

Grundlagen der Schienenfahrzeugtechnik



01 Einführung

Dr.-Ing. Michael Karatas

Siemens Mobility GmbH
Krefeld-Uerdingen

michael.karatas@siemens.com



Gliederung



Einführung

- Generelles
- Fahrzeugarchitekturen und Fahrwerkstypen
- Vollbahnfahrzeuge
- Fahrzeug-Hauptkomponenten
- Fahrwerke und Komponenten

Überblick



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

Gliederung



Einführung

- Generelles
- Fahrzeugarchitekturen und Fahrwerkstypen
- Vollbahnfahrzeuge
- Fahrzeug-Hauptkomponenten
- Fahrwerke und Komponenten

1.1 Generelles

Die „Eisenbahn“ ist ein System!

In Bahnsystemen sind die **Fahrzeuge** und die **Infrastruktur** stärker funktional miteinander verknüpft und voneinander abhängig als in anderen Verkehrssystemen.

Beispiele für **funktional verbindende Merkmale**:

Mechanisch:

- Spurweite
- Lichtraumprofil



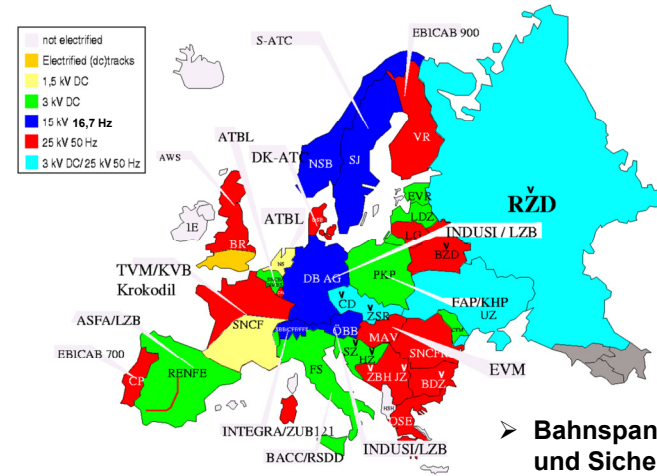
Elektrisch:

- Stromsysteme
- Zugsicherungssysteme



Quelle: Siemens

1.1 Generelles



Quelle: Internet

➤ Bahnspannungsnetze und Sicherungssysteme

1.1 Generelles

Merkmal	HG-Bahn	Fernbahn	Regionalbahn	S-Bahn
Trassierung/Gleis	Vollbahngleis/HGV-Trasse	Vollbahngleis	Vollbahngleis	Vollbahngleis
Übliche Spurweite	1435 mm	1435 mm	1435 mm	1435 mm
Kleinsten Kurvenradius	≥ 300 m	≥ 300 m	≥ 180 m	≥ 180 m
Zugsicherung	Signalgesichert/LZB o. ä.	Signalgesichert/LZB o. ä.	Signalgesichert	Signalgesichert
Haltestellenabstand*)	50–100 km	20–50 km	2–10 km	750 m–3 km
Stromsystem in Deutschland	15 kV, 16 2/3 Hz	15 kV, 16 2/3 Hz	15 kV, 16 2/3 Hz oder Dieselantrieb	15 kV, 16 2/3 Hz 800 V = Berlin, Oberleitung 1200 V = Hamburg, Stromsch.
Mittlere Fahrgeschwindigkeit*)	120–220 km/h	100–150 km/h	40–80 km/h	40–60 km/h

Abb. 3.2-1: Untergliederung der personenbefördernden Vollbahnfahrzeuge nach Einsatzfall

1.1 Generelles

Merkmal	Straßenbahn	Stadtbahn	U-Bahn/Metro	S-Bahn
Gleis	Hauptsächlich im Gleisbett	Großteil eigener Gleiskörper	Ausschließlich eigener Gleiskörper	Vollbahngleis
Kleinsten Kurvenradius	≥ 15 m	≥ 25 m	≥ 90 m	≥ 180 m
Zugsicherung	Fahren auf Sicht	Fahren auf Sicht/Signalgesichert	Signalgesichert	Signalgesichert
Haltestellenabstand	300–600 m	500–800 m	500–1000 m	750 m–3 km
Stromsystem in Deutschland	750 V (600 V) = Oberleitung	750 V (600 V) = Oberleitung	750 V (600 V) = Stromschiene/Oberleitung	15 kV, 16 2/3 Hz 800 V = Berlin, Oberleitung 1200 V = Hamburg, Stromsch.
Mittlere Fahrgeschwindigkeit	15–20 km/h	20–30 km/h	25–40 km/h	50–60 km/h

Abb. 3.5-1: Untergliederung der Nahverkehrfahrzeuge nach Einsatzfall

1.1 Generelles

Nummernschema der Fahrzeugtypen/Baureihen ab 1968

Beispiel: 001 150 - 2

- 001: Prüffziffer
- 150: 3-stellige Betriebsnummer (i.d.R. durchlaufend, aber auch mit Lücken)
- 2: 2-stellige Baureihennummer (i.d.R. übernommen aus der Bezeichnung vor 1968)

Bau-reihe	Kennbuch-stabe (n)	Fahrzeugtyp	Beispiel
0		Dampflokomotiven	BR 001 - Schnellzuglok
1	E	Elektrolokomotiven	BR 103 - alt E03 - IC-Schnellzuglok
2	V	Brennkraftlokomotiven	BR 221 – ehem. V 200
3	K	Kleinlokomotiven	Köf
4	ET	Elektrische Triebwagen	BR 403 – 50 einsyst. ICE 3 BR 406 – 17 mehrsyst. ICE 3 BR 407 – 17 Velaro D - Züge
5	ETA	Akkumulator-Triebwagen	ETA 515

1.1 Generelles

Nummernschema der Fahrzeugtypen/Baureihen ab 1968

Beispiel: 001 150 - 2

- 001: Prüffziffer
- 150: 3-stellige Betriebsnummer (i.d.R. durchlaufend, aber auch mit Lücken)
- 2: 2-stellige Baureihennummer (i.d.R. übernommen aus der Bezeichnung vor 1968)

Bau-reihe	Kennbuch-stabe (n)	Fahrzeugtyp	Beispiel
6	VT	Brennkrafttriebwagen	VT 642 – Desiro
7		Schienenbusse und Bahndienstfahrzeuge	BR 795 – Uerd. Schienenbus (1 Motor) BR 798 – Uerd. Schienenbus (2 Motoren)
8	ES, ESA, EB	Steuer-, Bei- und Mittelwagen zu elektrischen Triebwagen	
9	VS, VB, VM	Steuer-, Bei- und Mittelwagen zu Brennkrafttriebwagen und Schienenbussen	

1.1 Generelles

Bestimmung der Prüffziffer

Beispiel: 783 587 - p

p: Prüffziffer

- Gewichtung jeder Ziffer abwechselnd mit 1 bzw. 2
- Quersumme über Produkte aus Ziffer und Gewichtung
- Bestimmung des ganzzahligen Restes zum nächst kleineren Vielfachen von 10 (Modulo 10)
- Subtraktion des Restes von 10
- Wenn Differenz > 9, dann p = 0

Beispiel 783 587 - p

Nummer	Schritt 1: Gewichtung	Schritt 2: Produkte für Quersumme
7	1	7
8	2	16
3	1	3
5	2	10
8	1	8
7	2	14

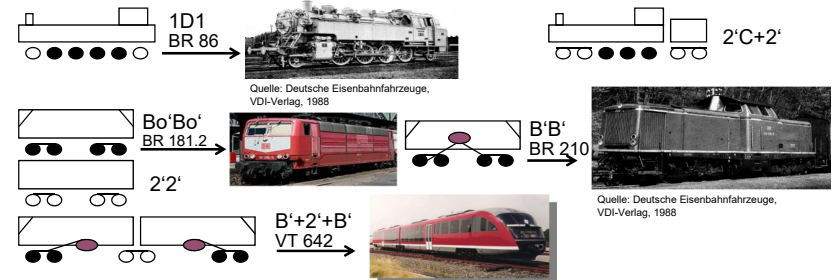
Quersumme	31
Schritt 3: Modulo 10	31 + 10 = 3 Rest 1
Schritt 4: Differenz	10 - 1 = 9
Endergebnis Prüffziffer	9

Quelle: Internet

1.1 Generelles

Es gibt ein Bezeichnungssystem für die Achsfolge eines Fahrzeuges:

- A,B,C,... eine, zwei oder mehr miteinander gekuppelte angetriebene Achsen im Hauptrahmen
- Bo, Co,... zwei, drei oder mehr angetriebene Achsen, die jeweils durch einen Achsmotor angetrieben sind und nicht gekuppelt sind
- 1,2,3,... eine, zwei oder mehr Laufachsen im Hauptrahmen
- 1'2',3',... eine, zwei oder mehr Laufachsen mit separatem Laufwerksrahmen
- Bo', Co',... zwei drei oder mehr angetriebene Achsen, die jeweils durch einen Achsmotor angetrieben sind und einen eigenen Laufwerksrahmen (z.B. Drehgestell) besitzen



Gliederung

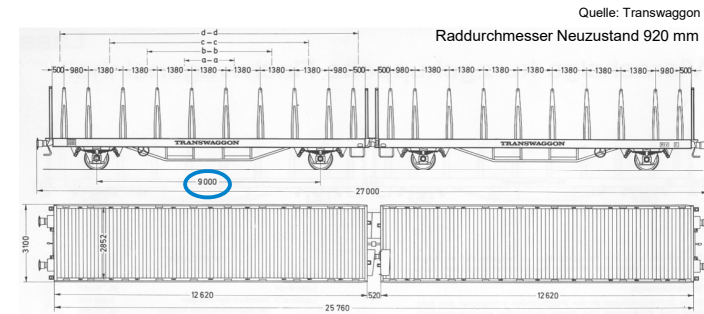
Einführung

- Generelles
- Fahrzeugarchitekturen und Fahrwerkstypen
- Vollbahnfahrzeuge
- Fahrzeug-Hauptkomponenten
- Fahrwerke und Komponenten

1.2 Fahrzeugarchitekturen und Fahrwerkstypen

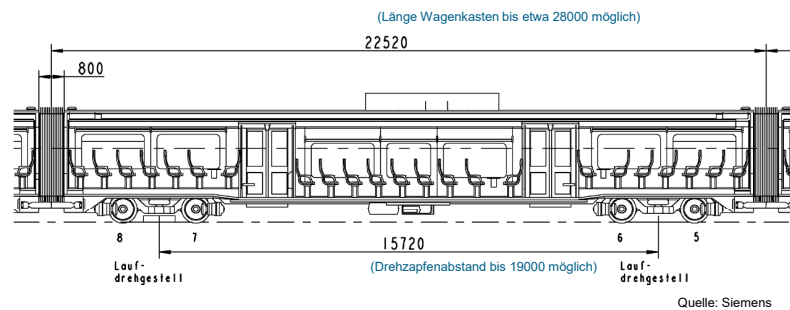
▪ Fahrzeugarchitektur **Zweiachser**

- Zweiachser (Laas-Flachwageneinheit)



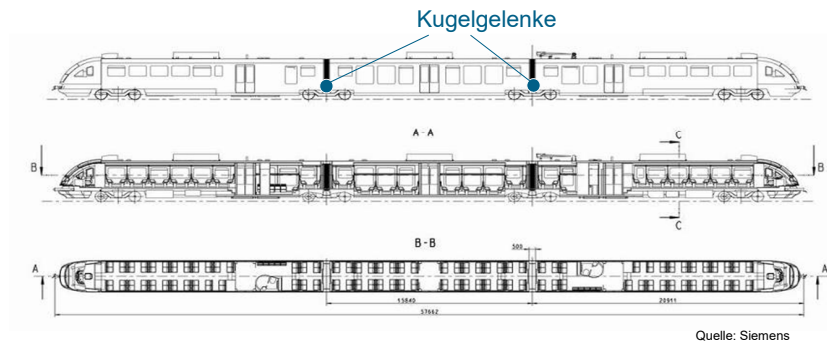
1.2 Fahrzeugarchitekturen und Fahrwerkstypen

▪ Einzelwagen mit **2 Drehgestellen**



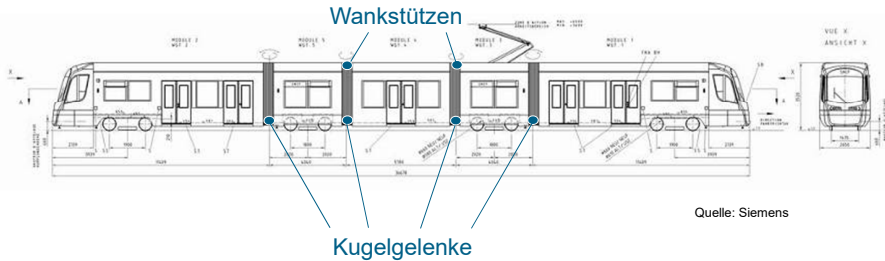
1.2 Fahrzeugarchitekturen und Fahrwerkstypen

▪ **Dreiteiliger** Jakobsgelenkzug



1.2 Fahrzeugarchitekturen und Fahrwerkstypen

▪ Achtsachsiger Stadtbahngelenkzug Avanto SNCF



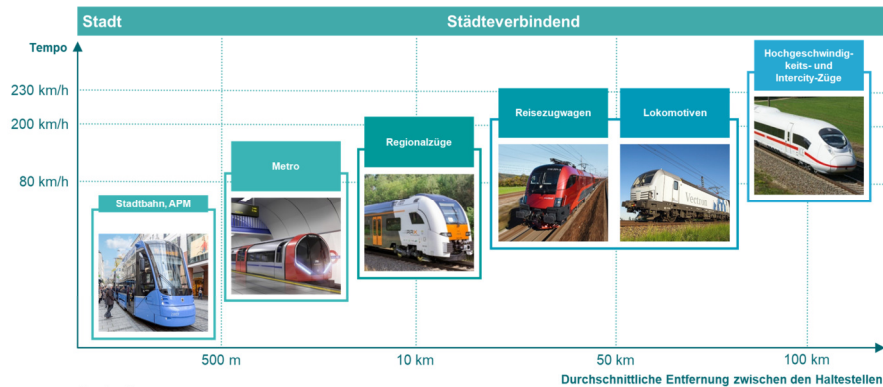
- Hier machen mehrfache Segmentierungen Sinn wegen oft engen Spurkanälen.
- Zur Reduzierung der Fahrwerksanzahl kommen zusätzliche Gelenke im Dachbereich zur Anwendung (Nicken, Wanken)

Gliederung

Einführung

- Generelles
- Fahrzeugarchitekturen und Fahrwerkstypen
- Vollbahnfahrzeuge
- Fahrzeug-Hauptkomponenten
- Fahrwerke und Komponenten

1.3 Vollbahnfahrzeuge



1.3 Vollbahnfahrzeuge

▪ Nahverkehr



Quelle: Siemens

▪ Fernverkehr



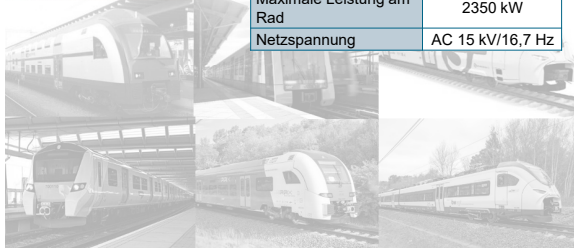
1.3 Vollbahnfahrzeuge

▪ Nahverkehr

S-Bahn (ET 424)



Technische Daten	
Baujahr	1998
Höchstgeschwindigkeit	140 - 160 km/h
Beschleunigung	1,0 m/s ²
Maximale Leistung am Rad	2350 kW
Netzspannung	AC 15 kV/16,7 Hz



Quelle: Siemens

▪ Fernverkehr



1.3 Vollbahnfahrzeuge

▪ Nahverkehr

Desiro Classic



Technische Daten	
Baujahr	2000
Höchstgeschwindigkeit	120 km/h
Beschleunigung	1,1 m/s ²
Maximale Leistung am Rad	max. 670 kW
Netzspannung	Diesel



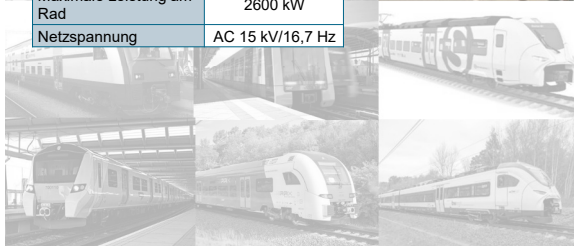
Quelle: Siemens

1.3 Vollbahnfahrzeuge

▪ Nahverkehr

Desiro Mainline

Technische Daten	
Baujahr	2008
Höchstgeschwindigkeit	160 km/h
Beschleunigung	1,1 m/s ²
Maximale Leistung am Rad	2600 kW
Netzspannung	AC 15 kV/16,7 Hz



Quelle: Siemens

▪ Fernverkehr



1.3 Vollbahnfahrzeuge

▪ Nahverkehr

Desiro Double Deck

Technische Daten	
Baujahr	2006
Höchstgeschwindigkeit	140 km/h
Beschleunigung	1,1 m/s ²
Maximale Leistung am Rad	3200 kW
Netzspannung	AC 15 kV/16,7 Hz

Quelle: Siemens

▪ Fernverkehr



1.3 Vollbahnfahrzeuge

▪ Nahverkehr

S-Bahn Berlin

▪ Fernverkehr



Technische Daten	
Baujahr	2020
Höchstgeschwindigkeit	100 km/h
Beschleunigung	1,0 m/s ²
Maximale Leistung am Rad	max. 1680 kW
Netzspannung	DC 750 V

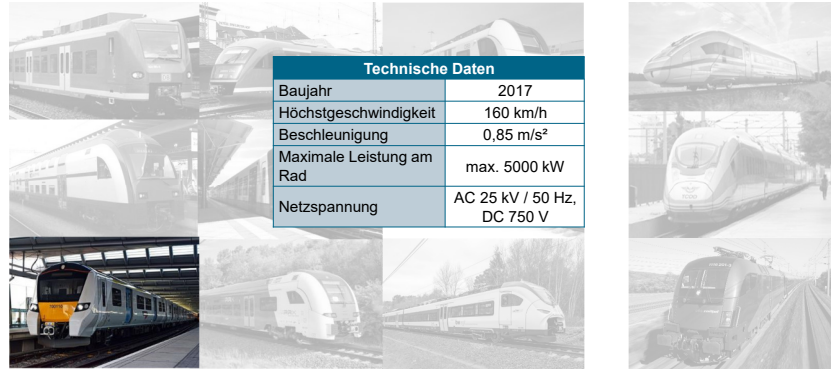
Quelle: Siemens

1.3 Vollbahnfahrzeuge

▪ Nahverkehr

Desiro City

▪ Fernverkehr



Technische Daten	
Baujahr	2017
Höchstgeschwindigkeit	160 km/h
Beschleunigung	0,85 m/s ²
Maximale Leistung am Rad	max. 5000 kW
Netzspannung	AC 25 kV / 50 Hz, DC 750 V

Quelle: Siemens

1.3 Vollbahnfahrzeuge

▪ Nahverkehr

Desiro HC

▪ Fernverkehr



Technische Daten	
Baujahr	2018
Höchstgeschwindigkeit	160 - 200 km/h
Beschleunigung	1,1 m/s ²
Maximale Leistung am Rad	3290 kW
Netzspannung	AC 15 kV/16,7 Hz

Quelle: Siemens

1.3 Vollbahnfahrzeuge

▪ Nahverkehr

Mireo

▪ Fernverkehr



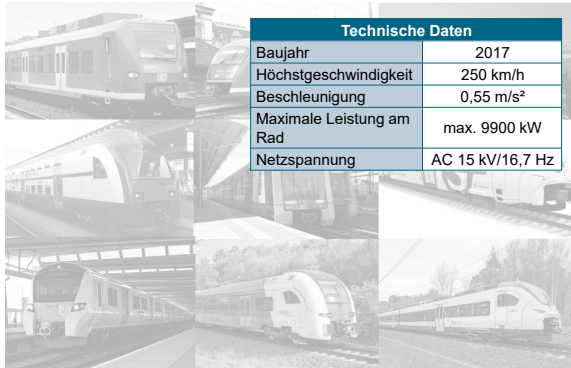
Technische Daten	
Baujahr	2019
Höchstgeschwindigkeit	160 km/h
Beschleunigung	0,96 m/s ²
Maximale Leistung am Rad	2600 kW
Netzspannung	AC 15 kV/16,7 Hz

Quelle: Siemens

1.3 Vollbahnfahrzeuge

▪ Nahverkehr

ICx (ICE 4)



Technische Daten	
Baujahr	2017
Höchstgeschwindigkeit	250 km/h
Beschleunigung	0,55 m/s ²
Maximale Leistung am Rad	max. 9900 kW
Netzspannung	AC 15 kV/16,7 Hz

Quelle: Siemens

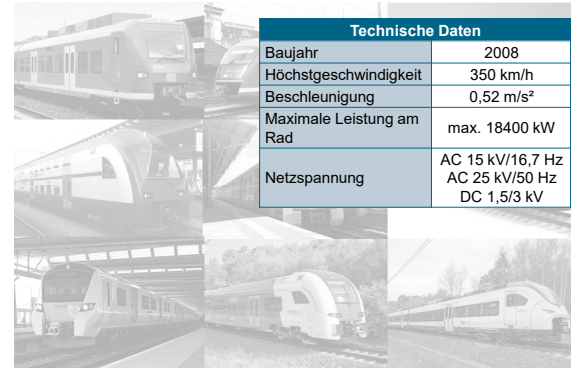
▪ Fernverkehr



1.3 Vollbahnfahrzeuge

▪ Nahverkehr

Velaro



Technische Daten	
Baujahr	2008
Höchstgeschwindigkeit	350 km/h
Beschleunigung	0,52 m/s ²
Maximale Leistung am Rad	max. 18400 kW
Netzspannung	AC 15 kV/16,7 Hz AC 25 kV/50 Hz DC 1,5/3 kV

Quelle: Siemens

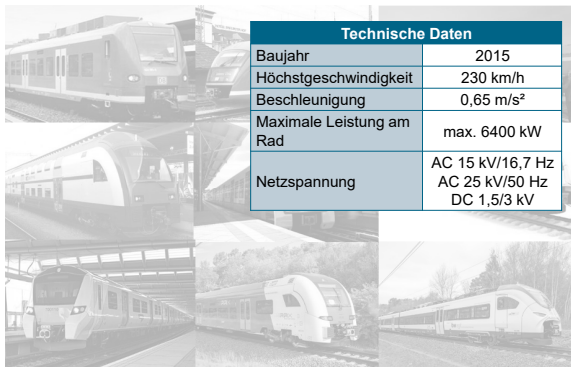
▪ Fernverkehr



1.3 Vollbahnfahrzeuge

▪ Nahverkehr

Railjet



Technische Daten	
Baujahr	2015
Höchstgeschwindigkeit	230 km/h
Beschleunigung	0,65 m/s ²
Maximale Leistung am Rad	max. 6400 kW
Netzspannung	AC 15 kV/16,7 Hz AC 25 kV/50 Hz DC 1,5/3 kV

Quelle: Siemens

▪ Fernverkehr

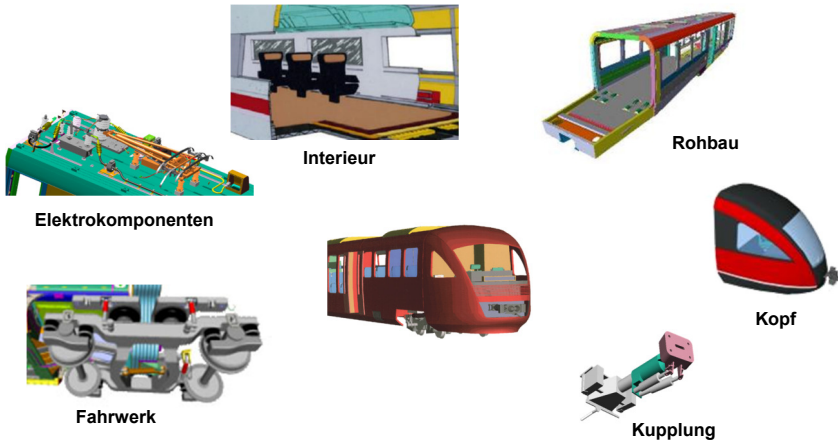


Gliederung

Einführung

- Generelles
- Fahrzeugarchitekturen und Fahrwerkstypen
- Vollbahnfahrzeuge
- Fahrzeug-Hauptkomponenten
- Fahrwerke und Komponenten

1.4 Fahrzeug-Hauptkomponenten

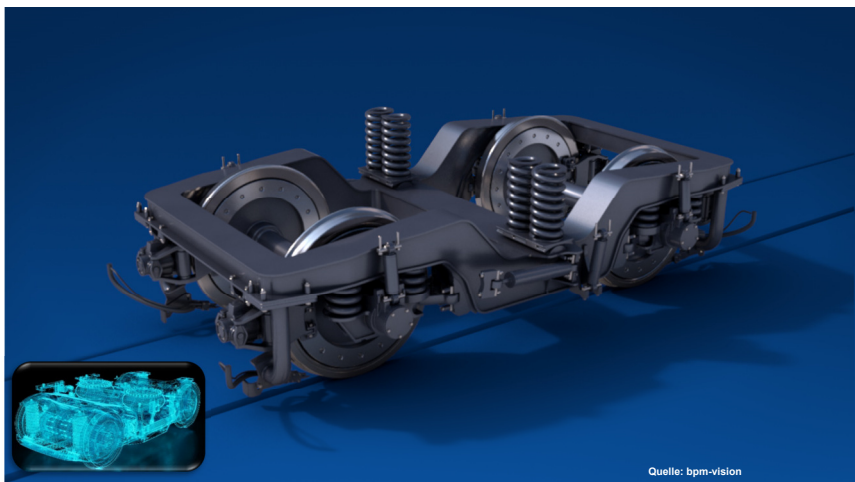


Gliederung

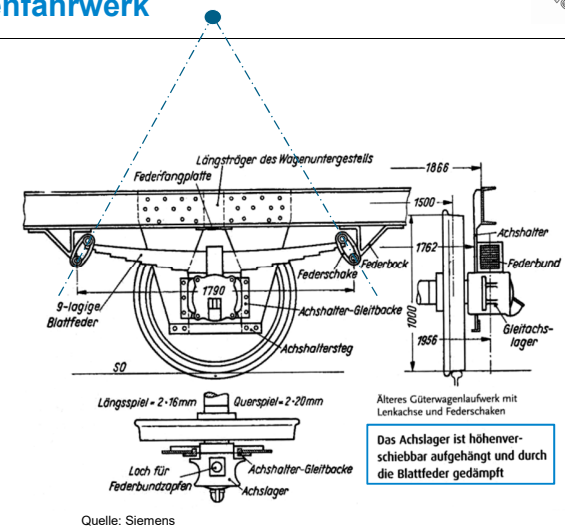
Einführung

- Generelles
- Fahrzeugarchitekturen und Fahrwerkstypen
- Vollbahnfahrzeuge
- Fahrzeug-Hauptkomponenten
- Fahrwerke und Komponenten

1.5 Fahrwerke und Komponenten



1.5 Fahrwerke und Komponenten Güterwagenfahrwerk

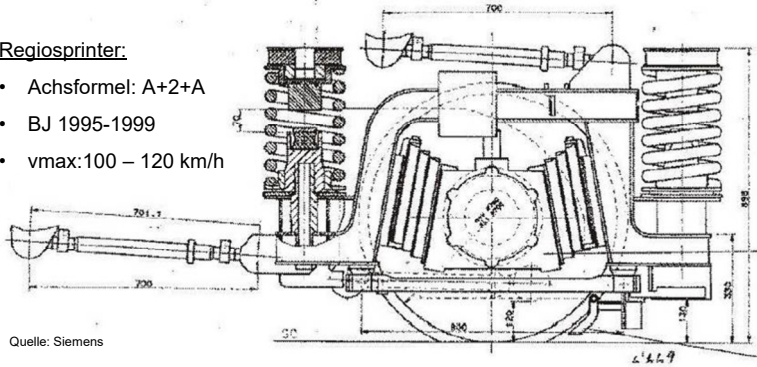


1.5 Fahrwerke und Komponenten Einachs-Triebfahrwerk – Regiosprinter Siemens



Regiosprinter:

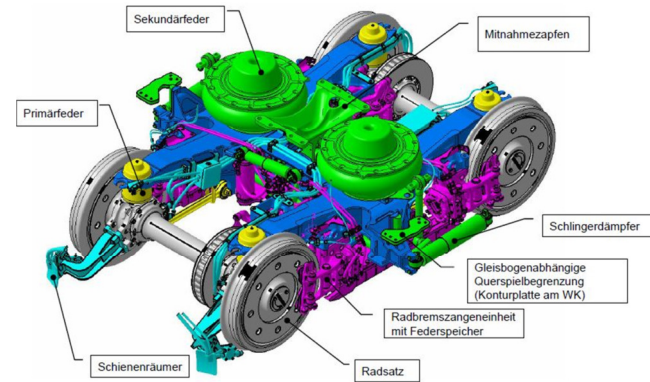
- Achsformel: A+2+A
- BJ 1995-1999
- v_{max}: 100 – 120 km/h



Quelle: Siemens



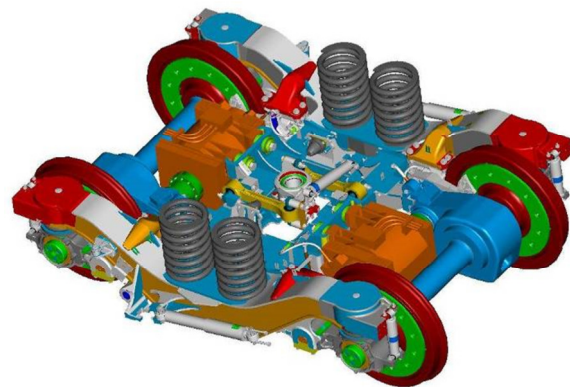
1.5 Fahrwerke und Komponenten Innengelagertes Fahrwerk



Quelle:
Vortrag auf dem IFS-Seminar
am 09.12.2014
Moderne innengelagerte Fahr-
Werke für den Vollbahnbereich
Heiko Mannsbarth, Bombardier



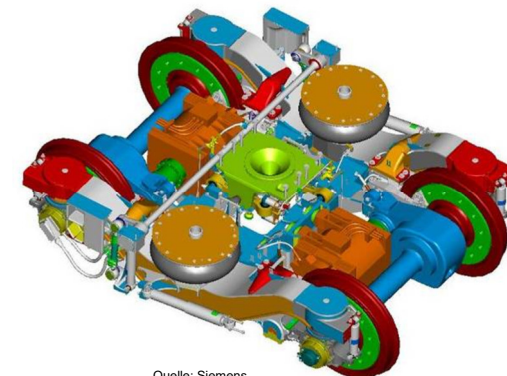
1.5 Fahrwerke und Komponenten Stahlfederertes Fahrwerk



Quelle: Siemens



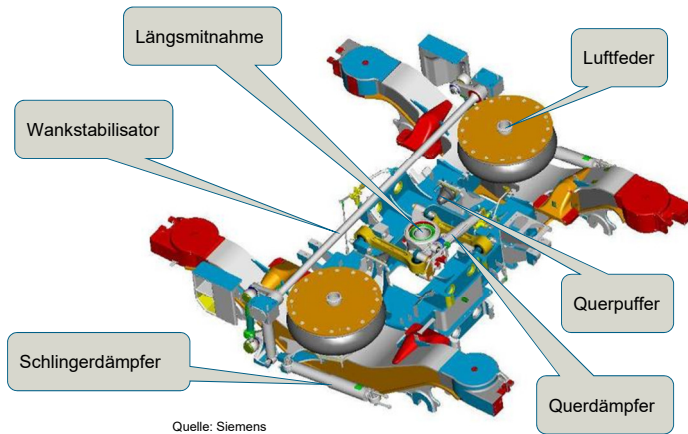
1.5 Fahrwerke und Komponenten Luftfederertes Fahrwerk



Quelle: Siemens

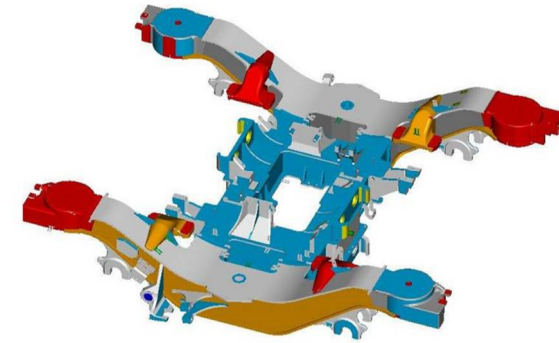


1.5 Fahrwerke und Komponenten Sekundärstufe



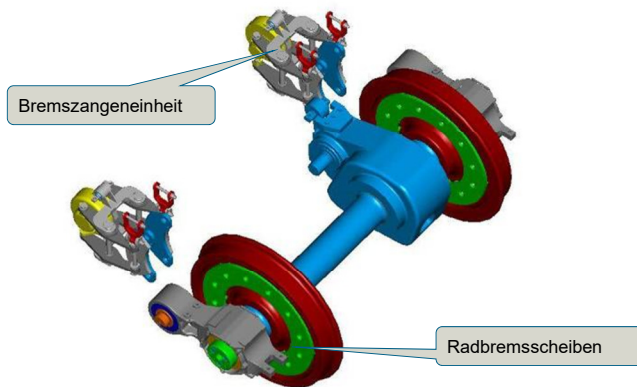
Quelle: Siemens

1.5 Fahrwerke und Komponenten Rahmen



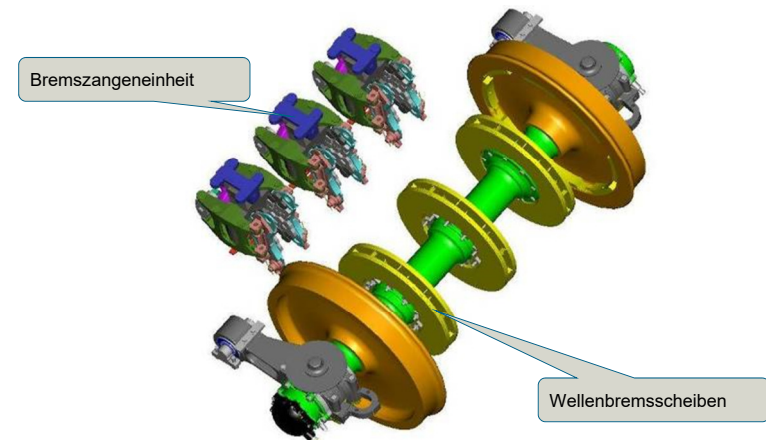
Quelle: Siemens

1.5 Fahrwerke und Komponenten Brems Triebfahrwerk



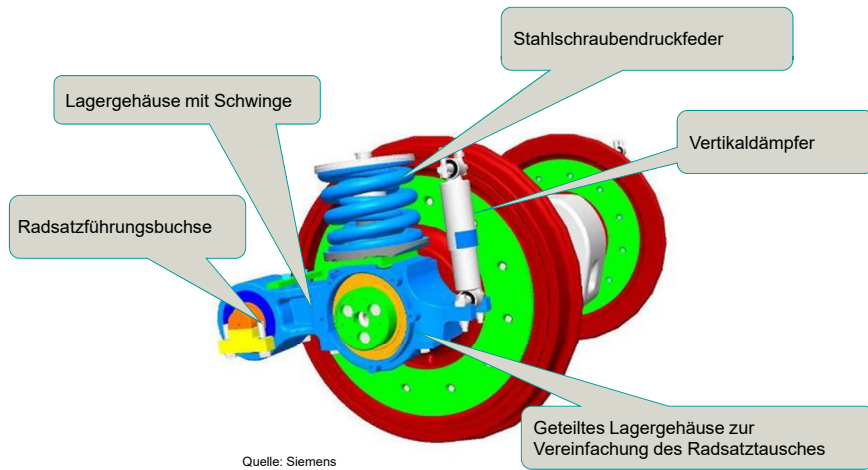
Quelle: Siemens

1.5 Fahrwerke und Komponenten Brems Lauffahrwerk

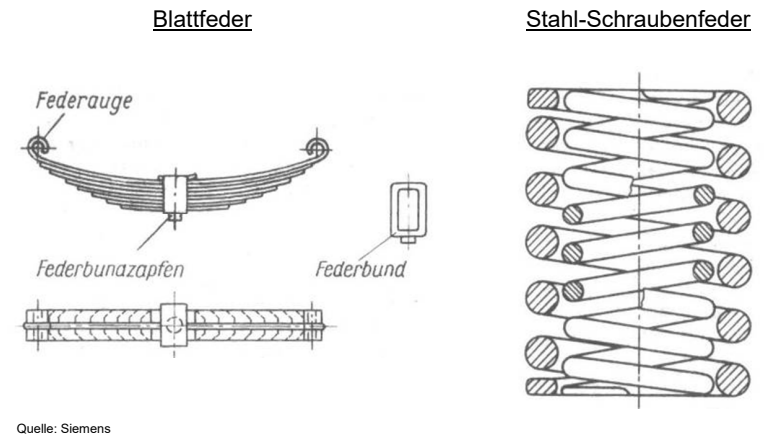


Quelle: Siemens

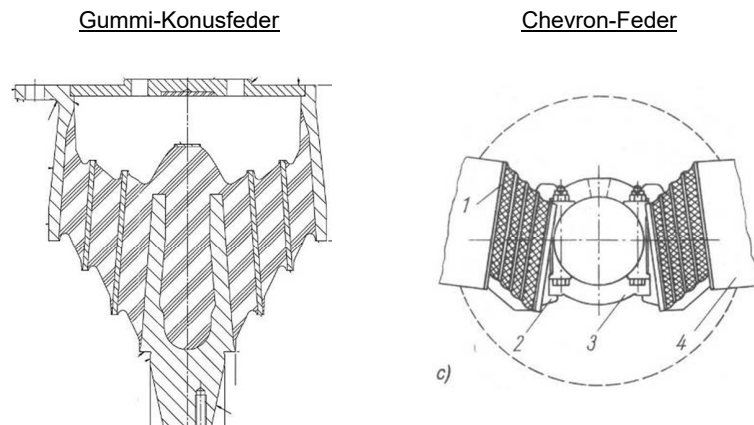
1.5 Fahrwerke und Komponenten Radsatzführung



1.5 Fahrwerke und Komponenten Federelemente aus Stahl

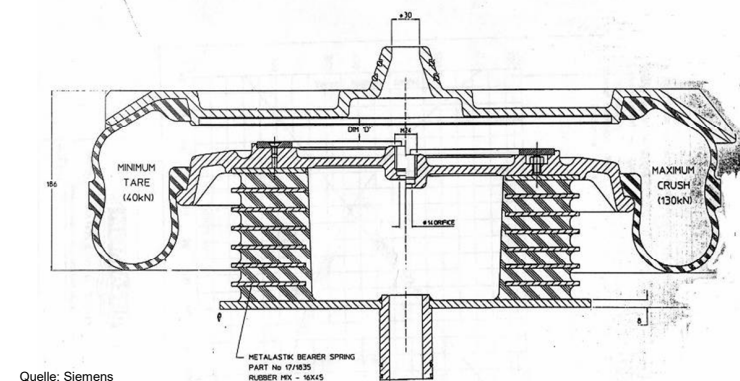


1.5 Fahrwerke und Komponenten Federelemente aus Gummi-Metall-Kombination



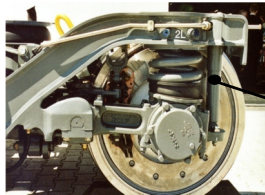
1.5 Fahrwerke und Komponenten Lufffeder für verschiedene Lastzustände

- Lufffederbalg im Schnitt mit Metall-Gummi-Notfeder



1.5 Fahrwerke und Komponenten Schwingungsdämpfer

- Als Primärdämpfer:

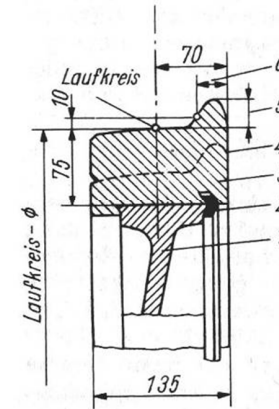


- Als Schlingerdämpfer:



Quelle: Siemens

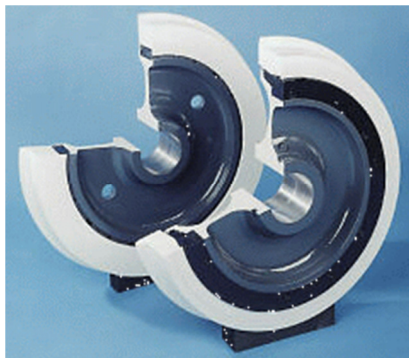
1.5 Fahrwerke und Komponenten Bereiftes Rad



- + Reifen bei Verschleiß wechselbar
- + Differenzierte Materialien
- Gefahr des Lösens des Reifens

1.5 Fahrwerke und Komponenten Bochumer Einringrad

- Mit verschiedenen Formen der Gummikörper



Quelle: Internet

- + Federung direkt am Rad / Schiene-Kontakt
- + Akustik + Fahrkomfort
- Gummi-Eigenschaften + Alterung
- Einsatz im Straßenbahnbereich

1.5 Fahrwerke und Komponenten Monobloc-Rad

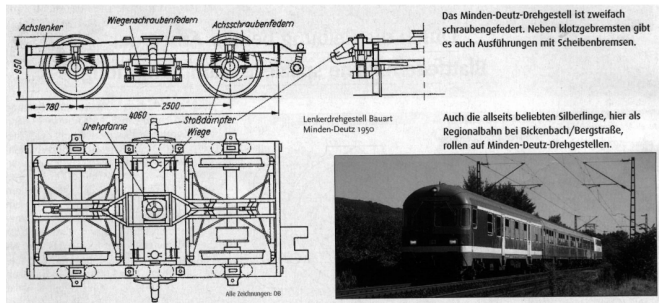
- Mit Radschalladsorbern



Quelle: Siemens

- + geringe Masse
- + hohe Sicherheit
- nach Verschleiß ganzes Rad zu ersetzen
- Einsatz im Vollbahnbereich

1.5 Fahrwerke und Komponenten Minden-Deutz-Fahrwerk



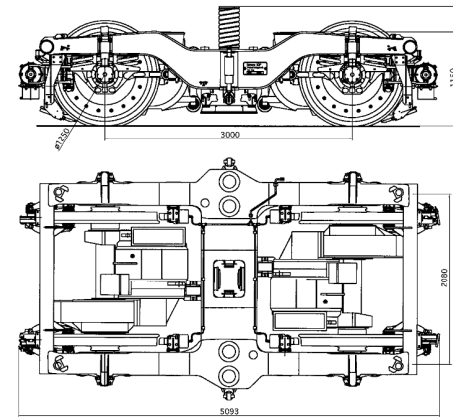
Das Minden-Deutz-Drehgestell ist zweifach schraubengefedert. Neben Klotzbremsen gibt es auch Ausführungen mit Scheibenbremsen.

Auch die allseits beliebten Silberlinge, hier als Regionalbahn bei Bickenbach/Bergstraße, rollen auf Minden-Deutz-Drehgestellen.

Quelle: SAUMWEBER, E.; GERUM, E.; BRENDT, P.-J.: Grundlagen der Schienenfahrzeugbremse, AET (Archiv für Eisenbahntechnik), Heft 43, Hestra - Verlag

- Über 14.000 Stück gebaut
- Längsstarre Radsatzanlenkung durch Blattlenker
- Schraubenfedern mit hydraulischen Dämpfern
- In Schaken/Pendeln aufgehängte Wiege
- Weiterentwicklung MD 530 für ICE 1 (Radsätze freier beweglich)
- ICE 2 völlige Neuentwicklung

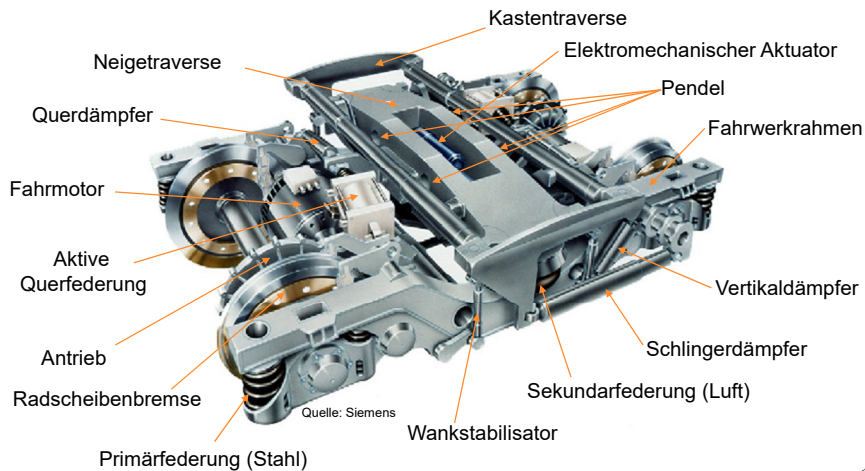
1.5 Fahrwerke und Komponenten Lokomotiv-Fahrwerk – BR 152



Quelle: Siemens

- Loktypisch großer Radstand 3000
- Großer Rad-Durchmesser
- Hohe Radsatzlasten ~22t
- $v_{max} = 140$ km/h
- Tatzlager-Antrieb (Motor und Getriebe starr, Motor elastisch an Drehgestell)

1.5 Fahrwerke und Komponenten Neigetechnikfahrwerk – VT605



Quelle: Siemens

Zusammenfassung

Einführung

- Generelles
- Fahrzeugarchitekturen und Fahrwerkstypen
- Vollbahnfahrzeuge
- Fahrzeug-Hauptkomponenten
- Fahrwerke und Komponenten

Überblick

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

Grundlagen der Schienenfahrzeugtechnik



Quelle: Siemens