

Dr.-Ing. Michael Karatas

Siemens Mobility GmbH  
Krefeld-Uerdingen

[michael.karatas@siemens.com](mailto:michael.karatas@siemens.com)



## Gliederung

### Antriebe

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

## Überblick

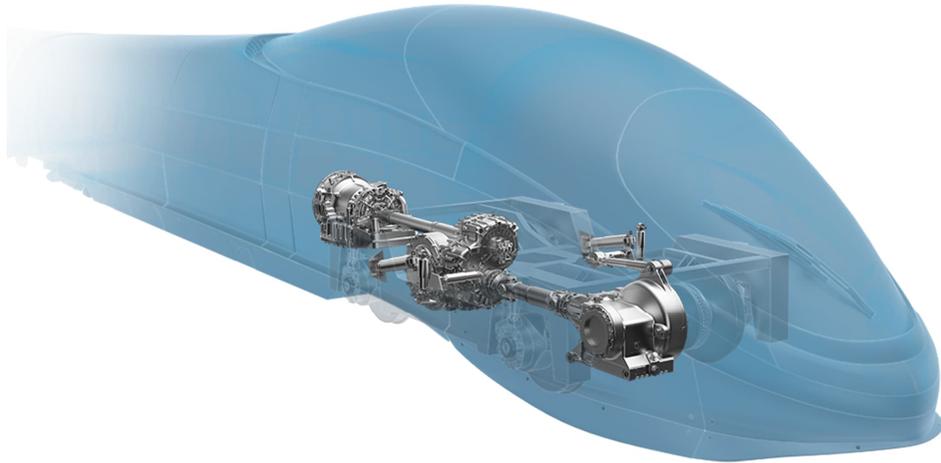
- I. Einführung
- II. Zugfördermittel
- III. Wagenkasten
- IV. Fahrtechnik / Systemkinematik
- V. Komfort
- VI. Antriebe**
- VII. Bremse

## Gliederung

### Antriebe

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

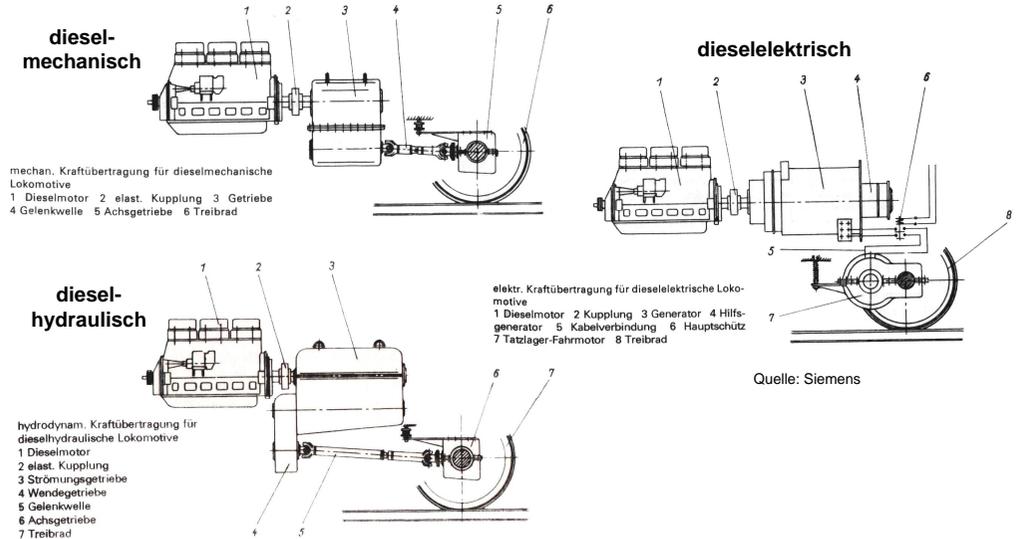
# 6.1 Konventionelle Antriebe



Quelle: ZF



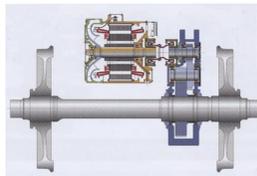
# 6.1 Konventionelle Antriebe Prinzipanordnung – Verbrennungsmotoren



# 6.1 Konventionelle Antriebe Prinzipanordnung – Elektrische Antriebe

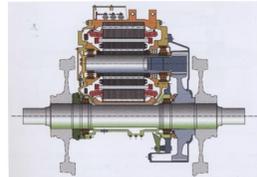
## 1. Teilabgefederter Antrieb (Triebzüge):

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



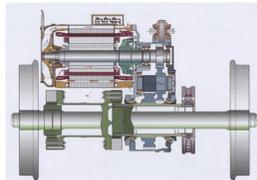
## 2. Tatzlager-Antrieb (Loks, langsam fahrend):

- 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

- Cummins-Dieselmotor NT-855-R4
- Voith-Turbo-Getriebe T211 R
- Radsatzgetriebe mit Vorgelege
- Radsatzgetriebe ohne Vorgelege
- Gelenkwelle
- Gelenkwelle
- Gelenkwelle
- Gelenkwelle
- Warmwasserheizgerät
- Batterie- und E-Gerätekasten
- Unterflur-Kühlanlage
- Bremsgerätetafel
- Luftpresser
- Hydraulikpumpe
- Luftbehälter
- Abgasanlage
- Verbrennungs-luftansaugung
- Kraftstoffbehälter
- Drehstromgenerator
- Stellgerät (Dieselmotor und Turbogetriebe)

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

Quelle: Siemens

6-Zyl.-Dieselmotor mit Aufhängung, einbaufertig vormontiert

Hilfsmaschinen, einbaufertig mit Rahmen (Kompressor, Generator, Hydraulikpumpe mit Ölbehälter);

Unterflur-ausrüstung mit eingebautem Dieselmotor

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<sup>-1</sup>



Quelle: Siemens

## 6.1 Konventionelle Antriebe Beispiel - dieselmechanisch

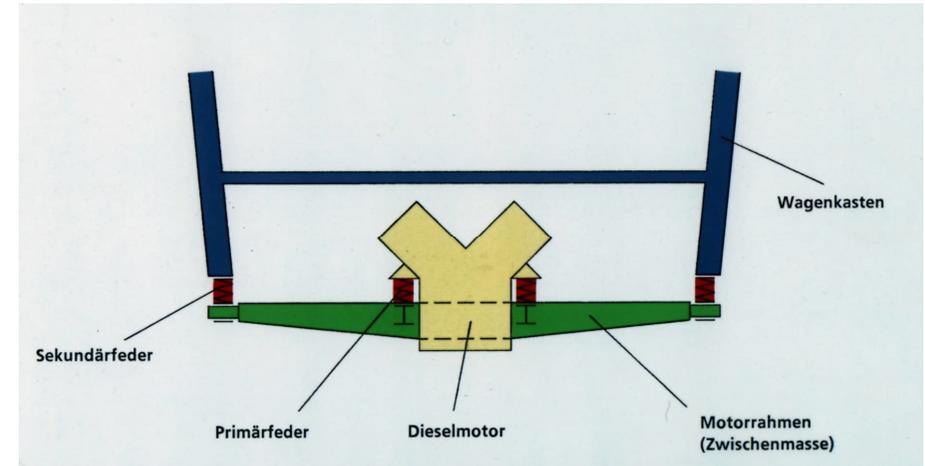


Quelle: Siemens

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

## 6.1 Konventionelle Antriebe Motoraufhängung Dieseltriebwagen

Schema doppelt-elastische Motoraufhängung bei Dieseltriebwagen



## 6.1 Konventionelle Antriebe Beispiel - dieselhydraulisch



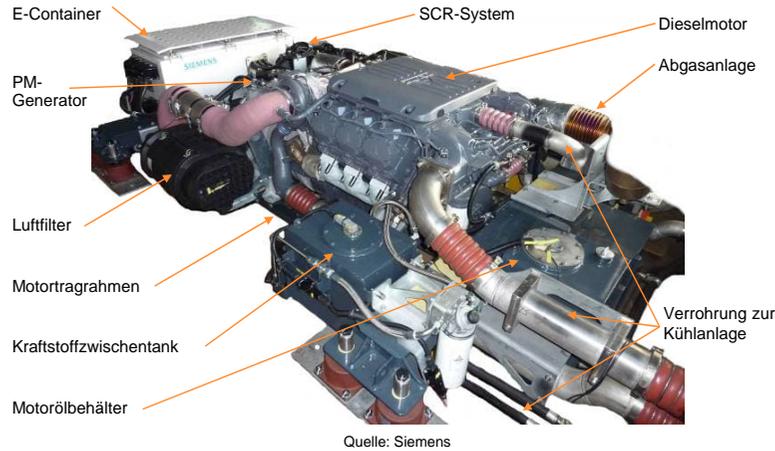
Quelle: Siemens

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

# 6.1 Konventionelle Antriebe

## Beispiel - dieselelektrisch

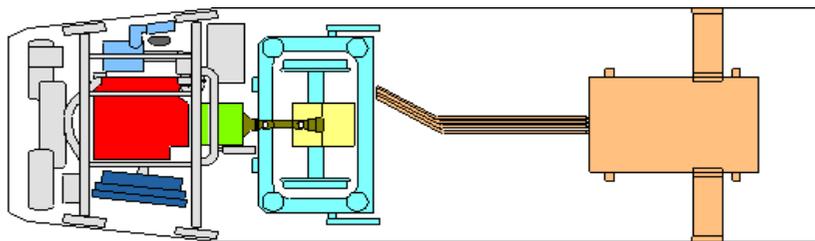
Diesel-Generator-Aggregat (DGA) 390 kW – Stage 3b



Quelle: Siemens

# 6.1 Konventionelle Antriebe

## RegioSprinter Antriebsanordnung

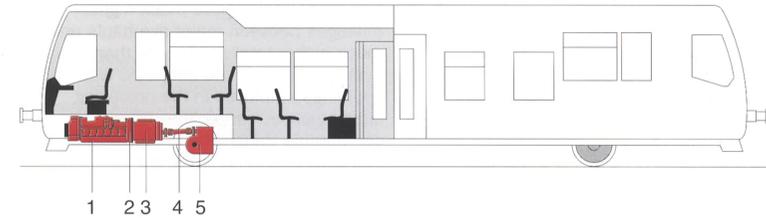


Quelle: Siemens

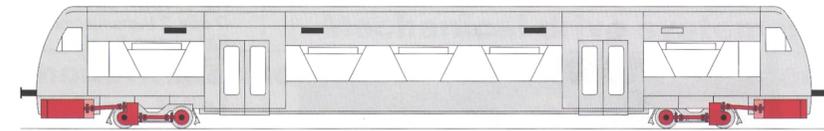
- Verbrennungsluftansaugung
- 5-Zylinder-Dieselmotor
- 5-Gang-Getriebe mit Retarder
- Gelenkwelle
- Radsatzwendegetriebe
- Fahrwerk
- Wasser- und Ladeluftkühler
- Abgasanlage
- Kraftstofftank mit je 350 l

# 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

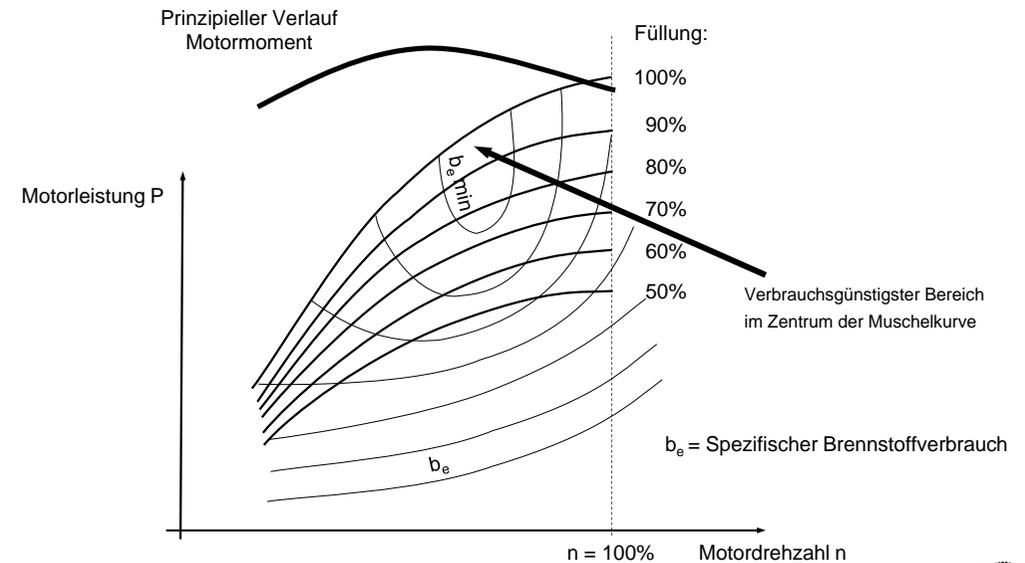


RegioShuttle, DMU mit zwei Antriebsanlagen

Quelle: RTR 2(1999)

# 6.1 Konventionelle Antriebe

## 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

### Innere motorische 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

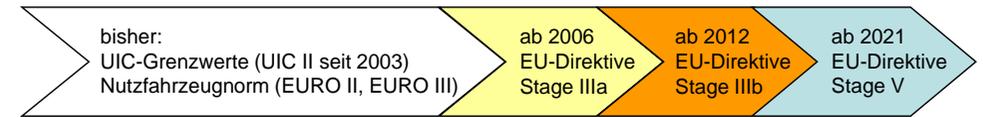
### Abgasnachbehandlung (besonders bei Stufe III B)

- 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

## Abgas – Grenzwerte für Dieselmotoren

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

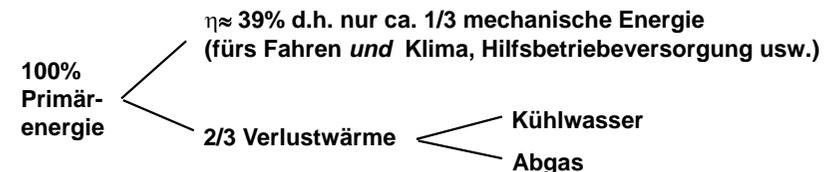


	ORE (ab 1989)	EURO I (ab 1992)	EURO II (ab 1996)	EURO III (ab 1999)	UIC II (ab 2003)	Stage IIIa (ab 2006)	Stage IIIb (ab 2012)	Stage V (ab 2021)
CO	8,0 g/kWh	4,5 g/kWh	4,0 g/kWh	2,1 g/kWh	2,5 g/kWh	3,5 g/kWh	3,5 g/kWh	3,5 g/kWh
HC	2,4 g/kWh	1,1 g/kWh	1,1 g/kWh	0,66 g/kWh	0,6 g/kWh		0,19 g/kWh	0,19 g/kWh
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

## 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.



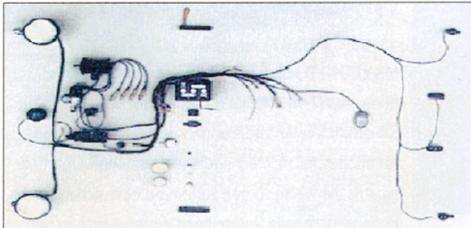
### → Heizen mit Abwärme

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)

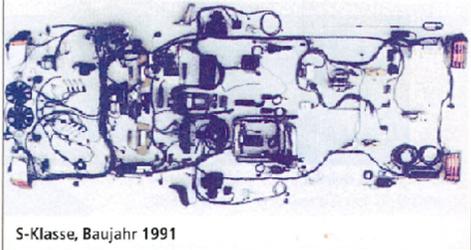
Klimatisierung erfordert ca. 30-40 KW pro Wagenkasten (deshalb u.U. separater Hilfsdiesel)

# 6.1 Konventionelle Antriebe

## Hilfsbetriebssysteme und Nebenverbraucher



Baureihe 170, Baujahr 1949



5-Klasse, Baujahr 1991

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:

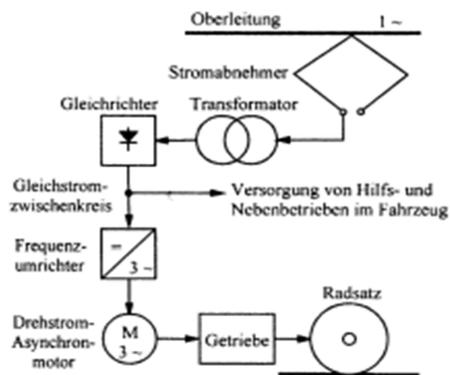
Bis zu **100 Motoren** und **20 Kameras** in Oberklasse-Fahrzeugen. Zusätzlich zum 12V-System ein 36V oder 48V-System für starke Verbraucher wie Klimaanlage, Sitzheizung etc. zur Reduzierung der Ströme.

Quelle: Siemens

# 6.1 Konventionelle Antriebe

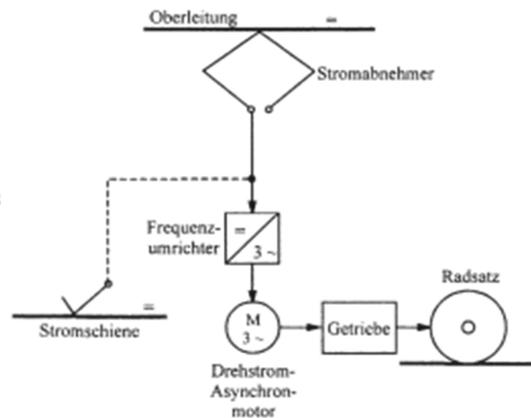
## Prinzipschaltbilder (1)

### • Wechselspannungs-Antrieb



Quelle: Ihme, Schienenfahrzeugtechnik, 2. Auflage

### • Gleichspannungs-Antrieb



# 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

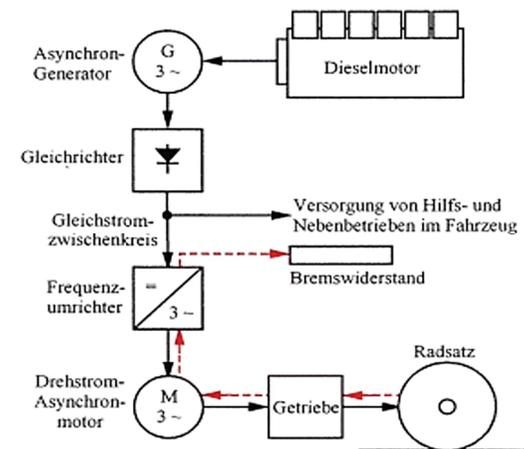
### • Übliches, bewährtes System mit 2-Hydraulik-Kreisläufen

- 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 (2)

### • Dieselelektrischer Antrieb



Quelle: Ihme, Schienenfahrzeugtechnik, 2. Auflage

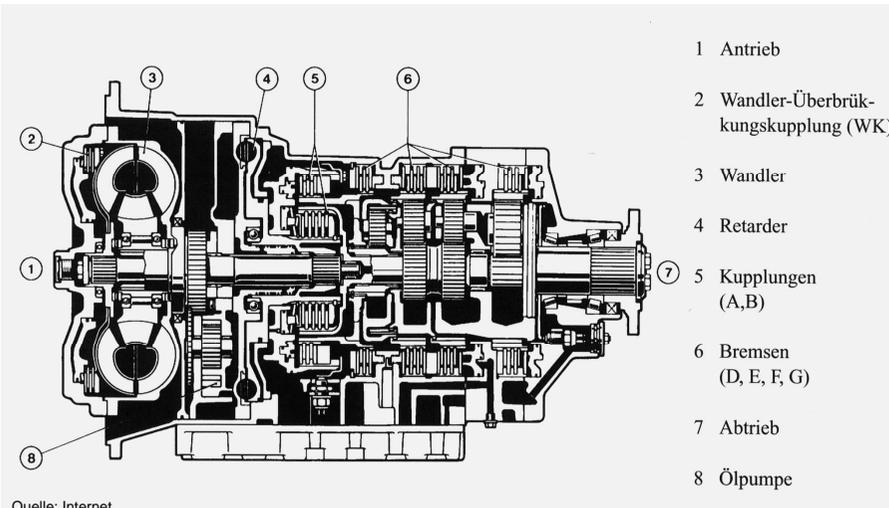
## Antriebe

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

## 6.2 Leistungsübertragung Mechanische Schaltgetriebe (1)

### ZF-Getriebe

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



## 6.2 Leistungsübertragung Markt Dieselantriebe

### • Dieselmekanische Antriebssysteme

- Bis 300 kW aus Bus, LKW
- Zugkraftunterbrechung
- Günstiger Preis (Großserien)
- Leider ohne integrierte Wendestufe, also Radsatzwendegeräte (Beispiel: Regio Sprinter)

### • Dieselelektrische Antriebssysteme

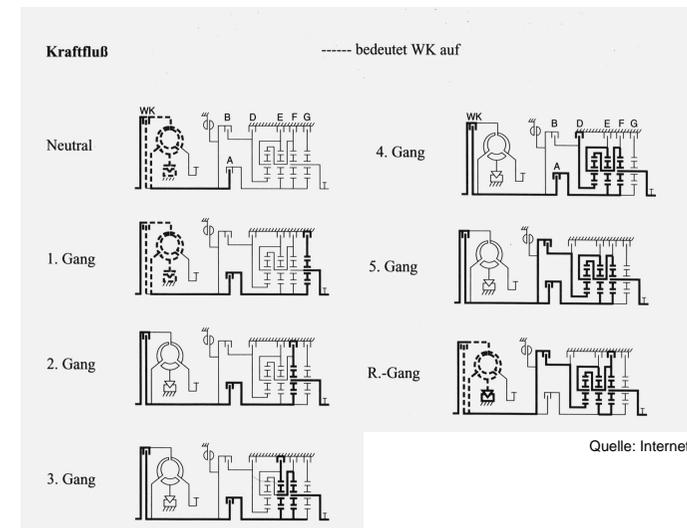
- Bis 500 kW für Unterflureinbau
- Keine Zugkraftunterbrechung
- Speziell für Schienenfahrzeuge
- Integrierte Wendestufe
- Wandler - Wandler
  - Vorteil: Gute Ausnutzung der Motorleistung
  - Nachteil: Schlechteres  $\eta$  über ges. Drehzahlbereich (Bsp. 628.2, Voith T320 rz)
- Wandler - Kupplung
  - Vorteil: Gutes  $\eta$  im Kupplungsbereich
  - Nachteil: Keine volle Ausnutzung der Motorleistung (Bsp. 628.4, Voith 311 r)

### • Dieselelektrische Antriebssysteme

- Vorteile:
- Elegante Lösung, da keine Zwänge in der Positionierung des Antriebsstranges
  - Für Hybridkonzepte geeignet
  - Heute IGBT - Technik
  - $\eta$  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

## 6.2 Leistungsübertragung Mechanische Schaltgetriebe (2)



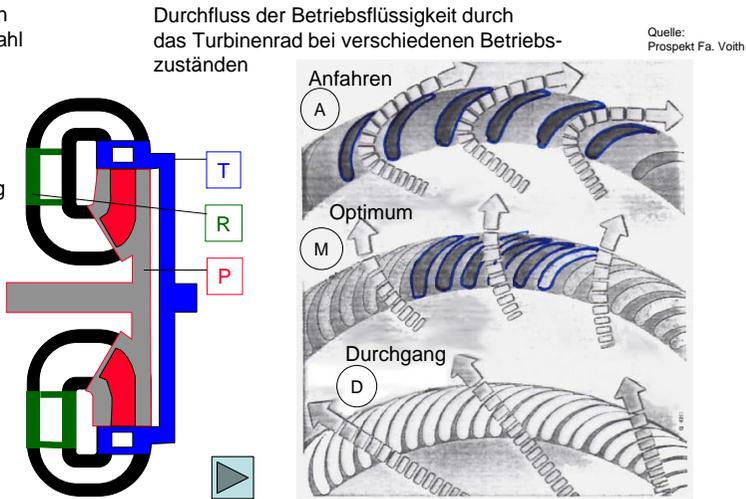
## 6.2 Leistungsübertragung Hydrodynamische Wandler (1)

### 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



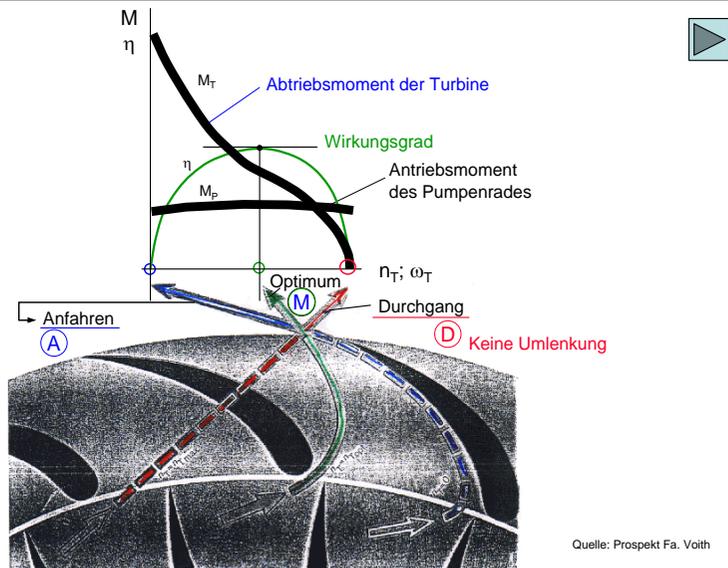
## 6.2 Leistungsübertragung Hydrodynamische Wandler (2)

### Wie verhalten sich hydrodynamische Getriebe ?

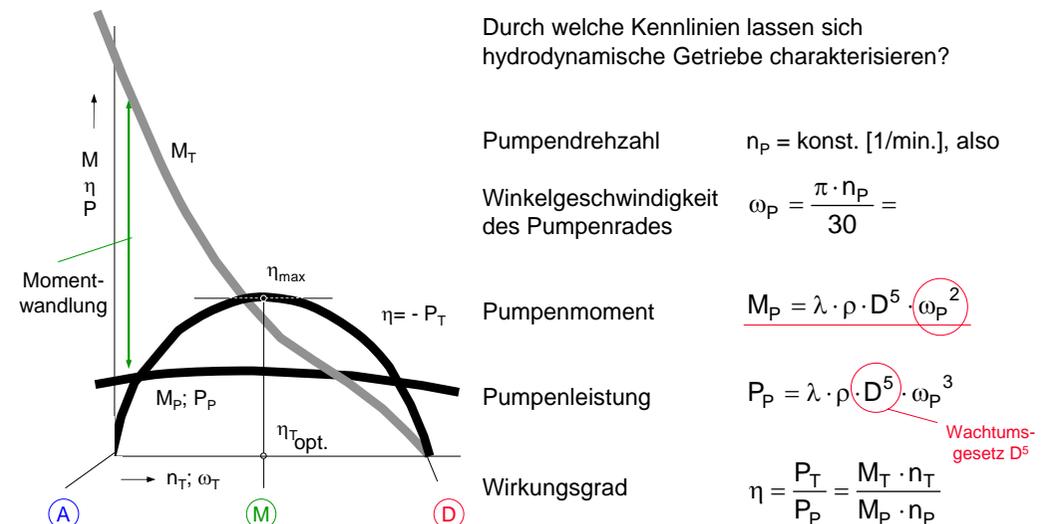
Durch Beschleunigung der Flüssigkeitsmasse in der Pumpe wird ein Drehmoment  $M_1$  an der Antriebswelle des Drehmomentwandlers aufgenommen. In der Turbine wird die Flüssigkeitsmasse anschließend verzögert und auf diese Weise ein Drehmoment  $M_2$  erzeugt und auf die Abtriebswelle übertragen. Das feststehende 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 Anfahrtsdrehmoment 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 Kreislauflänge
- 1** Anzahl der Wandler
- 2** Anzahl der Kupplungen
- b** Hydrodynamische Bremse
- r** Mechanische Wendeschtaltung
- e** Elektronische Steuerung

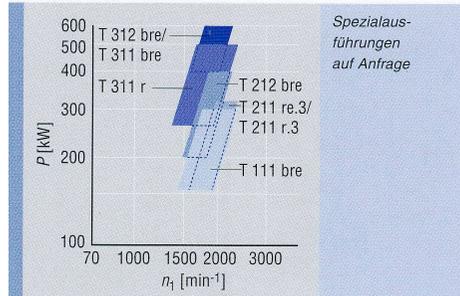
#### Weitere Bezeichnungen

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

#### Leistungsbereiche

### Hydrodynamische Antriebe

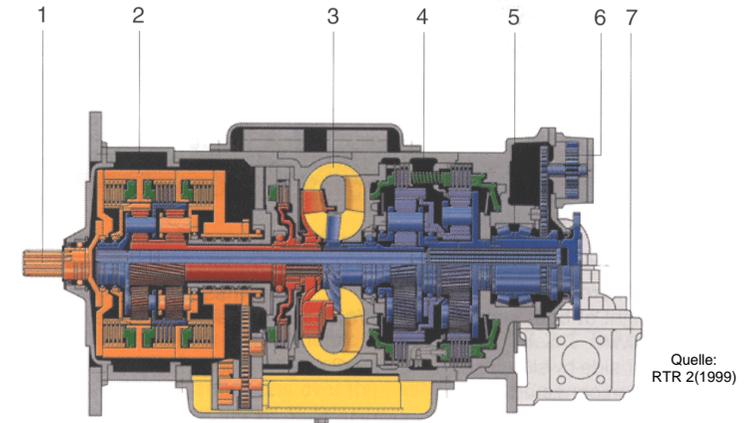
Turbogetriebe für Dieseltriebwagen  
Unterflureinbau – Standardausführung



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

## 6.2 Leistungsübertragung

### Voith - DIWA D 864,2

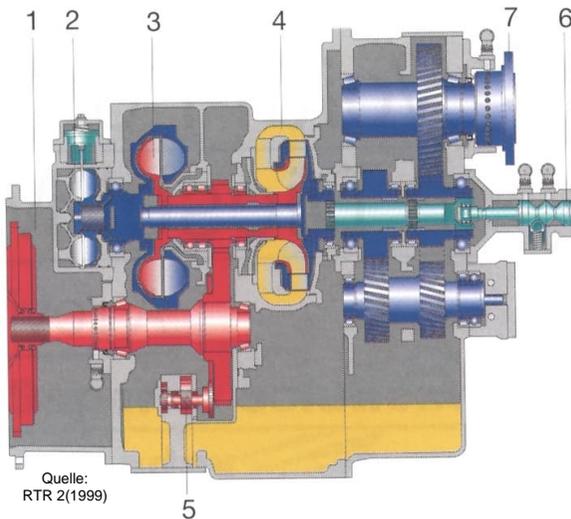


VOITH-DIWA D 864,2 transmission Rail version for a maximum input of 290 kW

- 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



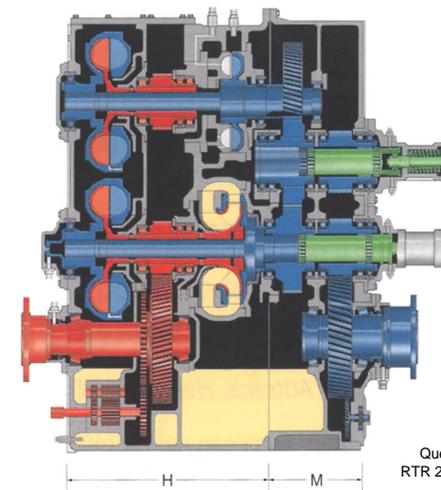
T 211 rze Turbogetriebe zur Unterflurmontage mit elektronischer Steuerung und verstärktem Abtrieb

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

## 6.2 Leistungsübertragung

### Voith - T312 br

#### Strömungsgetriebe



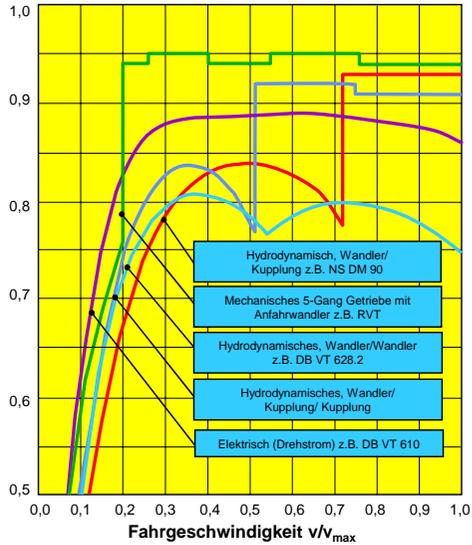
T 312 br Turbogetriebe für maximalen Input von 600 kW  
2 hydraulische Kupplungen, 1 Wandler

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

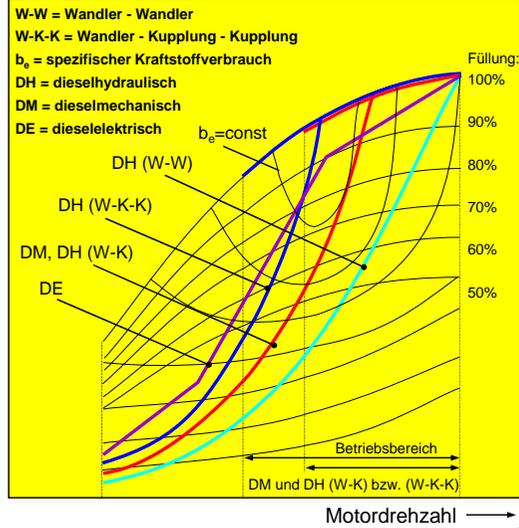
## 6.2 Leistungsübertragung

### Wirkungsgrade und Kennfelder

#### Traktionswirkungsgrad



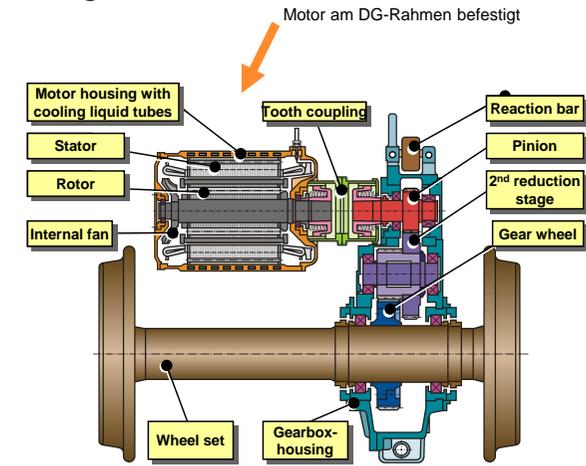
#### Motorleistung



## 6.2 Leistungsübertragung

### Elektrische Antriebe (1)

#### • Teilabgefedert

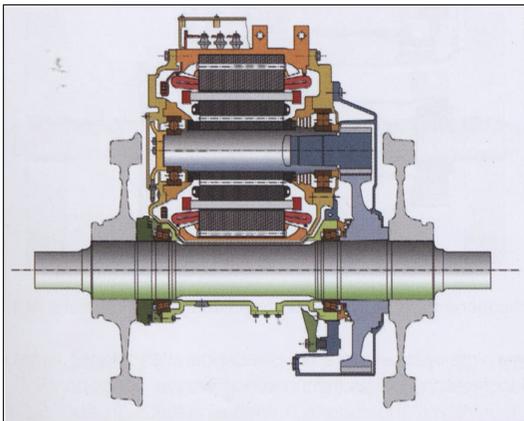


Quelle: Siemens

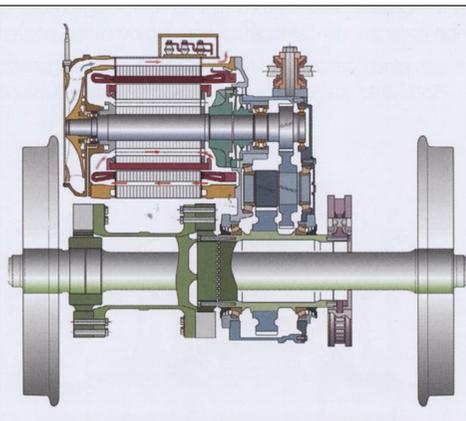
## 6.2 Leistungsübertragung

### Elektrische Antriebe (2)

#### • Unabgefedert



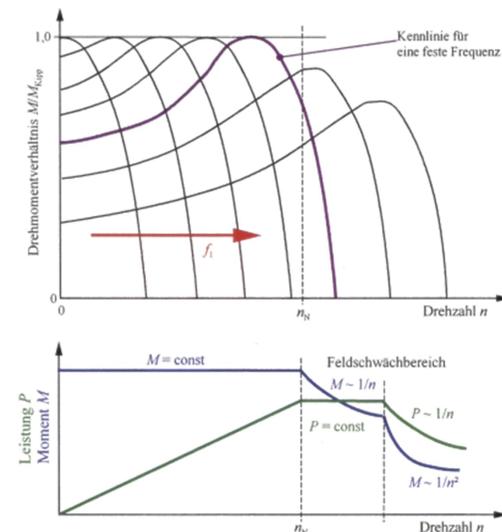
#### • Vollabgefedert



Quelle: Siemens

## 6.2 Leistungsübertragung

### Kennlinie freq.-gesteuerter Asynchronmotoren



Quelle: Ihme, Schienenfahrzeugtechnik, 2. Auflage

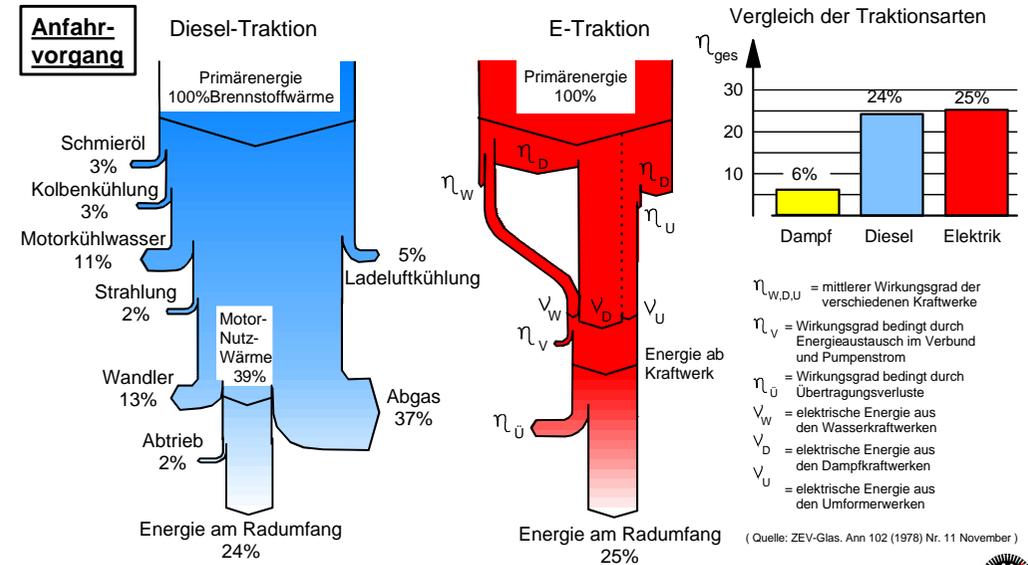
# Gliederung

## Antriebe

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

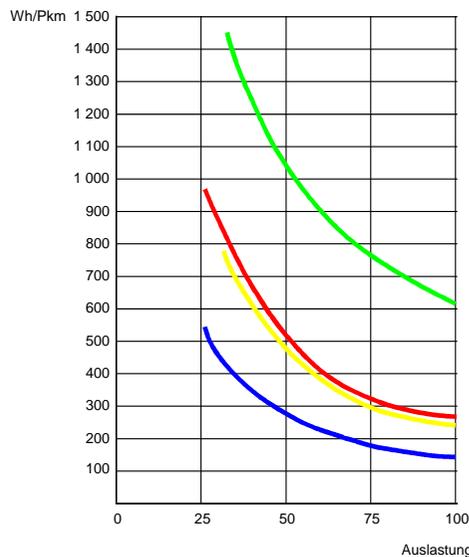
# 6.3 Neue Konzepte

## 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

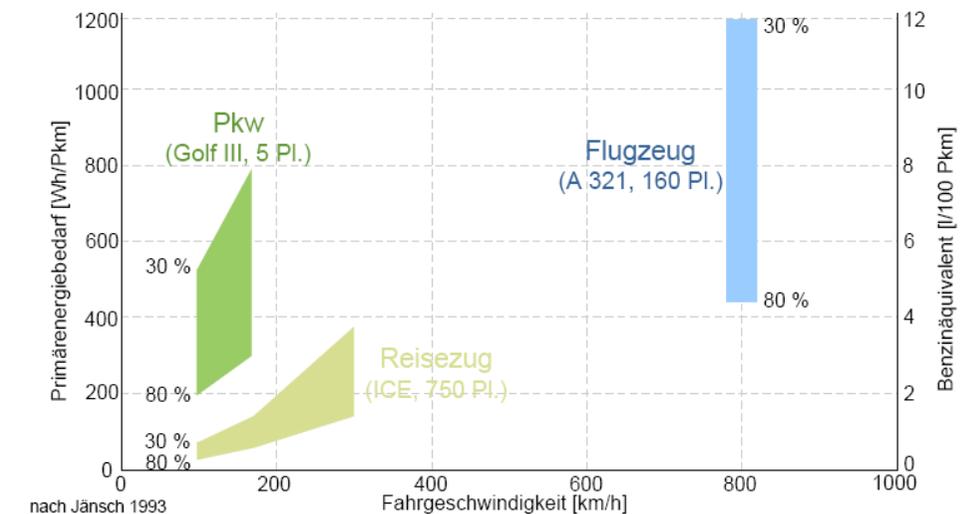
Desiro Doppelstock (S-Bahn Zürich):  
0,21 l/100 Pkm bei 100 % Besetzung

- 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)

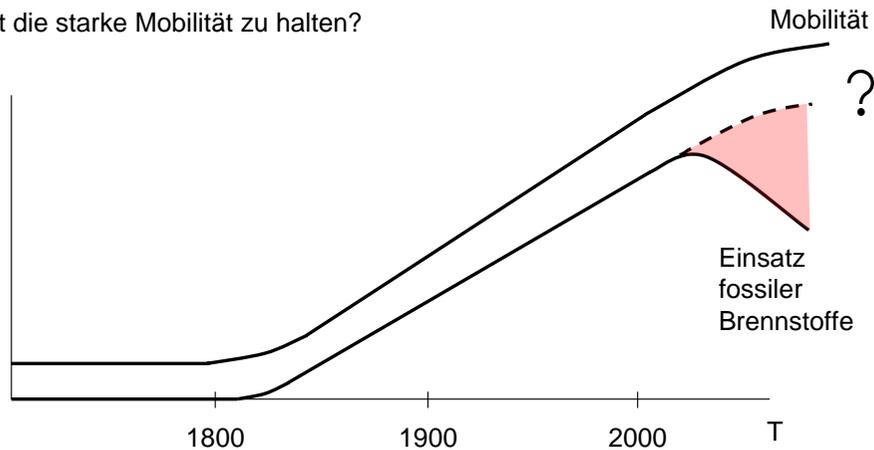


## 6.3 Neue Konzepte

### 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

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.<sup>1</sup>

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.

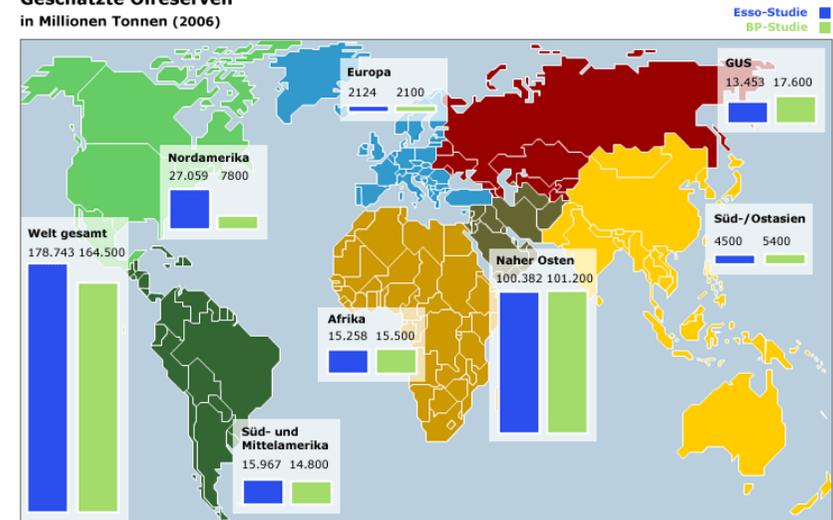
**Also: Der Verbrauch muss sehr stark abnehmen!**

<sup>1</sup> (Studie Bundesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe von 2019)

## 6.3 Neue Konzepte

### Mobilität und fossile Brennstoffe

Geschätzte Ölreserven in Millionen Tonnen (2006)

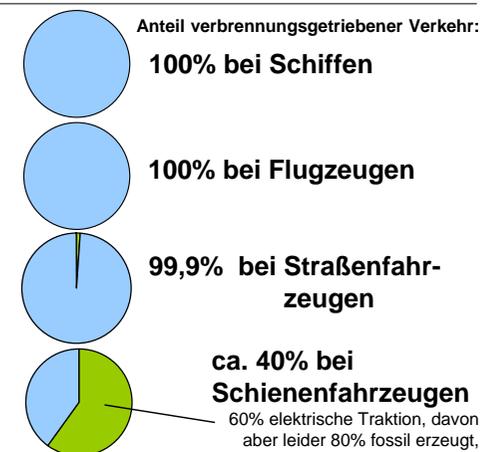
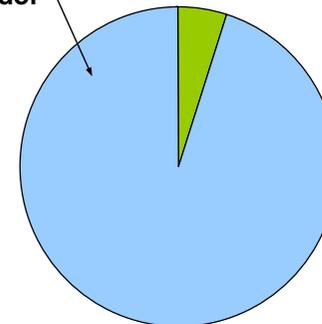


Esso-Studie Oeldorado 2007 / BP: Statistical Review Of World Energy (Juni 2007)

## 6.3 Neue Konzepte

### Mobilität und fossile Brennstoffe

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



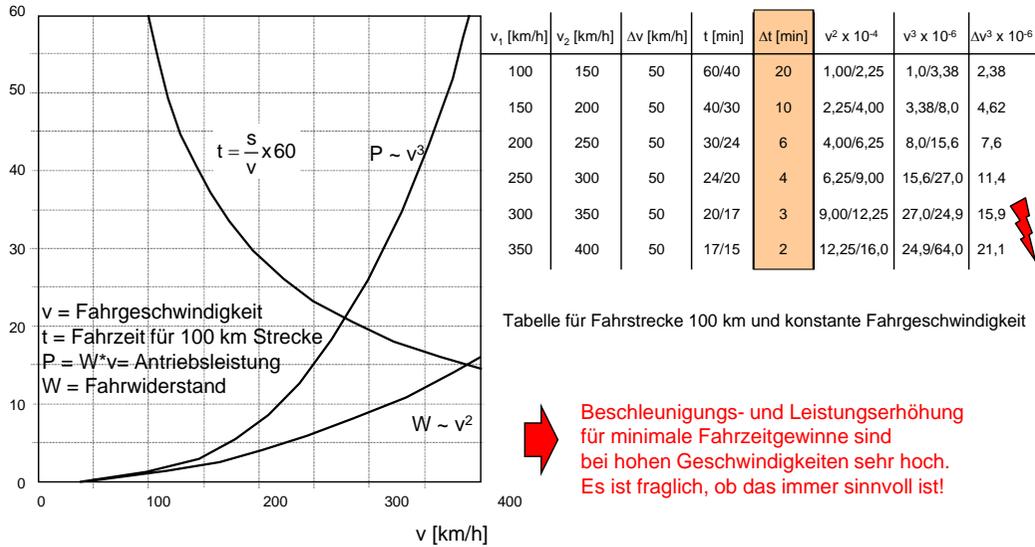
**Nur die Bahn hat seit langem die elektrische Alternative !**

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

60% elektrische Traktion, davon aber leider 80% fossil erzeugt, jedoch mit Möglichkeit der Substitution.

## 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
- CO<sub>2</sub> – 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



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 Doppelschichtkondensatoren
- 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 Probebetrieb
- mit Fahrgästen

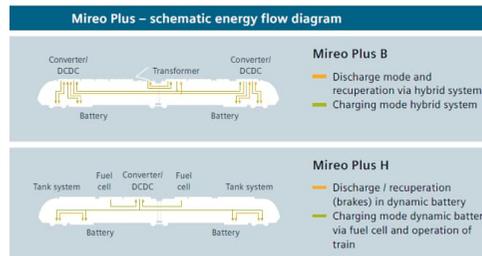
Quelle: Internet, Wikipedia, 26.01.2017

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



Quelle: Siemens

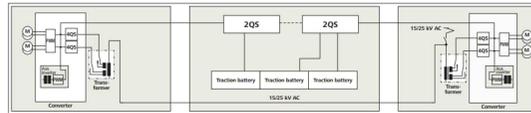
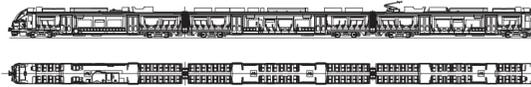
Technical data	Mireo Plus B	Mireo Plus H
Wheel arrangement	Bo' 2 Bo' (2-part) Bo' 2' 2' Bo' (3-part)	
Track gauge	1,435 mm	
Max. speed	160 km/h	
Traction power	1,700 kW	
Starting acceleration	1,1 m/s <sup>2</sup>	
Power supply	15 kV AC / 25 kV AC	H <sub>2</sub>
Length (over coupling)	Approx. 47 m (2-part) 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 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 <sup>2</sup>	0,77 m/s <sup>2</sup>
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 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



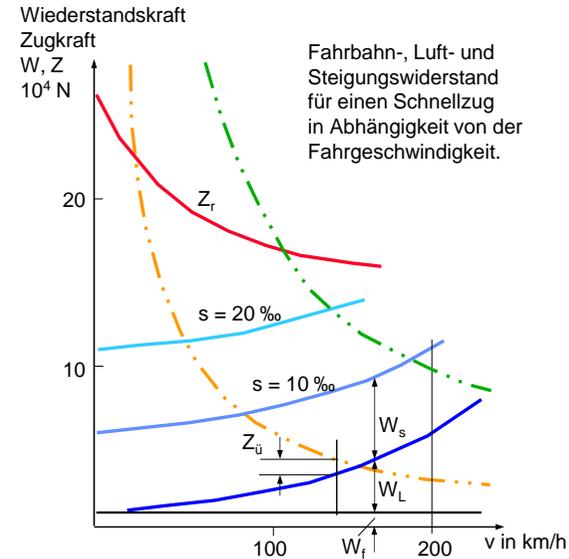
**Es bleibt viel zu tun.  
Die Bahntechnik ist und bleibt spannend!**

## Antriebe

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



# 6.4 Zugförderungsmechanik Zugkraft-Geschwindigkeits-Diagramm



$Z_r$  = Reibungskraft ; maximal durch Reibung zwischen Rad und Schiene übertragbare Zugkraft

$W_s$  = Steigungswiderstand  
 $W_l$  = Luftwiderstand  
 $W_f$  = Rollwiderstand  
 $Z_{\text{ü}}$  = Zugkraftüberschuß

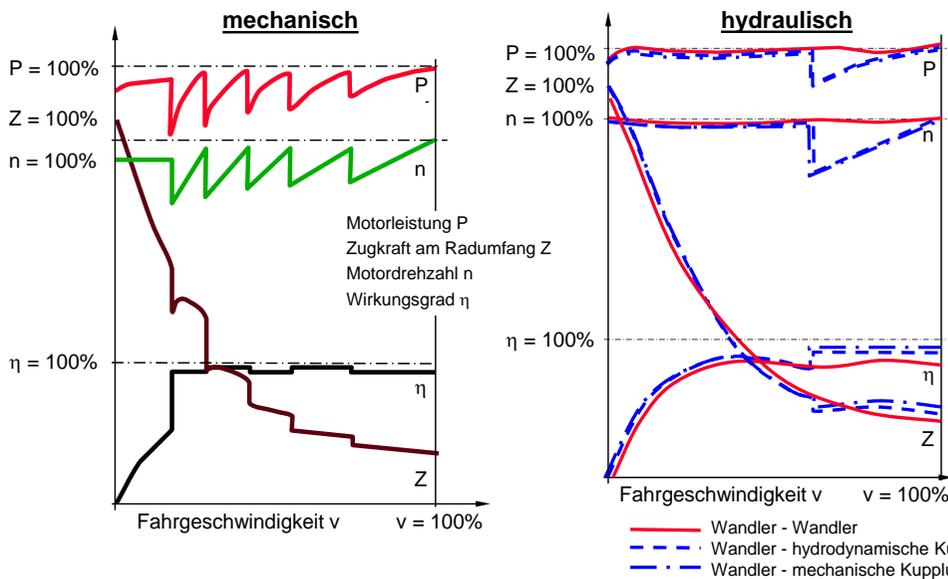
— Widerstandskraft:  
Schnellzug:  $G = 500 \times 10^4 \text{ N}$  ;  
 $v_{\text{max}} = 200 \text{ km/h}$  ;  
 $c_f = 2 \times 10^{-3}$  ;  $c_i = 2,3$

- - - Zugkraft:  
elektrische Lokomotive mit 5000 kW ;  
 $80 \times 10^4 \text{ N}$  Gewicht auf den Treibachsen

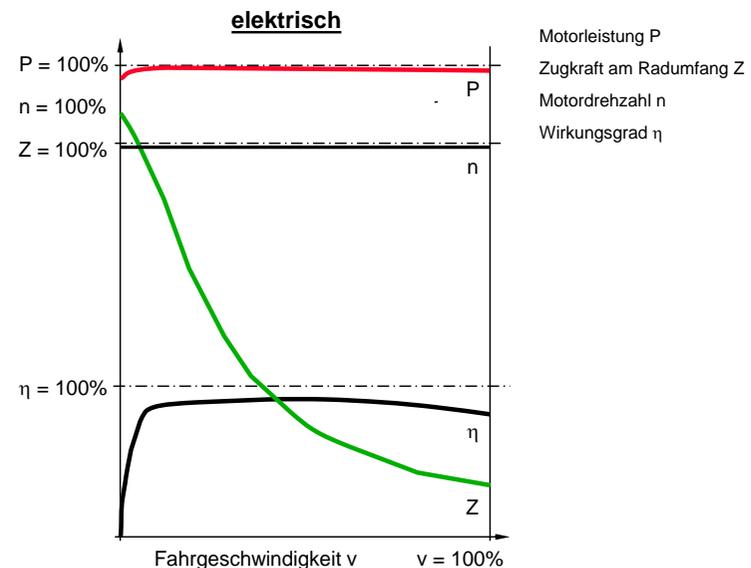
- · - · Diesellokomotive mit 1500 kW ;  
 $80 \times 10^4 \text{ N}$  Gewicht auf den Treibachsen



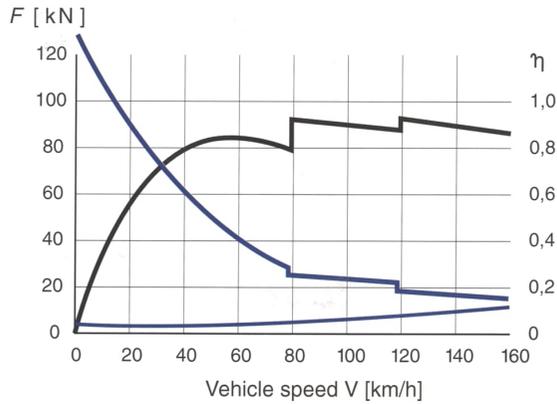
# 6.4 Zugförderungsmechanik Kennlinien bei Leistungsübertragung



# 6.4 Zugförderungsmechanik Kennlinien bei Leistungsübertragung

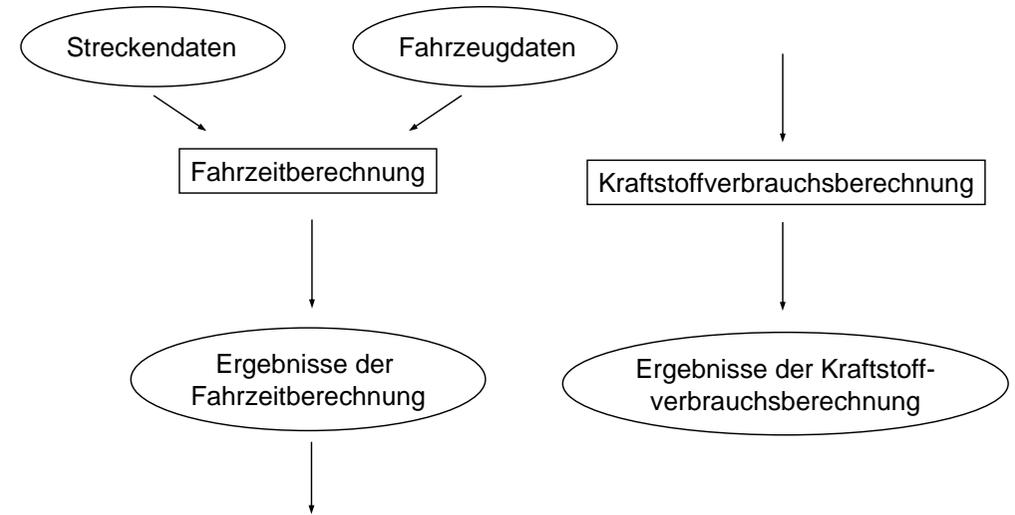


## 6.4 Zugförderungsmechanik Zugkraft und Wirkungsgrad



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

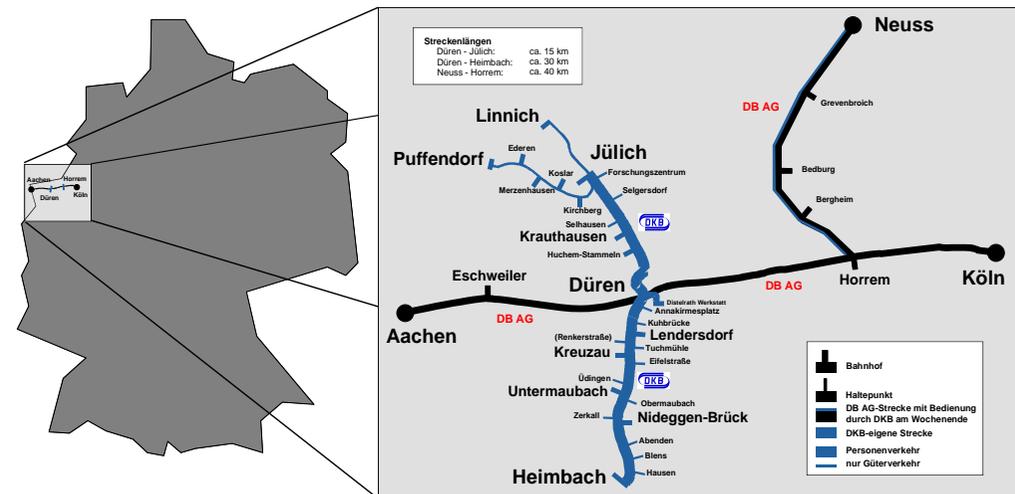
RegioSprinter Am Loreley-Tunnel im März 1995



Quelle: Siemens

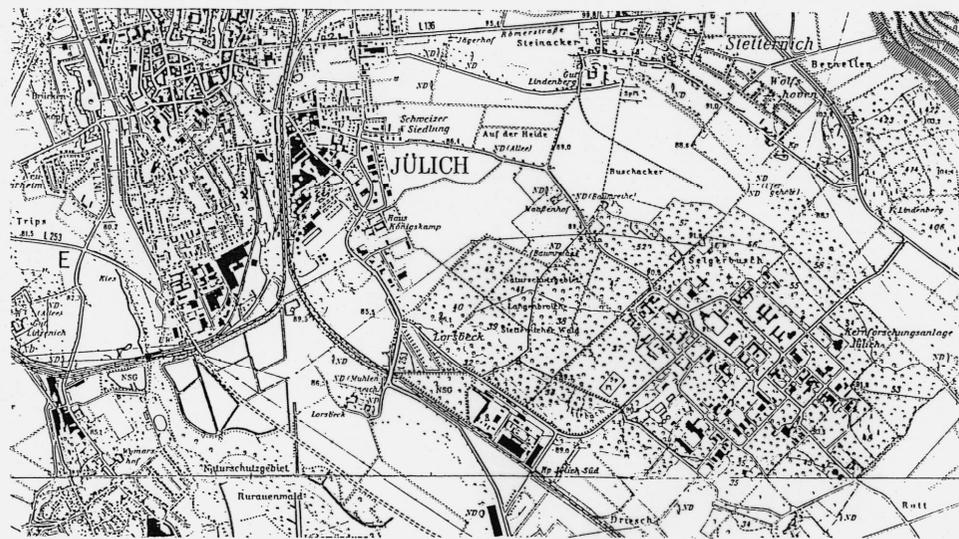
## 6.4 Zugförderungsmechanik Beispiel RegioSprinter

RegioSprinter SPNV-Strecken der Dürener Kreisbahn GmbH



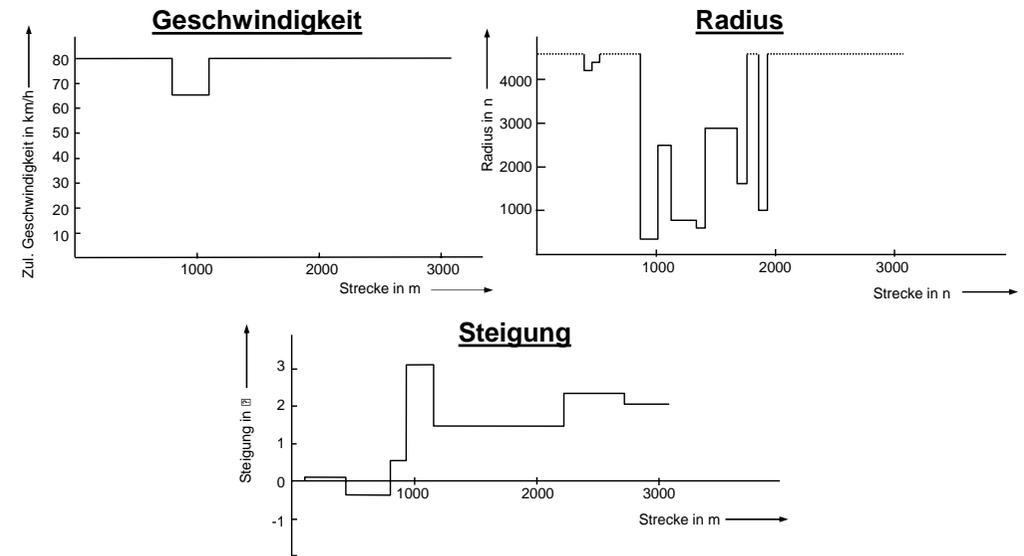
Quelle: Siemens

## 6.4 Zugförderungsmechanik Fahrndynamik Topographie der Strecke



Quelle: Siemens

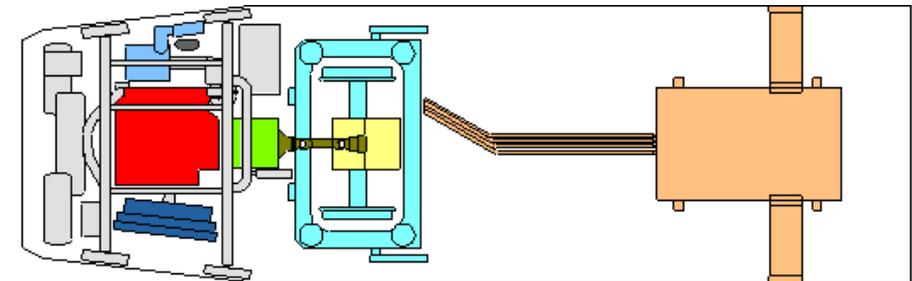
## 6.4 Zugförderungsmechanik Fahrndynamik Streckendaten



## 6.4 Zugförderungsmechanik Aufbereitung von Fahrzeugdaten

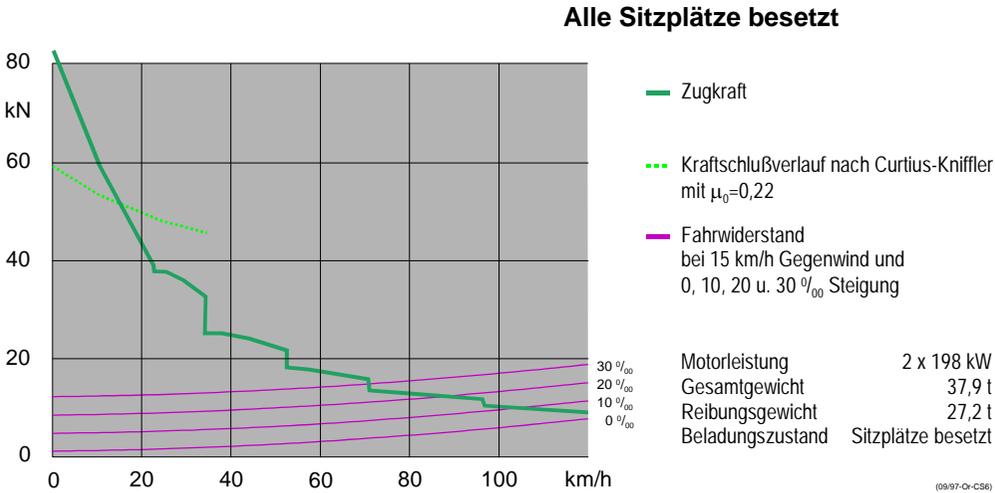
- |  |   |
|--|---|
| <p><b>Eingaben</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fahrzeuggewicht</li> <li>- Reibungsgewicht</li> <li>- Motordaten</li> <li>- Getriebedaten</li> <li>- Auslegungsgeschwindigkeit</li> <li>- Wirkungsgradverläufe</li> <li>- Fahrzeugwiderstandsverläufe</li> <li>- Reibverläufe</li> <li>- Radreifendurchmesser</li> <li>- Zul. Beschleunigung</li> <li>- Max. Bremsverzögerung</li> <li>- etc.</li> </ul> | <p><b>Funktion</b></p> <p>- Erfassung der Fahrzeugdaten zur Ermittlung von speziellen Kennwerten (Anfahrzugkraft, spez. Zugkraftüberschuß bei Höchstgeschwindigkeit, etc.) und Verläufen fahrdynamischer Größen des Fahrzeugs</p> |
|--|---|

## 6.4 Zugförderungsmechanik RegioSprinter Antriebsanlage



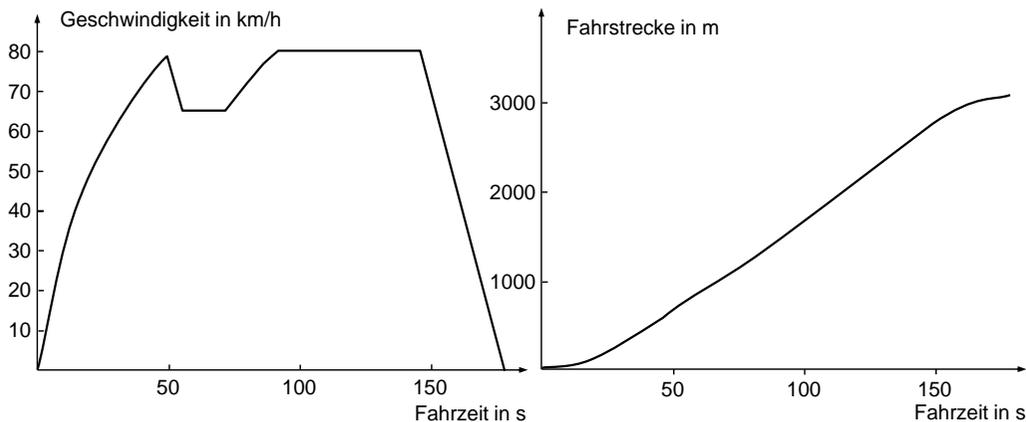
- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: blue;">■</span> Verbrennungsluftansaugung</li> <li><span style="color: red;">■</span> 5-Zylinder-Dieselmotor</li> <li><span style="color: green;">■</span> 5-Gang-Getriebe mit Retarder</li> <li><span style="color: brown;">■</span> Gelenkwelle</li> <li><span style="color: yellow;">■</span> Radsatzwendegetriebe</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: cyan;">■</span> Fahrwerk</li> <li><span style="color: lightblue;">■</span> Wasser- und Ladeluftkühler</li> <li><span style="color: grey;">■</span> Abgasanlage</li> <li><span style="color: orange;">■</span> Kraftstofftank mit je 350 l</li> </ul> |
|---|---|

## 6.4 Zugförderungsmechanik Zugkraft - Geschwindigkeit - Diagramm



## 6.4 Zugförderungsmechanik Fahrndynamik Fahrzeitberechnung

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



graph. Ausgabe

## 6.4 Zugförderungsmechanik Fahrzeugberechnung

### Eingaben

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

### Funktion

- Fahrzeitberechnung
- Energieverbrauchsberechnung

### 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

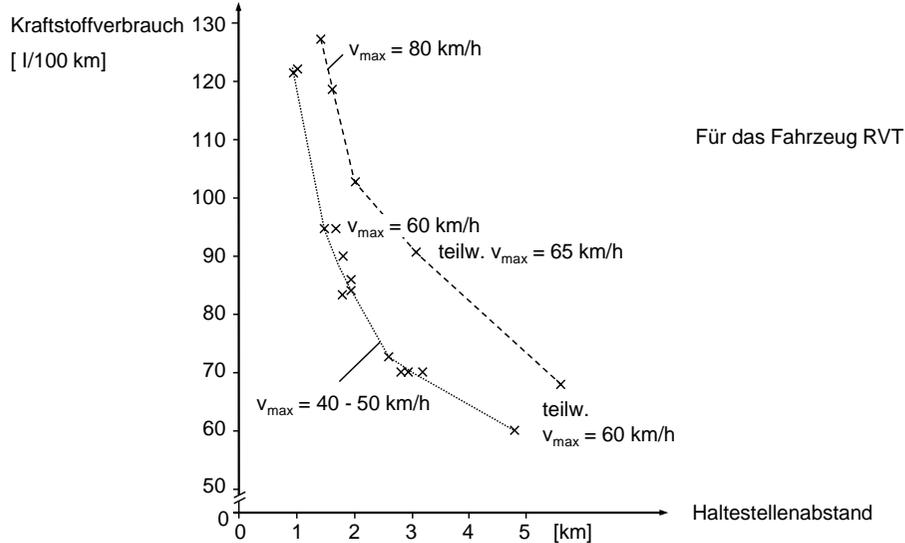
## 6.4 Zugförderungsmechanik Fahrndynamik RVT Lastkollektiv für Gelenkwelle

n [min <sup>-1</sup> ]	M [Nm]									
	≤ 500	≤ 1000	≤ 1500	≤ 2000	≤ 2500	≤ 3000	≤ 3500	≤ 4000	≤ 4500	Σ
≤ 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



## Gliederung

### Antriebe

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

## 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

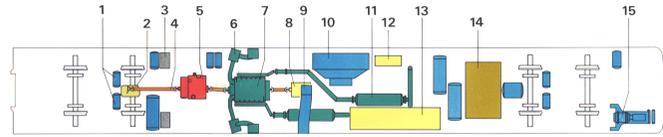
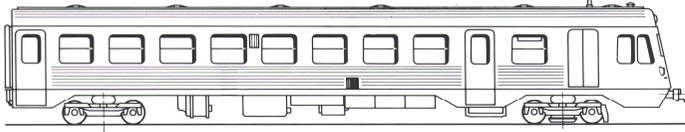
Gesamtlänge über Kupplungen	44 350 mm
größte Wagenkastenbreite	2 883 mm
größte Höhe über Antenne	4 164 mm
Fußbodenhöhe über SO	1 220 mm
Zahl der Sitzplätze	136
Gesamtgewicht	77 t
Höchstgeschwindigkeit	120 km/h
Motoren (wahlweise)	
• MB OM 404	2 x 210 kW
• KHD F12 L 413	2 x 206 kW
• MAN D 3256 BTXU	2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

## 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
- 7 Dieselmotor  
Typ Daimler - Benz OM 444 A
- 7a Dieselmotor  
Typ KHD F 12 L 413
- 7b Dieselmotor  
Typ MAN D 3256 BTXU
- 8 Lichtenlaßmaschine
- 9 Luftansaugung für Lichtenlaßmaschine
- 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

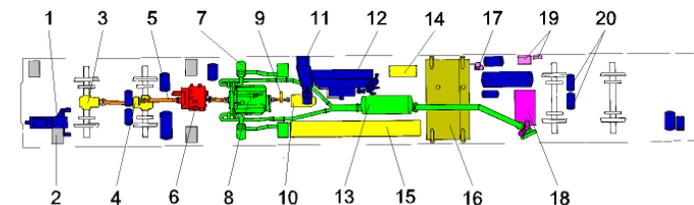
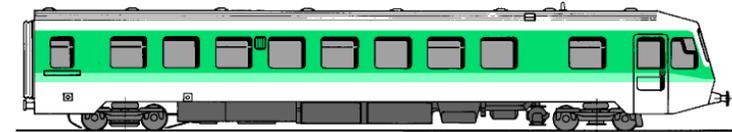
#### Daten

	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 Dieselmotor, 410 kW bei 2 130 min <sup>-1</sup>	



## 6.5 Beispiel Baureihe VT628

### Triebzug VT 628.2/VS 928.2 - Maschinenanlage

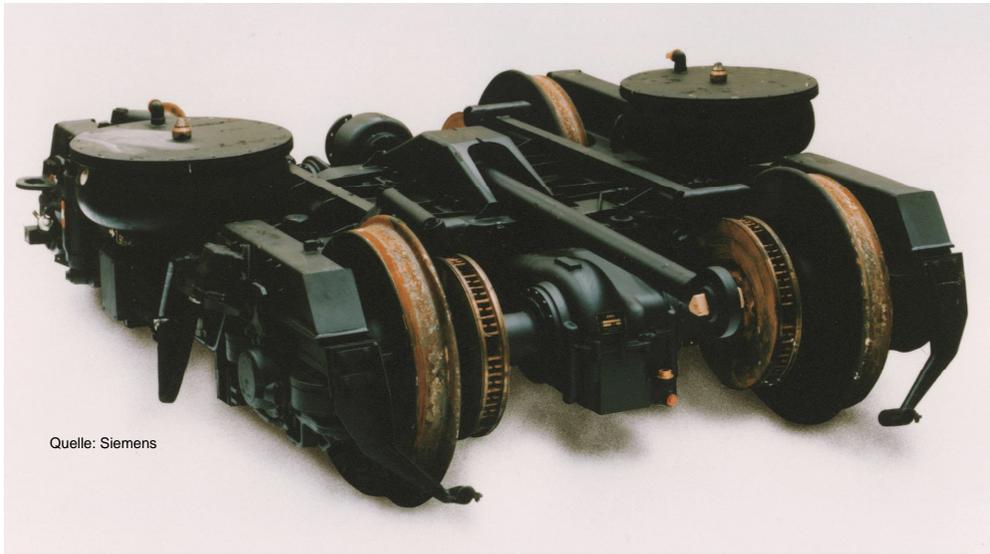


- 1 Luftpresser
- 2 Sandstreueinrichtung
- 3 Radsatzgetriebe
- 4 Radsatzgetriebe mit Vorgelege
- 5 Gelenkwelle
- 6 Turbo-Getriebe Typ Voith T 320 rz
- 8 Dieselmotor Typ Daimler-Benz OM 444 A
- 9 EMG-Stellgerät
- 10 Lichtenlaßmaschine
- 11 Luftansaugung für Lichtenlaßmaschine
- 12 Unterflurkühlanlage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



## 6.5 Beispiel Baureihe VT628

### Motorwagen VT 628.2 - Triebdrehgestell

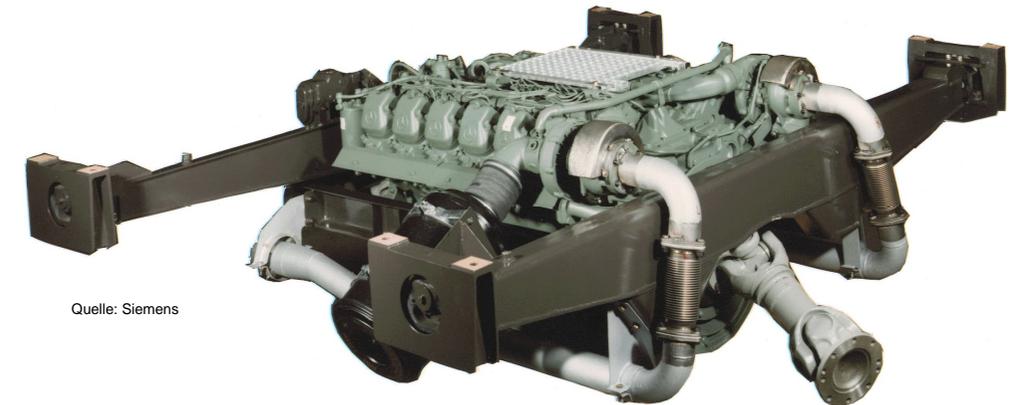


Quelle: Siemens

## 6.5 Beispiel Baureihe VT628

### Motorwagen VT 628.2

12-Zylinder-Dieselmotor OM 444A, mit Abgasturboaufladung,  
410 kW bei 2 130 min<sup>-1</sup>



Quelle: Siemens

## 6.5 Beispiel Baureihe VT628

### Zweiteiliger dieselhydraulischer Triebzug

#### VT 628.4/VS 928.4 - DB



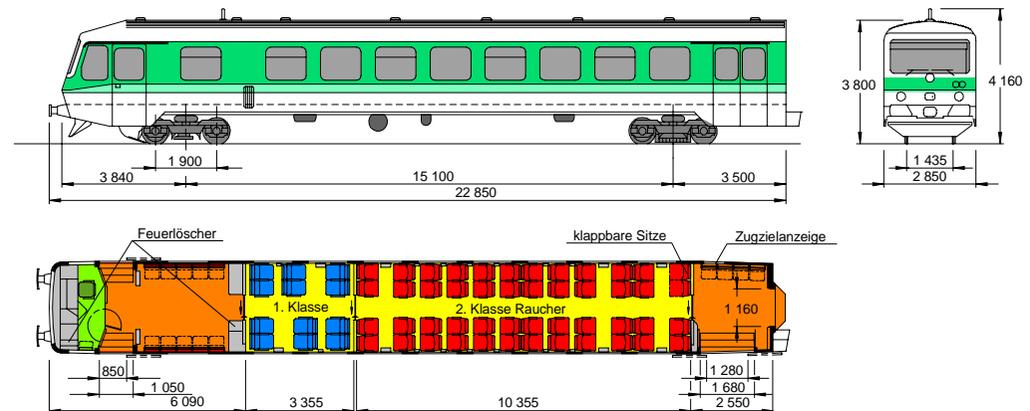
Quelle: Siemens

#### Daten

	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 Diesel- motor, 410 kW bei 2 130 min <sup>-1</sup>	

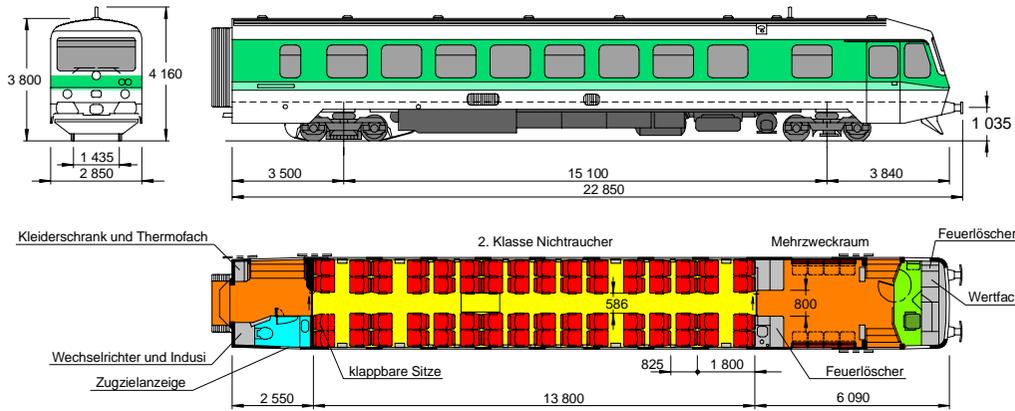
## 6.5 Beispiel Baureihe VT628

### VT 628.4 Ansichten und Grundriß



## 6.5 Beispiel Baureihe VT628

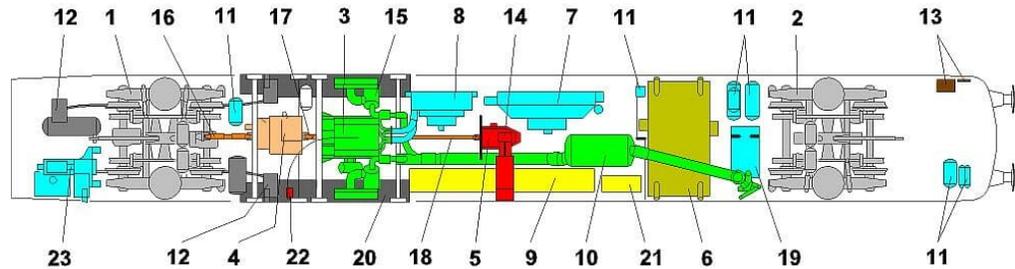
### VT 628.4 Ansichten und Grundriß



## 6.5 Beispiel Baureihe VT628

### Geräteanordnung im Untergestell

#### Motorwagen VT 628.4



- |                                  |                                     |                                     |
|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 Triebdrehgestell               | 9 Batteriekasten                    | 17 Gelenkwelle Dieselmotor-Getriebe |
| 2 Laufdrehgestell                | 10 Abgasanlage                      | 18 Gelenkwelle Lam-Dieselmotor      |
| 3 Dieselmotor MTU 12V183TD12     | 11 Druckluftanlage                  | 19 Warmwasserheizgerät              |
| 4 Hydraulik-Getriebe VOITH T311r | 12 Sandstreuanlage                  | 20 Lärmschutzschürze                |
| 5 Lichtanlaßmaschine (Lam)       | 13 Spurrkranzschmierung             | 21 E-Gerätekasten                   |
| 6 Kraftstoff- und Heizöltank     | 14 Luftansaugung für Lam            | 22 Motorstellgerät                  |
| 7 Unterflurkühlanlage            | 15 Verbrennungsluftansaugung        | 23 Luftpresser                      |
| 8 Ladeluftkühler                 | 16 Gelenkwelle Getriebe-Drehgestell |                                     |

## 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
  - Getriebepерipherie
  - 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
  - Spurrkranzschmierung erhielt bogenabhängige statt Weg- Zeit- Impulssteuerung
- IV. **Wagenkasten**
- V. **Einstiegstüren KK- Ende**
- VI. **Innenausbau**
- VII. **Unterflurschutz**
- VIII. **Gewichte**
- IX. **Geräusche im Fahrzeuginneren**
  1. Ansauganlage
  2. Fußboden

## 6.5 Beispiel Baureihe VT628

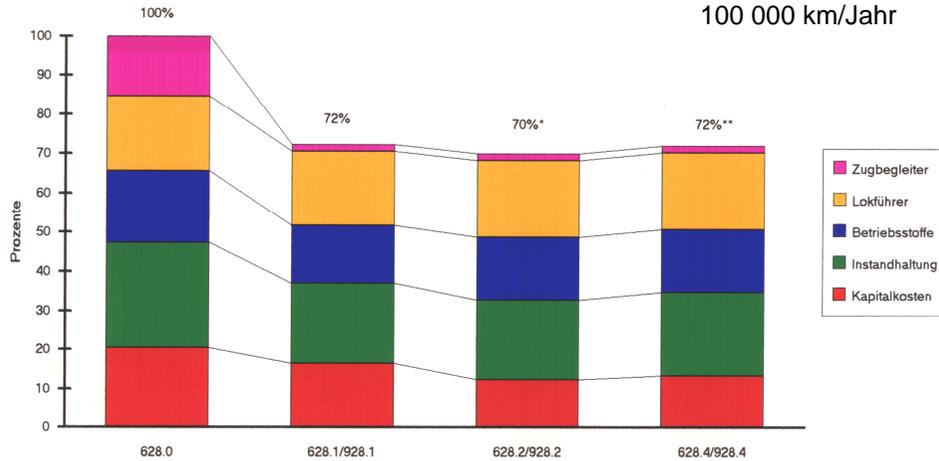
### VT 628 - Energieversorgung Übersicht

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

## 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

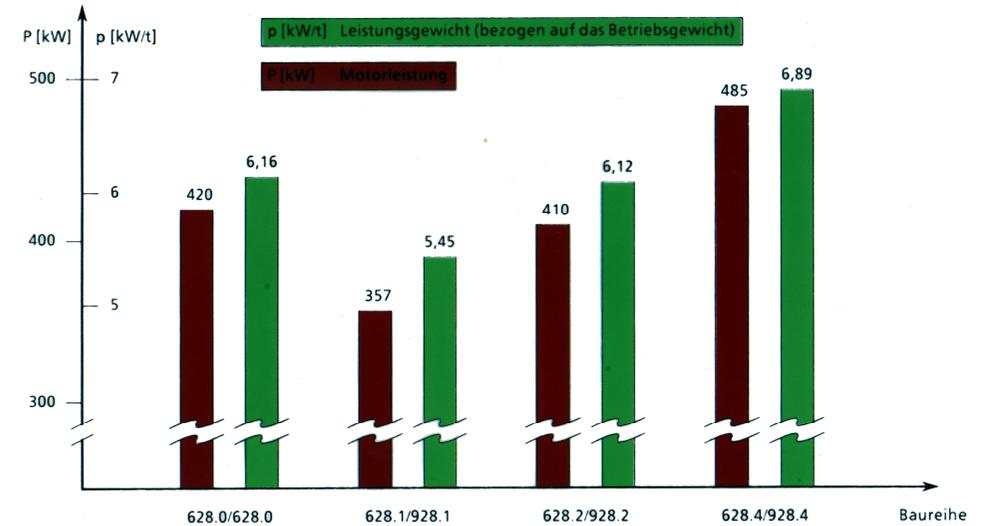


\* Werte für VT 628.2/VS 928.2 noch nicht von der DB bestätigt, \*\* Werte für VT 628.4/VS 928.4 geschätzt



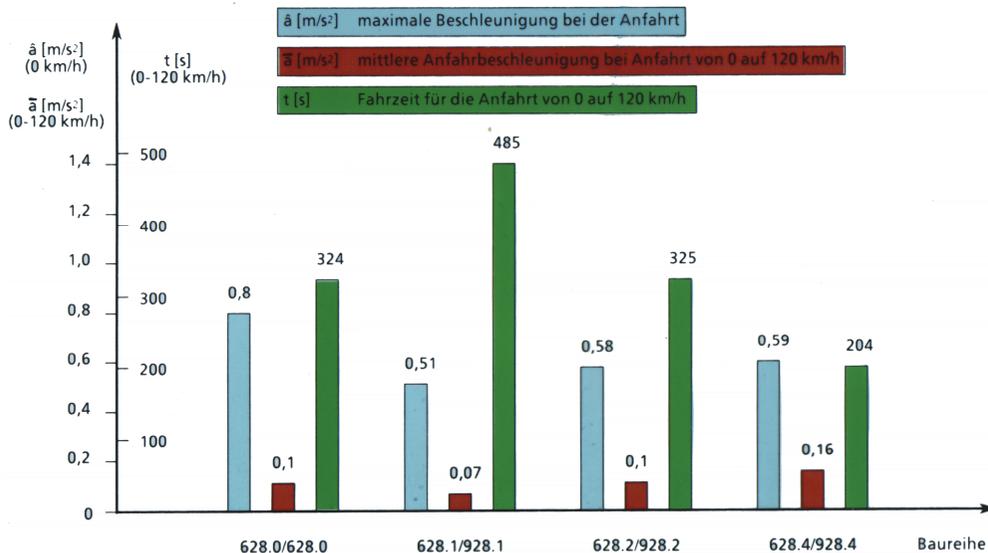
## 6.5 Beispiel Baureihe VT628

### 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)



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



Quelle: Siemens