung der Verzögerung der Flüssigkeitsmasse - verursacht durch eine andere Turbinendrehzahl - hat auch eine Änderung des übertragenden Drehmomentes zur Folge. Die Umlenkung der Strömung durch das Turbinenrad, welche die Verzögerung der Flüssigkeitsmasse hervorruft, ist für verschiedene Arbeitsbedingungen dargestellt, nämlich für das Anfahren ($n_2 = 0$), die normale Drehzahl ($n_2 = n_{Opt}$) und die Durchgangsdrehzahl ($n_2 = n_{max}$). Eine Änderung des Abtriebsdrehmomentes und der Abtriebsdrehzahl haben in diesem Fall keinen rückwirkenden Einfluss auf den Motor, und zwar auch dann nicht, wenn die Abtriebsdrehzahl so hoch wird, daß das Abtriebsdrehmoment zu Null oder negativ wird.

6.2 Leistungsübertragung Hydrodynamische Wandler (3)



6.2 Leistungsübertragung Kennlinien hydrodynamischer Wandler



6.2 Leistungsübertragung

Hydrodynamische Getriebe am Bsp. Fa. Voith

Erklärung der Typenbezeichnung

Turbogetriebe für Dieseltriebwagen **T 312 bre**

- T** Triebwagengetriebe
- 3** Kennzahl der Kreislaufgröße
- 1** Anzahl der Wandler
- 2** Anzahl der Kupplungen
- b** Hydrodynamische Bremse
- r** Mechanische Wendschaltung
- e** Elektronische Steuerung

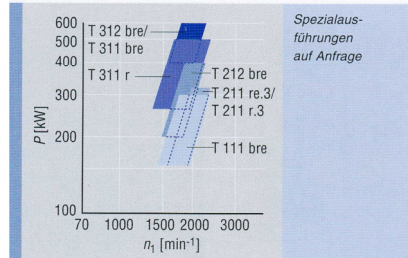
Weitere Bezeichnungen

- +KB...** angeflanschter Retarder
- zz** verstärkt 2. Generation
- .3** verstärkt 3. Generation

Leistungsbereiche

Hydrodynamische Antriebe

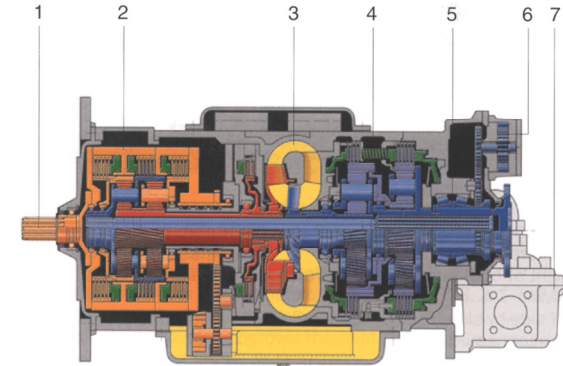
Turbogetriebe für Dieseltriebwagen
Unterflureinbau - Standardausführung



Quelle: Produktübersicht der Fa. Voith, Marktbereich Schiene, 2005

6.2 Leistungsübertragung

Voith - DIWA D 864,2



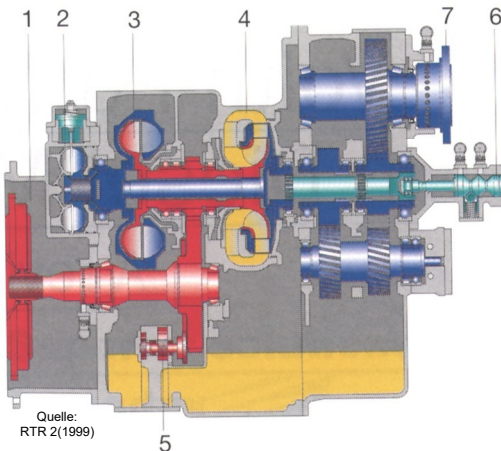
Quelle: RTR 2(1999)

VOITH-DIWA D 864,2 transmission Rail version for a maximum input of 290 kW

- 1 = Input,
- 2 = Planetary input gear,
- 3 = Torque converter,
- 4 = Planetary output gear,
- 5 = Reinforced output,
- 6 = Secondary lubricating, oil pump,
- 7 = Heat exchanger

6.2 Leistungsübertragung

Voith - T211 rze



T 211 rze Turbogetriebe zur Unterflurmontage mit elektronischer Steuerung und verstärktem Abtrieb

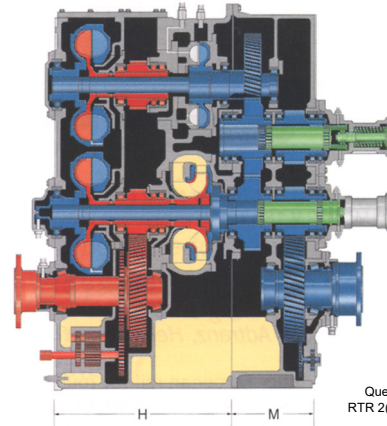
- 1 Gehäuse mit VOITH Federkupplung an der Antriebswelle
- 2 Hydrodynamische Bremse KB 190
- 3 Flüssigkeitskupplung
- 4 Drehmomentwandler
- 5 Ölpumpe
- 6 Reversieranschluss
- 7 Abtrieb

Quelle: RTR 2(1999)

6.2 Leistungsübertragung

Voith - T312 br

Strömungsgetriebe



T 312 br Turbogetriebe für maximalen Input von 600 kW
2 hydraulische Kupplungen, 1 Wandler

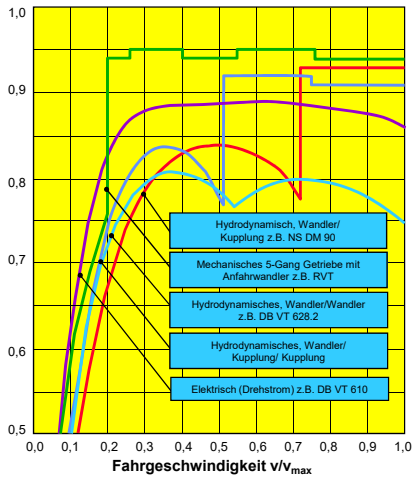
- Rot:** Bewegt durch die Antriebsmaschine.
- Blau:** bewegt durch Kupplungen oder Wandler.
- Grün:** Reversierzylinder.
- Gelb:** Hydrauliköl (Drehmomentwandler gefüllt)

Quelle: RTR 2(1999)

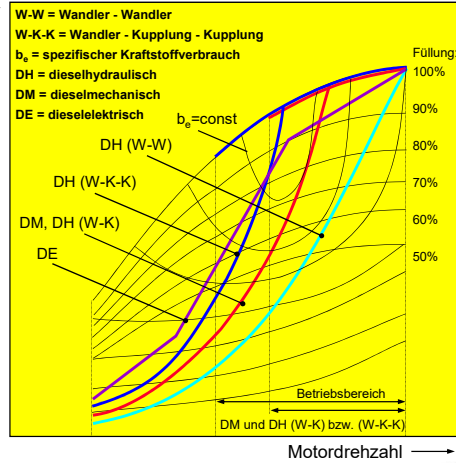
6.2 Leistungsübertragung

Wirkungsgrade und Kennfelder

Traktionswirkungsgrad



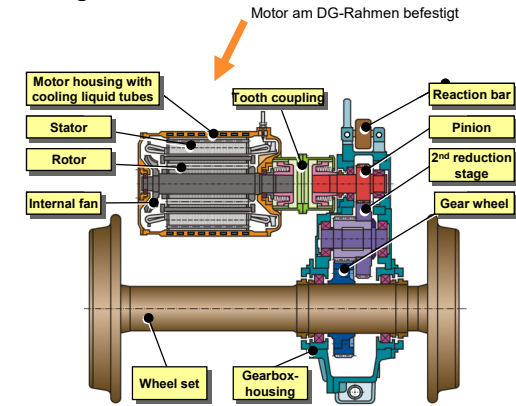
Motorleistung



6.2 Leistungsübertragung

Elektrische Antriebe (1)

Teilabgefedert

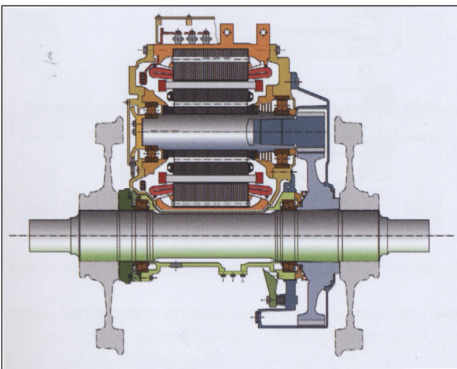


Quelle: Siemens

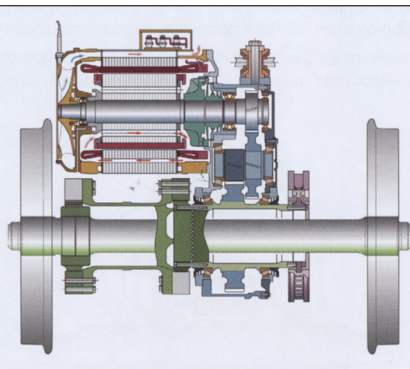
6.2 Leistungsübertragung

Elektrische Antriebe (2)

Unabgefedert



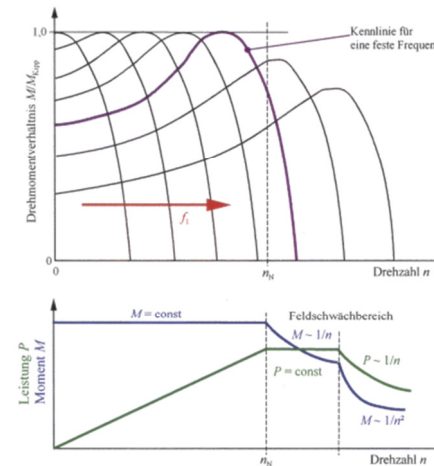
Vollabgefedert



Quelle: Siemens

6.2 Leistungsübertragung

Kennlinie freq.-gesteuerter Asynchronmotoren



Quelle: Ihme, Schienenfahrzeugtechnik, 2. Auflage

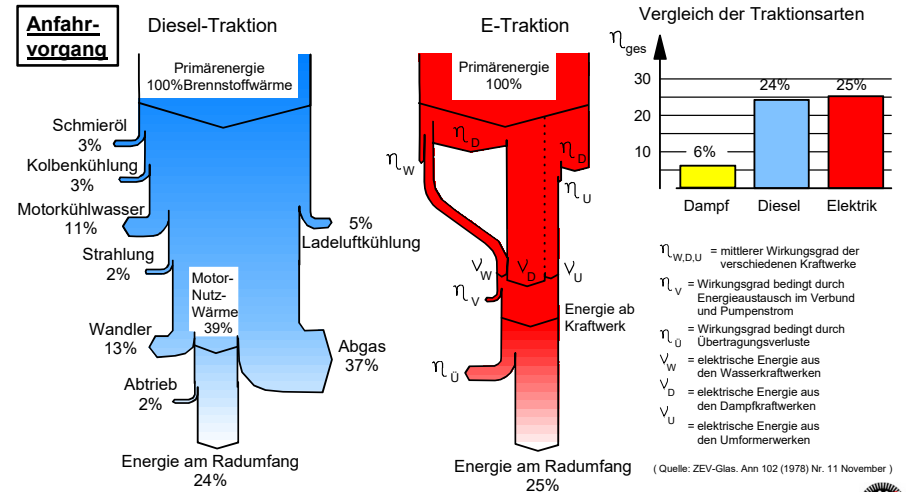
Gliederung

Antriebe

- Konventionelle Antriebe
- Leistungsübertragung
- Neue Konzepte
- Zugförderungsmechanik (optional)
- Beispiel Baureihe VT628 (optional)

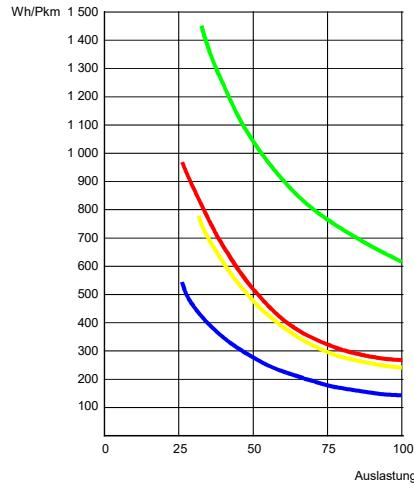
6.3 Neue Konzepte

Verkehrswesen Energiefluß - Diagramme



6.3 Neue Konzepte

Spezif. Primärenergieverbrauch [Wh/Pkm] (1)



Beispiele (gemessen):

Velaro E (Madrid - Barcelona):
0,33 l/100 Pkm bei 100% Besetzung

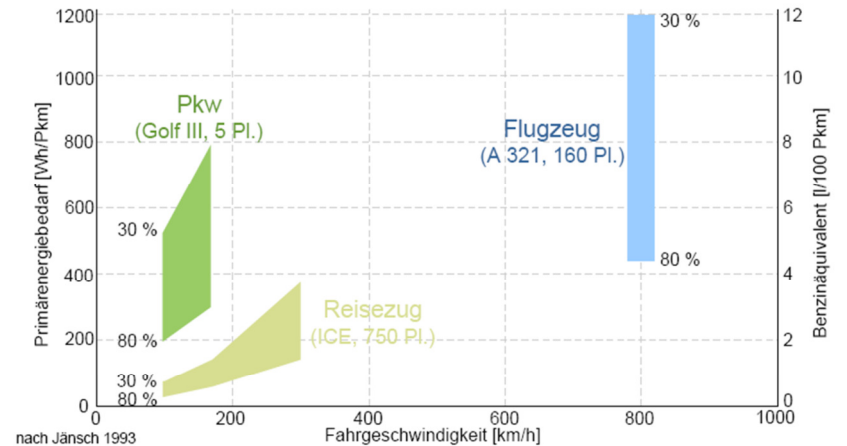
Desiro Doppelstock (S-Bahn Zürich):
0,21 l/100 Pkm bei 100 % Besetzung

- Flugzeug / Airbus A300 900 km/h 600 km Strecke
- PKW 150 km/h
- TRANSRAPID 400 km/h
- Eisenbahn 160 km/h Intercity

(Quelle: ETR Sonderdruck 3-1980, Seite 144)

6.3 Neue Konzepte

Spezif. Primärenergieverbrauch [Wh/Pkm] (2)

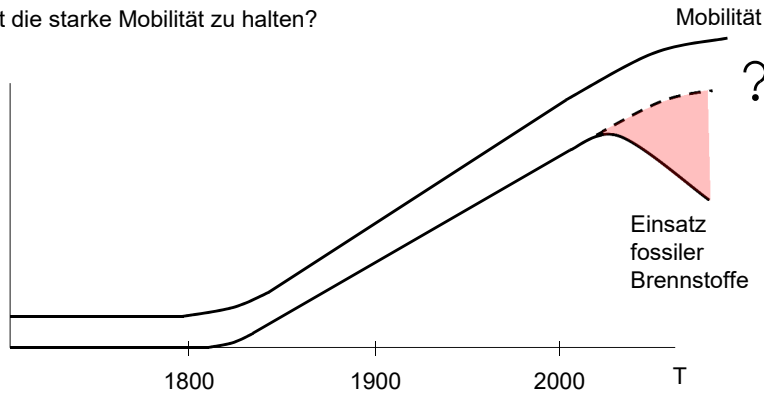


6.3 Neue Konzepte

Mobilität und fossile Brennstoffe

Der starke Anstieg der Mobilität seit dem 18. Jahrhundert war nur durch den Verbrauch von fossilen Brennstoffen möglich.

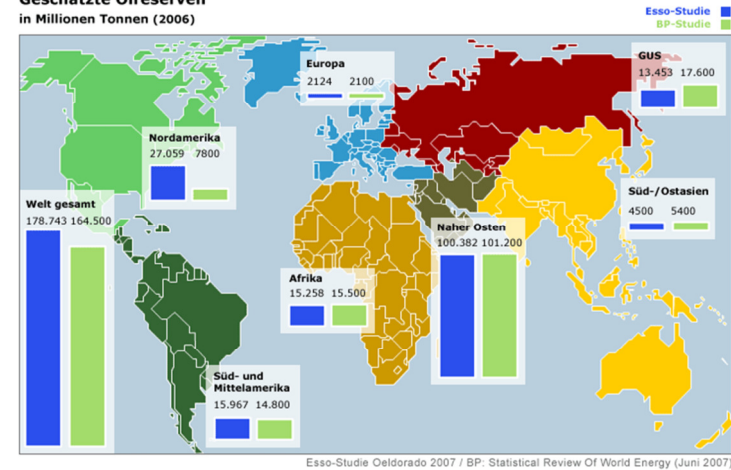
Ist die starke Mobilität zu halten?



6.3 Neue Konzepte

Mobilität und fossile Brennstoffe

Geschätzte Ölreserven
in Millionen Tonnen (2006)



Esso-Studie Oeldorado 2007 / BP: Statistical Review Of World Energy (Juni 2007)

6.3 Neue Konzepte

Mobilität und fossile Brennstoffe

Ölreserven: 244.000 Mio Tonnen (1.866 Gb)

Ölverbrauch: 4.668 Mio Tonnen/Jahr (36 Gb/a)

Bei theoretisch gleichbleibendem Verbrauch und Förderung wäre die Reichweite ca. 52 Jahre.¹

Bei steigendem Verbrauch in den nächsten 10 Jahren ist die Reichweite entsprechend geringer.

Bei steigendem Weltverbrauch ist von heute in 10-15 Jahren mit Turbulenzen und unkalkulierbaren Ölpreisen zu rechnen.

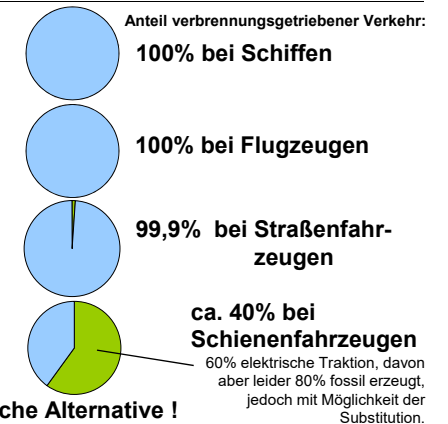
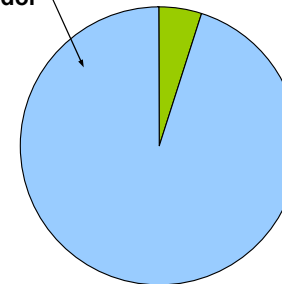
Also: Der Verbrauch muss sehr stark abnehmen!

¹ (Studie Bundesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe von 2019)

6.3 Neue Konzepte

Mobilität und fossile Brennstoffe

95% der Mobilität sind abhängig von der Nutzung flüssiger Kohlenwasserstoffe - Erdöl

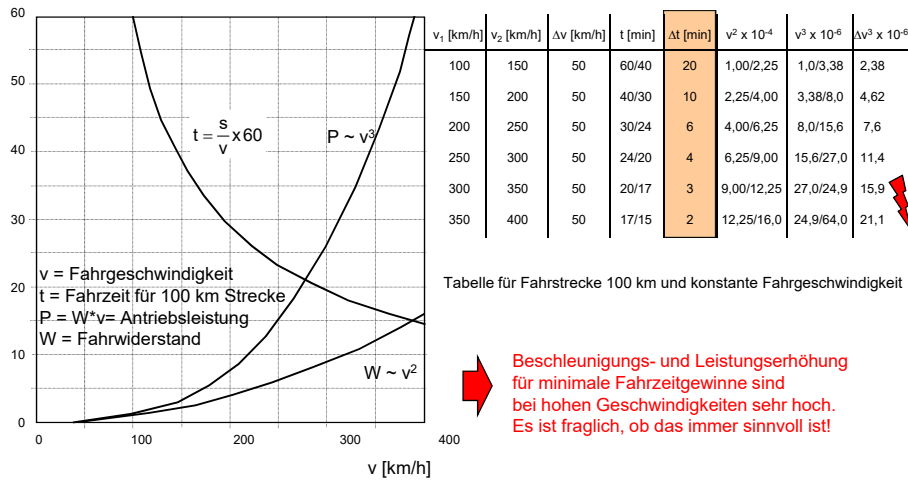


Nur die Bahn hat seit langem die elektrische Alternative !

E-Mobility gibt es in Deutschland
seit 1881: Betriebsaufnahme der elektrischen Straßenbahn in Berlin-Lichterfelde (Nahverkehr)
seit 1911: Elektrifizierung der Strecke Halle-Leipzig (Vollbahn)
In D ist 60% der Streckenlänge elektrifiziert, das entspricht 90% der Verkehrsleistung

6.3 Neue Konzepte

Geringe Fahrzeitgewinne bei hohen Geschw.



6.3 Neue Konzepte

Lösungsideen

Not macht erfinderisch.

Es gibt vielversprechende Ideen, die Mut machen.

- + Kombikraftwerke Wind/Sonne/Bio
- + Plug-in-Hybrid-Fahrzeuge mit Range-Extender
- + Power-to-Gas: Erzeugung von Methan-Erdgas durch „grünen“ Strom
- + Ringwall-Stauseen
- + Unterflur-Pumpspeicherkraftwerke in ehemaligen Bergwerken
- + Turm-Windkraftanlagen, Windenergie-Drachen
- +/- e-cars: Kfz nur mit Akkus
- +/- Lkw-Spur auf der Autobahn elektrifizieren
- +/- Smart Grid
- Kernkraftwerke
- CO₂ – Verpressung

Filmsequenz „Hybrid-Power-Pack“ von mtu



6.3 Neue Konzepte

Alstom Hybrid-Lokomotive



Rangierlokomotivenplattform H3

Mit Vollkraft in die Zukunft - Neue Technologien im Rangierbetrieb

Diesel-Batterie-Hybrid



Quelle: Internet, Alstom 25.01.2017

6.3 Neue Konzepte

Siemens Avenio Batterie-Hybrid



Siemens Avenio für Doha

- Oberleitungsloser Betrieb
- Streckenlänge 11,5 km
- 24 Stationen
- 19 3teilige Trams
- Länge 27,7 m
- Achsfolge Bo+2+Bo
- Energiespeicher SITRAS-HES
- Kombination von Traktionsbatterien und Doppelschicht-kondensatoren
- Laden an den Stationen
- Energieeinsparung von max. 30%
- Rückgewinnung Bremsenergie
- Extreme Anforderungen bis 50°C

Quelle: Internet, 16.05.2017
Siemens, Dawlish Trains

6.3 Neue Konzepte Alstom iLint



Quelle: Foto Meyer, Innotrans September 2016

Alstom iLINT

- Kooperation Alstom – DLR
- Wasserstofftanks
- Brennstoffzelle
- Batterie
- Energiewandler/Umrichter
- Elektromotor
- 140 km/h
- Reichweite ca. 600 – 800 km
- Testfahrten im März 2017
- Ab 2018 Probetrieb
- mit Fahrgästen

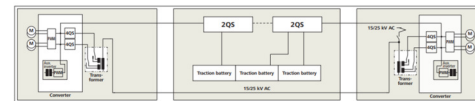
Quelle: Internet, Wikipedia, 26.01.2017



6.3 Neue Konzepte Siemens DML ÖBB CityJet eco



Quelle: Siemens



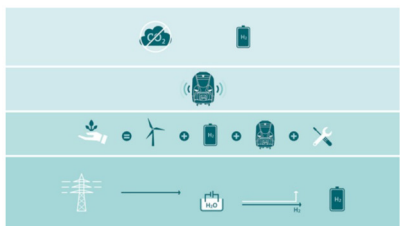
Technische Daten	AC-Modus	Batterie-Modus
Achsfolge	Bo'Bo'+2'2'+Bo'Bo'	
Spurweite	1.435 mm	
Höchstgeschwindigkeit	140 km/h	100 km/h
Antriebsleistung	bis 2.600 kW	
Installierte Batteriekapazität		528 kWh
Anfahrbeschleunigung	1,0 m/s ²	0,77 m/s ²
Energieversorgung	15 kV AC / 25 kV AC	
Länge (über Kupplung)	75.152 mm	
Fußbodenhöhe	600 mm	
Einstiegsbereiche	6 je Zug in der S-Bahn	
Fahrgastkapazität	240 Sitzplätze	
Max. Achslast	< 17 t inklusive Traction Battery pack	
Kollisionsstauglichkeit	TSI und EN 15227 konform	
Brandschutz	CEN / TS 45545 und DIN 5510 Brandschutzstufe 2	



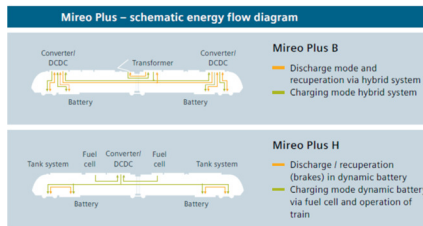
6.3 Neue Konzepte Siemens Mireo Plus B(attery) / H(ybrid)



Quelle: Siemens



Technical data	Mireo Plus B	Mireo Plus H
Wheel arrangement	Bo' 2 Bo' (2-part) Bo' 2' 2' Bo' (3-part)	
Track gauge	1.435 mm	
Max. speed	160 km/h	
Traction power	1.700 kW	
Starting acceleration	1.1 m/s ²	
Power supply	15 kV AC / 25 kV AC	H ₂
Length (over coupling)	Approx. 47 m (2-part) Approx. 63 m (3-part)	
Entrance height	600 mm or 800 mm	
Passenger capacity	Approx. 120 seats (2-part) Approx. 160 seats (3-part)	
Range	Up to 80 km (2-part) Up to 120 km (3-part)	Up to 600 km (2-part) Up to 1,000 km (3-part)



6.3 Neue Konzepte Herausforderungen

Stichworte zu Themen der Zukunft (ohne Anspruch auf Vollständigkeit)

- Fahrzeugtechnik** - Wagenleichtbau, um Energie einzusparen und die Nutzlast zu erhöhen, erfordert Materialmix und die dazu notwendige Fügetechnik
- LED-Technik ermöglicht neue, wechselnde Innenraumausleuchtung
- Barrierefreiheit im Einstieg
- Lärmreduzierung, z.B. aeroakustische Vollverkleidung der Drehgestelle
- Güterverkehr** - Automatische Kupplungen
- Durchgehende elektrische Steuerleitung z.B. automatische Bremsprobe
- Umsetzung der Pläne für Flüsterbremsen
- Energie** - Hybridfahrzeuge, die von elektrifizierten auf nicht elektrifizierte Strecken wechseln können
- Emissionsfreiheit (z.B. Wasserstoff)
- IT, Digitalisierung** - IT-Durchdringung von Betrieb und Fahrgastinfo, WLAN überall
- Digitales Upgrade inbegriffen
- Betriebsunterstützung, Wartung und Service
- Assistiertes, automatisches und autonomes Fahren



**Es bleibt viel zu tun.
Die Bahntechnik ist und bleibt spannend!**

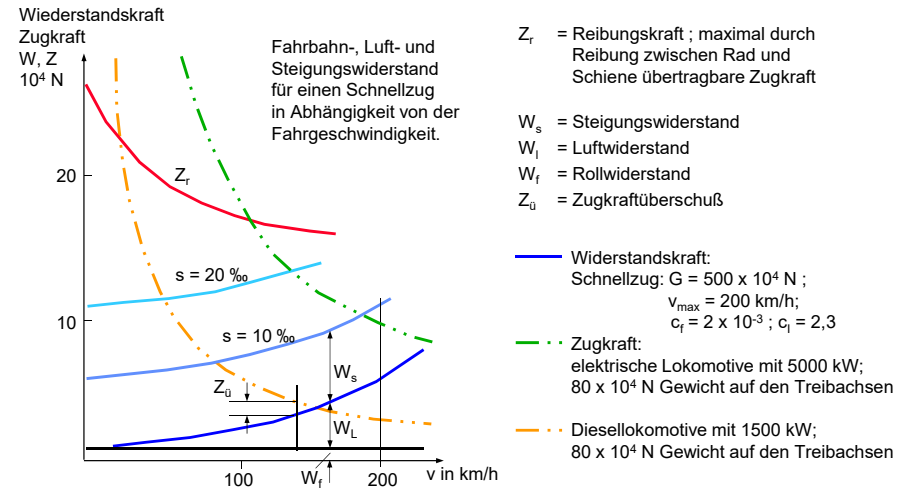


Gliederung

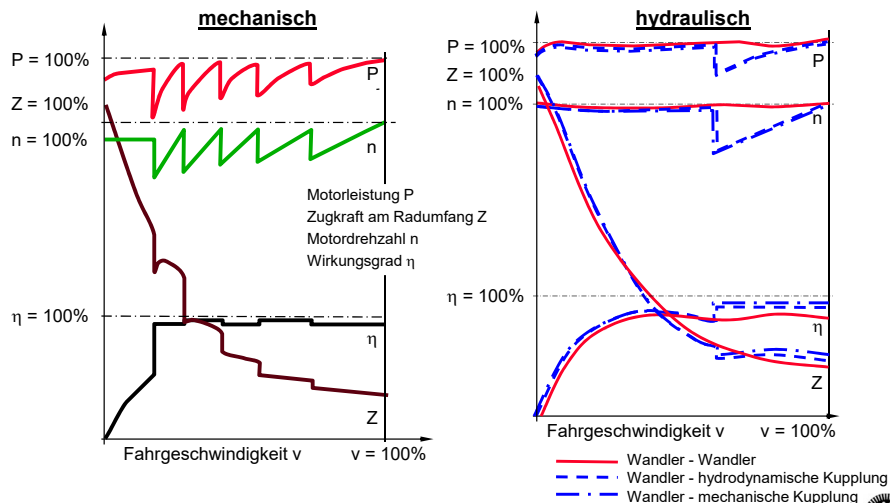
Antriebe

- Konventionelle Antriebe
- Leistungsübertragung
- Neue Konzepte
- Zugförderungsmechanik (optional)
- Beispiel Baureihe VT628 (optional)

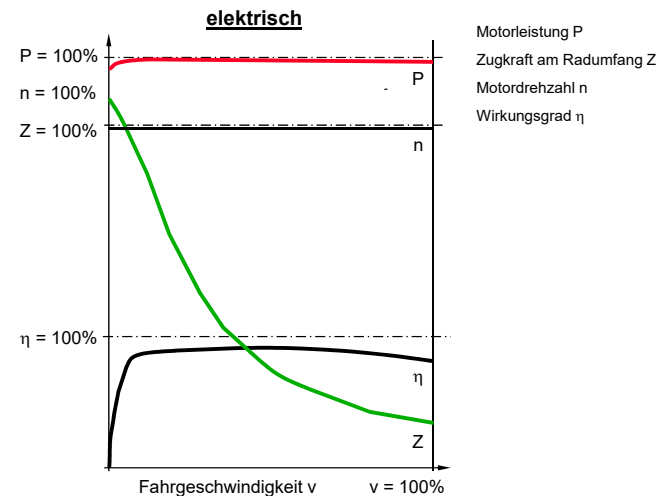
6.4 Zugförderungsmechanik Zugkraft-Geschwindigkeits-Diagramm



6.4 Zugförderungsmechanik Kennlinien bei Leistungsübertragung

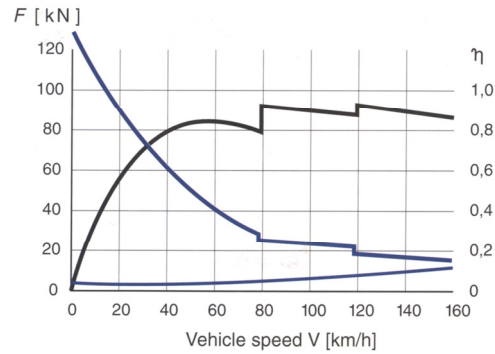


6.4 Zugförderungsmechanik Kennlinien bei Leistungsübertragung



6.4 Zugförderungsmechanik

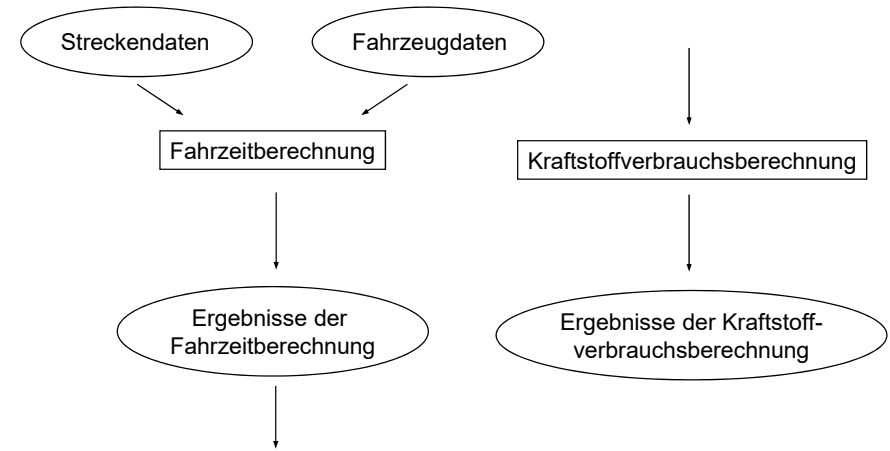
Zugkraft und Wirkungsgrad



Zugkraft und Wirkungsgrad des VT 611 Diesel-Neigetechnik-Zuges der DB mit T312 br - Getriebe

6.4 Zugförderungsmechanik

Überblick - Prinzip der Berechnungsschritte



6.4 Zugförderungsmechanik

Beispiel RegioSprinter

RegioSprinter Am Loreley-Tunnel im März 1995

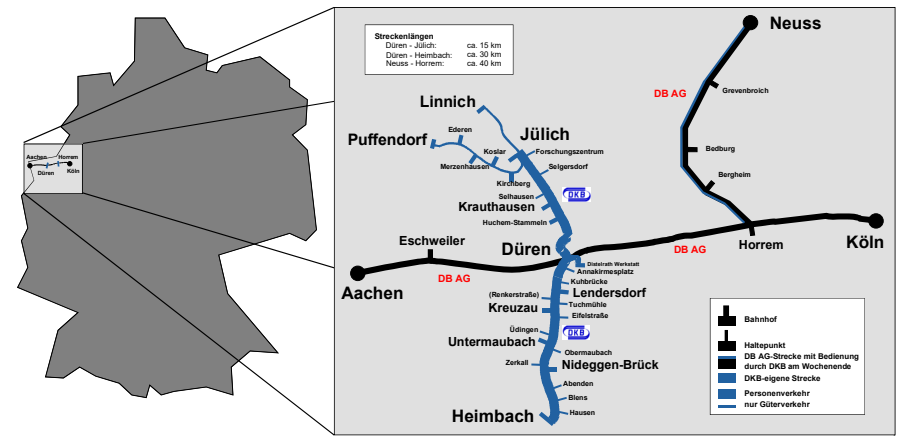


Quelle: Siemens

6.4 Zugförderungsmechanik

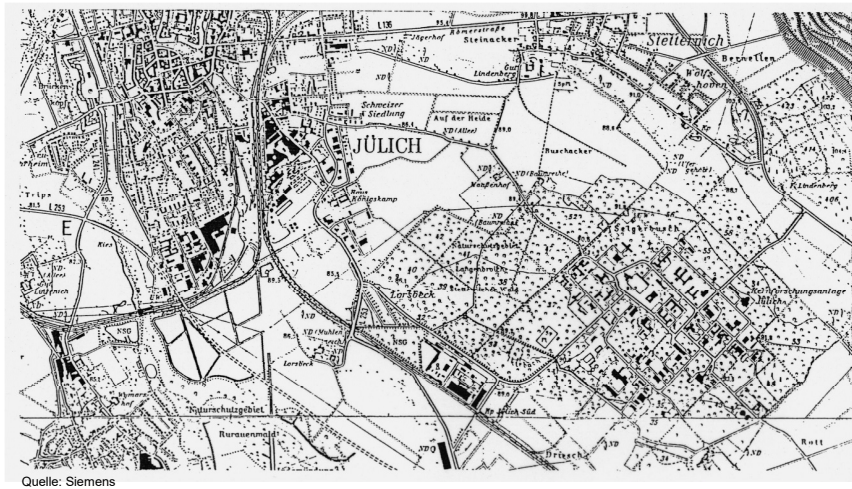
Beispiel RegioSprinter

RegioSprinter SPNV-Strecken der Dürener Kreisbahn GmbH

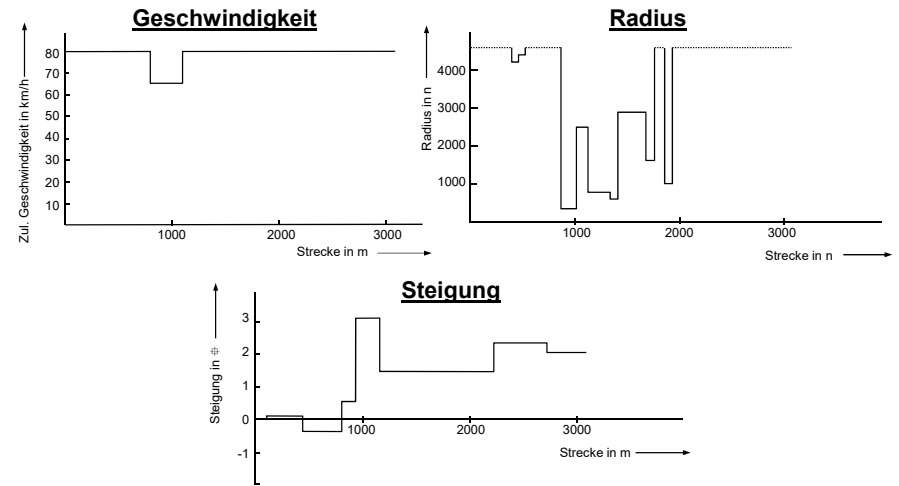


Quelle: Siemens

6.4 Zugförderungsmechanik Fahrndynamik Topographie der Strecke



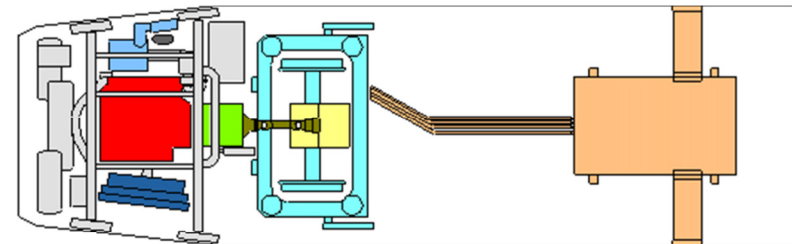
6.4 Zugförderungsmechanik Fahrndynamik Streckendaten












6.4 Zugförderungsmechanik Aufbereitung von Fahrzeugdaten

- | | | | |
|-----------------|-------------------------------|-----------------|---|
| <u>Eingaben</u> | - Fahrzeuggewicht | <u>Funktion</u> | - Erfassung der Fahrzeugdaten zur Ermittlung von speziellen Kennwerten (Anfahrzugkraft, spez. Zugkraftüberschuß bei Höchstgeschwindigkeit, etc.) und Verläufen fahrdynamischer Größen des Fahrzeugs |
| | - Reibungsgewicht | | |
| | - Motordaten | | |
| | - Getriebedaten | | |
| | - Auslegungsgeschwindigkeit | | |
| | - Wirkungsgradverläufe | | |
| | - Fahrzeugwiderstandsverläufe | | |
| | - Reibverläufe | | |
| | - Radreifendurchmesser | | |
| | - Zul. Beschleunigung | | |
| | - Max. Bremsverzögerung | | |
| | - etc. | | |

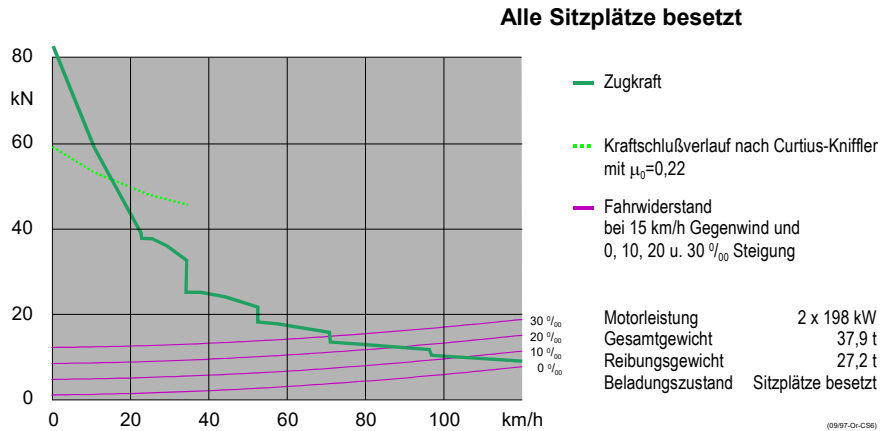
6.4 Zugförderungsmechanik RegioSprinter Antriebsanlage



- | | |
|--|---|
|  Verbrennungsluftansaugung |  Fahrwerk |
|  5-Zylinder-Dieselmotor |  Wasser- und Ladeluftkühler |
|  5-Gang-Getriebe mit Retarder |  Abgasanlage |
|  Gelenkwelle |  Kraftstofftank mit je 350 l |
|  Radsatzwendegetriebe | |

6.4 Zugförderungsmechanik

Zugkraft - Geschwindigkeit - Diagramm



6.4 Zugförderungsmechanik

Fahrzeugaufberechnung

Eingaben

- Aufbereitete Streckendaten
- Aufbereitete Fahrzeugdaten
- Fahrweise (straff, mit Auslauf oder energieverbrauchsoptimiert auf eine bestimmte Fahrzeit)

Ausgaben

- Fahrzeit auf der gesamten Strecke und Energieverbrauch bezogen auf den Getriebeeingang
- Graphische Darstellung von Geschwindigkeit, Fahrweg, Leistung und Beschleunigung über der Fahrzeit
- Graphische Darstellung von Geschwindigkeit und Leistung über dem Fahrweg
- Liste der fahrdynamischen Ergebnisgrößen wie z.B. Fahrgeschwindigkeit, Fahrweg, Fahrzeit, Fahrzeugzustand für jedes Abschnittsende

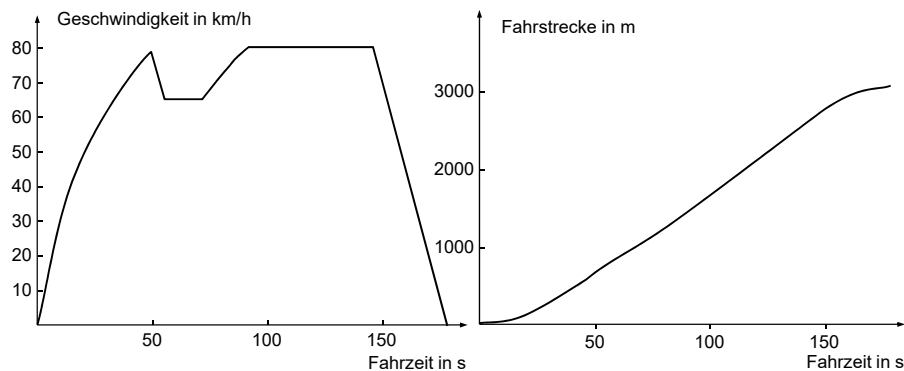
Funktion

- Fahrzeitberechnung
- Energieverbrauchsberechnung

6.4 Zugförderungsmechanik

Fahrdynamik Fahrzeitberechnung

Fahrzeug RVT ($i = 2,7$ früher Schaltpunkt) auf der Strecke von Jülich nach Jülich Süd



graph. Ausgabe

6.4 Zugförderungsmechanik

Fahrdynamik RVT Lastkollektiv für Gelenkwelle

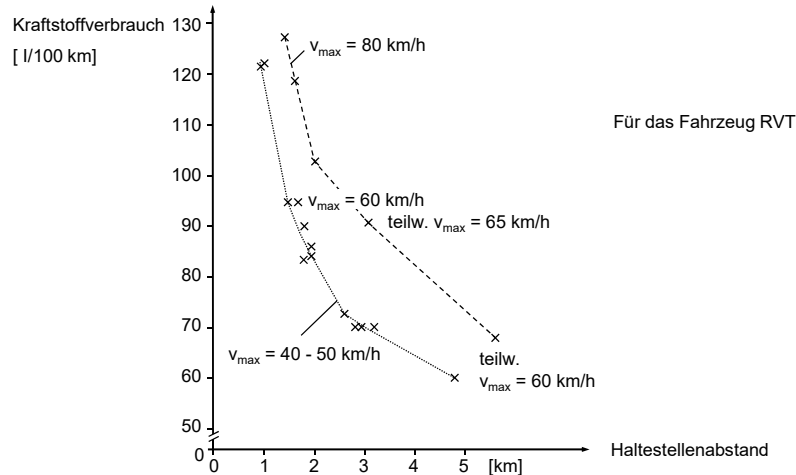
n [min ⁻¹]	M [Nm]										Σ
	≤ 500	≤ 1000	≤ 1500	≤ 2000	≤ 2500	≤ 3000	≤ 3500	≤ 4000	≤ 4500		
≤ 100	28,91					1,74					30,65
≤ 200						1,05					1,05
≤ 300						0,52			1,99		2,51
≤ 400						0,82					0,82
≤ 500						0,97	0,20				1,18
≤ 600						2,05	0,15				2,20
≤ 700					0,06	1,01					1,07
≤ 800	1,80	0,03		1,35	0,15	1,01					4,33
≤ 900	0,41	0,08		1,01		0,51					2,01
≤ 1000	34,06	3,26		1,73	0,29						39,34
≤ 1100			0,43	0,05	0,32						0,80
≤ 1200	3,59	1,02	0,56			0,16					5,32
≤ 1300	0,35		0,55			0,09					0,98
≤ 1400			0,58			0,52					1,10
≤ 1500			0,93			0,06					0,99
≤ 1600	4,40	0,28	0,96			0,01					5,64
Σ	73,52	4,67	4,01	4,14	0,21	11,13	0,35	1,99			100

Lastkollektiv der Gelenkwelle für Fahrt auf der Strecke Jülich - Heimbach - Jülich, angegeben sind Zeitanteile in Prozent der Gesamtfahrzeit

6.4 Zugförderungsmechanik

Kraftstoffverbrauch

▪ Durchschnittlicher Kraftstoffverbrauch über dem Haltestellenabstand



Grundlagen der Schienenfahrzeugtechnik | Dr.-Ing. Michael Karatas | Kap. 6 | Folien-Nr. 73

Gliederung

Antriebe

- Konventionelle Antriebe
- Leistungsübertragung
- Neue Konzepte
- Zugförderungsmechanik (optional)
- Beispiel Baureihe VT628 (optional)

Grundlagen der Schienenfahrzeugtechnik | Dr.-Ing. Michael Karatas | Kap. 6 | Folien-Nr. 74

6.5 Beispiel Baureihe VT628

Zur VT 628 – Familie

- 1972: Entwicklung VT 628.0 und VT 627.0 - Prototypen begonnen
- 1974-75: Bau von 12 „Prototyp“-Fahrzeugen
- 1980: Entwicklung VT 628.1 - Prototyp begonnen
- 1982: Bau von 3 „Prototyp“-Fahrzeugen
- 1983: Entwicklung VT 628.2 begonnen
- 1986-89: 1. Serie von 150 Zügen (50 bei DUEWAG)
- 1989: Weiterentwicklung zum VT 628.4 (Baureihe VT 628.3 gibt es nicht)
- 1991-95: 2. Serie von 189 Zügen (63 bei DUEWAG)

6.5 Beispiel Baureihe VT628

Triebzug 628.0/928.0 Deutsche Bahn AG



Quelle: Siemens

Daten

Gesamtlänge über Kupplungen	44 350 mm
größte Wagenkastenbreite	2 883 mm
größte Höhe über Antenne	4 164 mm
Fußbodenhöhe über SO	1 220 mm
Zahl der Sitzplätze	136
Gesamtgewicht	77 t
Höchstgeschwindigkeit	120 km/h
Motoren (wahlweise)	
• MB OM 404	2 x 210 kW
• KHD F12 L 413	2 x 206 kW
• MAN D 3256 BTXU	2 x 210 kW

Grundlagen der Schienenfahrzeugtechnik | Dr.-Ing. Michael Karatas | Kap. 6 | Folien-Nr. 75

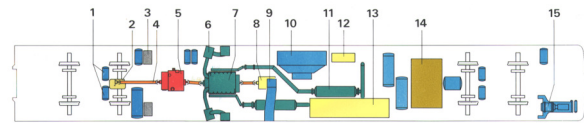
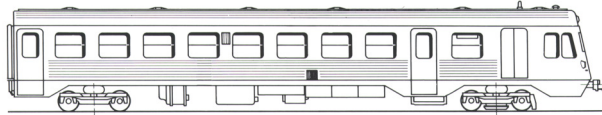
Grundlagen der Schienenfahrzeugtechnik | Dr.-Ing. Michael Karatas | Kap. 6 | Folien-Nr. 76

6.5 Beispiel Baureihe VT628

Triebzug 628.0/928.0 Deutsche Bahn AG

Maschinenanlage

628.0



- 1 Luftbehälter
- 2 Radsatzgetriebe mit Vorgelege
- 3 Sandstreueinrichtung
- 4 Gelenkwelle
- 5 Turbo-Getriebe
Typ Voith T 320 r
- 6 Verbrennungsluftansaugung
Dieselmotor
Typ Daimler - Benz OM 444 A
- 7 Dieselmotor
Typ KHD F 12 L 413
- 7b Dieselmotor
Typ MAN D 3256 BTXU
- 8 Lichtanlaßmaschine
- 9 Luftansaugung für
Lichtanlaßmaschine
- 10 Unterflurkühlanlage
- 11 Abgasanlage
- 12 E-Gerätekasten
- 13 Batteriekasten
- 14 Kraftstoffbehälter
- 15 Luftpresser

6.5 Beispiel Baureihe VT628

Dieselhydraulischer Triebwagen

SPNV-VT 628.1/VS 928.1



Quelle: Siemens

Daten

Gesamtlänge über Puffer (zweiteilig)	44 150 mm
größte Wagenkastenbreite	2 850 mm
größte Höhe über Antenne	4 154 mm
Fußbodenhöhe über SO	1 210 mm
Zahl der Sitzplätze	128
Gesamtgewicht	70 t
Höchstgeschwindigkeit	120 km/h
Antrieb 1 wassergekühlter, aufgeladener 12-Zyl.- Dieselmotor	1 x 357 kW

6.5 Beispiel Baureihe VT628

Dieselhydraulischer Triebwagen

Baureihe 628.2



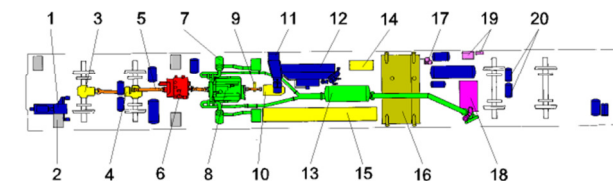
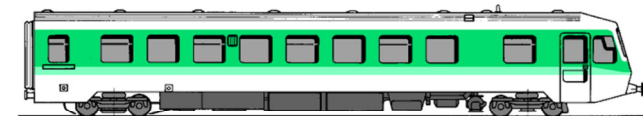
Quelle: Siemens

Daten

	628.2	928.2
Radsatzanordnung	2'B'	2'2'
Höchstgeschwindigkeit	120 km/h	
Gesamtlänge über Puffer	45 400 mm	
Länge des Wagenkastens	21 940 mm	
Drehgestellmittenabstand	15 100 mm	
Radsatzstand der Drehgestelle	1 900 mm	
größte Breite	2 850 mm	
Fußbodenhöhe über SO	1 210 mm	
Zahl der Sitzplätze		
1. Klasse	-	10
2. Klasse (+ Klappsitze)	64 (+ 8)	48 (+ 13)
Gesamtgewicht (DIN 25008)	39 t	28 t
Höchstgewicht (DIN 25008)	51 t	40 t
Motor	ein 12-Zylinder Diesel- motor, 410 kW bei 2 130 min ⁻¹	

6.5 Beispiel Baureihe VT628

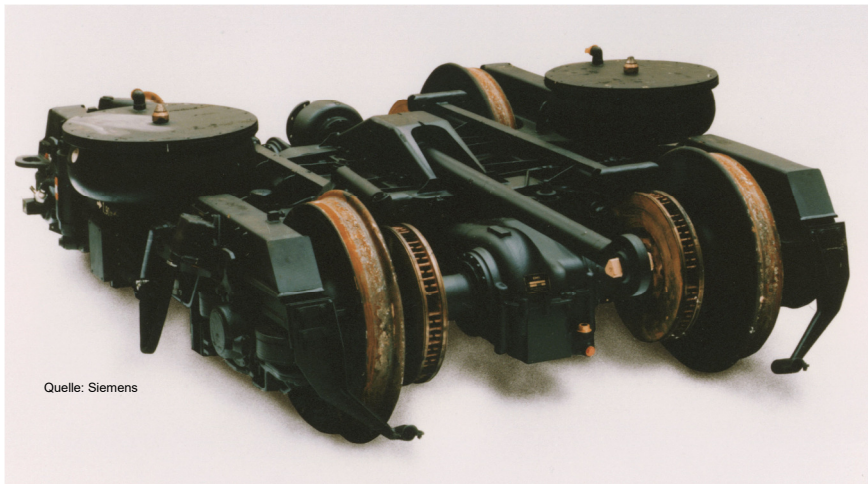
Triebzug VT 628.2/VS 928.2 - Maschinenanlage



- 1 Luftpresser
- 2 Sandstreueinrichtung
- 3 Radsatzgetriebe
- 4 Radsatzgetriebe mit Vorgelege
- 5 Gelenkwelle
- 6 Turbo-Getriebe Typ Voith T 320 rz
- 8 Dieselmotor Typ Daimler-Benz OM 444 A
- 9 EMG-Stellgerät
- 10 Lichtanlaßmaschine
- 11 Luftansaugung für Lichtanlaßmaschine
- 12 Unterflurkühlanlage
- 13 Abgasanlage
- 15 Batteriekasten
- 16 Kraftstoffanlage
- 17 Steuerventil
- 18 Heizgerät
- 19 Spurkranzschmierung
- 20 Luftbehälter

6.5 Beispiel Baureihe VT628

Motorwagen VT 628.2 - Triebdrehgestell

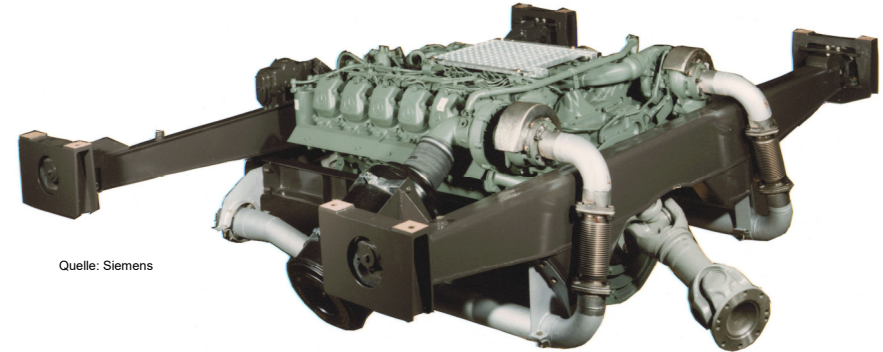


Quelle: Siemens

6.5 Beispiel Baureihe VT628

Motorwagen VT 628.2

12-Zylinder-Dieselmotor OM 444A, mit Abgasturboaufladung,
410 kW bei 2 130 min⁻¹



Quelle: Siemens

6.5 Beispiel Baureihe VT628

Zweiteiliger dieselhydraulischer Triebzug

▪ VT 628.4/VS 928.4 - DB

Daten

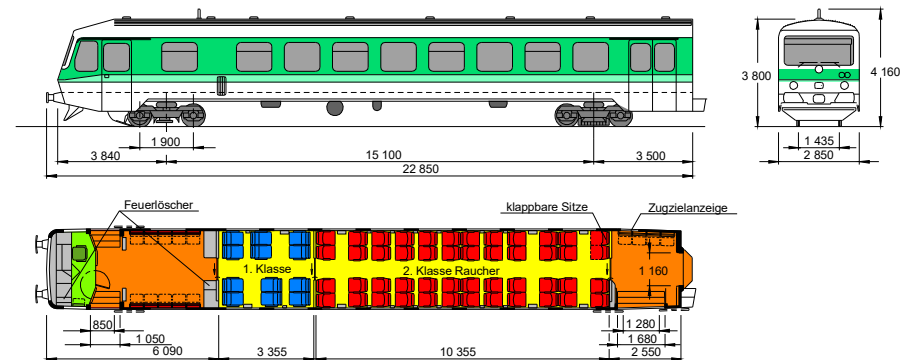


Quelle: Siemens

	628.4	928.4
Erstauslieferung	1992	
Höchstgeschwindigkeit	120 km/h	
Gesamtlänge über Puffer	46 400 mm	
Länge des Wagenkastens	22 440 mm	
Drehgestellmittenabstand	15 100 mm	
größte Breite	2 850 mm	
Fußbodenhöhe über SO	1 210 mm	
Zahl der Sitzplätze		
1. Klasse	-	12
2. Klasse (+ Klappsitze)	64 (+ 8)	48 (+ 14)
Gesamtgewicht (DIN 25008)	41,4 t	29 t
Höchstgewicht (DIN 25008)	56,8 t	44 t
Motor	ein 12-Zylinder Dieselmotor, 410 kW bei 2 130 min ⁻¹	

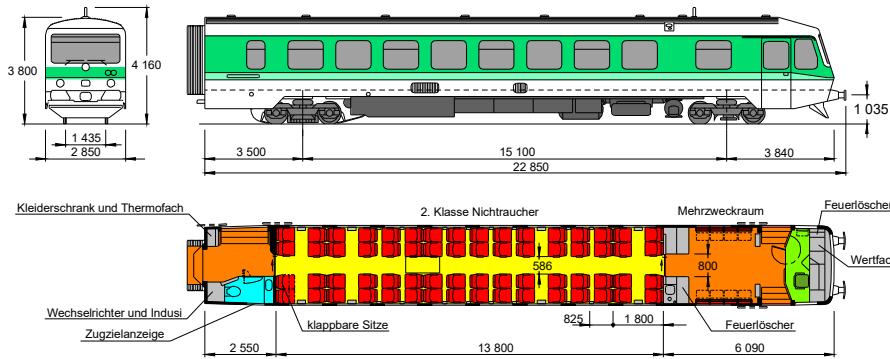
6.5 Beispiel Baureihe VT628

VT 628.4 Ansichten und Grundriß



6.5 Beispiel Baureihe VT628

VT 628.4 Ansichten und Grundriß



6.5 Beispiel Baureihe VT628

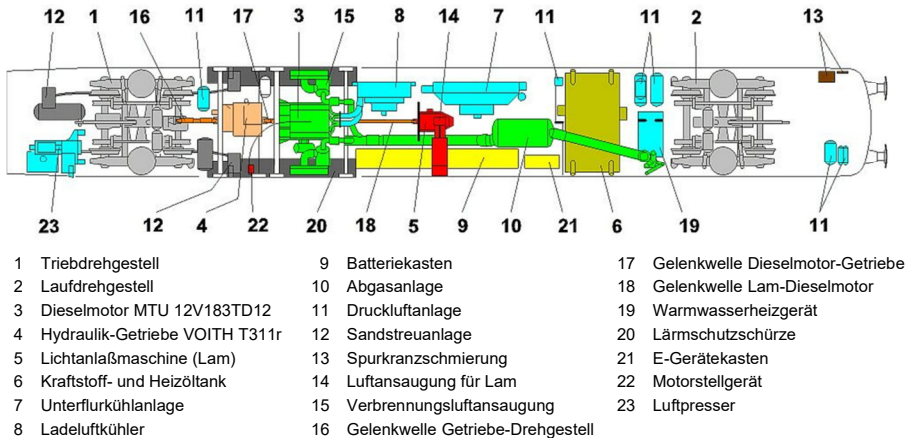
Zweiteiliger dieselhydraulischer Triebzug

- I. **Antrieb**
 - Dieselmotor mit 485 kW anstatt 410 kW, Leistungssteigerung durch Ladeluftkühlung, infolgedessen Änderungen an nachfolgenden Komponenten der Antriebsanlage
 - Motorperipherie
 - Traktionsgetriebe T 311 r anstatt T320 rz
 - Getriebeperipherie
 - Achsgetriebe mit geänderter Übersetzung und verstärkter Ausführung
- II. **Rohrleitungen unterflur**
- III. **Drehgestelle**
 - VT verstärkter Trieb- und Laufdrehgestell mit 14,5 t Radsatzlast anstatt 13,0 t
 - Spurkranzschmierung erhielt bogenabhängige statt Weg- Zeit- Impulssteuerung
- IV. **Wagenkasten**
- V. **Einstiegtüren KK- Ende**
- VI. **Innenausbau**
- VII. **Unterflurschutz**
- VIII. **Gewichte**
- IX. **Geräusche im Fahrzeuginnenen**
 1. Ansauganlage
 2. Fußboden

6.5 Beispiel Baureihe VT628

Geräteanordnung im Untergestell

Motorwagen VT 628.4



6.5 Beispiel Baureihe VT628

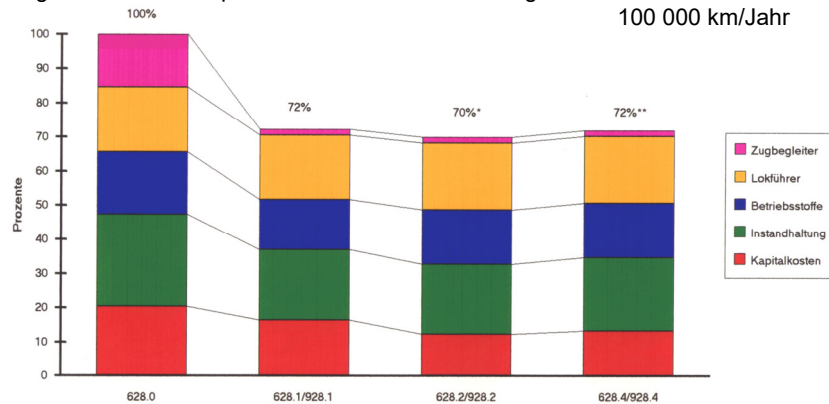
VT 628 - Energieversorgung Übersicht

- | | | |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ 110V Gleichstromkreis: Gruppe [A]: Fahrgastraum/Führerraum Lüfter Ansteuerung Schranklüfter Magnetschienen Bremse Aussenspiegel Brauchwasser Heizung Putzlicht Beleuchtung Schleuderschutz Gleitschutz Heizungsregelung Bremsprobe | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 110V Gleichstromkreis: Gruppe [B]: SIFA Indusi Drehzahl-Reglung Fahrzeug-Steuerung Electronic-Stromversorgung Luftpresser Sanden Signal-Leuchten Beleuchtung Führerraum Leuchtmelder Zugbahnfunk IBIS ANNAX Laursprecher Einrichtung (24V) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 220V Wechselstromkreis: Gruppe [C]: Wagen Heizung-Pumpen Öl Brenner und Gebläse Scheiben-Klaranlage und Gebläse Kraftstoff Umwalzpumpe Druckbelüftung |
|--|--|---|

6.5 Beispiel Baureihe VT628

VT 628 - Energieversorgung Übersicht

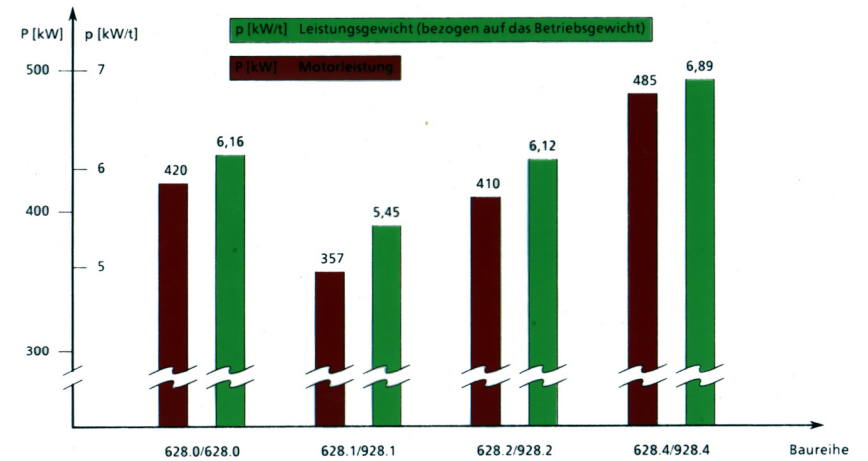
Vergleich der Kosten pro km innerhalb der Fahrzeugfamilie auf der Basis von 100 000 km/Jahr



* Werte für VT 628.2/VS 928.2 noch nicht von der DB bestätigt, ** Werte für VT 628.4/VS 928.4 geschätzt

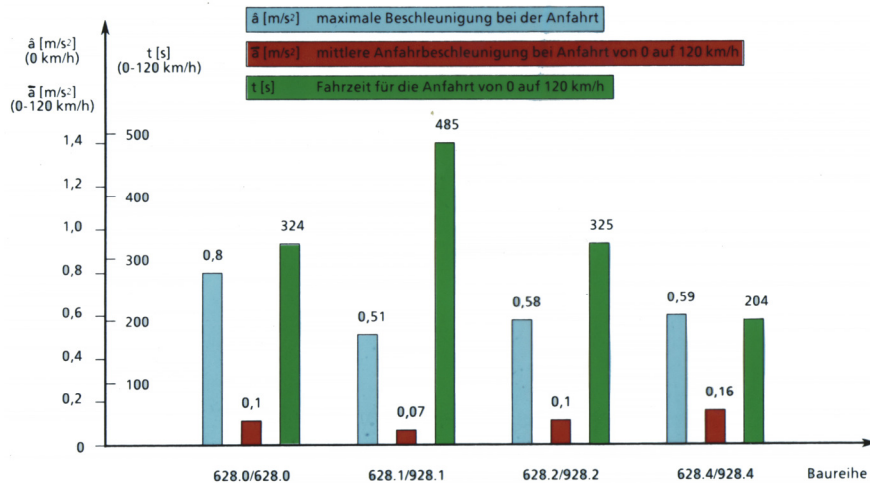
6.5 Beispiel Baureihe VT628

Übersicht Motorleistung und Leistungsgewicht



6.5 Beispiel Baureihe VT628

VT 628 - Energieversorgung Übersicht



Zusammenfassung

Antriebe

- Konventionelle Antriebe
- Leistungsübertragung
- Neue Konzepte
- Zugförderungsmechanik (optional)
- Beispiel Baureihe VT628 (optional)

Überblick

- I. Einführung
- II. Zugfördermittel
- III. Wagenkasten
- IV. Fahrtechnik / Systemkinematik
- V. Komfort
- VI. Antriebe
- VII. Bremse

Grundlagen der Schienenfahrzeugtechnik



Quelle: Siemens