

7.1. Einleitung

- Was ist Neigetechnik?
- Mögliche Geschwindigkeitssteigerung

7.2. Voraussetzungen für bogenschnelles Fahren

- Fahrzeugseitige Voraussetzungen
- Streckenseitige Voraussetzungen

7.3. Herausforderungen Neigetechnikverkehr

7.4. Neigetechnikfahrzeuge

TITELTHEMA

DIE BAUREIHEN 411/415

Gute Idee, viele Probleme

ICE MIT NEIGETECHNIK ■ Es klang so vielversprechend: viel schneller fahren auf althergebrachten Strecken. Technisch war alles machbar, aber funktionierte es im Alltag? War der Aufwand gerechtfertigt für ein paar Minuten Zeitgewinn?

DIE BAUREIHEN 411/415

Ein 411/415-Pärchen überholt am 14. Februar 2003 als ICE von Wiesbaden nach Dresden in Wirtheim einen Güterzug
Zeno Pflümann



Neigetechnik in Bayern wird fortgeführt

 nahverkehrspraxis.de/neigetechnik-in-bayern-wird-fortgefuehrt/

7. Dezember 2022



Auf nicht elektrifizierten Strecken sind konventionelle elektrische Fahrzeuge oder Akku-Hybrid-Züge keine Option. Vielsprechend sind dagegen Wasserstofffahrzeuge, die bereits auf dem Markt sind – allerdings noch ohne Neigetechnik. Mit Alstom hat ein Hersteller aber bereits Interesse daran signalisiert, einen Wasserstoffzug mit Neigetechnik zu entwickeln. Minister Bernreiter: „Ein solches Fahrzeug wäre eine Weltneuheit und mit drei verschiedenen Antrieben gleichzeitig extrem flexibel einsetzbar: ausschließlich mit Wasserstoff, bei teilweiser Elektrifizierung mit Batteriestrom oder vollständig mit Strom aus der Oberleitung. Das ist besonders wichtig, weil noch nicht alle Strecken im Allgäu und in Nordostbayern elektrifiziert sind, wie etwa die Franken-Sachsen-Magistrale. Entwicklung und Betrieb eines solchen neuen Fahrzeugs sind zwar mit höheren Kosten verbunden, die sich niederschlagen werden, wenn wir ab Ende 2029 Verkehre mit dem neuen Fahrzeugtyp bestellen. Ein attraktiver Schienenpersonennahverkehr ist uns das aber Wert – schließlich leisten wir damit auch einen Beitrag zum Klimaschutz.“

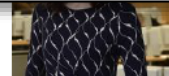
„Gerade auf den Strecken im Allgäu und in Nordostbayern gibt es keinen adäquaten Ersatz für die Neigetechnik. Mit einem neuen Wasserstoffneigetechnikfahrzeug leisten wir einen Beitrag zum Klimaschutz. Außerdem wird dieses Fahrzeug barrierefrei sein. Im ländlichen Raum wird Nahverkehr auf der Schiene damit noch attraktiver.“

Bayerns Verkehrsminister Christian Bernreiter, 06.12.2022

unterwegs und werden auf etwa 800 Kilometern im Allgäu und in Nordostbayern eingesetzt. Allerdings gibt es mit dem Triebwagen VT 612 deutschlandweit nur einen Fahrzeugtyp mit Neigetechnik, der mit Diesel fährt, nicht barrierefrei ist und auch nicht mehr produziert wird. Die Verkehrsverträge mit Neigetechnik laufen bis 2030 aus. Da die betroffenen Strecken auch bis dahin nicht elektrifiziert sein werden, hat der Ministerrat nun die Grundsatzentscheidung für eine Fortführung der Neigetechnik getroffen.

„Triebwagen ohne Neigetechnik, egal mit welchem Antrieb, sind auf diesen kurvenreichen Strecken keine Alternative“, so Minister Bernreiter. „Schon um fünf bis zehn Minuten längere Fahrzeiten würden vor allem im ländlichen Raum dazu führen, dass Fahrgäste ihre Anschlüsse nicht mehr erreichen. Wir wollen aber gerade Bus und Bahn noch attraktiver machen. Deswegen haben wir uns entschieden, auch in Zukunft auf die Neigetechnik zu setzen – unter modernen Vorzeichen.“

1/3

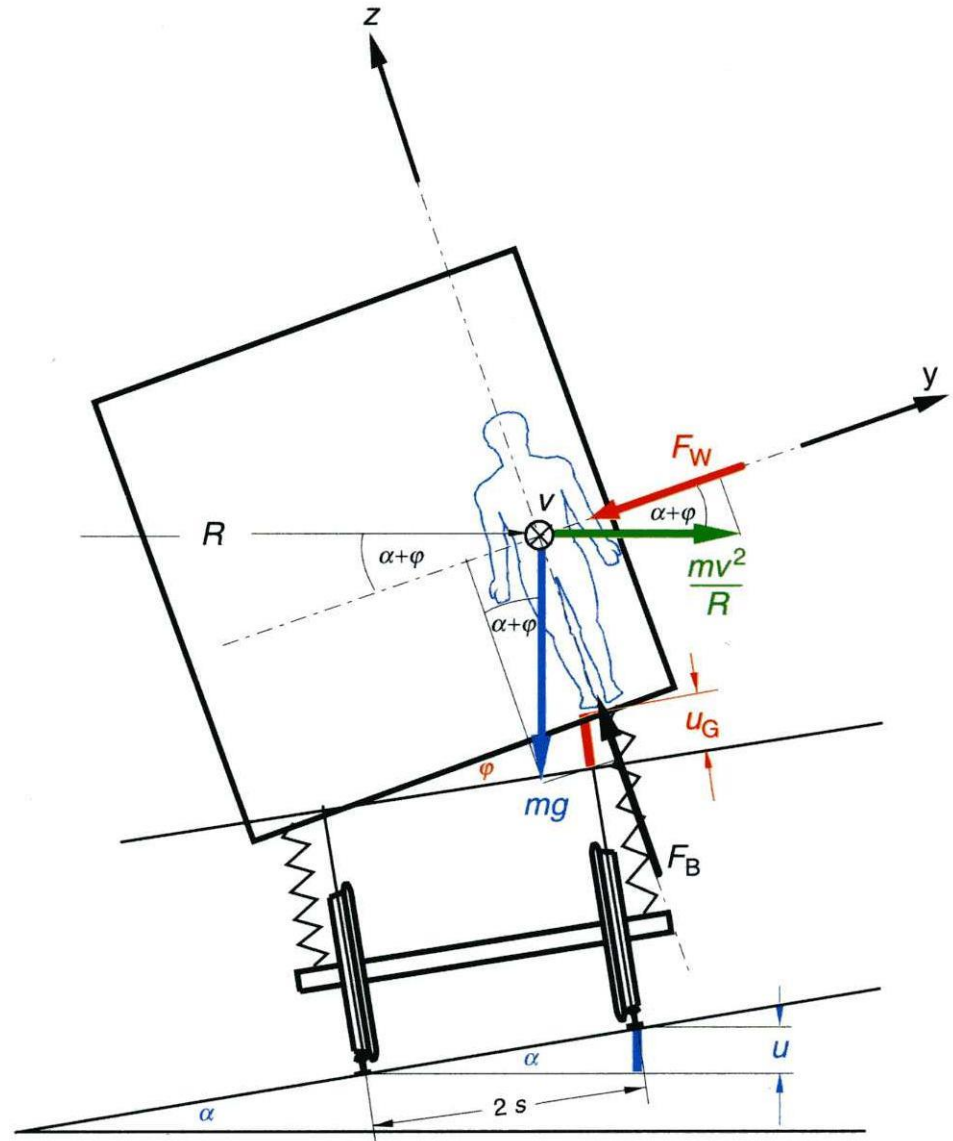


2/3

Folie Geneigter Wagenkasten

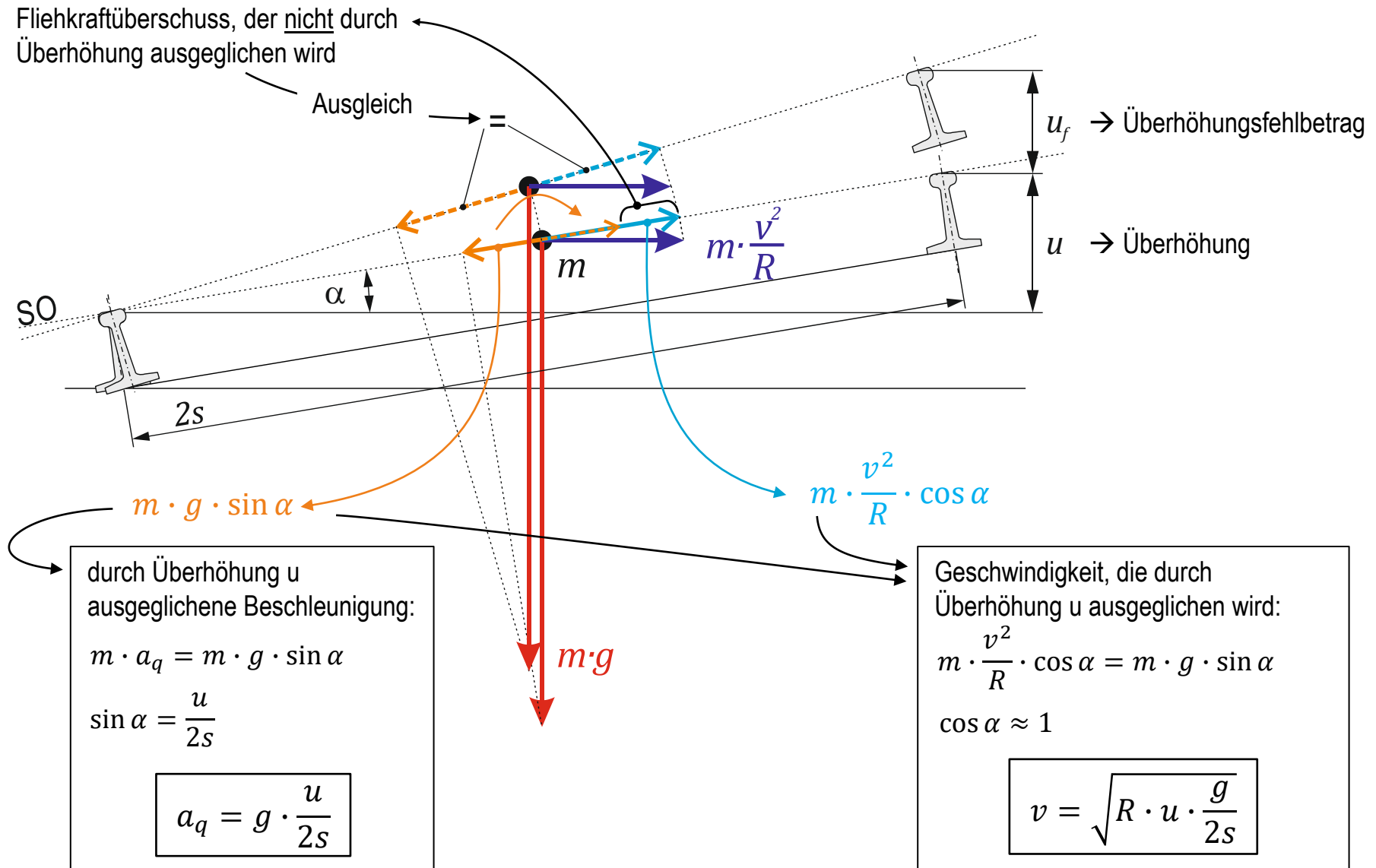
- u - Gleisüberhöhung
- α - Neigungswinkel aus der Gleisüberhöhung u
- u_G - Fahrzeugüberhöhung
- φ - Verdrehwinkel des Wagenkastens gegenüber dem überhöhten Gleis (= Neigungswinkel)
- $2s$ - Messkreisabstand 1500 mm
- F_W - horizontale Kraft von der Seitenwand auf den Fahrgast
- F_B - vertikale Kraft vom Boden auf den Fahrgast
- R - Bogenradius
- m - Masse Fahrgast
- v - Fahrgeschwindigkeit

Fahrzeugabmessungen klein gegenüber Bogenradius

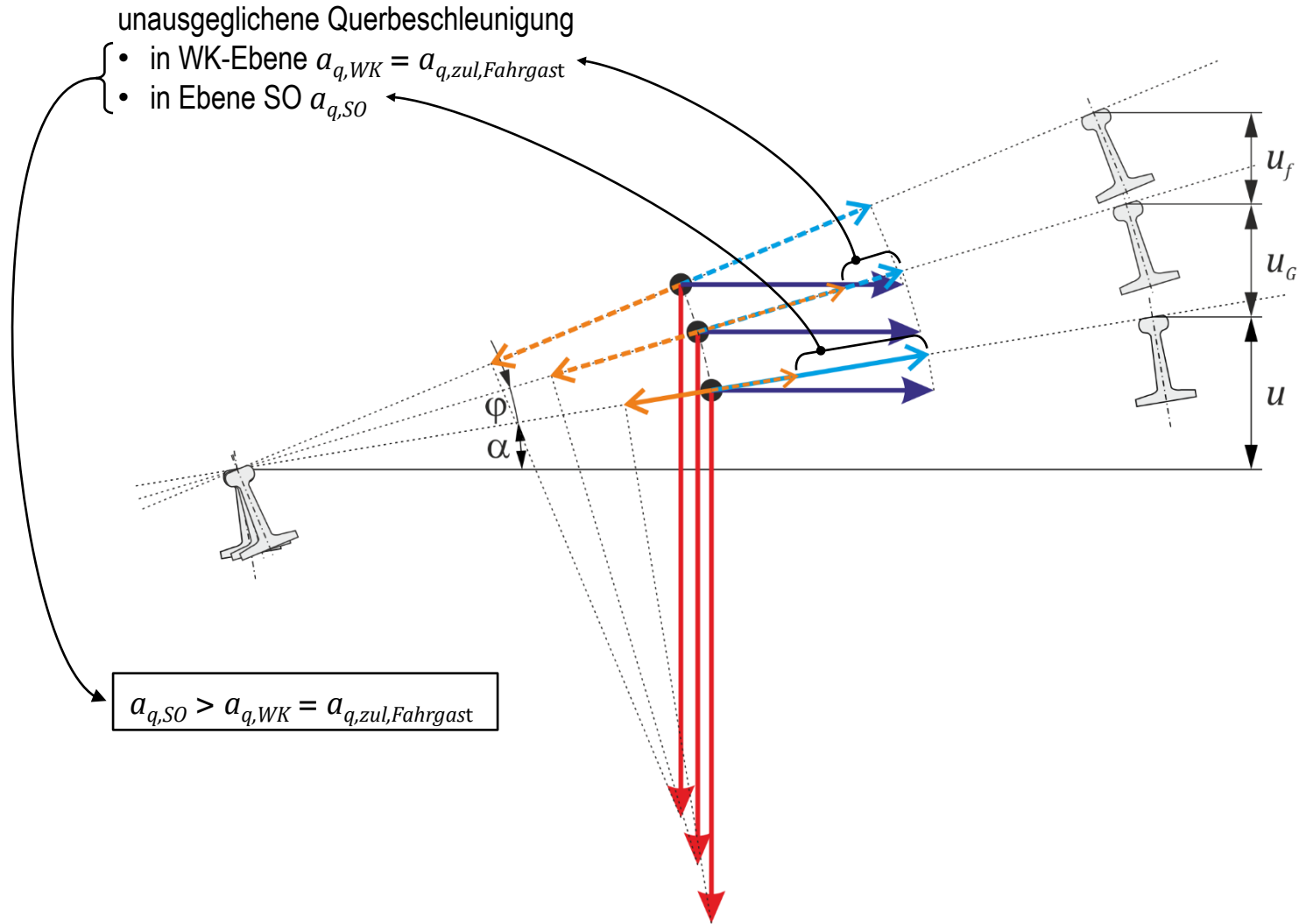


(Quelle: nach Seemann, EB, 9/2000)

Folie Überhöhung / Überhöhungsfehlbetrag



Folie Gleisüberhöhung u / „Wagenkastenüberhöhung“ u_G / Überhöhungsfehlbetrag u_f



Folie Geneigter Wagenkasten

$$\sum \overleftarrow{F}_y = 0 = \overset{1.}{F_W} + \overset{2.}{m \cdot g \cdot \sin(\alpha + \varphi)} - \overset{3.}{m \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \cos(\alpha + \varphi)}$$

u - Gleisüberhöhung

α - Neigungswinkel aus der Gleisüberhöhung u

u_G - Fahrzeugüberhöhung

φ - Verdrehwinkel des Wagenkastens gegenüber dem überhöhten Gleis (= Neigewinkel)

$2s$ - Messkreisabstand 1500 mm

F_W - horizontale Kraft von der Seitenwand auf den Fahrgast

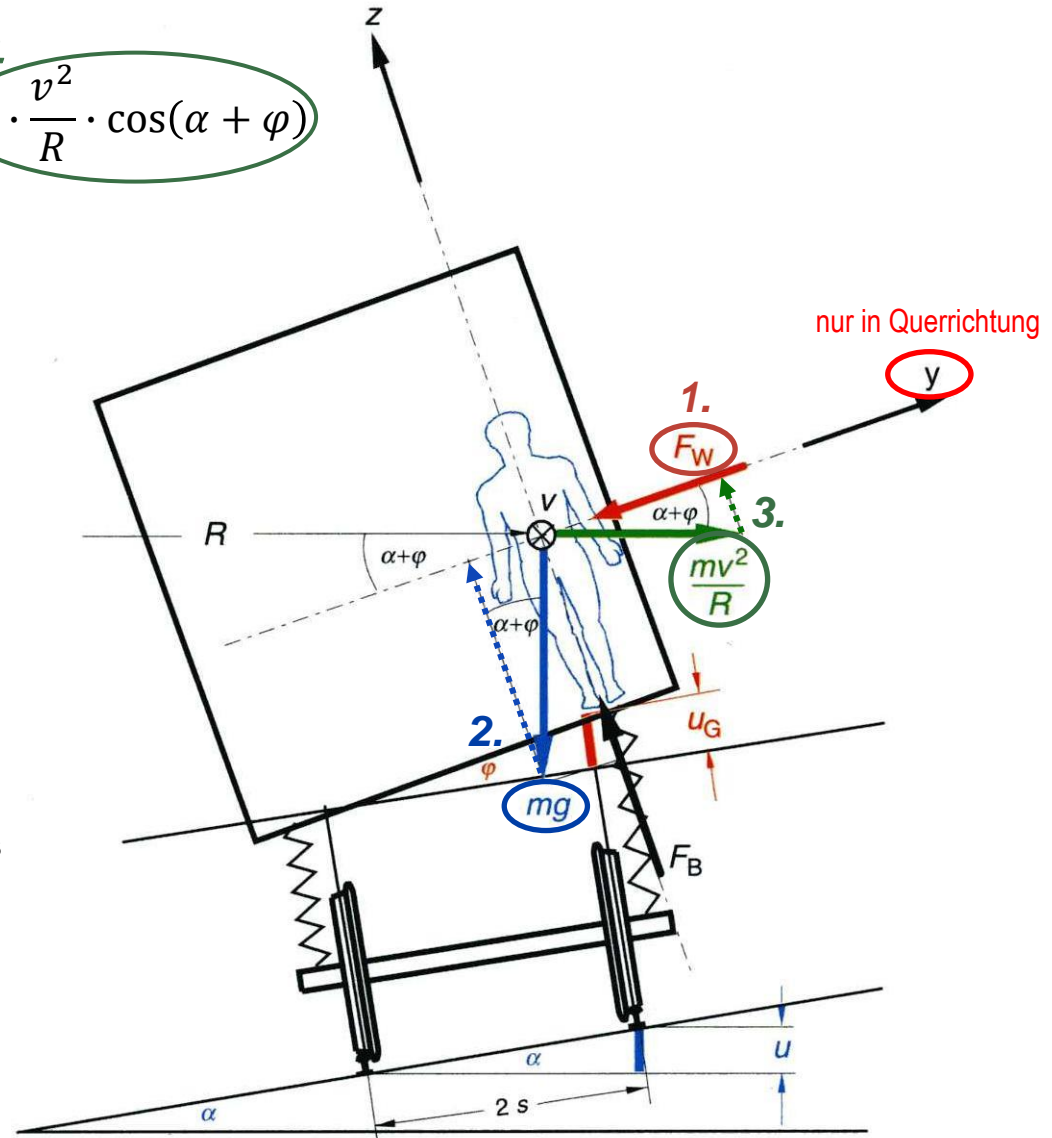
F_B - vertikale Kraft vom Boden auf den Fahrgast

R - Bogenradius

m - Masse Fahrgast

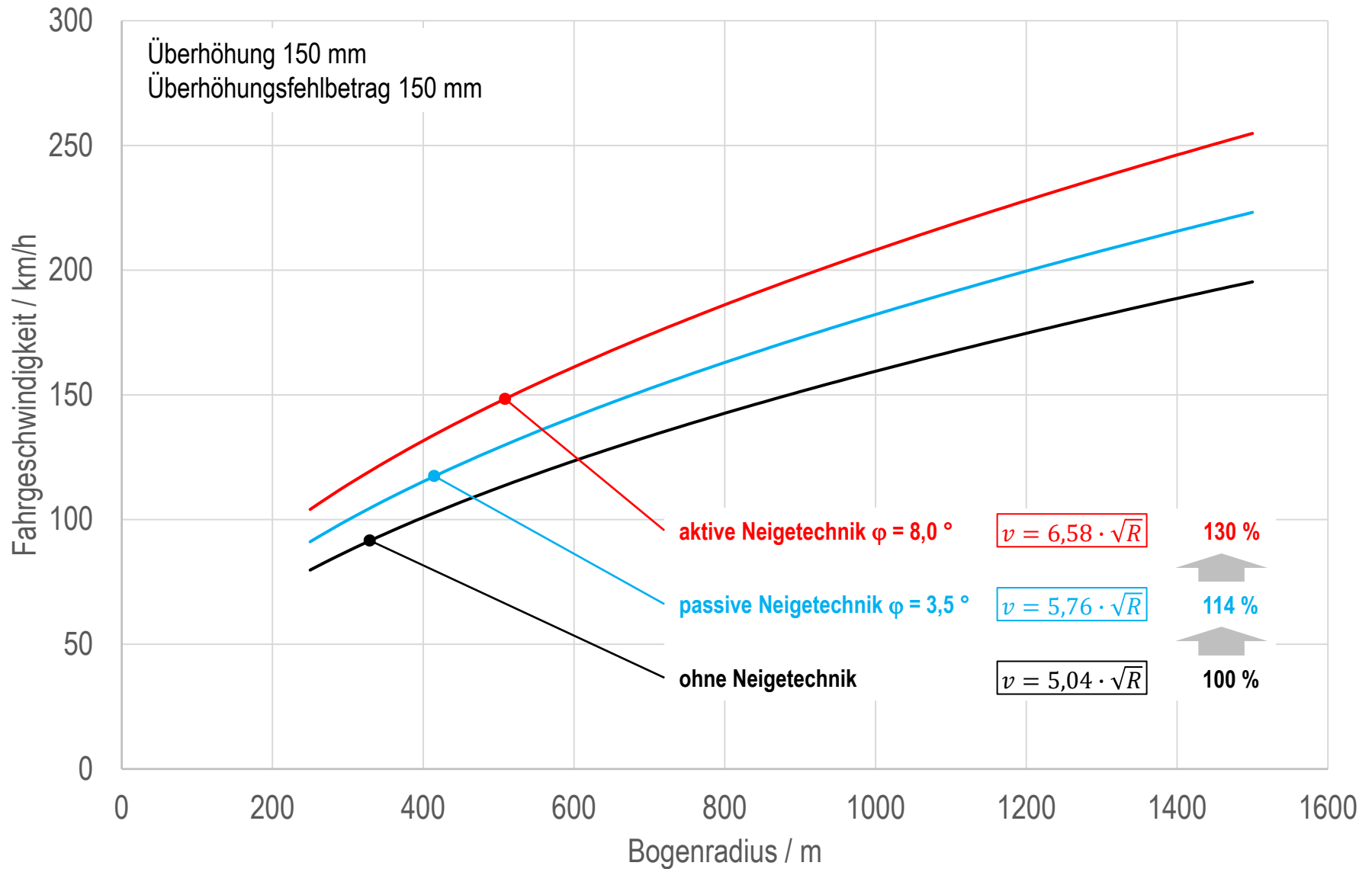
v - Fahrgeschwindigkeit

Fahrzeugabmessungen klein gegenüber Bogenradius

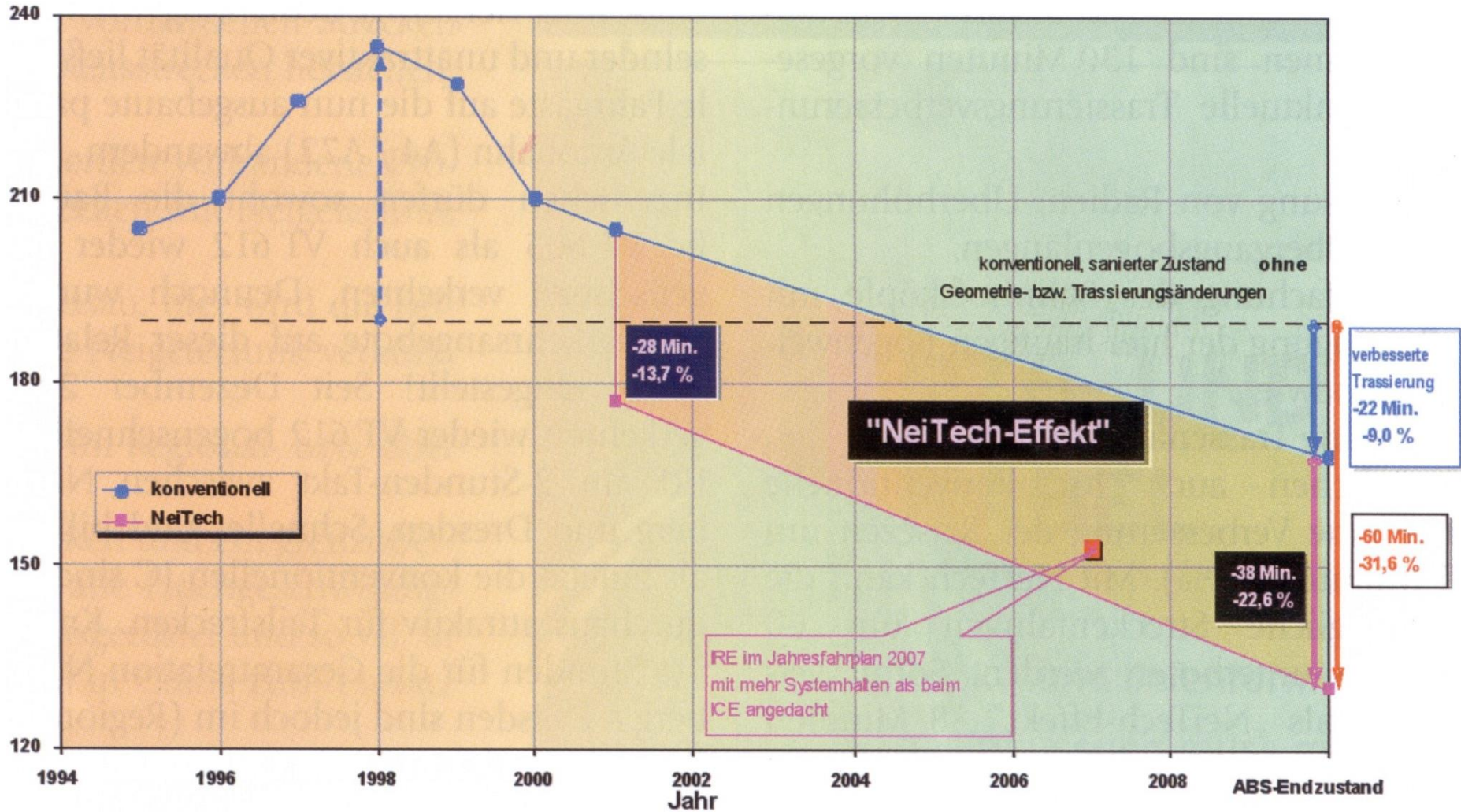


(Quelle: nach Seemann, EB, 9/2000)

Folie Zulässige Bogengeschwindigkeiten



Folie Entwicklung der Reisezeit auf der Strecke Dresden - Hof



(Quelle: Immisch, Linke, Kügler, EI, 11/2007)

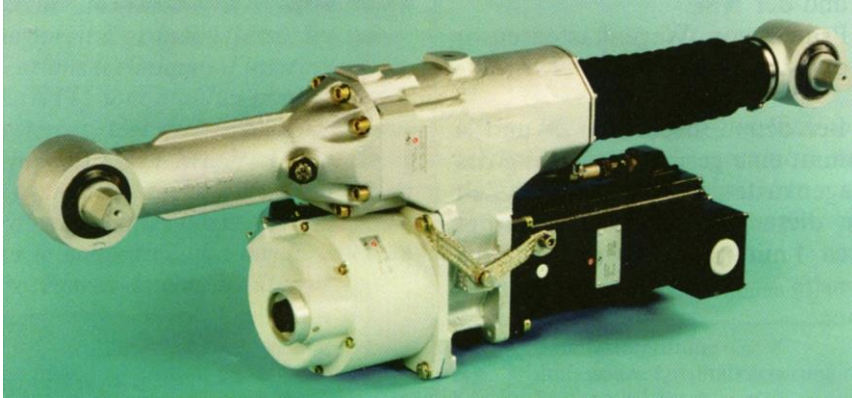
Folie Systeme zur Wagenkasten-Neigung

Art	Passive (natürliche)	Aktive (erzwungene)	
		Neigeeinrichtung über Sekundärfederung	Neigeeinrichtung unter Sekundärfederung
Lage Drehpol	Drehpolhöhe \approx Fahrzeughöhe ($h_D \approx 2,3 \dots 3,4$ m ü. SOK)	Drehpolhöhe \geq Schwerpunkthöhe ($h_D \approx 1,3 \dots 2,0$ m ü. SOK)	
Neigewinkel	1,2 ... 3,5°	6 ... 9°	
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> - keine Sensoren - keine Steuerorgane - keine zusätzlichen Energien 	<ul style="list-style-type: none"> - größere Neigungswinkel 	
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> - Fliehkraft braucht wegen begrenzter Größe großen Hebelarm \searrow Hochaufhängung \rightarrow spezielle Konstruktionen - Neigung begrenzt auf max. ca. 3,5° 	<ul style="list-style-type: none"> - Neigekraftreserven begrenzt - redundante Sensorik und Steuerung notwendig - streckenseitige Anpassung der Übergangsbögen - Sicherheitsvorkehrungen für Ausfall - infolge Federungseigenschaften nutzbarer Neigewinkel ca. 1,5° geringer 	
		<ul style="list-style-type: none"> - bei fehlender aktiver Querfederung ca. 2° weniger Neigewinkel 	

Folie Realisierte Systeme zur Wagenkasten-Neigung

Hersteller / Entwickler / Land / Name	Fahrwerkstyp / Verwendung	Verstellmechanik	Antrieb	Sensoren
TALGO / TALGO / Spanien / TALGO Pendular (passive Neigetechnik)	Einzel-Fahrwerk mit Losrädern, Eignung für: - Niederflur - autom. Spurwechsel/ Talgo-Züge	Wagenkasten ist oberhalb des Schwerpunkts am Fahrwerk aufgehängt und pendelt bei Bogenfahrt aus	Fliehkrafteinfluss	keine
FIAT / FIAT / Italien / "Pendolino" (aktive Neigetechnik)	FIAT-Drehgestell, schraubengefedert / FS-ETR 450, DB-VT 610 FIAT-Drehgestell, schraubengefedert / FS-ETR 460-480 und Exportvarianten (Finnland / Polen / Slowenien / Spanien / Portugal) DB-ICE-T, ET41x, CD 480	Verstellung der Wagen-Pendelaufhängung oberhalb Drehgestell trapezförmig angeordnete Stehpendel zwischen Wagenkasten und Fahrwerk	je ein Hydraulikzylinder oberhalb des Fahrwerks, senkrecht eingebaut ein Hydraulikzylinder je Fahrwerk, etwa waagrecht liegend	Beschleunigungsmesser, Kreisel Beschleunigungsmesser, Kreisel
FIAT / SIG /Schweiz / „SIG-Swing“ (aktive Neigetechnik)	modifiziertes SIG-Drehgestell oder neues SIG-Einzelradsatz-Fahrwerk (luftgefedert) / SBB ICN 2000 Virgin-Trains (U.K.)	Wagenneigung durch Verstellung der Wagen-Pendelaufhängung im Fahrwerk	ein Elektromotor auf Spindelantrieb je Fahrwerk, etwa waagrecht liegend	Querbeschleunigungssensoren und Kreisel
Siemens / SGP u.a./ Deutschland + Österreich / (aktive Neigetechnik)	SGP-Drehgestell (SGP600), luftgefedert / DB VT 605	trapezförmig angeordnete Stehpendel zwischen Wagenkasten und Fahrwerk	ein Elektromotor je Fahrwerk, etwa waagrecht liegend	Beschleunigungsmesser, Kreisel
Adtranz / AEG + Extel / Deutschland / "Neicontrol-E" (aktive Neigetechnik)	modifiziertes MAN-Drehgestell, luftgefedert / DB VT 611/612	trapezförmig angeordnete Stehpendel zwischen Wagenkasten und Fahrwerk	ein Elektromotor auf Spindelantrieb je Fahrwerk, etwa waagrecht liegend	Beschleunigungsmesser, Kreisel
Adtranz / ASEA / Schweden / (aktive Neigetechnik)	modifiziertes ASEA-Drehgestell, luftgefedert / SJ X 2000	trapezförmig angeordnete Stehpendel zwischen Wagenkasten und Fahrwerk	ein Hydraulikzylinder je Fahrwerk, etwa waagrecht liegend	Beschleunigungsmessung, Datenverarbeitung, Messwerte
Bombardier / Talbot (Wegmann) / Deutschland / „Cont-Roll“ (aktive Neigetechnik)	modifiziertes Talbot-Drehgestell, luftgefedert, geeignet für Niederflur und JAKOBS-Bauweise / Prototyp- + NSB-Talent	Wankstützenverstellung (damit Wagenkasten neigung)	mehrere Hydraulikzylinder in Wankstütze und waagrecht liegend	Computersteuerung, Beschleunigungsmessung, Fliehkraftmessung
Bombardier / DWA / Deutschland / (aktive Neigetechnik)	neues luftgefedertes DWA-Einzelradsatz-Fahrwerk / Erprobungsträger ET 2000 TT	Wagenneigung über Winkelhebelsystem am Fahrwerkrahmen	Hydraulik über Gleichgangarbeitszylinder-Verstellung	Beschleunigungsmesser, Datenverarbeitung Messwerte, Kreisel
Alstom / GEC-Alsthom / Frankreich / "Tilttronix" (aktive Neigetechnik)	modifiziertes TGV Drehgestell (Einzel- und JAKOBS-Anordnung) / Erprobungsträger TGV-P01	trapezförmig angeordnete Stehpendel zwischen Wagenkasten und dem zugeordneten JAKOBS-Fahrwerk	Fiat-Ausrüstung (ETR 470)	Fiat-Ausrüstung (ETR 470)
	modifiziertes TGV-Drehgestell (Einzel- und JAKOBS-Anordnung) / Erprobungsträger TGV-P01	trapezförmig angeordnete Stehpendel zwischen Wagenkasten und dem zugeordneten JAKOBS-Fahrwerk	Elektro-mechanischer Linearantrieb	Beschleunigungsmesser, Kreisel, Datenverarbeitung mit gespeicherten Streckendaten
CAF / CAF + Moog / Spanien + Deutschland / (aktive Neigetechnik)	Modifizierte Drehgestelle von vorhandenem Versuchsträger / Adtranz / CAF „Flexliner“		Hydraulik	Beschleunigungsmesser, Datenverarbeitung mit gespeicherten Streckendaten

(Quelle: nach Bitterberg, ZEV+DET Glas. Ann. 6/2000)



Leistungselektronik

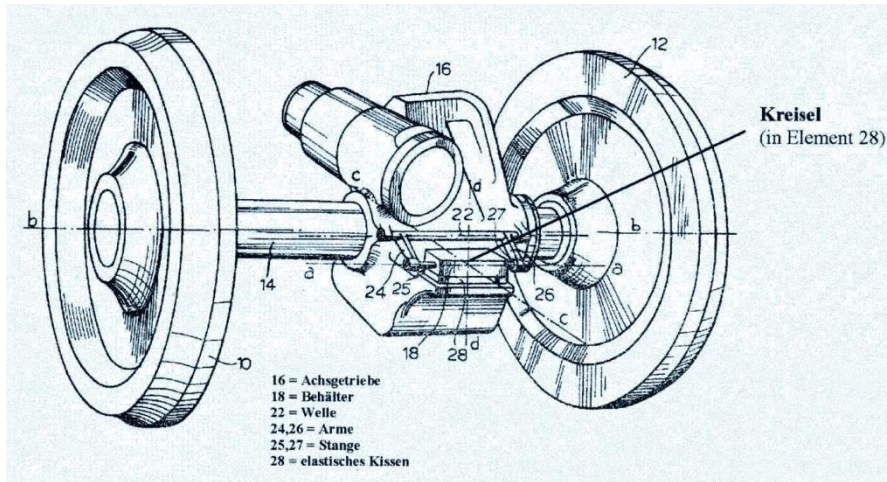
Eingangsspannung	
BR 611	DC 325 V
BR 612	3 AC 400 V 50 Hz
Ausgangsleistung	
dauernd	5 kW
maximal	26 kW
Masse	≈70 kg
Länge	436 mm
Breite	650 mm
Höhe	515 mm

linearer Stellantrieb

Motormoment maximal	75 Nm
Stellkraft	80 kN
Stellweg	+165 mm
Stellgeschwindigkeit maximal	
linear	125 mm/s
polar	4°/s
Masse	≈100 kg
Länge	
minimal	972 mm
maximal	1.304 mm
Breite	244 mm
Höhe	362 mm

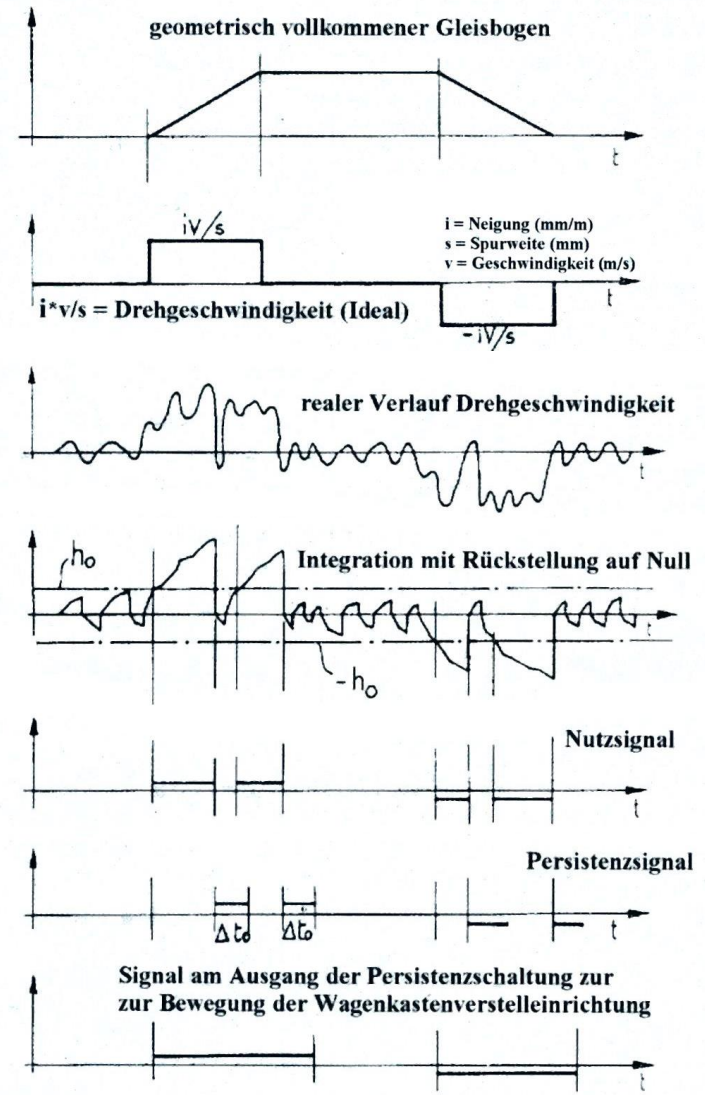
(Quelle: Seemann: EB (2000)9)

Folie Kreisel, Signalverarbeitung



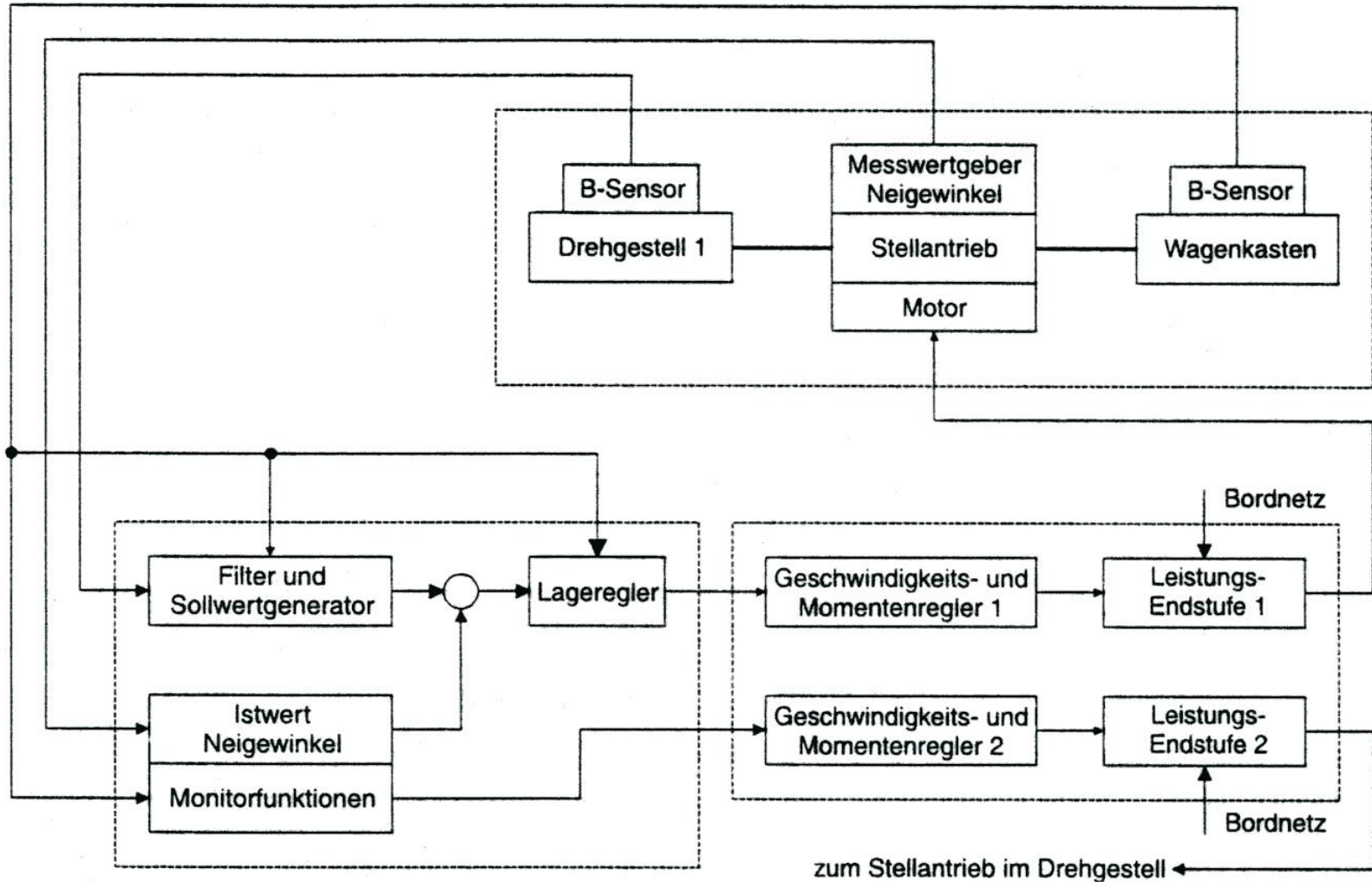
Kreisel auf Radsatz (Fiat Pendolino ETR 401-450)

(Quelle: Bitterberg, ZEV+DET Glas. Ann. 6/2000)



Beispiel Verarbeitung Kreiselsignal

Folie Blockschaltplan Steuerung GST



(Quelle: Seemann: EB (2000)9)

Folie Parameter NeiTech-Strecken

	DB AG	ÖBB	ČD
NeiTech-Geschwindigkeiten:			
in km/h	$70 \leq V_{\text{NeiTech}} \leq 160$	$70 \leq V_{\text{NeiTech}} \leq 160$	$70 \leq V_{\text{NeiTech}} \leq 160$
	$R < 250 \text{ m: } 300 \text{ mm } u_f^{1)}$	$R < 250 \text{ m: } 0,85 \text{ m/s}^2 (= 130 \text{ mm } u_f)$	$R < 300 \text{ m: } 240 \text{ mm } u_f$
	$R \geq 250 \text{ m: } 300 \text{ mm } u_f$	$R < 750 \text{ m: } 1,60 \text{ m/s}^2 (= 245 \text{ mm } u_f)$	$R \geq 300 \text{ m: } 270 \text{ mm } u_f$
		$R \geq 750 \text{ m: } 1,80 \text{ m/s}^2 (= 275 \text{ mm } u_f)$	
Nicht ausgeglichene Seitenbeschleunigung in Bogenweichen abhängig von der Schienenform:			
S49 („B“) u. S54 („C“):	$150 \text{ mm } u_f^{2)}$	$0,65 \text{ m/s}^2 (= 100 \text{ mm } u_f)$	$130 \text{ mm } u_f$ mit beweglicher Herzstückspitze
UIC 60:	$150 \text{ mm } u_f$	$0,85 \text{ m/s}^2 (= 130 \text{ mm } u_f)^{3)}$	$110 \text{ mm } \ddot{u}_f$ mit fester Herzstückspitze
Höchstgeschwindigkeit (NeiTech) auf Schienen der Form S49 (ÖBB Form „B“):			
	160 km/h	160 km/h ³⁾	160 km/h, aber nur max. 220 mm u_f
Maximale Neigung der Überhöhungsrampe:			
	1 : (6 x V)	1 : (4 x V)	1 : (6 x V) bei gerader Rampe 1 : (4 x V) bei BLOSS-Rampe
Zwangspunkte⁴⁾:			
	150 mm u_f	keine Angabe	130 mm u_f

¹⁾ abhängig von der Fahrzeugzulassung

²⁾ bei S49-Weichen Austausch der Radlenker in S54

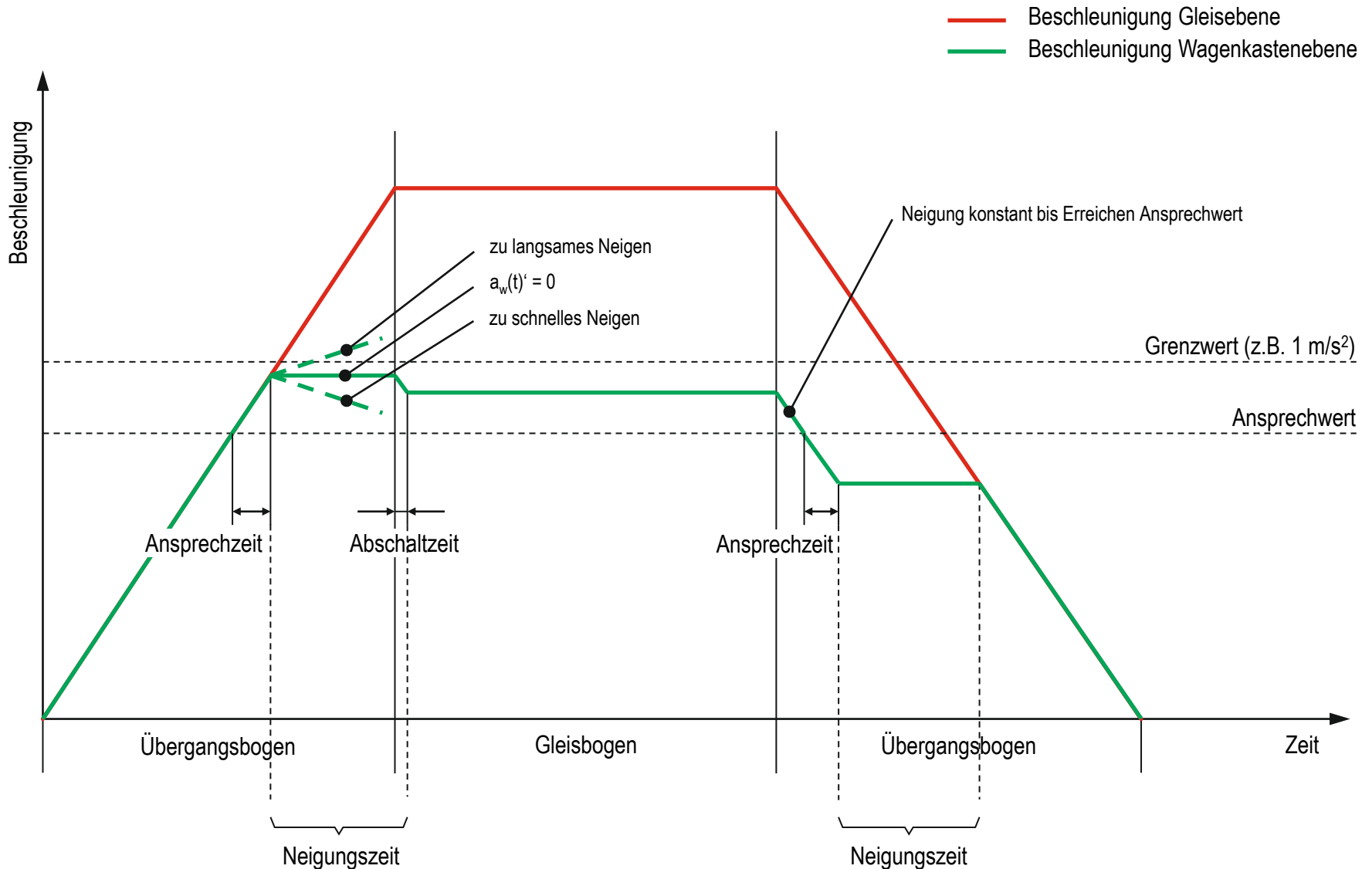
³⁾ Voraussetzung: Achslast maximal 17t, sonst nur 0,65 m/s² bzw. 140 km/h

⁴⁾ nach Vorschriften der DB AG und ČD sind Zwangspunkte

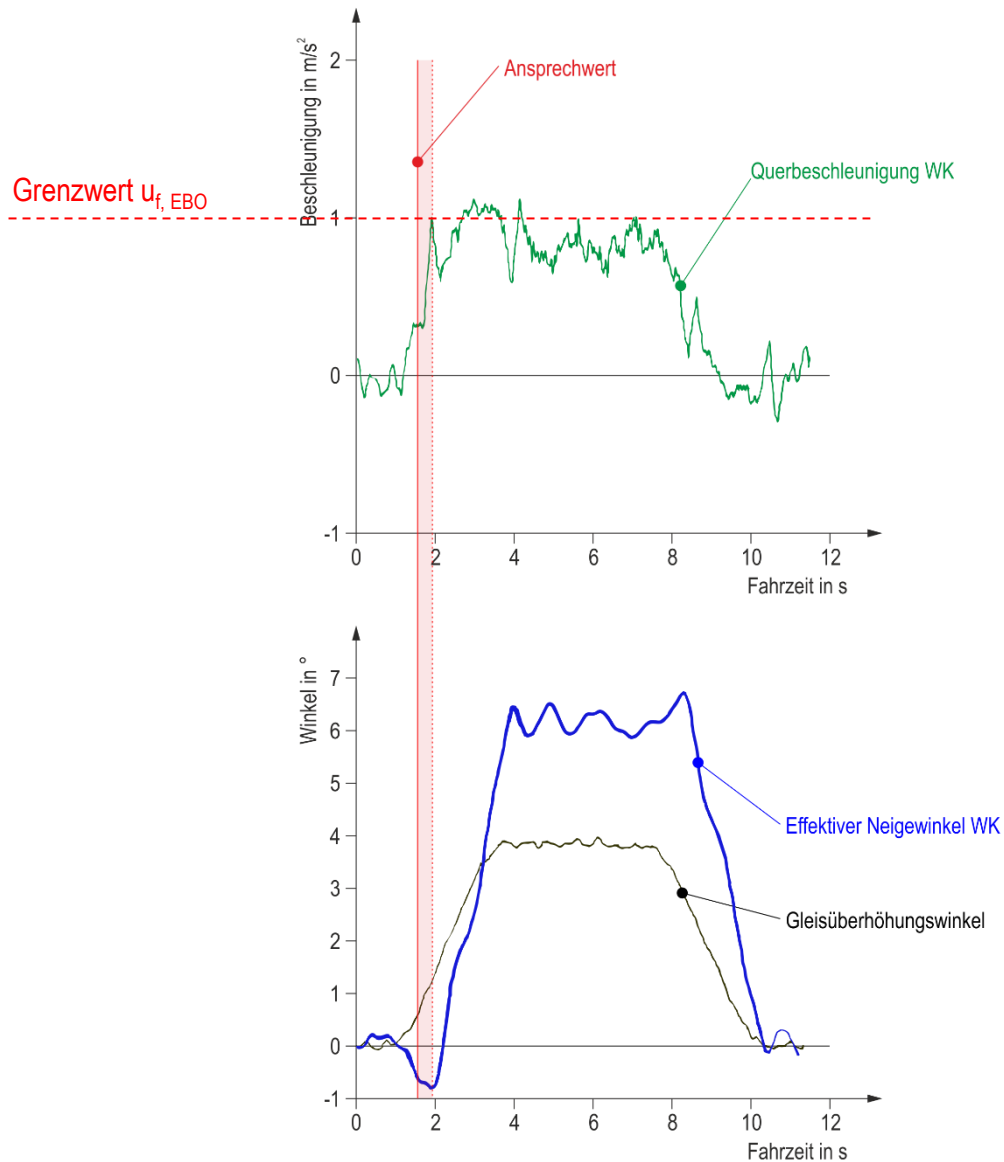
- Übergänge zwischen Fahrbahn mit Bettung und Fahrbahn ohne Bettung sowie
- befestigte Bahnübergänge

(Quelle: nach Immisch; Linke; Kügler: Der Eisenbahningenieur 58(2007)11)

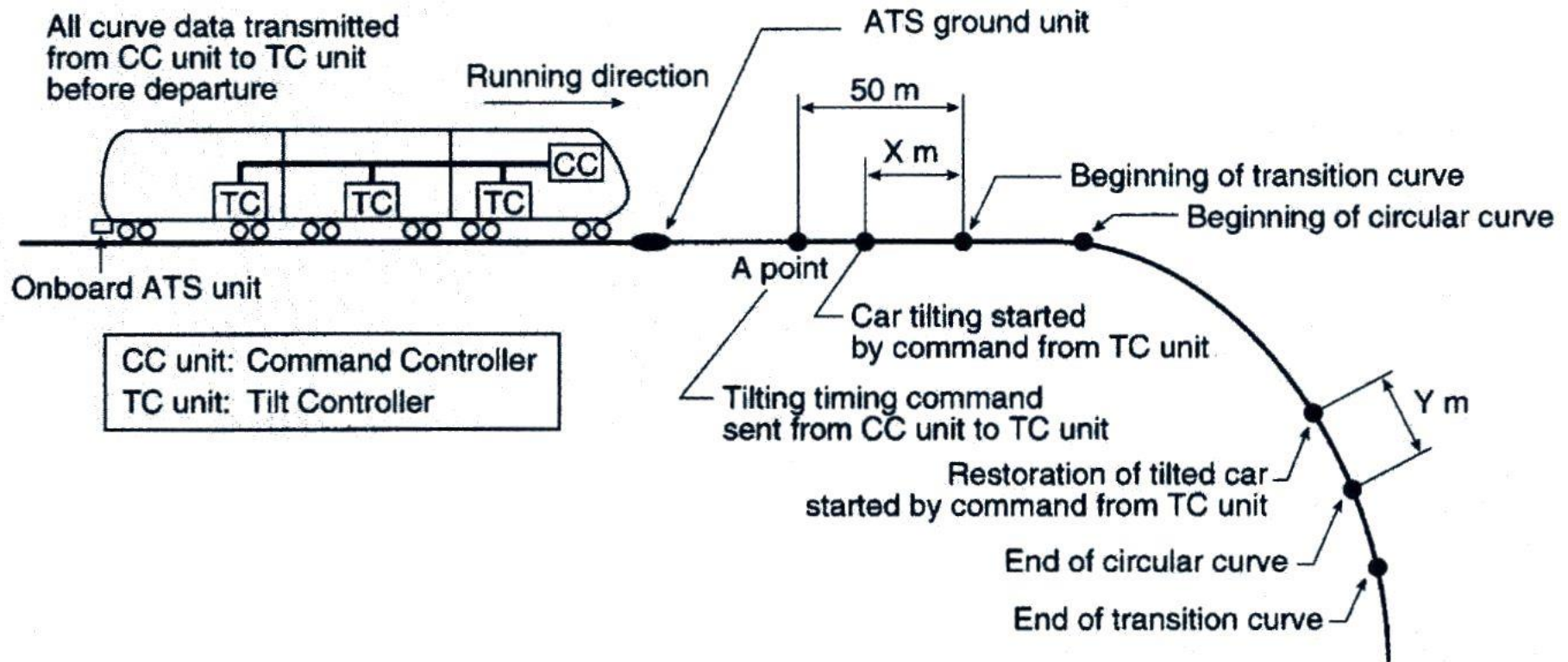
Folie Bogendurchfahrt bei idealem Gleis



Folie Bogendurchfahrt im realen Gleis

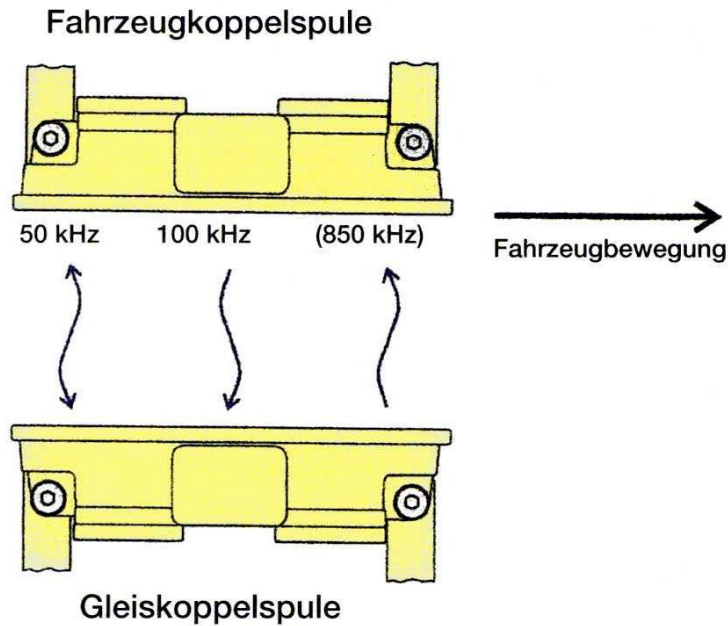


Folie Datengestützte Neigetechnik der Shikoku Railway Company (Japan)



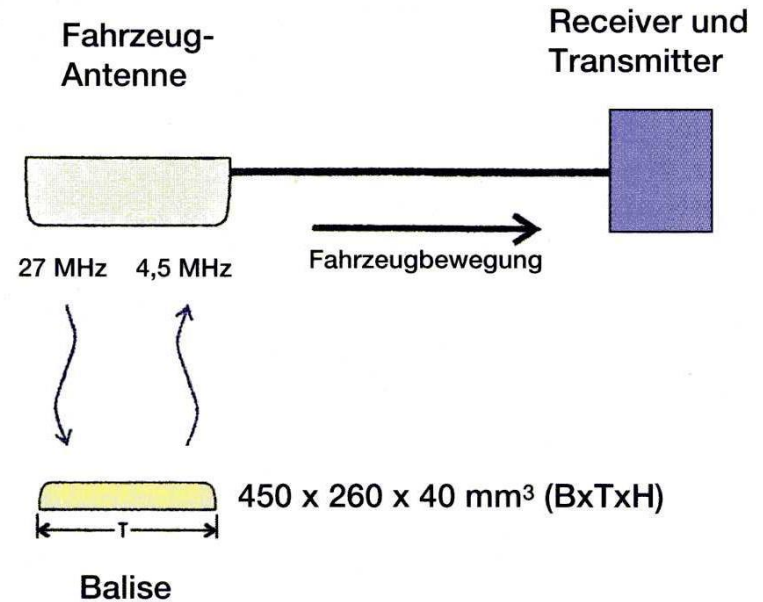
(Quelle: Bitterberg, ZEV+DET Glas. Ann. 6/2000)

Folie Magnetische Transpondersysteme für Neigetechnik in Deutschland



Energieübertragung: 100 kHz
Datenpunkterkennung: 50 kHz
Antworttelegramm: 875 kHz (log. "1")
 823,5 kHz (log. "0")
 50 kBit/s
Telegrammlänge: 114 Bit 96 Nutzbit
 8 Prüfbit
 10 Start-/Stopp-Bit

ZUB 122 (für NeiTech)




Energieübertragung: 27,115 MHz
Antworttelegramm: 4,237 MHz log. "1" + 0,282 MHz
Balise → Antenne: log. "0" - 0,282 MHz
 565 kBit/s
Telegrammlänge
 341 Bit (-225 Nutzbit)
 oder
 1023 Bit (-892 Nutzbit)

EUROBALISE

(Quelle: Kügler/Lorenzen, ETR, 03/2002)

Folie Fahrzeugbezogene Nutzungserlaubnis durch EBA

Eisenbahn-Bundesamt
Außenstelle Karlsruhe



Geschäftszeichen des EBA
2014 Isg - Herr Maier

Bitte in Druckbuchstaben oder
mit Schreibmaschine ausfüllen

Abnahme- und Nutzungserlaubnis

Antragsteller: (Anschrift, Telefon)
Deutsche Bahn AG
Niederlassung Karlsruhe
Betriebsstandort Karlsruhe
Postfach 22 66
76010 Karlsruhe

Abnehmender

Str.-Nr.	Strecke	km
3443	Winden - Karlsruhe, hier Teilabschnitt Wörth - Karlsruhe Hbf	13.8 - 26.8

Maßnahme: Einsatz von NeTech-Fahrzeugen auf der Strecke Kaiserslautern - Karlsruhe

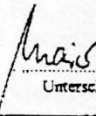

Reg.-Nr. 2015 / 10 / 97

Bauwerk / Bauteil, für das die Abnahme- und Nutzungserlaubnis beantragt wird:
Oberbauanlagen

Die Abnahme- und Nutzungserlaubnis gilt nur unter folgenden Bedingungen:

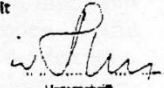
siehe Anlage

Karlsruhe, den 09.09.1997
Ort, Datum

Unterschrift  

Die unternehmensinternen Abnahmen der Anlagen wurden durchgeführt und dabei wurden keine sicherheitsrelevanten Mängel festgestellt

Hopt
Name


Unterschrift

09.9.97
Datum

Ergebnis siehe Niederschrift vom:

(Quelle: Scheunemann/Dietmann, EI, 11/98)



Netzfahrplan 2012

Auflistung der für den bogenschnellen Fahrbetrieb erforderlichen Leit- und Sicherungstechnik

Strecken Nr.	Strecke	GNT	von km bis km
1760	Benhausen - Altenbeken	ZUB 262	110,8 - 123,1
1773	Hildesheim - Goslar	ZUB 262	40,2 - 94,2
1932	Vienenburg - Goslar	ZUB 262	0,0 - 12,8
2550	Warburg - Kassel Wilhelmshöhe	ZUB 262	293,3 - 337,8
2631	Euskirchen - Ehrang	ZUB 122	30,0 - 163,8
2651	Wetzlar - Gießen	ZUB 122	153,4 - 166,0

Folie Infrastrukturregister DB Netz AG



Infrastrukturregister

APN TPS Strecken Neuigkeiten Grundsätze Meldung Hilfe Benutzerhandbuch | Herunterladen

Merkmale Spurplan

Themen

- Betriebsstellen pro Strecke
- Streckenmerkmale
- TEN Kategorie
- TSI Kategorie PV
- TSI Kategorie GV
- TEN Klassifizierung
- KV-Kodifizierung
- Streckenklasse
- multinationales Lichttraumprofil
- Interoperables Lichttraumprofil
- Gleisanzahl
- PZB
- LZB
- ETCS Level
- Neigetechnik
- Streckenneigung
- Höchster Zugstrom (Pz)
- Höchster Zugstrom (Gz)
- Kommunikationssystem
- Traktionsart
- Geschwindigkeit
- Betriebsverfahren
- Verkehrsart
- Wirbelstrombremse
- Kapazitätsbindung RV
- Notbremsüberbrückung
- Güterverkehrskorridor 1
- Güterverkehrskorridor 3
- Güterverkehrskorridor 4
- Güterverkehrskorridor 8
- Bauwerke
- Hintergrundkarte
- OpenStreetMap

Abfragen & Auswerten | Drucken, Laden & Speichern | Zeichnen | ISR

Ortssuche...

Maßstab 1: 250.000 | freie Maßstabseingabe | EPSG:31467 | Version 1.11.0

Sachdatenanzeige

Selektion | Suche |

Neigetechnik (Anzahl Objekte: 1) | Allgemein | **Infrastruktur** | Betrieb | ZZS | Energie

<input type="checkbox"/>	Streckennummer	Streckenabschnitt	Von-Kilometer	Bis-Kilometer	Gleis	Länge Abschnitts [km]	Infrastrukturbetreiber	Info
<input checked="" type="checkbox"/>	6344	Halberstadt - Ströbeck	88,8 + 69	95,2 + 27	eIngleislsg	6,4	DB Netz AG	80

Legende

Betriebsstellen pro Strecke

- Stelle mit Detailplan
- Stelle ohne Detailplan

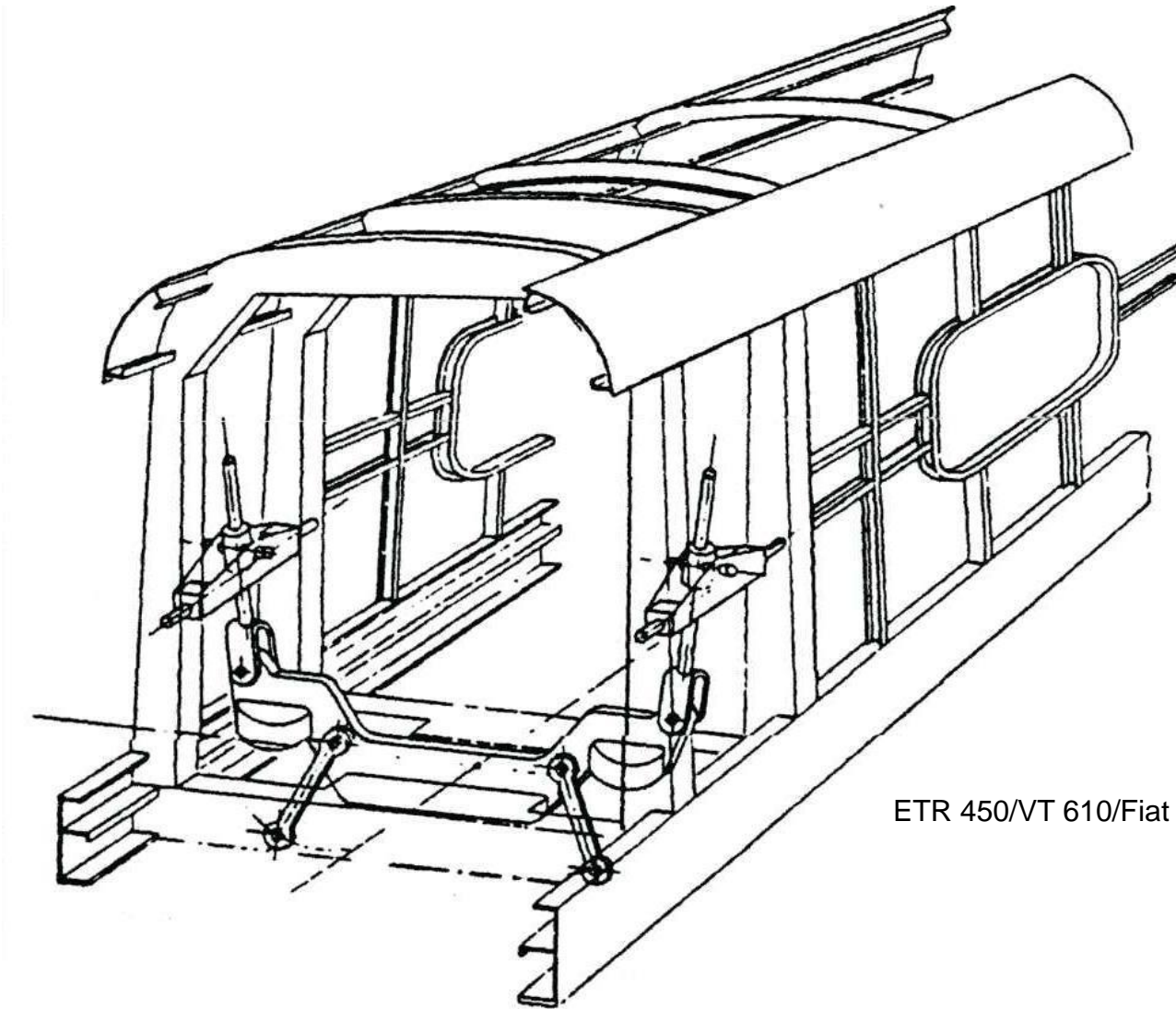
Neigetechnik

- ausgerüstet mit ZUB 122
- ausgerüstet mit ZUB 262
- ausger. m. ZUB 122/262
- nicht ausgerüstet
- auf Anfrage

OpenStreetMap

(Quelle: <https://geovdbn.deutschebahn.com/isr>, 2018-12)

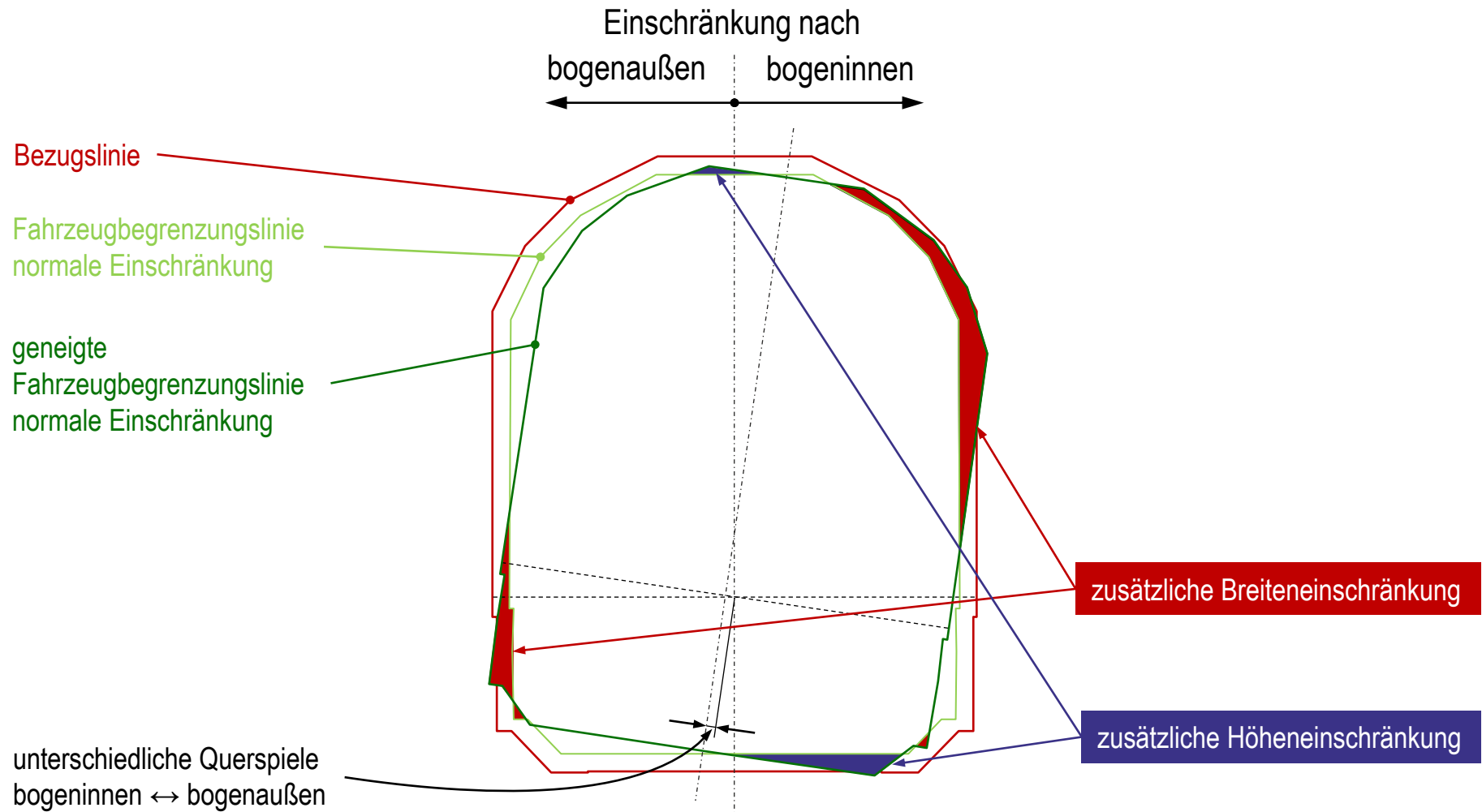
Folie Problem Eingriff in die Wagenkastenstruktur



ETR 450/VT 610/Fiat

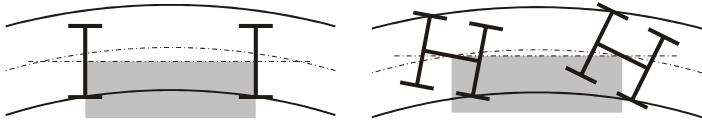
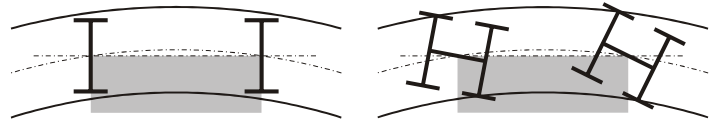
(Quelle: Bitterberg, EI, 6/1999)

Folie Problem Fahrzeugeinschränkung (I)



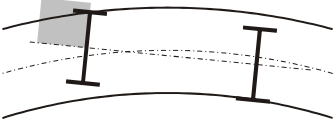
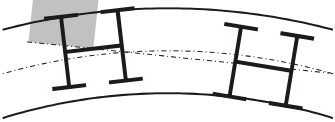
Folie Problem Fahrzeugeinschränkung (IIa)

Innere Einschränkung

	Normale Einschränkungsberechnung	Breiteneinschränkung mit Neigetechnik
Stellung im Gleis	innere Sehnstellung (2achs. Fzg.) bzw. Spießgang (Drehgestelle) 	Freilauf auf Gleismittellinie (2achs. Fzg.) bzw. Spießgang (Drehgestelle) 
Querspiele	nach bogeninnen $\rightarrow E_i$ vergrößernd	$q = 0$, w_a nach bogenaußen $\rightarrow E_i$ verkleinernd
quasistatische Neigung	oberhalb Wankpol nach bogeninnen (Überhöhungsüberschuss \leftarrow zu langsam) $\rightarrow E_i$ vergrößernd unterhalb Wankpol nach bogenaußen (Überhöhungsfehlbetrag \leftarrow zu schnell) $\rightarrow E_i$ vergrößernd	nach bogenaußen $\rightarrow E_i$ verkleinernd (erhöhter Überhöhungsfehlbetrag \leftarrow schneller)
Neitech-Drehung	-	nach bogeninnen $\rightarrow E_i$ vergrößernd
Zusammenfassung	zur Bogeninnenseite hin \rightarrow Symmetrische Auswirkung wegen Rechts- und Linksbögen	Wank- u. Drehpol liegen nicht auf Gleismitte \searrow Drehungen (Wanken, Neigen) haben verschiedene Auswirkungen für <u>obere</u> und <u>untere</u> Fahrzeugteile \searrow zur Bogeninnen- und Bogenaußenseite hin \searrow Symmetrie nach Überlagerung der Maximalwerte

Folie Problem Fahrzeugeinschränkung (IIb)

Äußere Einschränkung

	Normale Einschränkungsberechnung	Breiteneinschränkung mit Neigetechnik
Stellung im Gleis	Spießgang	
		
Querspiele	Spießgang verstärkend → E_a vergrößernd	q Spießgang verstärkend, w_a an einem Drehgestell nach Bogenaußenseite ↘ unsymmetrische Wirkung der Spiele → E_a vergrößernd
quasistatische Neigung	oberhalb Wankpol nach bogenaußen (Überhöhungsfehlbetrag ← zu schnell) → E_a vergrößernd unterhalb Wankpol nach bogeninnen (Überhöhungsüberschuss ← zu langsam) → E_a vergrößernd	nach bogenaußen → E_a vergrößernd (erhöhter Überhöhungsfehlbetrag ← schneller)
Neitech-Drehung	-	nach bogeninnen → E_a verkleinernd
Zusammenfassung	zur Bogenaußenseite hin → Symmetrische Auswirkung wegen Rechts- und Linksbögen	Wank- u. Drehpol liegen nicht auf Gleismitte ↘ Drehungen (Wanken, Neigen) haben verschiedene Auswirkungen für <u>obere</u> und <u>untere</u> Fahrzeugteile ↘ zur Bogeninnen- und Bogenaußenseite hin ↘ Symmetrie nach Überlagerung der Maximalwerte

Folie Herausforderung Anbau Stromabnehmer

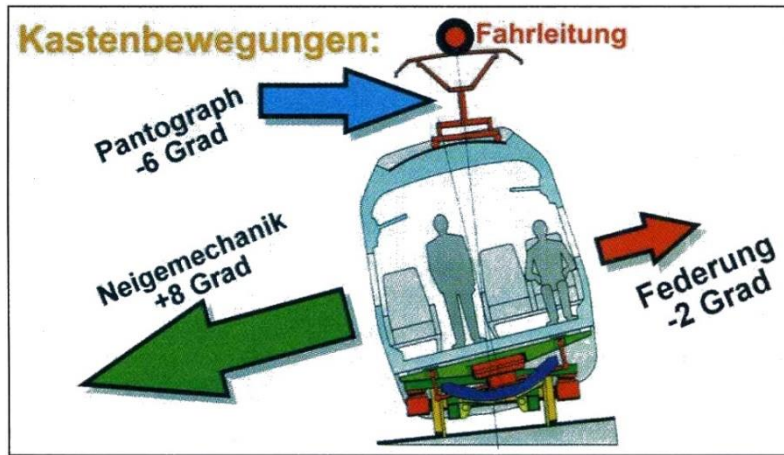


Abb. 5: Verstellprinzip mit kreisbahnförmigem Träger (Beispiel Fiat-SIG) mit Stromabnehmerführung durch eigenständige Neigewinkelkompensation (Fiat-SIG)

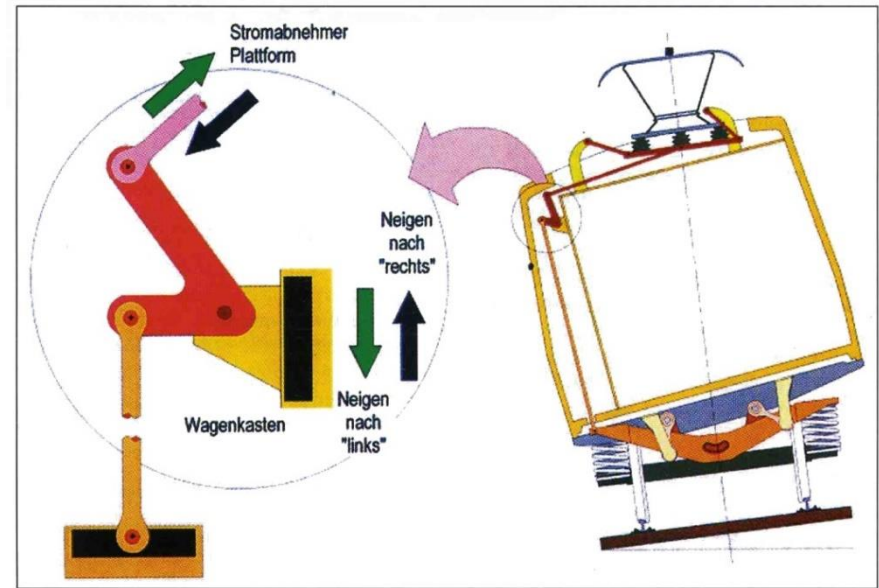
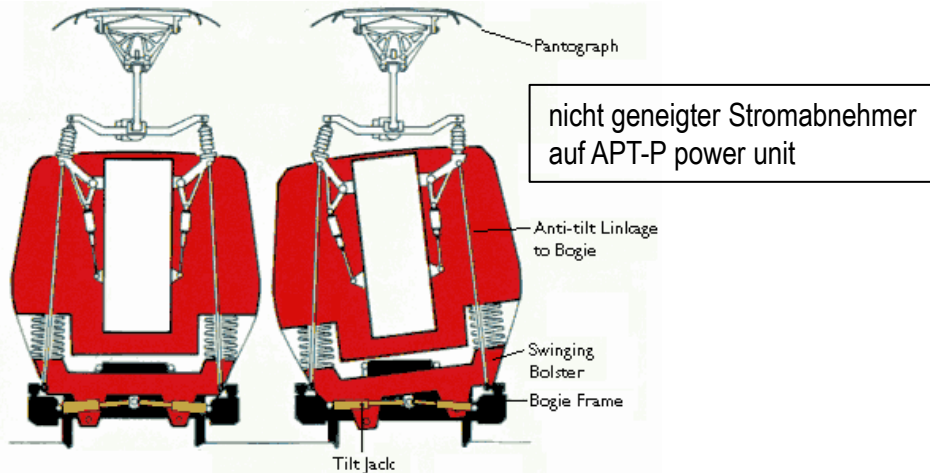


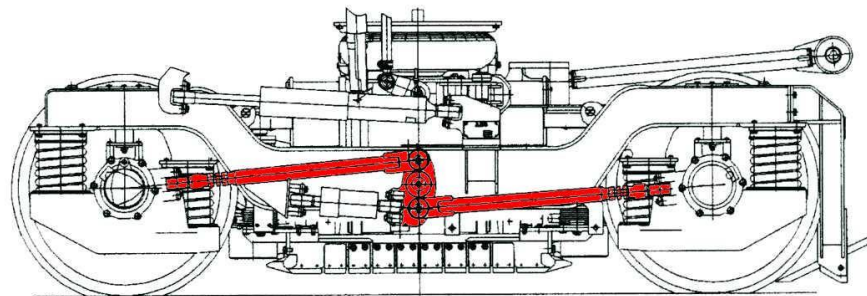
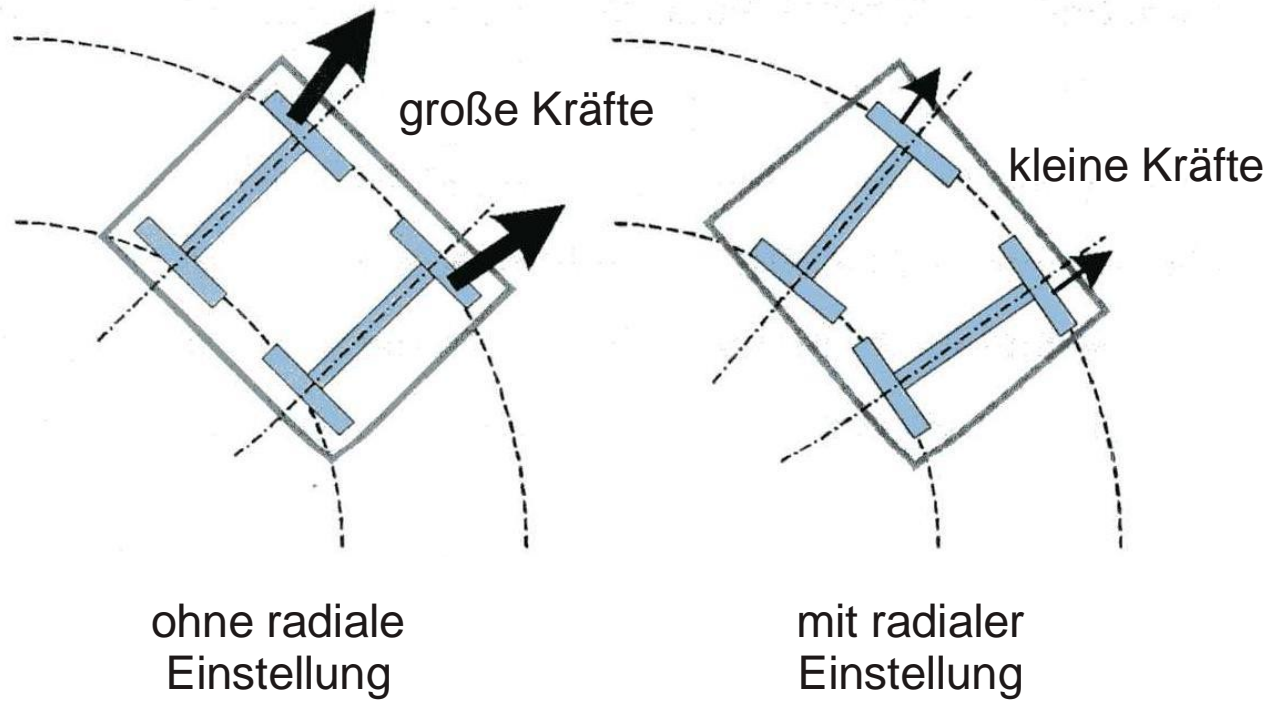
Abb. 7: Stromabnehmerjoch auf Drehgestellrahmen (Beispiel ICT)



(Quelle: Bitterberg, EI, 6/1999, ETR 9/1999, www.ap-t-p.com)

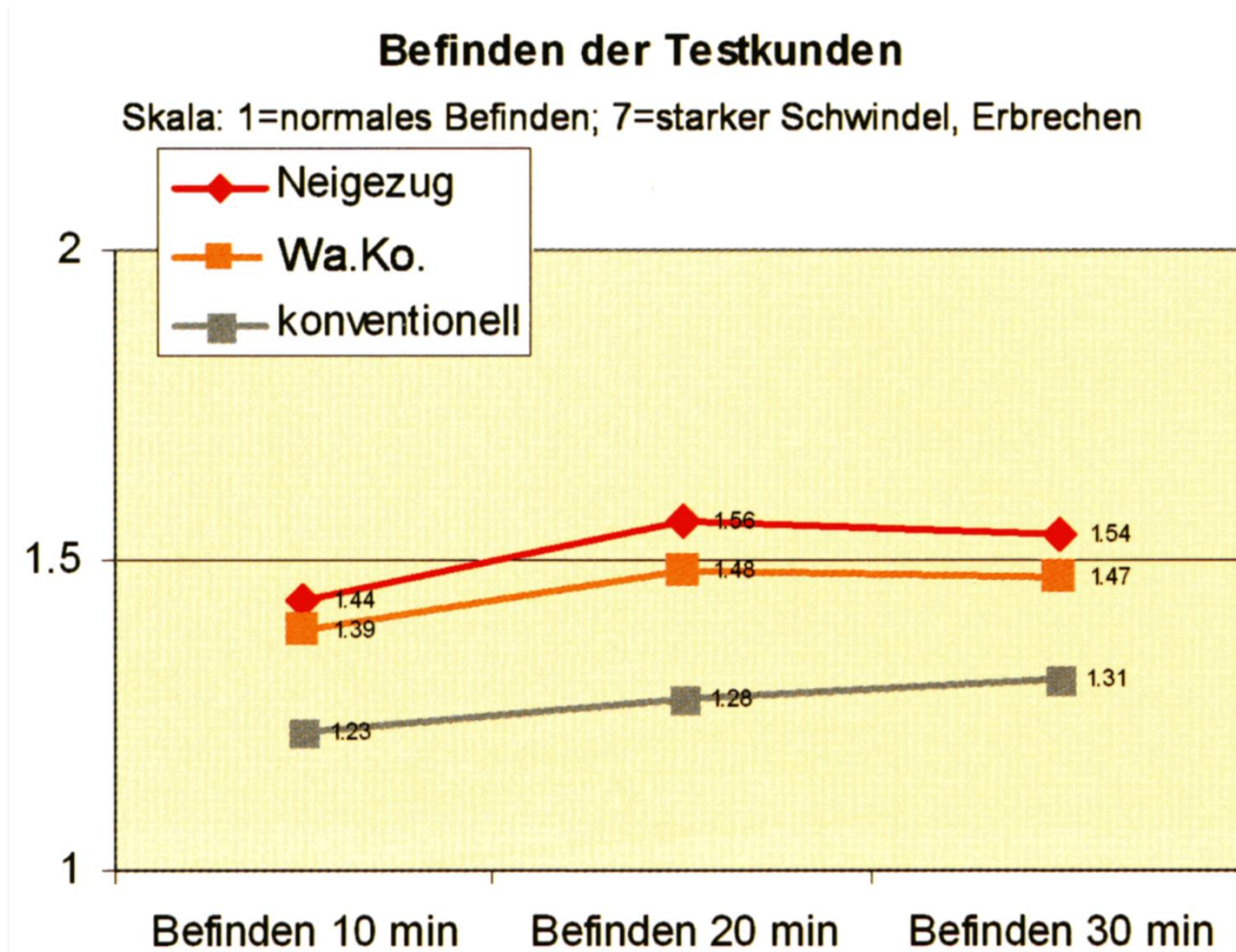


Folie Radiale Einstellung der Radsätze



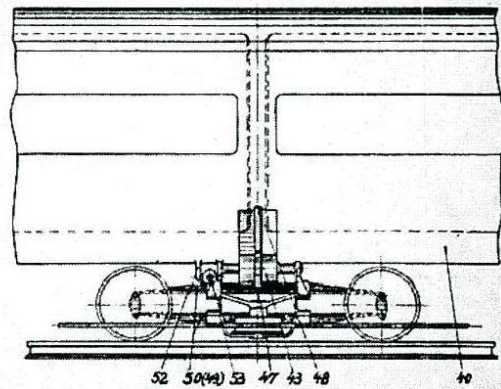
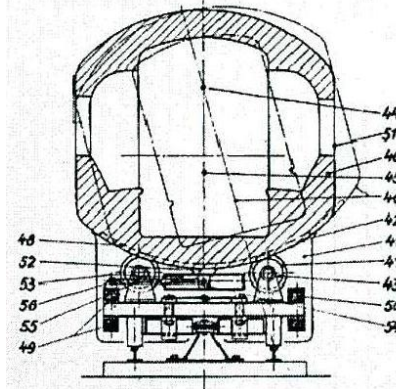
Drehgestellaufbau der Baureihe 612

(Quelle: nach Prospekt Kawasaki; Horak: Nahverkehr (1996)9)




(Quelle: Tagungsband Graz 2010)

Folie Patent Kruckenberg, Stedefeld (1928)



DEUTSCHES REICH



AUSGEBEN AM
14. FEBRUAR 1935

REICHSPATENTAMT
PATENTSCHRIFT
№ 609 415
KLASSE 20c GRUPPE I
K 120856 II/20c

Tag der Bekanntmachung über die Erteilung des Patents: 24. Januar 1935

Dipl.-Ing. Franz Kruckenberg und Dipl.-Ing. Curt Stedefeld in Köln-Deutz
Standschnellbahnfahrzeug mit quer schwenkbar auf dem Laufwerk ruhendem Wagenkörper
Patentiert im Deutschen Reich vom 9. September 1928 ab

Die Erfindung bezieht sich auf ein Standschnellbahnfahrzeug, bei welchem der die Nutzlast, insbesondere Personen, aufnehmende Wagenkörper auf dem Laufwerk um eine in der Längsrichtung verlaufende Achse schwenkbar ist, um den Wagenkörper beim Befahren von Gleiskrümmungen entsprechend der jeweiligen Fliehkraft in eine Schräglage überzuführen.

Das Neue der Erfindung besteht darin, daß zwischen dem schwenkbaren Wagenkörper und dem Laufwerkgestell ein Hilfsmotor vorgesehen ist, mit welchem der schwenkbare Wagenkörper bei Bedarf gegenüber dem Laufwerkgestell bewegt wird. Für die Einstellung des Wagenkörpers in der Kurvenfliehkraft entsprechende Schräglage mittels des Hilfsmotors ist zweckmäßig eine am Laufwerkgestell angeordnete selbsttätige Regeleinrichtung vorzusehen.

Dabei ist der Wagenkörper auf einem mittels an sich bekannter Zwischenglieder gegenüber dem Laufwerkgestell seitlich waagrecht nachgiebigen Zwischenkörper gelagert. Weiterhin ist der in an sich bekannter Weise aus Zylinder und Kolben bestehende Hilfsmotor unter Einschaltung einer an sich bekannten Drosselleitung auch als Schwingungsdämpfer für die Schwenkbewegungen des Wagenkörpers verwendbar.

In der Zeichnung sind mehrere Ausführungsformen des Erfindungsgegenstandes dargestellt, und zwar zeigen:

Fig. 1 einen Querschnitt durch die eine Ausführungsform des Fahrzeugs,

Fig. 2 eine Seitenansicht eines Teiles der Lagerung des Fahrzeugs nach Fig. 1,

Fig. 3 eine Einzelheit der Lagerung,

Fig. 4 und 5 eine zweite Ausführungsform der Lagerung des Fahrzeugs im Querschnitt bzw. in Seitenansicht und

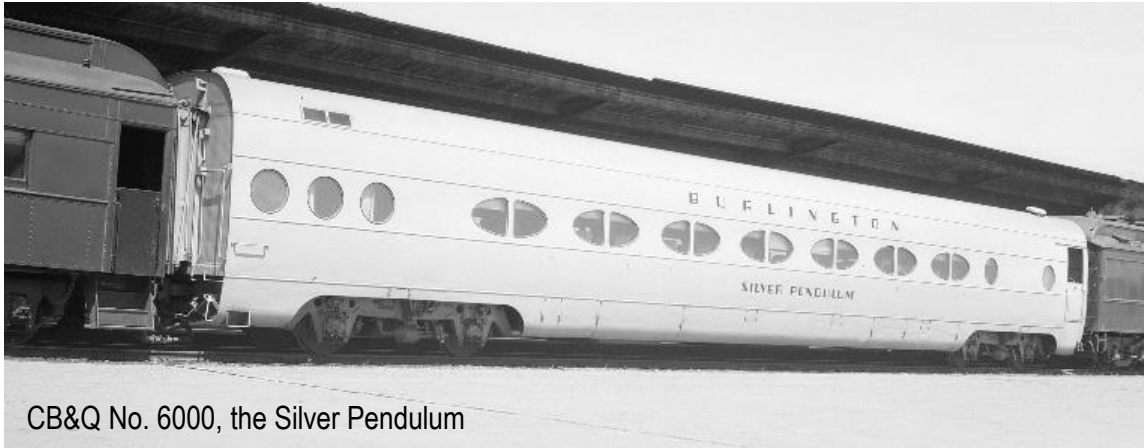
Fig. 6 die selbsttätige Regeleinrichtung.

Das Fahrzeug nach Fig. 1 und 2 besteht aus dem schwenkbaren Wagenkörper 40 und den unteren Laufwerkgestellen 41. Der Wagenkörper 40 ruht quer schwenkbar mittels der kreisbogenförmigen Kufen 42 auf Rollen 43, die an den Laufwerkgestellen 41 gelagert sind und deren Spurränne 47 Längsverschiebung verhindern. Wird der Mittelpunkt 44 der Kufen 42 beträchtlich über den Massenschwerpunkt 45 des Wagenkörpers 40 verlegt, so können die bei Kurvenfahrt angreifenden Fliehkkräfte den Wagenkörper 40 um den Mittelpunkt 44 in Drehung versetzen, bis die Gleichgewichtslage erreicht ist, bei der die am Massenschwerpunkt 45 angreifende Mittelkraft aus Schwer- und Fliehkraft hebelarmlos durch den Mittelpunkt 44 geht.

Die hierbei erforderliche hohe Wagenform wird den seitlichen Ausschwenkraum merklich vergrößern, was mit Rücksicht auf das Umgrenzungsprofil unerwünscht ist. Wegen der hohen Schwerpunktlage und der großen Pendellänge werden schon bei kleinen Schwenkwinkeln die beiden Laufwerkgestellseiten und damit die Tragfedern 49 und 50 ungleich belastet und durchgebogen. Bei weicher Tragfederung würde

(Quelle: Hochbruck, EI, 7/1994)

Folie Versuchsträger Pendulum car (1940er)



CB&Q No. 6000, the Silver Pendulum



Gelenkzug-Prototyp 1937

Oct. 8, 1940.

W. E. VAN DORN

2,217,034

SUSPENSION SYSTEM FOR VEHICLES

Filed Nov. 7, 1939

5 Sheets-Sheet 2

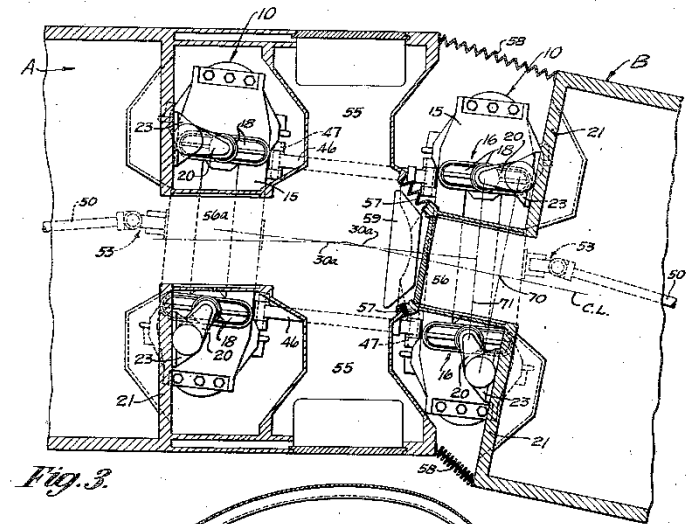


Fig. 3.

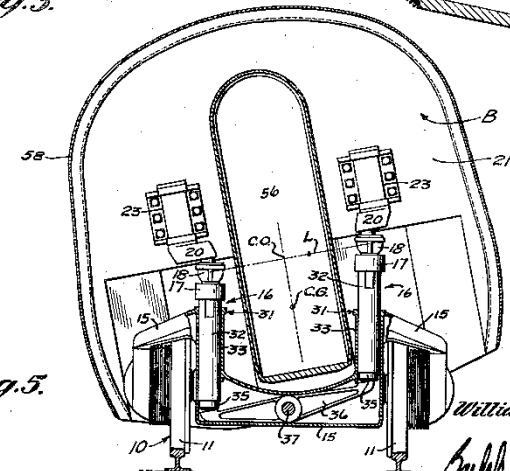


Fig. 5.

Inventor
William E. Van Dorn

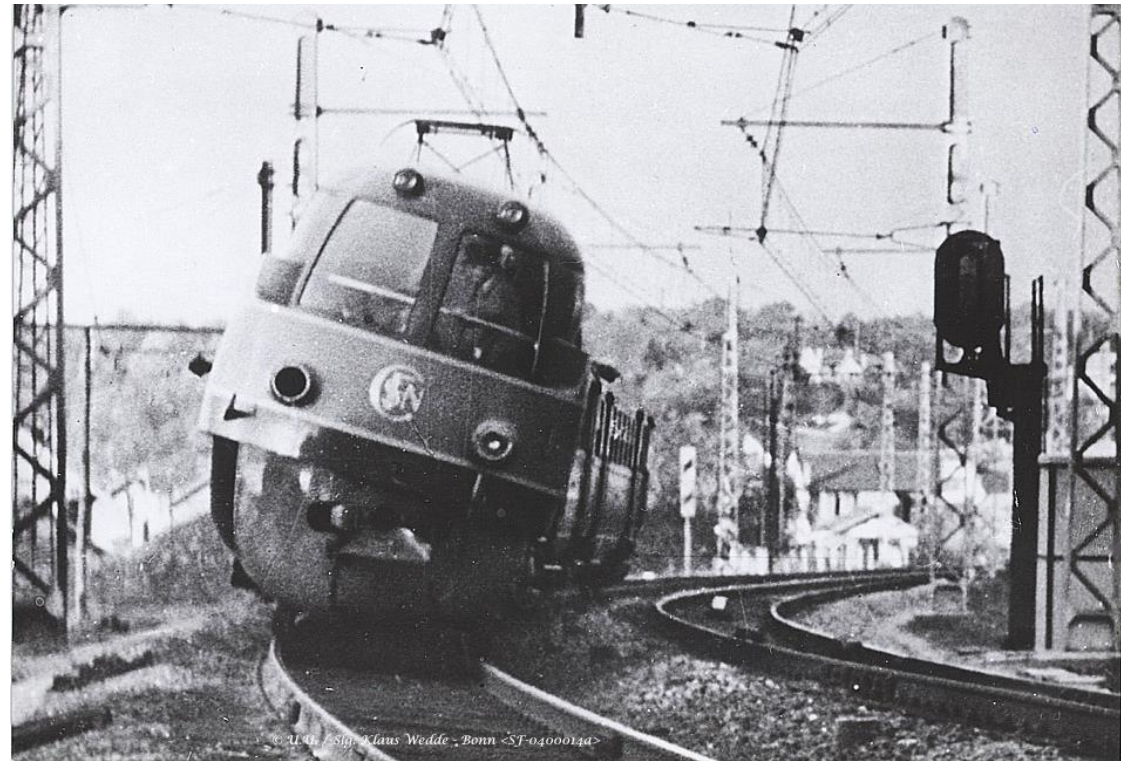
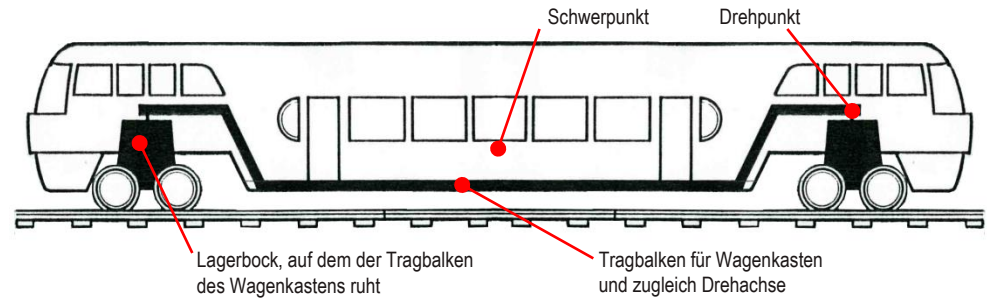
Charles W. Schmitt
Attorneys

(Quelle: <https://en.wikipedia.org>)

Folie Versuchsträger Pendulaire (1956)

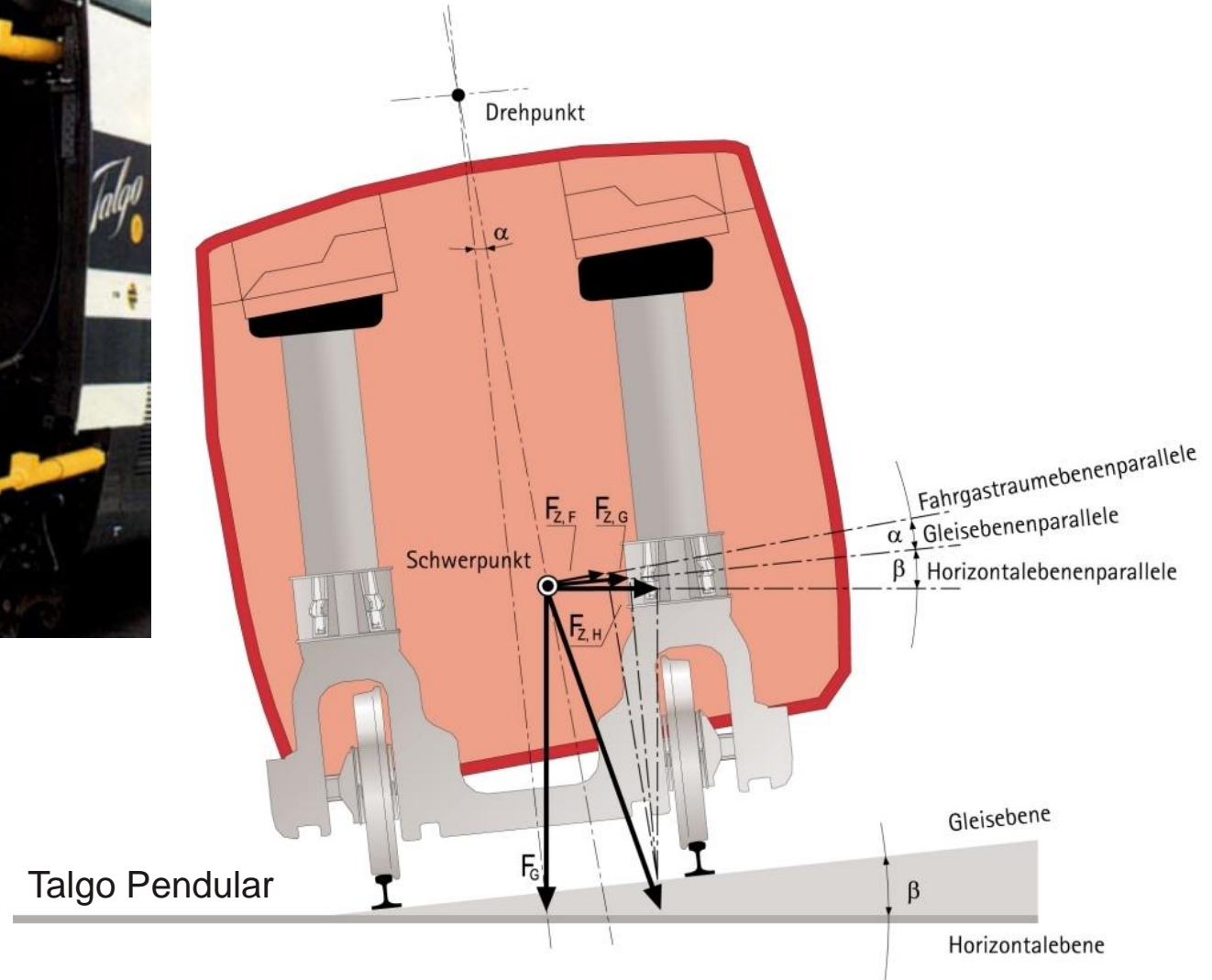


- Länge: ca. 23 m
- Masse: ca. 37 t
- Fußbodenhöhe: 750 mm
- Neigung: bis 18° (passiv!)
- Schwerpunkthöhe: ca. 1,05 m
- Drehpunkthöhe: ca. 1,75 m



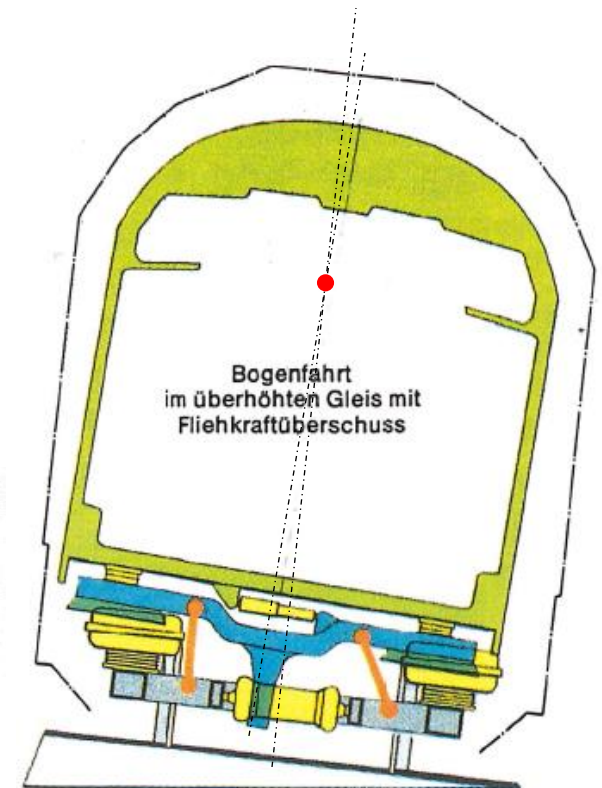
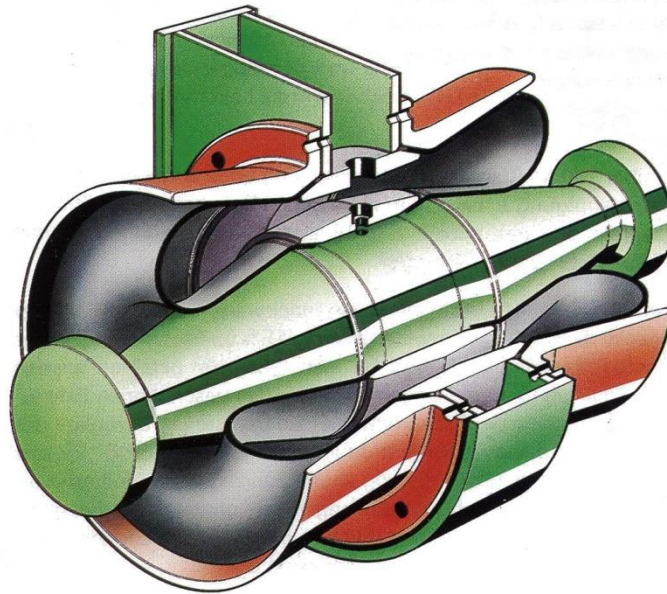
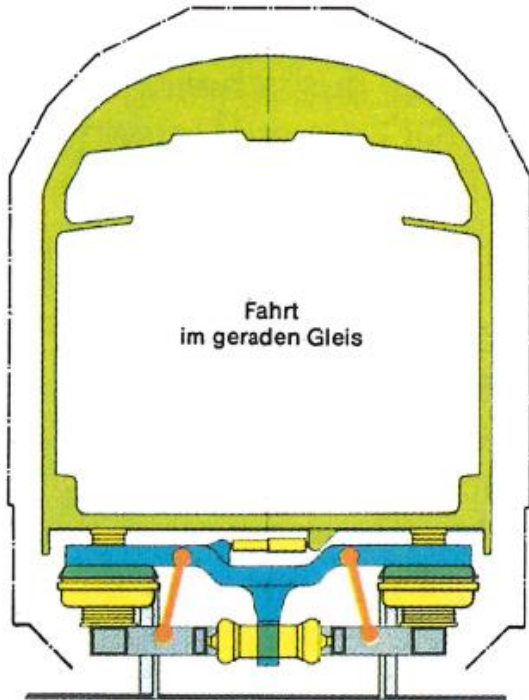
(Quelle: railsuisse.xooit.com, hobby - Das Magazin der Technik 1956)

Folie Talgo Pendular



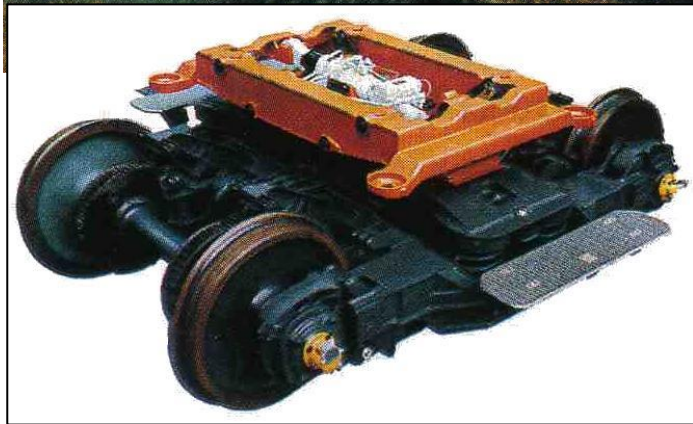
(Quelle: Prospektmaterial Talgo)

SIG NEIKO



(Quelle: Prospekt SIG Drehgestell 2000; Schneider ZEV+DET (1992)8/9)

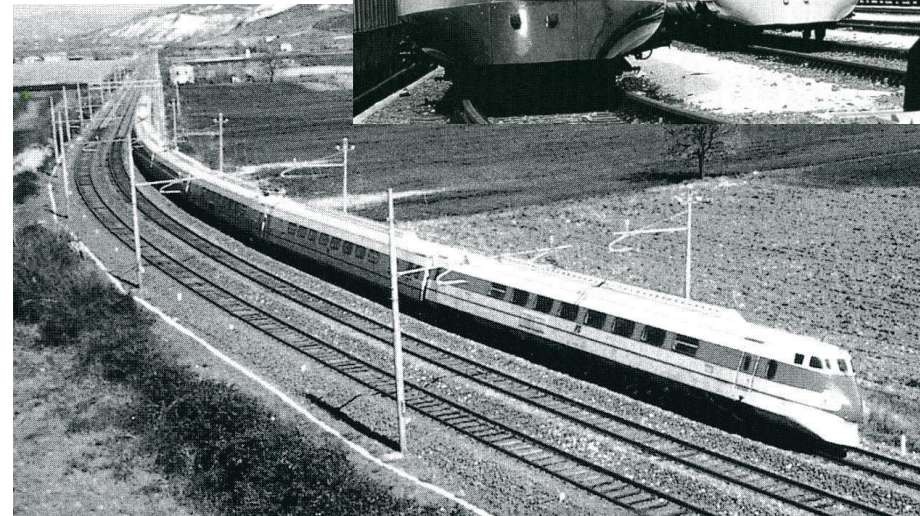
Folie SBB Einheitswagen III, FS „Pendolino“



Einheitswagen III SBB (1973)

(Quellen: Schneider: ZEV+DET (1992)8/9; Wikipedia;
de Angoiti: ETR (1998)8-9;
Bitterberg: Int.Verkehrswesen (1999)4))

ETR 401 (1976)/ ETR 450 (1986)
(FS „Pendolino“)

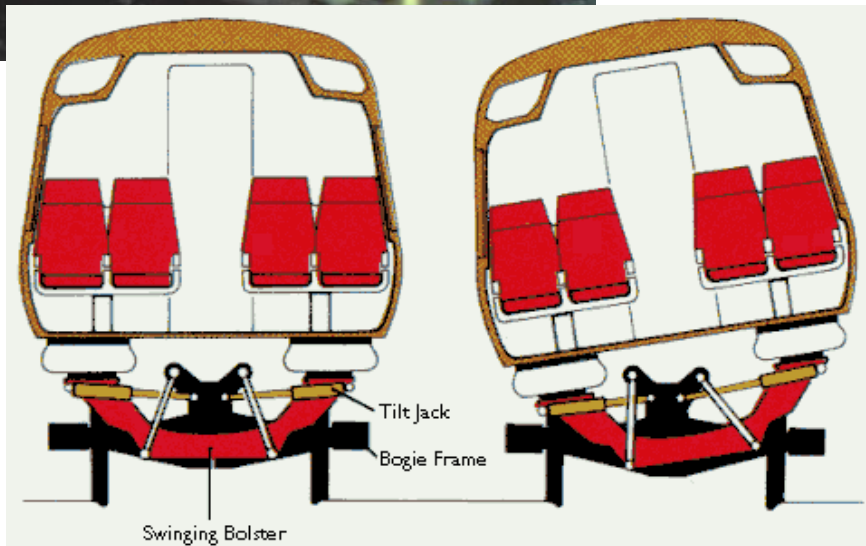




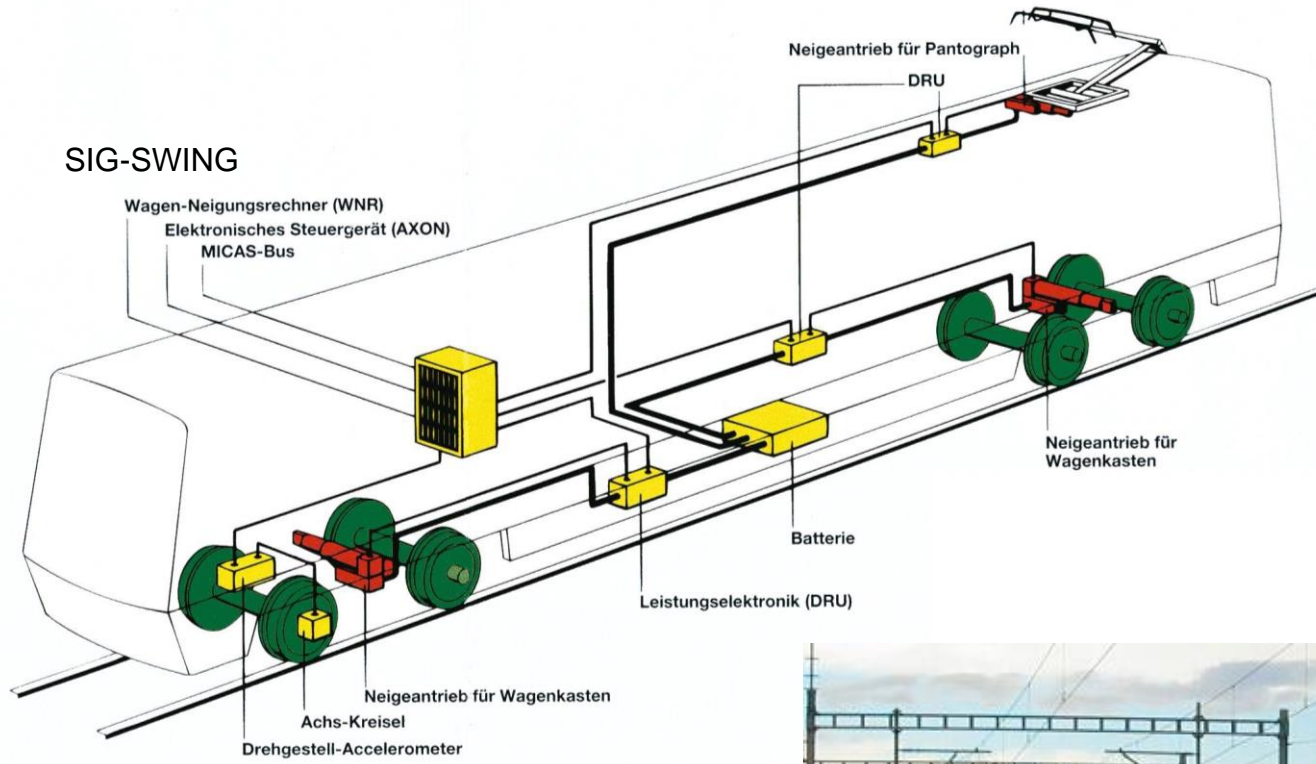
Advanced Passenger Train
(APT, BR, 1977)



X2000
(SJ, ab 1991)



(Quelle: www.apr-p.com; Railfaneurope.net)



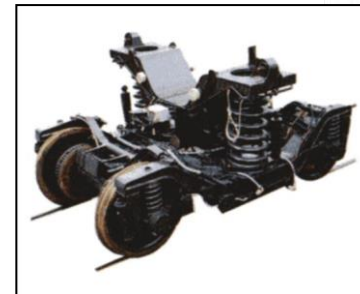
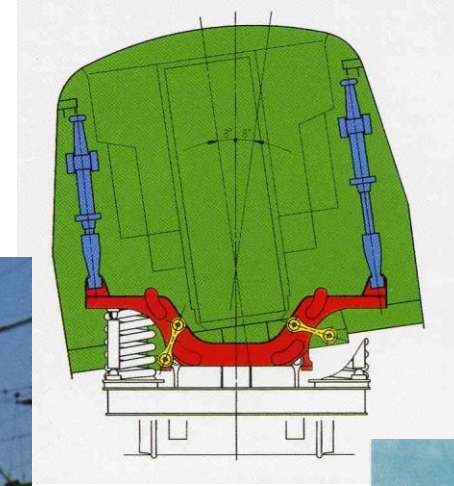
ICN (SBB, ab 2000)



(Quelle: Prospekt SIG; Railfaneurope.net)



(Quelle: www.baureihe614.de)



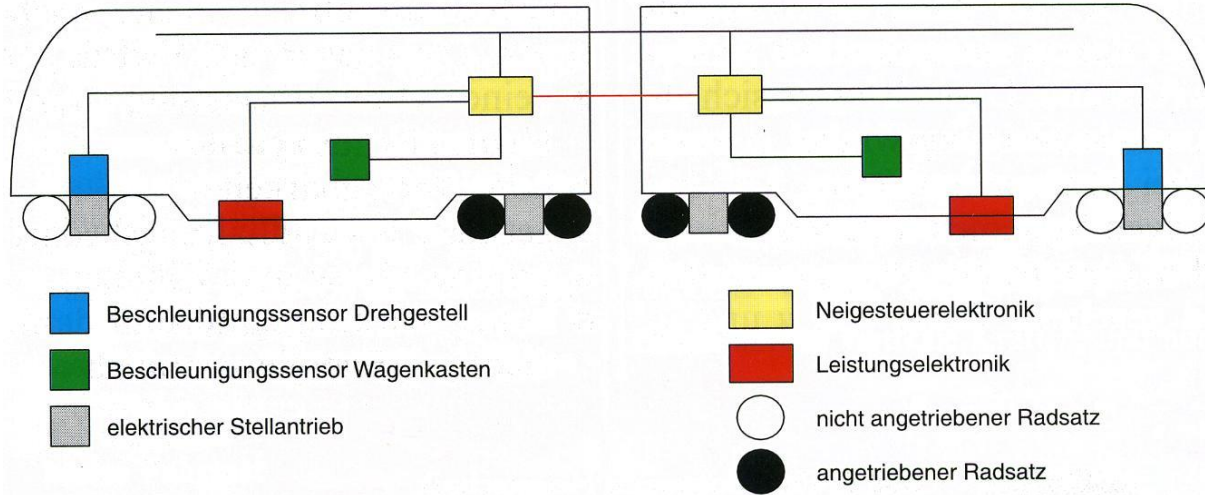
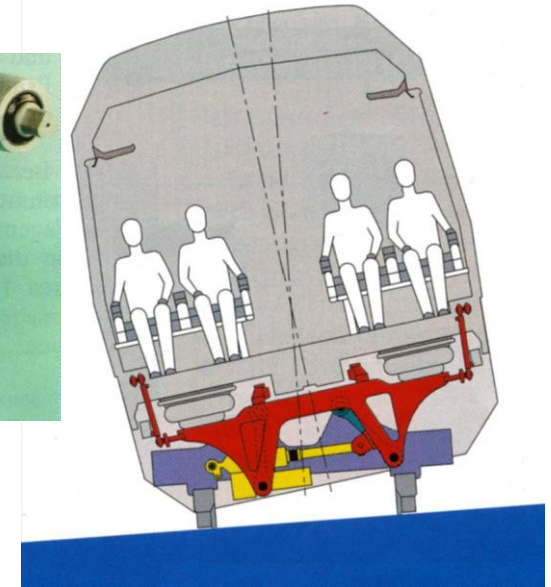
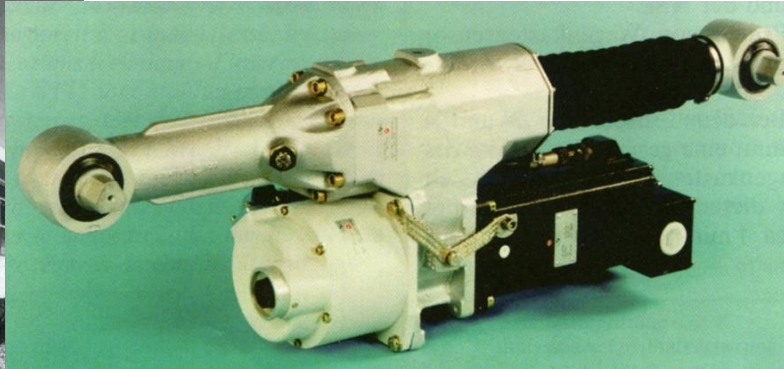
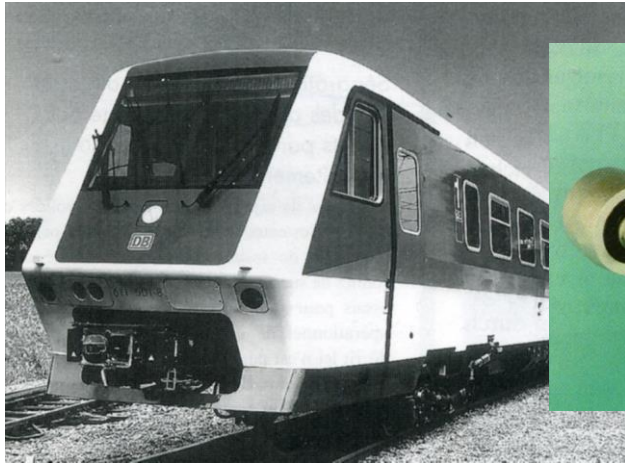
(Quelle: Prospekt AEG)

Folie Neigetechnik-Strecken SPNV DB Netze 2019

Lfd Nr.	Strecke	Inbetriebnahme Neigetechnik	Betriebseinstellung Neigetechnik	Länge in km	Neigetechnik für DeutschlandTakt 2030
1	Nürnberg - Bayreuth/Hof	31.05.1992		183	X
2	Nürnberg - Weiden/Furth i. W.	23.05.1993		213	X
3	Heidelberg – Bad Friedrichshall Jagstfeld	01.06.1997	09.12.2007	79	
4	(Frankfurt/M -) Gau Algesheim – Saarbrücken	28.09.1997	11.12.2016	145	
5	Karlsruhe - Wörth (- Neustadt)	28.09.1997		15	
6	Stuttgart - Tübingen Hbf	28.09.1997		71	
7	(Köln -) Euskirchen – Ehrang - Saarbrücken	15.12.1997	15.12.2013 / 11.12.2016	229	
8	Koblenz – Gießen	15.12.1997	13.12.2015	115	
9	Tübingen - Albstadt-Ebingen	24.05.1998		60	
10	(Karlsruhe -) Wörth – Kaiserslautern	26.09.1999	11.12.2016 / 08.12.2019	92	
11	(Karlsruhe -) Graben Neudorf – Schifferstadt (- Mainz)	28.05.2000	11.12.2016	49	
12	Basel - Lindau	28.05.2000		206	
13	(Hannover -) Hildesheim – Vienenburg	28.05.2000	11.12.2016	66	
14	Gotha - Leinefelde	28.05.2000		67	
15	Halle – Sandersleben	28.05.2000	09.12.2018	47	
16	Sandersleben – Halberstadt	19.12.2000	09.12.2018	44	
17	Albstadt-Ebingen - Sigmaringen	10.06.2001		27	
18	Hochstadt/Marktzeuln - Neuenmarkt/Wirsberg	15.12.2002		34	X
19	Weimar - Jena West	15.12.2002		23	
20	Regensburg - Schwandorf	14.12.2003		35	X
21	Ulm - Sigmaringen	12.12.2004		93	
22	Rentwertshausen - Schweinfurt	12.12.2004		70	X
23	Schwandorf - Marktredwitz	12.12.2004		75	X
24	Arnstadt - Gehlberg	11.12.2005		17	X
25	Aalen - Ulm	10.12.2006		73	
26	Leipzig - Chemnitz	11.06.2006	geplant	74	
27	Göschwitz - Gera - Ronneburg	10.12.2006		45	
28	Halberstadt – Hsenburg	08.06.2008	09.12.2018	27	
29	Ronneburg - Gößnitz	14.12.2008		19	
30	Gehlberg - Rentwertshausen	14.12.2008		47	X
31	Neudietendorf - Arnstadt	13.12.2009		9	X
32	Augsburg - Buchloe	12.12.2010		40	X
33	Kempten - Immenstadt	12.12.2010		21	X
34	Schweinfurt - Würzburg	12.12.2010		26	X
35	Kaufbeuren - Kempten	12.06.2011		42	X
36	Immenstadt - Lindau	11.12.2011		67	X
37	Gößnitz - Glauchau-Schönbornchen	10.06.2012		12	
Summe				2.537 (1.662)	

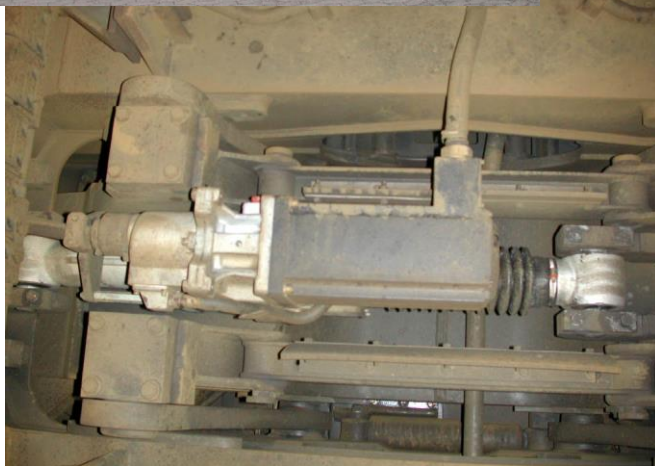
(Quelle: Deutscher Bundestag; Drucksache 19/9802; DB Netze Infrastrukturregister)

Folie VT 611/VT 612 (I)



(Quelle: EI (1996)8; Seemann: EB (2000)9)

Folie VT 611/VT 612 (II)



(Quelle: Wikipedia; Seemann: EB (2000)9)

Folie Neigung VT 612



Folie Neigetechnik-Strecken SPfV DB Netze 2019

Lfd. Nr.	Strecke	Inbetriebnahme Neigetechnik	aktueller Status / Einstellung Neigetechnik	Länge in km	Neigetechnik für DeutschlandTakt 2030
1	Stuttgart - Schaffhausen	30.05.1999	keine Bestellung	191	X
2	Leipzig - Nürnberg - Donauwörth	28.05.2000	keine Bestellung	419	
3	Frankfurt/M - Leipzig - Dresden	28.05.2000	keine Bestellung / LL - DH 11.12.2011	495	
4	Saarbrücken - Neustadt/Weinstraße	05.11.2000	08.12.2019	100	
5	Nürnberg - Bayreuth/Marktredwitz - Hof - Dresden	10.06.2001	keine Bestellung	478	X (NN - NHO)
6	Paderborn - Warburg - Kassel/W. - Bebra	19.12.2002	keine Bestellung	149	
7	Aschaffenburg - Passau	09.12.2007	-	298	X (NN - NPA)
8	Lindau - Memmingen - Buchloe - München	12.12.2010 / 12.06.2011 / 11.12.2011 ¹⁾	Streckenausbau	129	X
Summe				2.259	

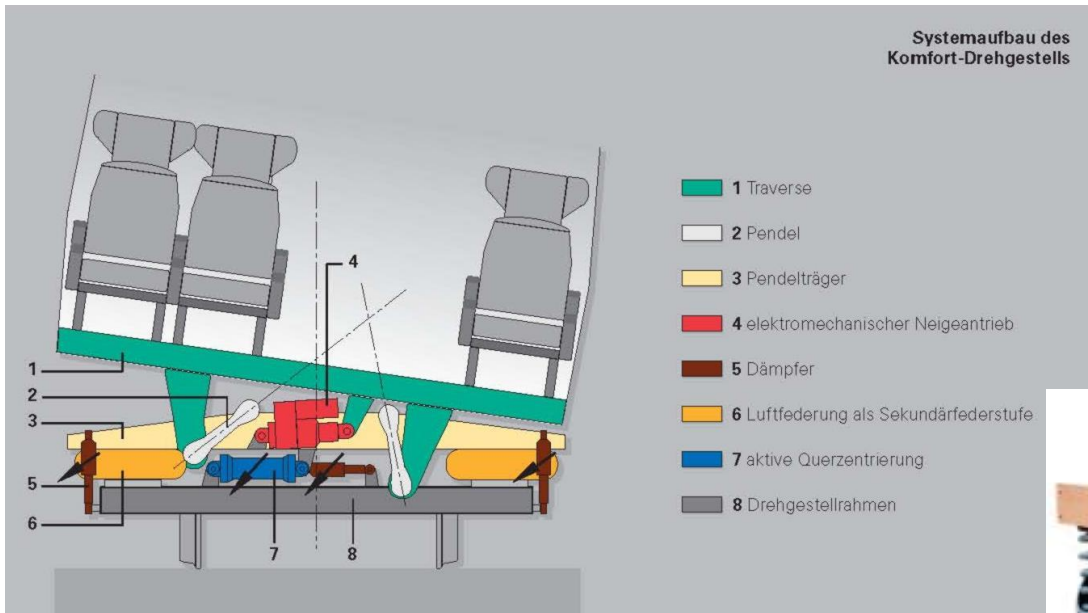
¹⁾ Inbetriebnahme SPNV

(Quelle: Deutscher Bundestag; Drucksache 19/9802; DB Netze Infrastrukturregister)

Folie Neigetechnik-Strecken der DB Netze AG

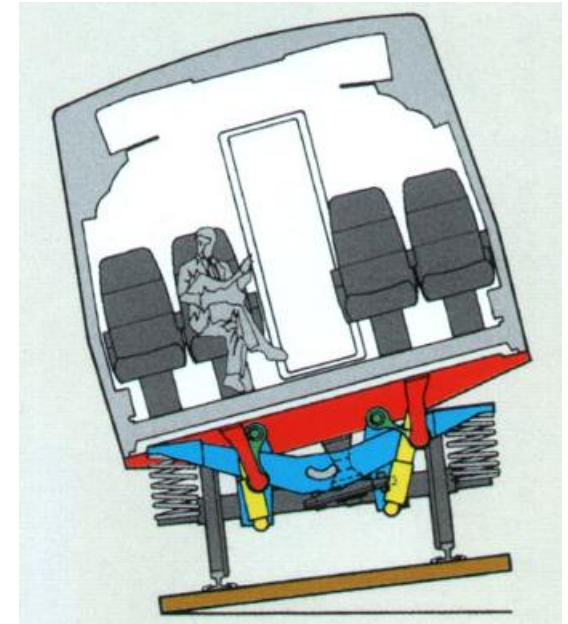


(Quelle: DB Netze Infrastrukturregister 2020)



(Quelle: Maier; Rath; Kottenhahn: Eisenbahn-Revue (2000)10; ICE-Fanpage)

Folie BR 411 / 415 (ICE-T)



(Quelle: Maier; Rath; Kottenhahn: Eisenbahn-Revue (2000)10; ICE-Fanpage)

Folie Neigetechnikfahrzeuge der DB AG

Zug	Anzahl	Typ	Indienst- stellung	Leistung	Sitzplätze	maximale Radsatzlast	v _{max}	Neigetechnik		maximal zulässiger Überhöhungs- fehlbetrag
								System	Winkel	
				/ kW		/ t	/ km/h		/ °	/ mm
VT 605	20	M+M+M+M	1999	2240	195	14,50	200	ELEC.	8	300
VT 610	20	M+M	1993	970	135	14,55	160	HYDR.	8	300
VT 611	50	M+M	1997	1080	148	14,90	160	ELEC.	8	300
VT 612	192	M+M	2000	1120	146	14,60	160	ELEC.	8	300
ET 411	32 28	Rc+M+M+R+M+ M+Rc	1998	4000	351	16,80	230	HYDR.	8	300
ET 415	11	Rc+M+M+M+Rc	1998	3000	250	16,80	230	HYDR.	8	300
Talgo Pendular	150	L+nR	1994	-	-	17,00	160	NAT.	3	150

M – angetrieben
 R – nicht angetrieben
 Rc – nicht angetrieben mit Führerabteil
 L – Lokomotive

Folie Neigetechnikfahrzeuge in Deutschland und Europa

Typ	Land / Bahn	Hersteller	Neigetechnik-Typ	Indienststellung	Anzahl ¹⁾	Wagen je Zug	Fahrzeugm. / t	Radsatzfahrn. / t	Antrieb	Vmax / km/h
Züge mit aktiver Neigetechnik										
ICE-T ET 411	BRD / DB	Siemens / Bombardier / Alstom	Fiat / Pendolino	1999/2005	60	7	402	ca. 16,6	elektr.	230
ET 415				1999	11	5	298			
ICE-TD VT 605	BRD / DB	Siemens / Bombardier	Siemens	2000	20	4	232	ca. 16,7	diesel-elekt.	200
VT 610	BRD / DB	Siemens / AEG / ABB	Fiat/ Pendolino	1992	20	2	95,4	ca. 15,0	diesel-elekt.	160
VT 611	BRD / DB	ADtranz / DWA	ADtranz / neicontrol-E	1996	50	2	116	ca. 15,0	diesel-hydraul.	160
VT 612 „Regioswinger“	BRD / DB	ADtranz / Bombardier	ADtranz / neicontrol-E	1996		2	94	ca. 15,3	diesel-hydraul.	160
X 2000	Schweden / SJ	ASEA, ABB	ASEA	1990	52		344	18,25	elektr. Triebkopf	210
Sm3 / S220	Finnland / finn. Staatsb.	Alstom / Transtech	Fiat/ Pendolino	1992...2005	18	6			elektr.	220
ETR 470 „Cisalpino“	Cisalpino AG (Bern)	Alstom	Fiat/ Pendolino	1996	9	9	798	14,8	elektr.	200
ETR 610	Cisalpino AG (Bern)	Alstom	Fiat / Pendolino	2008	14	7	450		elektr.	250
ETR 490 Alaris	Spanien / RENFE	GEC Alstom / Fiat	Fiat	1998...1999	10	3	171	17,0	elektr.	220
SBB RABDe 500 ICN	Schweiz / SBB	ADtranz / Alstom	Fiat / SIG	1999...2005	44	7	355		elektr.	200
CD 680	ČZ/ ČD	Alstom / Siemens	Fiat/ Pendolino	2005	7	7			elektr.	200
Class 390	Großbrit. / Virgin Trans	Alstom	Fiat / SIG	2002	53	9			elektr.	201
Class 221	Großbrit. / Virgin Trans	Bombardier	Bombardier	2002	44 Wg.	4...5			diesel	200
IC4	Dänemark / DSB	Ansaldobreda	Fiat / Pendolino	offen	83	4			diesel-elekt.	200
Züge mit passiver Neigetechnik										
Talgo IC-Night	BRD / DB-Nachtzug	Talgo	Talgo	1994	112 Wg.	var.	12-14 ³⁾	12-14	Zuglok	140
Talgo Pendular ²⁾	Spanien / RENFE	Talgo	Talgo	1980	1111 Wg.	var.	12-14 ³⁾	12-14	Zuglok	160-250
Talgo 350	Spanien / RENFE	Talgo / Bombardier	Talgo	2005	552 Wg.	12	14 ³⁾	17,0 ⁴⁾	2 Triebk.	330
Talgo 250	Spanien / RENFE	Talgo	Talgo	im Bau	440 Wg.	11	14 ³⁾	18,0 ³⁾	Triebkopf	250

(Angaben zur Indienststellung/Inbetriebnahme und zu den Fahrzeugmassen differieren zwischen in einigen Quellen)

¹⁾ wenn nicht der Zusatz Wagen (Wg.) angegeben, handelt es sich um die Anzahl Triebzüge

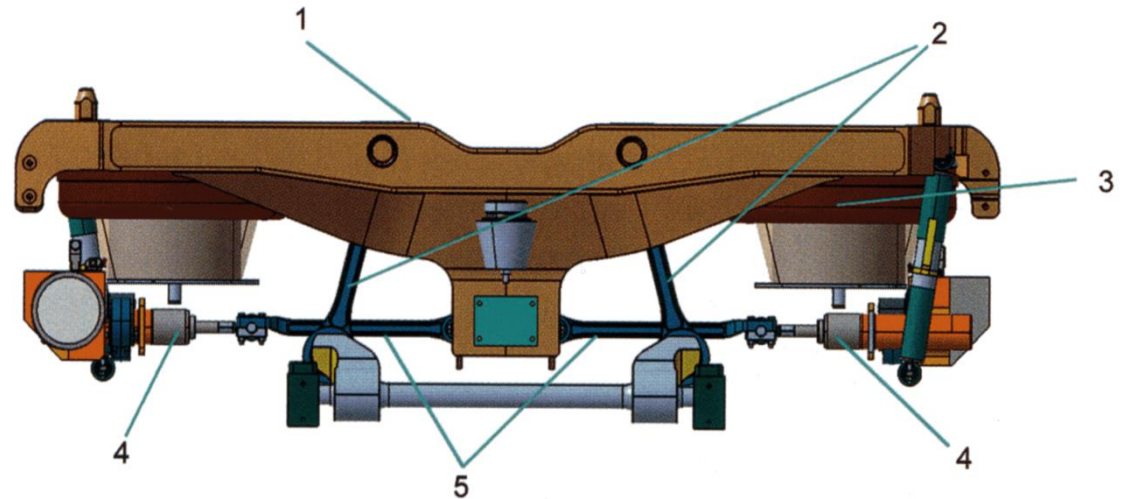
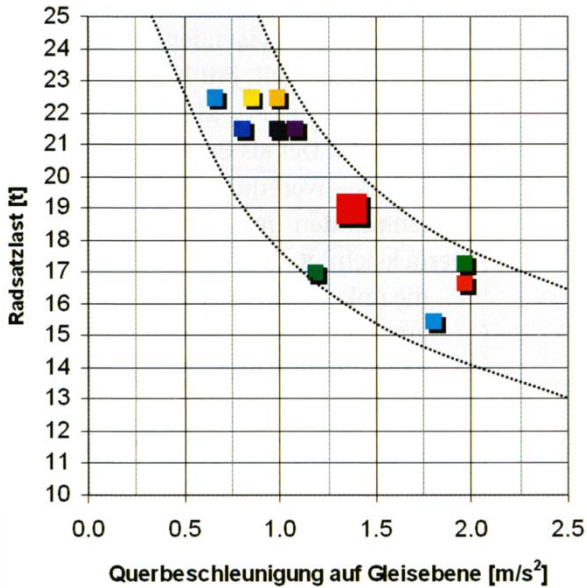
²⁾ Serien 4...7

³⁾ Masse eines (Zwischen-)Wagens

⁴⁾ Triebkopf

(Quelle: nach Immisch, Linke, Kügler, EI, 11/2007)

Folie FLEXX Tronic WAKO (Bombardier Transportation)



Drehgestelltraverse auf den Luftfedern mit den nach innen geneigten Wankstützenpendeln, Aktuatoren in Querrichtung auf die Traverse wirkend.

- | | |
|---------------------|-----------------|
| 1 Federträger | 4 WAKO Aktuator |
| 2 Wankstützenpendel | 5 Lenkstangen |
| 3 Luftfeder | |

(Quelle: Tagungsband Graz 2010, EB, 03/2012)

- Was ist eine gleisbogenabhängige Steuerung des Wagenkastens (GSt)? Wozu wird sie eingebaut?
- Definieren Sie die Begriffe „Überhöhung“ und „Überhöhungsfehlbetrag“ und erläutern Sie den Zusammenhang zur Wagenkastenneigung!
- Nennen Sie drei fahrzeugseitige und drei streckenseitige Voraussetzungen für bogenschnelles Fahren!
- Vergleichen Sie aktive und passive Neigetechnik! Nennen Sie die typischen Neigewinkel sowie Vor- und Nachteile! Welche Geschwindigkeitssteigerung ist jeweils möglich?
- Wie wird der Neigewinkel bei passiver und aktiver Neigetechnik eingestellt?
- Welche besonderen Herausforderungen sind mit Konstruktion und Einsatz von Neigetechnikfahrzeugen verbunden?