



Der unsichtbare Komfort

Drehgestell-Entwicklungen für sämtliche Bedarfsfälle und Spurweiten



NS-ICM 1 Intercity



SBB-EW IV

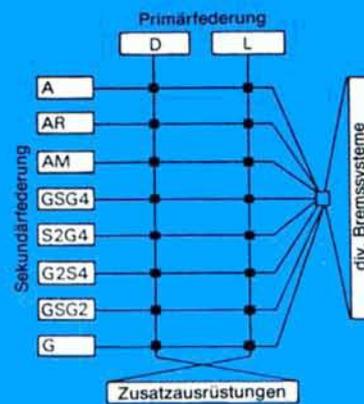


SBB-NPZ Pendelzug



SZU-Bt Steuerwagen

Baukastensystem



BLS-RABDe 4/2 Pendelzug



VBZ-Tram 2000



AB/CJ-Pendelzug BDe 4/2 II



BV-Tram Be 4

Produkte-Konzept für Drehgestelle

Marktbedürfnis:

- Drehgestelle
- für höhere Geschwindigkeiten
 - bei verbessertem Fahrkomfort
 - und grösserer Wirtschaftlichkeit

Voraussetzungen

- langjähriges praktisches und theoretisches Know-how
- Erfahrung auf allen möglichen Anwendungsgebieten
- Einrichtungen und Fachpersonal
- Gelegenheiten zur Sammlung von Betriebserfahrungen auf den unterschiedlichsten Einsatzgebieten

Zielsetzung

- optimale Erfüllung der technischen Anforderungen
- maximale Wirtschaftlichkeit des Produktes für den Anwender
- Minimierung des technischen Risikos
- Minimierung der Umtriebe auf Kundenseite bei der Beschaffung und während des Betriebes

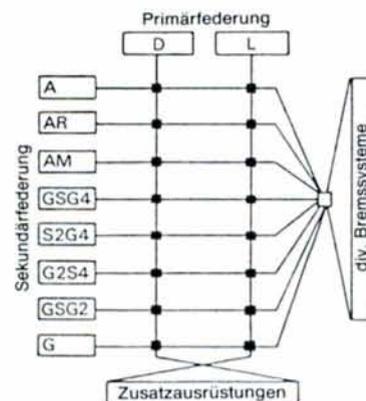
Vorgehen

- Entwicklung von Berechnungsverfahren
- Analytische Studien:
 - Anforderungsanalyse
 - Systemanalyse
 - Analyse der Unterhaltskosten
- Bauelemententwicklung
- Bau von Prototypen
- Durchführung von Versuchen

Konzept

- **Modulbauweise**
beliebige Kombination diverser Baugruppenvarianten
- **Flexibilität**
einfache Variationsmöglichkeit der technischen Hauptparameter
- **Kosten-Optimierung**
durch Beachtung der Zusammenhänge zwischen Anschaffungs-, Unterhalts- und Wartungskosten
- Verwendung bewährter und erprobter Bauteile
- Musterdrehgestelle

Baukastensystem



Ergebnisse

- optimale Anpassung der Drehgestellkonstruktion an Bahnsystem und Fahrzeug
- konkrete Versuchsergebnisse: Messdaten, Vergleichswerte für diverse Ausführungsalternativen
- geringe Gesamtkostensumme für die einzelnen Beschaffungen
- geringes Ausfallrisiko
- einheitliches Drehgestell-Konzept für diverse Anwendungsfälle
→ vereinfachte Lagerhaltung

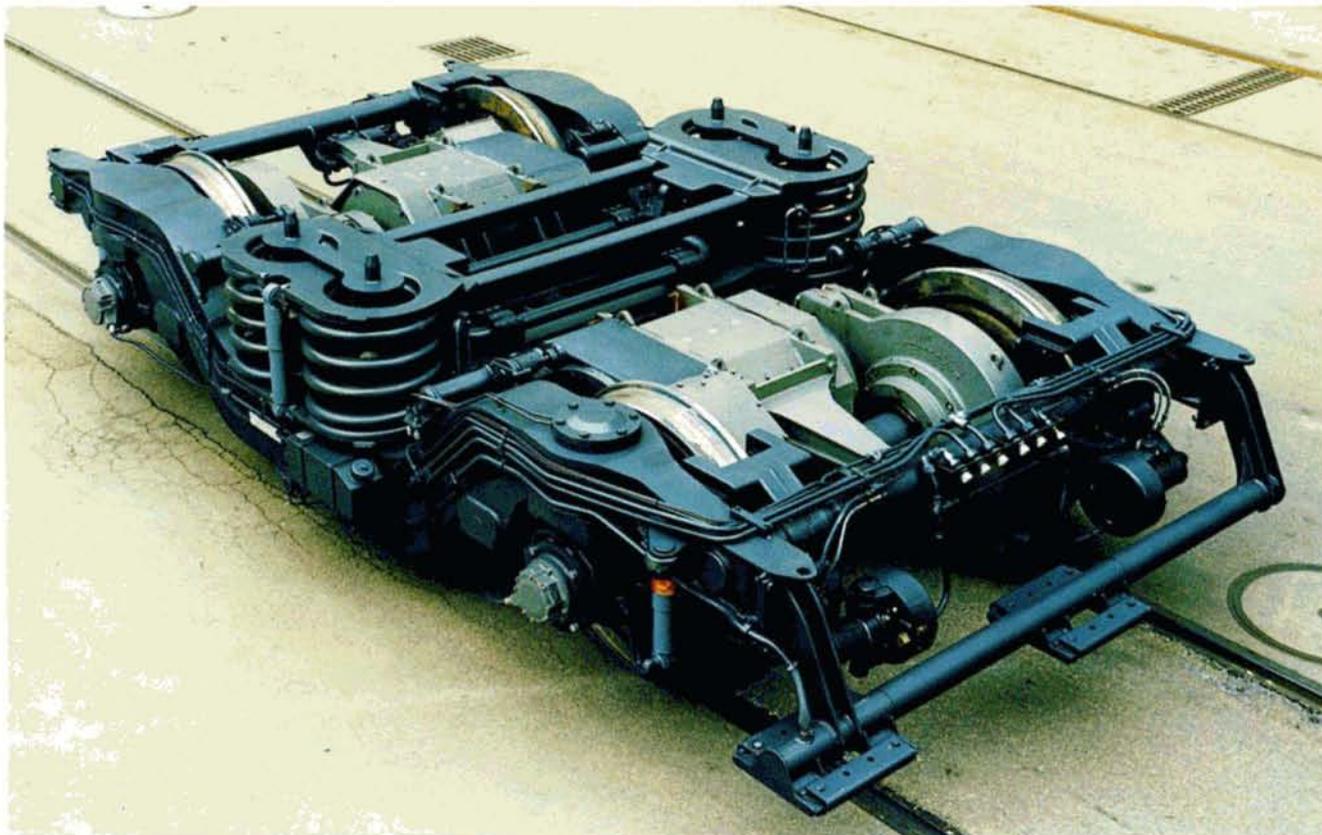
Vorteile für den Kunden

- richtiger technischer Entscheid bei minimalem Risiko
- minimale Gesamtkosten bei langfristiger Kalkulation der Ausgaben während der vollen Lebensdauer



SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
CH-8212 Neuhausen am Rheinfall / Schweiz

Motordrehgestell für Pendelzug-Triebwagen RBDe 4/4
 Bogie moteur pour motrice de trains navette RBDe 4/4
 Motor bogie for shuttle train motor cars RBDe 4/4



Pendelzug-Triebwagen RBDe 4/4
 Motrice de train navette RBDe 4/4
 Shuttle train motor car RBDe 4/4

Hauptdaten:

Typ NM: L-GSG 4

Spurweite	1'435 mm
Radstand	2'700 mm
Raddurchmesser (neu)	950 mm
Gewicht	12'860 kg
Drehgestellbelastung statisch	274 kN
Maximalgeschwindigkeit	140 km/h
Stundenleistung pro Motor	425 kW

Données principales:

Typ NM: L-GSG 4

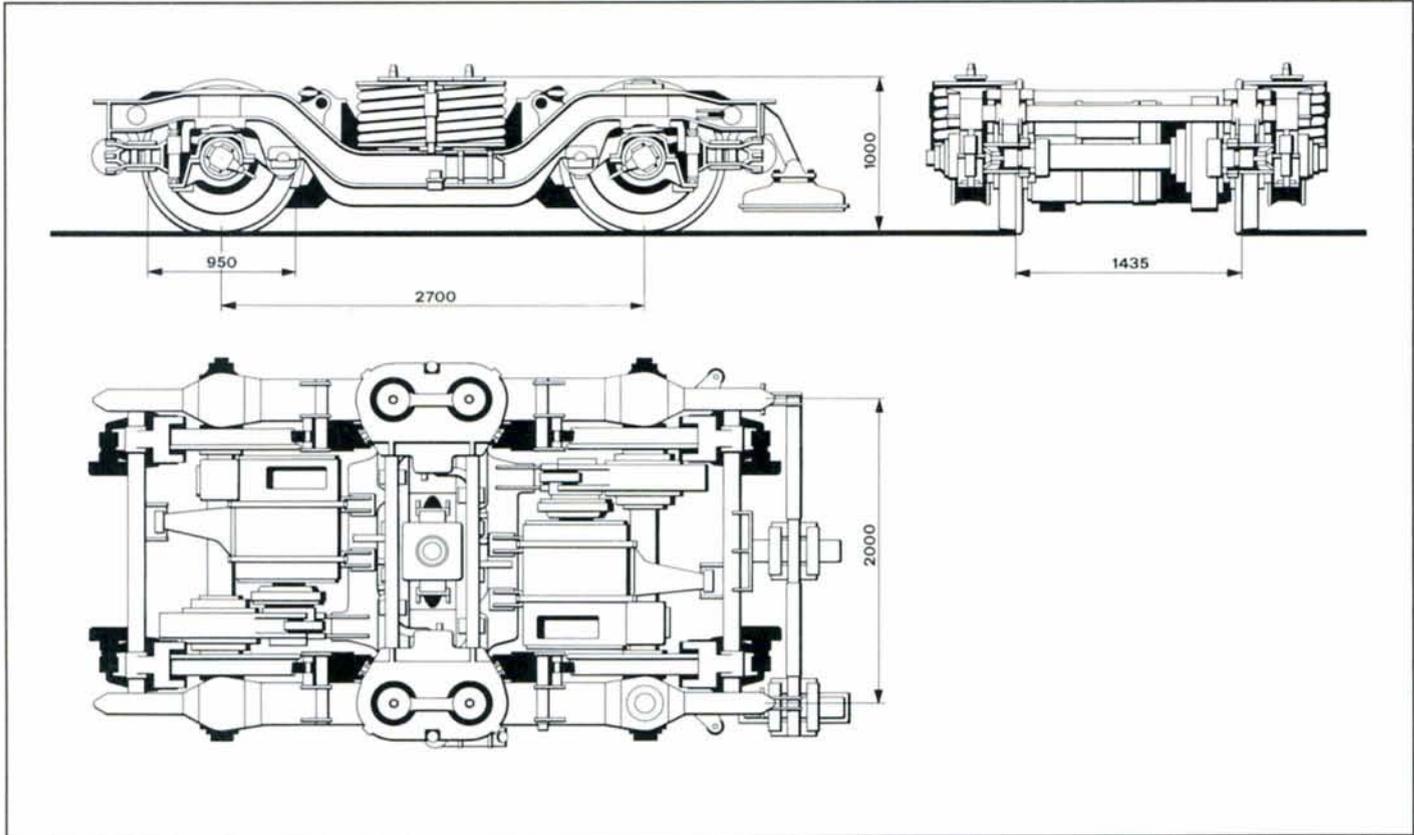
Ecartement des rails	1'435 mm
Empattement des essieux	2'700 mm
Diamètre des roues (neuf)	950 mm
Tare	12'860 kg
Poids statique sur bogie	274 kN
Vitesse max.	140 km/h
Puissance unihoraire par moteur	425 kW

Main data:

Type NM: L-GSG 4

Gauge	1'435 mm
Wheel base	2'700 mm
Wheel diameter (new)	950 mm
Weight	12'860 kg
Static load on bogie	274 kN
Max. speed	140 km/h
One hour rating per motor	425 kW

Motordrehgestell für Pendelzug-Triebwagen RBDe 4/4
 Bogie moteur pour motrice de trains navette RBDe 4/4
 Motor bogie for shuttle train motor cars RBDe 4/4



Allgemeines

Zweimotoriges Drehgestell mit Parallelantrieb und Gummicoil-Federung

Primärstufe

Lenkerführung mit Stahlfedersätzen

Sekundärstufe

Stahlfedersätze zwischen Gummischichtfedern angeordnet

Antriebsausrüstung

BBC-Gummi-antrieb mit Fahrmotoren der K-Baureihe und Stirnradgetriebe

Bremsausrüstung

Radscheibenbremsen
 Klotzbremseinheiten mit Feder-speicher

Zusatz-ausrüstungen

Wankstütze
 Spurkranzschmierung
 Querspielbegrenzung, kurven-abhängig
 Lastwiegeventil
 Zugsicherungsmagnet **

** nur Kopfdrehgestell

Généralités

Bogie bimoteur avec commande parallèle et suspension rubber-coil

Suspension primaire

Guidage à bielles et ressorts hélicoïdaux

Suspension secondaire

Ressorts hélicoïdaux montés entre ressorts de caoutchouc stratifiés

Équipement de traction

Commande à caoutchouc BBC avec moteurs de traction de la série K et engrenages droit

Équipement de frein

Frein à disques sur roue
 Unités de frein à sabot avec accumulateur à ressort

Équipements supplémentaires

Stabilisation du roulis
 Graissage des boudins
 Limitation du jeu latéral en fonction du rayon de courbe
 Soupape de pesage
 Aimant pour arrêt automatique du train **

** seulement bogie directeur

General

Bi-moteur bogie with parallel drive and rubbercoil suspension

Primary suspension

Axle guides and coil springs

Secondary suspension

Coil springs mounted between stratified rubber springs

Propulsion

BBC-rubber drive in connection with K-series traction motors and spurgearing

Brake equipment

Wheel mounted disc brakes
 Spring applied block brake units

Supplementary equipment

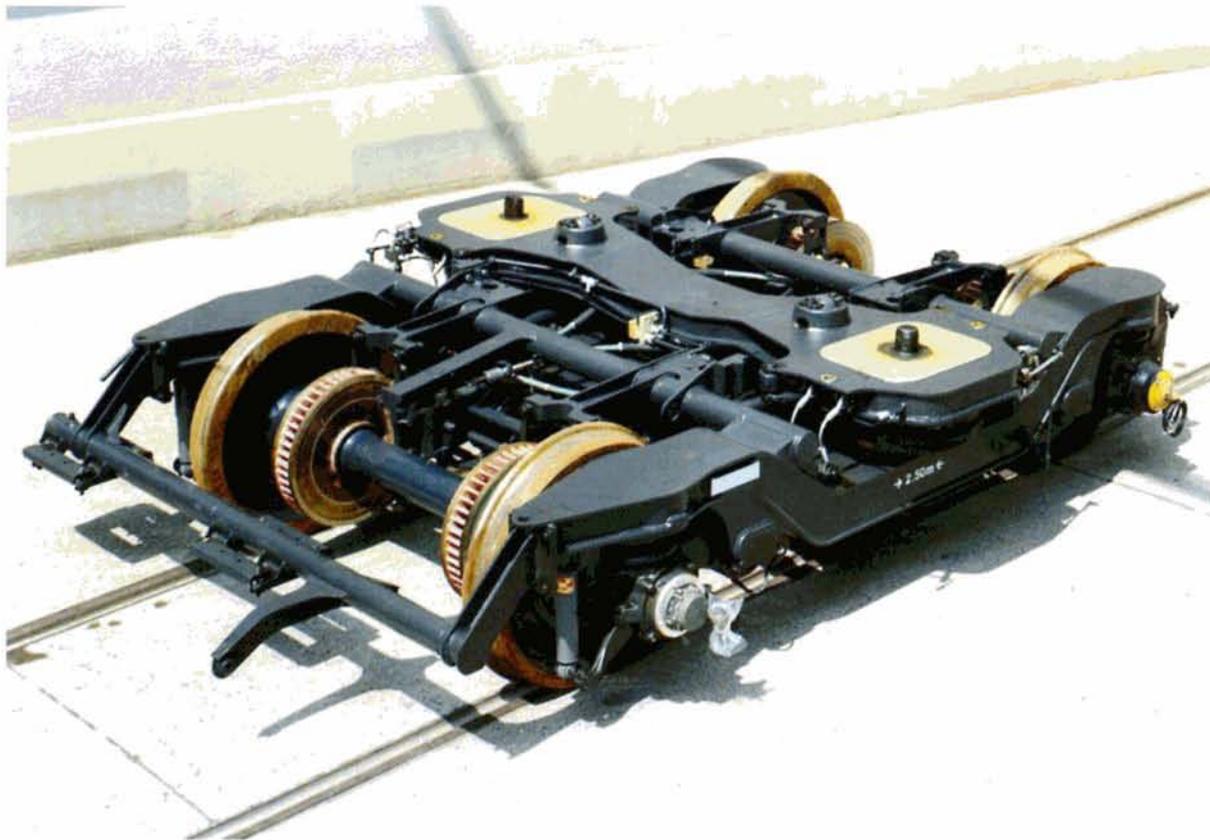
Roll stabilization
 Wheel flange lubrication
 Lateral stops dependent upon track radius
 Pneumatic load weighing system
 Magnets for automatic train stopping device **

** only guiding bogie

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
 CH-8212 Neuhausen am Rheinfall/Schweiz



Laufdrehgestell für Pendelzug-Steuerwagen Bt (Serie)
Bogie porteur pour voitures pilotes Bt d'un train navette (Série)
Trailing bogie for shuttle train driving trailers Bt (Series)



Pendelzug-Steuerwagen Bt (Serie)

Train navette – voiture pilote Bt (Série)

Shuttle train – driving trailer Bt (Series)

Hauptdaten:

Typ NL: L-GA2T

Spurweite	1'435 mm
Radstand	2'500 mm
Raddurchmesser (neu)	820 mm
Gewicht	5'500 kg
Drehgestellbelastung statisch	200 kN
Maximalgeschwindigkeit	140 km/h

Données principales:

Type NL: L-GA2T

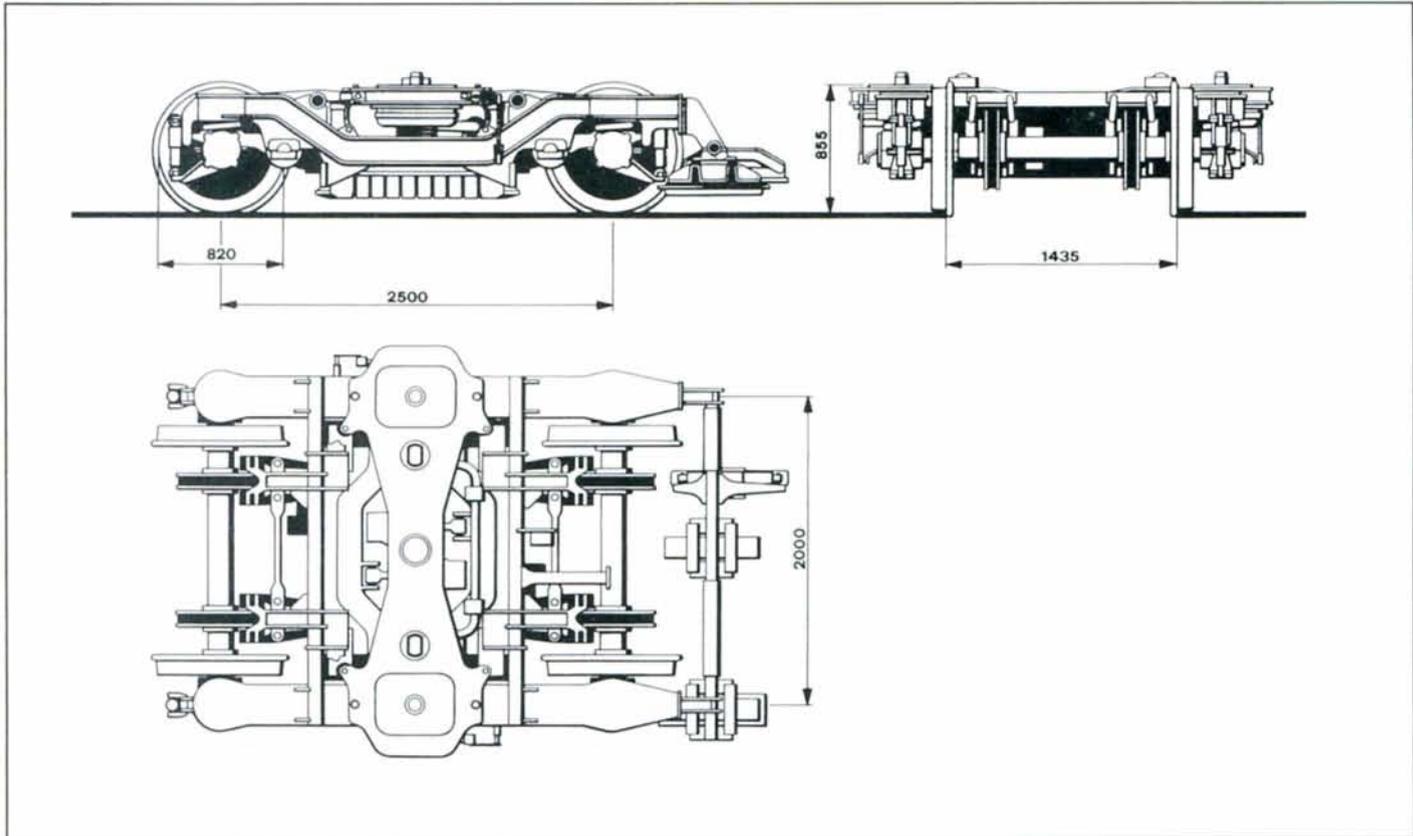
Ecartement des rails	1'435 mm
Empattement des essieux	2'500 mm
Diamètre des roues (neuf)	820 mm
Tare	5'500 kg
Poids statique sur bogie	200 kN
Vitesse max.	140 km/h

Main data:

Type NL: L-GA2T

Gauge	1'435 mm
Wheel base	2'500 mm
Wheel diameter (new)	820 mm
Weight	5'500 kg
Static load on bogie	200 kN
Max. speed	140 km/h

Laufdrehgestell für Pendelzug-Steuerwagen Bt (Serie)
 Bogie porteur pour voitures pilotes Bt d'un train navette (Série)
 Trailing bogie for shuttle train driving trailers Bt (Series)



Allgemeines

Zweiachsiges Laufdrehgestell mit Luftfederung und Kastentraverse

Primärstufe

Lenkerführung mit Stahlfedersätzen

Sekundärstufe

Luftfedern auf Gummischichtfedern angeordnet
 Kastentraverse mit integriertem Drehzapfen

Bremsausrüstung

Achsscheibenbremsen
 Magnetschienenbremse **
 Handbremse mit Federspeicher **
 Klotzbremseinheiten *

Zusatzrüstungen

Wankstütze
 Querspielbegrenzung, kurvenabhängig
 Zugsicherungsmagnet **

* zusätzlich einbaubar
 ** nur Kopfdrehgestell

Généralités

Bogie porteur à deux essieux avec suspension pneumatique et traverse à caisse

Suspension primaire

Guidage à bielles et ressorts hélicoïdaux

Suspension secondaire

Ressorts pneumatiques posés sur ressorts stratifiés en caoutchouc
 Traverse à caisse avec pivot intégré

Equipement de frein

Frein à disques sur essieu
 Frein électromagnétique sur rail **
 Frein à main avec accumulateur à ressort **
 Unités de frein à sabot *

Equipements supplémentaires

Stabilisation du roulis
 Limitation du jeu latéral en fonction du rayon de courbe
 Aimant pour arrêt automatique du train **

* sur demande
 ** seulement bogie directeur

General

Two-axle trailing bogie with air-spring suspension and transverse member

Primary suspension

Axle guides and coil springs

Secondary suspension

Air spring in series with stratified rubber springs below
 Transverse member with integrated center pivot

Brake equipment

Axle mounted disc brakes
 Electromagnetic rail brake **
 Parking brake, spring applied **
 Block brake units *

Supplementary equipment

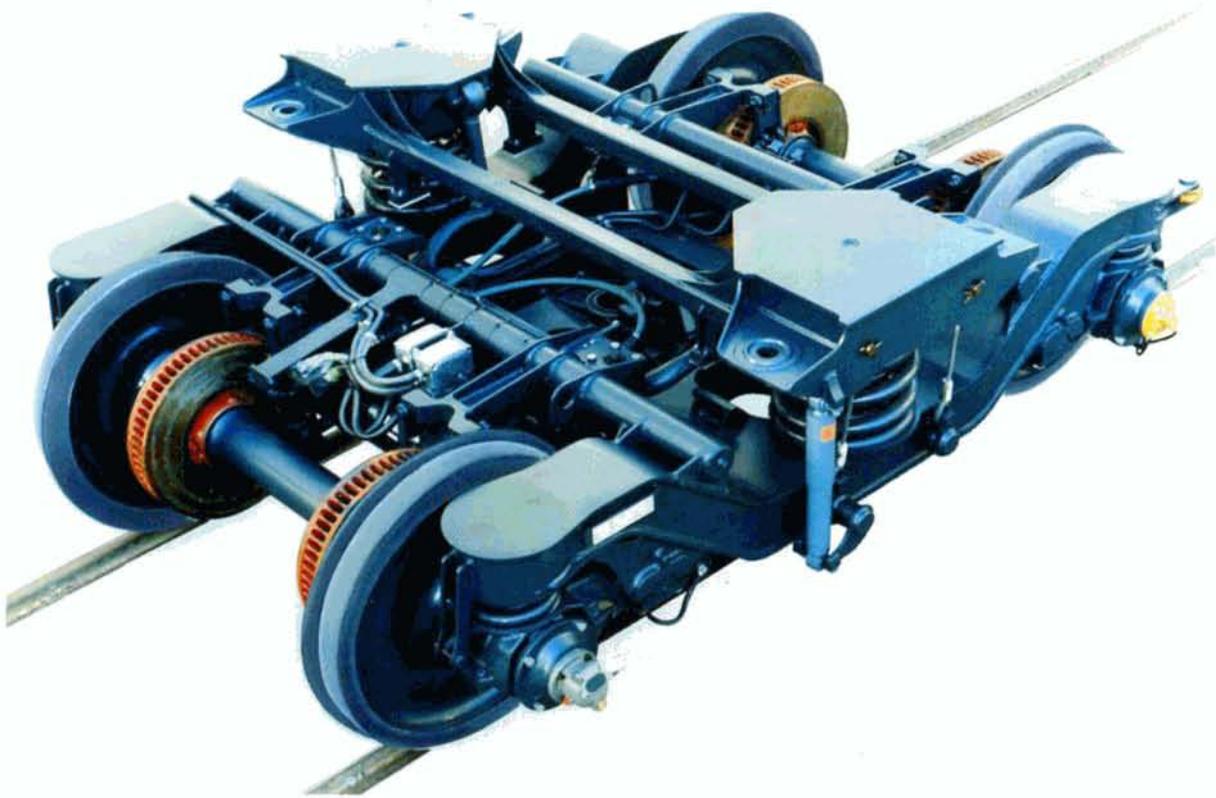
Roll stabilization
 Lateral stops dependent upon track radius
 Magnet for automatic train stopping device **

* upon demand
 ** only guiding bogie

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
 CH-8212 Neuhausen am Rheinfall/Schweiz



Laufdrehgestell für Einheits-Reisezugwagen Typ IV
 Bogie porteur pour voitures unifiées type IV
 Trailing truck for standard cars type IV



Einheits-Reisezugwagen Typ IV
 Voiture unifiée type IV
 Standard car type IV

Hauptdaten:

Typ NL: L-GSG2

Spurweite	1'435 mm
Radstand	2'500 mm
Raddurchmesser (neu)	920 mm
Gewicht	6'700 kg
Drehgestellbelastung statisch	200 kN
Maximalgeschwindigkeit	160 km/h

Données principales:

Type NL: L-GSG2

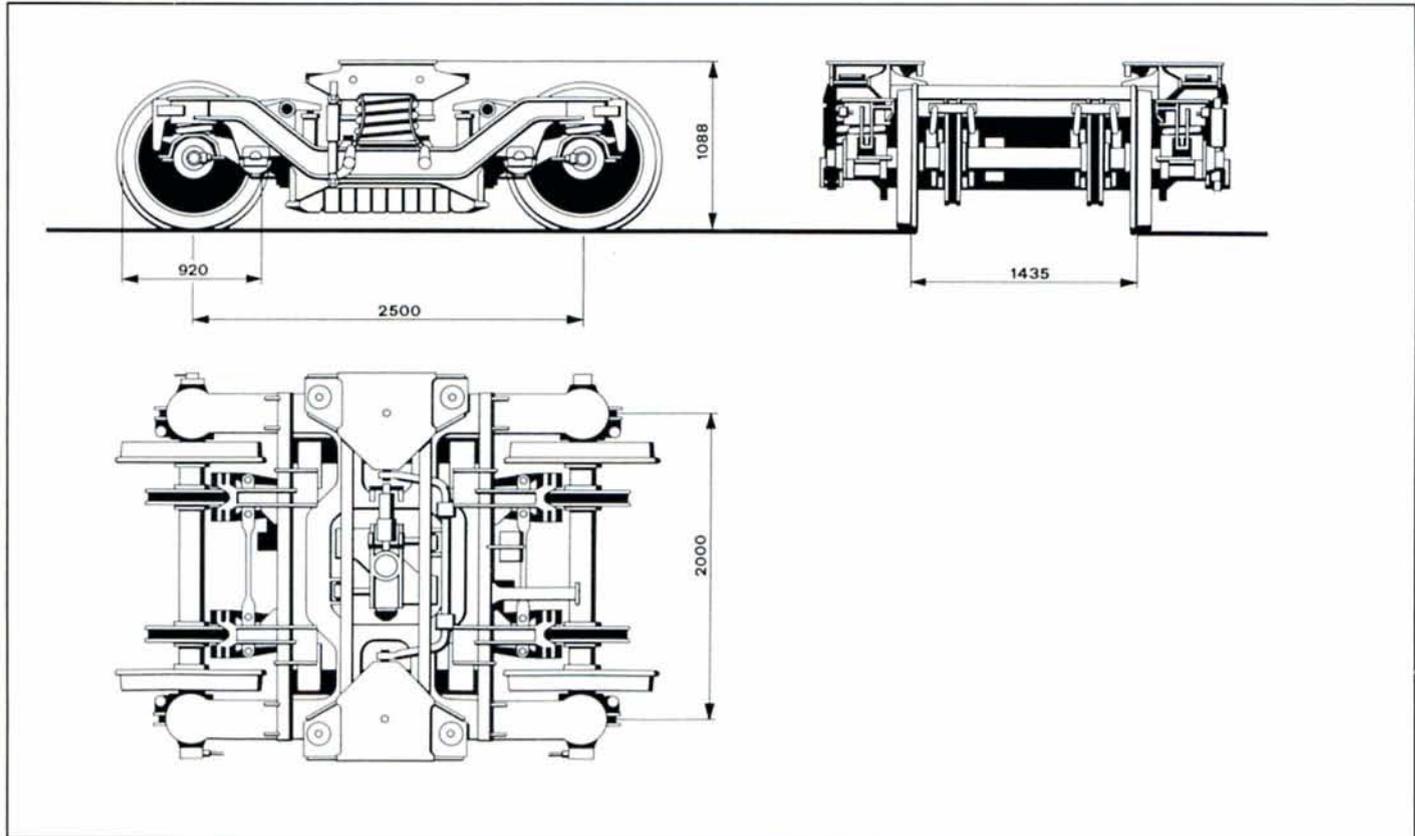
Ecartement des rails	1'435 mm
Empattement des essieux	2'500 mm
Diamètre des roues (neuf)	920 mm
Tare	6'700 kg
Poids statique sur bogie	200 kN
Vitesse max.	160 km/h

Main data:

Type NL: L-GSG2

Gauge	1'435 mm
Wheel base	2'500 mm
Wheel diameter (new)	920 mm
Weight	6'700 kg
Static load on truck	200 kN
Max. speed	160 km/h

Laufdrehgestell für Einheits-Reisezugwagen IV
 Bogie porteur pour voitures unifiées IV
 Trailing bogie for standard cars IV



Allgemeines

Zweiachsiges Laufdrehgestell mit Gummicoil-Federung

Primärstufe

Lenkerführung mit Stahlfedersätzen

Sekundärstufe

Stahlfedersätze zwischen sphärischen Gummikalotten angeordnet

Bremsausrüstung

Achsscheibenbremsen
 Magnetschienenbremse
 Handbremse
 Klotzbremseinheiten *

Zusatz-ausrüstungen

Wankstütze
 Querspielbegrenzung, kurven-abhängig
 Drehhemmung *

* zusätzlich einbaubar

Généralités

Bogie porteur à deux essieux avec suspension rubber-coil

Suspension primaire

Guidage à bielles et ressorts hélicoïdaux

Suspension secondaire

Ressorts hélicoïdaux disposés entre calottes sphériques de caoutchouc

Équipement de frein

Frein à disques sur essieu
 Frein électromagnétique sur rail
 Frein à main
 Unités de frein à sabot *

Équipements supplémentaires

Stabilisation du roulis
 Limitation du jeu latéral en fonction du rayon de courbe
 Amortissement de la rotation *

* sur demande

General

Two-axle trailing bogie with rubbercoil suspension

Primary suspension

Axle guides and coil springs

Secondary suspension

Coil springs seated between spherical rubber calottes

Brake equipment

Axle mounted disc brakes
 Electromagnetic rail brake
 Parking brake
 Block brake units *

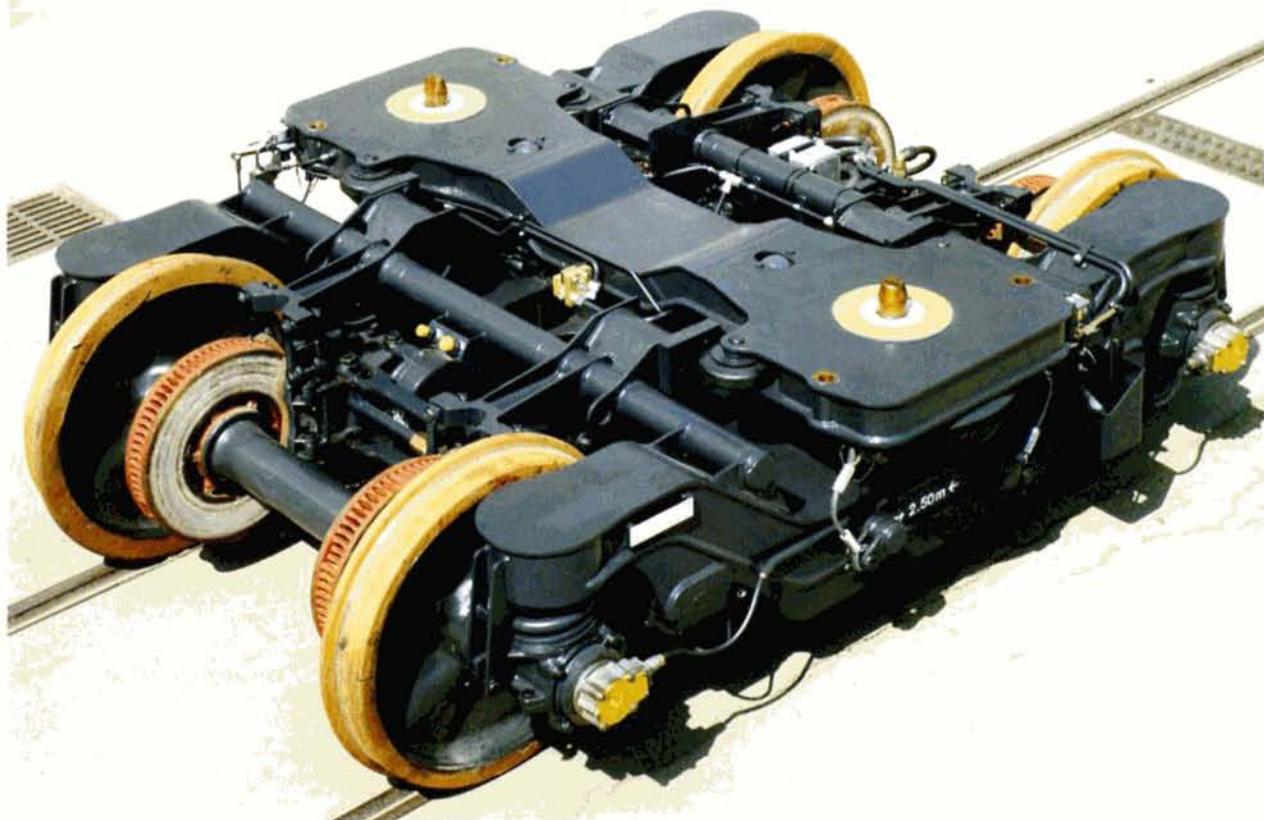
Supplementary equipment

Roll stabilization
 Lateral stops dependent upon track radius
 Yaw damping *

* upon demand

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
 CH-8212 Neuhausen am Rheinfall/Schweiz





Speisewagen EW-IV
Voiture-restaurant EW-IV
Dining-car EW-IV

Hauptdaten:

Typ NL: L-GA2T

Spurweite	1'435 mm
Radstand	2'500 mm
Raddurchmesser (neu)	920 mm
Gewicht	6'500 kg
Drehgestellbelastung statisch	280 kN
Maximalgeschwindigkeit	160 km/h

Données principales:

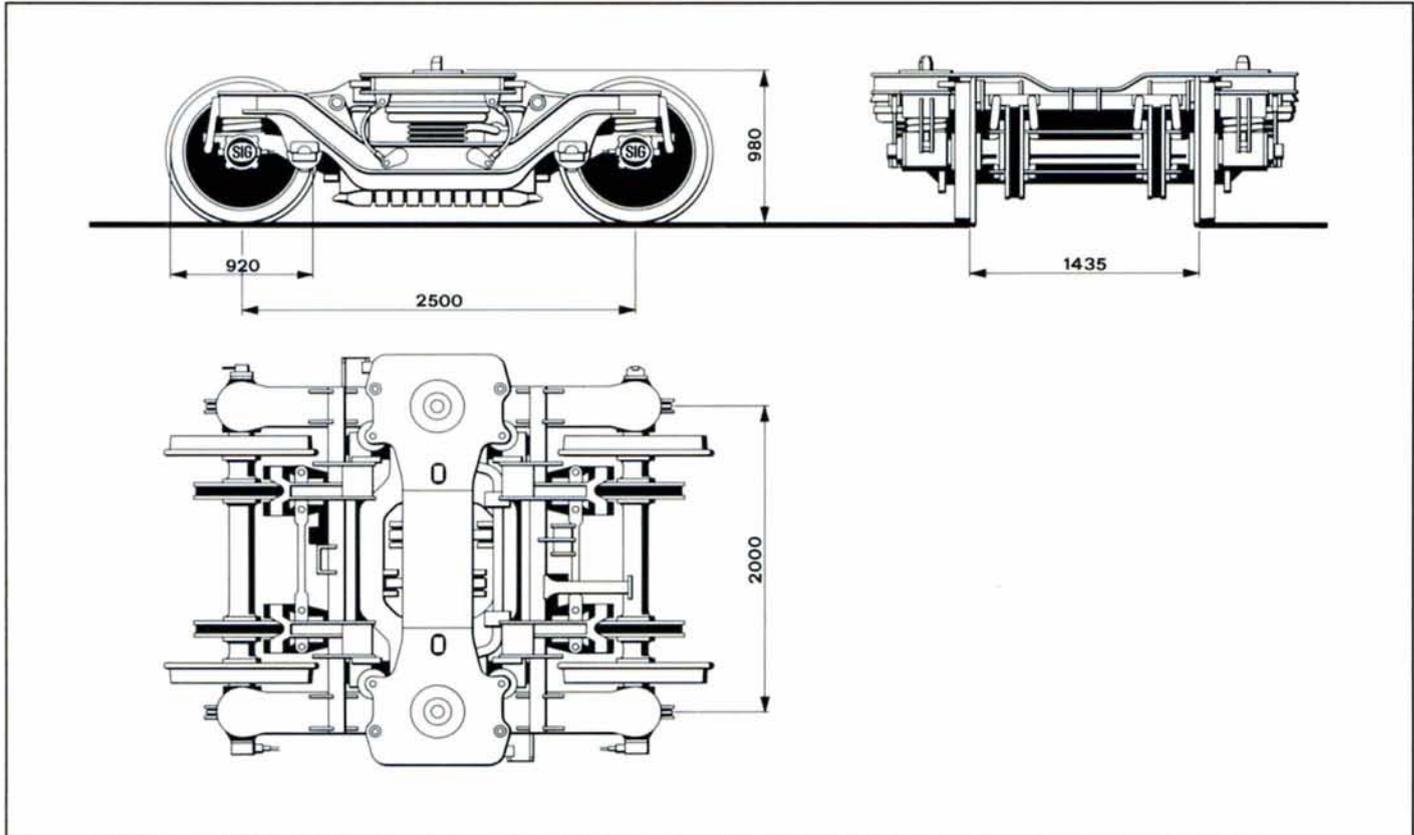
Typ NL: L-GA2T

Ecartement des rails	1'435 mm
Empattement des essieux	2'500 mm
Diamètre des roues (neuf)	920 mm
Tare	6'500 kg
Poids statique sur bogie	280 kN
Vitesse max.	160 km/h

Main data:

Type NL: L-GA2T

Gauge	1'435 mm
Wheel base	2'500 mm
Wheel diameter (new)	920 mm
Weight	6'500 kg
Static load on bogie	280 kN
Max. speed	160 km/h



Allgemeines

Zweiachsiges Laufdrehgestell mit Luftfederung und Kastentraverse

Primärstufe

Lenkerführung mit Stahlfedersätzen

Sekundärstufe

Luftfedern auf Gummischichtfedern angeordnet
 Kastentraverse mit integriertem Drehzapfen

Bremsausrüstung

Achsscheibenbremsen
 Magnetschienenbremse
 Handbremse mit Federspeicher
 Klotzbremseinheiten *

Zusatzrüstungen

Wankstütze
 Querspielbegrenzung, kurvenabhängig
 Drehhemmung *

* zusätzlich einbaubar

Généralités

Bogie porteur à deux essieux avec suspension pneumatique et traverse à caisse

Suspension primaire

Guidage à bielles et ressorts hélicoïdaux

Suspension secondaire

Ressorts pneumatiques posés sur ressorts stratifiés en caoutchouc
 Traverse à caisse avec pivot intégré

Equipement de frein

Frein à disques sur essieu
 Frein électromagnétique sur rail
 Frein à main avec accumulateur à ressort
 Unités de frein à sabot *

Equipements supplémentaires

Stabilisation du roulis
 Limitation du jeu latéral en fonction du rayon de courbe
 Amortissement de la rotation *

* sur demande

General

Two-axle trailing bogie with air-spring suspension and transverse member

Primary suspension

Axle guides and coil springs

Secondary suspension

Air spring in series with stratified rubber springs below
 Transverse member with integrated center pivot

Brake equipment

Axle mounted disc brakes
 Electromagnetic rail brake
 Parking brake, spring applied
 Block brake units *

Supplementary equipment

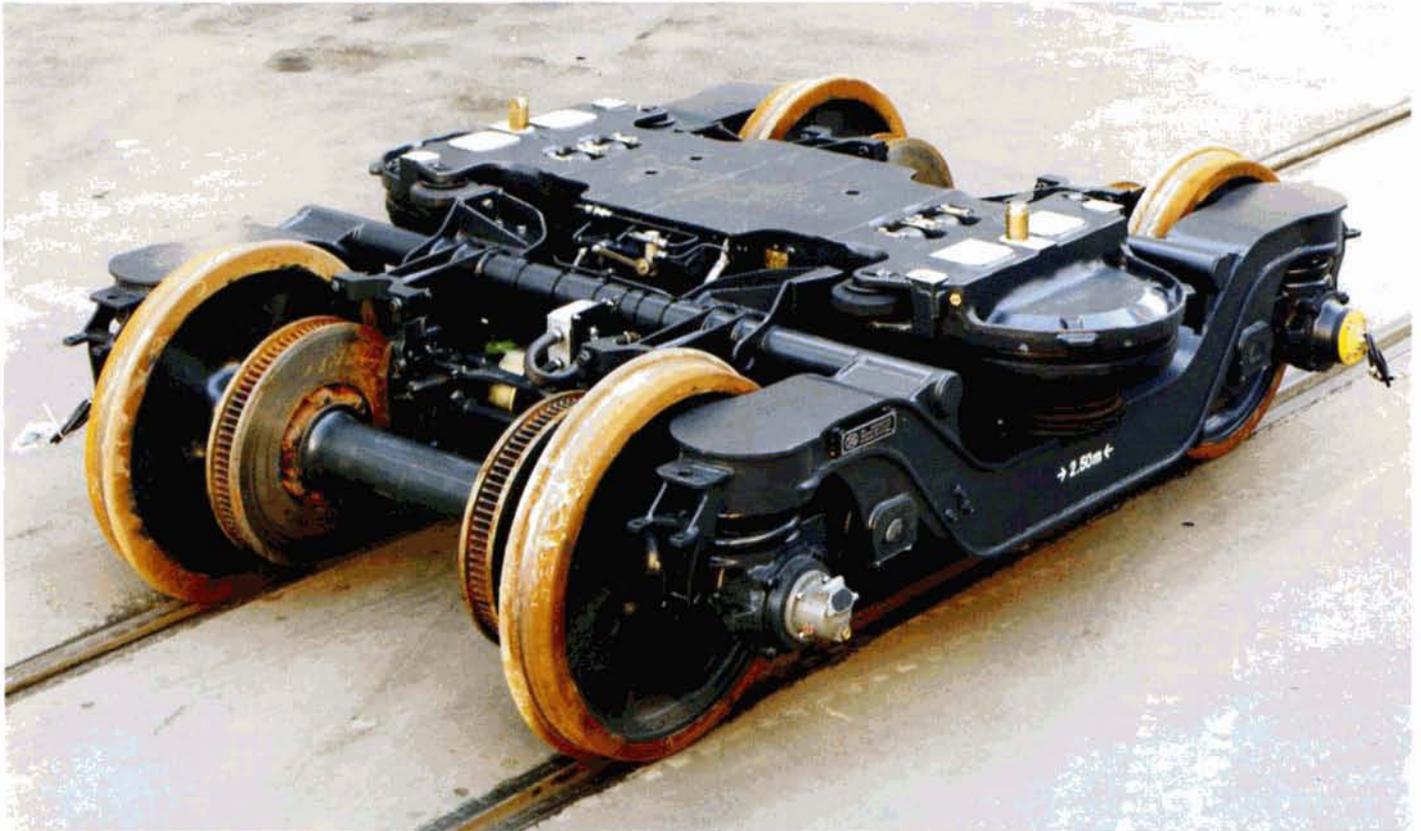
Roll stabilization
 Lateral stops dependent upon track radius
 Yaw damping *

* upon demand

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
 CH-8212 Neuhausen am Rheinfall/Schweiz



Laufdrehgestell für Doppelstockwagen der S-Bahn Zürich
 Bogie porteur pour voitures à deux niveaux des lignes de banlieue de Zurich
 Trailing bogie for double deck coaches of the suburban lines of Zurich



Doppelstockwagen der
 S-Bahn Zürich

Voiture à deux niveaux des lignes
 de banlieue de Zurich

Double deck coaches of the
 suburban lines of Zurich

Hauptdaten:

Typ NL: L-GA2T

Spurweite 1'435 mm
 Radstand 2'500 mm
 Raddurchmesser (neu) 920 mm
 Gewicht 6'700 kg
 Drehgestellbelastung statisch 280 kN
 Maximalgeschwindigkeit 130 km/h

Données principales:

Type NL: L-GA2T

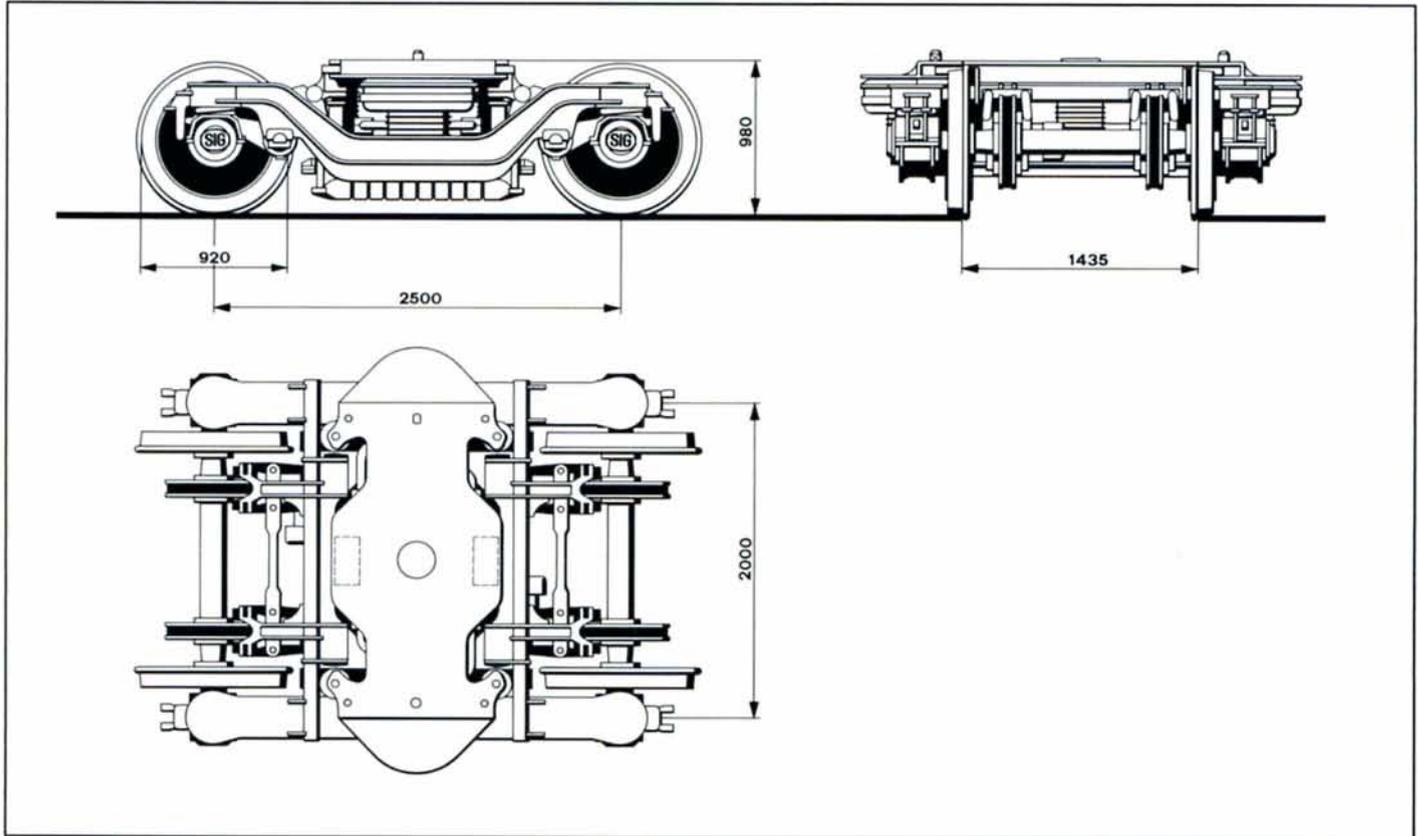
Ecartement des rails 1'435 mm
 Empattement des essieux 2'500 mm
 Diamètre des roues (neuf) 920 mm
 Tare 6'700 kg
 Poids statique sur bogie 280 kN
 Vitesse max. 130 km/h

Main data:

Type NL: L-GA2T

Gauge 1'435 mm
 Wheel base 2'500 mm
 Wheel diameter (new) 920 mm
 Weight 6'700 kg
 Static load on bogie 280 kN
 Max. speed 130 km/h

Laufdrehgestell für Doppelstockwagen der S-Bahn Zürich
 Bogie porteur pour voitures à deux niveaux des lignes de banlieue de Zurich
 Trailing bogie for double deck coaches of the suburban lines of Zurich



Allgemeines

Zweiachsiges Laufdrehgestell mit Luftfederung und Kastentraverse, geeignet für den Einstieg über dem Drehgestell

Primärstufe

Lenkerführung mit Stahlfedersätzen

Sekundärstufe

Luftfedern auf Gummischichtfedern angeordnet
 Kastentraverse mit integriertem Drehzapfen

Bremsausrüstung

Achsscheibenbremsen
 Magnetschienenbremse
 Feststellbremse mit Federspeicher

Zusatzrüstungen

Wankstütze
 Querspielbegrenzung, kurvenabhängig
 Zugsicherungsmagnet**

** nur Kopfdrehgestell

Généralités

Bogie porteur à deux essieux avec suspension pneumatique et traverse à caisse, conçu pour l'entrée sur le bogie

Suspension primaire

Guidage à bielles et ressorts hélicoïdaux

Suspension secondaire

Ressorts pneumatiques posés sur ressorts stratifiés en caoutchouc
 Traverse à caisse avec pivot intégré

Équipement de frein

Frein à disques sur essieu
 Frein électromagnétique sur rail
 Frein de blocage avec accumulateur à ressort

Équipements supplémentaires

Stabilisation du roulis
 Limitation du jeu latéral en fonction du rayon de courbe
 Aimant pour arrêt automatique du train**

** seulement bogie directeur

General

Two-axle trailing bogie with air-spring suspension and transverse member, specially for entry above the bogie

Primary suspension

Axle guides and coil springs

Secondary suspension

Air springs in series with stratified rubber springs below
 Traverse member with integrated center pivot

Brake equipment

Axle mounted disc brakes
 Electromagnetic rail brake
 Parking brake, spring applied

Supplementary equipment

Roll stabilization
 Lateral stops dependent upon track radius
 Magnet for automatic train stopping device**

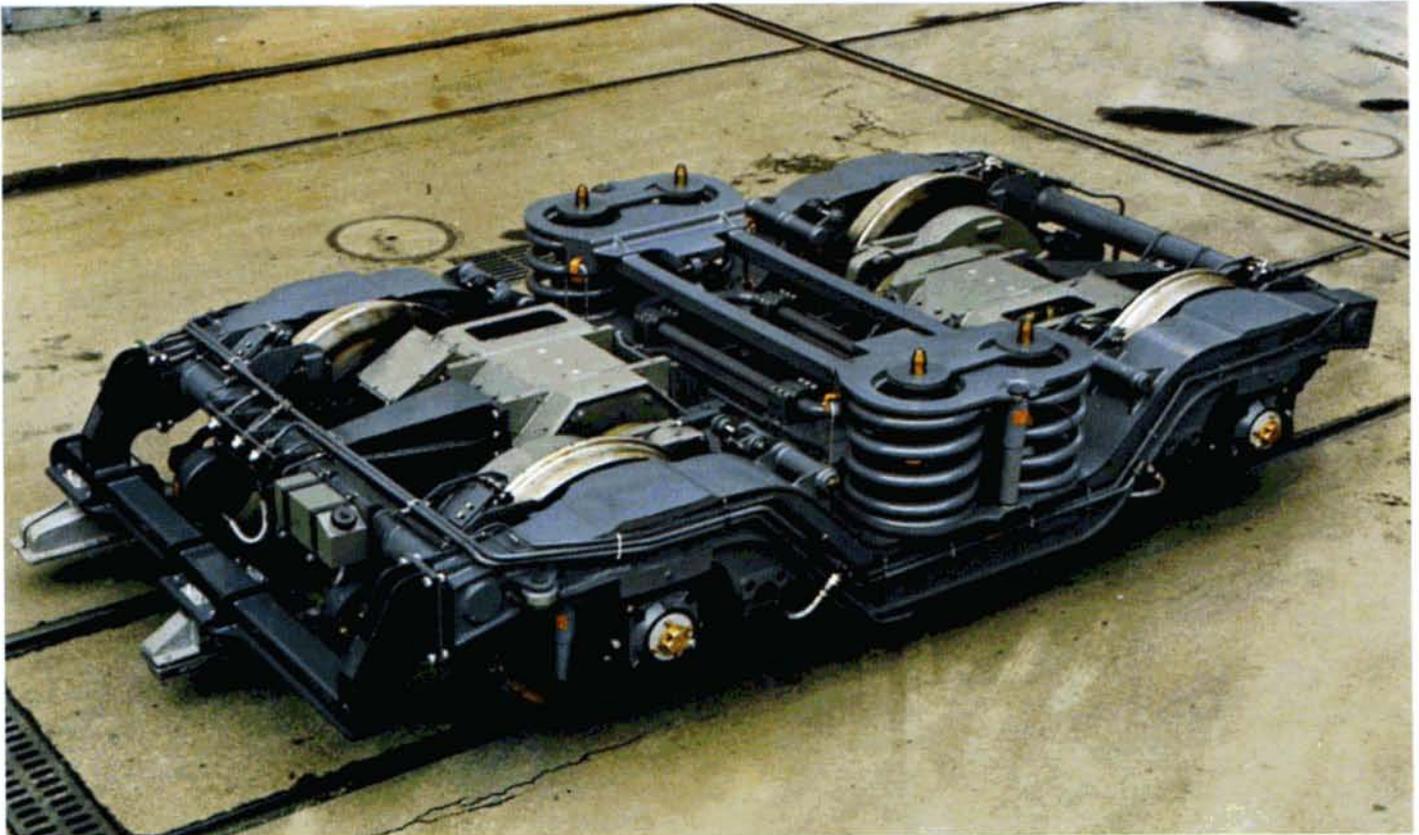
** only guiding bogie

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
 CH-8212 Neuhausen am Rheinfall/Schweiz



Bodensee-Toggenburg-Bahn BT
 Chemin de fer Bodensee-Toggenburg BT
 Bodensee-Toggenburg-Railway BT

Motordrehgestell für elektrische Pendelzüge RABDe 4/12
 Bogie moteur pour trains navette électriques RABDe 4/12
 Motor bogie for electric shuttle train sets RABDe 4/12



Elektrischer Pendelzug
 RABDe 4/12

Train navette électrique
 RABDe 4/12

Electric shuttle train set
 RABDe 4/12

Hauptdaten:

Typ NM: L-GSG 4

Spurweite	1'435 mm
Radstand	2'700 mm
Raddurchmesser (neu)	940 mm
Gewicht	12'860 kg
Drehgestellbelastung statisch	274 kN
Maximalgeschwindigkeit	125 km/h
Stundenleistung pro Motor	425 kW

Données principales:

Typ NM: L-GSG 4

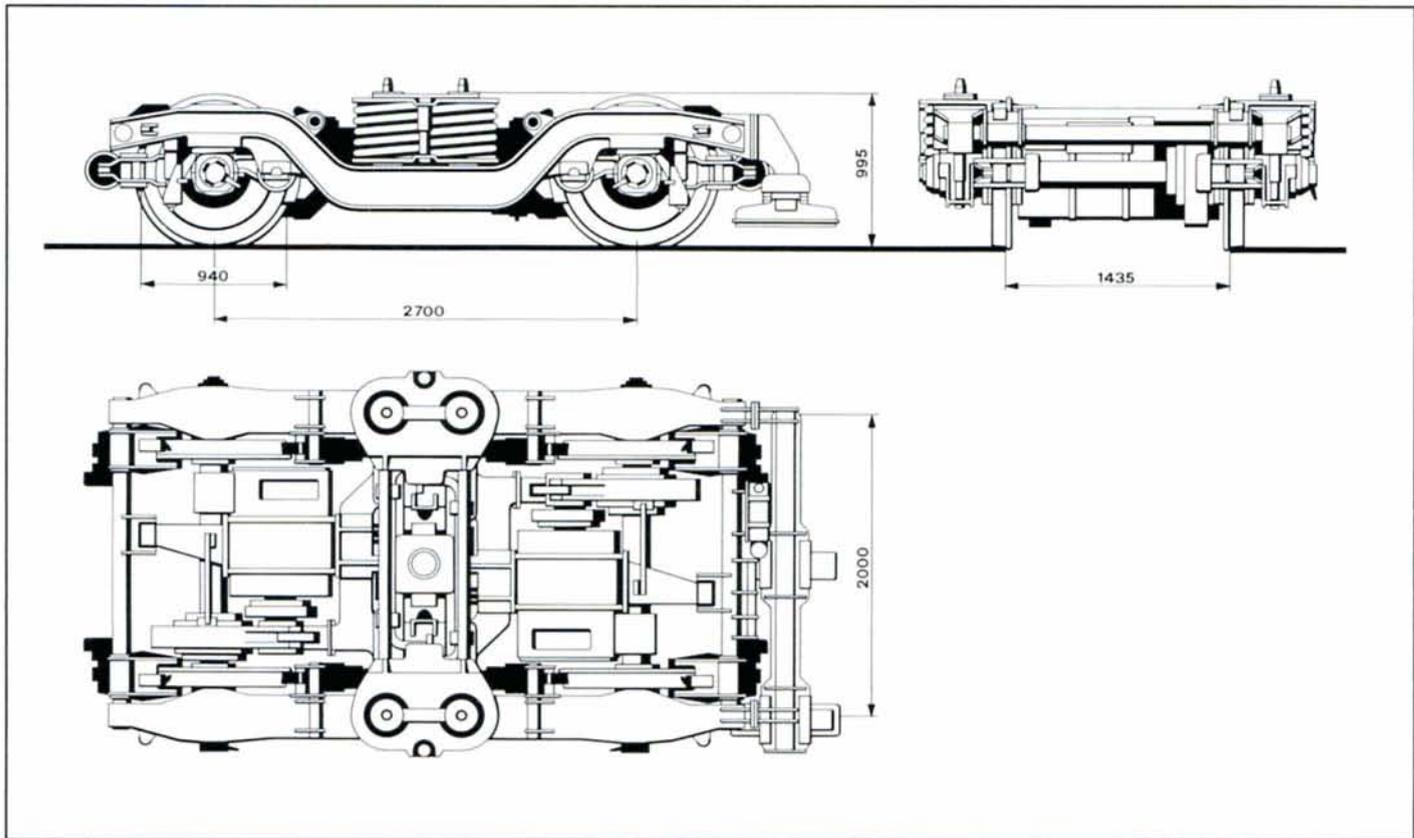
Ecartement des rails	1'435 mm
Empattement des essieux	2'700 mm
Diamètre des roues (neuf)	940 mm
Tare	12'860 kg
Poids statique sur bogie	274 kN
Vitesse max.	125 km/h
Puissance unihoraire par moteur	425 kW

Main data:

Typ NM: L-GSG 4

Gauge	1'435 mm
Wheel base	2'700 mm
Wheel diameter (new)	940 mm
Weight	12'860 kg
Static load on bogie	274 kN
Max. speed	125 km/h
One hour rating per motor	425 kW

Motordrehgestell für elektrische Pendelzüge RABDe 4/12
 Bogie moteur pour trains navette électriques RABDe 4/12
 Motor bogie for electric shuttle train sets RABDe 4/12



Allgemeines

Zweimotoriges Drehgestell mit Parallelantrieb und Gummicoil-Federung

Primärstufe

Lenkerführung mit Stahlfedersätzen

Sekundärstufe

Stahlfedersätze zwischen Gummischichtfedern angeordnet

Antriebsausrüstung

BBC-Gummi-antrieb mit Fahrmotoren der K-Baureihe und Stirnradgetriebe

Bremsausrüstung

Radscheibenbremsen
 Klotzbremseinheiten mit Feder-speicher

Zusatz-ausrüstungen

Wankstütze
 Spurkranzschmierung
 Querspielbegrenzung, kurven-abhängig
 Zugsicherungsmagnet**

** nur Kopfdrehgestell

Généralités

Bogie bimoteur avec commande parallèle et suspension rubber-coil

Suspension primaire

Guidage à bielles et ressorts hélicoïdaux

Suspension secondaire

Ressorts hélicoïdaux montés entre ressorts de caoutchouc stratifiés

Équipement de traction

Commande à caoutchouc BBC avec moteurs de traction de la série K et engrenages droit

Équipement de frein

Frein à disques sur roue
 Unités de frein à sabot avec accumulateur à ressort

Équipements supplémentaires

Stabilisation du roulis
 Graissage des boudins
 Limitation du jeu latéral en fonction du rayon de courbe
 Aimant pour arrêt automatique du train**

** seulement bogie directeur

General

Bi-motor bogie with parallel drive and rubbercoil suspension

Primary suspension

Axle guides and coil springs

Secondary suspension

Coil springs mounted between stratified rubber springs

Propulsion

BBC-rubber drive in connection with K-series traction motors and spur gearing

Brake equipment

Wheel mounted disc brakes
 Spring applied block brake units

Supplementary equipment

Roll stabilization
 Wheel flange lubrication
 Lateral stops dependent upon track radius
 Magnets for automatic train stopping device**

** only guiding bogie

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
 CH-8212 Neuhausen am Rheinfahl/Schweiz



Niederländische Eisenbahnen NS
Chemins de fer Néerlandais NS
Netherlands Railways NS

Motordrehgestell für elektrische Intercity-Triebzüge ICM-1
Bogie moteur pour trains automoteurs électriques intercity ICM-1
Motor bogie for electric intercity train-sets ICM-1



Elektrischer Intercity-Triebzug ICM-1

Train automoteur électrique intercity ICM-1

Electric intercity train-set ICM-1

Hauptdaten:

Typ NM: L-GA 2

Spurweite	1'435 mm
Radstand	2'700 mm
Raddurchmesser (neu)	950 mm
Gewicht	12'100 kg
Drehgestellbelastung statisch	234 kN
Maximalgeschwindigkeit	160 km/h
Stundenleistung pro Motor	202 kW

Données principales:

Typ NM: L-GA 2

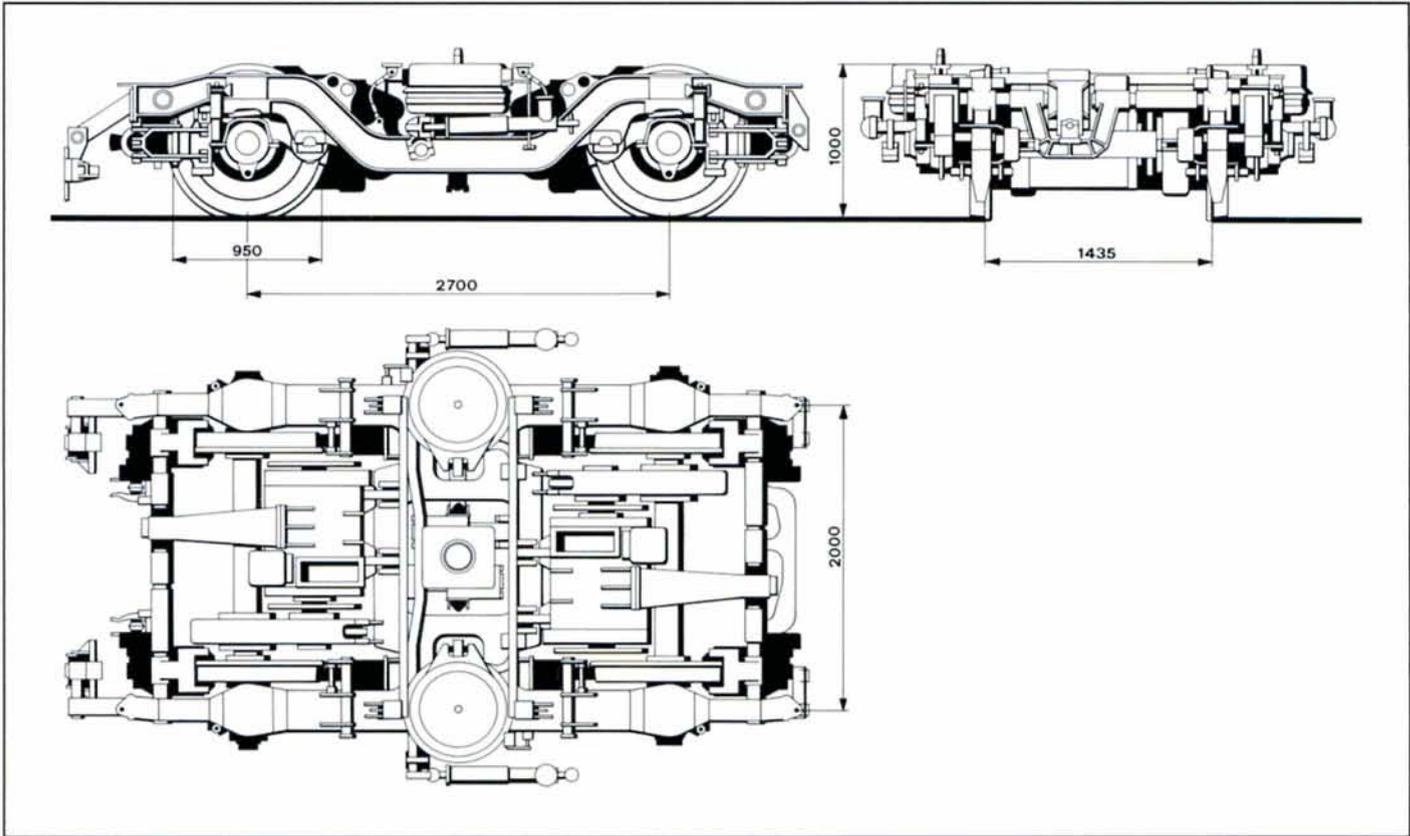
Ecartement des rails	1'435 mm
Empattement des essieux	2'700 mm
Diamètre des roues (neuf)	950 mm
Tare	12'100 kg
Poids statique sur bogie	234 kN
Vitesse max.	160 km/h
Puissance unihoraire par moteur	202 kW

Main data:

Type NM: L-GA 2

Gauge	1'435 mm
Wheel base	2'700 mm
Wheel diameter (new)	950 mm
Weight	12'100 kg
Static load on bogie	234 kN
Max. speed	160 km/h
One hour rating per motor	202 kW

Motordrehgestell für elektrische Intercity-Triebzüge ICM-1
 Bogie moteur pour trains automoteurs électriques intercity ICM-1
 Motor bogie for electric intercity train-sets ICM-1



Allgemeines

Zweimotoriges Drehgestell mit Parallelantrieb und Luftfederung

Primärstufe

Lenkerführung mit Stahlfedersätzen

Sekundärstufe

Luftfedern auf Gummischichtfedern angeordnet

Antriebsausrüstung

Hohlwellenantrieb mit Lamellenkupplung und Stirnradgetriebe

Bremsausrüstung

Radscheibenbremsen
 Klotzbremseinheiten
 Handbremse **

Zusatzrüstungen

Wankstütze
 Drehhemmung, entkoppelt
 Querspielbegrenzung, kurvenabhängig
 Schienenräumer **

** nur Kopfdrehgestell

Généralités

Bogie bimoteur avec commande parallèle et suspension pneumatique

Suspension primaire

Guidage à bielles et ressorts hélicoïdaux

Suspension secondaire

Ressorts pneumatiques posés sur ressorts stratifiés en caoutchouc

Équipement de traction

Commande par arbres creux avec accouplement à lamelles et engrenages droit

Équipement de frein

Frein à disques sur roue
 Unités de frein à sabot
 Frein à main **

Équipements supplémentaires

Stabilisation du roulis
 Amortissement de la rotation, découplé
 Limitation du jeu latéral en fonction du rayon de courbe
 Chasse-pierres **

** seulement bogie directeur

General

Bi-motor bogie with parallel drive and air spring suspension

Primary suspension

Axle guides and coil springs

Secondary suspension

Air springs in series with stratified rubber springs below

Propulsion

Hollow shaft drive with disc clutch and spur gearing

Brake equipment

Wheel mounted disc brakes
 Block brake units
 Parking brake **

Supplementary equipment

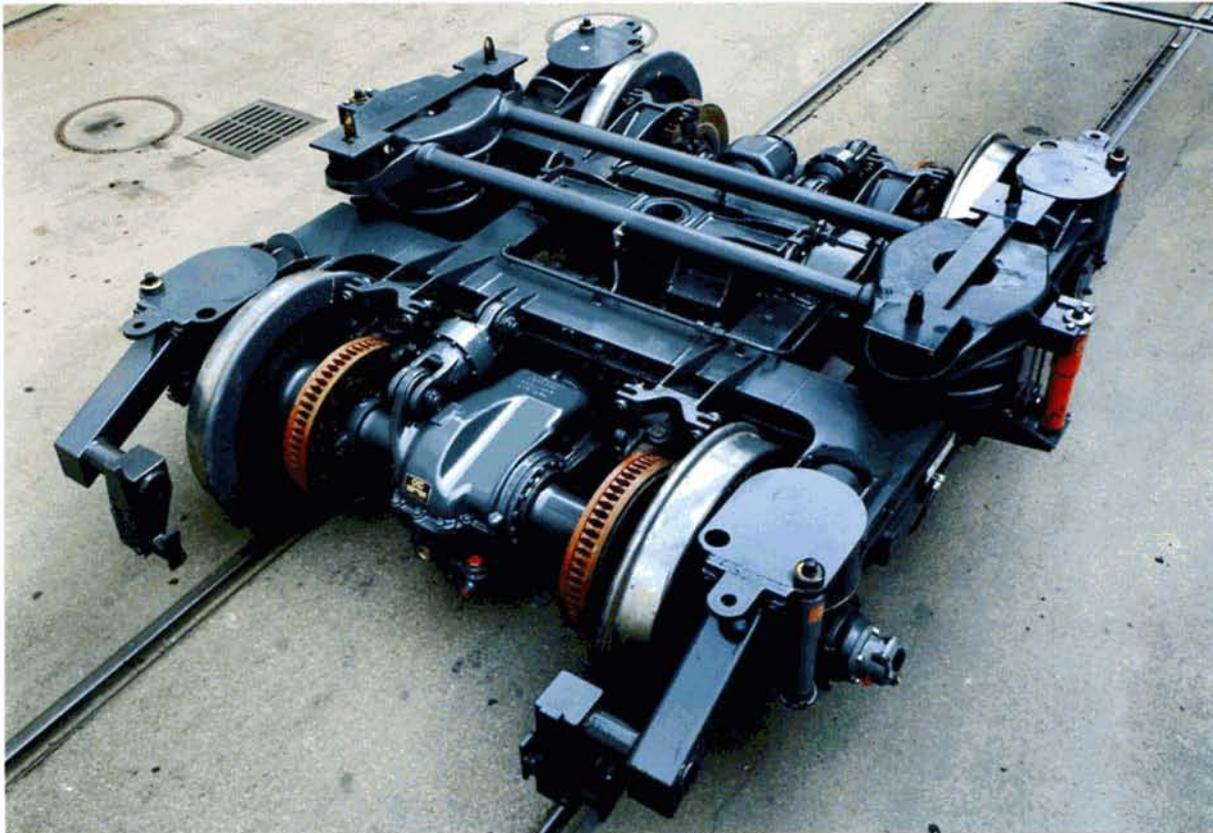
Roll stabilization
 Yaw damping, decoupled
 Lateral stops dependent upon track radius
 Rail guards **

** only guiding bogie

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
 CH-8212 Neuhausen am Rheinfall/Schweiz



Triebdrehgestell für Diesel-hydraulische Triebwagen DH1 und DH2
Bogie commandé pour automotrices Diesel-hydrauliques DH1 et DH2
Powered bogie for Diesel-hydraulic motor cars DH1 and DH2



Diesel-hydraulischer Triebwagen
DH2

Automotrice Diesel-hydraulique
DH2

Diesel-hydraulic motor car
DH2

Hauptdaten:

Typ NT: L-S2G4

Spurweite	1'435 mm
Radstand	2'000 mm
Raddurchmesser (neu)	840 mm
Gewicht	5'750 kg
Drehgestellbelastung statisch	178 kN
Maximalgeschwindigkeit	100 km/h
Stundenleistung pro Motor	191 kW

Données principales:

Typ NT: L-S2G4

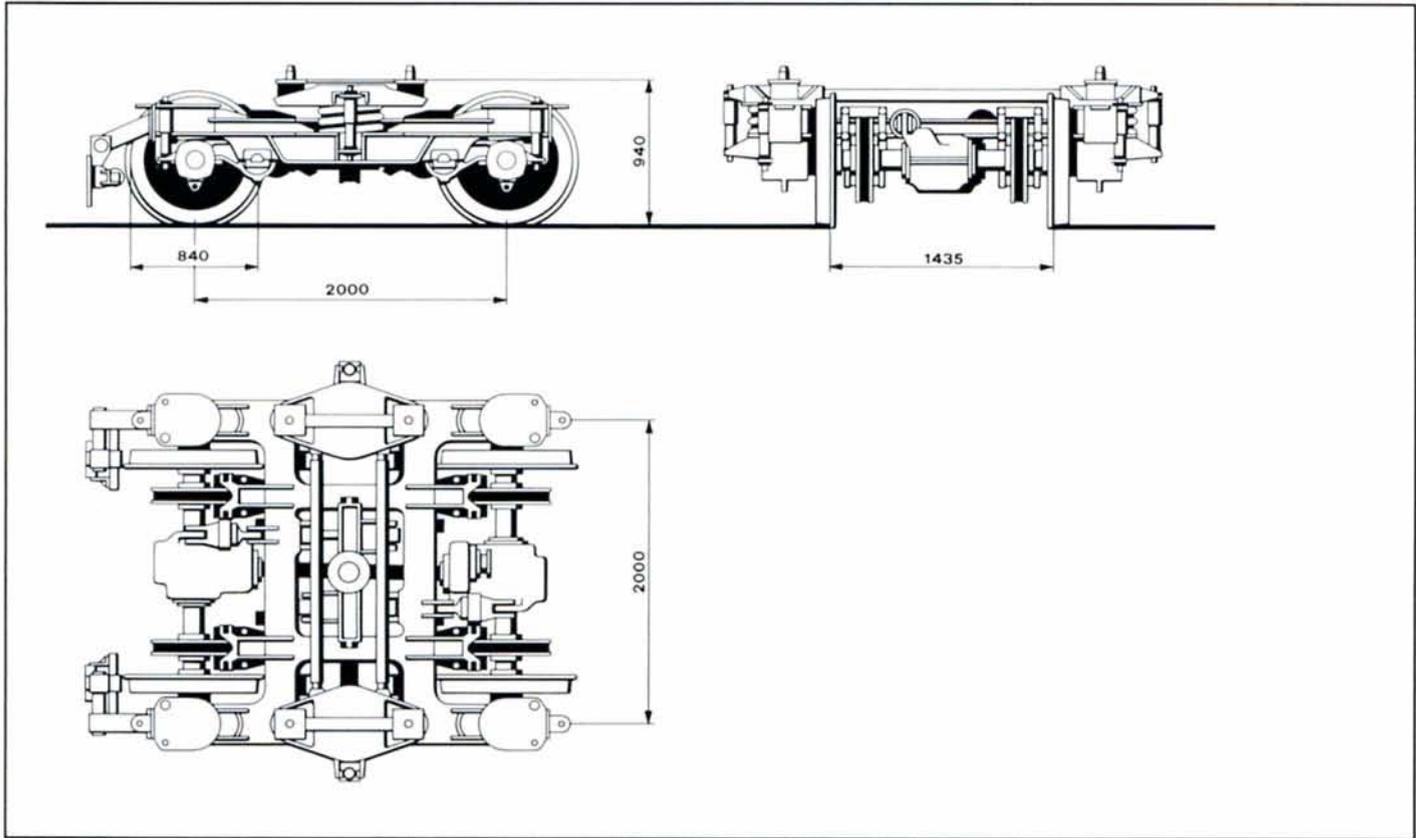
Ecartement des rails	1'435 mm
Empattement des essieux	2'000 mm
Diamètre des roues (neuf)	840 mm
Tare	5'750 kg
Poids statique sur bogie	178 kN
Vitesse max.	100 km/h
Puissance unihoraire par moteur	191 kW

Main data:

Type NT: L-S2G4

Gauge	1'435 mm
Wheel base	2'000 mm
Wheel diameter (new)	840 mm
Weight	5'750 kg
Static load on bogie	178 kN
Max. speed	100 km/h
One hour rating per motor	191 kW

Triebdrehgestell für Diesel-hydraulische Triebwagen DH1 und DH2
 Bogie commandé pour automotrices Diesel-hydrauliques DH1 et DH2
 Powered bogie for Diesel-hydraulic motor cars DH1 and DH2



Allgemeines

Über Gelenkwellen zweiachsig angetriebenes Drehgestell mit Gummicoil-Federung

Primärstufe

Lenkerführung mit Stahlfedersätzen

Sekundärstufe

Stahlfedersätze mit darüber angeordneten Gummischichtfedern

Antriebsausrüstung

Eintrieb auf Vorgelege-Achsgetriebe, Durchtrieb mittels Gelenkwelle auf Achsgetriebe ohne Vorgelege

Bremsausrüstung

Achsscheibenbremsen
 Klotzbremseinheiten *

Zusatz-ausrüstungen

Schienenräumer **

* zusätzlich einbaubar

** nur Kopfdrehgestell

Généralités

Bogie à deux essieux entraînés au moyen d'arbres articulés, suspension rubber-coil

Suspension primaire

Guidage à bielles et ressorts hélicoïdaux

Suspension secondaire

Ressorts hélicoïdaux disposés en série avec des ressorts stratifiés en caoutchouc

Équipement de traction

Entrée sur transmission intermédiaire de l'engrenage, passage au moyen de l'arbre articulé sur l'engrenage d'essieu sans transmission intermédiaire

Équipement de frein

Frein à disques sur essieu
 Unités de frein à sabot *

Équipements supplémentaires

Chasse-pierres **

* sur demande

** seulement bogie directeur

General

Powered bogie with rubbercoil suspension, both axles propelled via articulated drive shaft

Primary suspension

Axle guides and coil springs

Secondary suspension

Coil springs in series with stratified rubber springs on top

Propulsion

Powered onto the entrance axle-gear and further on by a cardan shaft to the second axle-gear

Brake equipment

Axle mounted disc brakes
 Block brake units *

Supplementary equipment

Rail guards **

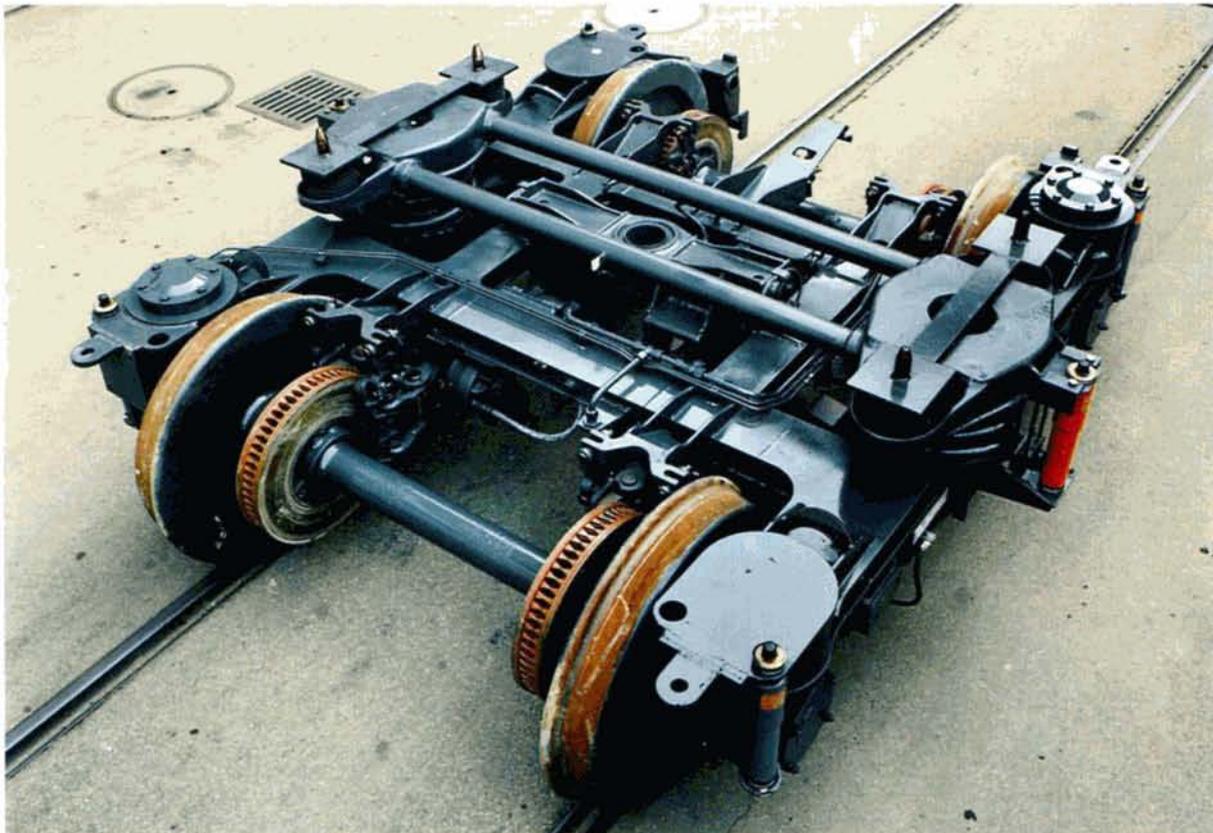
* upon demand

** only guiding bogie

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
 CH-8212 Neuhausen am Rheinfall/Schweiz



Laufdrehgestell für Diesel-hydraulische Triebwagen DH1 und DH2
Bogie porteur pour automotrices Diesel-hydrauliques DH1 et DH2
Trailing bogie for Diesel-hydraulic motor cars DH1 and DH2



Diesel-hydraulischer Triebwagen
DH2

Automotrice Diesel-hydraulique
DH2

Diesel-hydraulic motor car
DH2

Hauptdaten:

Typ NL: L-S2G4

Spurweite	1'435 mm
Radstand	2'000 mm
Raddurchmesser (neu)	840 mm
Gewicht	5'200 kg
Drehgestellbelastung statisch	184 kN
Maximalgeschwindigkeit	100 km/h

Données principales:

Type NL: L-S2G4

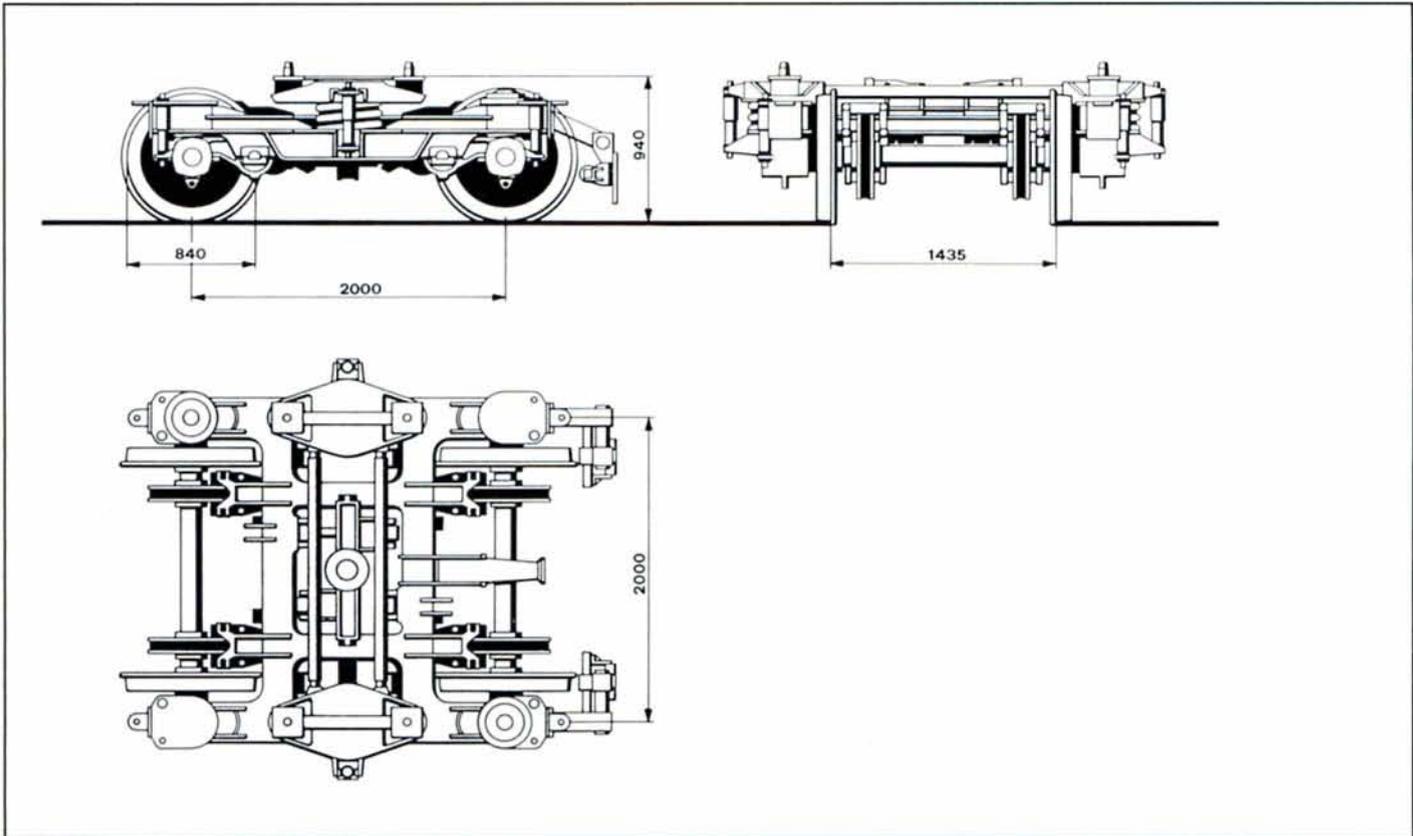
Ecartement des rails	1'435 mm
Empattement des essieux	2'000 mm
Diamètre des roues (neuf)	840 mm
Tare	5'200 kg
Poids statique sur bogie	184 kN
Vitesse max.	100 km/h

Main data:

Type NL: L-S2G4

Gauge	1'435 mm
Wheel base	2'000 mm
Wheel diameter (new)	840 mm
Weight	5'200 kg
Static load on bogie	184 kN
Max. speed	100 km/h

Laufdrehgestell für Diesel-hydraulische Triebwagen DH1 und DH2
 Bogie porteur pour automotrices Diesel-hydrauliques DH1 et DH2
 Trailing bogie for Diesel-hydraulic motor cars DH1 and DH2



Allgemeines

Zweiachsiges Laufdrehgestell mit Gummicoil-Federung

Primärstufe

Lenkerführung mit Stahlfedersätzen

Sekundärstufe

Stahlfedersätze mit darüber angeordneten Gummischichtfedern

Bremsausrüstung

Achsscheibenbremsen
 Handbremse
 Klotzbremseinheiten *
 Magnetschienenbremse *

Zusatzausrüstungen

Schienenräumer **
 Lastwiegeventile

* zusätzlich einbaubar
 ** nur Kopfdrehgestell

Généralités

Bogie porteur à deux essieux avec suspension rubber-coil

Suspension primaire

Guidage à bielles et ressorts hélicoïdaux

Suspension secondaire

Ressorts hélicoïdaux disposés en série avec des ressorts stratifiés en caoutchouc

Équipement de frein

Frein à disques sur essieu
 Frein à main
 Unités de frein à sabot *
 Frein électromagnétique sur rail *

Équipements supplémentaires

Chasse-pierres **
 Soupapes de pesage

* sur demande
 ** seulement bogie directeur

General

Two-axle trailing bogie with rubber coil suspension

Primary suspension

Axle guides and coil springs

Secondary suspension

Coil springs in series with stratified rubber springs on top

Brake equipment

Axle mounted disc brakes
 Parking brake
 Block brake units *
 Electromagnetic rail brake *

Supplementary equipment

Rail guards **
 Pneumatic load weighing system

* upon demand
 ** only guiding bogie

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
 CH-8212 Neuhausen am Rheinflall/Schweiz



Laufdrehgestell für Doppelstockwagen DD
Bogie porteur pour voitures à deux niveaux DD
Trailing bogie for double deck coaches DD



Doppelstockwagen DD
Voiture à deux niveaux DD
Double deck coach DD

Hauptdaten:

Typ NL: L-GA 2

Spurweite	1'435 mm
Radstand	2'500 mm
Raddurchmesser (neu)	920 mm
Gewicht	6'700 kg
Drehgestellbelastung statisch	280 kN
Maximalgeschwindigkeit	140 km/h

Données principales:

Type NL: L-GA 2

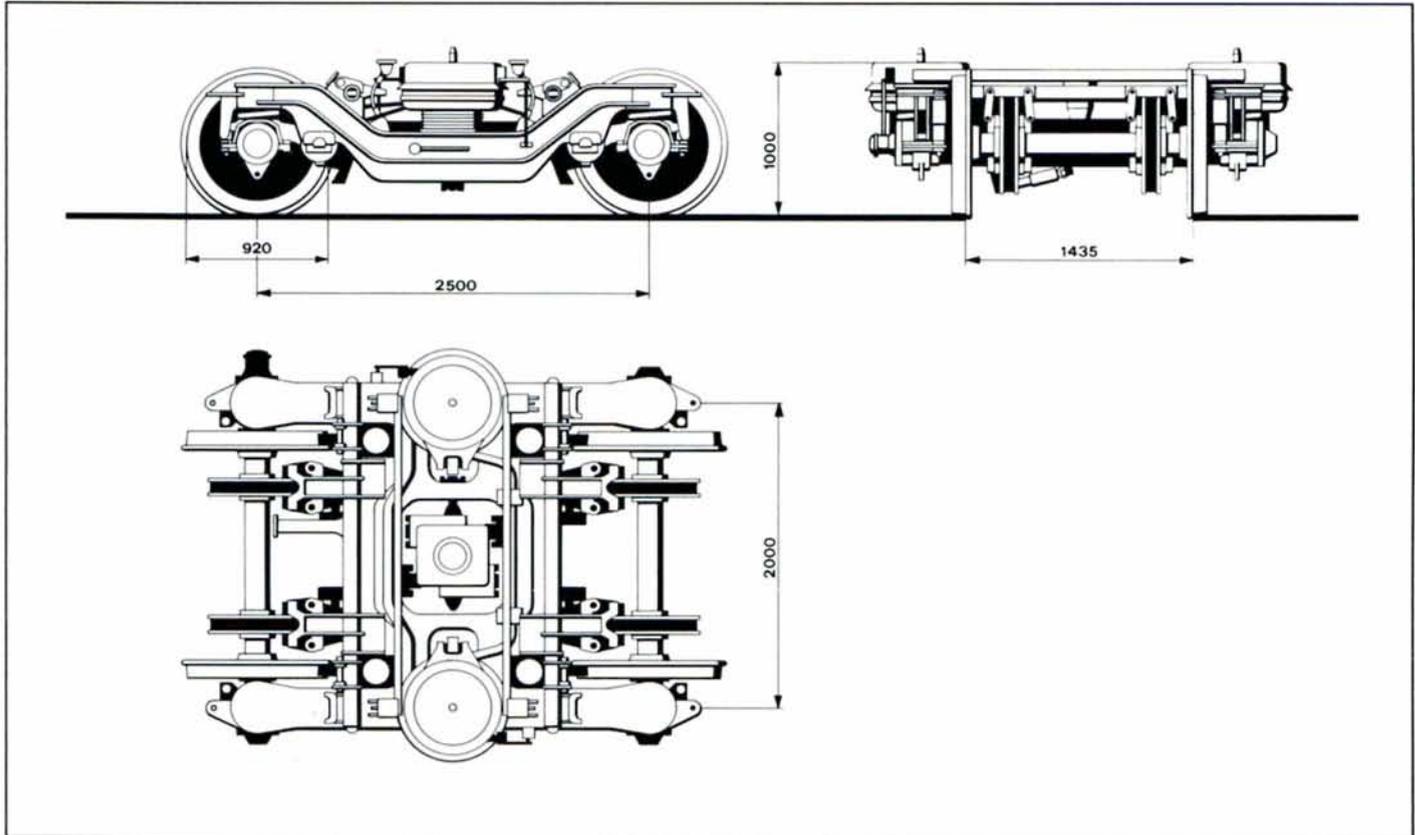
Ecartement des rails	1'435 mm
Empattement des essieux	2'500 mm
Diamètre des roues (neuf)	920 mm
Tare	6'700 kg
Poids statique sur bogie	280 kN
Vitesse max.	140 km/h

Main data:

Type NL: L-GA 2

Gauge	1'435 mm
Wheel base	2'500 mm
Wheel diameter (new)	920 mm
Weight	6'700 kg
Static load on bogie	280 kN
Max. speed	140 km/h

Laufdrehgestell für Doppelstockwagen DD
 Bogie porteur pour voitures à deux niveaux DD
 Trailing bogie for double deck coaches DD



Allgemeines

Zweiachsiges Laufdrehgestell mit Luftfederung

Primärstufe

Lenkerführung mit Stahlfedersätzen

Sekundärstufe

Luftfedern auf Gummischichtfedern angeordnet

Bremsausrüstung

Achsscheibenbremsen
 Klotzbremseinheiten
 Handbremse **
 Magnetschienenbremse *

Zusatzrüstungen

Wankstütze
 Drehhemmung, entkoppelt
 Querspielbegrenzung, kurvenabhängig
 Schienenräumer **

* zusätzlich einbaubar
 ** nur Kopfdrehgestell für Steuerwagen

Généralités

Bogie porteur à deux essieux avec suspension pneumatique

Suspension primaire

Guidage à bielles et ressorts hélicoïdaux

Suspension secondaire

Ressorts pneumatiques posés sur ressorts stratifiés en caoutchouc

Équipement de frein

Frein à disques sur essieu
 Unités de frein à sabot
 Frein à main **
 Frein électromagnétique sur rail *

Équipements supplémentaires

Stabilisation du roulis
 Amortissement de la rotation, découplé
 Limitation du jeu latéral en fonction du rayon de courbe
 Chasse-pierres **

* sur demande
 ** seulement bogie directeur pour voitures pilotes

General

Two-axle trailing bogie with air-spring suspension

Primary suspension

Axle guides and coil springs

Secondary suspension

Air springs in series with stratified rubber springs below

Brake equipment

Axle mounted disc brakes
 Block brake units
 Parking brake **
 Electromagnetic rail brake *

Supplementary equipment

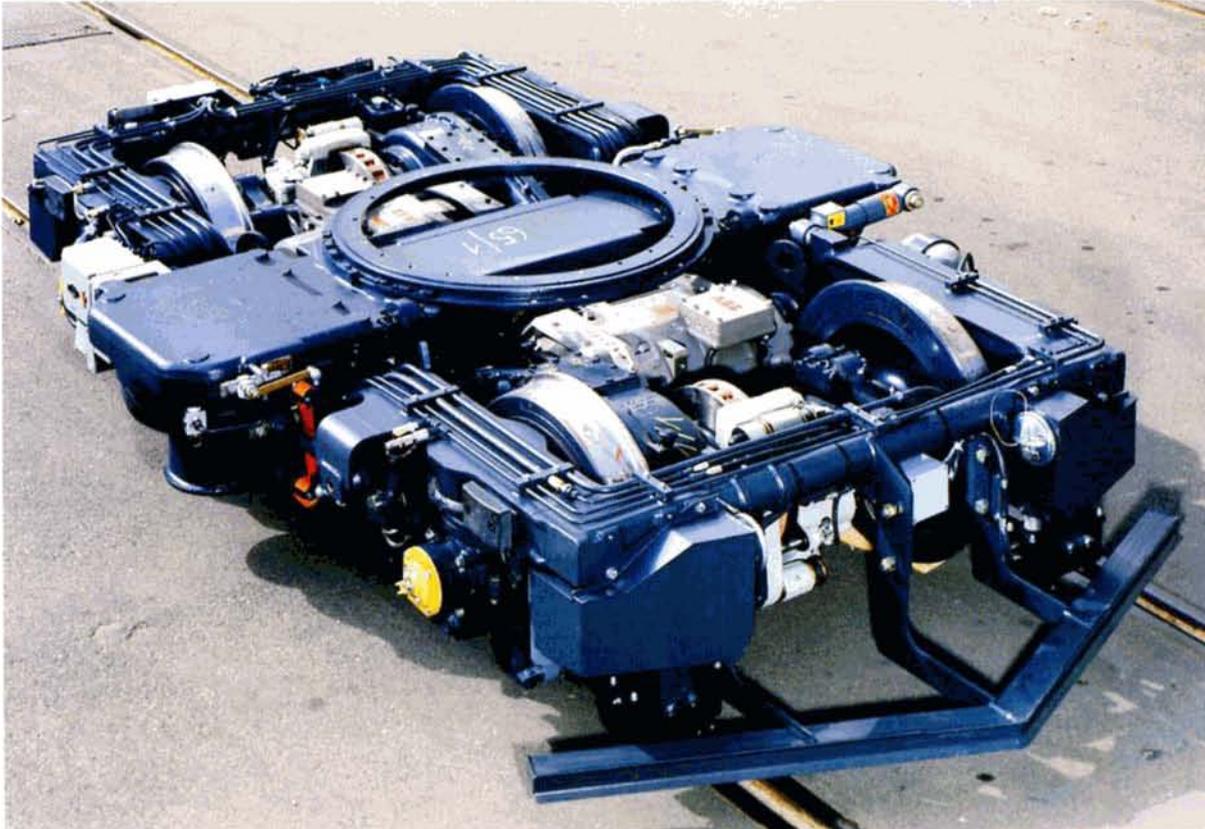
Roll stabilization
 Yaw damping, decoupled
 Lateral stops dependent upon track radius
 Rail guards **

* upon demand
 ** only guiding bogie for driving trailers

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
 CH-8212 Neuhausen am Rheinfal/Schweiz



Motordrehgestell für elektrische Niederflur-Triebzüge (A) Be 4/8
 Bogie moteur pour trains automoteurs électriques à plancher surbaissé (A) Be 4/8
 Motor bogie for electric low-level floor train-sets (A) Be 4/8



Elektrischer Niederflur-Triebzug ABe 4/8

Train automoteur électrique à plancher surbaissé ABe 4/8

Electric low-level floor train-set ABe 4/8

Hauptdaten:

Typ SMA: L-AK sm

Spurweite	1'000 mm
Radstand	2'000 mm
Raddurchmesser (neu)	720 mm
Gewicht	6'000 kg
Drehgestellbelastung statisch	170 kN
Maximalgeschwindigkeit	100 km/h
Stundenleistung pro Motor	150 kW

Données principales:

Type SMA: L-AK sm

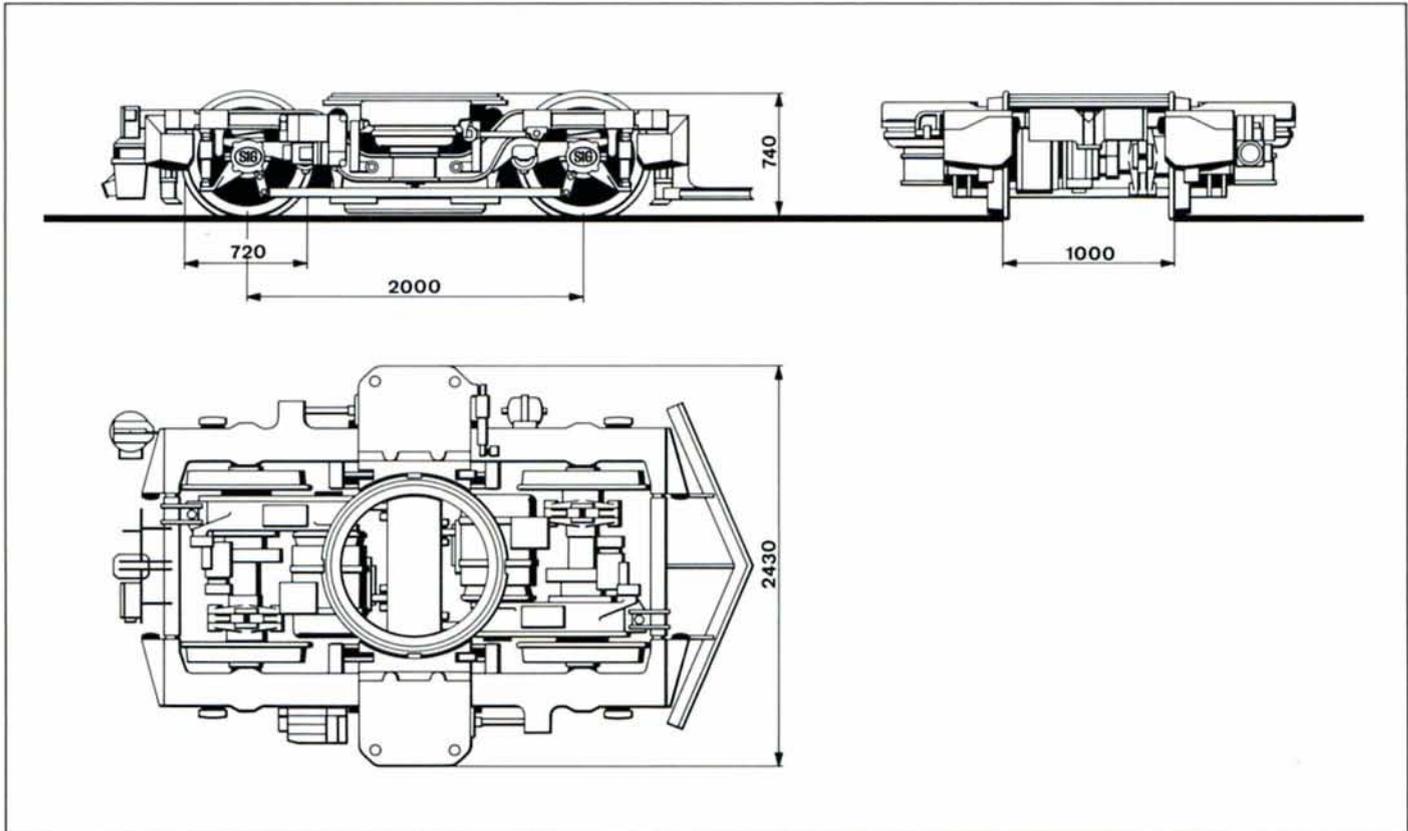
Ecartement des rails	1'000 mm
Empattement des essieux	2'000 mm
Diamètre des roues (neuf)	720 mm
Tare	6'000 kg
Poids statique sur bogie	170 kN
Vitesse max.	100 km/h
Puissance unihoraire par moteur	150 kW

Main data:

Type SMA: L-AK sm

Gauge	1'000 mm
Wheel base	2'000 mm
Wheel diameter (new)	720 mm
Weight	6'000 kg
Static load on bogie	170 kN
Max. speed	100 km/h
One hour rating per motor	150 kW

Motordrehgestell für elektrische Niederflur-Triebzüge (A) Be 4/8
 Bogie moteur pour trains automoteurs électriques à plancher surbaissé (A) Be 4/8
 Motor bogie for electric low-level floor train-sets (A) Be 4/8



Allgemeines

Zweimotoriges Drehgestell mit Parallelantrieb und Luftfederung

Primärstufe

Lenkerführung mit Stahlfedersätzen

Sekundärstufe

Luftfedern auf Gummischichtfedern angeordnet
zweiteiliger Kugeldrehkranz

Antriebsausrüstung

Einzelachsantrieb mit ABB-Drehstrommotoren, Stirnradgetrieben und Kardangelenkkupplungen

Bremsausrüstung

Elektrohydraulische Achsscheibenbremse mit Federspeicher
Magnetschienenbremse

Zusatz-ausrüstungen

Schienenräumer
Sandstreuer

Généralités

Bogie bimoteur avec commande parallèle et suspension pneumatique

Suspension primaire

Guidage à bielles et ressorts hélicoïdaux

Suspension secondaire

Ressorts pneumatiques posés sur ressorts stratifiés en caoutchouc
couronne à billes bipartite

Équipement de traction

Commande individuelle des essieux avec moteurs triphasés ABB, engrenages droits et accouplement à cardan l'arbre

Équipement de frein

Frein électrohydraulique à disques sur essieu avec accumulateurs à ressort
Frein électromagnétique sur rail

Équipements supplémentaires

Chasse-pierres
Sablières

General

Bi-motor bogie with parallel drive and air spring suspension

Primary suspension

Axle guides and coil springs

Secondary suspension

Air springs in series with stratified rubber springs below bipartite circular ball bearing

Propulsion

Individual axle drive with ABB - three-phase motors, spur gearing and cardan joint clutches

Brake equipment

Electrohydraulic axle mounted disc brake, spring applied
Electromagnetic rail brake

Supplementary equipment

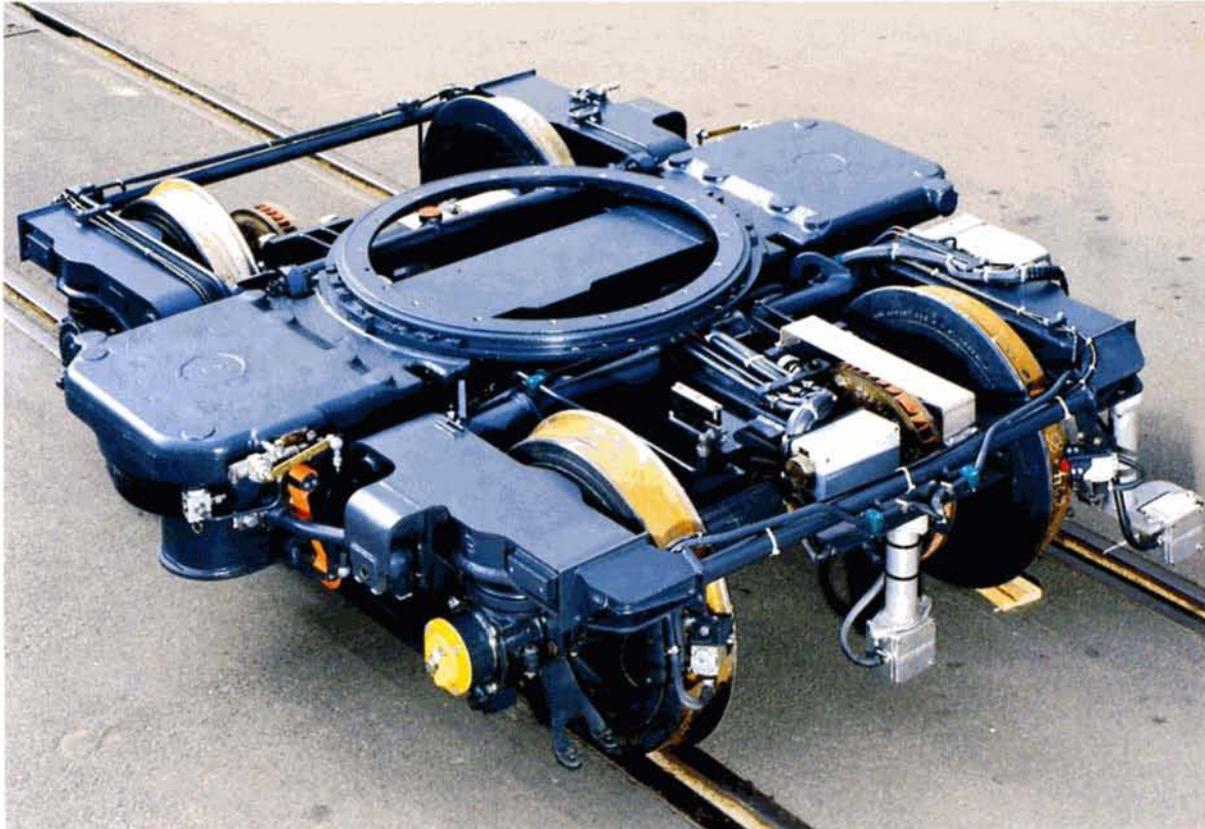
Rail guards
Sand distributors

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
CH-8212 Neuhausen am Rheinfall/Schweiz



Regionalverkehr Bern-Solothurn RBS / Wynental-Suhrentalbahn WSB / Bremgarten-Dietikon Bahn BD
 Services Regionaux de Berne-Solothurn RBS / Chemins de fer de Wynental-Suhrental WSB / Chemins de fer de
 Bremgarten-Dietikon BD
 Bern-Solothurn Regional Service RBS / Wynental-Suhrental Railway WSB / Bremgarten-Dietikon Railway BD

Laufdrehgestell für elektrische Niederflur-Triebzüge (A) Be 4/8
 Bogie porteur pour trains automoteurs électriques à plancher surbaissé (A) Be 4/8
 Trailing bogie for electric low-level floor train-sets (A) Be 4/8



Elektrischer Niederflur-Triebzug ABe 4/8

Train automoteur électrique à plancher surbaissé ABe 4/8

Electric low-level floor train-set ABe 4/8

Hauptdaten:

Typ SLA: L-AK sm

Spurweite	1'000 mm
Radstand	1'800 mm
Raddurchmesser (neu)	720 mm
Gewicht	3'600 kg
Drehgestellbelastung statisch	170 kN
Maximalgeschwindigkeit	100 km/h

Données principales:

Type SLA: L-AK sm

Ecartement des rails	1'000 mm
Empattement des essieux	1'800 mm
Diamètre des roues (neuf)	720 mm
Tare	3'600 kg
Poids statique sur bogie	170 kN
Vitesse max.	100 km/h

Main data:

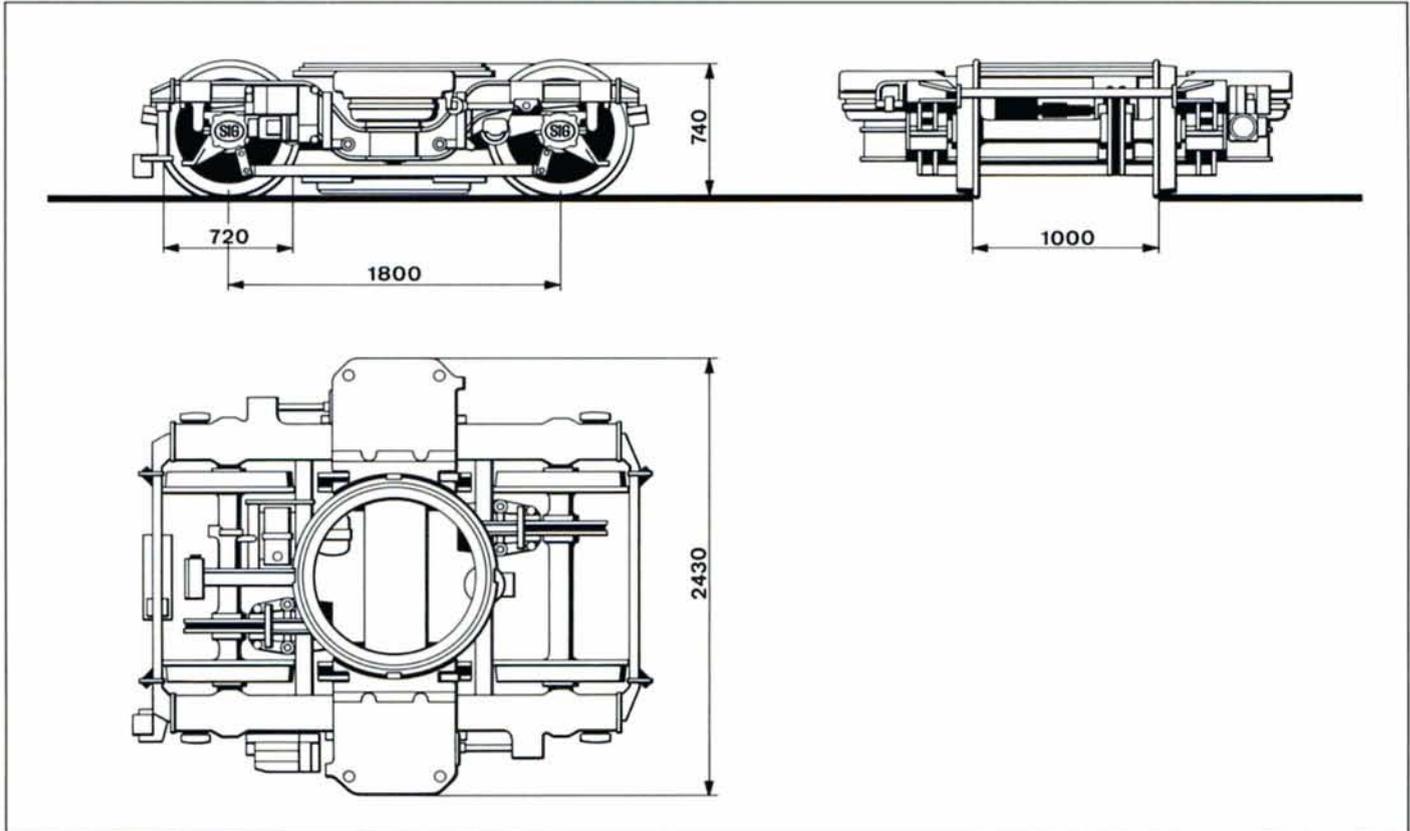
Type SLA: L-AK sm

Gauge	1'000 mm
Wheel base	1'800 mm
Wheel diameter (new)	720 mm
Weight	3'600 kg
Static load on bogie	170 kN
Max. speed	100 km/h

Laufdrehgestell für elektrische Niederflur-Triebzüge (A) Be 4/8

Bogie porteur pour trains automoteurs électriques à plancher surbaissé (A) Be 4/8

Trailing bogie for electric low-level floor train-sets (A) Be 4/8



Allgemeines

Zweiachsiges Laufdrehgestell mit Luftfederung

Primärstufe

Lenkerführung mit Stahlfedersätzen

Sekundärstufe

Luftfedern auf Gummischichtfedern angeordnet
zweiteiliger Kugeldrehkranz

Bremsausrüstung

Elektrohydraulische Achsscheibenbremse
Magnetschienenbremse

Zusatzausrüstungen

Schienenräumer*
Spurkranzschmierung

* zusätzlich einbaubar

Généralités

Bogie porteur à deux essieux avec suspension pneumatique

Suspension primaire

Guidage à bielles et ressorts hélicoïdaux

Suspension secondaire

Ressorts pneumatiques posés sur ressorts stratifiés en caoutchouc couronne à billes bipartite

Équipement de frein

Frein électrohydraulique à disques sur essieu
Frein électromagnétique sur rail

Équipements supplémentaires

Chasse-pierres*
Graissage des boudins

* sur demande

General

Two-axle trailing bogie with spring suspension

Primary suspension

Axle guides and coil springs

Secondary suspension

Air springs in series with stratified rubber springs below bipartite circular ball bearing

Brake equipment

Electrohydraulic axle mounted disc brake
Electromagnetic rail brake

Supplementary equipment

Rail guards*
Wheel flange lubrication

* upon demand

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
CH-8212 Neuhausen am Rheinfall/Schweiz



Developments in the Design of Running Gears

for Light Rail Vehicles



Tram Toronto



RBS Tram Be 4/8

Low Level Floor – Light Vehicle



VBZ Tram 2000



Type COBRA 370
100 % Low Level Floor



BVB Tram Be 4/4



BLT Tram Be 4/8 with low level floor middle part

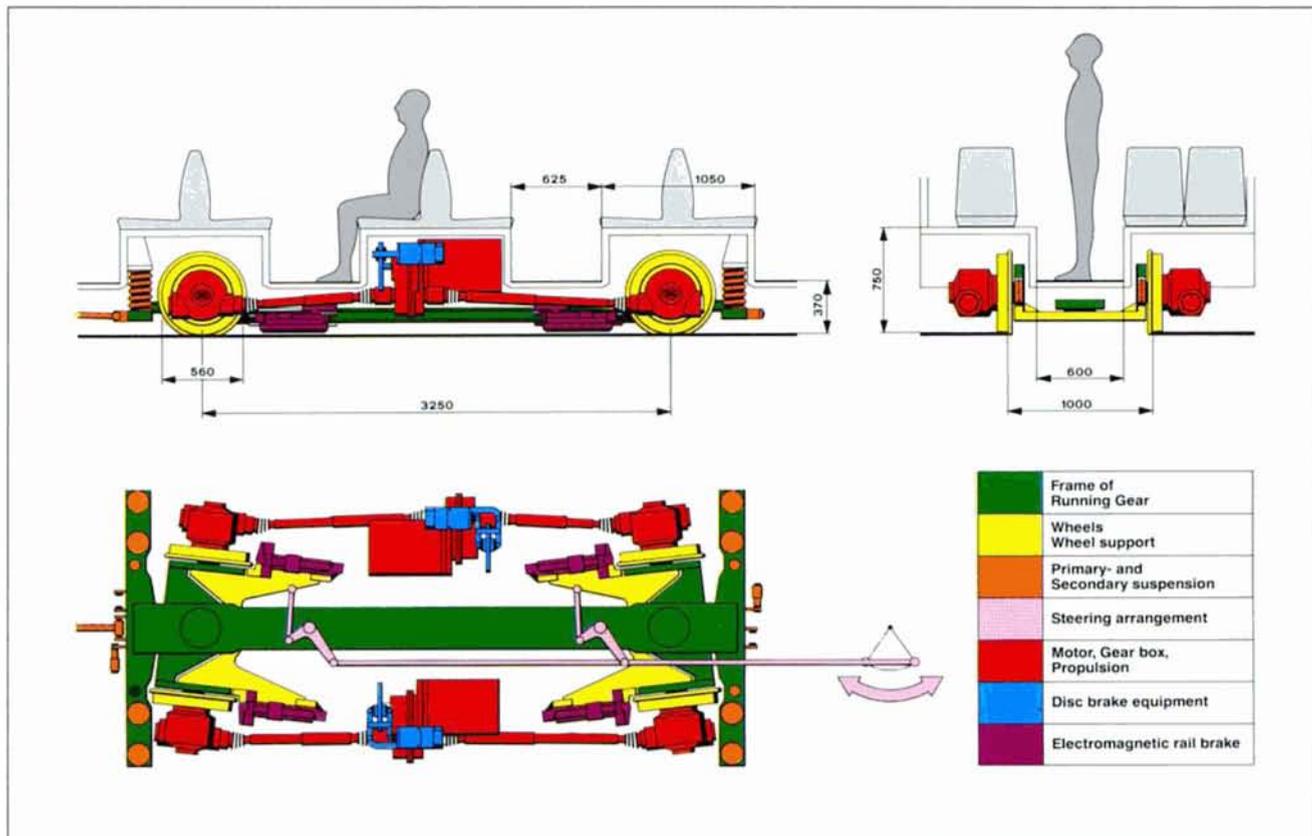


Tram Utrecht

Angetriebenes Fahrwerk Typ COBRA 370 mit lenkbaren Einzelaufwerken für Niederflur-Stadtbahnwagen

Mécanisme de roulement commandés de type COBRA 370 avec essieux individuels orientables pour métros à plancher surbaissé

Powered Running Gear Type COBRA 370 with steerable axles for Low Level Floor Streetcars



Allgemeines

Unter dem Namen COBRA verbirgt sich ein fahrgastfreundliches Fahrwerkskonzept, welches die Realisation von Stadtbahn-Gelenkwagen mit einem durchgehenden, stufenlosen Fussboden in Niederflerbauweise und optimierten Einstiegverhältnissen ermöglicht. Diese Fahrwerke sind für den Oberflächenverkehr ausgelegt und speziell für die engen Kurvenradien der vorhandenen Normal- und Schmalspurstrecken geeignet. Der optimale Kurvenlauf wird durch gesteuerte Radsätze erreicht, welche ebenfalls den Rad-/Schiene-Verschleiss und die Kurvenquietsch-Geräusche vermindern. Um dies zu erreichen, werden die Radsätze über eine mechanische Einrichtung vom benachbarten Wagenkastenteil aus gesteuert, so dass sie sich tangential zum Kurvenradius ausrichten. Der Antrieb der Räder erfolgt durch zwei Drehstrom-Asynchronmotoren über je zwei Kardan-Gelenkwellen auf jeweils beide Räder einer Seite. Die Motoren sind am Wagenkasten aufgehängt, der seinerseits mittels Stahl- oder Gummifedern beziehungsweise über Luftfedern auf dem Fahrwerkrahmen abgefedert ist. Weiter ist eine Primärfederstufe zwischen den Rädern und der abgekröpften Radbrücke angeordnet, so dass das gesamte Fahrwerk abgefedert ist. Die Bremsausrüstung besteht aus einer lastabhängigen Scheibenbremsanlage, die direkt auf der Motorwelle sitzt. Zusätzlich ist jedes Rad mit einer Magnetschienenbremse ausgestattet. Die Maximalgeschwindigkeit beträgt bis zu 80 km/h und die statische Fahrwerkbelastung 150 kN. Im gezeigten Anwendungsfall betragen der Raddurchmesser 560 mm (neu), der Radstand 3250 mm und das Gewicht ca. 3000 kg.

Généralités

Le nom COBRA concerne un concept de mécanisme de roulement apprécié des passagers qui permet la réalisation de voitures de métros articulées possédant un plancher continu, sans marches, de construction surbaissée, et offrant des conditions d'accès idéales. Ces mécanismes de roulement sont conçus pour le trafic de surface et ils conviennent spécialement aux fortes courbures des voies normales et étroites existantes. La marche optimale dans les courbes est obtenue par des essieux orientables, qui réduisent également l'usure des roues et des rails de même que les bruits de frottement. Pour atteindre ceci, les essieux sont guidés par un dispositif mécanique depuis la caisse de la voiture voisine, de telle sorte qu'ils s'alignent tangentiellement par rapport au rayon de la courbe. La commande des roues se fait par deux moteurs asynchrones triphasés, par l'intermédiaire de deux articulations de cardan, sur les deux roues d'un côté. Les moteurs sont suspendus à la caisse de la voiture, qui est suspendue secondaire elle-même par des ressorts hélicoïdaux/caoutchouc ou ressorts pneumatiques. En outre, un étage de suspension primaire est disposé entre les roues et les ponts coulés, de telle sorte que tout le mécanisme de roulement est suspendu. L'équipement de frein se compose d'une installation de freins à disque dépendante de la charge, qui se trouve directement sur l'arbre moteur. Chaque roue est en plus équipée d'un frein électromagnétique agissant sur les rails. La vitesse maximale se monte à 80 km/h et la charge statique sur le mécanisme de roulement est de 150 kN. Dans le cas d'application présenté, le diamètre des roues est de 560 mm (nouveau), l'empattement 3250 mm et le poids d'environ 3000 kg.

General

The designation COBRA stands for a passenger-oriented running gear, which allows the realization of articulated streetcars with a continuous, stepless low-level floor and optimized access facilities. These running gears were specially designed for surface operation and small track radii for utilization on all existing standard and narrow gauge networks. The optimum curve handling behaviour is based on steerable axles, which reduce the wheel/rail wear and warrant silent curve negotiation. To accomplish this, the axles are steered by a mechanical arrangement from the adjacent car body, so that the wheel sets will be tangential to the curve radius. The propulsion of the wheels is achieved by two asynchronous induction motors with two cardan shafts, each to the outer wheel pair. The motors are fixed to the car body, which is suspended by coil- or rubber springs, respectively by air springs on the frame of the running gear. A further primary suspension is installed between the wheels and the bent wheel transom, so that the whole running gear is suspended. The brake equipment consists of a load dependent disc brake acting directly on the motor shafts. Additionally every wheel is equipped with an electromagnetic rail brake. The maximum speed is up to 80 km/h and the static load on the running gear can be 150 kN. In the case shown, the wheel diameter is 560 mm (new), the wheel base is 3250 mm and the weight is 3000 kg.



SIG Swiss Industrial Company
CH-8212 Neuhausen Rhine Falls

Motordrehgestell für 6-achsige Strassenbahn-Gelenktriebwagen Be 4/6 «Tram 2000»
 Bogie moteur pour voitures tramway articulées à 6 essieux Be 4/6 «Tram 2000»
 Motor bogie for 6-axle articulated light rail vehicles Be 4/6 «Tram 2000»



Strassenbahn-Gelenktriebwagen
 Be 4/6 «Tram 2000»

Voiture tramway articulée
 Be 4/6 «Tram 2000»

Articulated light rail vehicle
 Be 4/6 «Tram 2000»

Hauptdaten:

Typ SMT: W-SK

Spurweite	1'000 mm
Radstand	1'700 mm
Raddurchmesser (neu)	660 mm
Gewicht	4'060 kg
Drehgestellbelastung statisch	105 kN
Maximalgeschwindigkeit	65 km/h
Stundenleistung pro Motor	138 kW

Données principales:

Type SMT: W-SK

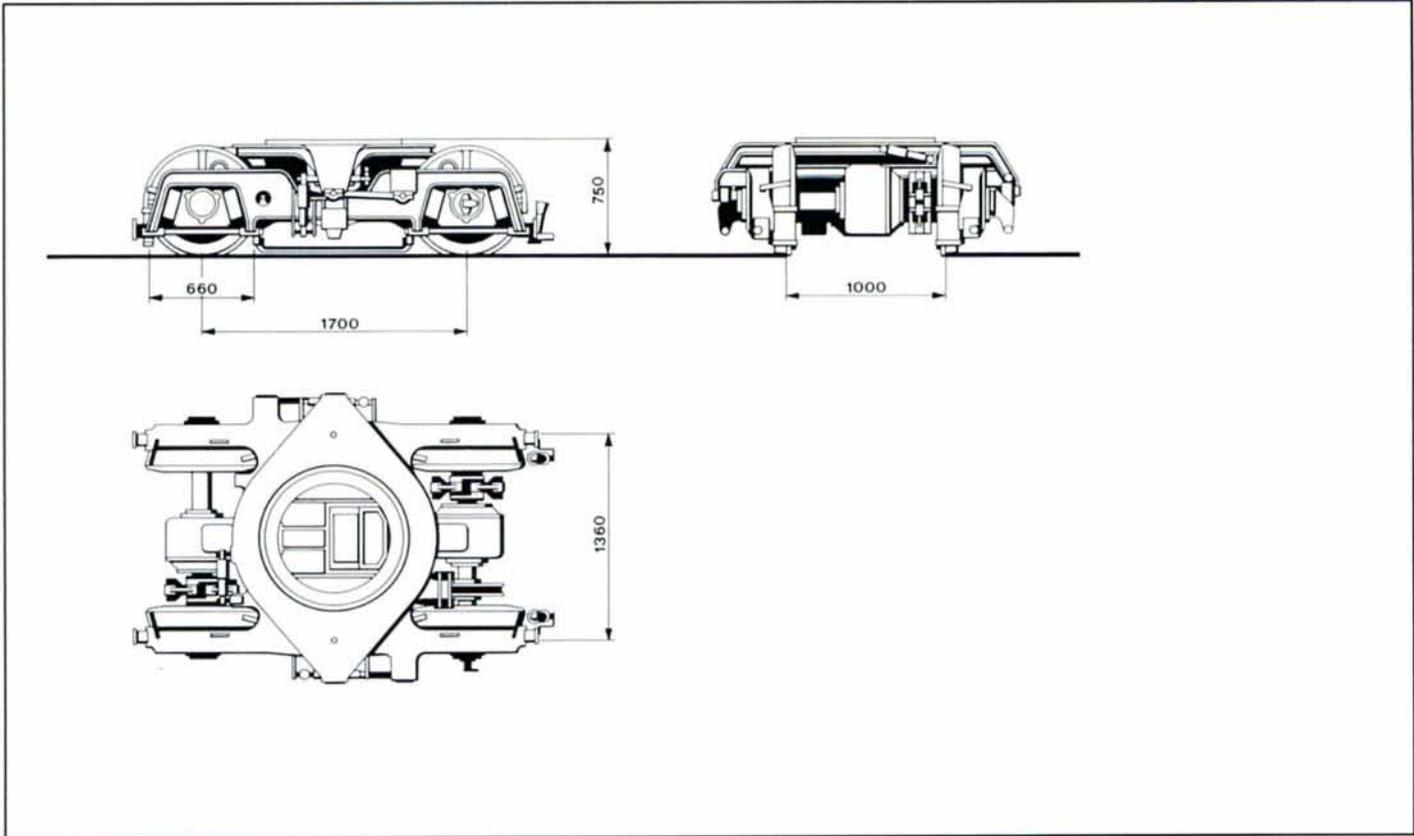
Ecartement des rails	1'000 mm
Empattement des essieux	1'700 mm
Diamètre des roues (neuf)	660 mm
Tare	4'060 kg
Poids statique sur bogie	105 kN
Vitesse max.	65 km/h
Puissance unihoraire par moteur	138 kW

Main data:

Type SMT: W-SK

Gauge	1'000 mm
Wheel base	1'700 mm
Wheel diameter (new)	660 mm
Weight	4'060 kg
Static load on bogie	105 kN
Max. speed	65 km/h
One hour rating per motor	138 kW

Motordrehgestell für 6-achsige Strassenbahn-Gelenktriebwagen Be 4/6 «Tram 2000»
 Bogie moteur pour voitures tramway articulées à 6 essieux Be 4/6 «Tram 2000»
 Motor bogie for 6-axle articulated light rail vehicles Be 4/6 «Tram 2000»



Allgemeines

Monomotor-Drehgestell mit Längsantrieb und gummitgefederten Rädern

Primärstufe

Radsatzführung und Primärfederung mit Gummi-Winkelschichtfedern

Sekundärstufe

Über sphärische Gummikalotten gelagerte Stahlfedern mit innenliegenden Gummihohlfedern, zweiteiliger Kugeldrehkranz

Antriebsausrüstung

Längsliegender Fahrmotor mit Hypoid-Hohlwellenachsgetrieben und Hurth-Kardangelkuppungen

Bremsausrüstung

Achsscheibenbremse mit Feder-speicher
 Magnetschienenbremse

Zusatz-ausrüstungen

Radverschaltungen
 Sandstreuer

Généralités

Bogie monomoteur avec commande longitudinale et roues à suspension élastique

Suspension primaire

Guidage de l'essieu monté et suspension primaire par caoutchouc stratifié fonctionnant en compression et au cisaillement

Suspension secondaire

Ressorts hélicoïdaux s'appuyant sur des calottes sphériques de caoutchouc avec ressorts de caoutchouc creux à l'intérieur, couronne à billes bipartite

Équipement de traction

Moteur de traction longitudinal avec engrenages hypoïde et arbres creux, ainsi que des accouplements articulés Hurth

Équipement de frein

Frein à disque sur essieu avec accumulateur à ressort
 Frein électromagnétique sur rail

Équipements supplémentaires

Recouvrements de roue
 Sablières

General

Longitudinally mounted mono-motor bogie with resilient wheels

Primary suspension

Axle guide and primary suspension by chevron type rubber springs acting in compression and shear

Secondary suspension

Coil springs seated on spherical rubber calottes with inner hollow rubber springs, bipartite circular ball bearing

Propulsion

Longitudinally mounted traction motor with hypoid hollowshaft gears and Hurth-cardan drives

Brake equipment

Axle mounted disc brake, spring applied
 Electromagnetic rail brake

Supplementary equipment

Wheel coverings
 Sand distributors

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
 CH-8212 Neuhausen am Rheinfall/Schweiz



Verkehrsbetriebe der Stadt Zürich VBZ
 Transports Publics Zurich VBZ
 Zurich Transit Authority VBZ

Laufdrehteil für 6-achsige Strassenbahn-Gelenktriebwagen Be 4/6 «Tram 2000»
 Bogie porteur pour voitures tramway articulées à 6 essieux Be 4/6 «Tram 2000»
 Trailing bogie for 6-axle articulated light rail vehicles Be 4/6 «Tram 2000»



Strassenbahn-Gelenktriebwagen
 Be 4/6 «Tram 2000»

Voiture tramway articulée
 Be 4/6 «Tram 2000»

Articulated light rail vehicle
 Be 4/6 «Tram 2000»

Hauptdaten:

Typ SLT: W-SK

Spurweite	1'000 mm
Radstand	1'700 mm
Raddurchmesser (neu)	660 mm
Gewicht	2'500 kg
Drehgestellbelastung statisch	64 kN
Maximalgeschwindigkeit	65 km/h

Données principales:

Type SLT: W-SK

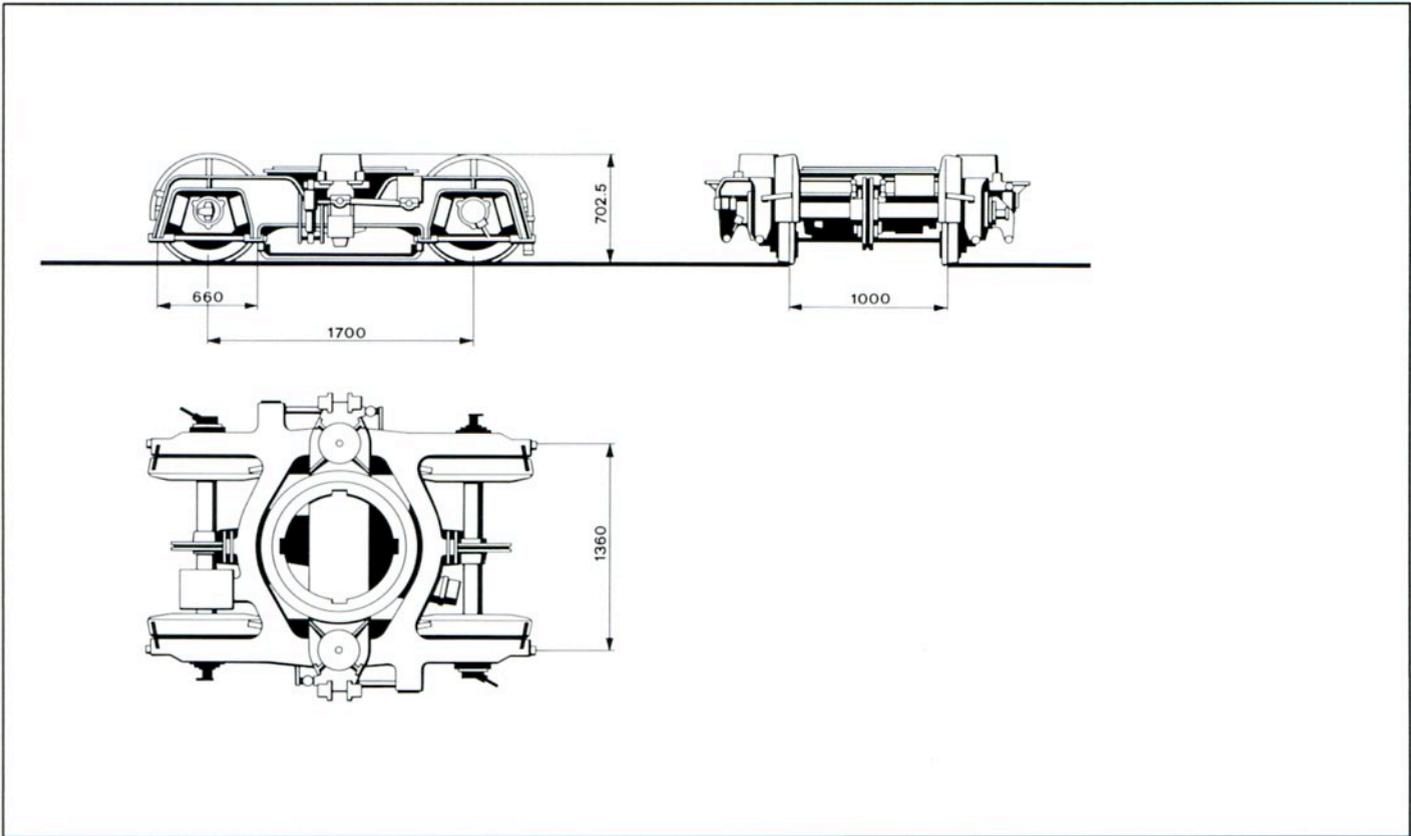
Ecartement des rails	1'000 mm
Empattement des essieux	1'700 mm
Diamètre des roues (neu)	660 mm
Tare	2'500 kg
Poids statique sur bogie	64 kN
Vitesse max.	65 km/h

Main data:

Type SLT: W-SK

Gauge	1'000 mm
Wheel base	1'700 mm
Wheel diameter (new)	660 mm
Weight	2'500 kg
Static load on bogie	64 kN
Max. speed	65 km/h

Laufdrehgestell für 6-achsige Strassenbahn-Gelenktriebwagen Be 4/6 «Tram 2000»
 Bogie porteur pour voitures tramway articulées à 6 essieux Be 4/6 «Tram 2000»
 Trailing bogie for 6-axle articulated light rail vehicles Be 4/6 «Tram 2000»



Allgemeines

Laufdrehgestell mit gummigefederten Rädern und dreiteiligem Kugeldrehkranz für die Abstützung beider Wagenkasten-Hälften

Primärstufe

Radsatzführung und Primärfederung mit Gummi-Winkelschichtfedern

Sekundärstufe

Über sphärische Gummikalotten gelagerte Stahlfedern mit innenliegenden Gummihohlfedern, dreiteiliger Kugeldrehkranz

Bremsausrüstung

Achsscheibenbremsen mit Feder-speicher
 Magnetschienenbremse

Zusatzausrüstungen

Radverschaltungen

Généralités

Bogie porteur avec roues à suspension élastique et couronne à billes tripartite pour l'appui des deux moitiés de la caisse

Suspension primaire

Guidage de l'essieu monté et suspension primaire par caoutchouc stratifié fonctionnant en compression et au cisaillement

Suspension secondaire

Ressorts hélicoïdaux s'appuyant sur des calottes sphériques de caoutchouc avec ressorts de caoutchouc creux à l'intérieur, couronne à billes tripartite

Équipement de frein

Frein à disques sur essieu avec accumulateurs à ressort
 Frein électromagnétique sur rail

Équipements supplémentaires

Recouvrements de roue

General

Trailing bogie with resilient wheels and tripartite circular ball bearing for the support of the two carbody sections

Primary suspension

Axle guide and primary suspension by chevron type rubber springs acting in compression and shear

Secondary suspension

Coil springs seated on spherical rubber calottes with inner hollow rubber springs, tripartite circular ball bearing

Brake equipment

Axle mounted disc brakes, spring applied
 Electromagnetic rail brake

Supplementary equipment

Wheel coverings

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
 CH-8212 Neuhausen am Rheinfall/Schweiz



Forchbahn FB
 Chemin de fer de la Forch FB
 Forch Railroad FB

Motordrehgestell für 8-achsige Zweirichtungs-Doppeltriebwagen Be 8/8
 Bogie moteur pour automotrices jumelées à 8 essieux bi-directionnelles Be 8/8
 Motor bogie for 8-axle bi-directional twin light rail vehicles Be 8/8



Zweirichtungs-Doppeltriebwagen
 Be 8/8

Automotrice jumelée bi-direction-
 nelle Be 8/8

Bi-directional twin light rail vehicle
 Be 8/8

Hauptdaten:

Typ SMT: W-SK

Spurweite	1'000 mm
Radstand	1'700 mm
Raddurchmesser (neu)	660 mm
Gewicht	4'060 kg
Drehgestellbelastung statisch	119 kN
Maximalgeschwindigkeit	65 km/h
Stundenleistung pro Motor	138 kW

Données principales:

Type SMT: W-SK

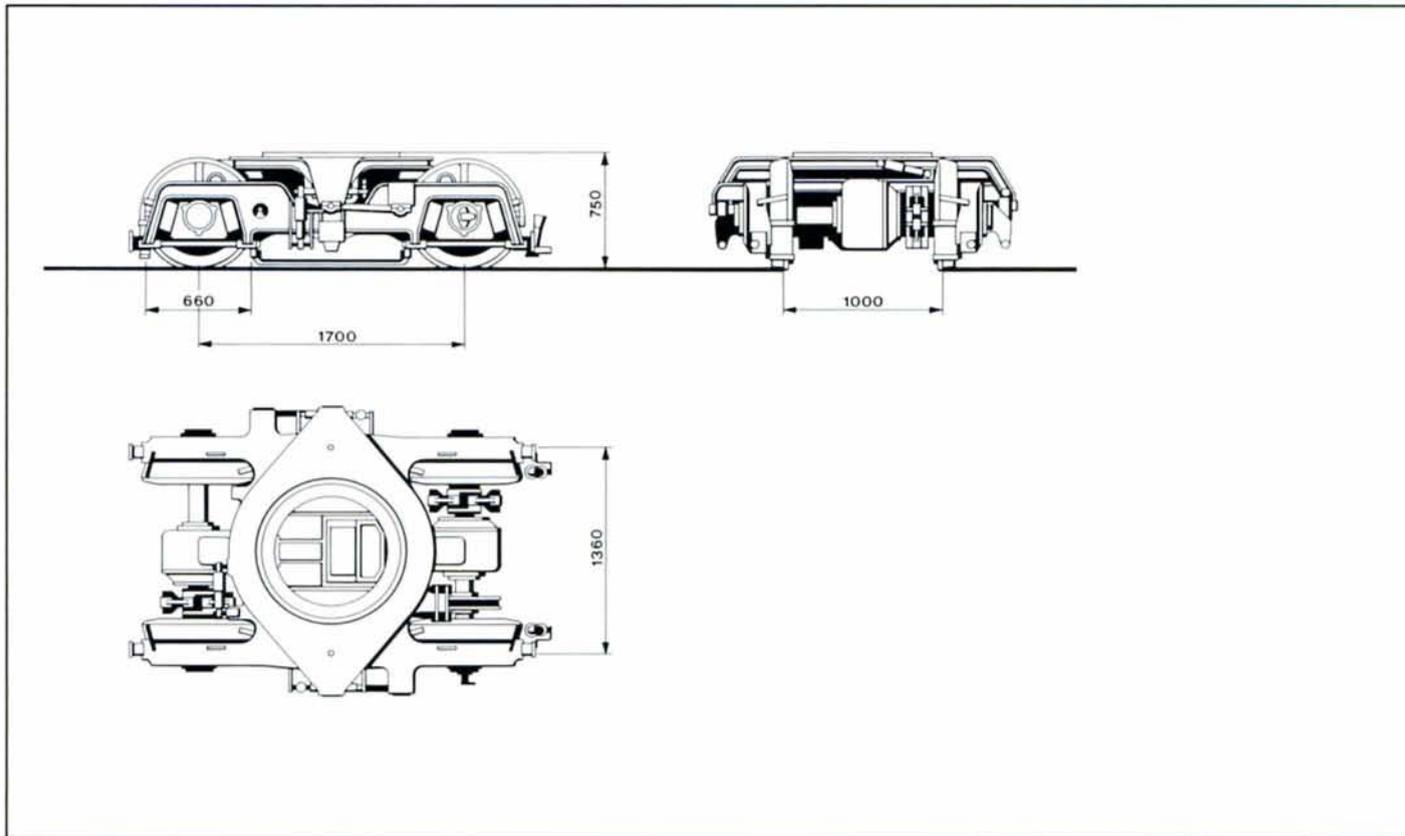
Ecartement des rails	1'000 mm
Empattement des essieux	1'700 mm
Diamètre des roues (neuf)	660 mm
Tare	4'060 kg
Poids statique sur bogie	119 kN
Vitesse max.	65 km/h
Puissance unihoraire par moteur	138 kW

Main data:

Type SMT: W-SK

Gauge	1'000 mm
Wheel base	1'700 mm
Wheel diameter (new)	660 mm
Weight	4'060 kg
Static load on bogie	119 kN
Max. speed	65 km/h
One hour rating per motor	138 kW

Motordrehgestell für 8-achsige Zweirichtungs-Doppeltriebwagen Be 8/8
 Bogie moteur pour automotrices jumelées à 8 essieux bi-directionnelles Be 8/8
 Motor bogie for 8-axle bi-directional twin light rail vehicles Be 8/8



Allgemeines

Monomotor-Drehgestell mit Längsantrieb und gummigefederten Rädern

Primärstufe

Radsatzführung und Primärfederung mit Gummi-Winkelschichtfedern

Sekundärstufe

Über sphärische Gummikalotten gelagerte Stahlfedern mit innenliegenden Gummihohlfedern, zweiteiliger Kugeldrehkranz

Antriebsausrüstung

Längsliegender Fahrmotor mit Hypoid-Hohlwellenachsgetriebenen und Hurth-Kardangelkuppungen

Bremsausrüstung

Achsscheibenbremse mit Feder-speicher
 Magnetschienenbremse

Zusatzausrüstungen

Radverschalungen
 Sandstreuer

Généralités

Bogie monomoteur avec commande longitudinale et roues à suspension élastique

Suspension primaire

Guidage de l'essieu monté et suspension primaire par caoutchouc stratifié fonctionnant en compression et au cisaillement

Suspension secondaire

Ressorts hélicoïdaux s'appuyant sur des calottes sphériques de caoutchouc avec ressorts de caoutchouc creux intérieurs, couronne à billes bipartite

Équipement de traction

Moteur de traction longitudinal avec engrenages hypoïde et arbres creux, ainsi que des accouplements articulés Hurth

Équipement de frein

Frein à disque sur essieu avec accumulateur à ressort
 Frein électromagnétique sur rail

Équipements supplémentaires

Recouvrements de roue
 Sablières

General

Longitudinally mounted mono-motor bogie with resilient wheels

Primary suspension

Axle guide and primary suspension by chevron rubber springs acting in compression and shear

Secondary suspension

Coil springs seated on spherical rubber calottes with inner hollow rubber springs, bipartite circular ball bearing

Propulsion

Longitudinally mounted traction motor with hypoid hollowshaft gears and Hurth-cardan drives

Brake equipment

Axle mounted disc brake, spring applied
 Electromagnetic rail brake

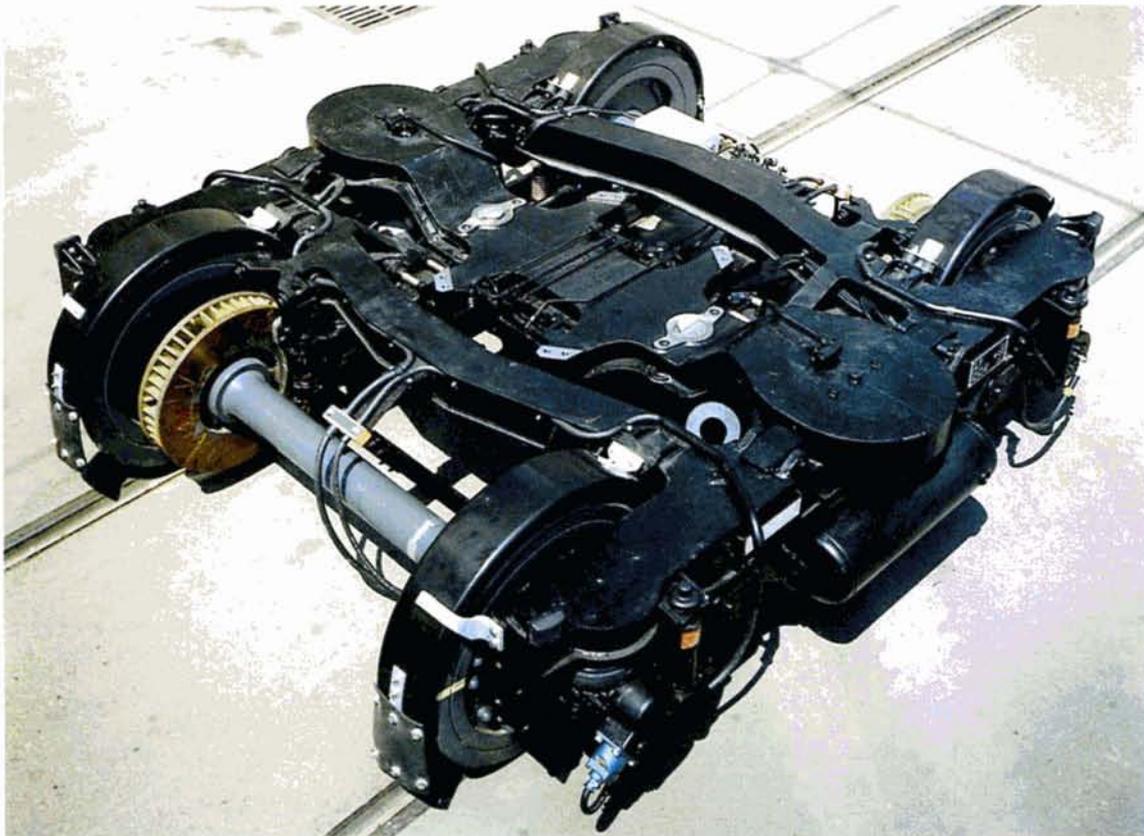
Supplementary equipment

Wheel coverings
 Sand distributors

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
 CH-8212 Neuhausen am Rheinfall/Schweiz



Laufdreigestell für 6-achsige Zweirichtungs-Gelenktriebwagen
 Bogie porteur pour automotrices articulées bidirectionnelles à 6 essieux
 Trailing bogie for 6-axle bi-directional articulated light rail vehicles



Zweirichtungs-Gelenktriebwagen

Automotrice articulée
 bidirectionnelle

Bi-directional articulated light rail
 vehicle

Hauptdaten:

Typ NLT: L-AK

Spurweite	1'435 mm
Radstand	1'920 mm
Raddurchmesser (neu)	720 mm
Gewicht	3'700 kg
Drehgestellbelastung statisch	126 kN
Maximalgeschwindigkeit	80 km/h

Données principales:

Type NLT: L-AK

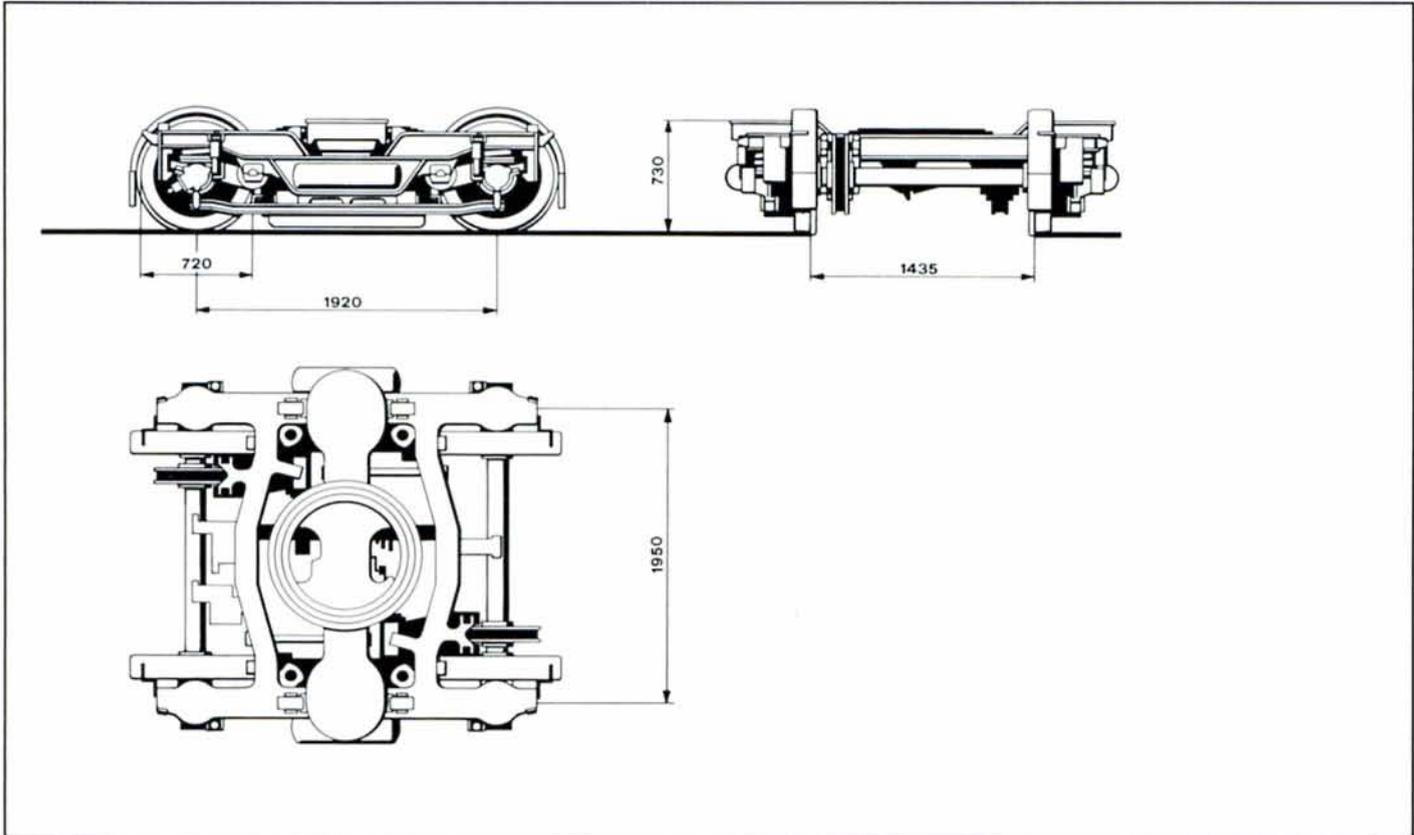
Ecartement des rails	1'435 mm
Empattement des essieux	1'920 mm
Diamètre des roues (neuf)	720 mm
Tare	3'700 kg
Poids statique sur bogie	126 kN
Vitesse max.	80 km/h

Main data:

Type NLT: L-AK

Gauge	1'435 mm
Wheel base	1'920 mm
Wheel diameter (new)	720 mm
Weight	3'700 kg
Static load on bogie	126 kN
Max. speed	80 km/h

Laufdrehgestell für 6-achsige Zweirichtungs-Gelenktriebwagen
 Bogie porteur pour automotrices articulées bidirectionnelles à 6 essieux
 Trailing bogie for 6-axle bi-directional articulated light rail vehicles



Allgemeines

Laufdrehgestell mit gummigefederten Rädern und dreiteiligem Kugeldrehkranz für die Abstützung beider Wagenkasten-Hälften

Primärstufe

Lenkerführung mit Stahlfedersätzen

Sekundärstufe

Luftfedern und dreiteiliger Kugeldrehkranz

Bremsausrüstung

Achsscheibenbremsen mit Feder-speicher
 Magnetschienenbremse

Zusatzausrüstungen

Radverschaltungen

Généralités

Bogie porteur avec roues à suspension élastique et couronne à billes tripartite comme appui des deux moitiés de voiture

Suspension primaire

Guidage à bielles et ressorts hélicoïdaux

Suspension secondaire

Ressorts pneumatiques et couronne à billes tripartite

Équipement de frein

Frein à disques sur essieu avec accumulateurs à ressort
 Frein électromagnétique sur rail

Équipement supplémentaire

Recouvrements de roue

General

Trailing bogie with resilient wheels and tripartite circular ball bearing for the support of the two carbody sections

Primary suspension

Axle guides and coil springs

Secondary suspension

Air springs and tripartite circular ball bearing

Brake equipment

Axle mounted disc brakes, spring applied
 Electromagnetic rail brake

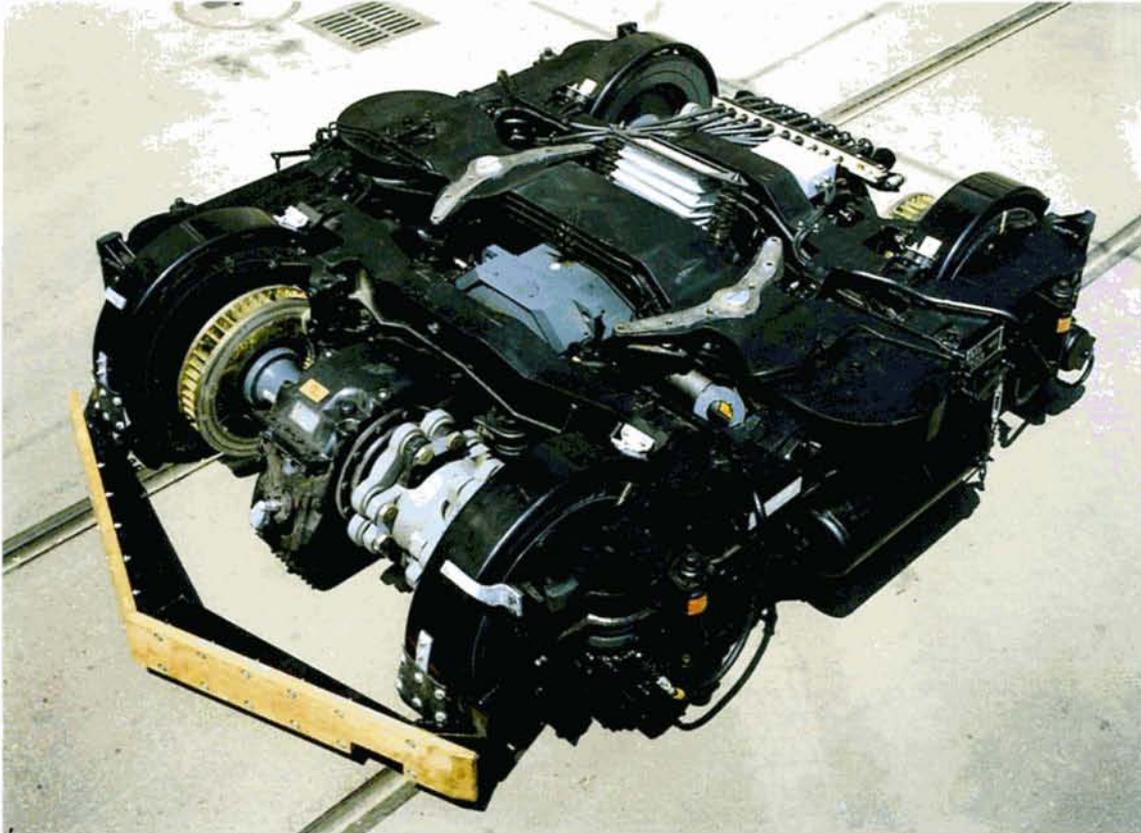
Supplementary equipment

Wheel coverings

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
 CH-8212 Neuhausen am Rheinfahl/ Schweiz



Motordrehgestell für 6-achsige Zweirichtungs-Gelenktriebwagen
 Bogie moteur pour automotrices articulées bidirectionnelles à 6 essieux
 Motor bogie for 6-axle bi-directional articulated light rail vehicles



Zweirichtungs-Gelenktriebwagen

Automotrice articulée bidirectionnelle

Bi-directional articulated light rail vehicle

Hauptdaten:

Typ NMT: L-AK

Spurweite	1'435 mm
Radstand	1'920 mm
Raddurchmesser (neu)	720 mm
Gewicht	5'650 kg
Drehgestellbelastung statisch	148 kN
Maximalgeschwindigkeit	80 km/h
Stundenleistung pro Motor	248 kW

Données principales:

Type NMT: L-AK

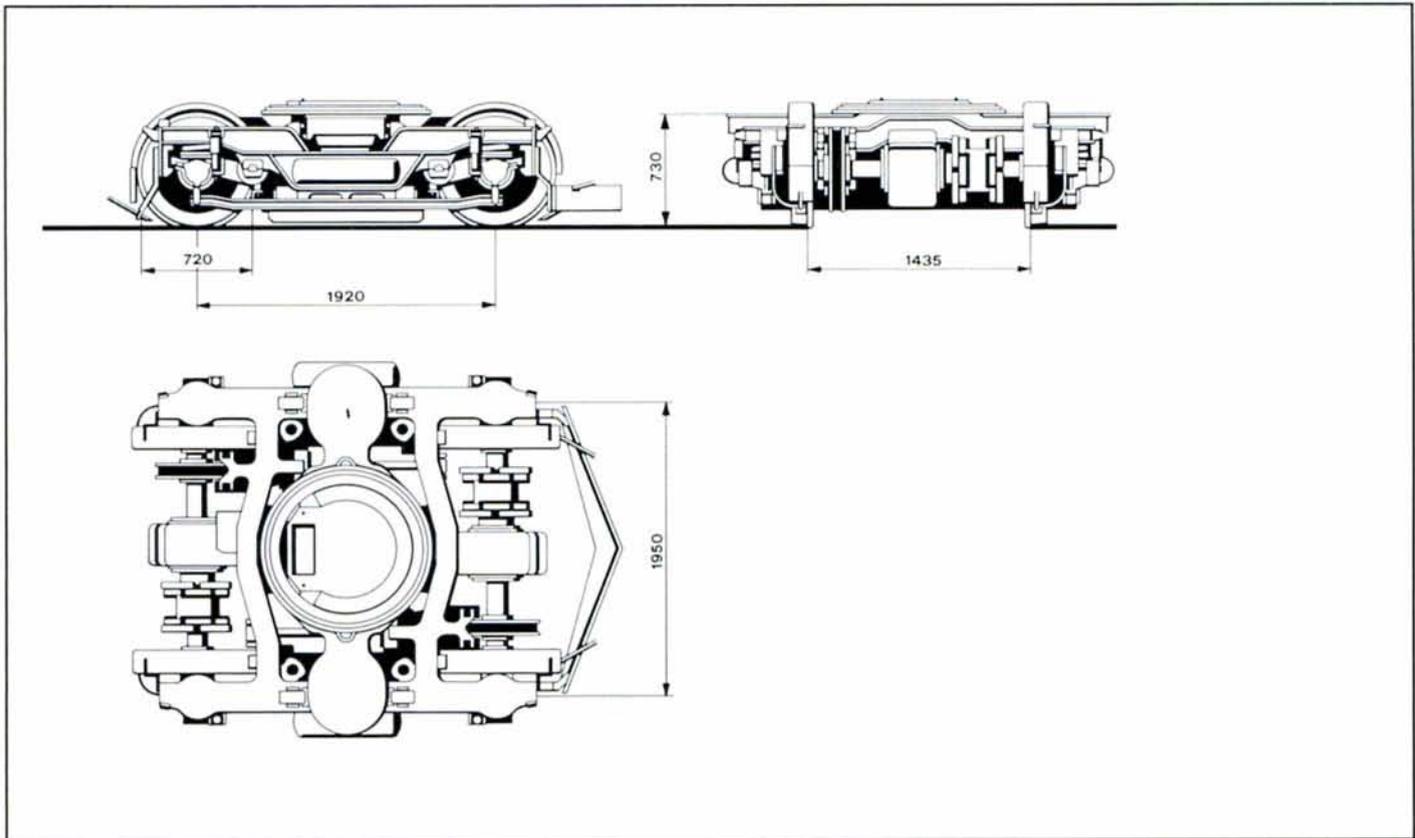
Ecartement des rails	1'435 mm
Empattement des essieux	1'920 mm
Diamètre des roues (neuf)	720 mm
Tare	5'650 kg
Poids statique sur bogie	148 kN
Vitesse max.	80 km/h
Puissance unihoraire par moteur	248 kW

Main data:

Type NMT: L-AK

Gauge	1'435 mm
Wheel base	1'920 mm
Wheel diameter (new)	720 mm
Weight	5'650 kg
Static load on bogie	148 kN
Max. speed	80 km/h
One hour rating per motor	248 kW

Motordrehgestell für 6-achsige Zweirichtungs-Gelenktriebwagen
 Bogie moteur pour automotrices articulées bidirectionnelles à 6 essieux
 Motor bogie for 6-axle bi-directional articulated light rail vehicles



Allgemeines

Monomotor-Drehgestell mit Längs-antrieb und gummigefederten Rädern

Primärstufe

Lenkerführung mit Stahlfedersätzen

Sekundärstufe

Luftfedern und zweiteiliger Kugeldrehkranz

Antriebsausrüstung

Längs liegender Fahrmotor mit Hypoid-Hohlwellenachsgetrieben und BBC-Gummigelenk-Kardankupplungen

Bremsausrüstung

Achsscheibenbremsen mit Feder-speicher
 Magnetschienenbremse

Zusatz-ausrüstungen

Radverschaltungen
 Schienenräumer
 Sandstreuer

Généralités

Bogie monomoteur avec commande longitudinale et roues à suspension élastique

Suspension primaire

Guidage à bielles et ressorts hélicoï-daux

Suspension secondaire

Ressorts pneumatiques et couronne à billes bipartite

Équipement de traction

Moteur de traction longitudinal avec engrenages hypoïde et arbres creux ainsi que des accouplements cardan BBC avec articulations en caoutchouc

Équipement de frein

Frein à disques sur essieu avec ac-cumulateurs à ressort
 Frein électromagnétique sur rail

Équipements supplémentaires

Recouvrements de roue
 Chasse-pierres
 Sablières

General

Longitudinally mounted mono-motor bogie with resilient wheels

Primary suspension

Axle guides and coil springs

Secondary suspension

Air springs and bipartite circular ball bearing

Propulsion

Longitudinally mounted traction motor with hypoid hollowshaft gears and BBC-rubber joint cardan drives

Brake equipment

Axle mounted disc brakes, spring applied
 Electromagnetic rail brake

Supplementary equipment

Wheel coverings
 Rail guard
 Sand distributors

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
 CH-8212 Neuhausen am Rheinfall/Schweiz





Urban Transportation Development Corporation (UTDC) Toronto/Canada
Verkehrsbetriebe Toronto TTC
Transports Publics de Toronto TTC
Toronto Transit Commission TTC

Motordrehgestell für 4-achsige CLRV / Strassenbahntriebwagen
Bogie moteur pour automotrices de tramway à 4 essieux (CLRV)
Motor bogie for 4-axle Canadian Light Rail Vehicles (CLRV)



CLRV / Strassenbahntriebwagen
CLRV / Automotrice de tramway
Canadian Light Rail Vehicle

Hauptdaten:

Typ BMT: L-AK

Spurweite	1'495 mm
Radstand	1'829 mm
Raddurchmesser (neu)	660 mm
Gewicht	5'360 kg
Drehgestellbelastung statisch	150 kN
Maximalgeschwindigkeit	88 km/h
Stundenleistung pro Motor	140 kW

Données principales:

Type BMT: L-AK

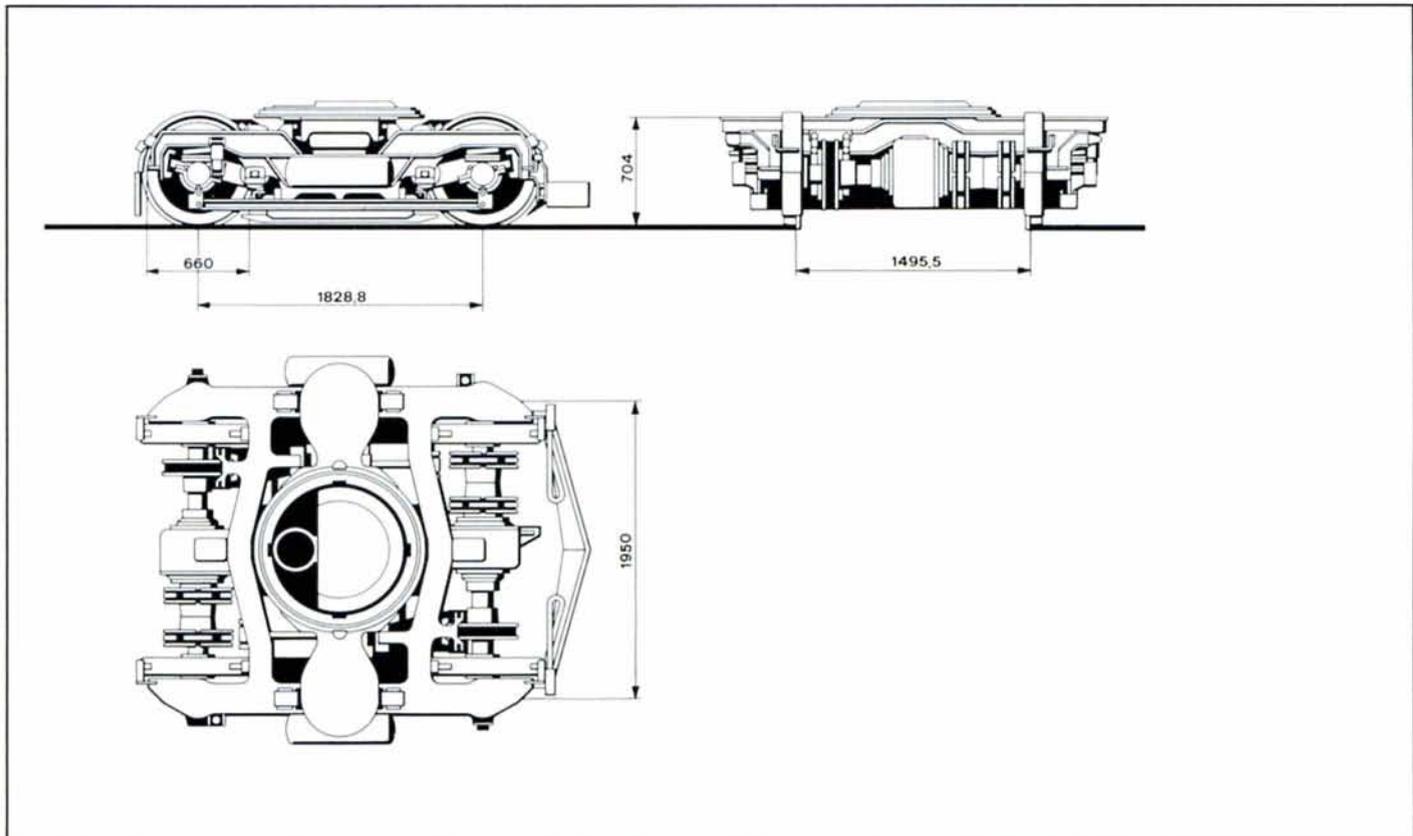
Ecartement des rails	1'495 mm
Empattement des essieux	1'829 mm
Diamètre des roues (neuf)	660 mm
Tare	5'360 kg
Poids statique sur bogie	150 kN
Vitesse max.	88 km/h
Puissance unihoraire par moteur	140 kW

Main data:

Type BMT: L-AK

Gauge	1'495 mm
Wheel base	1'829 mm
Wheel diameter (new)	660 mm
Weight	5'360 kg
Static load on bogie	150 kN
Max. speed	88 km/h
One hour rating per motor	140 kW

Motordrehgestell für 4-achsige CLRV / Strassenbahnwagen
 Bogie moteur pour automotrices de tramway à 4 essieux (CLRV)
 Motor bogie for 4-axle Canadian Light Rail Vehicles (CLRV)



Allgemeines

Monomotor-Drehgestell mit Längsantrieb und gummigefederten Rädern

Primärstufe

Lenkerführung mit Stahlfedersätzen

Sekundärstufe

Luftfedern und zweiteiliger Kugeldrehkranz

Antriebsausrüstung

Längsliegender Fahrmotor mit Hypoid-Hohlwellenachsgetriebenen und BBC-Gummigelenk-Kardankupplungen

Bremsausrüstung

Achsscheibenbremsen mit Feder-speicher
 Magnetschienenbremse

Zusatz-ausrüstungen

Radverschaltungen
 Schienenräumer
 Sandstreuer

Généralités

Bogie monomoteur avec commande longitudinale et roues à suspension élastique

Suspension primaire

Guidage à bielles et ressorts hélicoïdaux

Suspension secondaire

Ressorts pneumatiques et couronne à billes bipartite

Equipement de traction

Moteur de traction longitudinal avec engrenages hypoïdes et arbres creux ainsi que des accouplements cardan BBC avec articulations en caoutchouc

Equipement de frein

Frein à disques sur essieu avec accumulateurs à ressort
 Frein électromagnétique sur rail

Equipements supplémentaires

Recouvrements de roue
 Chasse-pierres
 Sablières

General

Longitudinally mounted monomotor bogie with resilient wheels

Primary suspension

Axle guides and coil springs

Secondary suspension

Air springs and bipartite circular ball bearing

Propulsion

Longitudinally mounted traction motor with hypoid hollowshaft gears and BBC-rubber joint-cardan drives

Brake equipment

Axle mounted disc brakes, spring applied
 Electromagnetic rail brake

Supplementary equipment

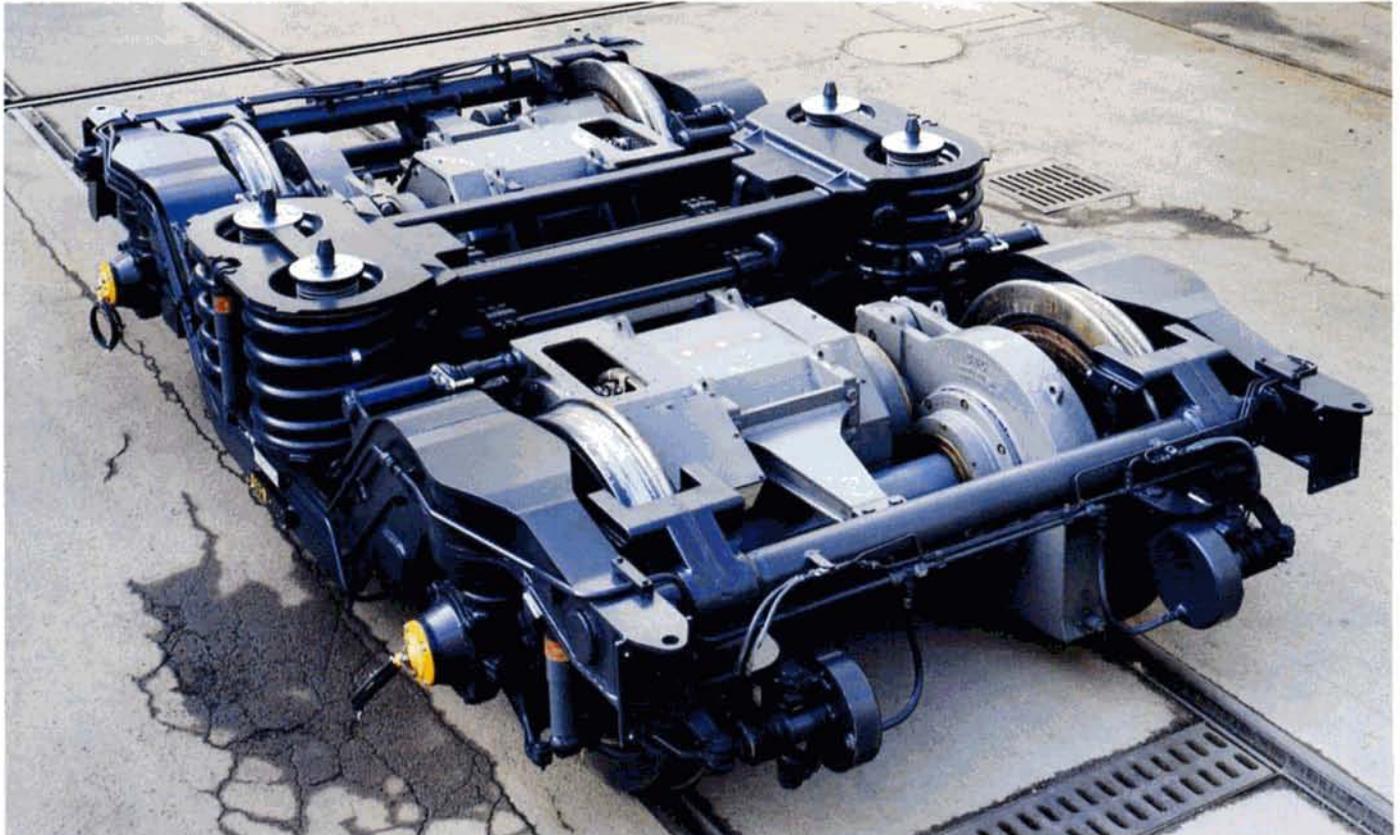
Wheel coverings
 Rail guard
 Sand distributors

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
 CH-8212 Neuhausen am Rheinfall/Schweiz



Montafonerbahn MBS
 Chemin de fer du Montafon MBS
 Montafon Railway MBS

Motordrehgestell für Pendelzug-Triebwagen BD 4
 Bogie moteur pour motrice de trains navette BD 4
 Motor bogie for shuttle train motor cars BD 4



Pendelzug-Triebwagen BD 4
 Motrice de train navette BD 4
 Shuttle train motor car BD 4

Hauptdaten:

Typ NM: L-GSG 4

Spurweite	1'435 mm
Radstand	2'700 mm
Raddurchmesser (neu)	950 mm
Gewicht	12'860 kg
Drehgestellbelastung statisch	274 kN
Maximalgeschwindigkeit	140 km/h
Stundenleistung pro Motor	425 kW

Données principales:

Typ NM: L-GSG 4

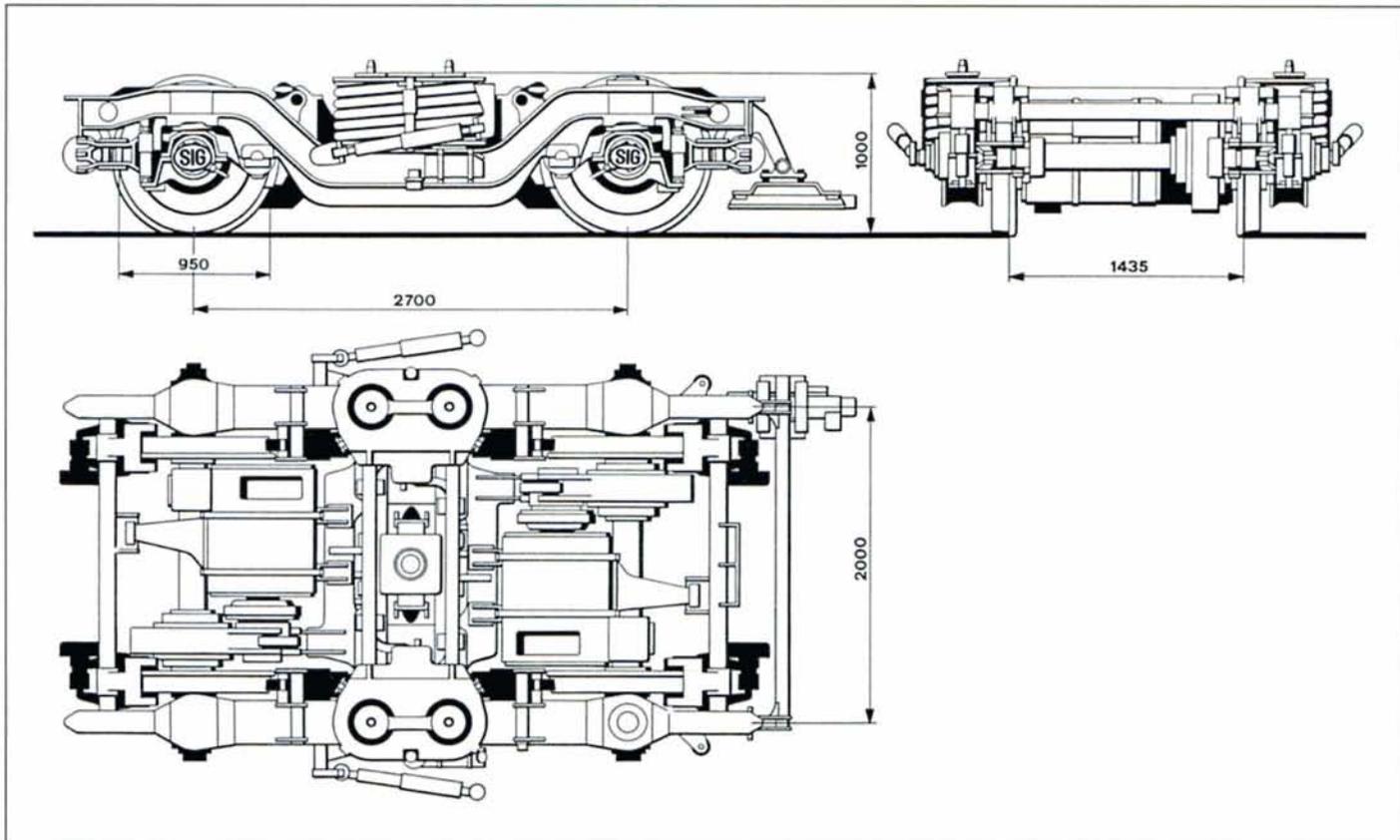
Ecartement des rails	1'435 mm
Empattement des essieux	2'700 mm
Diamètre des roues (neuf)	950 mm
Tare	12'860 kg
Poids statique sur bogie	274 kN
Vitesse max.	140 km/h
Puissance unihoraire par moteur	425 kW

Main data:

Typ NM: L-GSG 4

Gauge	1'435 mm
Wheel base	2'700 mm
Wheel diameter (new)	950 mm
Weight	12'860 kg
Static load on bogie	274 kN
Max. speed	140 km/h
One hour rating per motor	425 kW

Motordrehgestell für Pendelzug-Triebwagen BD 4
 Bogie moteur pour motrice de trains navette BD 4
 Motor bogie for shuttle train motor cars BD 4



Allgemeines

Zweimotoriges Drehgestell mit Parallelantrieb und Gummicoil-Federung

Primärstufe

Lenkerführung mit Stahlfedersätzen

Sekundärstufe

Stahlfedersätze zwischen Gummischichtfedern angeordnet

Antriebsausrüstung

BBC-Gummiantrieb mit Fahrmotoren der K-Baureihe und Stirnradgetriebe

Bremsausrüstung

Radscheibenbremsen
 Klotzbremseinheiten mit Feder-
 speicher

Zusatzausrüstungen

Wankstütze
 Spurkranzschmierung
 Querspielbegrenzung, kurven-
 abhängig
 Lastwiegeventil
 Zugsicherungsmagnet **

** nur Kopfdrehgestell

Généralités

Bogie bimoteur avec commande parallèle et suspension rubber-coil

Suspension primaire

Guidage à bielles et ressorts hélicoïdaux

Suspension secondaire

Ressorts hélicoïdaux montés entre ressorts de caoutchouc stratifiés

Équipement de traction

Commande à caoutchouc BBC avec moteurs de traction de la série K et engrenages droit

Équipement de frein

Frein à disques sur roue
 Unités de frein à sabot avec accu-
 mulateur à ressort

Équipements supplémentaires

Stabilisation du roulis
 Graissage des boudins
 Limitation du jeu latéral en fonction du rayon de courbe
 Soupape de pesage
 Aimant pour arrêt automatique du train **

** seulement bogie directeur

General

Bi-moteur bogie with parallel drive and rubbercoil suspension

Primary suspension

Axle guides and coil springs

Secondary suspension

Coil springs mounted between stratified rubber springs

Propulsion

BBC-rubber drive in connection with K-series traction motors and spur gearing

Brake equipment

Wheel mounted disc brakes
 Spring applied block brake units

Supplementary equipment

Roll stabilization
 Wheel flange lubrication
 Lateral stops dependent upon track radius
 Pneumatic load weighing system
 Magnets for automatic train stopping device **

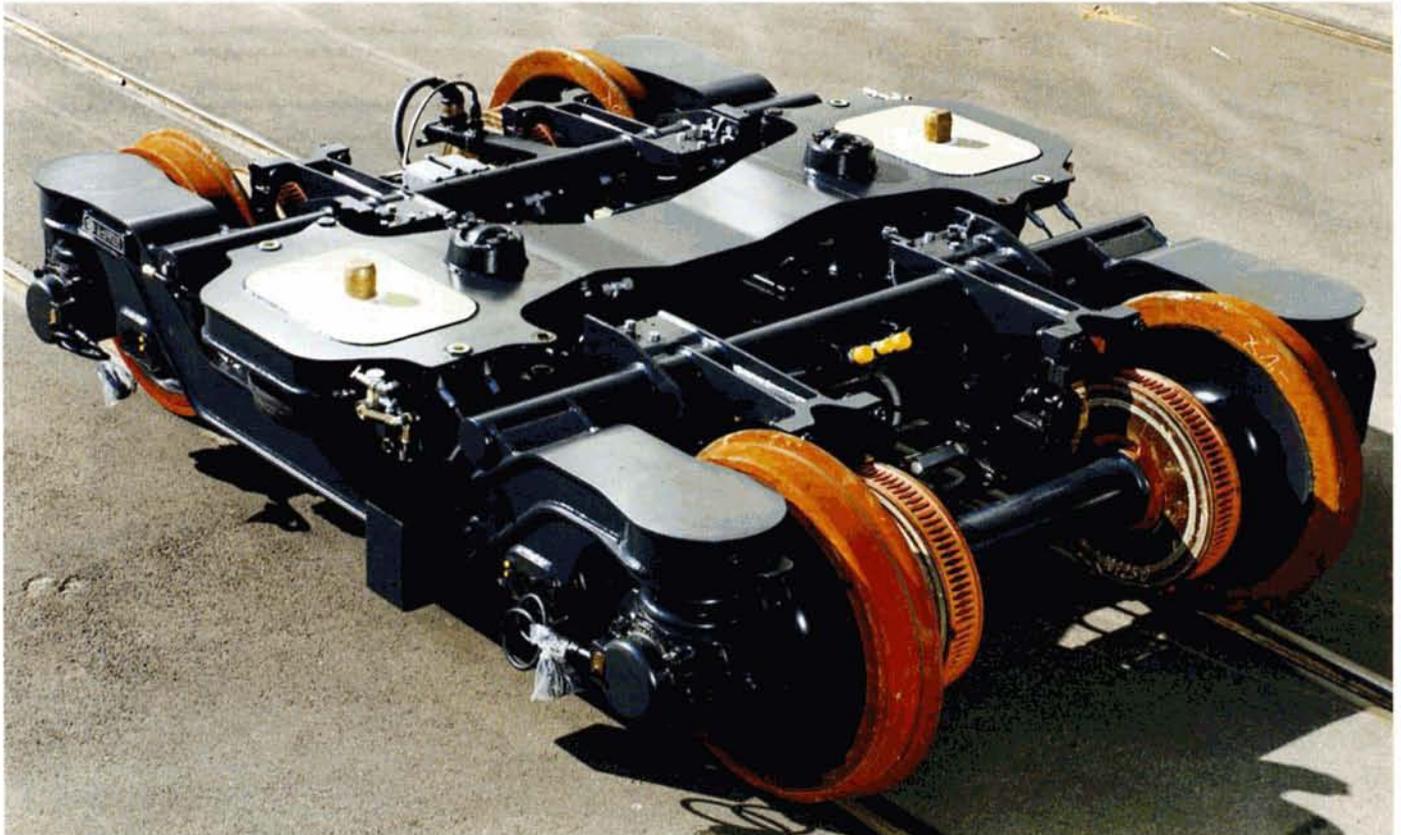
** only guiding bogie

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
 CH-8212 Neuhausen am Rheinfall/Schweiz



Montafonerbahn MBS
 Chemin de fer du Montafon MBS
 Montafon Railway MBS

Laufdrehgestell für Pendelzug-Steuerwagen B 4
 Bogie porteur pour voitures pilotes B 4 d'un train navette
 Trailing bogie for shuttle train driving trailers B 4



Pendelzug-Steuerwagen B 4
 Train navette - voiture pilote B 4
 Shuttle train - driving trailer B 4

Hauptdaten:

Typ NL: L-GA2T

Spurweite	1'435 mm
Radstand	2'500 mm
Raddurchmesser (neu)	820 mm
Gewicht	5'500 kg
Drehgestellbelastung statisch	200 kN
Maximalgeschwindigkeit	140 km/h

Données principales:

Typ NL: L-GA2T

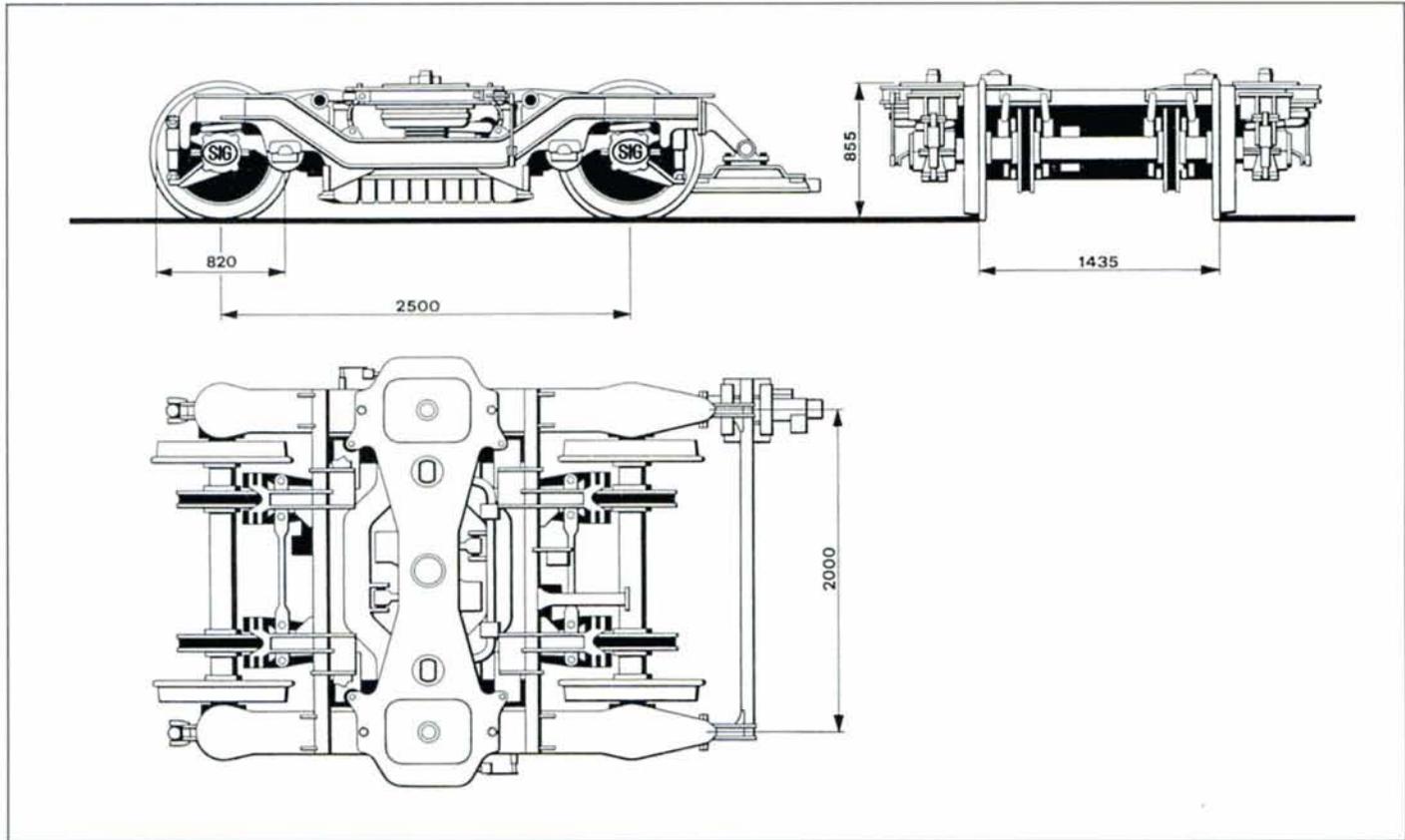
Ecartement des rails	1'435 mm
Empattement des essieux	2'500 mm
Diamètre des roues (neuf)	820 mm
Tare	5'500 kg
Poids statique sur bogie	200 kN
Vitesse max.	140 km/h

Main data:

Type NL: L-GA2T

Gauge	1'435 mm
Wheel base	2'500 mm
Wheel diameter (new)	820 mm
Weight	5'500 kg
Static load on bogie	200 kN
Max. speed	140 km/h

Laufdrehgestell für Pendelzug-Steuerwagen B 4
 Bogie porteur pour voitures pilotes B 4 d'un train navette
 Trailing bogie for shuttle train driving trailers B 4



Allgemeines

Zweiachsiges Laufdrehgestell mit Luftfederung und Kastentraverse

Primärstufe

Lenkerführung mit Stahlfedersätzen

Sekundärstufe

Luftfedern auf Gummischichtfedern angeordnet
 Kastentraverse mit integriertem Drehzapfen

Bremsausrüstung

Achsscheibenbremsen
 Magnetschienenbremse **
 Handbremse mit Federspeicher **
 Klotzbremseinheiten *

Zusatzrüstungen

Wankstütze
 Querspielbegrenzung, kurvenabhängig
 Zugsicherungsmagnet **

* zusätzlich einbaubar
 ** nur Kopfdrehgestell

Généralités

Bogie porteur à deux essieux avec suspension pneumatique et traverse à caisse

Suspension primaire

Guidage à bielles et ressorts hélicoïdaux

Suspension secondaire

Ressorts pneumatiques posés sur ressorts stratifiés en caoutchouc
 Traverse à caisse avec pivot intégré

Équipement de frein

Frein à disques sur essieu
 Frein électromagnétique sur rail **
 Frein à main avec accumulateur à ressort **
 Unités de frein à sabot *

Équipements supplémentaires

Stabilisation du roulis
 Limitation du jeu latéral en fonction du rayon de courbe
 Aimant pour arrêt automatique du train **

* sur demande
 ** seulement bogie directeur

General

Two-axle trailing bogie with air-spring suspension and transverse member

Primary suspension

Axle guides and coil springs

Secondary suspension

Air spring in series with stratified rubber springs below
 Transverse member with integrated center pivot

Brake equipment

Axle mounted disc brakes
 Electromagnetic rail brake **
 Parking brake, spring applied **
 Block brake units *

Supplementary equipment

Roll stabilization
 Lateral stops dependent upon track radius
 Magnet for automatic train stopping device **

* upon demand
 ** only guiding bogie

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
 CH-8212 Neuhausen am Rheinfall/Schweiz



Rascher und sanfter sollen die Züge durch die Kurven fahren und dazu bei voller Sicherheit auch die Schienen schonen. Der Internationale Eisenbahn-Verband, UIC, und die europäische Waggonindustrie suchen gemeinsam nach Lösungen. Sie entwickeln ein neuartiges Fahrwerk für Reisezüge, ein Drehgestell mit radial einstellbaren Achsen.

In Sachen Komfort auf Schienen brachten die letzten Jahre erhebliche Fortschritte. Was die Technik zu leisten imstande ist, beweisen die jüngsten Reisewagen im In- und Ausland. Ihre modernen Drehgestelle dämpfen die Schläge und Erschütterungen soweit, dass Reisende unterwegs ruhig lesen können und beim Schreiben nicht mehr zittern müssen.

UIC-tauglich

Dem Internationalen Eisenbahn-Verband in Paris (Union internationale des chemins de fer, UIC) gehören 85 Bahnen und Organisationen an, die auf 5 Kontinenten 760 000 km Strecken betreiben. Die UIC fördert Entwicklung und Einsatz von Spitzentechnik im Bahnbereich. Ihr Forschungs- und Versuchsamt Utrecht (Office de recherches et d'essais, ORE) entwickelte mit europäischen Herstellern Musterdrehgestelle, deren Achsen in Kurven radial einstellbar sind. Diese Technik reduziert den Anlaufwinkel des Rades im Gleisbogen, was bei viel Tempo (geplant sind bis 220 km/h) mehr Komfort und weniger Verschleiss verspricht, also Lärm und Kosten mindert. Beides wird Anwohnern und Steuerzahlern Freude machen!

Drei Bauarten

Aus 35 verschiedenen Vorschlägen von 16 Herstellern hat das ORE schliesslich drei Konstruktionen ausgewählt, nämlich je ein Modell der Schweizerischen Industrie-Gesellschaft, Neuhausen am Rheinfluss (SIG), der Simmering-Graz-Pauker AG, Wien (SGP) und der Fiat Ferroviaria, Savigliano bei Turin (Fiat). Das SIG-Drehgestell arbeitet rein mechanisch, das SGP-Modell nutzt natürliche, pneumatisch geregelte Kräfte, und das Fahrwerk von Fiat basiert auf Einzelrädern. Die Musterdrehgestelle sind 1989 paarweise unter Reisezugwagen der SBB, Österreichischen Bundes-

bahnen (ÖBB) und der Italienischen Staatsbahnen (FS) montiert worden, die inzwischen erste Probefahrten in Deutschland, Italien und in der Schweiz absolviert haben.

Versuche in der Schweiz

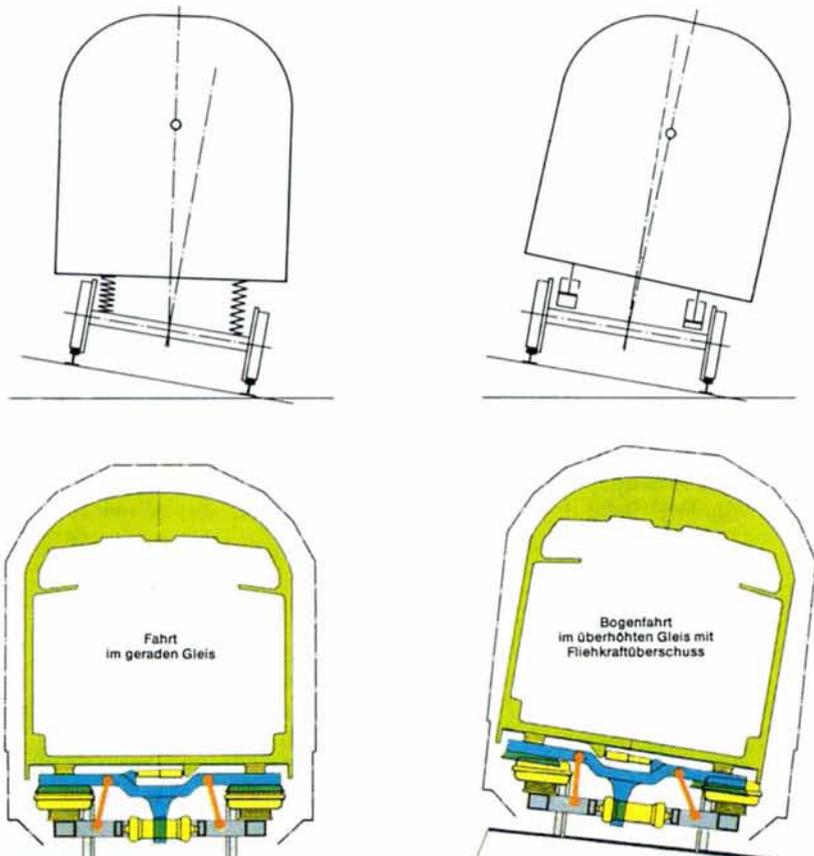
Bei den Versuchen in unserem Land zog die SBB-Re 4/4 IV 10102 je einen Messwagen der Deutschen Bundesbahn (DB) und der FS. Den drei Versuchswagen folgte ein Eurofima-IC-Wagen der DB, dessen herkömmliche Drehgestelle Vergleichswerte liefern.

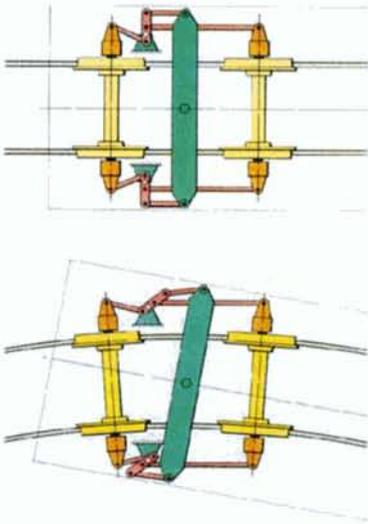
An drei Tagen drehte dieser Zug Testrunden ab Bern über Fribourg, Lausanne und Biel. Das Verhalten in Kurven von 270 m Radius und 28 Promille Neigung wurde zwischen Biel und der Pierre Pertuis erforscht. Versuche bei der Lötsch-

Auf Messfahrten bei den SBB und der Lötschbergbahn wurden die Eigenschaften verschiedener Drehgestelle minutiös ausgemessen. Im Bild auf der rechten Seite oben erklimmt der Versuchszug bei Sonceboz die engen Kurven zur Pierre Pertuis. Die bunte Komposition wird sich ab diesem Herbst in Fahrplanzügen zu bewähren haben.

Drehgestelle mit radial einstellbaren Achsen erlauben raschere Kurvenfahrt bei geringerem Verschleiss. Der Fahrgast profitiert von kürzeren Fahrzeiten und höherem Komfort. Die Illustrationen rechts zeigen das Funktionsprinzip und den Aufbau des Drehgestells von SIG Neuhausen.

Bei Fahrt durch Kurven neigen sich an Federn abgestützte Wagenkasten zur Bogen-Aussenseite (oberes Schema, links). Die Idee, die Fliehkraft zu kompensieren (oberes Schema, rechts) und dem Fahrgast bei mehr Tempo einen höheren Komfort zu bieten, fordert die Kreativität der Ingenieure. SIG Neuhausen hat ein System entwickelt, das dieser Forderung mit relativ einfachen Mitteln entspricht. Es ist raumsparend und lässt den Wagenkasten um einen oben liegenden ideellen Drehpunkt auspendeln (unteres Schema).





bergbahn führten zwischen Thun und Interlaken durch Gleisbogen von 240 m Radius.

Während der FS-Messwagen das Verhalten bei rascher Fahrt und den Komfort registrierte, erfasste der DB-Messwagen die horizontalen und vertikalen Kräfte Rad/Schiene.

Im Planeinsatz

Nach kurzem Aufenthalt beim Bundesbahn-Zentralamt Minden (Westfalen), wo die vier Wagen für den Einsatz in normalen Reisezügen hergerichtet wurden, beginnt nun der Langzeitversuch im normalen Planeinsatz. Während je sechs Monaten werden die Fahrzeuge in Italien, Österreich, Deutschland und in der Schweiz unterwegs sein. Die SBB-Kunden werden ihnen voraussichtlich in der zweiten Hälfte 1992 zwischen Schaffhausen und Chiasso begegnen.

Nach Abschluss der Versuche werden die gewonnenen Erkenntnisse in Form von Empfehlungen zuhanden der Industrie und der UIC-Bahnen publiziert.

Neigung

Der italienische «Pendolino», der spanische «Talgo pendular» und der schwedische «X 2-Zug» liegen wie Radfahrer «in die Kurven», was ihren Passagieren ein angenehmeres Fahrgefühl beschert und erst noch mehr Tempo erlaubt (SBB-Magazin 3/89).

Auch SIG Neuhausen hat ein System entwickelt, das den Zentrifugalkräften entgegenwirkt. Es arbeitet passiv und verhindert, dass der auf Federn abgestützte Wagenkasten in Kurven oben nach aussen neigt. Gelenkhebel lassen den Wagenkasten um einen ideellen Drehpunkt unten ausschwingen. Damit reduziert SIG die auf Reisende wirkenden Fliehkräfte in Kurven, was hier 15 bis 20 Prozent höhere Geschwindigkeiten bedeutet (das aktive und darum aufwendigere Pendolino-System ermöglicht gar 20 bis 35 Prozent mehr Tempo). Bei all diesen Methoden verändern sich die Kräfte Rad/Schiene nicht, lediglich das Gefühl des Fahrgastes, in Kurven nach aussen gedrängt zu werden, schwindet.

Stete Entwicklung

Werden sich die Reisewagen 2000 der SBB dereinst auch nach dem Kurveninnern neigen und Räder haben, die sich optimal den Gleisbogen anschmiegen? Erst gründliche Versuche können dazu gültige Antworten geben. Ob das Machbare zudem auch wirtschaftlich vertretbar sein wird, müssen weitere Rechnungen zeigen.

Das Gesagte beweist immerhin, dass die Ingenieure der Bahnen und der Industrie hart am Fortschritt auf Schienen arbeiten. Die Bahn glaubt an ihre Zukunft, und daran dürfen sich alle mitfreuen!

Roland Müller

Motordrehgestell für elektrische Intercity-Triebzüge ICM-1
Bogie moteur pour trains automoteurs électriques intercity ICM-1
Motor bogie for electric intercity train-sets ICM-1



Elektrischer Intercity-Triebzug ICM-1

Train automoteur électrique intercity ICM-1

Electric intercity train-set ICM-1

Hauptdaten:

Typ NM: L-GA 2

Spurweite	1'435 mm
Radstand	2'700 mm
Raddurchmesser (neu)	950 mm
Gewicht	12'100 kg
Drehgestellbelastung statisch	234 kN
Maximalgeschwindigkeit	160 km/h
Stundenleistung pro Motor	202 kW

Données principales:

Type NM: L-GA 2

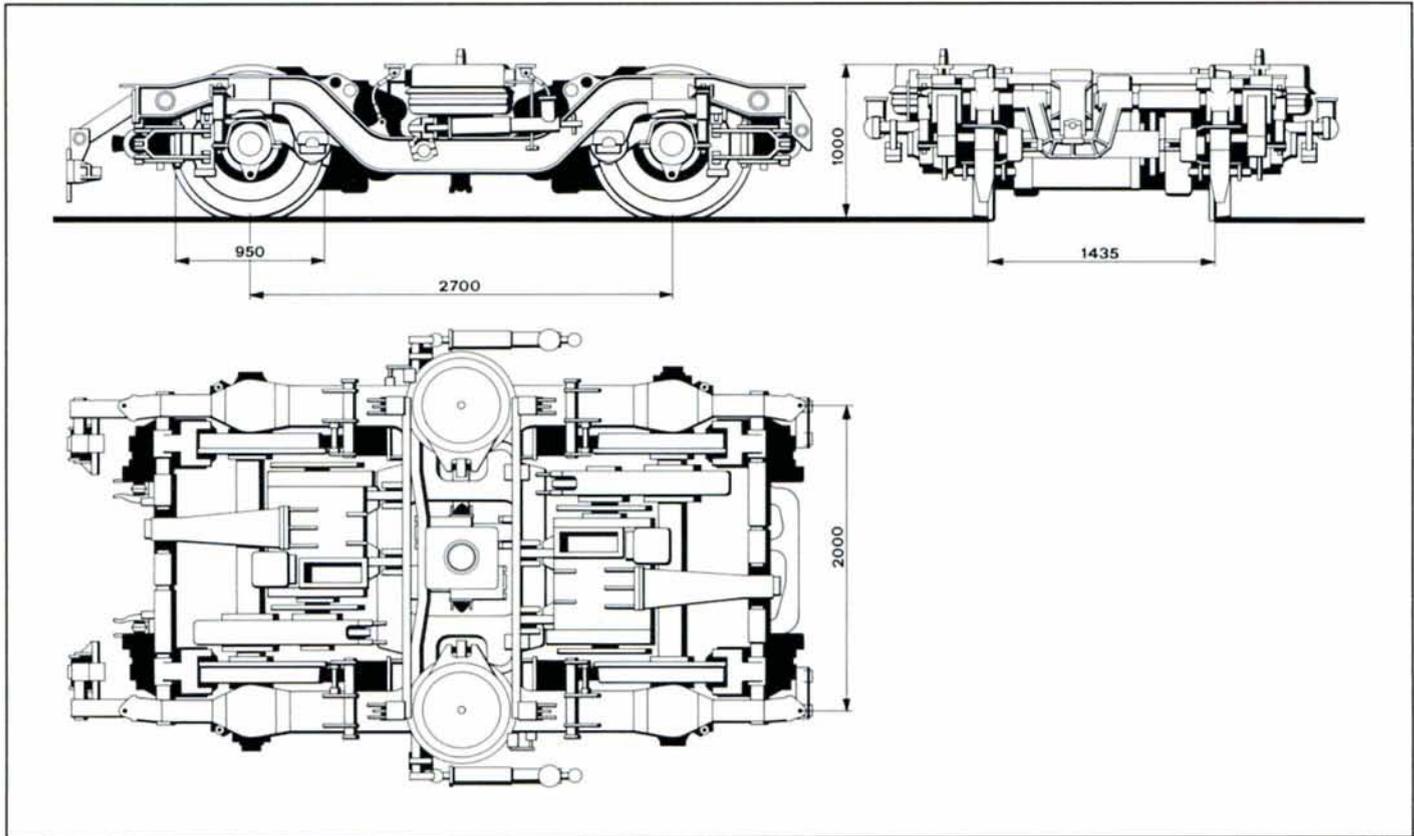
Ecartement des rails	1'435 mm
Empattement des essieux	2'700 mm
Diamètre des roues (neuf)	950 mm
Tare	12'100 kg
Poids statique sur bogie	234 kN
Vitesse max.	160 km/h
Puissance unihoraire par moteur	202 kW

Main data:

Type NM: L-GA 2

Gauge	1'435 mm
Wheel base	2'700 mm
Wheel diameter (new)	950 mm
Weight	12'100 kg
Static load on bogie	234 kN
Max. speed	160 km/h
One hour rating per motor	202 kW

Motordrehgestell für elektrische Intercity-Triebzüge ICM-1
 Bogie moteur pour trains automoteurs électriques intercity ICM-1
 Motor bogie for electric intercity train-sets ICM-1



Allgemeines

Zweimotoriges Drehgestell mit Parallelantrieb und Luftfederung

Primärstufe

Lenkerführung mit Stahlfedersätzen

Sekundärstufe

Luftfedern auf Gummischichtfedern angeordnet

Antriebsausrüstung

Hohlwellenantrieb mit Lamellenkupplung und Stirnradgetriebe

Bremsausrüstung

Radscheibenbremsen
 Klotzbremseinheiten
 Handbremse **

Zusatzausrüstungen

Wankstütze
 Drehhemmung, entkoppelt
 Querspielbegrenzung, kurvenabhängig
 Schienenräumer **

** nur Kopfdrehgestell

Généralités

Bogie bimoteur avec commande parallèle et suspension pneumatique

Suspension primaire

Guidage à bielles et ressorts hélicoïdaux

Suspension secondaire

Ressorts pneumatiques posés sur ressorts stratifiés en caoutchouc

Équipement de traction

Commande par arbres creux avec accouplement à lamelles et engrenages droit

Équipement de frein

Frein à disques sur roue
 Unités de frein à sabot
 Frein à main **

Équipements supplémentaires

Stabilisation du roulis
 Amortissement de la rotation, découplé
 Limitation du jeu latéral en fonction du rayon de courbe
 Chasse-pierres **

** seulement bogie directeur

General

Bi-motor bogie with parallel drive and air spring suspension

Primary suspension

Axle guides and coil springs

Secondary suspension

Air springs in series with stratified rubber springs below

Propulsion

Hollow shaft drive with disc clutch and spur gearing

Brake equipment

Wheel mounted disc brakes
 Block brake units
 Parking brake **

Supplementary equipment

Roll stabilization
 Yaw damping, decoupled
 Lateral stops dependent upon track radius
 Rail guards **

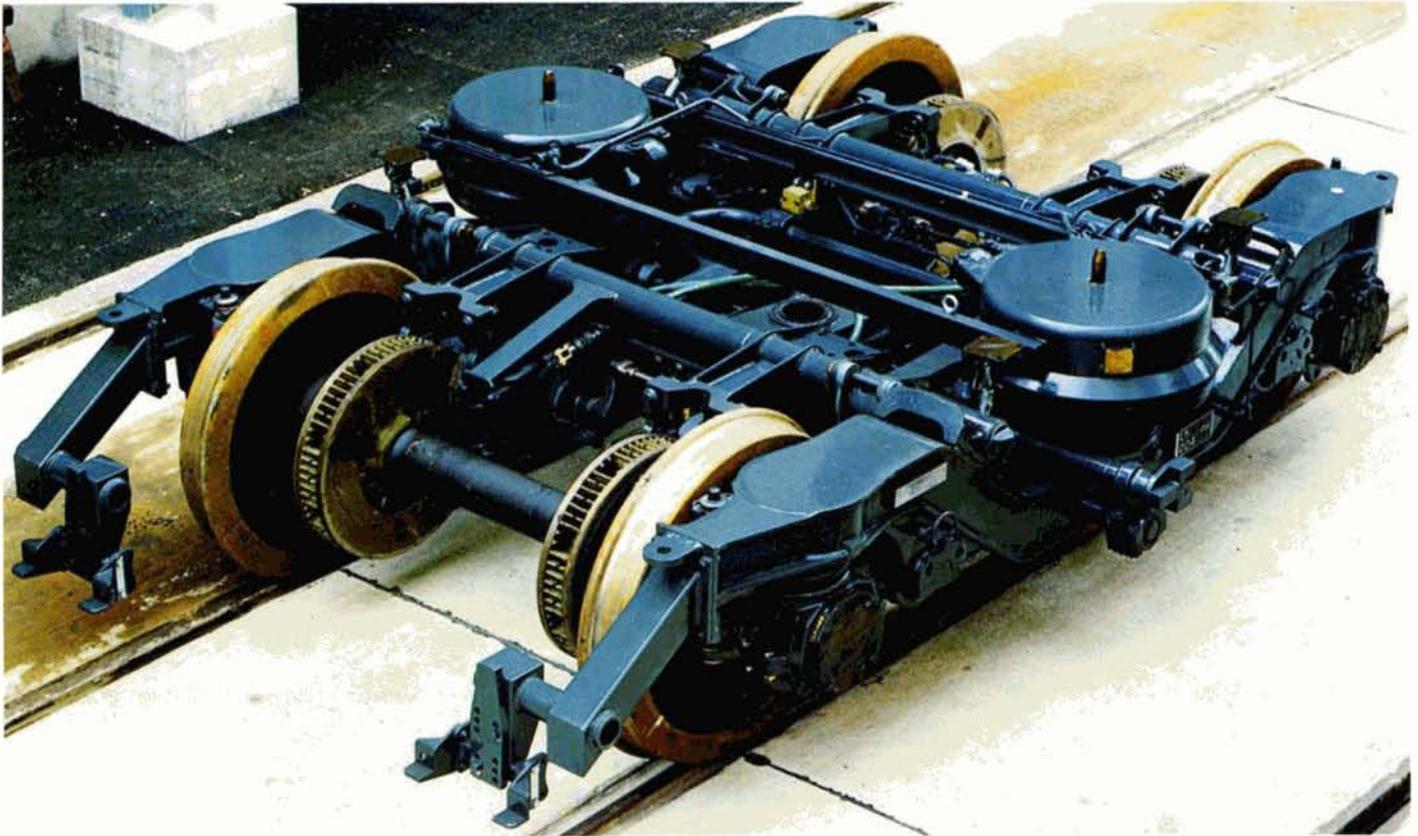
** only guiding bogie

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
 CH-8212 Neuhausen am Rheinfall/Schweiz



Niederländische Eisenbahnen NS
 Chemins de fer Néerlandais NS
 Netherlands Railways NS

Laufdrehgestell für elektrische Intercity-Triebzüge ICM-1
 Bogie porteur pour trains automoteurs électriques intercity ICM-1
 Trailing bogie for electric intercity train-sets ICM-1



Elektrischer Intercity-Triebzug ICM-1

Train automoteur électrique intercity ICM-1

Electric intercity train-set ICM-1

Hauptdaten:

Typ NL: L-GA 2

Spurweite 1'435 mm
 Radstand 2'500 mm
 Raddurchmesser (neu) 920 mm
 Gewicht 6'600 kg
 Drehgestellbelastung statisch 200 kN
 Maximalgeschwindigkeit 160 km/h

Données principales:

Type NL: L-GA 2

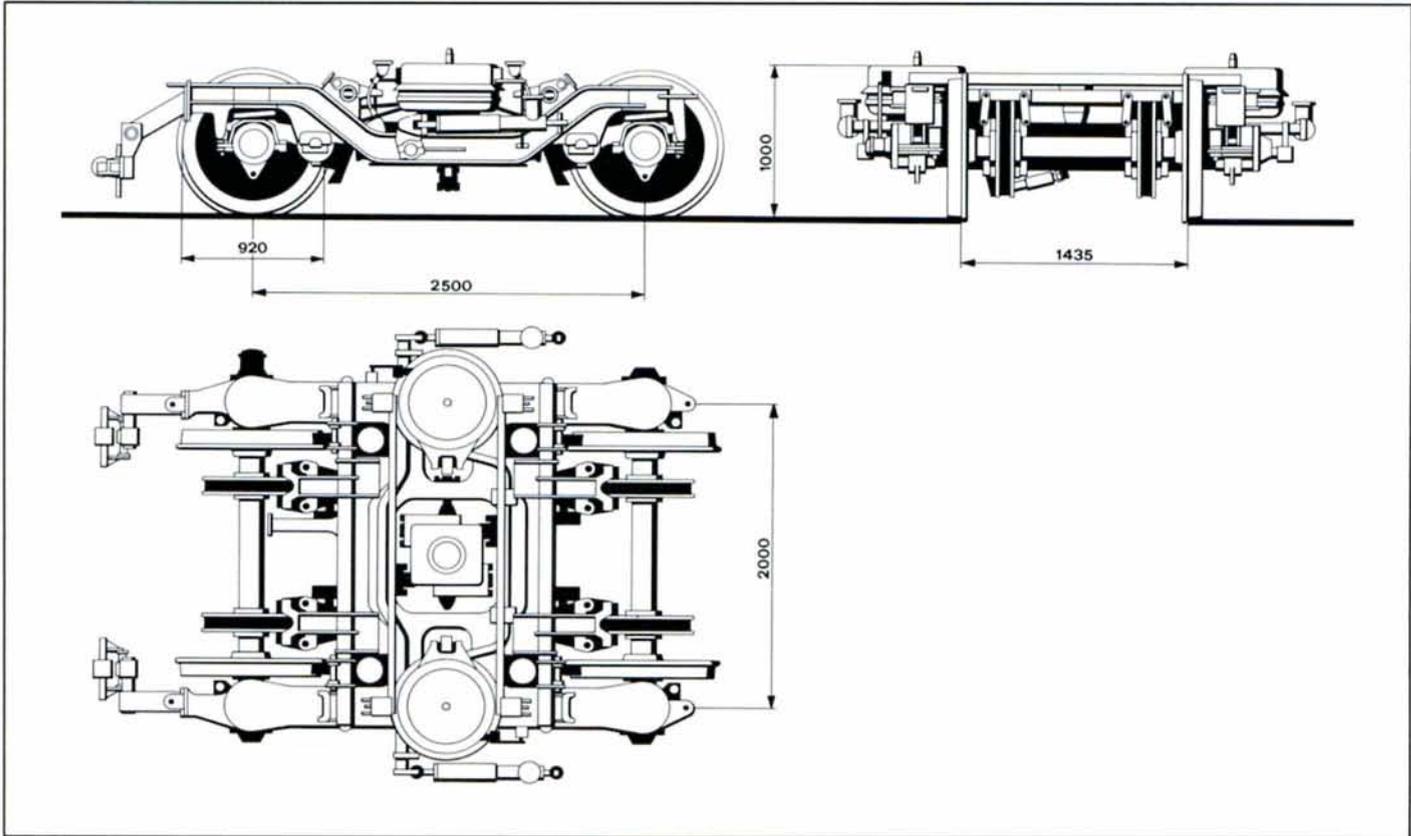
Ecartement des rails 1'435 mm
 Empattement des essieux 2'500 mm
 Diamètre des roues (neuf) 920 mm
 Tare 6'600 kg
 Poids statique sur bogie 200 kN
 Vitesse max. 160 km/h

Main data:

Type NL: L-GA 2

Gauge 1'435 mm
 Wheel base 2'500 mm
 Wheel diameter (new) 920 mm
 Weight 6'600 kg
 Static load on bogie 200 kN
 Max. speed 160 km/h

Laufdrehgestell für elektrische Intercity-Triebzüge ICM-1
 Bogie porteur pour trains automoteurs électriques intercity ICM-1
 Trailing bogie for electric intercity train-sets ICM-1



Allgemeines

Zweiachsiges Laufdrehgestell mit Luftfederung

Primärstufe

Lenkerführung mit Stahlfedersätzen

Sekundärstufe

Luftfedern auf Gummischichtfedern angeordnet

Bremsausrüstung

Achsscheibenbremsen
 Klotzbremseinheiten
 Handbremse **
 Magnetschienenbremse *

Zusatzrüstungen

Wankstütze
 Drehhemmung, entkoppelt
 Querspielbegrenzung, kurvenabhängig
 Schienenräumer **

* zusätzlich einbaubar

** nur Kopfdrehgestell für Steuerwagen

Généralités

Bogie porteur à deux essieux avec suspension pneumatique

Suspension primaire

Guidage à bielles et ressorts hélicoïdaux

Suspension secondaire

Ressorts pneumatiques posés sur ressorts stratifiés en caoutchouc

Équipement de frein

Frein à disques sur essieu
 Unités de frein à sabot
 Frein à main **
 Frein électromagnétique sur rail *

Équipements supplémentaires

Stabilisation du roulis
 Amortissement de la rotation, découplé
 Limitation du jeu latéral en fonction du rayon de courbe
 Chasse-pierres **

* sur demande

** seulement bogie directeur pour voitures pilotes

General

Two-axle trailing bogie with air-spring suspension

Primary suspension

Axle guides and coil springs

Secondary suspension

Air springs in series with stratified rubber springs below

Brake equipment

Axle mounted disc brakes
 Block brake units
 Parking brake **
 Electromagnetic rail brake *

Supplementary equipment

Roll stabilization
 Yaw damping, decoupled
 Lateral stops dependent upon track radius
 Rail guards **

* upon demand

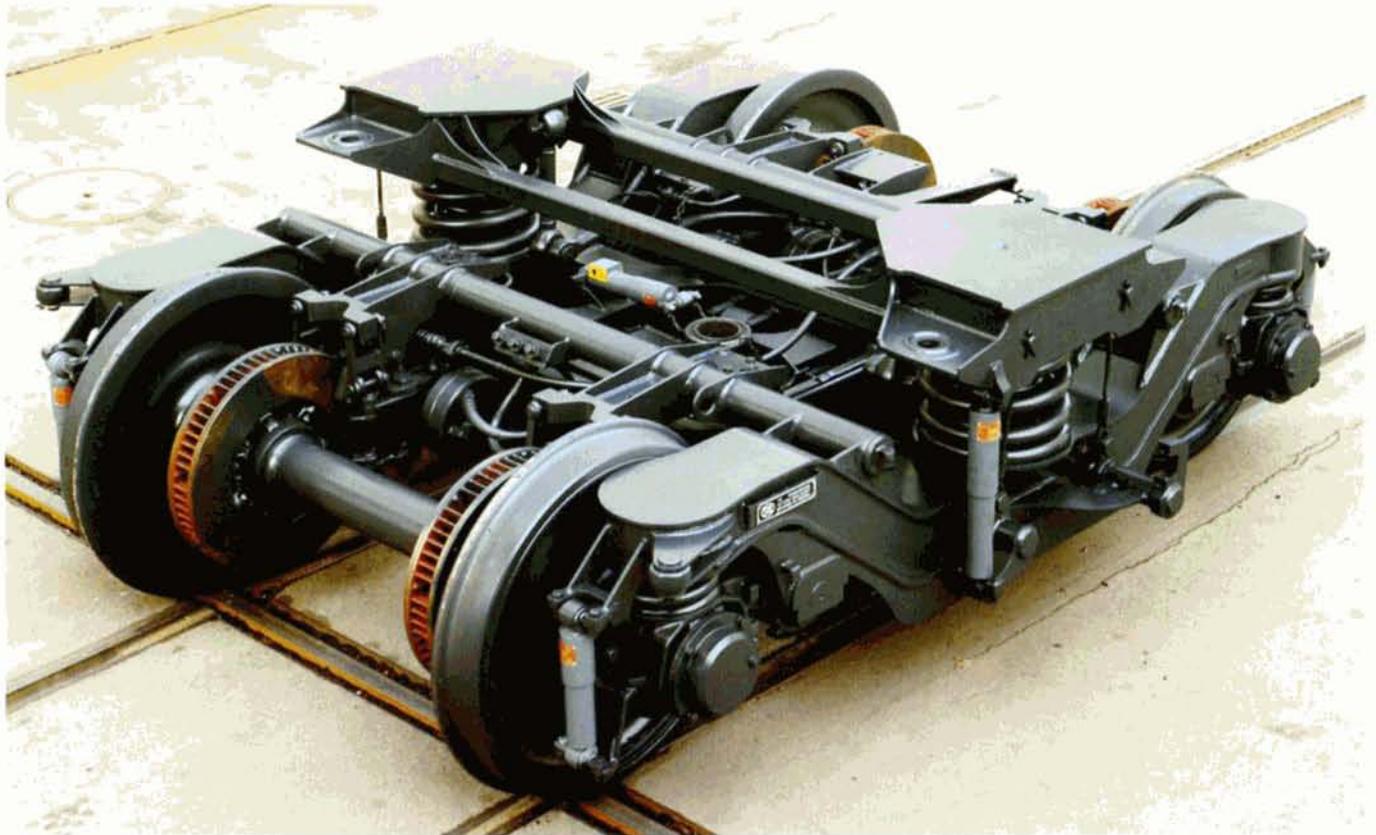
** only guiding bogie for driving trailers

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
 CH-8212 Neuhausen am Rheinfall/Schweiz



Finnische Staatsbahnen VR
 Chemins de fer d'Etat de Finlande VR
 Finnish State Railways VR

Laufdrehgestell für Intercity-Reisezugwagen
 Bogie porteur pour voitures intercity
 Trailing bogie for intercity-passenger coaches



Intercity-Reisezugwagen
 Voiture intercity
 Intercity-Passenger coach

Hauptdaten:

Typ BL: L-GSG2

Spurweite	1'524 mm
Radstand	2'500 mm
Raddurchmesser (neu)	920 mm
Gewicht	6'380 kg
Drehgestellbelastung statisch	280 kN
Maximalgeschwindigkeit	160 km/h

Données principales:

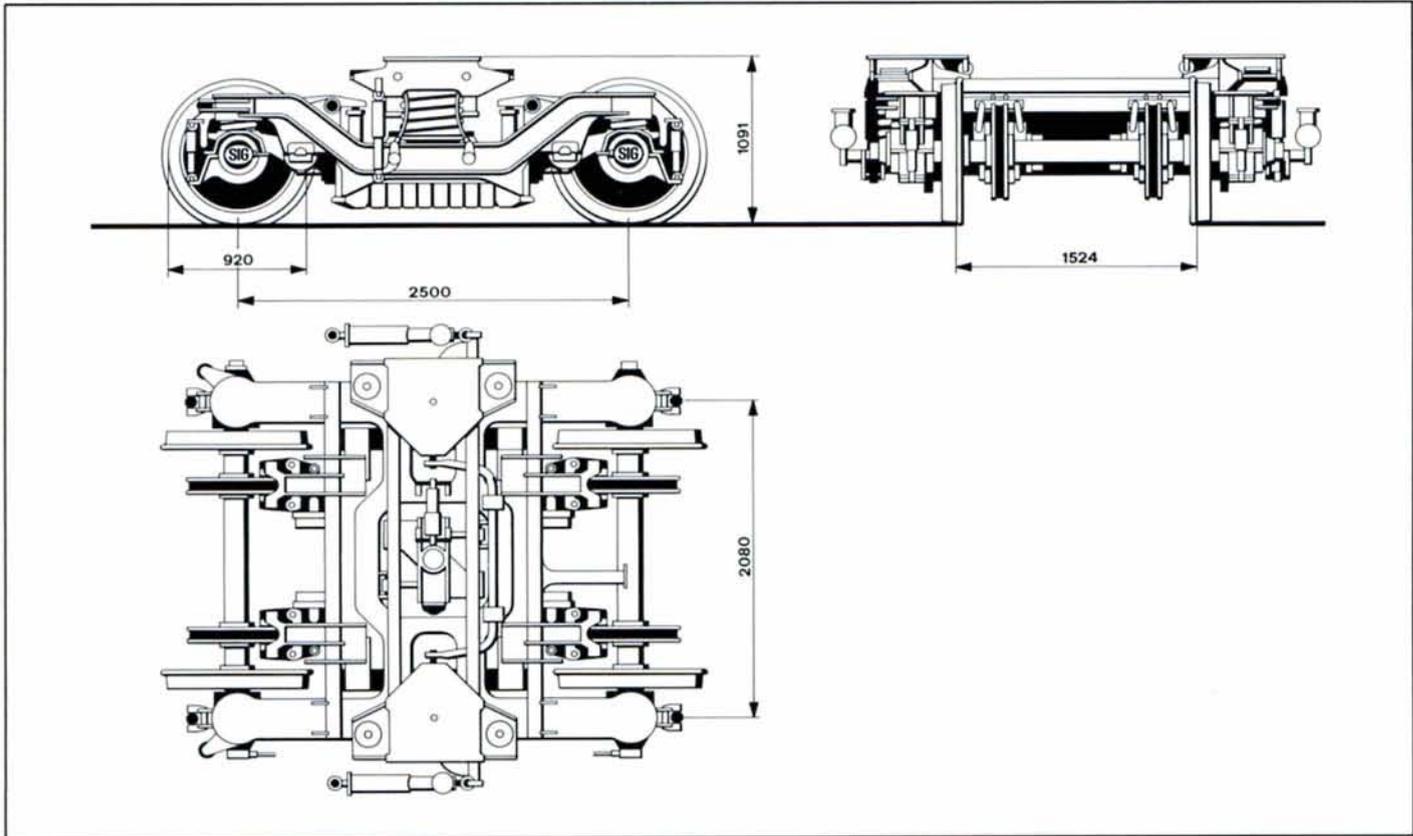
Type BL: L-GSG2

Ecartement des rails	1'524 mm
Empattement des essieux	2'500 mm
Diamètre des roues (neuf)	920 mm
Tare	6'380 kg
Poids statique sur bogie	280 kN
Vitesse max.	160 km/h

Main data:

Type BL: L-GSG2

Gauge	1'524 mm
Wheel base	2'500 mm
Wheel diameter (new)	920 mm
Weight	6'380 kg
Static load on bogie	280 kN
Max. speed	160 km/h



Allgemeines

Zweiachsiges Laufdrehgestell mit Gummicoil-Federung

Primärstufe

Lenkerführung mit Stahlfedersätzen

Sekundärstufe

Stahlfedersätze zwischen sphärischen Gummikalotten angeordnet

Bremsausrüstung

- Achsscheibenbremsen
- Handbremse
- Klotzbremseinheiten *
- Magnetschienenbremse *

Zusatzausrüstungen

- Wankstütze
- Querspielbegrenzung, kurvenabhängig
- Drehhemmung *

* zusätzlich einbaubar

Généralités

Bogie porteur à deux essieux avec suspension ressort en rubber-coil

Suspension primaire

Guidage à bielles et ressorts hélicoïdaux

Suspension secondaire

Ressorts hélicoïdaux disposés entre calottes sphériques de caoutchouc

Équipement de frein

- Frein à disques sur essieu
- Frein à main
- Unités de frein à sabot *
- Frein électromagnétique sur rail *

Équipements supplémentaires

- Stabilisation du roulis
- Limitation du jeu latéral en fonction du rayon de courbe
- Amortissement de la rotation *

* sur demande

General

Two-axle trailing bogie with rubbercoil suspension

Primary suspension

Axle guides and coil springs

Secondary suspension

Coil springs seated between spherical rubber calottes

Brake equipment

- Axle mounted disc brakes
- Parking brake
- Block brake units *
- Electromagnetic rail brake *

Supplementary equipment

- Roll stabilization
- Lateral stops dependent upon track radius
- Yaw damping *

* upon demand

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
 CH-8212 Neuhausen am Rheinfall/Schweiz



Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafengebiete (PTT)
 Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses (PTT)
 SWISS PTT Posts, Telephones and Telegraphs

Laufdrehgestell für Paketpostwagen Z
 Bogie porteur pour voiture postale Z
 Trailing bogie for mail car Z



Paketpostwagen Z

Voiture postale Z

Mail car Z

Hauptdaten:

Typ NL: L-GSG4

Spurweite 1'435 mm
 Radstand 2'500 mm
 Raddurchmesser (neu) 920 mm
 Gewicht 7'220 kg
 Drehgestellbelastung statisch 280 kN
 Maximalgeschwindigkeit 160 km/h

Données principales:

Type NL: L-GSG4

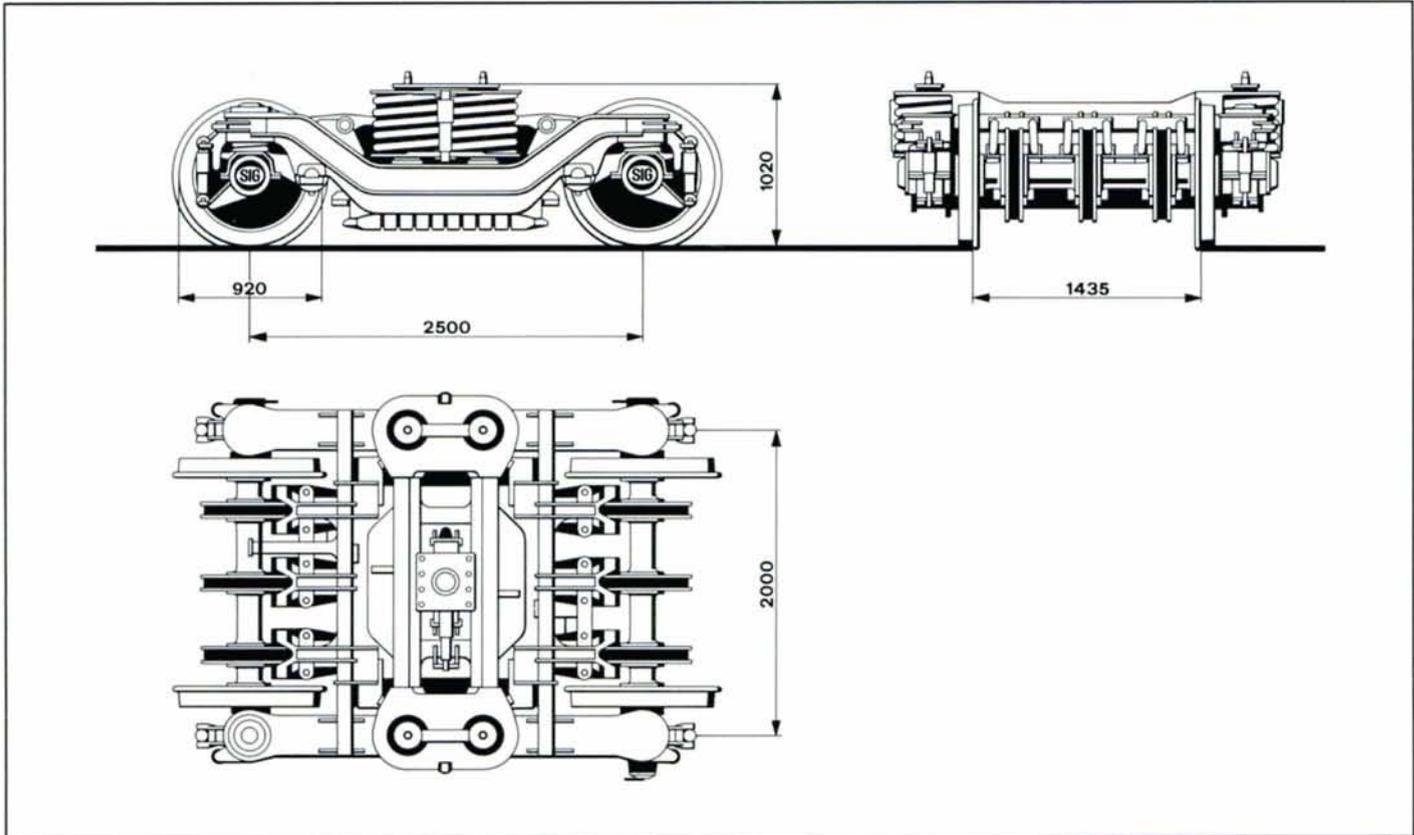
Ecartement des rails 1'435 mm
 Empattement des essieux 2'500 mm
 Diamètre des roues (neuf) 920 mm
 Tare 7'220 kg
 Poids statique sur bogie 280 kN
 Vitesse max. 160 km/h

Main data:

Type NL: L-GSG4

Gauge 1'435 mm
 Wheel base 2'500 mm
 Wheel diameter (new) 920 mm
 Weight 7'220 kg
 Static load on bogie 280 kN
 Max. speed 160 km/h

Laufdrehgestell für Paketpostwagen Z
 Bogie porteur pour voiture postale Z
 Trailing bogie for mail car Z



Allgemeines

Zweiachsiges Laufdrehgestell mit Gummicoil-Federung

Primärstufe

Lenkerführung mit Stahlfedersätzen

Sekundärstufe

Stahlfedersätze zwischen Gummischichtfedern angeordnet

Bremsausrüstung

Achsscheibenbremsen
 Magnetschienenbremse
 Handbremse

Zusatzausrüstungen

Querspielbegrenzung, kurvenabhängig
 Lastwiegeventil

Généralités

Bogie porteur à deux essieux avec suspension rubber-coil

Suspension primaire

Guidage à bielles et ressorts hélicoïdaux

Suspension secondaire

Ressorts hélicoïdaux montés entre ressorts de caoutchouc stratifiés

Équipement de frein

Frein à disques sur essieu
 Frein électromagnétique sur rail
 Frein à main

Équipements supplémentaires

Limitation du jeu latéral en fonction du rayon de courbe
 Soupape de pesage

General

Two-axle trailing bogie with rubbercoil suspension

Primary suspension

Axle guides and coil springs

Secondary suspension

Coil springs mounted between stratified rubber springs

Brake equipment

Axle mounted disc brakes
 Electromagnetic rail brake
 Parking brake

Supplementary equipment

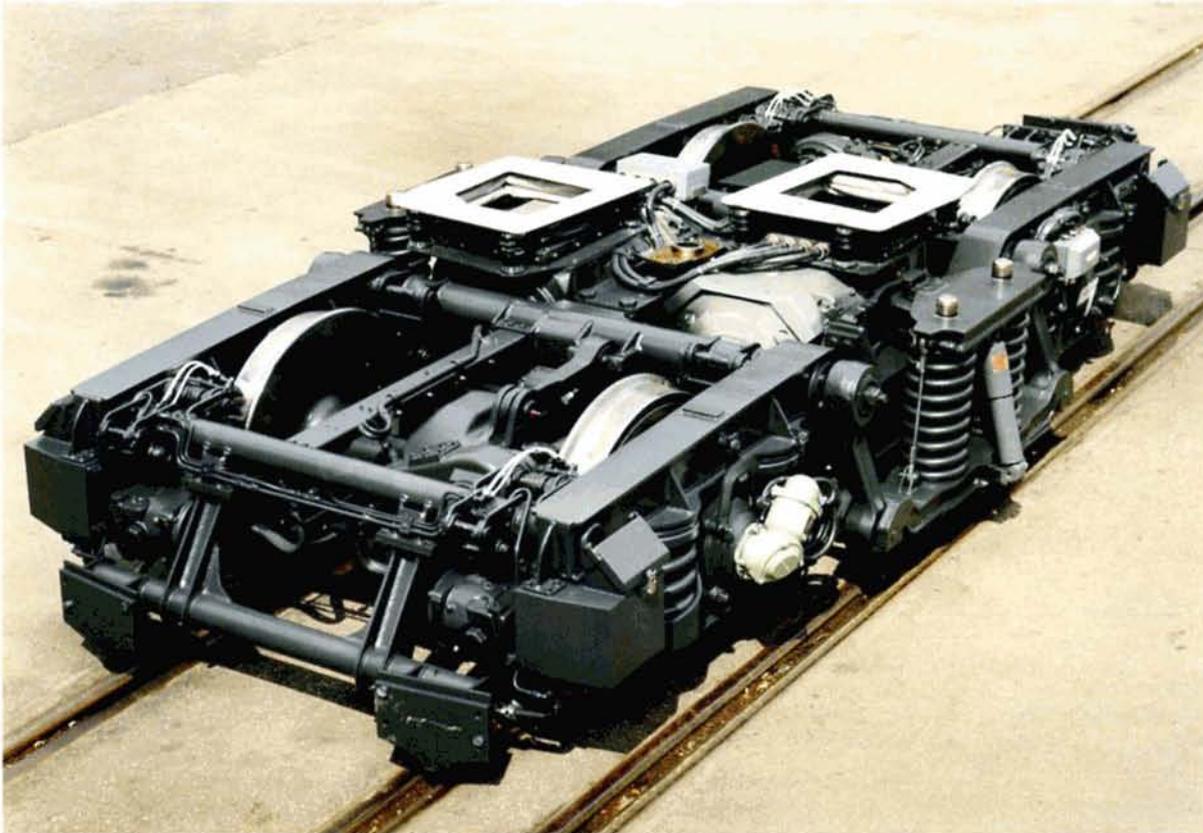
Lateral stops dependent upon track radius
 Pneumatic load weighing system

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
 CH-8212 Neuhausen am Rheinfall/Schweiz



Appenzeller-Bahnen AB/Jura-Bahn CJ
 Chemins de fer d'Appenzell AB/Chemins de fer du Jura CJ
 Appenzell Railways AB/Jura Railway CJ

Motordrehgestell für Pendelzug-Triebwagen BDe 4/4 II
 Bogie moteur pour motrice d'un train navette BDe 4/4 II
 Motor bogie for shuttle train motor cars BDe 4/4 II



Pendelzug-Triebwagen BDe 4/4 II
 Motrice de train navette BDe 4/4 II
 Shuttle train motor car BDe 4/4 II

Hauptdaten:

Typ SMA: Z-PS

Spurweite	1'000 mm
Radstand	2'300 mm
Raddurchmesser (neu)	750 mm
Gewicht	7'000 kg
Drehgestellbelastung statisch	170 kN
Maximalgeschwindigkeit	100 km/h
Stundenleistung pro Motor	180 kW

Données principales:

Typ SMA: Z-PS

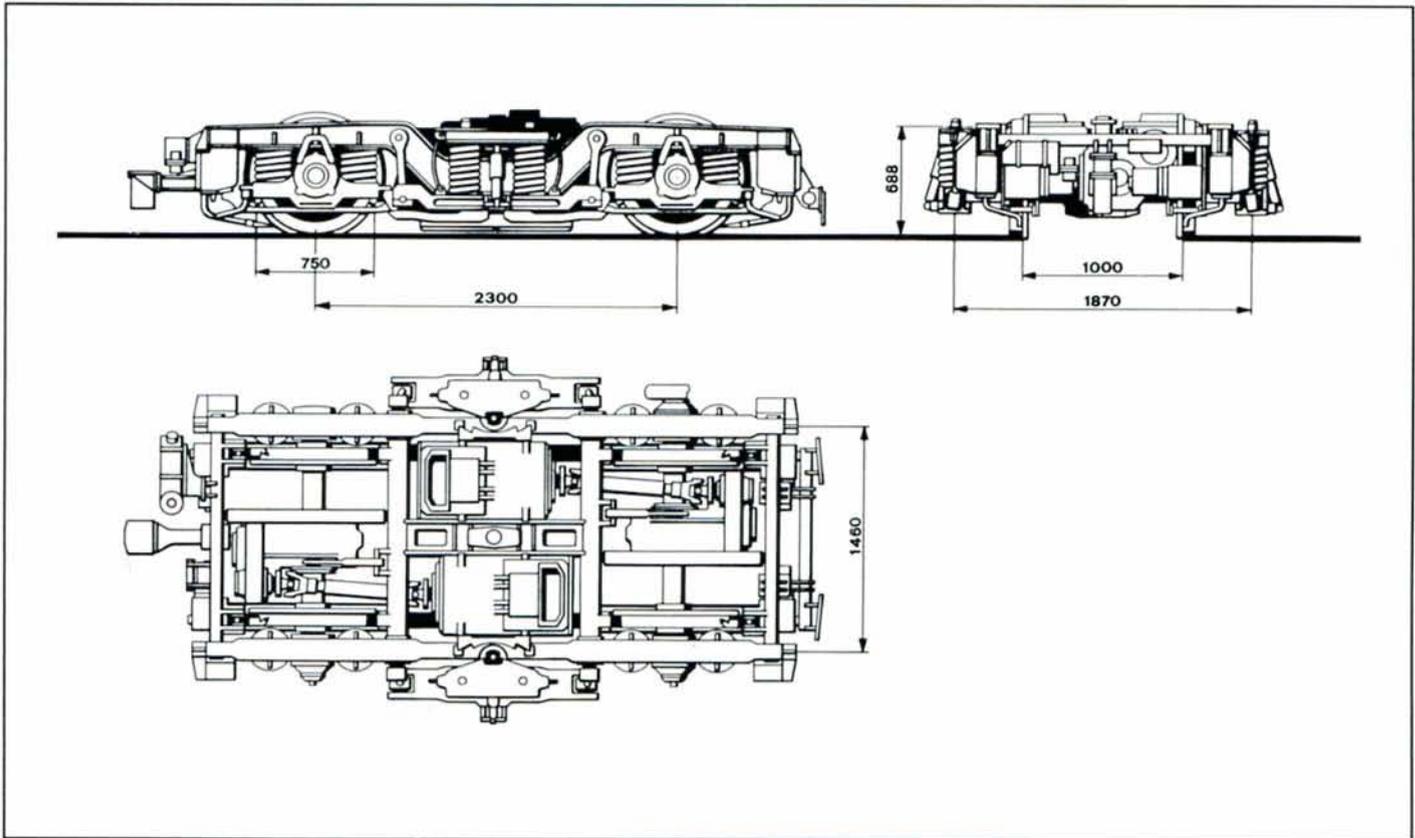
Ecartement des rails	1'000 mm
Empattement des essieux	2'300 mm
Diamètre des roues (neuf)	750 mm
Tare	7'000 kg
Poids statique sur bogie	170 kN
Vitesse max.	100 km/h
Puissance unihoraire par moteur	180 kW

Main data:

Type SMA: Z-PS

Gauge	1'005 mm
Wheel base	2'300 mm
Wheel diameter (new)	750 mm
Weight	7'000 kg
Static load on bogie	170 kN
Max. speed	100 km/h
One hour rating per motor	180 kW

Motordrehgestell für Pendelzug-Triebwagen BDe 4/4 II
 Bogie moteur pour motrice d'un train navette BDe 4/4 II
 Motor bogie for shuttle train motor cars BDe 4/4 II



Allgemeines

Zweimotoriges Drehgestell mit Längsantrieb und Flexicoil-Federung mit Pendelaufhängung

Primärstufe

Zapfenführung mit Stahlfedersätzen

Sekundärstufe

An Pendeln aufgehängte Lasttraverse mit Flexicoilfedern

Antriebsausrüstung

Fahrmotoren der BBC
 K-Baureihe mit Gelenkwelle und Achsgetriebe

Bremsausrüstung

Klotzbremseinheiten mit Federspeicher als 8-Klotzbremse
 Magnetschienenbremse

Zusatzausrüstungen

Schienenräumer
 Sandstreuer
 Spurkranzschmierung
 Querspielbegrenzung, kurvenabhängig
 Zugsicherungsmagnet

Généralités

Bogie bimoteur à commande longitudinale et ressorts flexicoil avec suspension pendulaire

Suspension primaire

Pivot de guidage avec ressorts en acier

Suspension secondaire

Traverse à suspension pendulaire avec ressorts hélicoïdaux

Équipement de traction

Moteurs de traction BBC de la série K avec l'arbre à cardan et l'engrenage d'essieu

Équipement de frein

Unités de frein à sabot avec accumulateurs à ressort
 Frein à 8 sabots
 Frein électromagnétique sur rail

Équipements supplémentaires

Chasse-pierres
 Sablières
 Graissage de boudins
 Limitation du jeu latéral en fonction du rayon de courbe
 Aimant pour arrêt automatique du train

General

Longitudinally mounted bi-motor bogie with flexicoil-suspension and pendular beams

Primary suspension

Sliding guide with coil springs

Secondary suspension

Coil springs seating on a load beam, which is connected by pendular links

Propulsion

K-Series traction motors BBC with cardan shaft and axle gear

Brake equipment

8-block brake units, spring applied
 Electromagnetic rail brake

Supplementary equipment

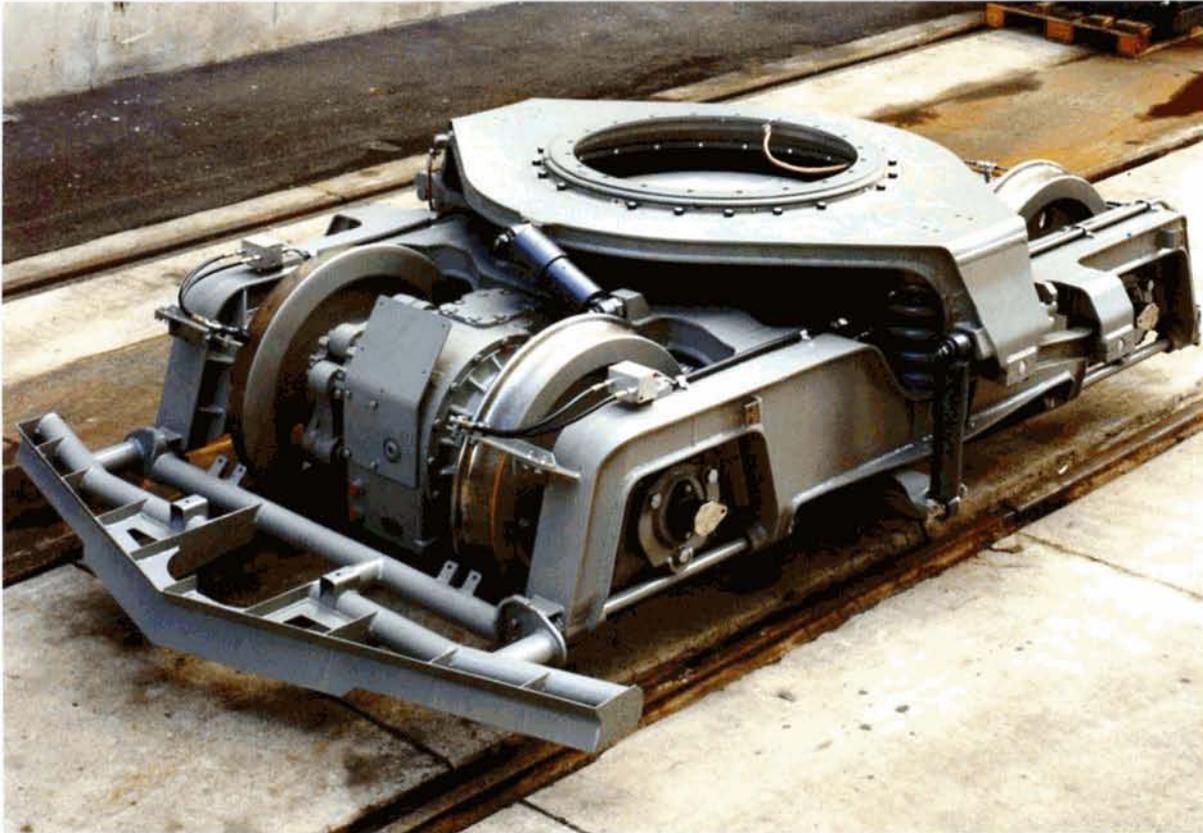
Rail gards
 Sand distributors
 Wheel flange lubrication
 Lateral stops dependent upon track radius
 Magnets for automatic train stopping device

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
 CH-8212 Neuhausen am Rheinfall/Schweiz



Waldenburgerbahn WB
 Chemin de fer Waldenburg WB
 Waldenburg Railway WB

Motor- und Laufdrehgestell für elektrische Pendelzüge BDe 4/4 und Bt
 Bogie-moteur et - porteur pour trains navettes électriques BDe 4/4 et Bt
 Motor- and trailing bogie for electric shuttle train sets BDe 4/4 and Bt



Elektrischer Pendelzug
 BDe 4/4 und Bt

Train navette électrique
 BDe 4/4 et Bt

Electric shuttle train set
 BDe 4/4 and Bt

Hauptdaten:

Typ SMT/SLT: M-SK

Spurweite	750 mm
Radstand	1'800 mm
Raddurchmesser (neu)	660 mm
Gewicht	4'200/2'500 kg
Drehgestellbelastung statisch	122/95 kN
Maximalgeschwindigkeit	75 km/h
Stundenleistung pro Motor	223 kW

Données principales:

Typ SMT/SLT: M-SK

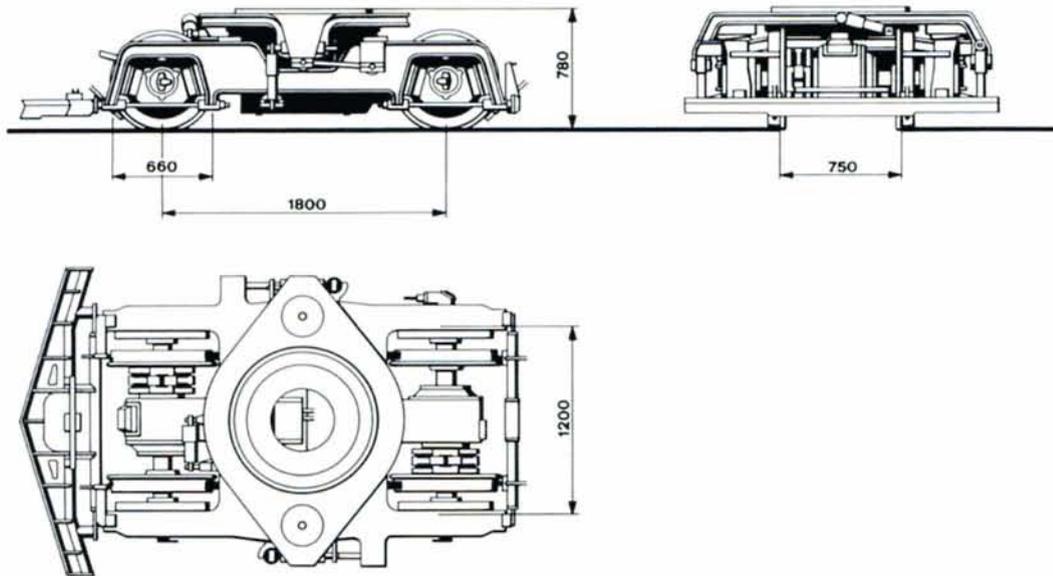
Ecartement des rails	750 mm
Empattement des essieux	1'800 mm
Diamètre des roues (neuf)	660 mm
Tare	4'200/2'500 kg
Poids statique sur bogie	122/95 kN
Vitesse max.	75 km/h
Puissance unihoraire par moteur	223 kW

Main data:

Typ SMT/SLT: M-SK

Gauge	750 mm
Wheel base	1'800 mm
Wheel diameter (new)	660 mm
Weight	4'200/2'500 kg
Static load on bogie	122/95 kN
Max. speed	75 km/h
One hour rating per motor	223 kW

Motor- und Laufdrehgestell für elektrische Pendelzüge BDe 4/4 und Bt
 Bogie-moteur et porteur pour trains navettes électriques BDe 4/4 et Bt
 Motor- and trailing bogie for electric shuttle train sets BDe 4/4 and Bt



Allgemeines

Monomotor-Drehgestell mit Längsantrieb, Zweiachsiges Laufdrehgestell, beide mit Kugeldrehkranz

Primärstufe

Radsatzführung und Primärfederung mit Gummi-Winkelschichtfedern

Sekundärstufe

Über sphärische Gummikalotten gelagerte Stahlfedern mit innenliegenden Gummihohlfedern, zweiteiliger Kugeldrehkranz

Antriebsausrüstung

Längs liegender Fahrmotor mit Hypoid-Hohlwellenachsgetrieben und Kardan-gelenkkupplungen

Bremsausrüstung

Innenliegende 4-Klotz-Druckluftbremse mit Federspeicher

Zusatz-ausrüstungen

Schienenräumer
 Sandstreuer
 Spurkranzschmierung
 Zugsicherungsmagnet

Généralités

Bogie monomoteur avec commande longitudinale, bogie porteur à deux essieux avec couronne à billes bipartite

Suspension primaire

Guidage de l'essieu monté et suspension primaire par caoutchouc stratifié fonctionnant en compression et au cisaillement

Suspension secondaire

Ressorts hélicoïdaux s'appuyant sur des calottes sphériques de caoutchouc creux à l'intérieur, couronne à billes bipartite

Équipement de traction

Moteur de traction longitudinal avec engrenages hypoides et arbres creux, ainsi que des accouplements articulés

Équipement de frein

Frein à air avec 4 sabots, fixé à l'intérieur, avec accumulateurs à ressort

Équipements supplémentaires

Chasse-pierres
 Sablières
 Graissage de boudins
 Aimant pour arrêt automatique du train

General

Longitudinally mounted mono-motor, two-axle trailing bogie with bipartite circular 6-axle bearing

Primary suspension

Axle guide and primary suspension by chevron type rubber springs acting in compression and shear

Secondary suspension

Coil springs seated on spherical rubber calottes with inner hollow rubber springs, bipartite circular ball bearing

Propulsion

Longitudinally mounted traction motor with hypoid hollowshaft gears and cardan drives

Brake equipment

4-block compressed-air brake, fixed inside, spring applied

Supplementary equipment

Rail guards
 Sand distributors
 Wheel flange lubrication
 Magnets for automatic train stopping device

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
 CH-8212 Neuhausen am Rheinfall/Schweiz



Sihltal-Zürich-Uetliberg-Bahn SZU
 Chemin de fer Sihltal-Zürich-Uetliberg SZU
 Sihltal-Zürich-Uetliberg Railway SZU

Laufdrehgestell für Pendelzug-Steuerwagen Bt
 Bogie porteur pour voitures pilotes Bt d'un train navette
 Trailing bogie for shuttle train driving trailers



Pendelzug-Steuerwagen Bt
 Train navette – voiture pilote Bt
 Shuttle train – driving trailer Bt

Hauptdaten:

Typ NL: L-GA2T

Spurweite 1'435 mm
 Radstand 2'500 mm
 Raddurchmesser (neu) 820 mm
 Gewicht 5'500 kg
 Drehgestellbelastung statisch 200 kN
 Maximalgeschwindigkeit 90 km/h

Données principales:

Type NL: L-GA2T

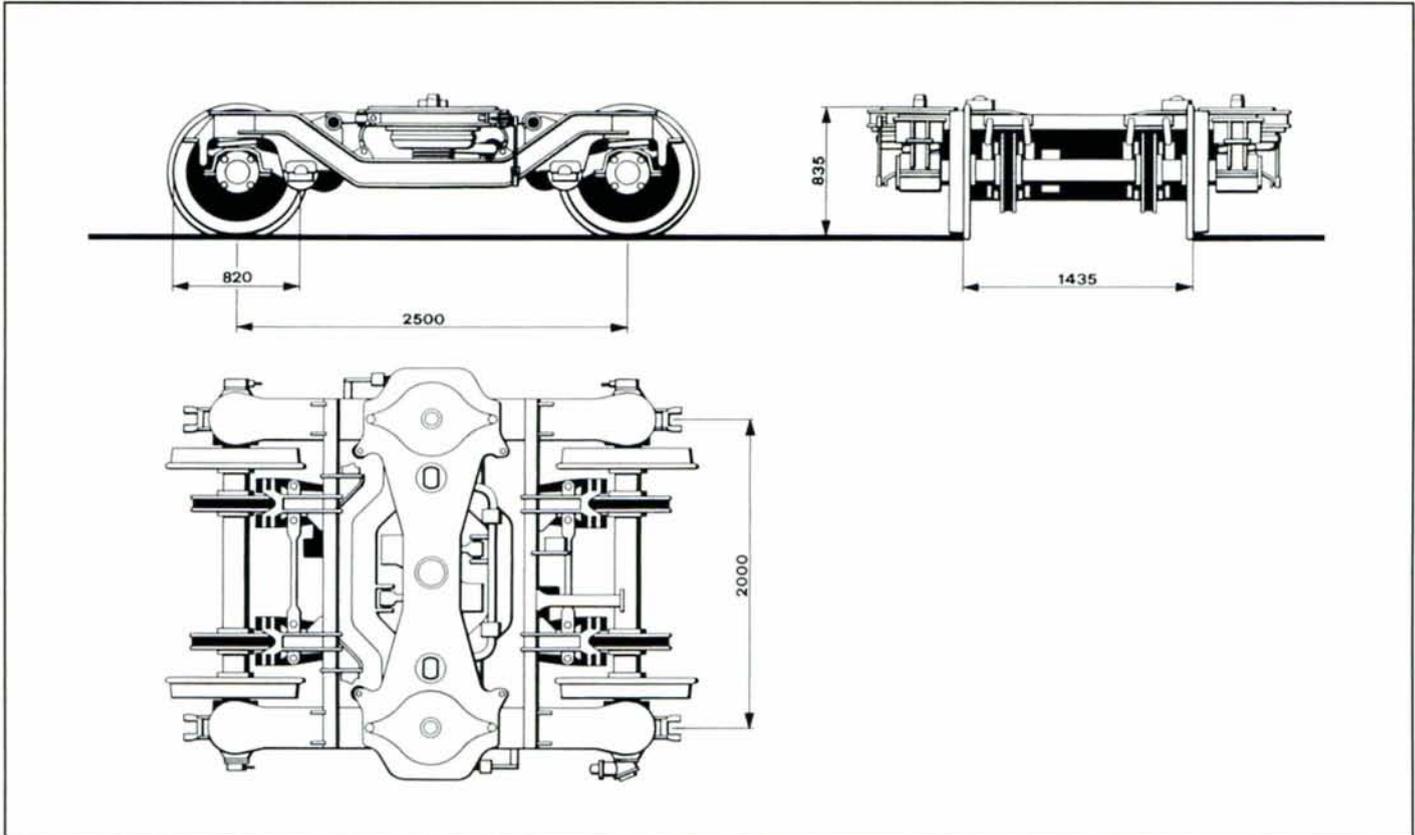
Ecartement des rails 1'435 mm
 Empattement des essieux 2'500 mm
 Diamètre des roues (neuf) 820 mm
 Tare 5'500 kg
 Poids statique sur bogie 200 kN
 Vitesse max. 90 km/h

Main data:

Type NL: L-GA2T

Gauge 1'435 mm
 Wheel base 2'500 mm
 Wheel diameter (new) 820 mm
 Weight 5'500 kg
 Static load on bogie 200 kN
 Max. speed 90 km/h

Laufdrehgestell für Pendelzug-Steuerwagen Bt
 Bogie porteur pour voitures pilotes Bt d'un train navette
 Trailing bogie for shuttle train driving trailers Bt



Allgemeines

Zweiachsiges Laufdrehgestell mit Luftfederung und Kastentraverse

Primärstufe

Lenkerführung mit Stahlfedersätzen

Sekundärstufe

Luftfedern auf Gummischichtfedern angeordnet
 Kastentraverse mit integriertem Drehzapfen

Bremsausrüstung

Achsscheibenbremsen
 Handbremse **
 Klotzbremseinheiten *

Zusatzrüstungen

Wankstütze
 Querspielbegrenzung,
 kurvenabhängig

* zusätzlich einbaubar
 ** nur Kopfdrehgestell

Généralités

Bogie porteur à deux essieux avec suspension pneumatique et traverse à caisse

Suspension primaire

Guidage à bielles et ressorts hélicoïdaux

Suspension secondaire

Ressorts hélicoïdaux posés sur ressorts stratifiés en caoutchouc
 Traverse à caisse avec pivot intégré

Equipement de frein

Frein à disques sur essieu
 Frein à main **
 Unités de frein à sabot *

Equipements supplémentaires

Stabilisation du roulis
 Limitation du jeu latéral en fonction du rayon de courbe

* sur demande
 ** seulement bogie directeur

General

Two-axle trailing bogie with air-spring suspension and transverse member

Primary suspension

Axle guides and coil springs

Secondary suspension

Air spring in series with stratified rubber springs below
 Transverse member with integrated center pivot

Brake equipment

Axle mounted disc brakes
 Parking brake **
 Block brake units *

Supplementary equipment

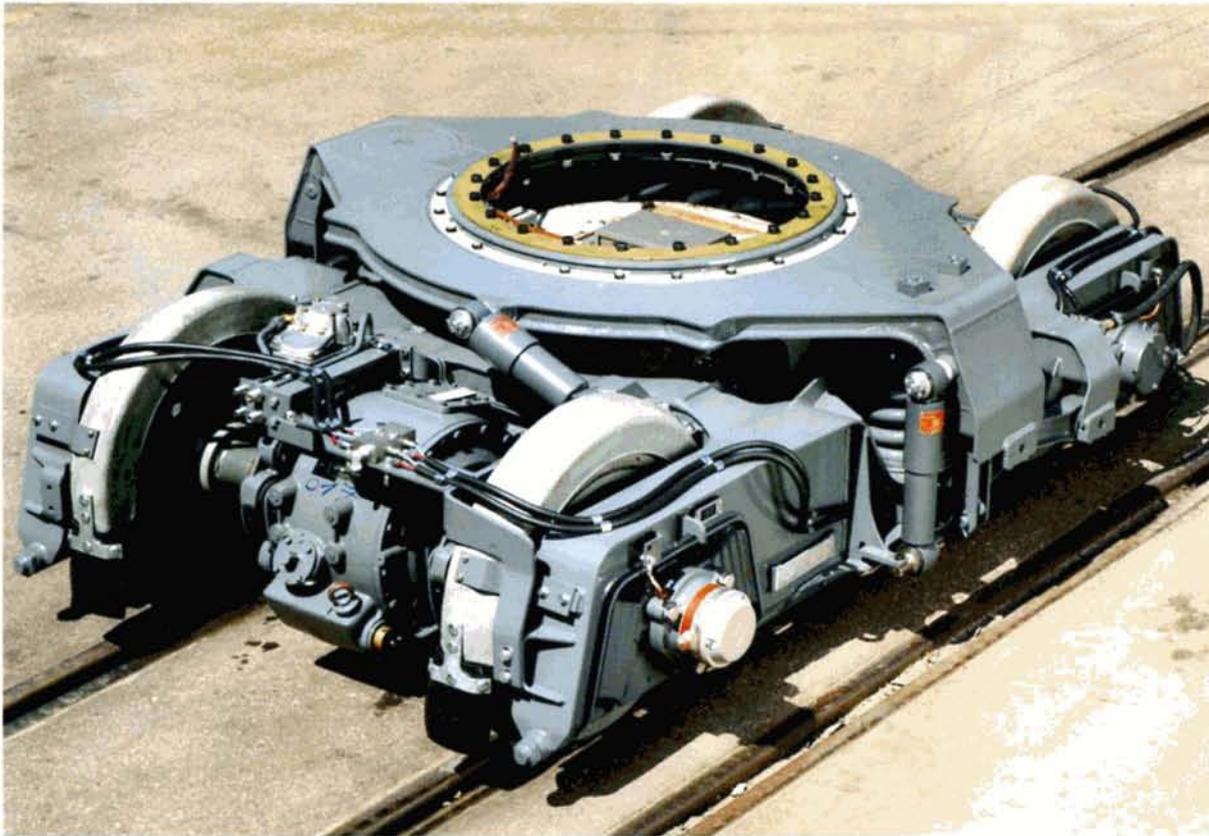
Roll stabilization
 Lateral stops dependent upon track radius

* upon demand
 ** only guiding bogie

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
 CH-8212 Neuhausen am Rheinfall/Schweiz



Motordrehgestell für 4-achsige Strassenbahntriebwagen Be 4/4
 Bogie moteur pour automotrices de tramway à 4 essieux Be 4/4
 Motor bogie for 4-axle light rail vehicles Be 4/4



Strassenbahntriebwagen Be 4/4

Automotrice de tramway Be 4/4

Light rail vehicle Be 4/4

Hauptdaten:

Typ SMT: W-SK

Spurweite	1'000 mm
Radstand	1'750 mm
Raddurchmesser (neu)	670 mm
Gewicht	4'300 kg
Drehgestellbelastung statisch	90 kN
Maximalgeschwindigkeit	65 km/h
Stundenleistung pro Motor	150 kW

Données principales:

Type SMT: W-SK

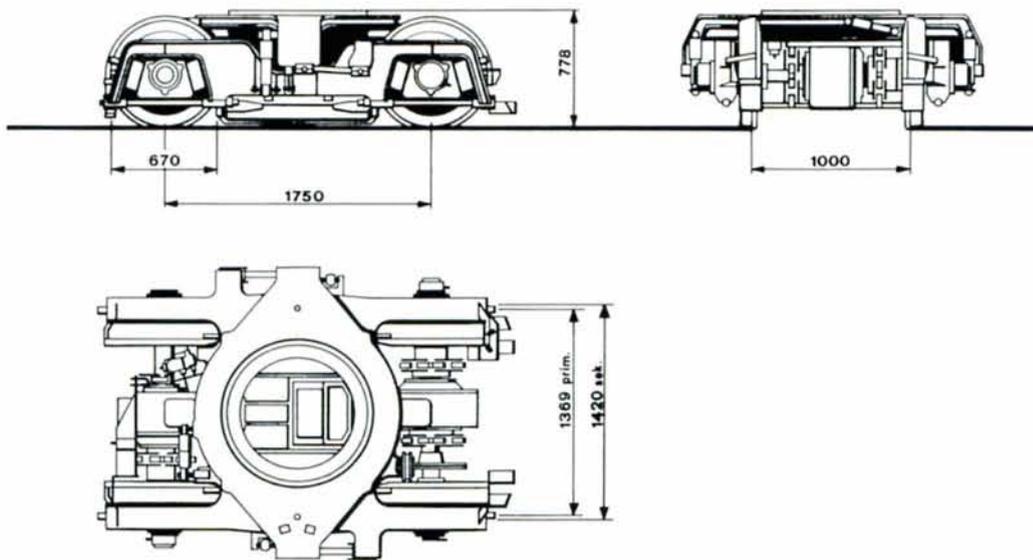
Ecartement des rails	1'000 mm
Empattement des essieux	1'750 mm
Diamètre des roues (neuf)	670 mm
Tare	4'300 kg
Poids statique sur bogie	90 kN
Vitesse max.	65 km/h
Puissance unihoraire par moteur	150 kW

Main data:

Type SMT: W-SK

Gauge	1'000 mm
Wheel base	1'750 mm
Wheel diameter (new)	670 mm
Weight	4'300 kg
Static load on bogie	90 kN
Max. speed	65 km/h
One hour rating per motor	150 kW

Motordrehgestell für 4-achsige Strassenbahntriebwagen Be 4/4
 Bogie moteur pour automotrices de tramway à essieux Be 4/4
 Motor bogie for 4-axle light rail vehicles Be 4/4



Allgemeines

Monomotor-Drehgestell mit Längsantrieb und gummigefederten Rädern

Primärstufe

Radsatzführung und Primärfederung mit Gummi-Winkelschichtfedern

Sekundärstufe

Über sphärische Gummikalotten gelagerte Stahlfedern mit innenliegenden Gummihohlfedern, zweiteiliger Kugeldrehkranz

Antriebsausrüstung

Längsliegender Fahrmotor mit Hypoid-Hohlwellenachsgetrieben und Kardangelenkupplungen

Bremsausrüstung

Achsscheibenbremse, lastabhängig
 Magnetschienenbremse

Zusatzausrüstungen

Radverschaltungen
 Sandstreuer
 Spurkranzschmierung

Généralités

Bogie monomoteur avec commande longitudinale et roues à suspension élastique

Suspension primaire

Guidage de l'essieu monté et suspension primaire par caoutchouc stratifié fonctionnant en compression et au cisaillement

Suspension secondaire

Ressorts hélicoïdaux s'appuyant sur des calottes sphériques de caoutchouc creux à l'intérieur, couronne à billes bipartite

Équipement de traction

Moteur de traction longitudinal avec engrenages hypoides et arbres creux, ainsi que des accouplements articulés

Équipement de frein

Frein à disques sur essieux en fonction du pesage
 Frein électromagnétique sur rail

Équipements supplémentaires

Recouvrements de roue
 Sablières
 Graissage de boudins

General

Longitudinally mounted mono-motor bogie with resilient wheels

Primary suspension

Axle guide and primary suspension by chevron type rubber springs acting in compression and shear

Secondary suspension

Coil springs seated on spherical rubber calottes with inner hollow rubber springs, bipartite circular ball bearing

Propulsion

Longitudinally mounted traction motor with hypoid hollowshaft gears and cardan drives

Brake equipment

Axle mounted disc brake, dependend upon load
 Electromagnetic rail brake

Supplementary equipment

Wheel coverings
 Sand distributors
 Wheel flange lubrication

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
 CH-8212 Neuhausen am Rheinfall/Schweiz





Neue Entwicklungen im Drehgestellbau

Von Gabor Harsy, Neuhausen am Rheinfall



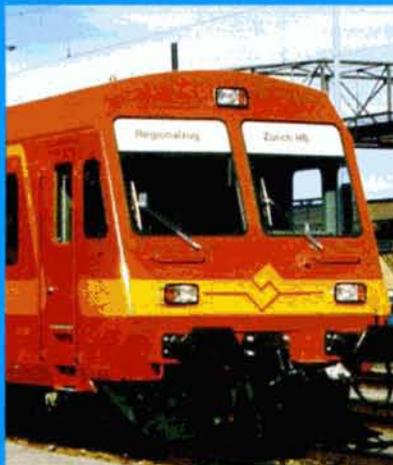
NS-ICM 1 Intercity



SBB-EW IV

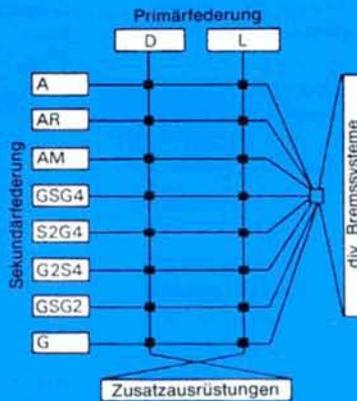


SBB-NPZ Pendelzug



SZU-BI Steuerwagen

Baukastensystem



BLS-RABDe 1/2 Pendelzug



VBZ-Tram 2000



AB/CJ-Pendelzug BDe 1/2 II



BV-Tram Be 1/4

New Developments in Truck Design

Today's railroads require attractive, high performance equipment to effectively compete against airline and highway traffic. The level of their technical requirements has been increased accordingly in the past few years. Modern trucks call for higher speeds, better riding comfort at lower noise levels and higher profitability and most of all, low maintenance and overhaul cost.

In order to fulfill these targets, SIG, the Swiss Industrial Company developed a new truck concept over a period of several years.

The truck program is based on the systems technology building block principle and offers the best possible adaptation to individual needs by virtue of the system configuration's flexibility. The example of the results achieved with this truck type series best illustrates that the modern designs represent a quantum forward jump in regards to riding comfort and economy as against conventional executions.

Nouveaux développements dans la construction de bogies

De nos jours les chemins de fer ont de même besoin de matériel roulant de configuration attractive, ainsi que de rendement élevé, afin de pouvoir maintenir vis-à-vis le trafic routier et aérien. Par conséquent, leurs besoins se sont fortement accrûs au cours des dernières années. De la réalisation de bogies à conception moderne on attend des vitesses plus grandes, un confort de marche assez élevé en combinaison avec un minimum de dégagement de bruit et une meilleure économie, avant tout des frais d'entretien et de révision plus bas.

Afin de pouvoir remplir ces objectifs la SIG Société Industrielle Suisse avait acquis par un long travail de développement un concept de bogie bien défini.

Sur base des principes de la théorie des systèmes, le programme de bogies est conçu selon le système modulaire. Programme qui, par la flexibilité de la formation de système, offre une meilleure possible accommodation aux exigences données.

Les résultats obtenus avec cette gamme de produits peuvent fort bien démontrer que des constructions de bogies modernes, en ce qui concerne la qualité de marche et l'économie, représentent un saut de développement essentiel en comparaison des exécutions anciennes.

Die Eisenbahnen brauchen heute für eine erfolgreiche Behauptung gegenüber dem Straßen- und Luftverkehr auch attraktives und leistungsfähiges Rollmaterial. Entsprechend sind ihre Ansprüche in den letzten Jahren stark gestiegen. Von modernen Drehgestellen werden höhere Fahrgeschwindigkeiten, gesteigerter Fahrkomfort bei geringerer Lärmentwicklung und größere Wirtschaftlichkeit, vor allem niedrigere Wartungs- und Revisionskosten, erwartet.

Um diese Zielsetzungen erfüllen zu können, wurde von der SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft im Rahmen eines lang-

jährigen Entwicklungsprogrammes ein Drehgestell-Konzept erarbeitet.

Das Drehgestellprogramm ist gemäß den Grundsätzen der Systemtechnik nach dem Baukastensystem aufgebaut und bietet durch die Flexibilität der Systemgestaltung eine bestmögliche Anpassung an die gegebenen Anforderungen.

Am Beispiel der mit dieser Typenreihe erreichten Ergebnisse kann gezeigt werden, daß moderne Drehgestellkonstruktionen bezüglich Laufgüte und Wirtschaftlichkeit einen wesentlichen Entwicklungssprung gegenüber älteren Ausführungen darstellen.

1. Einleitung

Drehgestelle waren seit jeher eine besonders gepflegte Spezialität des Unternehmens-Bereichs Fahrzeuge und Anlagen der SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft, Neuhausen am Rheinfall.

In der mehr als 125jährigen Geschichte der Waggonfabrik wurden eine große Zahl von Drehgestellen für Eisenbahnfahrzeuge eigener Fabrikation, wie auch für andere Wagenbauer im In- und Ausland konstruiert und gefertigt.

Die Arbeiten auf dem Drehgestellsektor erlangten bei der SIG im Laufe der Zeit immer höhere Bedeutung [1]¹⁾. Dies wird durchaus verständlich, wenn man sich vor Augen hält, daß von der Gestaltung des Drehgestells so wesentliche Faktoren des Eisenbahnfahrzeuges wie

- Sicherheit,
- Laufgüte und Komfort sowie
- zuverlässige Funktion lebenswichtiger Bauteile in hohem Maße beeinflusst werden.

Durch die Vielgestaltigkeit des Schweizer Marktes wie auch durch diverse Lieferungen an ausländische Bahnen waren genug Gelegenheiten zur Sammlung von Betriebserfahrungen auf den unterschiedlichsten Einsatzgebieten gegeben.

Dies war zur Bildung unseres langjährigen Know-how willkommen und auch erforderlich, um die Ergebnisse der Entwicklungsarbeiten laufend kritisch überprüfen zu können.

Ende der 60er Jahre zeigte sich, daß infolge der wesentlich erhöhten Erwartungen an die Drehgestellkonstruktion neue Wege und Problemlösungen gesucht werden mußten.

Im Rahmen eines Entwicklungsprogrammes wurde ein Drehgestell-Konzept für die zukünftigen Bedürfnisse erarbeitet, das sowohl die internationalen wie auch die besonderen schweizerischen Anforderungen erfüllen kann.

¹⁾ Die Zahlen in eckigen Klammern beziehen sich auf das Schrittmittelverzeichnis am Schluß des Aufsatzes.

Dipl. Ing. G. Harsy, Leiter Entwicklung/Konstruktion Geschäftsbereich Schienenfahrzeuge, SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft, CH-8212 Neuhausen am Rheinfall, Schweiz

In erster Priorität wurden Lauf- und Motordrehgestelle für Normalspur behandelt. Über die konzeptionellen Überlegungen und die mittlerweile vorliegenden Erfahrungen und Anwendungen wird im folgenden berichtet.

Gestützt auf diese Ergebnisse werden zur Zeit die gewonnenen Erkenntnisse auf die schmalspurigen Motor- und Laufdrehgestelle übertragen.

2. Vorgehen

Um das immer vorhandene Risiko von Fehlentwicklungen auf ein Minimum beschränken zu können, wurde eine möglichst systematische Vorgehensweise bei der Entwicklung des Drehgestell-Konzeptes gewählt.

Als geeignete Arbeitsmethoden können die Systementwicklung und die modulare Technologie angesehen werden [2] [3].

Damit wird gewährleistet, daß das zu entwickelnde Produkt nicht für sich isoliert, sondern im Rahmen eines geschlossenen Systems gesehen wird.

Systementwicklung ist somit nicht die Entwicklung eines neuen Produktes – eines neuen Drehgestelltyps –, sondern die Entwicklung eines Problemlösungspaketes, eben eines Systems. Dieses System setzt sich aus einer Mehrzahl von Funktionsmodulen zusammen (Bild 1).

Im Maschinenbau ist die modulare Technologie geeignet, die Systementwicklung besonders wirksam zu nutzen.

Aus Systemen modifizierte Varianten lassen spezifische Anforderungen der Zielgruppe ohne ständige kostspielige Neuentwicklungen für alle Beteiligten wirtschaftlich lösen.

Durch die umfassende Systembetrachtung versteht es sich von selbst, daß sich diese Methode immer nach dem größten Nutzen für die Zielgruppe, d. h. den Abnehmer und Anwender des Produktes, orientiert.

2.1 Zielformulierung

Entsprechend der gesamtheitlichen Betrachtungsweise ergeben sich die folgenden Zielsetzungen:

- Optimale Erfüllung der vom Kunden im betreffenden Einsatzfall gestellten technischen Anforderungen;

- maximale Wirtschaftlichkeit bezüglich Totalkosten des Produktes für den Kunden durch Beachtung der Zusammenhänge zwischen Anschaffungs-, Unterhalts- und Wartungskosten;
- Verwendung von erprobten und bewährten Bauteilen, um eine dauernde und zuverlässige Funktion im Betrieb zu gewährleisten;
- Minimierung der Umtriebe auf Seiten des Kunden bei der Beschaffung und während des Betriebes.

2.2 Teilaufgaben

Wegen der Komplexität des Gesamtprogrammes wurden die Arbeiten in die folgenden Teilaufgaben gegliedert:

- Berechnungsverfahren:
Entwicklung von Berechnungsverfahren und Rechenprogrammen.
- Analytische Studien:
 - Anforderungsanalyse,
 - Systemanalysen,
 - Analyse der Unterhaltskosten.
- Bauelemententwicklung:
Entwicklung und Erprobung von Bauelementen.
- Prototypen:
Bau von Prototypdrehgestellen und deren Einsatz in Testfahrten bzw. Langzeitversuchen.
- Versuche:
Durchführung von
 - statischen Standversuchen z. B.:
 - Spannungsmessungen,
 - statische Charakteristik von Federelementen,
 - Federwegmessungen.
 - dynamischen Standversuchen z. B.:
 - Eigenfrequenzen,
 - dynamische Charakteristik von Federelementen,
 - Ausschwingversuche,
 - Ermüdungsversuche an kompletten Drehgestellen und Bauelementen [4] [5].
 - Laufversuche z. B.:
 - Laufgütemessungen,
 - Beschleunigungs-,
 - Kräfte- und
 - Federwegmessungen.

3. Drehgestellkonzept

Ausgehend von den Ergebnissen der im vorigen Kapitel beschriebenen Teilaufgaben wurden für das Drehgestellkonzept die folgenden Grundsätze aufgestellt:

- Baukasten aus Modulbauteilen (Modulbauweise),
- Flexible Gestaltung der Subsysteme (Flexibilität),
- Gesamtkosten-Optimierung,
- Verwendung erprobter Bauteile.

3.1 Modulbauweise

Wie die Anforderungsanalyse gezeigt hat, ist es wegen der oft widersprüchlichen Anforderungen nicht möglich, ein einziges Konstruktionsprinzip für Drehgestelle zu finden, das allen Bedarfsfällen zu genügen imstande ist.

Hier bietet sich die Anwendung der modularen Technologie an. Dabei wird das Gesamtsystem in eine Mehrzahl von Funktionsmodulen aufgelöst, die eine große Flexibilität für das Bilden unterschiedlicher Varianten ergeben (Bild 2).

Der nächste Schritt ist dann die Vereinheitlichung der Baugruppen (Modulbauteile)

- Drehgestellrahmen,

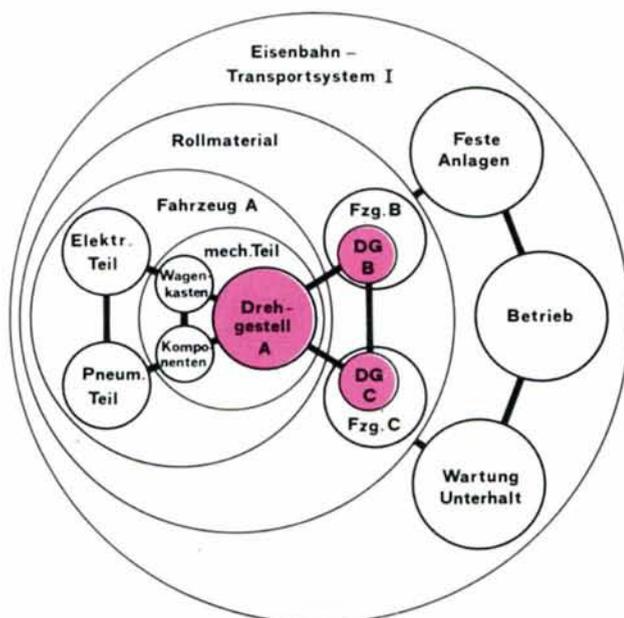


Bild 1: Systementwicklung

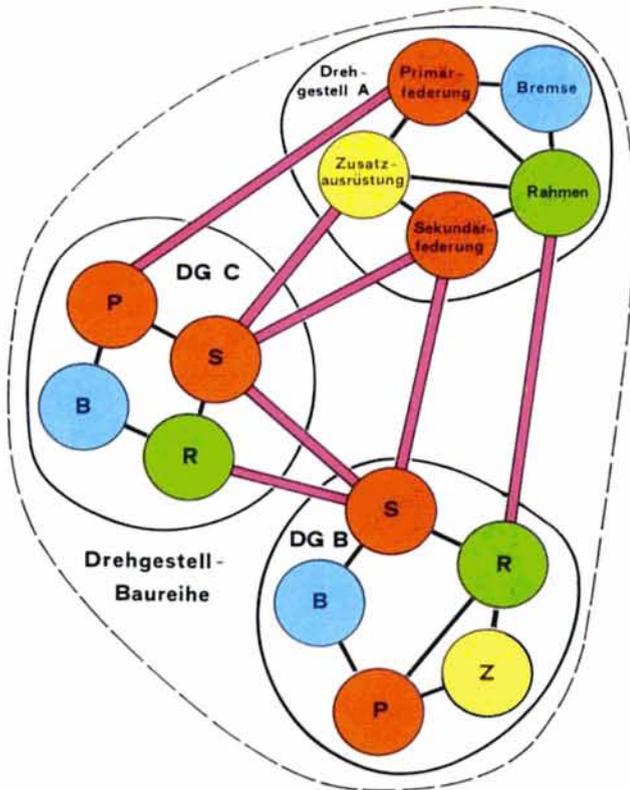


Bild 2: Drehgestell-System

- Primärfederung,
- Sekundärfederung,
- Drehgestellbremse und
- Zusatzausrüstungen

in verschiedenen ausgewählten – den gestellten Anforderungen entsprechenden – technischen Ausführungen.

Die Kombinierbarkeit dieser typisierten Baugruppen untereinander wird durch geeignete Maßnahmen gewährleistet.

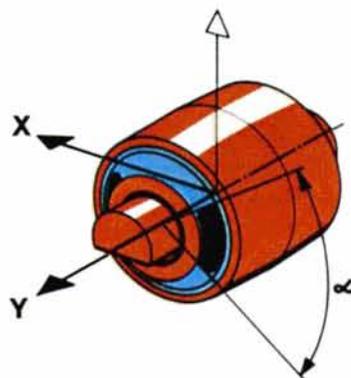


Bild 3: Kennfeld des Achslenker-Gummilagers

3.2 Flexibilität

Zur Erreichung der optimalen technischen Eigenschaften eines Drehgestells stehen dem Konstrukteur die folgenden Maßnahmen zur Verfügung:

- Auswahl der passenden Bauform für die einzelnen Modulbauteile aus dem Baukastenprogramm,
- richtige Bestimmung der beeinflussbaren technischen Charakteristiken, wie z. B.:
 - Federsteifigkeit,
 - Federwege,
 - Dämpfungsfaktoren.

Wie die

- ausgeführten Systemanalysen, aber auch
- die Beurteilung der Möglichkeiten und Grenzen der theoretischen Vorausberechnungen

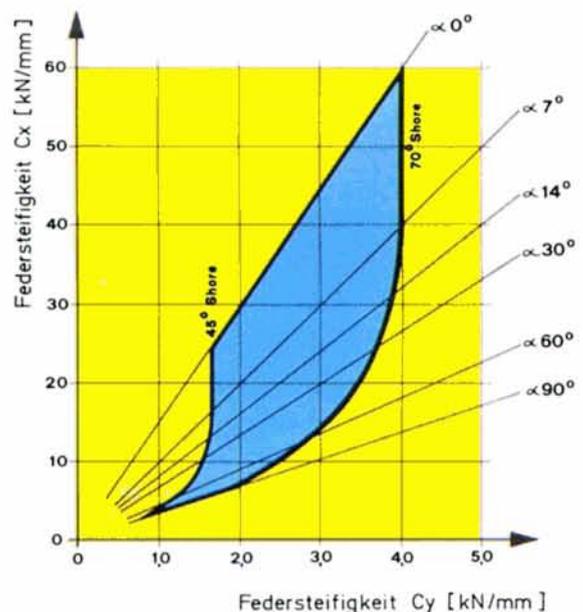
gezeigt haben, sind die einschlägigen Berechnungsverfahren ein äußerst wertvolles Hilfsmittel zur Bestimmung der optimalen technischen Parameter eines Drehgestells.

Trotzdem verbleiben einige Problemkreise, die auch durch noch so aufwendige Berechnungsverfahren nicht schlüssig vorherbestimmt werden können.

Deshalb ist es günstig, für die einzelnen Baugruppenalternativen eine einfache Variationsmöglichkeit für die wichtigen Hauptparameter vorzusehen.

Diese Maßnahme eröffnet außerdem die Möglichkeit einer kostengünstigen Anpassung der relevanten Drehgestellparameter im Falle einer Änderung von wesentlichen Randbedingungen (z. B. Gleislage, Geschwindigkeit, Einsatzfall) im Laufe der Nutzungsdauer des Fahrzeuges.

Mit Vorteil wird diese notwendige Flexibilität in einem Bauteil konzentriert, das trotz variabler Charakteristik die angrenzenden Bauelemente nicht beeinflusst. Als Beispiel ist im Bild 3 das Kennfeld des Achslenker-Gummilagers dargestellt. Durch Veränderung der Shorehärte und des Öffnungswinkels der Ausnehmungen in der Gummibüchse können die Steifigkeiten der Achsführung beeinflusst werden. Der notwendige Variationsbereich läßt sich aus den entsprechenden Systemanalysen ableiten.



3.3 Gesamtkosten-Optimierung

Die Analyse der Unterhaltskosten hat gezeigt, daß durch einige spezifische Eigenschaften des Drehgestells die Unterhaltskosten massiv beeinflußt werden können.

Im Sinne der erwünschten Minimierung der Gesamtkosten sind die Zusammenhänge zwischen Anschaffungs- und Unterhaltskosten sorgfältig zu beachten.

Es bestehen wesentliche Zusammenhänge zwischen

- den technischen Auslegungsdaten,
- der konstruktiven Gestaltung,
- der Bearbeitungsqualität einerseits und andererseits
- den einmaligen Beschaffungskosten und
- den immer wiederkehrenden Unterhaltskosten.

Während die optimale Auswahl der Konstruktionsdaten durch Modulbauweise und Flexibilität sichergestellt wird, ist der Ausführungsstandard der Drehgestelle (konstruktive Gestaltung, Bearbeitungsqualität) für die Optimierung der Gesamtkosten maßgebend.

Die genaue Erfassung und die präzise Voraussage der zu erwartenden Kostenstruktur ist bestimmt nicht einfach.

Trotzdem kann aufgrund bisheriger Erfahrungen und Recherchen folgendes festgehalten werden:

- Die konstruktive Gestaltung und die Bearbeitungsqualität bzw. -genauigkeit eines Drehgestells hat wesentlichen Einfluß auf die Unterhaltskosten.
- Vielfach sind durch bescheidene Mehrinvestitionen bei der Beschaffung ganz wesentliche Einsparungen in den Unterhaltskosten und damit bei den Gesamtkosten zu erzielen.

3.4 Verwendung erprobter Bauteile

Es liegt im Interesse des Lieferanten und des Kunden, das Risiko für das frühzeitige Ausfallen von einzelnen Bauteilen zu minimieren, um allfällige Kosten für

- Garantiersatz,
- Ausfallzeiten von hochwertigem Rollmaterial und
- Folgekosten irgendwelcher Art

möglichst gering zu halten.

Aus diesem Grund sind die verwendeten Bauteile auf dauerhafte und zuverlässige Funktion zu überprüfen. Dabei ist bei lebenswichtigen Bauelementen die Sicherheit dieser Teile mit der notwendigen Verantwortung zu gewährleisten.

4. Baukastensystem

Unter Berücksichtigung der für das Drehgestellkonzept aufgestellten Grundsätze wurde eine Anzahl von Bauvarianten für die einzelnen Baugruppen des Drehgestells (Modulbauteile) ausgewählt und derart ausgelegt, daß die in den vorangehenden Kapiteln beschriebenen Anforderungen erfüllt werden können.

4.1 Primärfederung (Bild 4)

Hier wurden aus einer Fülle von denkbaren Konstruktionsprinzipien die folgenden Varianten ausgewählt:

- Stahlfedern mit Lenkerführung und
- Stahl- oder Gummifedern mit Dreieckslenkerführung.

4.2 Sekundärfederung

Bei dieser Baugruppe ist wegen der größten Vielfalt möglicher Kombinationen der Anforderungen bezüglich

- Vertikalfederung (Niveauregulierung ja/nein),
- Ausdrehwiderstand und
- Neigungskoeffizient

die größte Anzahl von Ausführungsvarianten gegeben.

Die verfügbare Einbauhöhe für die Sekundärfedern ergibt sich aus

Höhe Unterkante Schemelträger	1000 mm,
Höhe Oberkante Drehgestellrahmen	530 mm,
max. Einbauhöhe der Sekundärfedern	470 mm.

Diese Einbauverhältnisse sind im Bild 5 rechts oben ersichtlich.

Verschiedene erprobte und bewährte Systeme erfüllen die Bedingungen des gebotenen Einbauraumes ohne Probleme, wie z. B.:

- Luftfeder mit Ausdrehbewegung,
- Luftfeder mit Rollenabstützung,
- kombinierte Luft-Gummifeder,
- reine Gummifeder.

Mit diesen Bauarten allein ist jedoch der Bedarf nicht abgedeckt.

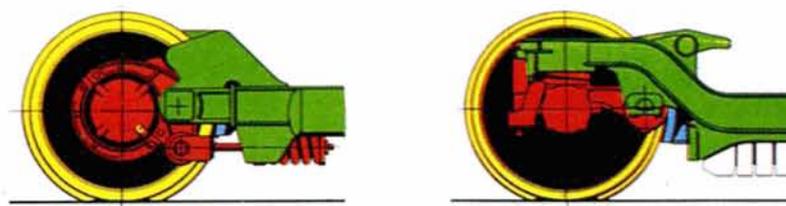
Es gibt Fälle:

- wo eine Luftfederung mit Niveauregulierung vom gegebenen Zuladungsverhältnis her nicht erforderlich ist, die Aufwendungen für die Luftfedersteuerung gespart werden sollen oder einfach keine Druckluft vorhanden ist,
- wo die Vertikalsteifigkeit der beiden letztgenannten Systeme für die verlangte Laufgüte zu hoch ist.

Die vielfach mit Erfolg angewandte Flexicoil-Stahlfeder gibt sich leider mit der vorhandenen Bauhöhe keineswegs zufrieden, wenn sie die gewünschten Federcharakteristiken aufweisen soll.

Aus diesen Gründen mußte eine Bauelemententwicklung durchgeführt werden, deren Ergebnis die sogenannte Gummicoil-Federung darstellt (Bild 5).

Dieses Federelement vereint als kombinierte Gummi-Stahlfederung die Vorteile der beiden seit langem bewährten Federungsarten. Die Gummicoil-Federung ergibt die gewünschten Federsteifigkeiten in allen drei Richtungen. Sie ist dauerhaft



Typ D

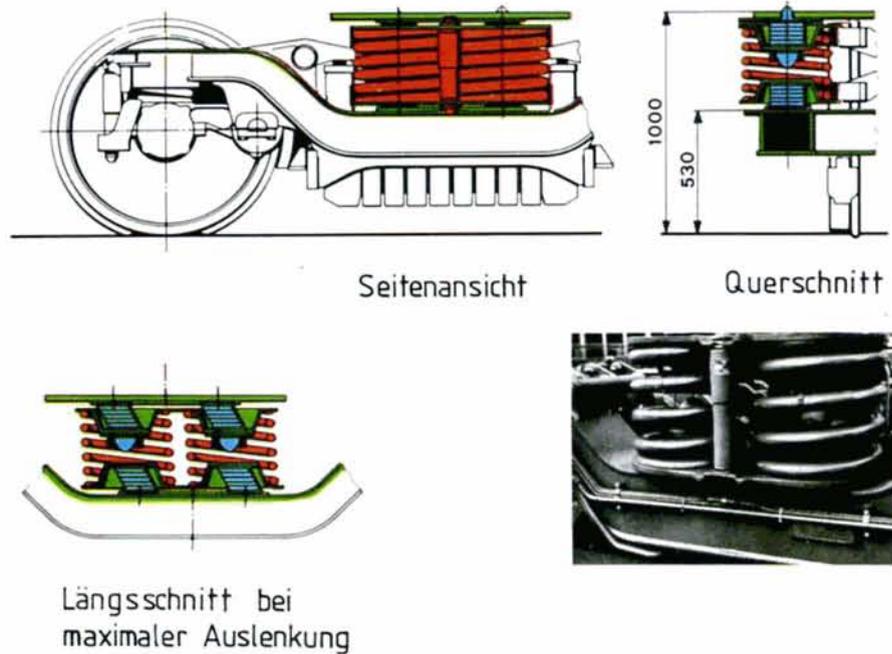
Dreieckslenker

Typ L

Lenkerführung

Bild 4: Primärfederung

Bild 5: Kombinierte Gummi-Stahl-Sekundärfederung



und wartungsfrei und paßt schließlich in den gegebenen Einbauraum.

Die Stahlfeder liefert die geforderte Vertikalweichheit und wird wegen der relativ geringen Querauslenkungen als Flexicoilfeder nicht überzuchtet.

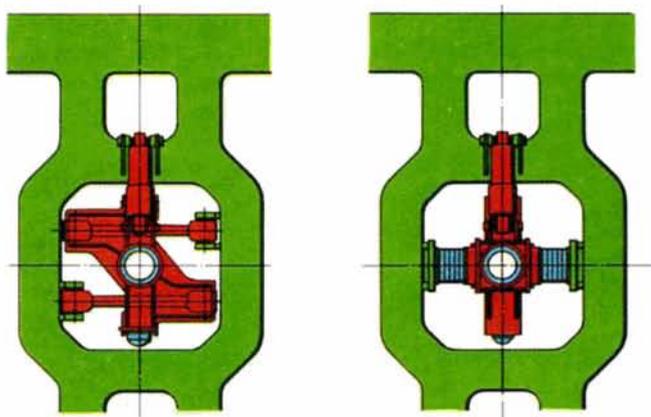
Die Gummischichtfeder hingegen übernimmt den größten Teil der Querbewegung und kann wegen der nicht mehr unbedingt verlangten Vertikalweichheit auf lange Lebensdauer dimensioniert werden.

Wegen der großvolumigen Gummipakete ergibt sich als Nebeneffekt eine ausgezeichnete Schallisolation zwischen Drehgestellrahmen und Wagenkasten.

4.3 Längsmithnahme (Bild 6)

Für die konstruktive Gestaltung der Längsmithnahme (Übertragung der Längskräfte zwischen Wagenkasten und Drehgestellrahmen) stehen zwei Ausführungsvarianten zur Verfügung:

- Lemniskate und
- Gummischichtfeder.



Lemniskate

Gummischichtfeder

Bild 6: Längsmithnahme

Durch die Wahl einer der beiden Alternativen wird die prinzipielle Konstruktion der Querträgerpartie des Drehgestellrahmens und des Drehzapfens nicht beeinflusst.

Die Verfügbarkeit dieser beiden Alternativen ergibt die Möglichkeit für eine freizügige Wahl der Längssteifigkeit zwischen Drehgestell und Wagenkasten.

4.4 Drehgestellrahmen (Bild 7)

Wie aus dem vorangehenden Kapitel ersichtlich ist, läßt sich zwischen den Baugruppen Drehgestellrahmen und Sekundärfeder eine eindeutige Trennstelle definieren, nämlich die Höhe der Oberkante des Rahmenlangträgers auf ca. 530 mm.

Anders ist es beim Interface Drehgestellrahmen – Primärfederung:

Diese Nahtstelle läßt sich wegen des unterschiedlichen Aufbaus der gewählten Primärfedervarianten nicht vereinheitlichen.

Dies führt dazu, daß im Zusammenhang mit den beiden Primärfedervarianten ebenfalls zwei verschiedene Rahmentypen bestehen, die sich allerdings nur im Bereich der Primärfederung und Achsführung unterscheiden:

Drehgestellrahmen Typ L (Lenkerführung) und Drehgestellrahmen Typ D (Dreieckslenker).

Der Mittelteil des Langträgers und die Querträgerpartie sind bei beiden Varianten identisch ausgeführt.

4.5 Drehgestellbremse

Es wurde vorausgesetzt, daß das Laufdrehgestell mit den folgenden Bremssystemen gleichzeitig ausrüstbar sein muß:

- Scheibenbremse (Achsbremsscheiben),
- Klotzbremse (4 innenliegende Klotzbremseinheiten),
- Magnetschienenbremse (Hochaufhängung) und
- Handbremse (mittels Flexball auf Scheibenbremse wirkend).

Um auch hier die Trennstellen zur benachbarten Baugruppe Drehgestellrahmen möglichst vereinheitlichen zu können, wurde die folgende Lösung gewählt:

Weitestgehende Konzentration der Aufhängungspunkte der einzelnen Bremsaggregate auf die beiden Bremsträger, deren

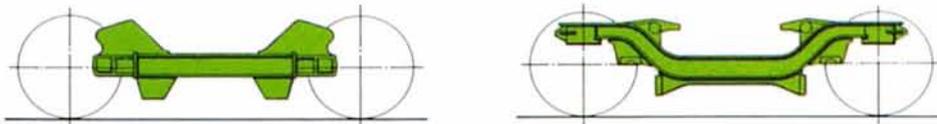


Bild 7: Drehgestellrahmen für die Primärfedervarianten D und L

Drehgestellrahmen für die Primärfedervarianten

D

L

Befestigungen am Drehgestellrahmen für die beiden Rahmentypen vereinheitlicht sind.

Die vermutlich unvermeidbaren Anpassungen an die Bremsapparate bei den verschiedenen Anwendungsfällen (z. B. wegen unterschiedlicher Brems Scheibendistanz, Übersetzungsverhältnis, Zylindergröße usw.) spielen sich somit innerhalb dieses Bauteils ab, ohne den Drehgestellrahmen zu beeinflussen. Am Drehgestellrahmen verbleiben somit nur noch:

- Schleppsupport für die Magnetschienenbremse und
- Supporte für die Bremszylinder der Klotzbremseinheiten.

4.6 Zusatzausrüstungen

Bei allen Ausführungstypen des Drehgestell-Baukastens können die folgenden Zusatzausrüstungen bei Bedarf eingebaut werden:

- Wankstütze (Stabilisator),
- Drehhemmung (Schlingerdämpfer),
- Kurvenabhängige Querspielbegrenzung,
- Schienenräumer,
- Sandstrauer,
- Spurkranzschmierung und
- Radlastausgleich bei der Primärfedervariante D (Dreieckslenker).

4.7 Baukastensystem-Zusammenfassung

Der Drehgestell-Baukasten besteht aus folgenden Modulbauteilen:

- 2 Varianten Primärfederung mit den zugehörigen
 - 2 Varianten Drehgestellrahmen,
- 8 Varianten Sekundärfederung mit
 - 2 Varianten Längsmitnahme,

die sich beliebig untereinander kombinieren lassen.

Bei allen Ausführungsformen können die

- 4 Bremssysteme:

- Scheibenbremse
- Zusatzklotzbremse
- Magnetschienenbremse
- Handbremse

- und diverse Zusatzausrüstungen wie z. B.:

- Wankstütze
- Drehhemmung usw.

in der gewünschten Auswahl eingebaut werden.

Die wesentlichen Kombinationsmöglichkeiten zeigt das Schema im Bild 8.

5. Anwendungen und Erfahrungen

Die ersten Prototypdrehgestelle dieser Familie wurden in den Jahren 1969/70 gebaut [6].

Ausgehend von diesen Konstruktionen wurden verschiedene Drehgestelle für die Schweizerischen Bundesbahnen (SBB), die Finnischen Staatsbahnen (VR) und die Niederländischen Staatsbahnen (NS) gebaut.

Hochgeschwindigkeits-Fahrversuche wurden mit den Motordrehgestellen der Metroliner-Triebwagen in den USA durchgeführt [7].

Die in diesem Zeitraum gebauten Drehgestelltypen entsprechen bereits weitgehend dem geschilderten Drehgestell-Konzept, das in der vorliegenden Form im wesentlichen in den Jahren 1978/79 bereinigt und konsolidiert wurde.

Im folgenden sollen einige Beispiele herausgegriffen und näher beschrieben werden. Aus der Fülle von Messungen und Erfahrungswerten, die mit diesen Drehgestelltypen gesammelt werden konnten, werden einige vorgestellt.

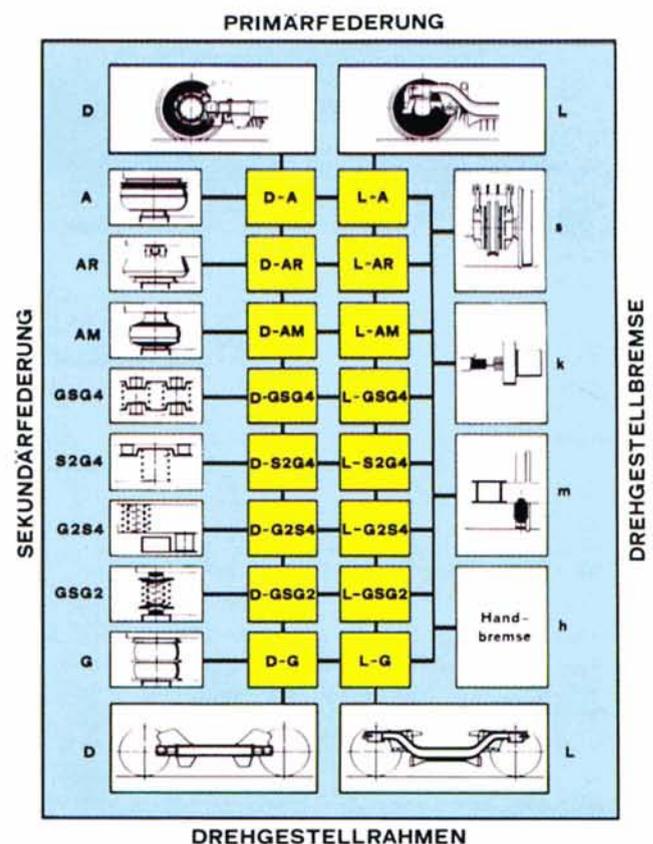


Bild 8: Drehgestell-Baukastensystem

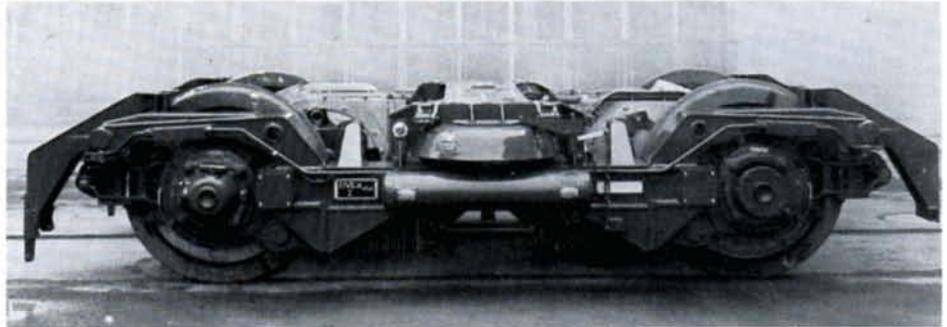
5.1 Motordrehgestelle für die Vorortzüge SGM der NS

Diese Drehgestelle sind in der Primärfederung mit Dreieckslenkern und horizontal angeordneten Federn und in der Sekundärstufe mit Luftfedern und einer Rollenabstützung ausgeführt und entsprechen somit dem Typ D-AR.

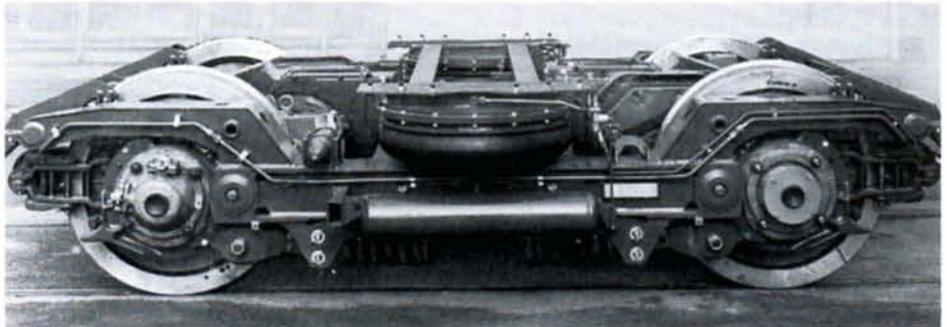
In einer ersten Serie wurden 64 Motordrehgestelle für 15 SGM-O Doppeltriebwagen im Jahre 1975 ausgeliefert. Kurz

darauf wurden von den NS weitere 246 Motordrehgestelle des gleichen Typs bei der SIG in Auftrag gegeben. Anlässlich der Auslieferung der ersten Drehgestelle dieser Nachfolgeserie wurden im Herbst 1978 Versuchsfahrten durchgeführt. Zweck dieser Versuchsfahrten war es,

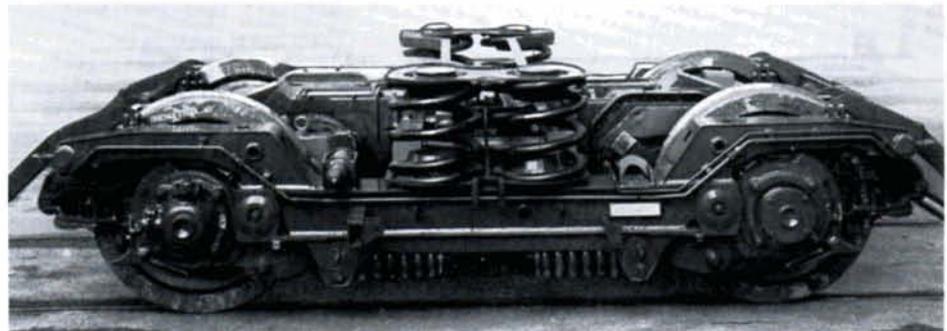
- die Auswirkungen der an der Nachfolgeserie vorgenommenen Detailänderungen (insbesondere die weichere Querfederung) gegenüber der Protoserie hinsichtlich Laufgüte zu überprüfen,



a)



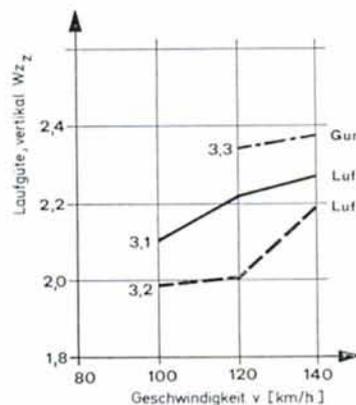
b)



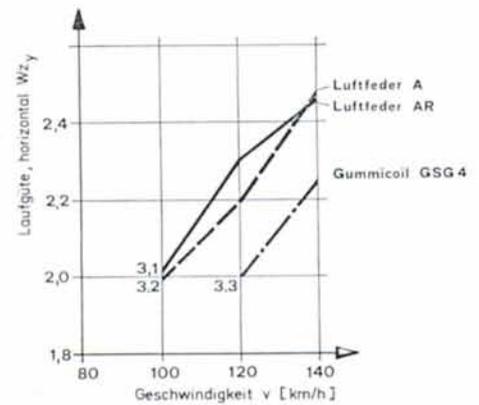
c)

Bild 9: Motordrehgestelle für die SGM-Triebzüge der NS

- a) Originalausführung: Luftfeder und Rollen (AR)
- b) Versuchsausführung: Luftfeder mit Drehbewegung (A)
- c) Versuchsausführung: Gummicoilfeder (GSG4)



Laufgüte vertikal
Venlo – Eindhoven



Laufgüte horizontal
Venlo – Eindhoven

Bild 10: Laufgütemessungen an den Vororttriebzügen Bauart SGM1 der Niederländischen Staatsbahnen im Jahre 1978

- die weiteren in der Zwischenzeit verfügbaren Alternativ-Varianten der Sekundärfederung
 - Luftfeder mit Drehbewegung (A),
 - Gummicoil (GSG4)

mit der Serienausführung (AR) zu vergleichen (Bild 9).

Eine Zusammenfassung der Versuchsergebnisse zeigen die Diagramme im Bild 10.

Daraus kann man erkennen, daß

- die Luftfeder A in beiden Richtungen geringfügig besser ist als die Luftfeder AR
- die Gummicoilfeder in Querrichtung den beiden Luftfedervarianten deutlich überlegen ist, während sie vertikal schlechter als diese abschneidet.

Zur Beurteilung der vertikalen Laufgüte der Gummicoilausführung ist zu berücksichtigen, daß die in diesem Versuch verwendeten Stahlfedern ursprünglich für ein anderes Fahrzeug beschafft worden waren, das eine härtere Vertikalfederung sekundär erforderte. Dies führte dazu, daß die Tauchfrequenz des Versuchsfahrzeuges mit ca. 1,3 Hz wesentlich höher ausfiel als die der Luftfedervarianten.

Diese Ergebnisse der erstmals im Betrieb eingesetzten und gemessenen Gummicoilfederung zeigten, daß diese Federungsart sehr wohl mit der Luftfederung in punkto Laufgüte konkurrieren kann. Es zeigte sich aber auch, daß mit niedrigeren Quersteifigkeiten, als sie die zu diesem Zeitpunkt verfügbaren Luftfedern aufwiesen, eine beträchtliche Verbesserung der Laufgüte in Querrichtung erzielbar ist.

Diese Annahmen konnten bei den vergleichenden Versuchsfahrten mit Luftfedern mit unterschiedlichen Quersteifigkeiten im Frühjahr 1981 anlässlich einer weiteren Bestellung von 60 Motordrehgestellen des gleichen Typs nachgewiesen werden.

Die Luftfedern neuerer Bauart mit weicherer Quercharakteristik zeigten um ca. 30 % bessere Laufgüte-Werte in horizontaler Richtung:

Luftfedertyp	Querfrequenz	Comfort-Werte	
		horizontal	vertikal
Luftfeder in Originalausführung	ca. 0,9 Hz	28,6	19,8
neue Luftfeder mit weicherer Quercharakteristik	ca. 0,6 Hz	20,0	20,3

5.2 Prototyp-Motor- und Laufdrehgestelle mit Lenkerführung

Im Frühjahr 1980 wurden mit diesen Motor- und Laufdrehgestellen mit einem dreiteiligen Intercityzug der NS ausgedehnte Versuchsfahrten durchgeführt.

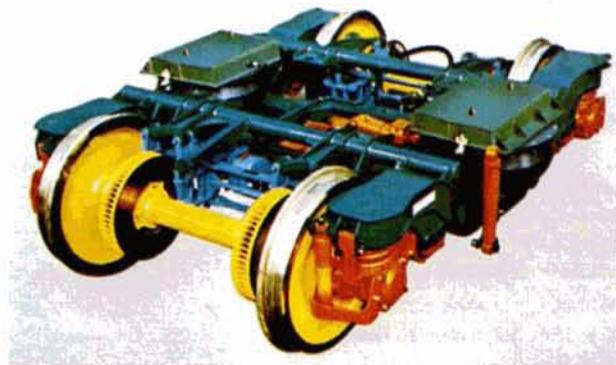
Die Drehgestelle sind in der Primärstufe mit einer Lenkerführung (Typ L) ausgerüstet. In der Sekundärstufe wurden die folgenden Varianten getestet (Bild 11):

- Luftfeder mit Drehbewegung (A),
- Gummicoilfederung (GSG4) und
- Gummicoilfederung (S2G4).

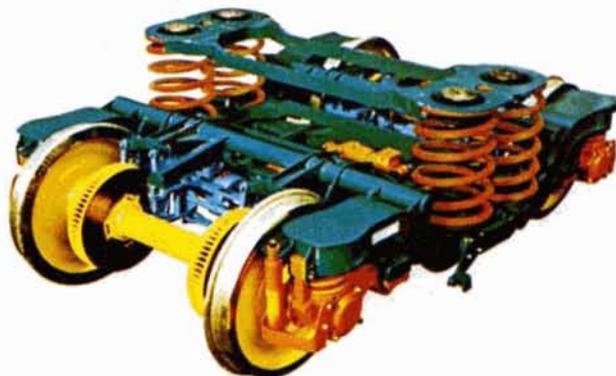
Außer diesen Federalternativen wurden noch eine Reihe von Parametern variiert, wie z. B.:

- Einstellung der Vertikal- und Horizontalstoßdämpfer,
- Einstellung der Schlingerdämpfer in gekoppelter und entkoppelter Ausführung,
- Beladungszustand Tara/Brutto.

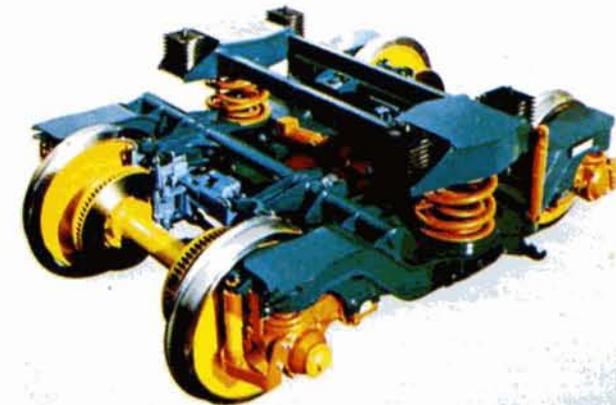
Die Versuchsfahrten wurden auf verschiedenen Meßstrecken



a) Luftfederung mit Drehbewegung (A)



b) Gummicoilfederung (GSG4)



c) Gummicoilfederung (S2G4)

Bild 11: Laufdrehgestelle mit Lenkerführung und verschiedenen Sekundärfedervarianten

mit unterschiedlicher Gleisbeschaffenheit und bis zu Geschwindigkeiten von 160 km/h durchgeführt.

Die günstigen Ergebnisse dieser Messungen führten schließlich zu einer Bestellung von 80 Motordrehgestellen und 280 Laufdrehgestellen des Typs L-A.

5.3 Motordrehgestelle für die Bodensee-Toggenburg-Bahn

Bei den im vorigen Abschnitt beschriebenen Motordrehgestellen handelt es sich um ein in unserer Fertigung vorgezogenes Paar von Drehgestellen für die Triebwagen der Bodensee-Toggenburg-Bahn (BT) (Bild 12).

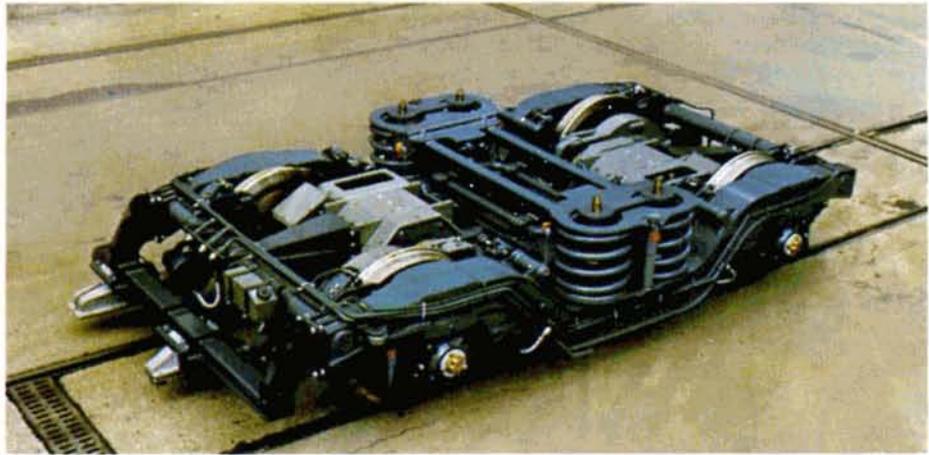


Bild 12: Motordrehgestell für die Triebwagen der Bodensee-Toggenburg-Bahn

Wegen der bei diesem Fahrzeug vorliegenden Zuladungsverhältnisse war eine Luftfederung nicht zwingend erforderlich, so daß auf Grund der bei den NS-Fahrversuchen erzielten Ergebnisse die Wahl auf die wartungsfreie Sekundärfedervariante Gummicoil GSG4 fiel. Diese brachte überdies den Vorteil, daß wegen des kleinen Ausdrehwiderstandes im Zusammenhang mit einer entsprechenden Dimensionierung der Steifigkeiten der Achsführung die Schienenrichtkräfte bei diesem relativ schweren Fahrzeug in Grenzen gehalten werden können.

5.4 Laufdrehgestelle für den Einheitswagen IV der SBB

Für diese Drehgestelle (Bild 13) wurden entsprechend den topographischen Verhältnissen der Schweizerischen Bundesbahnen (häufige und enge Kurven) besondere Maßnahmen zur Reduktion des Spurkranzverschleißes verlangt:

- Kleiner Ausdrehwiderstand (≤ 150 kNm/rad) zur Verkleinerung der Richtkräfte.
- Möglichst weiche Achsführung zur Ermöglichung der radialen Einstellung der Achsen.

Der ausgesprochen geringe Ausdrehwiderstand konnte durch eine Sekundärfederkonstruktion, bestehend aus einem Stahlfedersatz mit an beiden Enden angeordneten sphärischen Gummikalotten, erreicht werden (Bild 14).

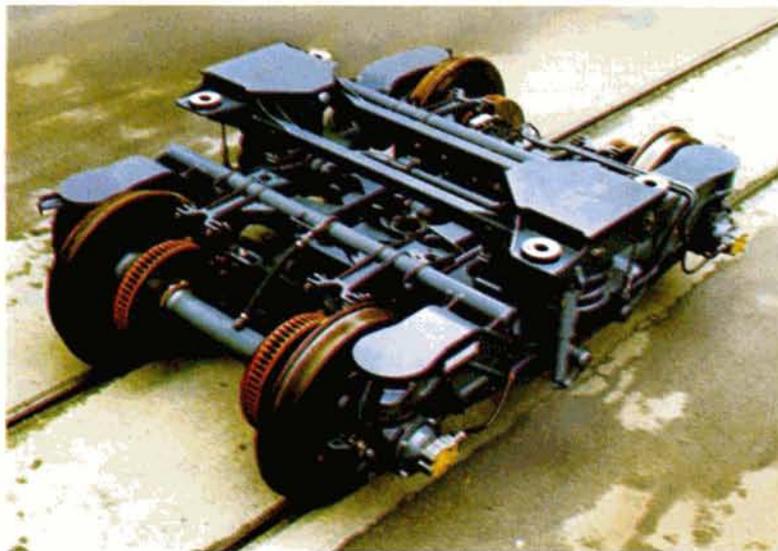


Bild 13: Laufdrehgestell für die Einheitswagen IV der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB)

Dabei wurde allerdings die ursprünglich gestellte Forderung nach einer maximalen Bauhöhe der Oberkante der Sekundärfederung (1000 mm) um ca. 100 mm überschritten.

Bei den Prototypdrehgestellen wurden bei den Versuchsfahrten die Steifigkeitswerte der Achsführung variiert, um die kleinstmögliche Steifigkeit bei noch genügender Stabilität zu ermitteln.

Die im 300-m-Bogen gemessenen Y-Kräfte und die entsprechenden Werte für den Entgleisungssicherheitskoeffizient Y/Q in Abhängigkeit von der Steifigkeit der Achsführung in Längsrichtung zeigen die Diagramme im Bild 15.

Dieser Variationsspielraum konnte durch entsprechende Ausbildung der Achslenker-Gummilager (siehe Bild 3) in einfacher Weise erreicht werden, ohne die angrenzenden Bauteile zu beeinflussen.

Die Messungen an den Prototypdrehgestellen lassen erwarten, daß die getroffenen Maßnahmen zu einer beträchtlichen Verlängerung der Laufkilometerleistungen der Radsätze führen werden.

6. Zusammenfassung

Die gesteigerten Anforderungen an die Drehgestelle haben weltweit zu umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten geführt.

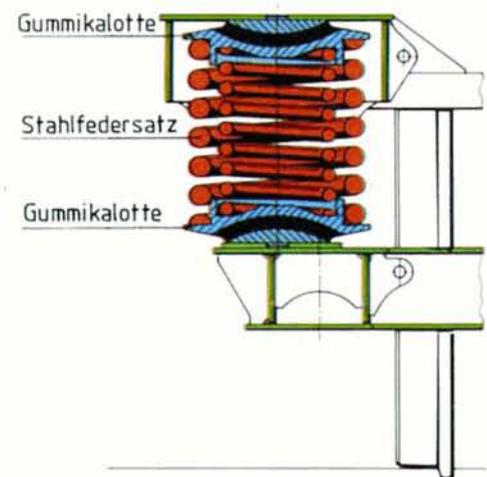


Bild 14: Sekundärfederung der Laufdrehgestelle für die Einheitswagen IV der SBB

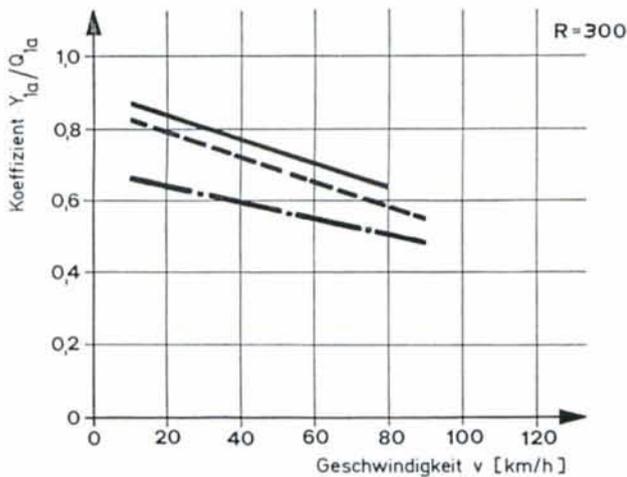
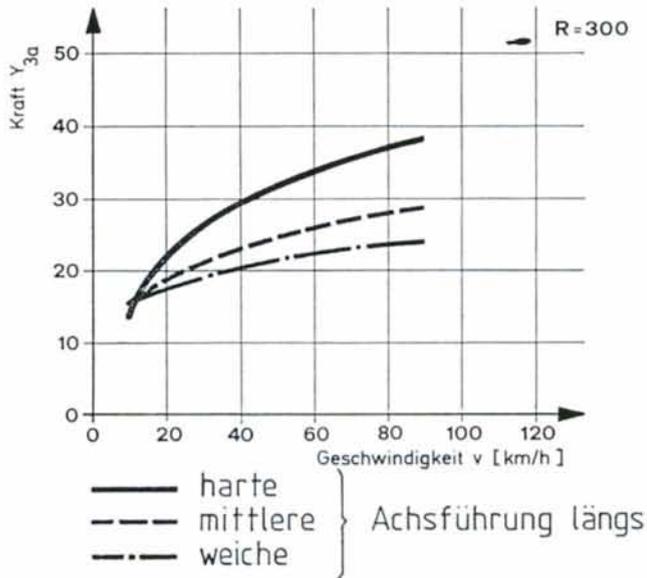


Bild 15: Meßwerte der Laufdrehgestelle für die Einheitswagen IV der SBB

Diese Entwicklungsvorhaben wurden unterstützt durch

- die Verfügbarkeit von neuen Bauelementen, Materialien und Verfahren sowie
- die rapide Entwicklung der elektronischen Datenverarbeitung (EDV), wodurch bestimmte grundlegende Forschungsarbeiten und rechnerische Optimierungen erst ermöglicht wurden.

Mit Hilfe der Anwendung der Systemtechnik wurde von der SIG ein Drehgestell-Konzept erarbeitet, das die vom Benutzer geforderten Ziele für den gegebenen Anwendungsfall voll erfüllen kann.

Das Drehgestellprogramm ist nach dem Baukastensystem aufgebaut und bietet durch die Flexibilität der Sy-

stemgestaltung eine bestmögliche Anpassung an die gegebenen Anforderungen und Bedingungen.

Theoretische Untersuchungen, aber auch die Erkenntnisse aus ausgedehnten Versuchsfahrten haben die Konstruktion der einzelnen Federsysteme so weit optimiert, daß die Laufgüte dieser Drehgestelle gegenüber früheren Generationen wesentlich verbessert werden konnte.

Die Wirtschaftlichkeit des Produktes, die bekanntlich neben den Anschaffungskosten auch sehr stark von den Unterhaltskosten für ein Drehgestell während der gesamten Nutzungsdauer abhängt, wird ebenfalls bedeutend gesteigert durch

- konsequente Verwendung von Bauelementen, die keinem Verschleiß und keiner Wartung mehr unterworfen sind, (z. B. Gummi-Metall-Elemente),
- sorgfältige konstruktive Gestaltung und hochstehenden Qualitätsstandard in der Fertigung, wodurch die Lebensdauer von Bauelementen verlängert wird, die naturgemäß einem Verschleiß unterworfen sind (z. B. Radreifen, Bremsbeläge) und
- eine Verkleinerung der Typenvielfalt, die zu Einsparungen bei den Unterhaltskosten führt und eine Reduktion der erforderlichen Reservebestände ermöglicht.

Durch den Schritt von der Produkt- zur Systementwicklung ist eine Reihe von Vorteilen gegeben. Diese bietet neben den oben geschilderten Vorteilen vor allem auch einen großen Spielraum für eventuell notwendige Folgeentwicklungen. Einzelne Funktionsgruppen des Systems sind bei Bedarf an neue Marktforderungen leicht anzupassen, ohne daß z. B. ein konstruktiver Eingriff in das Gesamtkonzept des Produktes stattfinden muß.

Die Anwendung der Denkprozesse der Systemtechnik gibt die Sicherheit, daß dieses Vorgehen immer den größten Nutzen für denjenigen Beteiligten ergibt, der mit dem Produkt die längste Zeit, nämlich mehrere Jahrzehnte zu leben hat: die Bahnverwaltung als Käufer und langjähriger Benutzer der Drehgestelle.

– A 926 –

Schrifttumsverzeichnis

- [1] Valle, P. dalla: SIG – der Drehgestellbauer, VST-Revue Nr. 9, September 1981.
- [2] Daenzer, W.: Systems Engineering, Hrsg. Betriebswirtschaftliches Institut der ETH Zürich, Peter Hausteil Verlag GmbH, Köln, Verlag Industrielle Organisation, Zürich.
- [3] Küttenbaum, V.: Forschung und Entwicklung braucht Spielraum, Systementwicklung, der Weg zur höheren Effektivität, Das Jahrbuch für Ingenieure 81, Expert Verlag, Verlag Industrielle Organisation, Zürich.
- [4] Beckel, K.: Untersuchungen über das Ermüdungsverhalten von Drehgestellrahmen von D-Zug-Wagen, Z. Leichtbau der Verkehrsfahrzeuge (1972) Nr. 1.
- [5] Huber, B. und J. Soltic: Untersuchung der Ermüdungsfestigkeit schnelllaufender Drehgestelle, ZEV-Glas. Ann. 101 (1977) Nr. 2, S. 49–56.
- [6] Steiner, D.: Die neuen Versuchsdrehgestelle Y 28-SIG und M-SIG, ZEV-Glas. Ann. 95 (1971) Nr. 6, S. 139–148.
- [7] Huber, B.H. und F.E. Dean: Die Entwicklung des Federungssystems für ein Hochgeschwindigkeits-Drehgestell am Beispiel des METROLINER-Triebwagens, ZEV-Glas. Ann. 103 (1979) Nr. 9, S. 327–337.

Nur wer in der Entwicklung Extremes verwirklicht,
kann in der Serie Optimales bieten!



SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
CH-8212 Neuhausen am Rheinfall / Schweiz



SI-317

Entwicklungen im Wandel der Zeit

Ende einer langen Tradition im Waggonbau

Spezialisierung auf Drehgestelle und Personen-Übergänge





Produkte-Konzept für Drehgestelle

Marktbedürfnis:

- Drehgestelle
- für höhere Geschwindigkeiten
 - bei verbessertem Fahrkomfort
 - und grösserer Wirtschaftlichkeit

Voraussetzungen

- langjähriges praktisches und theoretisches Know-how
- Erfahrung auf allen möglichen Anwendungsgebieten
- Einrichtungen und Fachpersonal
- Gelegenheiten zur Sammlung von Betriebserfahrungen auf den unterschiedlichsten Einsatzgebieten

Zielsetzung

- optimale Erfüllung der technischen Anforderungen
- maximale Wirtschaftlichkeit des Produktes für den Anwender
- Minimierung des technischen Risikos
- Minimierung der Umtriebe auf Kundenseite bei der Beschaffung und während des Betriebes

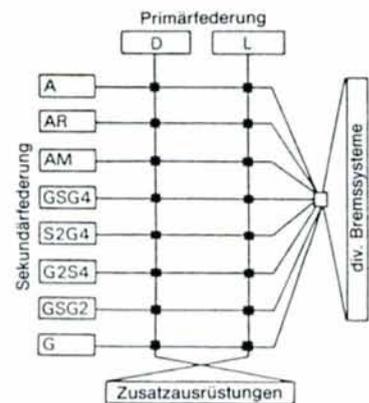
Vorgehen

- Entwicklung von Berechnungsverfahren
- Analytische Studien:
 - Anforderungsanalyse
 - Systemanalyse
 - Analyse der Unterhaltskosten
- Bauelemententwicklung
- Bau von Prototypen
- Durchführung von Versuchen

Konzept

- **Modulbauweise**
beliebige Kombination diverser Baugruppenvarianten
- **Flexibilität**
einfache Variationsmöglichkeit der technischen Hauptparameter
- **Kosten-Optimierung**
durch Beachtung der Zusammenhänge zwischen Anschaffungs-, Unterhalts- und Wartungskosten
- Verwendung bewährter und erprobter Bauteile
- Mustersdrehgestelle

Baukastensystem



Ergebnisse

- optimale Anpassung der Drehgestellkonstruktion an Bahnsystem und Fahrzeug
- konkrete Versuchsergebnisse: Messdaten, Vergleichswerte für diverse Ausführungsalternativen
- geringe Gesamtkostensumme für die einzelnen Beschaffungen
- geringes Ausfallrisiko
- einheitliches Drehgestell-Konzept für diverse Anwendungsfälle
→ vereinfachte Lagerhaltung

Vorteile für den Kunden

- richtiger technischer Entscheid bei minimalem Risiko
- minimale Gesamtkosten bei langfristiger Kalkulation der Ausgaben während der vollen Lebensdauer

Sonderdruck aus SCHWEIZER EISENBAHN-REVUE 1/1987

Verlag: Minirex AG, Maihofstrasse 63, Postfach, CH-6002 Luzern

Druck: Ley+Co., CH-6004 Luzern

Titelbild:

Ein Baustein für die Bahn von morgen: Moderner Intercity-Zug mit Reisezugwagen EW-IV für das Konzept Bahn 2000 (Foto SBB).

Auslieferung des letzten SIG-Wagenkastens – Beginn einer neuen Ära im Waggonbau

Rolf Havenith

Anfangs Dezember 1986 hat die SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft, Neuhausen am Rheinfall, den letzten Einheitswagen IV (W IV) an die SBB abgeliefert. Dieser Wagentyp wurde 1979 – 1980 von der Schweizer Waggonindustrie unter Federführung der SIG entwickelt. Die damalige Aufgabe, einen sehr komfortablen Reisezugwagen zu einem vernünftigen Preis pro Sitzplatz zu schaffen, wurde erfüllt. Mit den äusserst ruhig laufenden SIG-Flexicoil-Drehgestellen und einem ansprechenden, beinahe zeitlosen Design, entwickelten sich diese Wagen zu den Lieblingen der Reisenden. So wurden denn bis heute über vierhundert derartige Wagen bestellt, und die SBB beabsichtigen, noch weitere zu ordern.

Das Spezialisierungsabkommen

Der Erfolg des Publikumsliebblings EW IV änderte nichts an der Tatsache, dass das zu erwartende Bestellvolumen und die seinerzeitige Struktur der Schweizer Waggonindustrie keine wirtschaftliche Geschäftsführung erwarten liess. Alle vier grossen Waggonfabriken – die Schweizerische Wagons- und Aufzügefabrik AG, Schlieren (SWS), die Schindler Waggon AG, Pratteln (SWP), die Flug- und Fahrzeugwerke AG, Altenrhein (FFA) und die SIG – stellten nämlich sowohl Wagenkasten als auch Drehgestelle her. Um solche Doppelspurigkeiten mit entsprechender Kostenfolge zu vermeiden, schlossen SIG und die beiden Schindler-Firmen, SWP und SWS 1981 ein Spezialisierungsabkommen ab.

Damit die vorhandenen Mittel – auch qualifizierte Ingenieure und erstklassiges Werkstattpersonal sind in unserer Region Mangelware – optimal eingesetzt werden können, beschloss die SIG, sich auf Entwicklung, Herstellung und Verkauf von Drehgestellen und Personen-Übergängen zu spezialisieren.

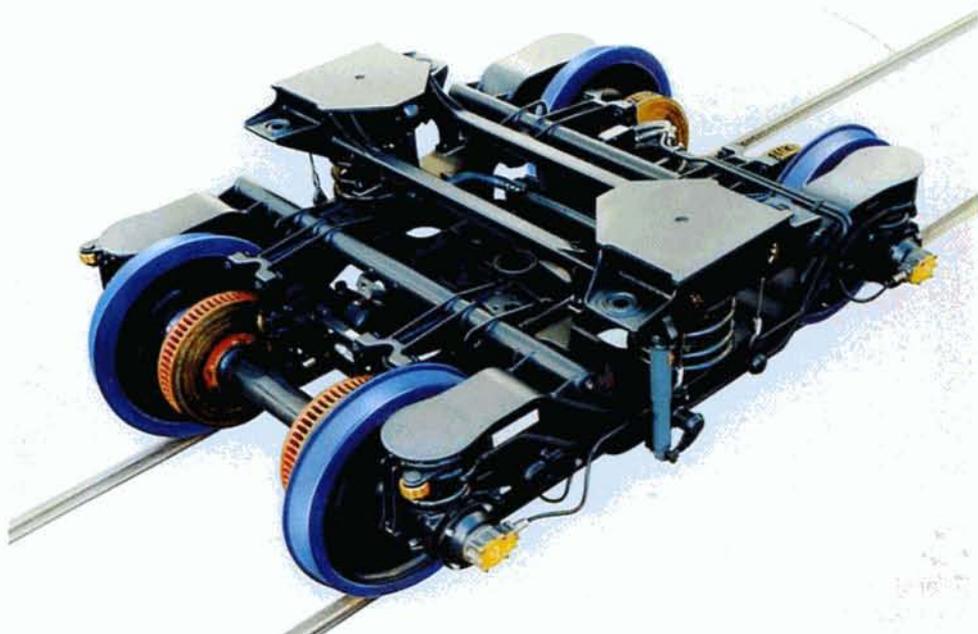
SIG, der Spezialist für Drehgestelle und Personen-Übergänge

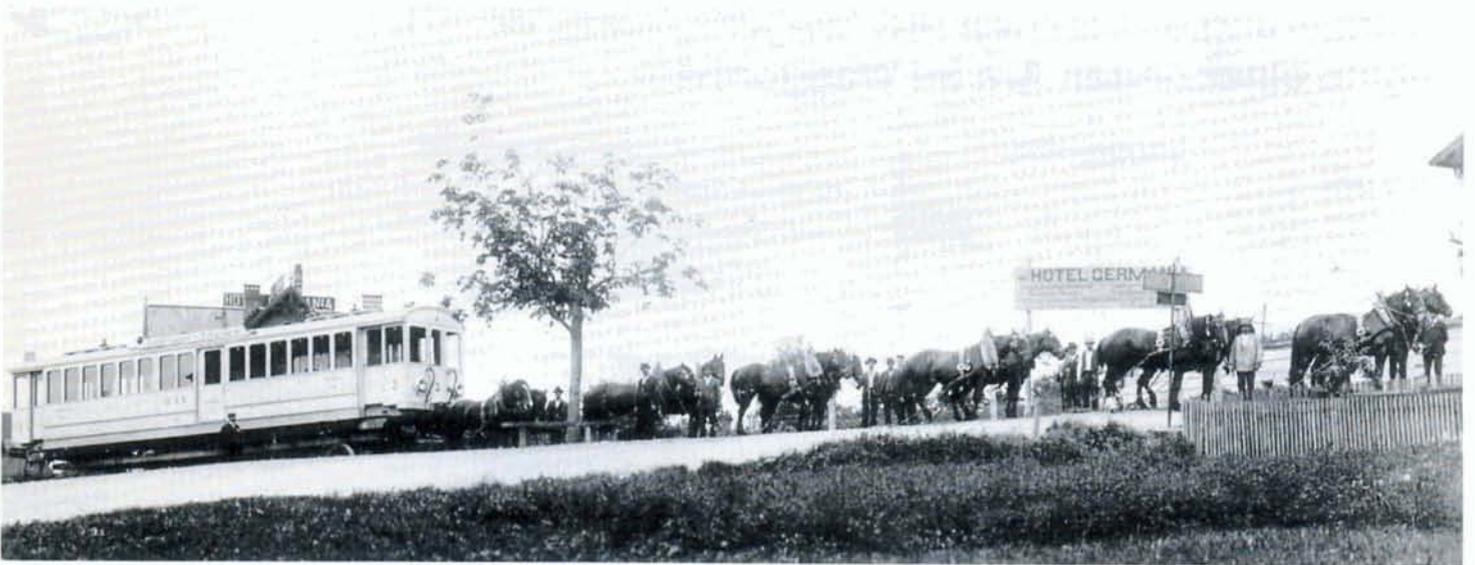
Aus diesem Spezialisierungsabkommen ergab sich für die SIG ein wesentlich grösseres Auftragsvolumen an Drehgestellen, da die beiden Schindler-Firmen auf diesem Gebiet nicht mehr tätig sind. Es lohnte sich deshalb, einerseits die Fertigung noch weiter zu rationalisieren und andererseits die Drehgestellentwicklung auf breiterer Basis zu forcieren. Die Drehgestelle aus dem SIG-Drehgestell-Baukastensystem zeichnen sich heute



Oben: Die Fahrzeugentwicklung der SIG mündet in einen Einheitspersonenwagen Typ IV der SBB und findet dort nach 133 Jahren und über 26'000 ausgelieferten Fahrzeugen ihren Abschluss.

Unten: Die Breitspurversion des abgebildeten Laufdrehgestells EW IV wird in Finnland in Lizenz gebaut.





Oben: Nicht minder interessant als der Bau der Wagen war damals deren Abtransport, da eine Schienenverbindung zur SIG noch nicht bestand und die abgelieferten Fahrzeuge per Pferdefuhrwerk an ihren Bestimmungsort überführt werden mussten. Erst 1897 erhielt die Fabrik mit der Eröffnung der Nordostbahn-Linie Eglisau - Neuhausen (- Schaffhausen) ihre langersehnte Schienenverbindung. 1857 bis 1863 wurden die fertiggestellten Wagen mittels Pferdefuhrwerken nach Schaffhausen, nachher nach Neuhausen Badischer Bahnhof gebracht. Das Bild zeigt den Transport eines Triebwagens für die benachbarte Strassenbahn Schaffhausen - Schleithelm (1905).

Links: Ein Zug der „Bödelibahn“ (Därliigen - Interlaken - Bönigen) mit einigen der 1873 erstmals in der Schweiz von SIG gebauten zehn Doppelstockwagen (siehe SER 3/1980).

durch sehr guten Fahrkomfort, leisen Lauf für die Umgebung und geringen Unterhalt aus. Das Baukastensystem, bei dem für die verschiedensten Drehgestelle immer wieder die gleichen Komponenten verwendet werden, ermöglichte es, Einkauf, Konstruktion, Arbeitsvorbereitung und Fertigung derart zu rationalisieren, dass diese Drehgestelle auch international konkurrenzfähig sind. Wä schon die Doppelstockwagen der Niederländischen Eisenbahnen werden auch die Doppelstockwagen für die S-Bahn Zürich mit luftgefederten Drehgestellen aus diesem Baukasten ausgerüstet. Mit schraubengefederten EW-IV-Drehgestellen, aber in Breitspurausführung, wird die Finnische Staatsbahn bis zum Polarkreis fahren.

Weiterentwicklungen dieses Systems sind in vollem Gang und haben zum Ziel, die erhöhten Geschwindigkeitsanforderungen der Bahn 2000 zu erfüllen. So konnten mit weiterentwickelten SIG-Drehgestellen bei der Deutschen Bundesbahn Geschwindigkeiten von über 250 km/h gefahren werden (auf SBB-Gleisen sind solche Geschwindigkeiten zur Zeit noch nicht möglich) und damit bestimmte theoretische Überlegungen auch praktisch bestätigt werden.

Dieses weltweit angestrebte schnellere Fahren zwingt die Bahnen dazu, den Übergang von einem Eisenbahnwagen zum anderen für den Passagier sauberer und vor allem sicherer zu gestalten.

International sehr weit verbreitet ist der im Bild gezeigte Faltenbalg-Personenübergang, wie er bis in die heutige Zeit verwendet wird. In der Schweiz wurde diese Lösung erstmals 1897 von der SIG für die Personenwagen der Gotthardbahn ausgeführt.

Je nach den aktuellen Bedürfnissen entwickelte die SIG ein Produktionsprogramm von erstaunlicher Vielfalt. So befasste sie sich während der zwanziger Jahre mit der Herstellung von Automobilkarosserien.

rer zu gestalten. Druckstösse bei der Begegnung von zwei Zügen, die beide mit 200 km/h oder mehr fahren, können dem Fahrgast nicht zugemutet werden, speziell wenn die Zugsbegegnung noch in Tunnels geschieht. Die SIG bietet mit ihren schalldämmenden und druckdichten Personen-Übergängen ein System an, das dazu beiträgt, dass das Reisen mit hohen Geschwindigkeiten wesentlich angenehmer wird. Nicht nur im europäischen Ausland, sondern auch in Übersee ist die SIG dafür tätig.

Mit der Auslieferung des letzten Einheitswagens IV ist die Übergangsphase der Restrukturierung der ehemaligen Waggonfabrik praktisch abgeschlossen. Unter der neuen Bezeichnung „Sparte Schienenfahrzeuge“ ist nun der gestärkte Bereich schlagkräftig für die Zukunft.



„Rückblick auf 133 Jahre Waggonbau

Es ist die starke Innovationskraft, von der die SIG als wirtschaftlich bedeutendes Unternehmen seit ihrer Gründung geprägt ist. Dies hat sich stets in marktorientierten Lösungen gezeigt, die zu überzeugen vermochten und technisch ihrer Zeit weit voraus waren.

Die Gründungsjahre

1853 nimmt die „Schweizerische Waggon-Fabrik bei Schaffhausen“ ihre Arbeit auf. Mit einer Start-Belegschaft von 150 Arbeitskräften ist sie bereits ein Jahr später in der Lage, die ersten Eisenbahnwagen abzuliefern. Hierunter befinden sich – für die Schweiz erstmals – vierachsige Personenwagen, die nach amerikanischem Vorbild mit „zwei beweglichen Gestellen zu je zwei Achsen“ ausgerüstet sind und wegen ihres guten Kurvenlaufs gerühmt werden. Somit ist der Grundstein gelegt für eine im Eisenbahnwaggonbau spezielle Komponente – das Drehgestell. 1860 wählt das Unternehmen den heutigen Namen Schweizerische Industrie-Gesellschaft.

Erweiterte Produktpalette

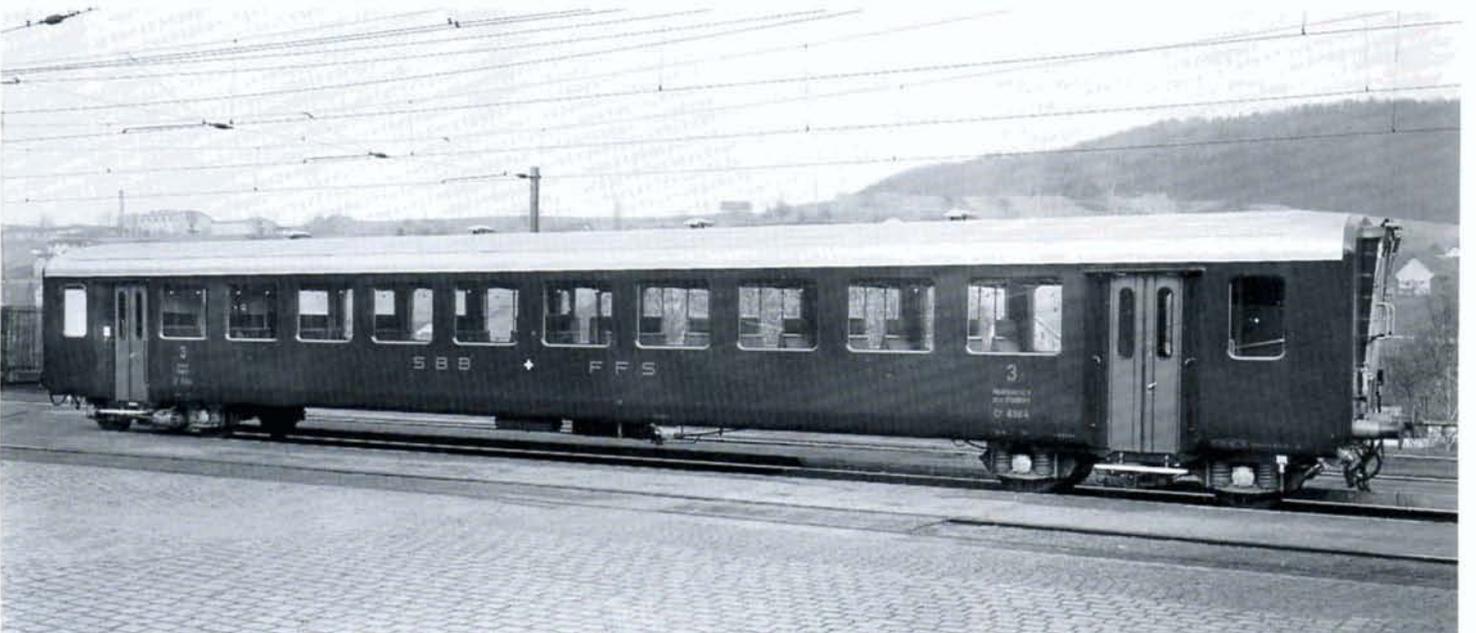
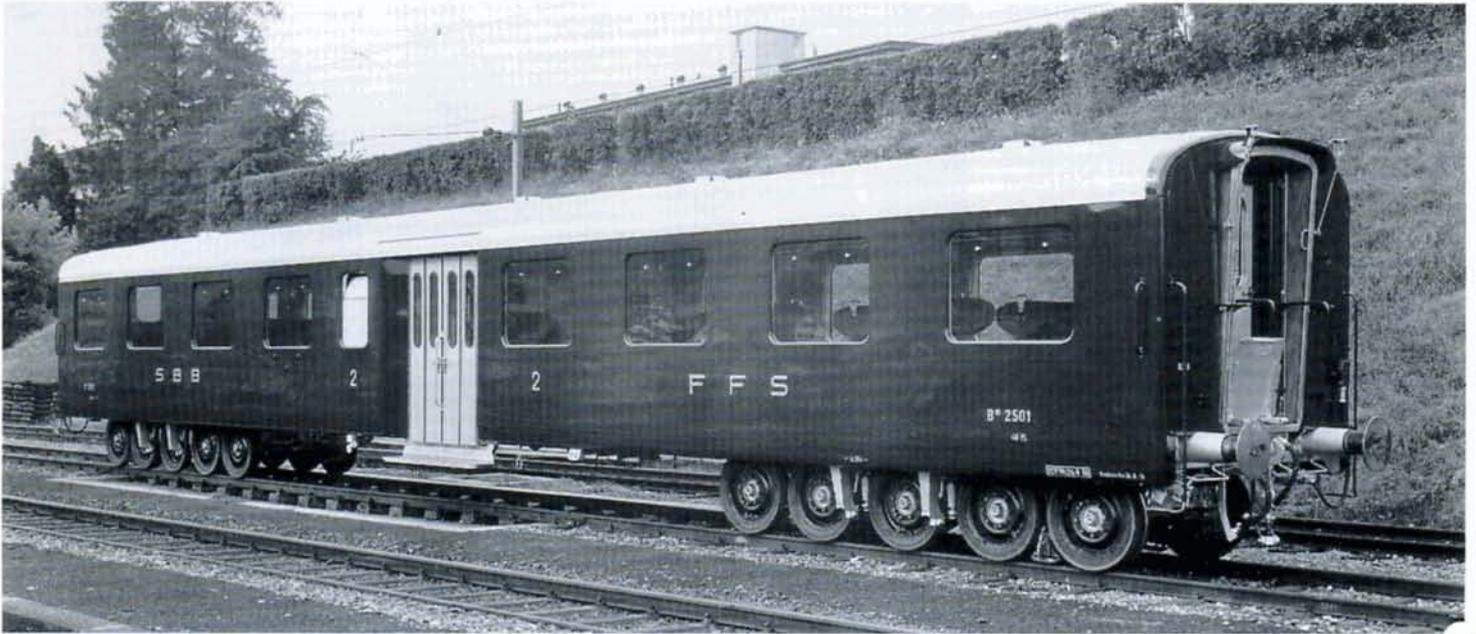
Bereits sieben Jahre nach Gründung der Waggonfabrik entsteht zusätzlich eine Abteilung für die Fabrikation von Handfeuerwaffen, und in den Jahren 1905/06 entschliesst man sich zur Aufnahme der Produktion von Verpackungsmaschinen.

Technische Entwicklung

Schon vor der Jahrhundertwende gilt das besondere Augenmerk der Konstrukteure der Weiterentwicklung von Fahrzeug-Komponenten. So erhalten die Waggon bald ein genietetes, eisernes Untergestell, und das mit Brettern verschaltete Holzgerippe des Wagenkastens wird nach aussen hin mit Blech abgedeckt. Neben die erstmalige Anwendung von gefederten Puffern an Personenwagen treten die Entwicklung eines Luftheizungs-

Auch die Produktion von Luftseilbahn-Kabinen und deren Gehängen gehörte ab den fünfziger Jahren über zwei Jahrzehnte als tragfähiger Zweig zum SIG-Programm.





systems für das Fahrzeuginnere sowie die Verwendung von Faltenbälgen bei den stirnseitigen Übergängen. Auch die „doppelte Abfederung“, primär zwischen Radsatz und Drehgestellrahmen, sekundär zwischen Drehgestell und Wagenkasten, findet Eingang im Eisenbahnwaggonbau. Nach diesem Prinzip werden in der Folge die verschiedensten Drehgestelltypen entwickelt und gebaut, wie zum Beispiel das „Schwanenhals-Drehgestell“, das „SIG-Pendelrahmen-drehgestell“ oder die „SIG/Liechty-Lenkachsdrehgestelle“.

Erstaunliches Programm

Je nach der Gunst der Umstände oder aber der Unbill der Zeit entwickelt man ein Produktionsprogramm mit erstaunlicher Vielfalt. So befasst man sich während der zwanziger Jahre mit der Herstellung von Automobilen. Es werden in dieser Zeit vor allem Car Alpines, Lastwagen, Postautomobile, Feuerwehrautos und elegante Tourenwagen gebaut. Auch die Produktion von Luftseilbahn-Kabinen und deren Gehängen kann man ab den fünfziger Jahren während zweier Jahrzehnte als einen tragfähigen Fabrikationszweig verfolgen.

Mannigfache Ablieferungen

Stets gilt das Ziel, einer Nachfrage mit technisch hochwertigen Produkten zu begegnen, diese von Grund auf selbst zu entwickeln und herzustellen. Auf diese Weise vermag der Waggonbau der SIG über Jahrzehnte hinweg auf dem heimischen Markt, wie auch gemessen an internationaler Konkurrenz, stets seine Vorrangstellung zu behaupten. Doppelstöckige Personen- und Triebwagen gehören bereits vor der Jahrhundertwende zum Produktionsprogramm. Später zeugen die grossen vierachsigen Reisezugwagen für die Gotthard- und die Lötschbergbahn, für die italienischen, türkischen und rumänischen Bahnen, sowie für die Schweizerischen Bundesbahnen von der Leistungsfähigkeit der

Seite 20:

Oben: Eine interessante Entwicklung stellt der 1950 hergestellte Normalspur-Leichtmetallwagen mit pneumatischen Rädern dar, welcher ein Taragewicht von lediglich 12'660 kg aufweist.

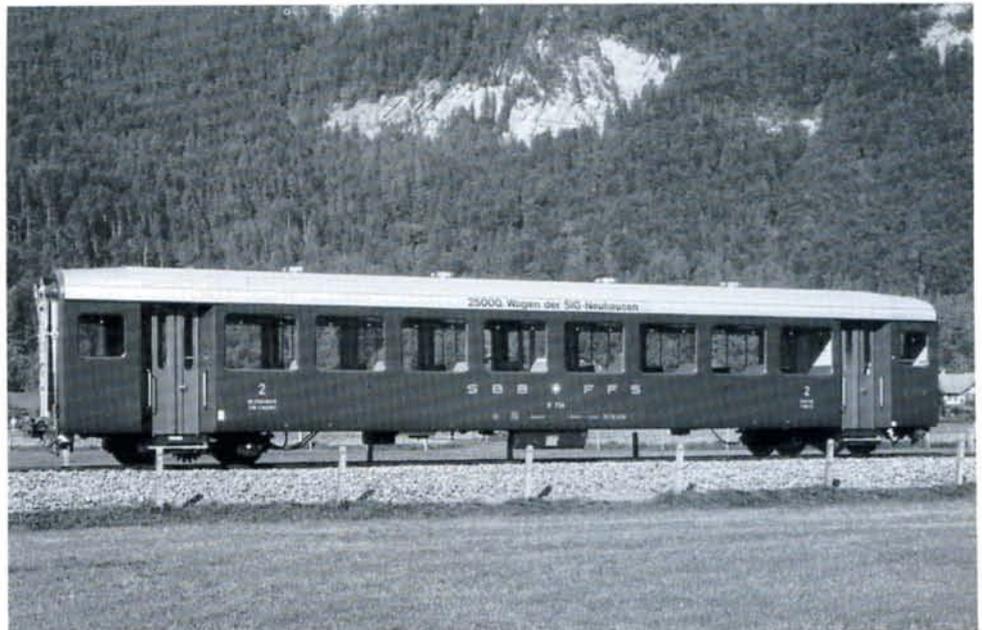
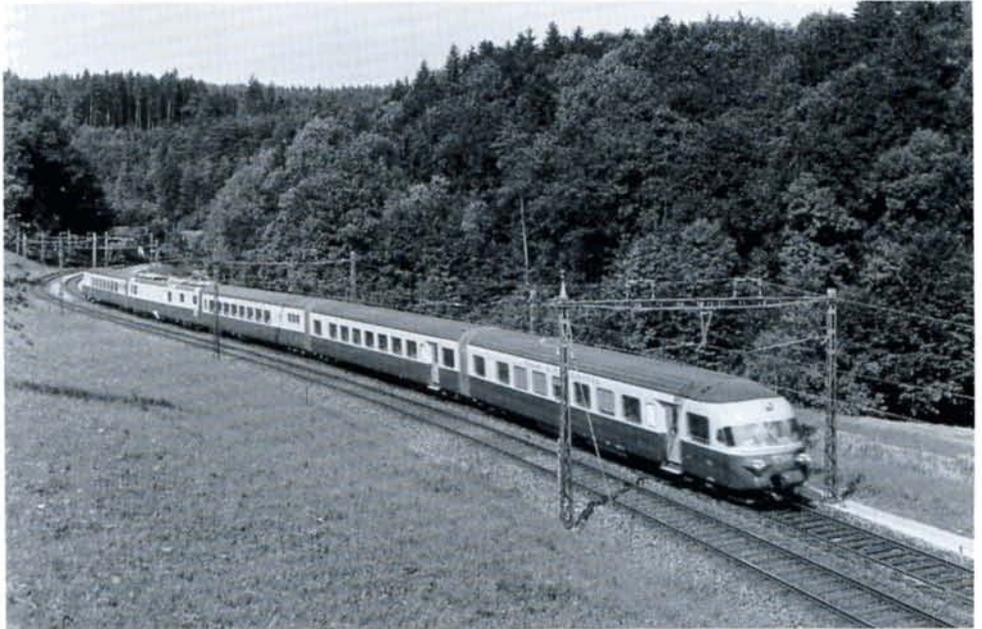
Mitte und unten: Während gerade der eintausendste Leichtstahlwagen die Werkhallen verlässt, gewinnt die SIG 1955 einen Wettbewerb um den SBB-Einheitspersonenwagen Typ I, dem zehn Jahre später ein Typ EW II folgt.

Seite 21:

Oben: Unter den Zehntausenden von Schienenfahrzeugen, die die SIG verlassen, findet sich auch Rollmaterial mit klangvollen Namen, wie die „Trans-Europ-Express-Züge“, von denen unser Bild den elektrischen Zug mit Vierstromsystem in der damaligen Kreuzungsstation Littli zeigt (1961).

Mitte: Die für Schmalspurbahnen entstehenden Einheitspersonenwagen weisen einen Leichtmetall-Wagenkasten auf. Dies gilt auch für die Fahrzeuge der Brüniglinie, von welchen der B 754 im Jahre 1969 als 25 000. Wagen der SIG-Neuhausen abgeliefert wird.

Unten: Orangefarbene Vorortstriebezüge Be 4/8 dieses Typs baute die SIG in den siebziger Jahren für die Vereinigten Bern – Worb-Bahnen und die Solothurn – Zollikofen – Bern-Bahn (VBW und SZB, heute RBS) sowie für die Ferrovia Lugano – Ponte Tresa (FLP) und die Ferrovie Autolinee Regionali Ticinesi (FART).





Fabrik. Daneben werden zahlreiche Spezialwagen für Bier-, Wein-, Fleisch-, Petroleum- und Säuretransport hergestellt. Ferner fabriziert man Kranken-, Heiz- und Bahnpostwagen, Akku-Lokomotiven und Rollschmel, von welchen Erzeugnissen die Landesausstellung 1914 manchen Vertreter zeigt.

Neue Fahrzeuggenerationen

Zehntausende von Schienenfahrzeugen verlassen die SIG, darunter auch Rollmaterial mit klangvollen Namen, wie der „Golden-Mountain-Pullman-Express“ der MOB, die „Blauen Pfeile“ der Lötschbergbahn, die dieselelektrischen Trans-Europ-Express-Züge der NS und der SBB sowie die elektrischen Viersystem-TEE-Triebzüge der SBB. Während gerade der tausendste Leichtstahlwagen die Werkhallen verlässt, ist man 1955 im Wettbewerb um einen SBB-Einheitspersonenwagen Typ I erfolgreich, welchem bereits zehn Jahre später ein Typ EW II folgt. Für Schmalspurbahnen entstehende Einheitspersonenwagen weisen einen Leichtmetallwagenkasten auf, so auch die Fahrzeuge der Brüniglinie, von welchen der B 754 im Jahr 1969 als 25'000. Wagen der SIG Neuhausen abgeliefert wird.

Es entstehen moderne Pendelzüge für Schweizer Privatbahnen, und auf dem Tramsektor erscheinen neue Konstruktionen als Doppelgelenktriebwagen für die Verkehrsbetriebe Zürich, als Leichttram-Motorwagen für Toronto (Kanada) und als Stadtbahn-Gelenktriebwagen für Utrecht (Niederlande). Die 1972 von SIG entwickelten Einheitspersonenwagen Typ III besitzen einen Leichtmetall-Wagenkasten und zugluftfreie Übergangseinrichtungen. Diese geschlossenen und schalldämmenden Personen-Übergänge von SIG bilden alsbald einen eigenen Produktbereich und kommen weltweit zur Anwendung.

Der Drehgestellbau

Das Drehgestell ist im Eisenbahnwagenbau wohl eines der wichtigsten Elemente, hängt doch von ihm die Qualität des Fahrzeuglaufs und damit zum grossen Teil überhaupt die Annehmlichkeit des Reisens mit der Bahn ab. In der Schweiz weit verbreitet ist das „SIG-Torsionsstabdrehgestell“, welches 1938 eingeführt wird und dessen Weiterentwicklung in den verschiedensten Bauformen bis heute als Lauf- oder Motordrehgestell unter vielen Fahrzeugtypen der Schweizer Bahnen seinen Dienst versieht. Auf einen Versuchsbetrieb beschränkt bleibt hingegen die Ausführung von Laufwerken mit pneumatischen Rädern für einen Leichtmetallwagen der SBB. Bei den Schmalspurbahnen hat sich das „SIG-Schelling-Drehgestell“ einen guten Ruf geschaffen, welches, in der Grundkonzeption unverändert, bis in die heutige Zeit als Adhäsions- und Zahnrad-drehgestell gebaut wird. Mit der Einführung der neuen Leicht-

Oben: In den siebziger Jahren entstehen moderne Pendelzüge für Schweizer Privatbahnen, wie diese FO-Komposition.

Mitte: Auch den Trambahnen bietet die SIG neue Konstruktionen, zuletzt 1982 einen Stadtbahn-Gelenktriebwagen für Utrecht (Niederlande).

Unten: Dem Regionalzugverkehr auf SBB-Linien werden die neuen RBDe 4/4-Pendelzüge dienen, die auf Motor- und Laufdrehgestellen der SIG fahren (Foto Hp. Huwyler, 27.7.1986; übrige Fotos: SIG).

Tendenzen zur Erhöhung der Reisegeschwindigkeiten führen bei den Normalspurbahnen zu neuen Konstruktionen. So können die Einheitsreisezugwagen Typ III der SBB mit einer von SIG entwickelten Wagenkasten-Querneigeeinrichtung versehen werden, die ein schnelleres Fahren in den Kurven erlaubt.

metallwagen auf der Brüniglinie kommen 1966 erstmals die SIG-Laufdrehgestelle vom Typ „Brünig II“ zum Einsatz.

Tendenzen zur Erhöhung der Reisegeschwindigkeiten führen bei den Normalspurbahnen zu neuen Drehgestellkonstruktionen, den Bauformen „SIG-Y“ und „SIG-M“. Die Version „SIG-MQ“ kann dabei zur Erhöhung der Kurvengeschwindigkeiten in Verbindung mit den Reisezugwagen EW-III der SBB mit einer Wagenkasten-Querneigeeinrichtung versehen werden. In jüngster Zeit schliesslich münden die Entwicklungen in ein Einheitslaufdrehgestell für die SBB, welches, nach dem SIG-Baukastensystem konzipiert, alle Erwartungen an eine optimale Laufgüte, verschleissarme Spurführung und geringe Schallabstrahlung voll erfüllen kann.

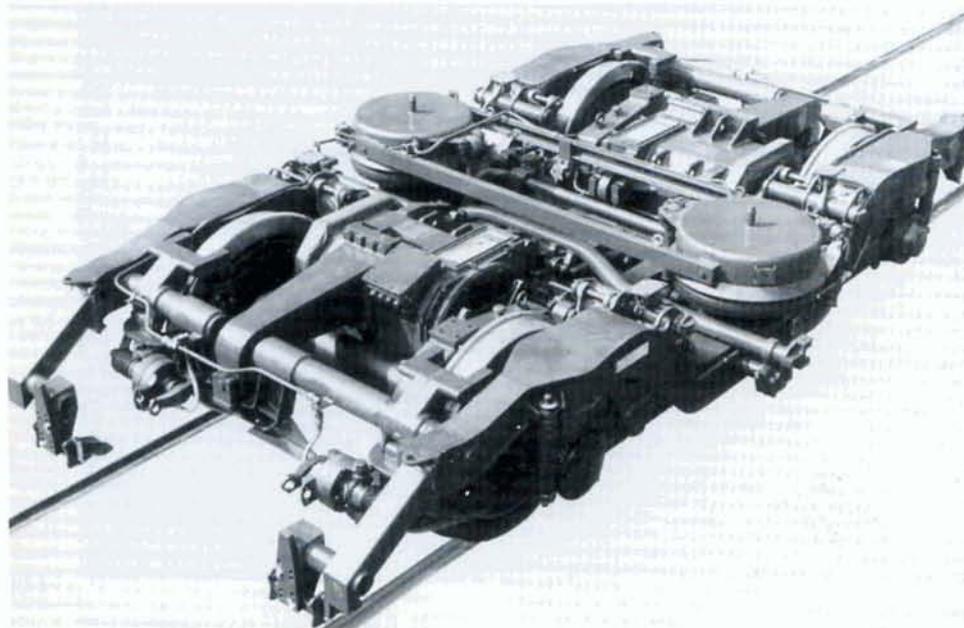
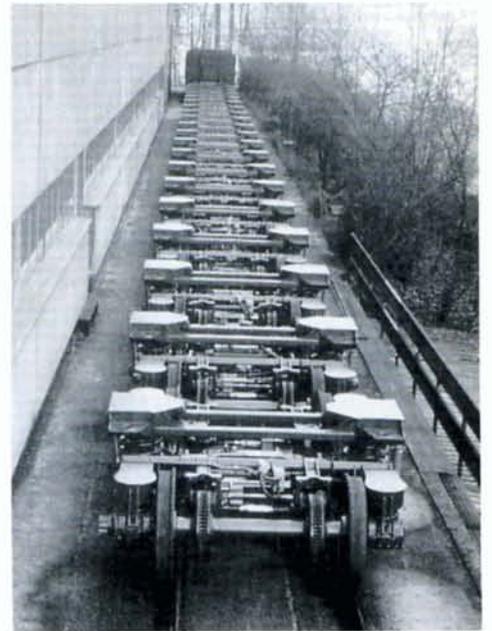


Links: Das Drehgestell ist nahezu ebenso alt wie die Eisenbahn selbst. Die SIG, 1853 gerade als „Waggons-Fabrik bei Schaffhausen“ gegründet, baute bereits 1854 einen ersten Drehgestelltyp, von dem bis zum Jahre 1870 rund 500 Stück zur Auslieferung gelangten.

Rechts: Mit dem heutigen Baukastensystem für Drehgestelle hat die SIG ein zukunftsorientiertes Instrumentarium zum Bau von Motor-, Trieb- und Laufdrehgestellen für sämtliche Bedarfsfälle und Spurweiten geschaffen.

Unten links: Motordrehgestell mit Luftfederung eines 160 km/h schnellen Intercity-Triebzuges der Niederländischen Eisenbahnen.

Unten rechts: Bequem vom vordersten Wagen nach hinten dank den SIG-Personenübergängen. Diese zugluftfreien und schalldämmenden Übergänge bilden einen funktionellen Reiseräum auch zwischen den Wagen und ermöglichen den sicheren Durchgang sowie den angenehmen Aufenthalt der Reisenden.





Der unsichtbare Komfort

Drehgestell-Entwicklungen für sämtliche Bedarfsfälle und Spurweiten



NS-ICM 1 Intercity



SBB-EW IV

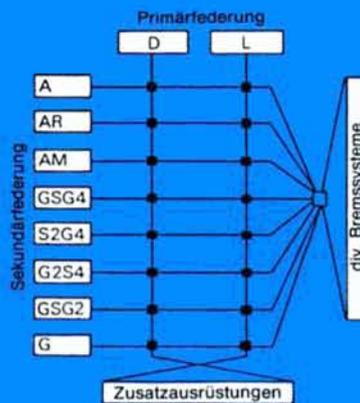


SBB-NPZ Pendelzug



SZU-Bt Steuerwagen

Baukastensystem



BLS-RABDe 1/2 Pendelzug



VBZ-Tram 2000



AB/CJ-Pendelzug BDe 1/2 II



BV-Tram Be 1/4



Geschwindigkeitsrekord für Schweizer Rollmaterial: 256 km/h

Rolf Havenith

Diese Rekordmarke erreichte am 20.11.1986 ein Versuchszug mit Schweizer Rollmaterial auf der Schnellfahrstrecke der Deutschen Bundesbahn (DB) zwischen Gütersloh und Neubeckum. Der Zug bestand aus vier Einheitswagen IV der SBB mit SIG-Drehgestellen und einem Messwagen der DB-Versuchsanstalt Minden, gezogen von einer DB-Schnellfahrlokomotive. Die zweiwöchigen Testfahrten dienten der Erprobung einzelner Drehgestellkomponenten, welche in Ergänzung zum bestehenden SIG-Drehgestell-Baukastensystem als Zusatzausrüstungen entwickelt wurden.

Technik mit Weitblick

Bereits das SBB-Pflichtenheft für den Einheitswagen IV sieht eine Reisegeschwindigkeit von 160 km/h mit der Bedingung vor, die im Hinblick auf Bahn 2000 auf 200 km/h steigern zu können. Als Drehgestell-Spezialist hat sich die SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft in Neuhausen am Rheinfall diese Aufgabe zu eigen gemacht und die Entwicklungsarbeiten auf ein schnelleres Fahren bei höherem Komfort und gleichzeitig niedrigerem Verschleiss konzentriert. Neben den konstruktiven Arbeiten bedurfte es umfangreicher theoretischer Vorausberechnungen, die zum Teil an einer technischen Hochschule durchgeführt wurden.

Schnellfahrversuche

Auf Grund der guten Resultate dieser Simulationsrechnungen wurden bei der Deutschen Bundesbahn Fahrversuche durchgeführt. Auch die DB zeigte Interesse an diesen Lösungen und testete die Schweizer Drehgestelle nochmals auf eigene Kosten unter ihren technischen Bedingungen.

Die Ergebnisse der Messfahrten insgesamt sind vielversprechend und richtungweisend für die weitere technische Entwicklung. Es hat sich gezeigt, dass die mit den neuen Bauteilen ausgestatteten Drehgestelle die gestellten Anforderungen erfüllen. Auch die Vorgehensweise hat sich als richtig bestätigt, zuerst systematisch die Theorie anzuge-

hen und diese dann in pragmatischen Schritten in die Praxis umzusetzen.

Optimistisch in die Zukunft

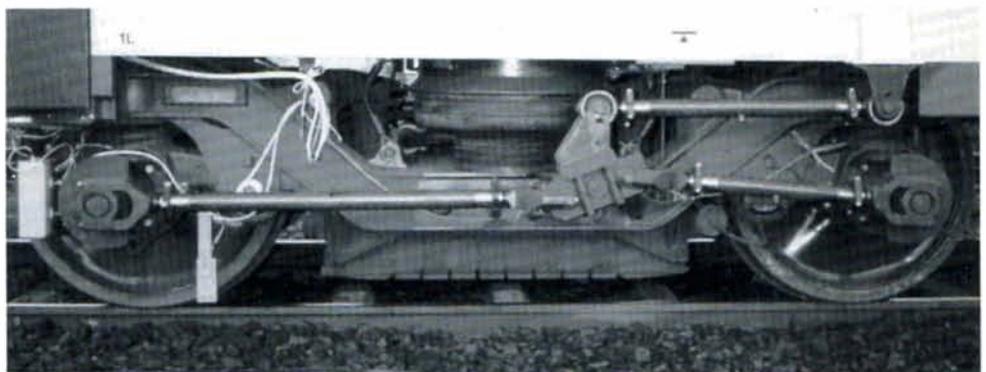
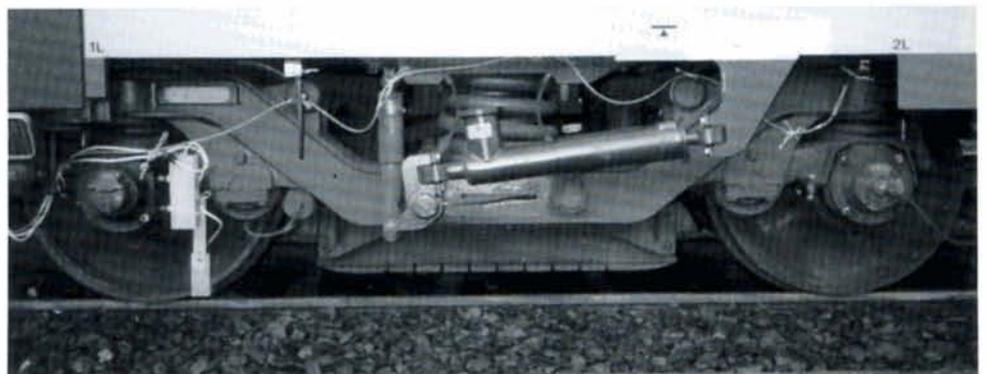
In Anbetracht der erzielten Resultate sollen nun vier Einheitswagen IV der SBB mit derart weiterentwickelten Drehgestellen ausgerüstet werden, so dass damit auch Langzeiterfahrungen im Alltagsbetrieb gesammelt werden können.

Solche Drehgestelle, die sich durch gute Lauf- und Federungseigenschaften bei minimalen Fahrgeräuschen auszeichnen, sollen künftig auch den Anforderungen von Bahn 2000 gerecht werden können.

Oben: Die Versuchskomposition, bestehend aus den vier EW IV und einem DB-Messwagen mit der DB-Lokomotive E 103 004 in Steinheim. Der Geschwindigkeitsrekord wurde im Schleppe der Schnellfahrversuchslokomotive E 103 003 aufgestellt. Beteiligt waren die EWIV 21-73 208 (normale Drehgestelle), 21-73 209 (Drehgestelle mit Schlingerdämpfern), 21-73 207 (schraubengefederte Drehgestelle mit radialer Einstellung der Radsätze) und 21-73 045 (luftgefederte Drehgestelle mit radialer Einstellung der Radsätze).

Unten: Schraubengefedertes Einheitslaufdrehgestell EW IV, ergänzt durch Schlingerdämpfer, die die Drehung um die senkrechte Achse hemmen.

Ganz unten: SIG-Drehgestell mit Luftfederbalg statt Schraubenfedern, ergänzt mit Hebelwerk zur radialen Einstellung der Radsätze in den Kurven.



Ein Beweis, dass sich
Tradition und Können
zu Qualität verbinden:



SIG-Drehgestelle

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
CH-8212 Neuhausen am Rheinfall/Schweiz



Meilensteine in der Technik von Schienenfahrzeug-Laufwerken mit radial einstellbaren Radsätzen



Sonderdruck aus SCHWEIZER EISENBAHN-REVUE 3/1992
Verlag: Minirex AG, Maihofstrasse 63, Postfach, CH-6002 Luzern
Druck: Ley+Co, CH-6004 Luzern
Gedruckt in der Schweiz

Mit Radsatzsteuerung „SIG-NAVIGATOR“ ausgerüstete EW-IV der SBB im NEIKO-Versuchszug bei Worb (Foto P. Bugmann, 10.7.1991).

Die SIG-Drehgestellentwicklungen:

Meilensteine in der Technik von Schienenfahrzeug-Laufwerken mit radial einstellbaren Radsätzen

Rolf Havenith

Das Drehgestell ist im Eisenbahnwagonbau wohl eines der wichtigsten Elemente, hängt doch von ihm die Qualität des Fahrzeuglaufs und damit zum grossen Teil überhaupt die Annehmlichkeit des Reisens mit der Bahn ab.

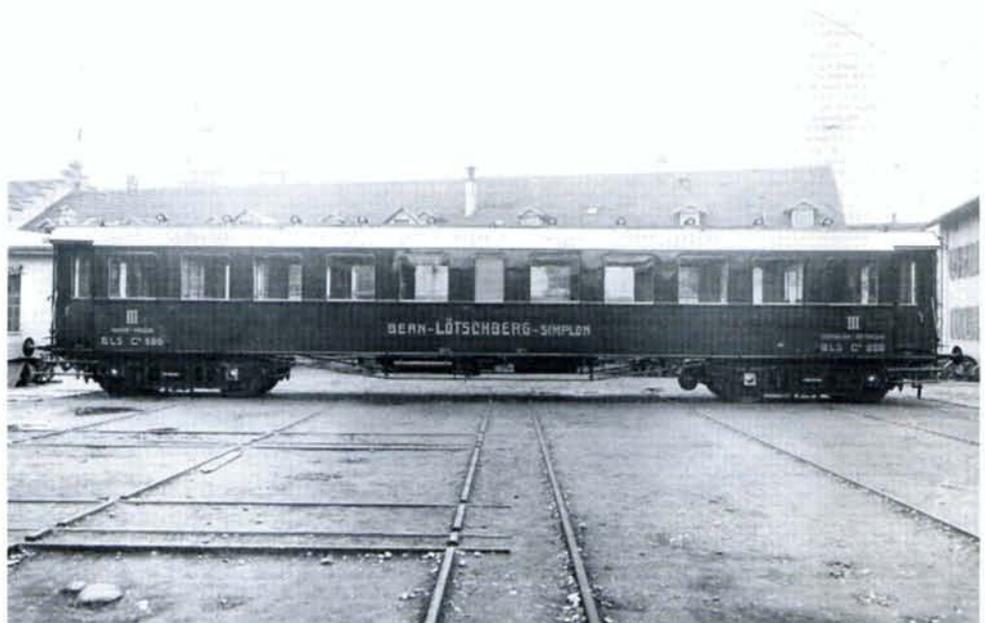
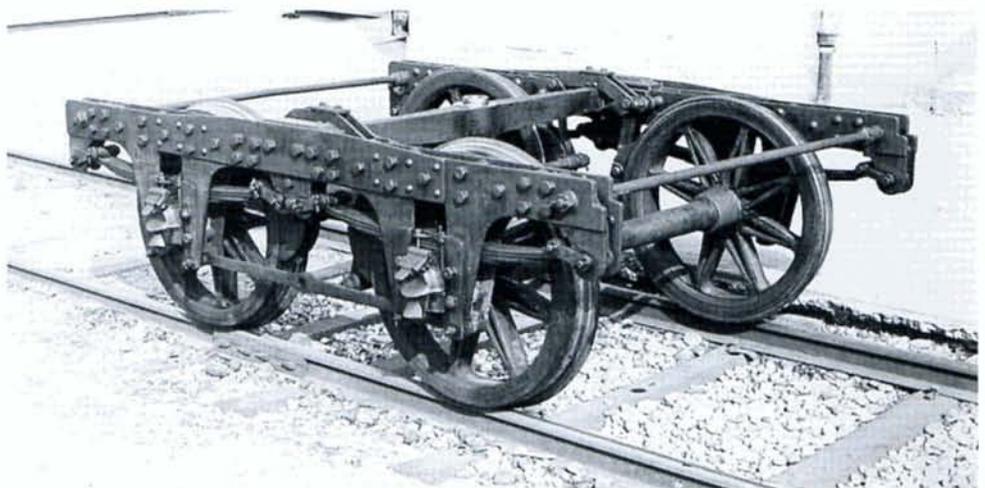
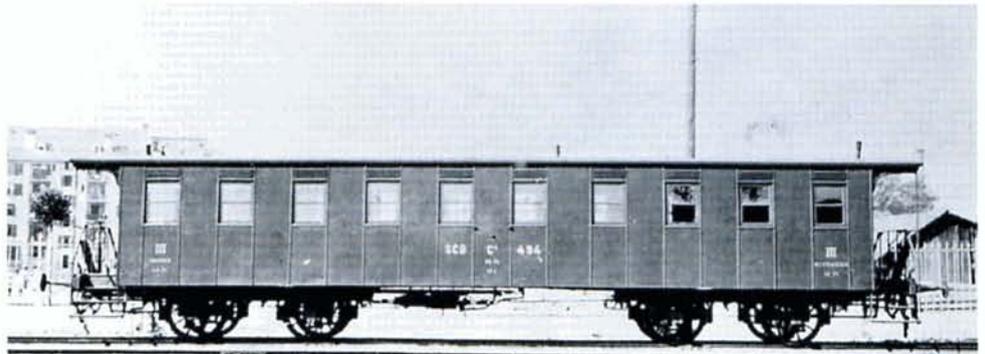
Erste Anfänge

Drehgestellfahrzeuge sind nahezu ebenso alt wie die Eisenbahn selbst. So baute auch die SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft, Neuhausen am Rheinfall, 1853 gerade als „Schweizerische Waggon-Fabrik bei Schaffhausen“ gegründet, bereits 1854 einen ersten Drehgestelltyp, von dem bis zum Jahre 1870 rund 500 Stück zur Auslieferung gelangten [1]. Während der ersten Eisenbahn-Jahrzehnte wiesen diese Drehgestelle lediglich eine einstufige Abfederung oberhalb der Achslager auf. Der Wagenkasten seinerseits ruhte ungefedert auf dem Drehgestellrahmen. Erst 1893 hat in der Schweiz die „doppelte“ Abfederung im Eisenbahnwagonbau Eingang gefunden.

In der Folge wurden die verschiedensten Drehgestelltypen entwickelt und gebaut, von denen sich einzelne Bauarten, wie zum Beispiel das „Preussische Drehgestell“, das „Schwanenhals-Drehgestell“ und das „Schlieren-Drehgestell“ zu festen Begriffen entwickelten. Schliesslich kamen 1938 die „SIG-Torsionsstabdrehgestelle“ hinzu, deren Weiterentwicklung in den verschiedensten Bauformen als Lauf- oder Motordrehgestelle unter vielen Fahrzeugtypen der SBB und der Schweizer Privatbahnen noch heute ihren Dienst tun.

Vom gelenkten Laufwerk zum Lenkachsdrehgestell

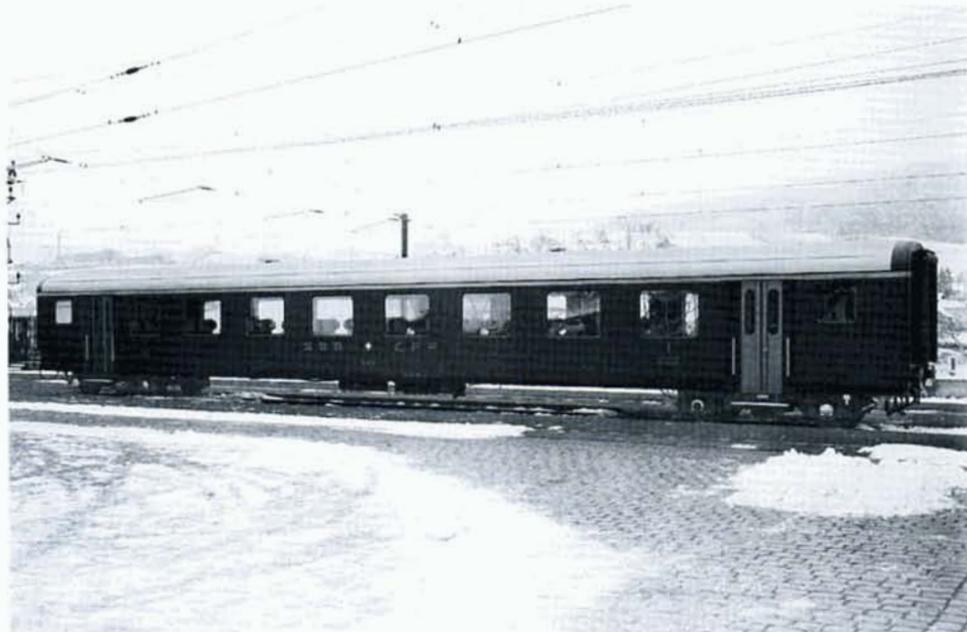
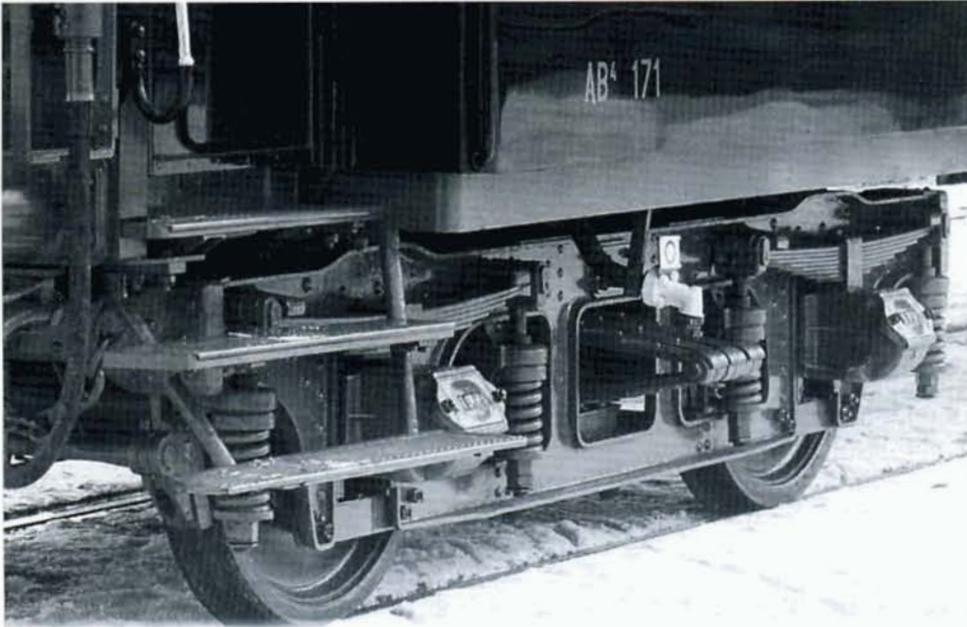
Als nachteilig erwies sich bei allen diesen, zumeist mit grossem Radstand ausgeführten Bauarten der hohe Verschleiss, welcher ins-



Oben: C4 der Schweizerischen Centralbahn mit wiegenlosem Drehgestell, aufgenommen um 1895 (Foto SIG).

Mitte: Wiegenloses Drehgestell aufgestellt als industrieller Zeuge aus den Anfängen des Drehgestellbaus bei der SIG in Neuhausen (Foto SIG).

Unten: Reisezugwagen schwerer Bauart der BLS mit preussischem Drehgestell von 1914 (Foto SIG).



Oben: Drehgestell preussischer Bauart unter der AB 171 der BLS (Foto SIG).

Mitte: Drehgestelle der Bauart Schlieren wurden für Schweizer Bahnen im Lauf der Jahre in verschiedenen Varianten mit Blatt- oder Schraubenfedern für die Abstützung des Wagenkastens gebaut: Einheitswagen II AB der SBB (Foto SIG).

Unten links: Ein Teil der Leichtstahlwagen und der Einheitswagen I der SBB wurde mit Torsionsstab-Drehgestellen ausgestattet (Foto SIG).

Unten rechts: Titelseite der Patentschrift für ein „Geleisefahrzeug mit mindestens einer zwei Achsenkrähen aufweisenden Achsgruppe“ (Foto SIG).

besondere aus dem bei Kurvenfahrt zwischen Rad und Schiene entstehenden Anlaufwinkel resultiert. Vor diesem Hintergrund erklären sich die intensiven Bemühungen der SIG-Konstrukteure, die bereits Anfang der dreissiger Jahre in zahlreichen Patentanmeldungen vorgeschlagen hatten, insbesondere Gelenkfahrzeuge mit Einachs-Laufwerken zu versehen und diese über ein Lenkgestänge miteinander zu verbinden. So konnten deren Radsätze bei Kurvenfahrt durch den sich zwischen zwei benachbarten Wagenkästen ergebenden Knickwinkel radial auf den Kurvenmittelpunkt hin eingestellt werden.

Den in dieser Richtung bemerkenswertesten Lösungsansatz stellten jedoch die „SIG-Liechty-Lenkachsdrehgestelle“ dar, deren Konzeption ihrer Zeit weit voraus war. Diese berücksichtigten konsequent ausser dem Fahrkomfort auch die Senkung der Unterhaltskosten von Drehgestell und Oberbau. Zahlreiche in- und ausländische Patentanmeldungen zeugen ab Mitte der dreissiger Jahre von dem starken Innovationsdrang auf diesem Gebiet, speziell in Bezug auf Drehgestellfahrzeuge. So versuchte man zwar anfänglich die Laufwerke von Schienenfahrzeugen immer noch einachsig auszuführen, versah diese jedoch mit besonderen, eben-

Nr. 179036

Klasse 127 d

SCHWEIZERISCHE EIDGENÖSSENSCHAFT

EIDGEN. AMT FÜR  GEISTIGES EIGENTUM

PATENTSCHRIFT

Veröffentlicht am 8. Dezember 1935

Erstellt eingereicht: 17. April 1934, 89 Ute. — Patent eingereicht: 13. September 1935.

HAUPTPATENT

SCHWEIZ INDUSTRIE-GESELLSCHAFT, Neuchâtel
(Schaffhausen, Schweiz).

Geleisefahrzeug mit mindestens einer zwei Achsenkrähen aufweisenden Achsgruppe.

Vollständige Erläuterung betrifft ein Geleisefahrzeug mit mindestens einer zwei Achsenkrähen aufweisenden Achsgruppe. Es sind bereits einachsige Geleisefahrzeuge angegeben worden, bei welchen zwei Lenkachsen in symmetrischer Anordnung vorhanden waren, wobei die beiden Achsen jeder Gruppe die Innenlenke. Diese Anordnung ergab indessen ungenügende Verhältnisse für die Achsenabstützung, sowie für die Führung der Lenkachsen auf die Schienen.

Das Merkmal besteht nun darin, dass die Lenkung gemäß der Erfindung dadurch be-
steht, dass die Achsgruppe als Drehgestell ausgebildet ist und die Lenken der die beiden Lenkachsen aufweisenden, als Drehgestell ausgebildeten Lenkachsen nebeneinander in gleicher Weise liegen, auf denen Lenkachsen der Wagenkasten ruht, wobei beide Lenkachsen zwischen den Achsen gleichmäßig nebeneinander verlaufen und

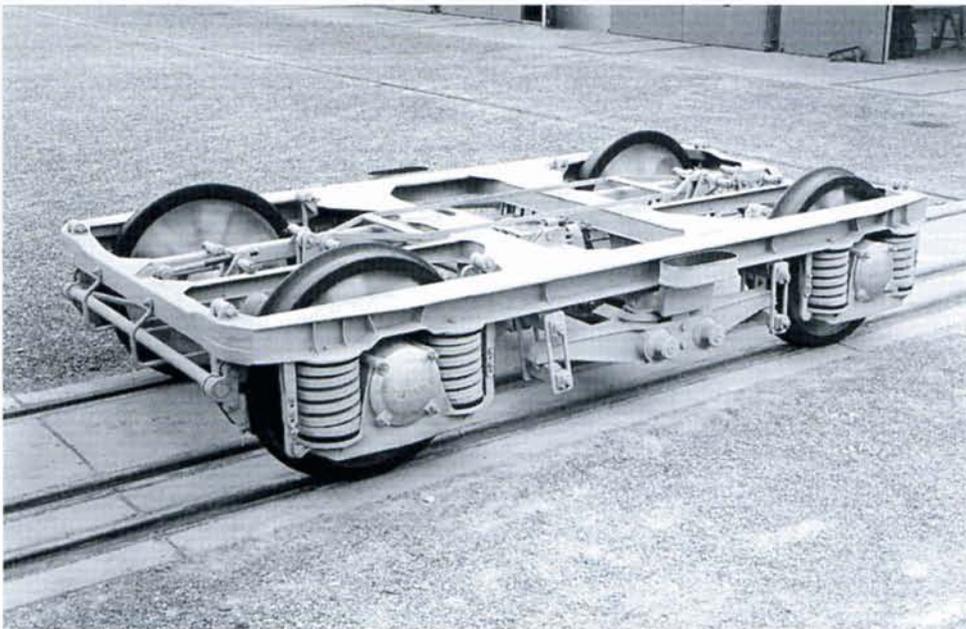
zwecks Einstellung der Radlage der beiden Lenkachsen im Gerade- oder Kurvenfahren. Hierbei kann das Geleisefahrzeug sowohl mit einem einzigen, als auch mit zwei in einer Weise ausgebildeten symmetrisch nebeneinander angeordneten Drehgestellen ausgerüstet sein. Auch tritt sich diese Anordnung sowohl bei Mittelwellenlenken, als auch bei Lenkachsenlenken vor.

Erweckungsgewissen ist hierbei die Ausbildung darauf, dass sich der zu beiden Achsen aufweisenden Lenkachsen von einem der Drehgestelle der Achsgruppe auf einem übertragenden Drehgestelle finden kann, und sich auf der Drehgestelle der die beiden Achsen aufweisenden Lenkachsen befindet, und dass das vorher Erfindung der Drehgestelle der beiden an gegenüberliegenden Lenkachsen gegenüberliegende angeordnet ist, wobei denselben mit Lenkachsen auf Wagenkastenstell ausgerüstet ist. Diese Geleisefahrzeuge sind die Drehgestelle der die beiden Achsen aufweisenden

Oben: Drehgestell mit Torsionsstabfederung, wie es für die SBB-Leichtstahlwagen AB4ü 1134...1175 Verwendung fand (Foto SIG).

Mitte: Der BLS-Leichttriebwagen Ce 2/4 787 von 1935 (Foto SIG).

Unten: Motordrehgestell mit radial einstellbaren Radsätzen für den BLS-Leichttriebwagen Ce 2/4 787 von 1935 (Foto SIG).



falls einachsigen Steuergestellen, welche beide sowohl untereinander verschwenkbar, als auch jeweils am Wagenkasten drehbar angeordnet waren. So ergab sich insgesamt ein Drehgestell, bei dem sich die Radsätze in eine zur Gleiskrümmung radiale Lage einstellen konnten.

Bei einer späteren Ausführung wurden die Radsätze über ein einfaches Hebelwerk gesteuert, welches zunächst im Drehgestell angeordnet war und mit dem Wagenkasten in einer Wirkverbindung stand. Da sich jedoch die Notwendigkeit der Achssteuerung insbesondere bei den Motordrehgestellen ergab, die einen langen Achsstand aufweisen, entstanden zukunftsweisende Lösungen, die den seitlichen Anbau der Achssteuerung am Drehgestellrahmen vorsahen und so den Einbaureaum für die im Drehgestell installierten Fahrmotoren nicht tangierten.

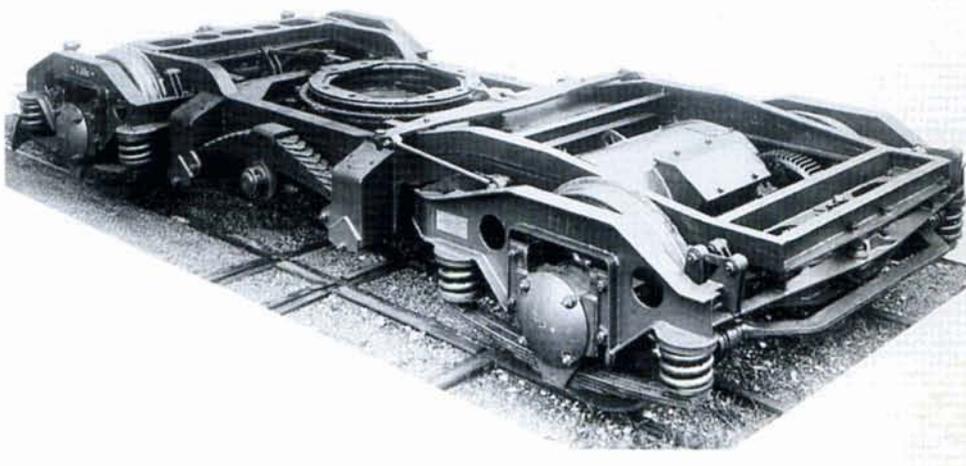
Erste Anwendungen in der Schweiz

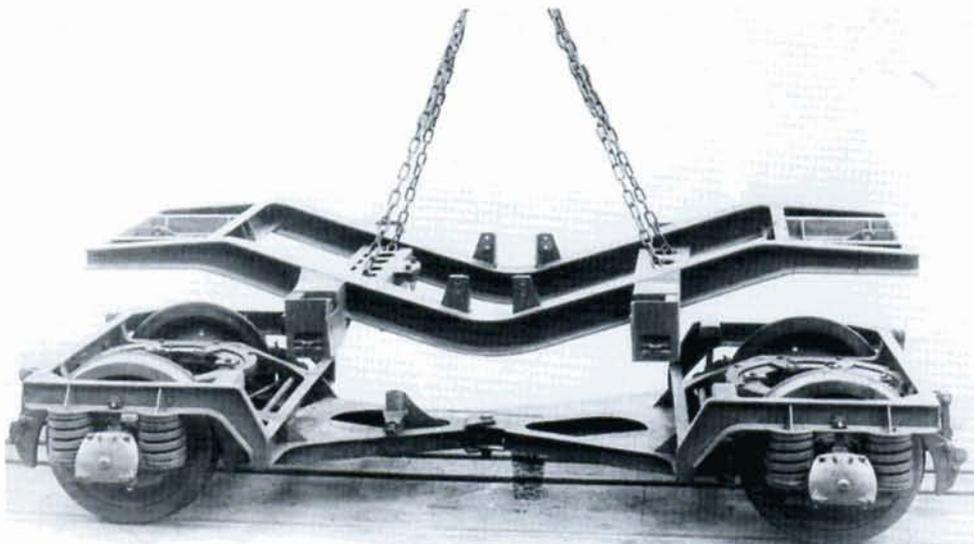
Bei den zuvor genannten, als „wagenkasten-seitige Steuerung“ bezeichneten Betriebsweisen wird den Radsätzen die Freiheit gegeben, sich kontrolliert auf den Kurvenmittelpunkt hin einzustellen, indem der bei Kurvenfahrt zwischen Drehgestell und Wagenkasten auftretende Ausdrehwinkel als Steuergröße für die radiale Einstellung der Radsätze genutzt wird. Nach diesem Prinzip wurden in den Jahren 1935 – 1937 verschiedene Leichttriebwagen der Berner Alpenbahn-Gesellschaft (BLS) und der SBB ausgerüstet.

Als weitere Möglichkeit für eine radiale Einstellung der Radsätze in den Kurven wurde von den SBB im Jahre 1937 der Leichtstahl-Reisezugwagen AB4ü 2772 versuchsweise mit Lenkachsdrehgestellen der Bauart SIG-Liechty ausgerüstet, die eine gegenseitige Selbststeuerung der Radsätze aufwiesen. Als nachteilig zeigte sich bei dieser Bauform jedoch, dass sich die Radsätze bei Kurvenfahrt quasi unkontrolliert und als Folge von Störstellen im Gleis beispielsweise auch antiradial einstellen können.

Alternative Konstruktionen

Einen anderen Weg beschritt man mit dem 1939 patentierten „SIG-Pendelrahmen-Drehgestell“, indem mit einer für damalige Verhältnisse unkonventionellen Verlagerung von Federungsanteilen in die Primärstufe der Versuch unternommen wurde, die unabgefederten Drehgestellmassen auf ein Minimum zu reduzieren, um auf diese Weise den Ver-





Oben: SIG-Liechty-Drehgestell, wie es in den SBB-Leichtstahlwagen AB4ü 2772 eingebaut wurde. Der Rahmen hängt am Kran; dadurch ist die Radsatz-Anlenkung gut zu erkennen (Foto SIG).

Mitte: Doppeltriebwagen der Serie BCFe 4/8 741 – 743 für die BLS-Gruppe mit Pendelrahmen-Motordrehgestellen (Foto SIG).

Unten: Pendelrahmen-Motordrehgestell der BCFe 4/8 741 – 743 der BLS-Gruppe (Foto SIG).



schleiss an Rad und Schiene positiv zu beeinflussen. Ausführungsbeispiele hierfür sind die noch in Betrieb stehenden BLS-Doppeltriebwagen ABDe 4/8 741 – 743 (heute 744 – 745 der BLS-Gruppe und 243 der Oensingen – Balsthal-Bahn) der Baujahr 1945/46.

Obwohl sich in allen Fällen die Unterhaltskosten für Rad und Schiene gegenüber konventionellen Drehgestellen als bedeutend geringer erwiesen und auch die Laufeigenschaften recht gut waren, blieben solche Fahrzeuge in der Schweiz vereinzelt. Aus heutiger Sicht mögen bei den Lenkachs-drehgestellen wohl die eingeschränkten Fabrikationsmöglichkeiten für die Radsatzsteuerungen und die ungenügenden technischen Möglichkeiten bezüglich der Gelenkverbindungen und ihrer Werkstoffe hierfür eine Rolle gespielt haben. In Würdigung dieser zukunftsweisenden Bemühungen ist jedoch heute noch ein Lenkachs-Motordrehgestell vom „Jura-Pfeil“ der SBB als industrieller Zeuge jener Zeit im Technorama Winterthur erhalten.

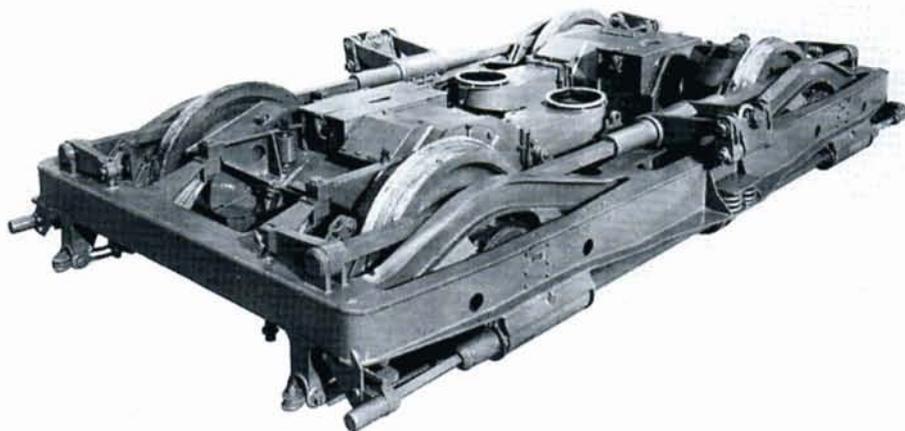
Neue Radsatzführungen

Tendenzen zur Erhöhung der Reisegeschwindigkeit führten bei den Normalspurbahnen anfangs der siebziger Jahre schliesslich zu neuen Drehgestellkonstruktionen. Es entstanden die Bauformen „SIG-Y“ und „SIG-M“, denen beiden gemeinsam die spielfrei elastische Radsatzführung ist. Die Version „M-Q“ konnte überdies zur Erhöhung der Kurvengeschwindigkeiten serienmässig mit einer Wagenkasten-Querneigeeinrichtung versehen werden. Über bedeutsame SIG-Entwicklungen auf diesem Gebiet wird zu einem späteren Zeitpunkt noch berichtet werden.

Ende der siebziger Jahre wurde dann die Reduktion des Rad-/Schienen-Verschleisses als ein seit langem bestehendes, unbefriedigtes Bedürfnis erneut von den SBB aufgegriffen. Die SIG wurde mit der Aufgabe betraut, ein Drehgestell für folgende Anforderungen zu entwickeln:

- Steigerung der Maximalgeschwindigkeit auf 200 km/h bei gleichzeitiger
- Verbesserung des Fahrkomforts und Reduktion der Geräuschemissionen sowie einer spürbaren
- Reduktion des Radreifenverschleisses.

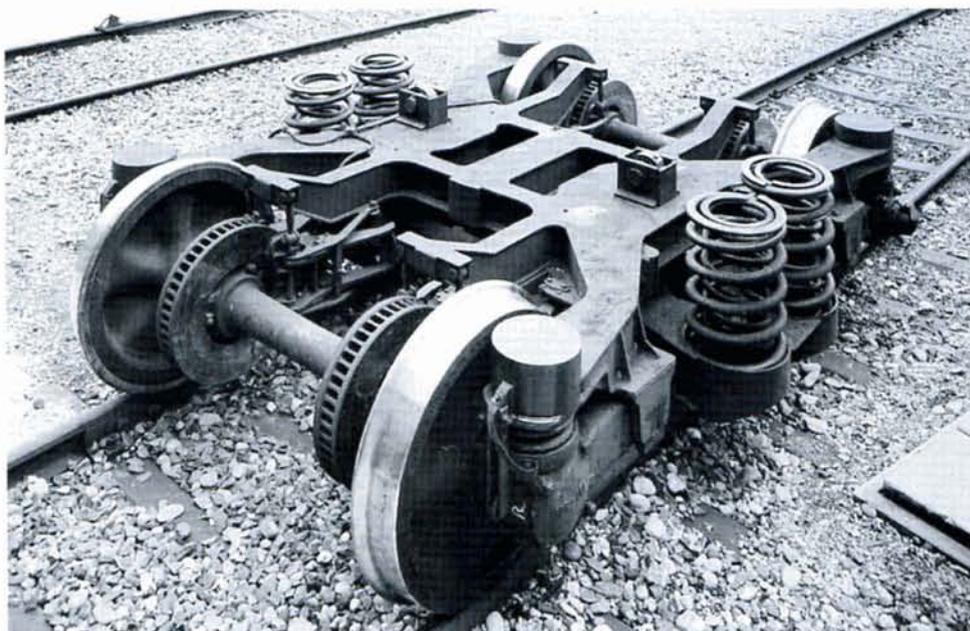
Ein Drehgestell, das die Kombination dieser Anforderungen erfüllt, war damals auch bei



Oben: SIG-Drehgestell der Bauart Y, auf dem die Prototypen der Einheitswagen III anfänglich rollten (Foto SIG).

Mitte: Einheitswagen III der SBB mit aktiver Querneigeeinrichtung (Foto SIG).

Unten: Drehgestell Bauart M-Q mit Kastenneigevorrichtung, gebaut von SIG für die entsprechenden Versuche der SBB mit Einheitswagen III (Foto SIG).



den ausländischen Bahnen noch nirgends im Einsatz.

Die Erfüllung dieser Anforderungen führte zu einem neuen Drehgestellkonzept der SIG [2]. Hierbei wurde insbesondere berücksichtigt, dass aus der Sicht der europäischen Eisenbahnen ein Hauptproblem bei der Rollmaterialbeschaffung darin besteht, dass grundsätzlich verschiedenartige Fahrzeugtypen benötigt werden. Diese Vielfalt bedeutet gleichzeitig auch ein grosses Spektrum an unterschiedlichen Wartungs- und Revisionsarbeiten. Diese periodisch anfallenden Unterhaltskosten stellen für die Bahnen den grössten Teil der Gesamtkosten dar, welche folglich um so grösser sind, je unterschiedlicher die Fahrzeugtypen. Somit wurden die Kosten für die Bahnen im Wettbewerb mit anderen Transportträgern zu einer Existenzfrage. Im Bereich der Drehgestelle gilt sinngemäss das gleiche: eine Reduktion der Typenvielfalt bringt massive Einsparungen bei den Gesamtkosten.



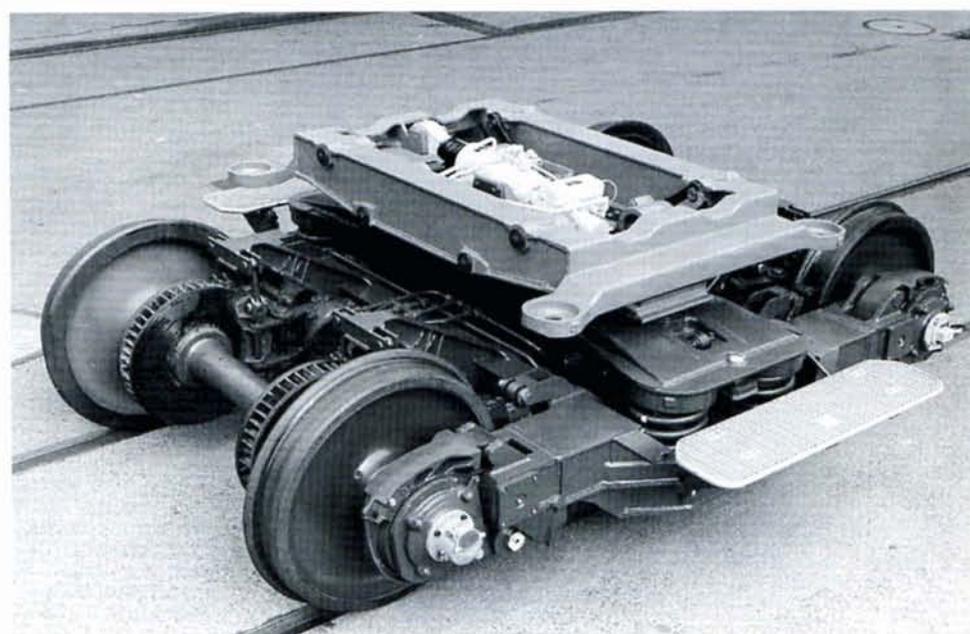
Das SIG-Baukastensystem

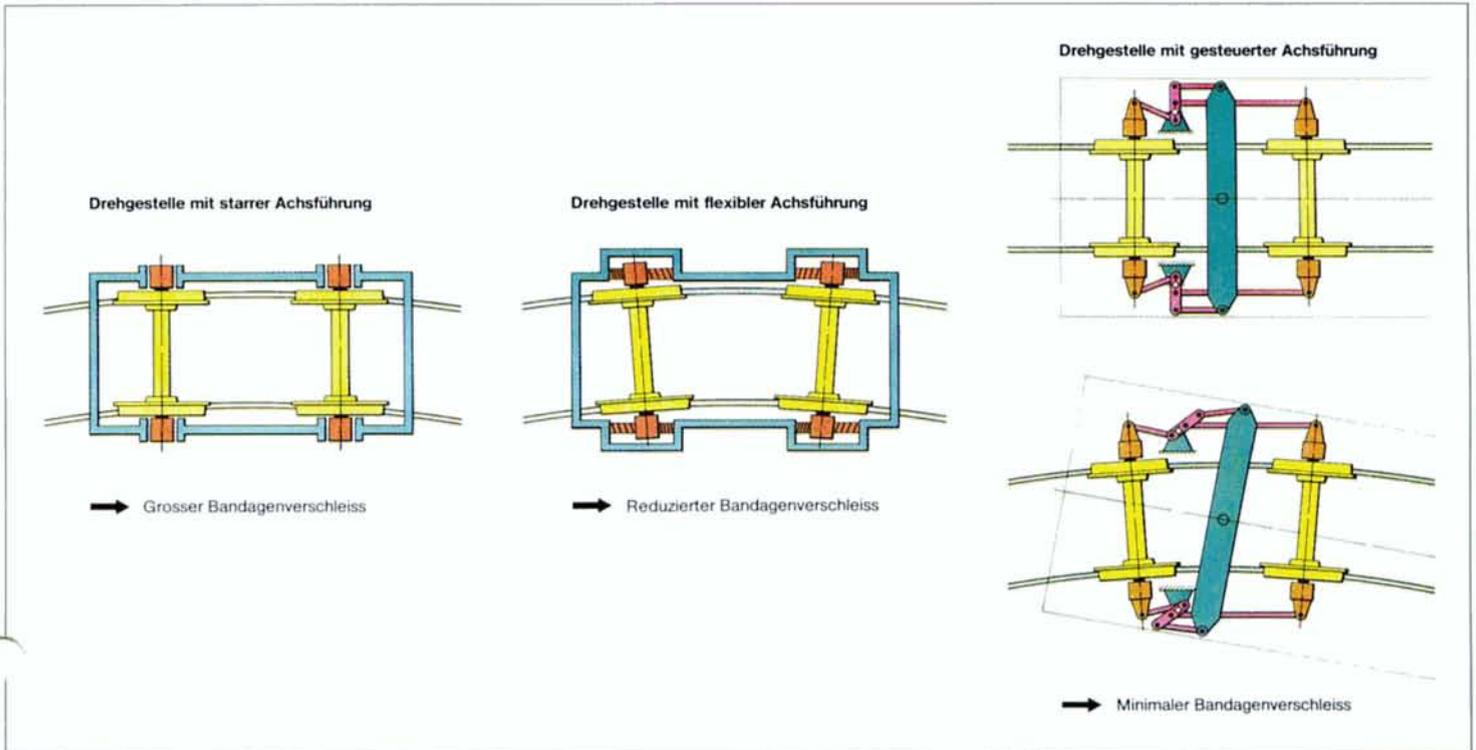
Deshalb überlagerte die SIG seinerzeit den Anforderungen der Bahn eine selbst gestellte Aufgabe: Man wollte ein Baukasten-System entwickeln, mit dem man Drehgestelle für die unterschiedlichsten Anforderungen bezüglich Abmessungen, Kastengewichte und Geschwindigkeiten realisieren konnte. Gleichzeitig sollte diese neue Drehgestell-Generation mit minimalen Life-Cycle-Costs (LCC; Unterhaltskosten während der ganzen Lebensdauer) eine optimale Leistungsfähigkeit für jeden spezifischen Anwendungsfall garantieren. Natürlich war hierbei gegenüber dem Reisenden der „unsichtbare Komfort“ des Drehgestells nach wie vor oberstes Gebot, wird doch von ihm die Qualität des Fahrzeuglaufs entscheidend geprägt.

Von der SIG wurde hierzu eine Lösung basierend auf den Grundsätzen der Systemtechnik erarbeitet, das „SIG-Baukasten-Konzept für Drehgestelle“.

Mannigfache Anwendungen

In der Folge konnten aus diesem Baukasten ein Einheitsdrehgestell für die SBB [3] und zahlreiche andere in- und ausländische Bahnen sowie – davon abgeleitet – ganze Drehgestell-Familien höchster Leistungsfa-





engen Bögen den Verschleiss an Rad und Schiene mindern [12].

Der SIG-Navigator

In diesem Zusammenhang konnte man bei der SIG mit einer bereits 1986 für die SBB entwickelten und bei der Deutschen Bundesbahn (DB) mit Erfolg erprobten Lösung aufwarten, bei der das bewährte SIG - Baukastensystem um weitere innovative Komponenten ergänzt worden war. Hierbei handelt es sich um unterschiedliche Radsatz-Steuer- und Einstellvorrichtungen der beiden eingangs erwähnten Betriebsweisen. Die hierzu erforderlichen umfangreichen Untersuchungen erfolgten bei SIG in einer ganzheitlichen Betrachtungsweise und zwar sowohl in enger Zusammenarbeit mit verschiedenen in- und ausländischen Hochschulen, als auch mit den eigenen Mitteln der Computer-Simulation. Anlässlich von 1988 erneut bei der DB auf der Strecke Bielefeld - Hamm durchgeführten Hochgeschwindigkeits-Versuchsfahrten wurde dann mit einer weiter optimierten Version von SIG-Drehgestellen Typ „Navigator“ mit kastenseitiger Radsatzsteuerung die Geschwindigkeit von 283 km/h bei guten Reserven bezüglich der Laufstabilität erreicht.

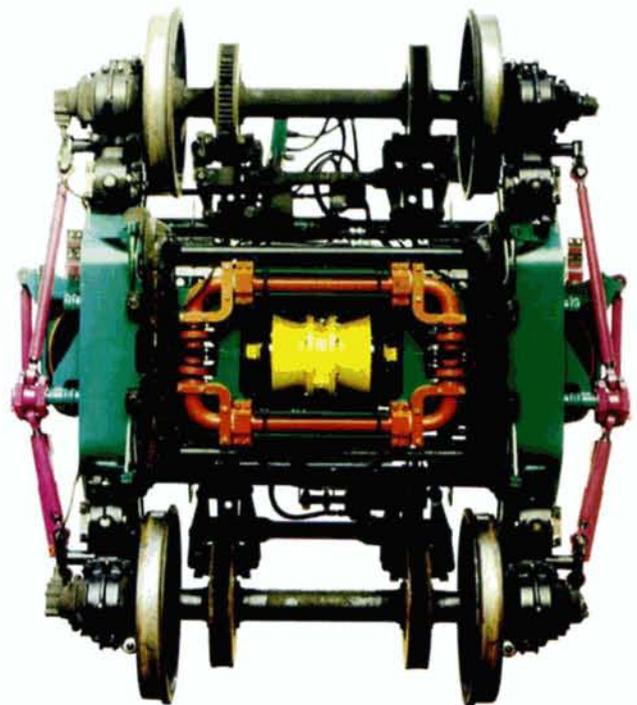
Als Höhepunkt der Entwicklung kann heute freilich die Tatsache angesehen werden, dass das ORE aus 35 verschiedenen Vorschlägen von 16 Herstellern für ein europaweit einheitliches Drehgestell jüngst drei Konstruktionen ausgewählt hat, unter denen sich auch das SIG-Drehgestell „Navigator“ befindet, welches als Serien-Drehgestell zusätzlich mit einer kastenseitigen Radsatzsteuerung ausgerüstet wurde. Die Beurteilung dieser Lösung im Rahmen einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse ergab ebenso gute Ergebnisse wie auch die Resultate hinsichtlich der Verschleissziffer für den Bogenlauf. Auch die 1990 auf dem Rollprüfstand in Deutschland durchgeführten Messungen,

bei denen die Drehgestelle unter einem Versuchsfahrzeug in einem stationären Verfahren unter beliebigen Streckenprofilen und praxisnahen Bedingungen bei hohen Fahrgeschwindigkeiten erprobt wurden, waren positiv. Für die internationale Zulassung war es zusätzlich erforderlich, Versuchsfahrten auf Strecken mit den beiden Schienenneigungen 1:20 und 1:40 zu absolvieren. Auf diesen beiden Streckenarten wurden Hochgeschwindigkeitsfahrten bis 220 km/h auf geradem Gleis und Bogenfahrtversuche in engen Bögen mit ausgeglichenen Querbesehleunigungen bis $1,3 \text{ m/s}^2$ mit sehr gutem Erfolg durchgeführt [13].

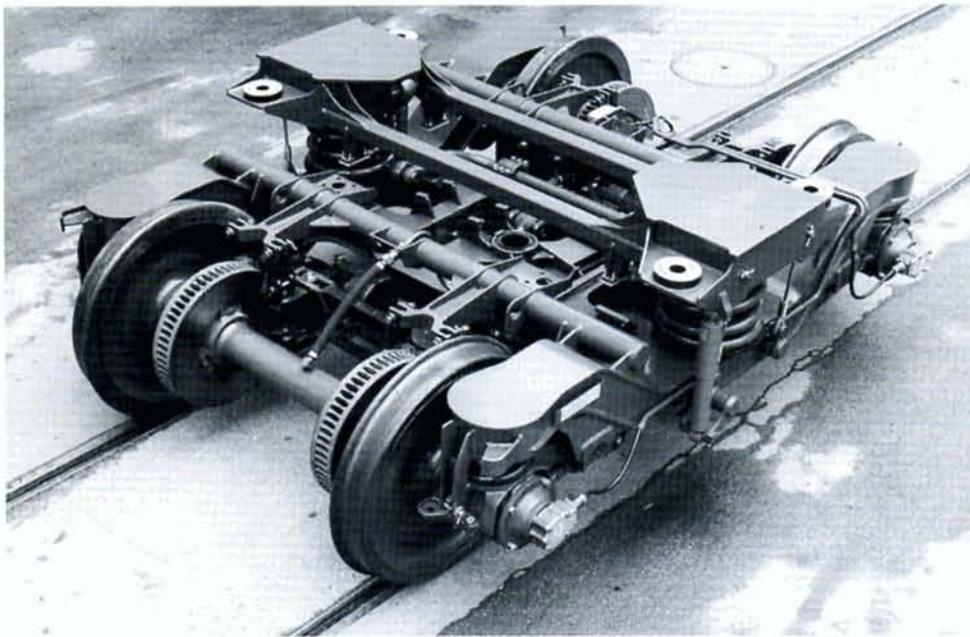
Die Entwicklung der Achsführung, von links nach rechts starr, elastisch und gesteuert (Zeichnung SIG).

Ein langer Weg

Natürlich kommen diese SIG-Lösungen nicht von ungefähr, knüpfen sie doch nach über 50 Jahren zumindest in Teilen und mit



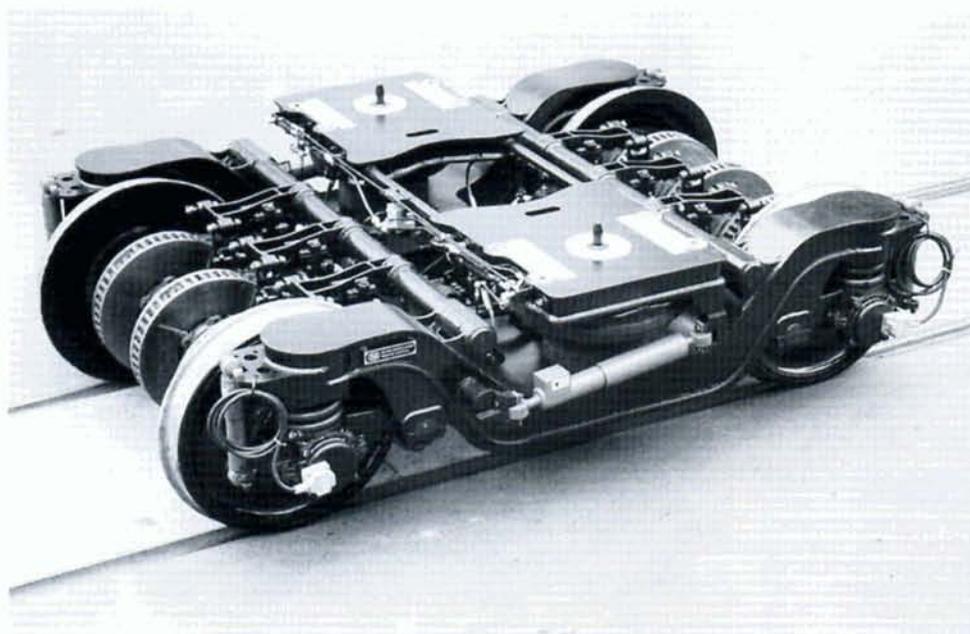
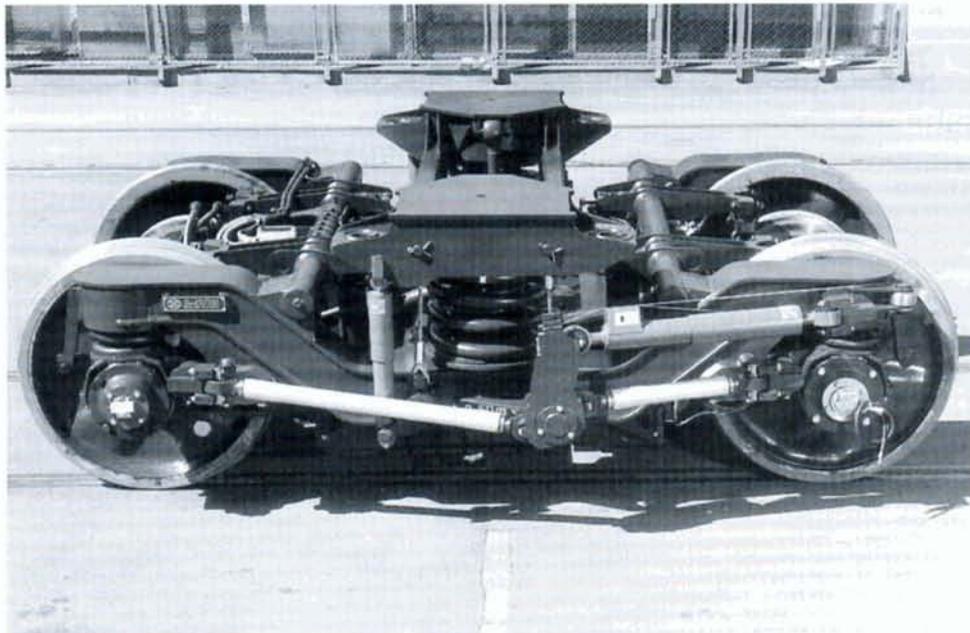
Blick von unten auf ein Drehgestell mit Radsatzsteuerung „Navigator“ (rosa) und zusätzlichem Neigungskomponenten „Neiko“ (gelb; Foto SIG).



Oben: Das Drehgestell für den Einheitswagen IV aus dem Baukastensystem der SIG (Foto SIG).

Mitte: Serienmässiges EW-IV-Drehgestell, ausgerüstet mit der Zusatzkomponente „Navigator“ (Foto SIG).

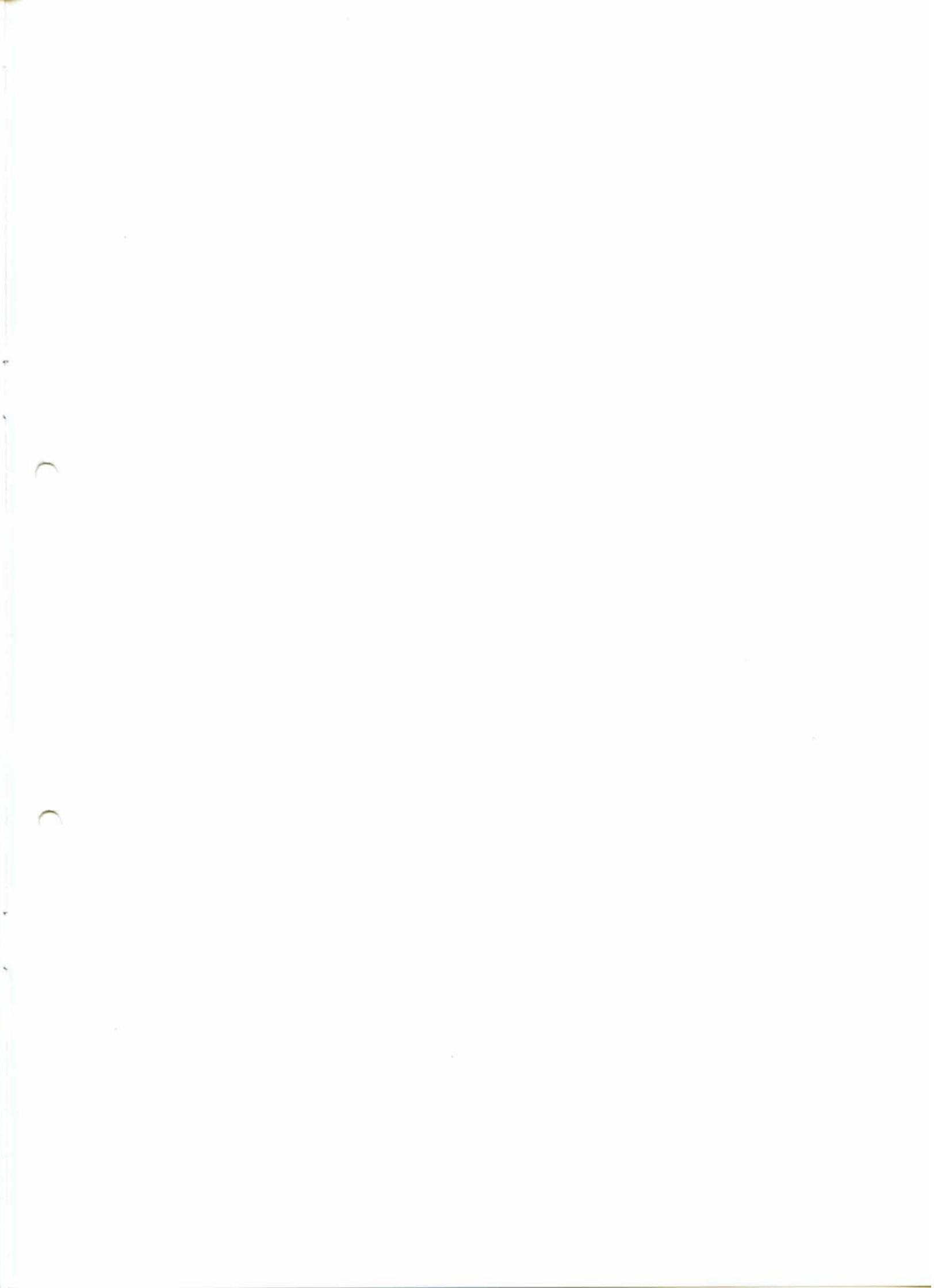
Unten: Drehgestell aus dem SIG-Baukastensystem mit drei Scheibenbremsen je Radsatz und seitlichen Schlingerdämpfern. Von diesem Typ wurden 572 Stück für Reisezugwagen Mk-4 der British Rail gebaut (Foto SIG).



heutigen Mitteln an eine Weiterführung der Prinzipien der SIG-Liechty-Lenkachsdrehgestelle an. So finden sich mittlerweile auch auf dem Sektor der Tram-Fahrwerke innovative SIG-Lösungsvorschläge wieder, die mit radial gesteuerten Einzelachs-Trieb- und Laufwerken oder gelenkten Einzelrädern eine durchgehend niedere Fussbodenhöhe, sowie eine geräusch- und verschleissarm Spurführung ermöglichen sollen. Eine wesentliche Voraussetzung bieten bei derartigen Entwicklungsvorhaben die Möglichkeiten der Computer-Simulation. Dieses Instrumentarium steht den Ingenieuren der SIG-Laufwerktechnik heutiger Prägung bereits seit einigen Jahren zur Verfügung. Ansonsten spiegelt sich heute ebenso wie damals der auf dem Gebiet der Radsatzsteuerungen inzwischen wieder rasch fortschreitende Stand der Technik in zahlreichen Patentanmeldungen wider. Damit wurde eine technische Entwicklung wieder in Gang gesetzt, an der auch die SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft mit grundlegenden Patenten international massgeblich ihren Anteil hat.

Literatur

- [1] Havenith Rolf, Auslieferung des letzten SIG-Wagenkastens – Beginn einer neuen Ära im Waggonbau (Entwicklungen im Wandel der Zeit), SER 1/1987.
- [2] Harsy Gabor, Neue Entwicklungen im Drehgestellbau, ZEV-Glaser's Annalen 106 (1982) 1/2/3.
- [3] Berger Hans, Das Einheitsdrehgestell für die neuen Reisezugwagen der SBB, ZEV-Glaser's Annalen (1982) Nr. 2.
- [4] Weiss Theo, Die neuen Speisewagen der SBB, SER 5/1988.
- [5] Berner Kurt, Die neuen Salonwagen der SBB, SER 4/1988.
- [6] Schneeberger Hans / Berner Kurt / Kaufmann Beat, Die neuen Eurocity-Wagen der SBB, SER 1-2/1990.
- [7] Havenith Rolf, Das Laufdrehgestell aus dem SIG-Baukastensystem für die Eurocitywagen der SBB, ZEV-Glaser's Annalen 115 (1991) Nr. 4, Seiten 102 – 104.
- [8] Handschin Matthias, Die neuen Panoramawagen der SBB, SER 11/1991.
- [9] Baumgartner Wolfgang, Die neuen Pendelzüge (NPZ) der SBB in der Serienausführung, SER 3/1987.
- [10] Gerber Martin / Müller Roland, Die neuen Fahrzeuge für die S-Bahn Zürich, SER 5-6/1989.
- [11] Leuzinger Fritz, Drehgestelle für Eisenbahn-Rollmaterial nach dem SIG-Baukastensystem, Technica 22/1989, Seiten 107 – 110.
- [12] Müller Roland, Drehgestelle mit verbesserten Eigenschaften bei Fahrt in engen Bögen – ein Forschungsvorhaben des ORE, SER 10 und 11/1990.
- [13] Müller Roland, Drehgestell 2000, SBB-Magazin 5/1990.



Unsere Tradition ist es
stets an der Spitze
des Fortschritts zu sein



SIG-Drehgestelle

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
CH-8212 Neuhausen am Rheinfall/Schweiz





Das Einheitsdrehgestell für die Reisezugwagen Typ IV der SBB nach dem SIG-Baukastensystem



Das Einheitsdrehgestell für die neuen Reisezugwagen der Schweizerischen Bundesbahnen

DK 629.45.027.2 (494) SBB

Von Hans Berger, Bern

The standard bogie for the new passenger coaches of Swiss Federal Railways

A new bogie has been developed for the new Type IV standard coaches of Schweizerische Bundesbahnen (SBB), which are primarily intended for intercity trains for service on main lines with many curves. Being initially designed for 140 km/h, the bogie will also be suitable for speeds up to 200 km/h on new SBB lines after installation of dampers to reduce hunting and stiffer metal/rubber blocks for the axle links.

The paper outlines the measures for obtaining optimum riding properties, favourable and low-wear guidance in curves and a low-cost, low-noise construction. The design features are described, and test results are reported.

Le bogie unifié des nouvelles voitures CFF

Un bogie de type nouveau a été mis au point pour les voitures unifiées de la série IV des Chemins de fer fédéraux suisses (CFF), destinées en premier lieu aux trains intercity desservant le réseau des lignes principales, souvent fort sinueux. Autorisé pour l'instant à circuler à 140 km/h, le bogie pourra atteindre 200 km/h sur les nouvelles lignes à construire par les CFF lorsqu'il sera équipé d'amortisseurs de lacet et d'éléments métal-caoutchouc plus rigides pour le guidage des essieux.

L'article expose les mesures prises pour obtenir une stabilité de marche optimale, un faible coefficient d'usure en courbe (grâce à de bonnes qualités de guidage), un prix de fabrication avantageux et un faible rayonnement acoustique. Il décrit le type de construction des véhicules et rend compte des résultats d'essais.

Für die neuen Einheitswagen IV der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB), die vor allem zum Einsatz in Intercityzügen auf den kurvenreichen Hauptstrecken bestimmt sind, wurde ein neues Drehgestell entwickelt. Zunächst für 140 km/h vorgesehen, ist es nach Einbau von Schlingerdämpfern und steiferen Metall-Gummi-Elementen für die Achsanlenkung auch für 200 km/h auf Neubaustrecken der SBB geeignet.

Die Maßnahmen zur Erzielung einer optimalen Laufgüte, einer günstigen und verschleißarmen Spurführung in Gleisbögen, einer preiswerten Konstruktion mit geringer Schallabstrahlung werden dargelegt, die Bauart ist beschrieben und über Versuchsergebnisse wird berichtet.

1. Einführung

In der Vergangenheit wurden die Reisezugwagen der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) mit Pendelwiegen-Drehgestellen ausgerüstet, seit den vierziger Jahren mit den Achslagerführungen System Schlieren in den Bauformen der Schweizerischen Wagons- und Aufzügefabrik Schlieren (SWS) und der Schweizerischen Industriegesellschaft (SIG), Neuhausen. Für die Einheitswagen III, die sogenannten Suisse-Express-Wagen, wurde 1974 ein neues Drehgestell eingeführt, bei dem die als Flexicoilfedern ausgebildeten Sekundärfedern neben der Vertikalfederung auch die Querverfederung aufnehmen. Die Ausdrehbewegung zwischen Drehgestell und Wagenkasten wird von einem in Gummi gelagerten Drehzapfen und seitlichen Stützrollen aufgenommen.

Schließlich wurde mit den Eurofima-Wagen Am 9 und den Bcm-Wagen, beide von der Bauart Z1, für den internationalen Verkehr 1977 ein Drehgestell mit einer vollen Flexicoilfederung eingeführt, die neben der Federung vertikal und quer auch die Ausdrehbewegungen übernimmt. Es zeigte sich, daß die einfache Bauart dieser Drehgestelle ohne Pendelwiege und mit reibungsarmer Querverfederung vorteilhaft ist, daß aber die steife elastische Ausdrehcharakteristik dieser Drehgestelle für die Spurführung und den Verschleiß der Spurkränze, Radlaufflächen und Schienen in engen Gleisbögen nachteilig ist. Für die 1980/81 beschafften Bpm-Wagen wurde wiederum ein Drehgestell mit einer vollen Flexicoilfederung eingebaut. Bei dieser Konstruktion gelang es der Firma Schindler Waggon AG

(SWP), Pratteln, eine Lösung mit einer erheblich weicheren Ausdrehcharakteristik zu finden. Für die Drehgestelle des neuen Einheitswagens IV mußte mit Rücksicht auf die kurvenreichen SBB-Strecken eine noch weichere Ausdrehcharakteristik verlangt werden.

Der Einheitswagen IV (Bild 1)¹⁾ wurde 1979 und 1980 mit je einer Serie von 40 Erstklasswagen, 1981 mit 60 Zweitklasswagen und 4 Speisewagen-Prototypen und 1982 nochmals mit 60 Zweitklasswagen für den Inlandreisezugverkehr der SBB in Auftrag gegeben. Der Wagen hat eine Länge über Puffer von 26,4 m, einen Drehzapfenstand von 18,6 m und ist als Erstklasswagen 42,5 t schwer. Der Wagen besitzt eine Klimaanlage und bietet einen gehobenen Fahrkomfort. Der Einsatz dieser Wagen erfolgt vorwiegend in Intercityzügen auf den schweizerischen Hauptstrecken. Der Begriff „Einheitswagen“ drückt die Absicht aus, ein Fahrzeug zu bauen, das geeignet ist, während einiger Jahre als Standardfahrzeug beschafft zu werden und so schließlich für den Betrieb und Unterhalt als größere Serie in Erscheinung zu treten.

Vom Bau von Prototypwagen konnte abgesehen werden, nachdem vorher mit den RIC-Bpm-Wagen ähnliche Fahrzeuge beschafft wurden. Dagegen wurde ein Paar Prototyp-Drehgestelle im voraus beschafft, unter einem RIC-Bm-Wagen der Bauart Z2 montiert und umfangreichen Messungen und Betriebsversuchen unterzogen.

Für die Drehgestelle wurde von den SBB als Besteller ein detailliertes Pflichtenheft aufgestellt, das sich zum Teil auf Versuche und Untersuchungen abstützt. Die Konstruktions- und Entwicklungsarbeiten wurden von der Schweizerischen Industriegesellschaft

Dipl.-Ing. H. Berger, Schweizerische Bundesbahnen, Abt. Zugförderung und Werkstätten, Gruppenleiter „Drehgestelle und technisch-wissenschaftliche Fragen“, Bahnhofplatz 10B, CH - 3030 Bern

¹⁾ Neue Städteschnellzugwagen der SBB. ZEV-Glas. Ann. 106 (1982) Nr. 4, S. 164-165.



Bild 1: Einheitswagen IV der Schweizerischen Bundesbahnen (Foto SBB)

sellschaft (SIG), Neuhausen, teilweise auch von der Schindler Waggon AG, Pratteln, in enger Zusammenarbeit mit den SBB geleistet. Die lauftechnischen und einige weitere Versuche wurden von den SBB durchgeführt.

2. Anforderungen und Randbedingungen

Für das Drehgestell der neuen SBB-Einheitswagen IV (EW IV) waren folgende Anforderungen und Randbedingungen maßgebend:

Das Fahrwerk mußte für eine möglichst günstige Gesamtwirtschaftlichkeit entworfen werden. Dabei waren nicht nur geringe Anschaffungskosten, sondern auch günstige Unterhaltskosten anzustreben. Beim sehr kurvenreichen Netz der SBB muß großer Wert auf ein verschleißarmes Fahrwerk gelegt werden. Das Drehgestell durfte nur wenig Elemente aufweisen, die einen regelmäßigen Unterhalt benötigen. Es waren beim neuen Drehgestell möglichst wenige hydraulische Dämpfer vorzusehen. Soweit möglich waren Elemente zu verwenden, die eine preiswerte Beschaffung ermöglichen. Mit dem neuen Drehgestell ausgerüstete Wagen müssen eine gegenüber älteren Reisezugwagen verbesserte Laufgüte aufweisen, vergleichbar mit den neuesten in- und ausländischen Wagen wie etwa den neuen Großraumwagen Bpm der SBB mit SWP-SWS 76-II-Drehgestellen, den Corail-Wagen der SNCF mit Y 32-Drehgestellen, den neuen DB-Reisezugwagen mit der Drehgestellbauart MD 522²⁾ oder den neuen FS-Wagen mit FIAT-Drehgestellen.

Selbstverständlich mußte das Fahrwerk von Anfang an so konzipiert werden, daß alle Grenzwerte von Spurführungskräften unterschritten werden. Diese Bedingung erfüllte sich sozusagen automatisch, weil ein verschleißarmes Fahrwerk auch eine günstige Spurführung aufweist. Ein seitlich stabiles Verhalten mußte im ganzen Geschwindigkeitsbereich verlangt werden. Zusammen mit dem Wagen hat das Drehgestell der kinematischen Fahrzeugumgrenzungslinie nach UIC 505-2 zu entsprechen, wobei der zulässige Neigungskoeffizient von $s = 0,4$ auch bei vollbeladenem Fahrzeug nicht erreicht werden darf. Im Rahmen der Schweizerischen Arbeiten für eine Gesamtverkehrskonzeption wurde eine neue Eisenbahnlinie Ost-West, die „Neue Hochleistungs-Transversale“ kurz „NHT“, vorgesehen. Für einen eventuellen zukünftigen Einsatz auf dieser Schnellfahrline mußten der vorläufig mit höchstens 140 km/h betreibbare Einheitswagen IV und seine Drehgestelle anpaßbar vorgesehen werden. Nach dem Einbau von Schlingerdämpfern und steiferen Metall-Gummi-Elementen für die Achsanlenkung ist das Drehgestell EW IV für 200 km/h geeignet.

Eine weitere Zielsetzung war, den Einheitswagen IV nicht nur

für einen niedrigen Lärmpegel im Wageninnern zu bauen, sondern auch die Schallabstrahlung nach außen drastisch zu vermindern. Durch den Verzicht auf die Klotzbremse mit Gußbremssohlen wurde es möglich, die bei diesen typische Verriffelung der Radlaufläche zu vermeiden und so eine gegenüber bisherigen Wagen mit Gußbremssohlen weniger als halb so große Schallabstrahlung nach außen zu erreichen.

Alle bekannten konstruktiven Möglichkeiten waren auszunützen, um eine gute Wintertauglichkeit der Fahrwerke zu erhalten. Um eine gewisse Standardisierung und damit eine Verbilligung der Beschaffung und des Unterhalts zu erreichen, wurde das Drehgestell EW IV so ausgelegt, daß auch in Zukunft zu beschaffende Wagen für den innerschweizerischen und internationalen Verkehr damit ausgerüstet werden können. Dies gilt bis zu einem Bruttogewicht von 53 t. Für den Anwendungsfall im internationalen Wagen, der den Einsatz in heterogenen Kompositionen auf Gebirgsstrecken mit sich bringt, muß auch eine Zusatz-Klotzbremse zur Scheibenbremse einbaubar sein. Selbstverständlich mußte auch für die einzelnen Organe des Drehgestells eine möglichst weitgehende Standardisierung angestrebt werden. Als Variante wurde von der SIG das Drehgestell des Speisewagens EW IV entwickelt, das ein Bruttowagengewicht von 70 t ermöglicht. So betrachtet wird das neue Drehgestell für längere Zeit das Einheitsdrehgestell der SBB für sämtliche neu zu beschaffenden Inland- und RIC-Wagen sowie – aus der gleichen Familie – für Speise- und Triebwagen sein.

3. Maßnahmen für eine optimale Laufgüte

Entsprechend dem heutigen Stand im Bau von Reisezugwagen-Laufwerken wurden folgende Grundprinzipien angewandt:

- Möglichst weiche zweistufige Federung; untere Tauchfrequenz je nach Beladestand bei 0,9 bis 1,05 Hz und obere Tauchfrequenz bei 6,3 Hz.
- Weiche und progressiv steifer werdende Querfederungscharakteristik sekundär mit einem Federweg bis zum Anschlag von 60 mm in der Geraden und nach bogenaußen. Bei engen Gleisbogen schränkt ein gleisbogenabhängiger Queranschlag den Federweg nach bogeninnen ein.
- Entkoppelung des Drehgestell-Nickens und der Drehgestell-Längsschwingungen von den Kasten-Biegeschwingungen und den Kasten-Längsschwingungen durch folgende zwei Maßnahmen erreicht:
 - Drehgestell-Längsanlenkung etwa im Schwerpunkt der Drehgestellrahmen und in der Ebene der Radsatzachsen. Die Drehgestell-Längsanlenkung hat eine weiche, aber progressive Charakteristik, so daß auch die gelegentlich auftretenden Spitzenkräfte aufgenommen werden können.

²⁾ v. Madeyski, Th. u. K. Möller: Drehgestelle MD 522 und LD 730 für neue Reisezugwagen der DB. ZEV-Glas. Ann. 105 (1981) Nr. 4, S. 105–119.

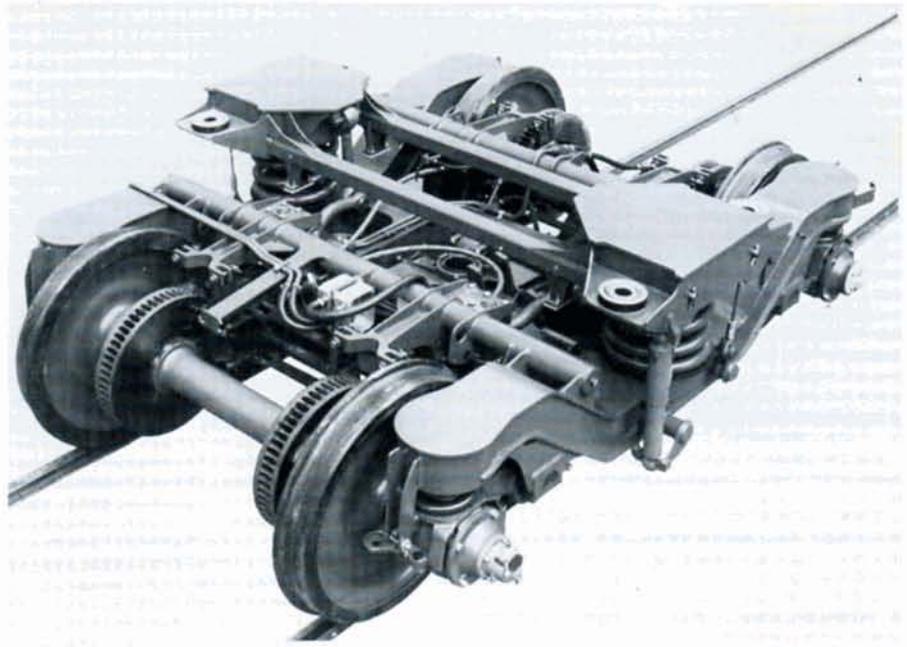


Bild 2: Ansicht des Drehgestells für die Einheitswagen IV der SBB (Werkfoto SIG)

- Drehgestell-Nicken und die Kasten-Biegeschwingungen durch eine konzentrierte Anordnung der Sekundärfederung in der Mitte des Drehgestell-Längsträgers entkoppelt, in einer Bauart, die kaum Momente um die Querachse übertragen kann.
- Soweit möglich neben der konsequenten Entkoppelung der verschiedenen Bauteile auch eine Verstimmung der verschiedenen Eigenfrequenzen.

Versuche zeigten, daß im Drehgestell künstlich erzeugte Unwuchten von 0,28 kgm das Verhalten des Wagenkastens nur in kaum meßbarem Maß beeinflußten. Der Verzicht auf die hydraulischen Dämpfer in der Primärfederstufe führte ebenfalls nur zu einer sehr kleinen, subjektiv nicht wahrnehmbaren Verschlechterung der Laufgüte.

4. Maßnahmen für eine günstige und verschleißarme Spurführung in Gleisbogen

Die Selbststeuerfähigkeit der Radsätze wird bei diesem Drehgestell ausgenutzt. Die Radsätze sind serienmäßig mit Anlenkungssteifigkeiten pro Achslager von längs $c_x = 11 \text{ kN/mm}$ und quer $c_y = 3,3 \text{ kN/mm}$ am Drehgestell befestigt. Mit dem modifizierten Verschleißradprofil SBB 28-2, das sich für SBB-Verhältnisse als gutes Verschleißprofil bestätigt hat und das, verglichen mit dem ORE-Einheitsradprofil „S 1002“ eine geringere wirksame Konizität aufweist, war es möglich, etwa 3500 km Versuchsfahrten bei Geschwindigkeiten bis 160 km/h mit einer noch weicheren Achsanlenkung als der serienmäßig eingebauten ohne Anzeichen von seitlicher Instabilität zu fahren. Um im Betrieb eine gewisse Sicherheit hinsichtlich seitlicher Instabilität der Fahrwerke zu haben, wurde gegenüber dem Versuch eine steifere Achsanlenkung eingebaut. Die Versuche haben gezeigt, daß sich eine weiche Achsanlenkung auf die Spurführung und den Verschleiß günstig auswirkt.

Die besondere Gestaltung der Sekundärfederung hat eine sehr weiche Ausdrehcharakteristik des Drehgestells von weniger als $M_\psi = 150 \text{ kNm/rad}$ ermöglicht. Vergleichbare Drehgestelle mit Flexicoilfederung haben oft Ausdrehsteifigkeiten des Drehgestells von $M_\psi = 300$ bis 400 kNm/rad .

Die Querverfederung der Radsätze mit der erwähnten Steifigkeit $c_y = 3,3 \text{ kN/mm}$ pro Achslager kann einen Federweg von $\pm 7 \text{ mm}$ bis zum Anschlag durchlaufen. Damit werden dyna-

mische Spitzenwerte der Radsatz-Horizontalkräfte abgebaut (wie bei den SBB-Triebfahrzeugen). Während Tausenden von Versuchskilometern wurden die Festanschläge dieser Querverfederung nicht erreicht.

Der gleisbogenabhängige Queranschlag erfolgt, ähnlich wie bei den Y 32-Drehgestellen der Corailwagen und den FIAT-Drehgestellen der Eurofima-Wagen über einen nasenförmigen Anschlag außen auf dem Drehgestellrahmen gegen Wagenmitte und einer Anschlagfläche des Wagenkasten-Untergestells. Der Querverfederweg wird nur in engeren Gleisbogen nach bogeninnen eingeschränkt. Bevor die SBB für den Einheitswagen IV diese Lösung im Pflichtenheft vorgeschrieben hatten, war mit umfangreichen Berechnungen nachgewiesen worden, daß diese Anordnung des bogenabhängigen Queranschlages trotz der Einleitung von Horizontalkräften quer auf das Drehgestell weit außerhalb der Drehgestellmitte nicht nachteilig auf die Spurführung wirkt.

5. Beschreibung des Drehgestells

5.1 Allgemeine Beschreibung

Die Bilder 2 und 3 zeigen eine Ansicht und eine Zeichnung des Drehgestells. Das Drehgestell besitzt einen Achsstand von 2,5 m. Die Hauptdaten sind in der Tafel 1 zusammengestellt.

5.2 Radsätze und Achslager

Die Radsätze mit einem Durchmesser von 920 mm sind die gleichen wie bei den Eurofima-Wagen und deren Nachfolgebauarten Bcm und Bpm. Sie haben einen Achsschenkel von 130 mm Durchmesser und 217 mm Länge. Die Vollräder sind auf eine Tiefe von 30 bis 35 mm laufkranzvergütet, haben eine minimale Zugfestigkeit des Materials von 780 bis 900 N/mm² und einen maximalen Kohlenstoffgehalt von 0,46%. Die Formgebung der Räder entspricht weitgehend dem vom UIC/ORE vorgeschlagenen Standardrad. Die Achslager bestehen wie bei den Eurofima-Wagen der SBB und anderer Bahnen aus zwei Kegelrollenlagern mit den Durchmessern 130/220 mm. Die Radsätze mit den Achslagergehäusen sind mit denjenigen der Eurofima- und Bcm-Wagen austauschbar.

5.3 Primärfederung

Der Radsatz ist mit einem Achslenker und einem äußerlich zy-

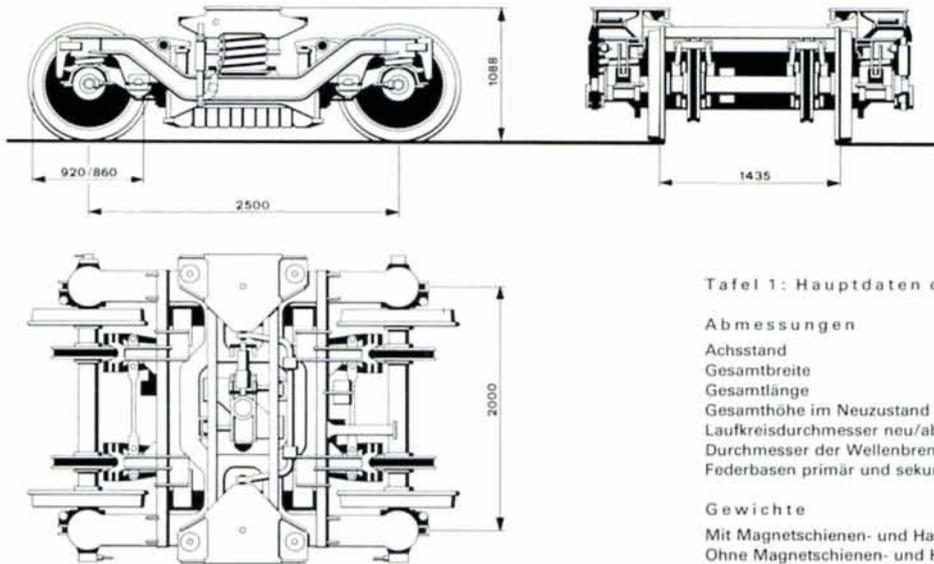


Bild 3: Drehgestell der Einheitswagen IV der SBB (Zeichnung SIG)

lindrischen Gummielement im Drehgestell angelenkt. Die horizontale weiche Anlenkung der Radsätze wird durch die entsprechende Ausbildung dieser Gummielemente erreicht. Für einen eventuellen späteren Einsatz mit 200 km/h können steifere Gummielemente eingesetzt werden. Über dem Achslagergehäuse ist ein Satz von zwei konzentrischen Schraubenfedern angeordnet, die über eine Gummischeibe im Drehgestellrahmen abgestützt sind. Außerhalb der Schraubenfedern ist der Vertikalanschlag und die Abhebesicherung angeordnet. Nach dem Lösen von je 4 Schrauben kann der das Achslagergehäuse umfassende Bügel des Achslenkens entfernt werden. Nach dem Entfernen dieser Bügel auf beiden Seiten kann das Drehgestell vom Radsatz abgehoben werden, ohne daß weitere Organe, wie beispielsweise Abhebesicherungen entfernt werden müssen. In der Primärfederstufe besitzt das Drehgestell keine hydraulischen Dämpfer. Dagegen wären solche Dämpfer grundsätzlich einbaubar, falls dies beispielsweise bei künftigen Steuerwagendrehgestellen mit Zugsicherungsapparaten und exzentrischer Schwerpunktlage nötig würde.

5.4 Drehgestellrahmen

Der Drehgestellrahmen ist ein H-Rahmen ohne Kopfräger. In der Mitte des Drehgestells verbindet ein Querträgerjoch aus zwei Querträgern die beiden Langträger. Die beiden Querträger sind teilweise gegenseitig miteinander verbunden und lassen in der Mitte Platz frei für die Organe der Längsmittnahme. Weiter werden die beiden Langträger pro Drehgestell durch zwei Bremsträgerrohre miteinander verbunden, an denen die Scheibenbremsorgane aufgehängt sind. Die Drehgestellrahmen sind aus Blechen und Profilen in Stahl 52-3 zusammengeschweißt. Vereinzelt wurden Schmiedeteile in die Konstruktion einbezogen. Der Rahmen ist schweißtechnisch, festigkeitsmäßig und fertigungstechnisch sehr sorgfältig durchkonstruiert worden. Er wurde so gestaltet, daß ein Spannungsfreiglühen des Rahmens nicht erforderlich ist.

5.5 Sekundärfederstufe

Die Sekundärfederung besteht pro Drehgestellseite aus je einem Satz von Flexicoil-Schraubenfedern. Mit diesen in Serie geschaltet, befindet sich oben und unten je ein sphärisches Gummielement, das in der Form einer Kugelkalotte ausgebildet ist. Bei vertikaler Belastung arbeitet beinahe nur der Schraubenfedersatz, bei horizontalen Belastungen wird der

Tafel 1: Hauptdaten des Drehgestells EW IV

Abmessungen		
Achsstand	2500	mm
Gesamtbreite	2612	mm
Gesamtlänge	3456	mm
Gesamthöhe im Neuzustand	1088	mm
Laufkreisdurchmesser neu/abgenutzt	920/860	mm
Durchmesser der Wellenbrems scheiben	610	mm
Federbasen primär und sekundär	2000	mm
Gewichte		
Mit Magnetschienen- und Handbremse	6743	kg
Ohne Magnetschienen- und Handbremse	6078	kg
Primärfederung pro Rad		
Vertikalsteifigkeit des Systems	1,25	kN/mm
Längssteifigkeit des Systems	11	kN/mm
Quersteifigkeit des Systems	3,3	kN/mm
Keine hydraulischen Vertikaldämpfer		
Sekundärfederung		
Vertikalsteifigkeit des Systems*)	0,4	kN/mm
Vertikaldämpfung*) bei 0,2 m/s	3,5	kN
Quersteifigkeit des Systems (in Mittellage*)	0,1	kN/mm
Ausdrehteifigkeit des Drehgestells um die Hochachse	150	kNm/rad
Längsanlenkungssteifigkeit zwischen Drehgestell und Kasten (in Mittellage)	1	kN/mm
Höchstgeschwindigkeiten		
Ein Drehgestell pro Wagen mit Magnetschienenbremse	140	km/h
Beide Drehgestelle mit Magnetschienenbremsen	160	km/h
Mit Schlingerdämpfern und ggf. steiferen Achsanlenkungen	200	km/h

*) pro Drehgestellseite

größere Teil der Verformung durch die Gummikalotten aufgenommen, und zwar teilweise durch eine Schiefstellung der Federauflageflächen und der Flexicoilfedern. Dieses System hat den Vorteil, daß weiche horizontale Elastizitäten möglich sind, ohne sehr große Flexicoilfedern, ohne zu hohe Spannungen in den Flexicoilfedern und ohne Anwendung von sehr schlanken Flexicoilfedern. Die nicht allzu schlanken Flexicoilfedern im System haben den Vorteil, daß bei größer werdender Zuladung die Quercharakteristik zumindest nicht weicher wird. Weiter ist die innere Dämpfung in den Gummikalotten so groß, daß eine hervorragende Laufgüte in Querrichtung auch ohne hydraulische Querdämpfer in der Sekundärfederstufe erreicht wird.

5.6 Wankstütze (Stabilisator)

Bei der Entwicklung des Drehgestells war zuerst daran gedacht worden, die erwähnte weiche Quercharakteristik auszunützen, um bei einer großen Federbasis ein Drehgestell ohne Stabilisator zu verwirklichen. Es hatte sich aber bei der Entwicklung des Wagens gezeigt, daß die gewünschte niedrige Schwerpunktlage nicht realisierbar war. So bestand der wesentliche Entwicklungsschritt zwischen den Prototyp- und den Seriedrehgestellen darin, eine Wankstütze im Drehgestell einzubauen. Die Wankstütze des Einheitswagens ist für schweizerische Verhältnisse neu, weil nun der Torsionsstab und die beiden Hebel aus einem einzigen Stück Federstahl 51 Cr Mo V4 gefertigt sind. Die Lagerung des Torsionsstabstabilisators im Drehgestellrahmen erfolgt verschleißfrei mit Gummilagern, ebenso sind die beidseitigen Verbindungen der Lenkerstangen ver-

schleißfreie Gummielemente. Ähnliche Stabilisatoren wurden schon in größerem Umfang für Straßenfahrzeuge gefertigt. Im Vergleich zu früheren Konstruktionen mit aufwendigen Kerbverzahnungen als Verbindungen zwischen den Torsionsstäben und den Torsionshebeln ist die neue Konstruktion billiger und einfacher.

5.7 Organe für die Übertragung der Längskräfte

Die Längsmitnahme erfolgt über zwei Lemniskatenlenker und ein Joch, das mit einer Gummibüchse verschleißfrei auf dem Drehzapfen gelagert ist. Auch die Lemniskatenlenker sind beidseitig mit Gummielementen gelagert, die eine sehr weiche, aber stark progressiv versteifte Längsanlenkung ergeben. Wie schon erwähnt, sind die Organe für die Übertragung der Längskräfte so gestaltet, daß die verschiedenen Freiheitsgrade des Fahrzeuges optimal entkoppelt sind.

5.8 Bremse

Die Fahrzeuge sind mit einer Scheibenbremse ausgerüstet, die pro Radsatz mit einer Zylinder-Gestängesteller-Einheit über ein Flachgestänge auf zwei Wellenbremsscheiben arbeitet. Die Handbremse wirkt in einem Drehgestell über Flexballzüge auf die Bremsscheiben beider Radsätze ein. Auf jedem Radsatz ist ein Geber für eine moderne Gleitschutzanlage montiert.

Weil Klotzbremsten mit Gußbremssohlen die Radlaufflächen verriffeln und damit die Lärmabstrahlung nach außen praktisch unabhängig von der Laufwerkbauart verdoppeln, hat man auf eine Zusatzklotzbremse verzichtet. Damit die brems-technische Sicherheit trotz den nunmehr spiegelglatten Radlaufflächen und den möglichen Aquaplaning-Effekten der Scheibenbremse nicht verschlechtert wird, ist für die heutigen Höchstgeschwindigkeiten von 140 km/h je Wagen eine Magnetschienenbremse in Hochaufhängung in einem Drehgestell montiert. Für eine spätere Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h kann das andere Drehgestell nachträglich mit derselben Magnetschienenbremse ausgerüstet werden. Die Magnetschienenbremse arbeitet nur bei größeren Druckabsenkungen in der Hauptluftleitung entsprechend einer Schnellbremsung, nicht aber bei normalen Betriebsbremsungen.

6. Versuchsergebnisse

6.1 Laufgütemessungen

Beim Wagen mit den Prototypdrehgestellen wurden zahlreiche Laufgütemessungen bei Geschwindigkeiten bis 160 km/h auf verschiedenen Strecken mit unterschiedlichem Oberbauzustand durchgeführt. Alle Versuche wurden mit dem neuen Radprofil 28-2 der SBB gefahren, das gegenüber dem UIC/ORE-Einheitsradprofil S 1002 eine etwas geringere wirksame Konizität aufweist.

Bei keiner dieser Messungen wurden seitliche Instabilitäten oder Ansätze dazu festgestellt, obschon teilweise mit sehr weichen Achsanlenkungen von nur $c_x = 5 \text{ kN/mm}$ und $c_y = 1,5 \text{ kN/mm}$ pro Achslagerung gefahren wurde. Um auch bei hohen Reibwerten in jedem Fall seitlich stabiles Fahrverhalten zu erreichen, wurde beschlossen, die Seriedrehgestelle mit etwas steiferen Achsanlenkungen $c_x = 11 \text{ kN/mm}$ und $c_y = 3,3 \text{ kN/mm}$ auszurüsten. Die Versuche zeigten auch, daß die horizontal weiche Radsatzanlenkung sich sogar eher günstig auf die Laufgüte quer auswirkte.

Ein Weglassen der Primärdämpfer hatte keine Beeinflussung des Wagenlaufes zur Folge, obschon das Drehgestell etwas stärker ausgeprägte Nickschwingungen ausführte. Dementsprechend konnten für die Seriedrehgestelle die Primärdämpfer weggelassen werden. Bei den Serienwagen wurde später dieser Entscheid meßtechnisch überprüft.

Eine versuchsweise Änderung der Ausdrehsteifigkeit des Drehgestells um die Vertikalachse blieb ohne Einfluß auf den Wagenlauf.

Die Untersuchung verschiedener Längsanlenkungssteifigkeiten von 0,5 kN/mm bis 16 kN/mm zwischen dem Drehgestell und dem Wagenkasten zeigte eine bessere Entkoppelung und damit eine bessere Laufgüte bei der weichen Variante. Dagegen verhielt sich die steifste Variante bei Anregungen von längs mit 5 Hz schwingender Lokomotive günstiger, weil damit eine gewisse Verstimmung zwischen den Anregungen der Lokomotive und den Eigenfrequenzen des Wagens bestand. Für die Serienwagen wurde eine weiche Längsanlenkung mit einer Steifigkeit von 1 kN/mm gewählt.

Gegenüber den Prototypdrehgestellen konnte bei den Seriedrehgestellen die Horizontalcharakteristik des Sekundärfeder-systems aus Flexicoilfedern und Gummikalotten noch weicher und mit geringerer innerer Reibung ausgeführt werden. Dementsprechend konnte die Querdämpfung erst bei den Serienwagen optimiert werden. Die Messungen erfolgten mit vier verschiedenen Dämpfercharakteristiken auf 12 verschiedenen Mischstrecken, worunter solche mit Gleisbogen, Weichen, Bögenweichen und je nach Unterhaltungszustand mit mehr oder weniger ausgeprägten Gleisfehlern waren.

Der gemessene Wagen wurde lose am Zugschluß angekuppelt. Als günstigste Variante erwies sich wegen der übrigen im System vorhandenen Eigendämpfungen eine sehr weiche Querdämpfung von 12,5 kN s/m (bei 0,2 m/s). Ohne merkbare Verschlechterung der Laufgüte quer konnten die Querdämpfer vollständig weggelassen werden. Weil im Normalfall die Pufferreibung zwischen zwei Fahrzeugen die Relativbewegungen dämpft, ist nach unserer Meinung der Verzicht auf die Querdämpfer völlig unproblematisch.

Versuche mit dem SBB-Radprofil 28, das dem UIC/ORE-Radprofil S 1002 entspricht, ergaben als Folge der weichen Radsatz- und Drehgestellanlenkungen trotz der Versteifungen der Radsatzanlenkung gegenüber dem Prototyp einen instabilen Lauf der Drehgestelle ab etwa 130 km/h. Dagegen blieb beim neuen SBB-Radprofil 28-2 mit geringer wirksamer Konizität das Verhalten in allen Fällen bis 160 km/h stabil. Auch im Betrieb mit zahlreichen Wagen und während heißer, trockener Sommermonate wurde nie eine seitliche Instabilität beobachtet. Versuche zeigten, daß das neue Radreifenprofil 28-2 der SBB einem schweizerischen Verschleißprofil entspricht, denn die für die Laufgüte günstige Konizität bleibt über Hunderttausende von Radreifen-Kilometern erhalten. Die zuerst vorgesehenen Gummipuffer in der Querfederung, die sich ab einem Querfederweg von 10 mm der Wirkung der Flexicoilfederung überlagern, mußten entsprechend den Resultaten aus Optimierungsversuchen durch andere Gummielemente ersetzt werden.

6.2 Spurführung in Gleisbogen

Bei diesen Versuchen war grundsätzlich die Spurführung in Gleisbogen zu untersuchen, und es sollte überprüft werden, ob die konstruktiv getroffenen Maßnahmen für eine günstige Spurführung und für ein verschleißarmes Verhalten auf kurvenreichen Strecken richtig waren.

Bild 4 zeigt die horizontalen Führungskräfte Y zwischen Rad und Schiene des vordersten außenliegenden Rades quasistatisch im 300-m-Bogen für verschiedene Anlenkungssteifigkeiten längs zwischen Drehgestellrahmen und Radsatz. Auch bei Steifigkeiten im Bereich von $c_x = 32 \text{ kN/mm}$ bis $c_x = 5 \text{ kN/mm}$ (Wert pro Achslager) kann mit weicheren Anlenkungen die Spurführung noch wesentlich verbessert werden. Die Selbststeuerfähigkeit der Radsätze kann also für die Spurführung ausgenützt werden. Für höhere Geschwindigkeiten und einen

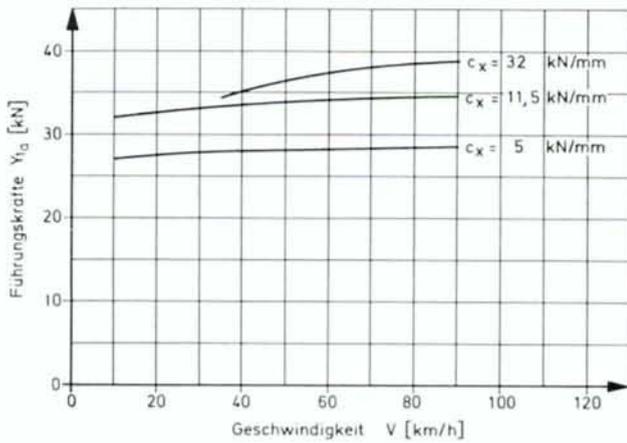


Bild 4: Führungskräfte Y_{1a} des vorlaufenden bogenäußeren Rades im Prototypdrehgestell EW IV
 Quasistatische Meßwerte in einem 300-m-Gleisbogen für verschiedene Längsanlenkungssteifigkeiten c_x der Radsätze pro Achslager. Mittelwerte aus einer großen Zahl von Einzelmessungen

Fliehkraftüberschuß wird der Unterschied zwischen den Führungskräften bei verschiedenen Anlenkungssteifigkeiten ausgeprägter, für kleine Geschwindigkeiten verringert sich dieser Unterschied. In engen Kurven ($R = 190$ m) verringert sich der Unterschied zwischen den Führungskräften bei verschiedenen Achsanlenkungssteifigkeiten, ebenso in weiteren Kurven von $R = 590$ m. Es scheint, daß bei kleineren Kurvenradien mit den doch noch nötigen Anlenkungssteifigkeiten die Selbststeuerfähigkeit der Radsätze ihre Grenzen erreicht und daß sie bei größeren Kurvenradien gar nicht benötigt wird, weil die Selbststeuerfähigkeit der Drehgestelle ausreicht.

Bild 5 zeigt den Unterschied zwischen den quasistatischen Führungskräften Y der vorderen bogenäußeren Räder des vorlaufenden und des nachlaufenden Drehgestells. Der Unterschied besteht deshalb, weil durch die elastische Ausdrehcharakteristik zwischen Drehgestell und Wagenkasten und der entsprechenden Kräfte das vorlaufende Drehgestell in Richtung Spießgang gewendet wird, während beim nachlaufenden Drehgestell eine Beeinflussung in Richtung Sehnenstellung erfolgt. Trotz der sehr weichen Ausdrehcharakteristik ist der Unterschied der quasistatischen Führungskräfte Y_{1a} und Y_{3a} immer noch beträchtlich. Für noch größere Ausdrehsteifigkeiten würde auch dieser Unterschied noch ausgeprägter und die Führungskraft auf das bogenäußere Rad des ersten Radsatzes würde größer werden. In Bild 5 sind noch die gerechneten Werte von Y_{1a} und Y_{3a} für die etwa dem Versuchsobjekt entsprechende Ausdrehcharakteristik von $M_{\psi} = 150$ kNm/rad und für eine steifere Ausdrehcharakteristik von $M_{\psi} = 300$ kNm/rad angegeben. Die Übereinstimmung zwischen den Messungen und der Rechnung ist gut.

In allen Fällen wurden bei den Messungen die Grenzwerte der Führungskräfte Y , der Gleisverschiebungskräfte S und des Entgleisungskoeffizienten Y/Q bei weitem nicht erreicht. Das Fahrwerk konnte also auch im Gleisbogen als spurführungsmäßig gut und verschleißgünstig beurteilt werden. Im Vergleich mit den älteren Einheitswagen I und II sind die Führungskräfte Y des Einheitswagens IV vor allem bei höheren Geschwindigkeiten geringer, trotz der höheren Wagengewichte des Einheitswagens IV.

Durchgeführte Verschleißmessungen bestätigen dieses Bild. Der Reisezugwagen mit den EW-IV-Prototypdrehgestellen wurde in einem Drehgestell mit einer ganz weichen Radsatzanlenkung längs von $c_x = 5$ kN/mm und im andern Drehgestell

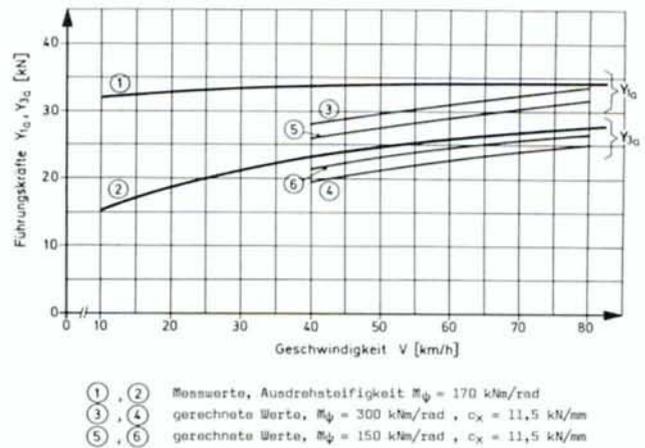


Bild 5: Quasistatische Führungskräfte des ersten und des dritten Radsatzes im 300-m-Bogen, gemessen am Prototypdrehgestell und als Vergleich berechnete Führungskräfte Y für Ausdrehsteifigkeiten zwischen Drehgestell und Wagenkasten um die Hochachse von 150 und 300 kNm/rad
 Die berechneten und die gemessenen Werte stimmen gut überein.

mit einer etwas steiferen Radsatzanlenkung längs von $c_x = 11$ kN/mm ausgerüstet. Nach einer Laufleistung von 116000 km wurden Spurkranzhöhen von im Mittel 29,5 mm, bzw. 30,4 mm für die weiche bzw. steifere Radsatzanlenkung und Spurkranzdicken von 31,1 mm bzw. 30,1 mm gemessen (Ausgangswert der Spurkranzhöhe 28 mm, Spurkranzdicke 32,5 mm). Die Verbesserung des Verschleißverhaltens mit der weicheren Radsatzanlenkung ist also beträchtlich. Die im Durchschnitt eher hohen Werte sind auf die für diesen Wagen ungünstigen Einsatzbedingungen zurückzuführen.

Erste Messungen an den Serienwagen haben im Durchschnitt wesentlich günstigere Werte von 0,3 mm radiale Abnutzung bei 75000 km Laufleistung ergeben. Im Durchschnitt nützen sich bei bisherigen SBB-Reisezugwagen mit Klotzbremse und Gußbremssohlen die Räder radial um 1 mm pro 100000 km Laufleistung ab.

Die im Gleisbogen verschleißgünstige Konstruktion des Drehgestells und das Bremskonzept mit reiner Scheibenbremse lassen auch auf kurvenreichen Strecken günstige Laufleistungen von über 500000 km zwischen dem Überdrehen der Räder erwarten. Bei den älteren Einheits-Reisezugwagen der SBB beträgt diese Laufleistung 300000 bis 350000 km.

6.3 Weitere Versuche

Von den weiteren durchgeführten Versuchen sollen hier nur die wichtigsten erwähnt werden.

Erste Messungen des nach außen abgestrahlten Geräusches von Einheitswagen IV haben gezeigt, daß der neue Wagen um 15 bis 18 dB(A) weniger Schall nach außen abstrahlt als bisherige Reisezugwagen (Messung in 7,5 m Abstand).

Der Drehgestellrahmen wurde bei der Schweizerischen Industrie-Gesellschaft (SIG) in Neuhausen einem Gestaltfestigkeits-Dauerversuch unterzogen, der weitgehend entsprechend dem damals erst im Entwurf vorliegenden UIC-Merkblatt 515 durchgeführt wurde.

Zahlreiche Systemversuche mit Einzelorganen und ganzen Drehgestellen wurden größtenteils ebenfalls von der SIG durchgeführt. Die Messung des Neigungskoeffizienten wurde durch die SBB durchgeführt und ergab Werte von $s = 0,275$ bei einer Überhöhung von 150 mm. Auch beim vollbeladenen Fahrzeug liegt $s = 0,38$ noch mit etwas Reserven innerhalb des zulässigen Bereiches.

7. Ausblick

Soweit wir die Lage heute beurteilen können, wurde mit dem neuen Einheitsdrehgestell für Reisezugwagen der SBB das gesetzte Ziel erreicht. Bei gleich guter Laufgüte wie bei den modernsten Wagen des Auslandes konnte eine für unsere Bedürfnisse wirtschaftliche Lösung gefunden werden, die vor allem im Fahrzeugunterhalt Einsparungen ermöglichen sollte. In absehbarer Zukunft werden alle neuen SBB-Reisezugwagen mit diesem Drehgestell ausgerüstet werden. In nächster Zeit ist das der Fall für Neubausteuerwagen zu Triebwagenzügen,

dann voraussichtlich auch beim Rollmaterial für die Zürcher S-Bahn.

Wenn sich in Zukunft zeigen sollte, daß weitere Schritte zur Konstruktion von noch verschleißgünstigeren Fahrwerken nötig sind, müßte das System der elastischen Radsatzanlenkung mit einer horizontalen Koppelung der beiden Radsätze kombiniert werden, wie das in ähnlicher Form von den British Railways, den Südafrikanischen Eisenbahnen und von weiteren Stellen bereits durchgeführt oder vorgeschlagen worden ist.

– A 989 –

Sonderdruck aus **ZEV GLASERS ANNALEN** Heft 2/83

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
CH-8212 Neuhausen am Rheinfall / Schweiz



Die neuen Speisewagen der Schweizerischen Bundesbahnen in der Serienausführung



Sonderdruck aus SCHWEIZER EISENBAHN-REVUE 5/1988
Verlag: Minirex AG, Maihofstrasse 63, Postfach, CH-6002 Luzern
Druck: Ley+Co., CH-6004 Luzern
Gedruckt in der Schweiz

Titelbild:
Blick in den Speiseraum (Foto SWP).

Die neuen Speisewagen der Schweizerischen Bundesbahnen

Theo Weiss, dipl. Ing. ETHZ

Stellvertreter des Direktors der Abteilung Zugförderung und Werkstätten

Neue Wagen als Bausteine eines neuen Verpflegungskonzepts

Seit 1. Oktober verkehren auf der Linie Genève – Biel – Zürich – Romanshorn die ersten Einheiten einer Serie von insgesamt 19 neuen Speisewagen. Mit diesen Wagen führen die Schweizerischen Bundesbahnen ein vollständig neues Verpflegungskonzept ein, das in mehrjähriger Vorarbeit entstanden ist.

Schon Ende der siebziger Jahre zeichnete sich ab, dass die traditionellen Speisewagen nicht den sich wandelnden Konsumgewohnheiten, also dem Trend zu kleineren, leichteren und – besonders am Mittag – zeitsparenden Mahlzeiten, voraussichtlich nicht würden folgen können. Die zunehmende Verkürzung der Fahrzeiten hat diese Problematik noch verschärft. Im Rahmen ihrer Überlegungen zur Angebotsgestaltung für die Bahn 2000 haben die SBB deshalb erkannt, dass für ein zukunftsgerechtes Verpflegungskonzept neue Wege beschritten werden müssen. Mehrjährige Erfahrungen mit „Self-Service“-Speisewagen hatten überdies gezeigt, dass mit halbherzig unternommenen Kompromisslösungen auf die Dauer keine Erfolge zu erzielen sind.

Zusammen mit der Schweizerischen Speisewagen-Gesellschaft (SSG) haben die SBB in der Folge ein neues Verpflegungskonzept ausgearbeitet, das jetzt mit der neuen Generation von Speisewagen sukzessive eingeführt wird. Die Mahlzeiten werden nicht mehr, wie bisher, dezentral in den einzelnen Speisewagen zubereitet. Die Versorgung der Wagen erfolgt von einer zentralen logistischen Basis aus, die ihren Sitz in Genf hat. Die Versorgungsbasis übt alle Funktionen von der Produktion der Mahlzeiten über das Anrich-

ten auf Tellern bis zum Abwaschen des schmutzigen Geschirrs aus. Ein effizientes Dispositions- und Transportsystem sorgt dafür, dass die Mahlzeiten, die teilweise nach der Methode „Cuisson sous vide“ produziert werden, über eine lückenlose Kühlkette auf die Speisewagen transportiert werden. Bei Bedarf werden die Mahlzeiten dann auf dem Wagen mittels spezieller Geräte, sogenannten Steamern, mit letztem Finish angerichtet.

Für den Gast bringt das neue Konzept wesentliche Vorteile: die in den bisherigen traditionellen Speisewagen erforderliche Regel, wonach während der Hauptessenszeiten das Menu Vorrang vor A-la-carte-Gerichten hat, gilt für die neuen Speisewagen nicht mehr. Der Gast hat die Möglichkeit, je nach Tageszeit aus zwei verschiedenen Speisekarten sein Menu so zusammenzustellen, wie es ihm beliebt. Weil in der Versorgungsbasis alle Speisen aus Frischprodukten hergestellt werden, lässt sich die Speisekarte nach wie vor auf saisonale Höhepunkte ausrichten.

Technische Hauptmerkmale der neuen Speisewagen

Wegleitend für den Bau der neuen Wagen waren folgende Ziele:

- Möglichst grosse Sitzplatzkapazität,
- Ansprechendes Interieur als Rahmen für eine Verpflegung von gehobenem Niveau,
- Hervorragender Fahrkomfort,
- Hohe Verfügbarkeit, das heisst geringe Ausfallrate der eingebauten Einrichtungen und Apparate.

Mit Rücksicht auch auf den Umstand, dass es sich um eine Serie von 19 Fahrzeugen und nicht um einige Prototypen handelt, wurde

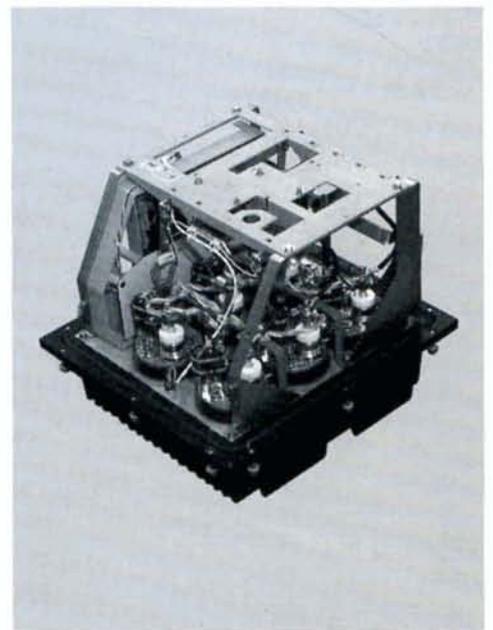
konsequent angestrebt, hinter den Kulissen technische Lösungen anzuwenden, die sich zumindest in vergleichbaren Anwendungen bewährt haben.

Wagenbaulich gehören die neuen Speisewagen zur Familie der bekannten Einheitswagen IV. Von den vier 1985 in Betrieb gesetzten Prototyp-Speisewagen (WR IV) unterscheiden sie sich äusserlich nur durch das Fehlen der Einstiegplattform; zugunsten der Sitzplatzkapazität wurde auf die Möglichkeit des direkten Zugangs zum Speisewagen verzichtet. Praktisch unverändert übernommen wurde ebenfalls die bewährte Zweikanal-Klimaanlage.

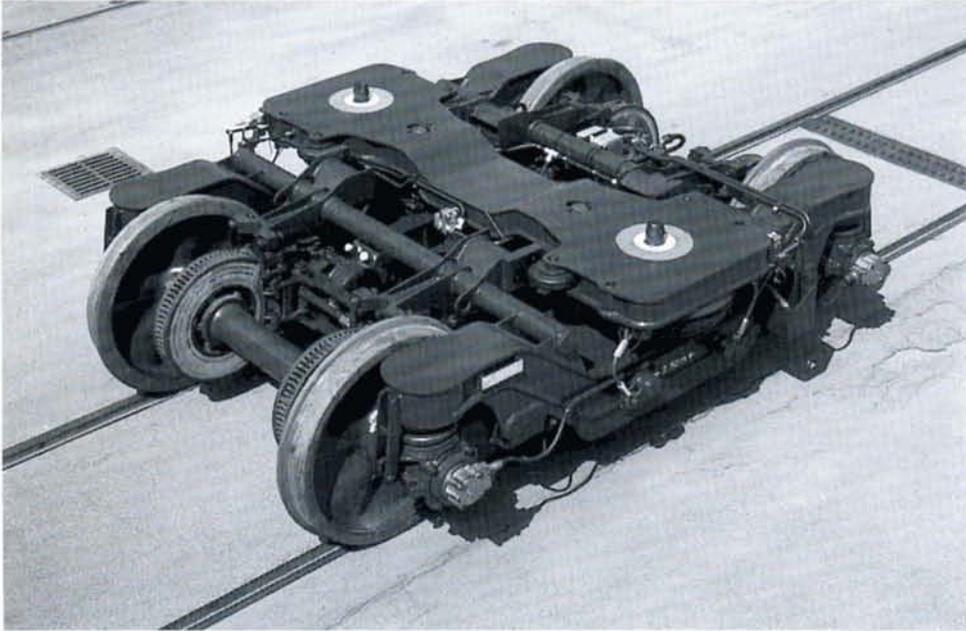
Völlig neue Wege sind dagegen bei der Gestaltung des Interieurs der Wagen beschritten worden. Das hierfür beigezogene Designbüro Hersberger AG in Muttenz/BL hat im Auftrag des Generalunternehmers, der Firma Schindler Waggon AG in Pratteln, eine Lösung ausgearbeitet, die eine ausgesprochen gediegene Ambiance ausstrahlt. Tische aus massivem Birnbaumholz, Echtleder-Sitze, dezente Vorhänge, Wandverkleidungen und Beleuchtungskörper tragen zu einem harmonischen Gesamteindruck bei, der durch die adrette Uniformierung des SSG-Personals noch unterstrichen wird.

Links: ABB-Bordnetzumrichter, bestehend (von links nach rechts) aus der Zentraleinheit, dem Gleichrichter-Modul, zwei Wechselrichter-Modulen und dem Batterieladegerät-Modul (Foto ABB).

Rechts: ABB-Wechselrichter-Modul, bestehend aus GTO-Thyristoren und Leistungsdioden, die auf isoliert aufgeklebten Zwischenplatten montiert sind (Foto ABB).







Zur Energieversorgung der neuen Wagen dient ein statischer Bordnetzrichter (BUR) modernster Bauart. Er wird normalerweise von der Zugsammelschiene (Heizleitung) mit Einphasenwechselstrom 1000 V 16 2/3 Hz gespeist; im Bedarfsfall kann der Speisewagen im Stillstand die erforderliche Energie auch über einen Stromabnehmer mit einem Dachtransformator 15 kV/1000 V direkt der Fahrleitung entnehmen. Der Bordnetzrichter versorgt über drei verschiedene Ausgänge folgende Verbraucher:

- das Verdichter-/Verflüssigeraggregat der Kälteanlage (30 kVA, 3x100–465 V, 20–65 Hz),
- die Geräte im Office sowie die Vorraum-Heizkörper (35 kVA, 3x380/220 V, 50 Hz),
- die Batterieladung (8 kW, 36 V ⇒).

Um die erforderliche hohe Verfügbarkeit des Bordnetzes zu erreichen, ist der BUR teilweise zweikanalig aufgebaut; ein allfälliger interner Defekt sollte deshalb in der Regel nicht einen Totalausfall, sondern lediglich eine Leistungseinbusse zur Folge haben.

Die Ausrüstung des Office der neuen Speisewagen hat mit derjenigen einer klassischen Küche nichts mehr gemeinsam: nach vertrauten Elementen wie Kochherd oder Geschirrspülmaschine hält man vergeblich Ausschau. Grosse, chromstahlgänzende Korpusse, die zum Teil auf Innentemperaturen von 5 – 8 °C gekühlt werden, dienen gleichsam als Garage für 24 sogenannte Trolleys – weltmännische Bezeichnung für handliche „Wägel“ – voller Speisen und Getränke. Oberhalb der Korpusse sind weitere Apparate angeordnet, wie zum Beispiel zwei mikroprozessorgesteuerte Kaffeemaschinen sowie die Steamer zum Erhitzen der bestellten Speisen.

Der Materialfluss von der Versorgungsbasis in Genf zum Wagen und zurück wickelt sich ausschliesslich mittels der erwähnten Trolleys ab, das heisst, das schmutzige Geschirr und die Abfälle verlassen den Wagen ebenfalls auf diesem Weg.

Die Beschickung und Entsorgung der neuen Speisewagen geschieht im Genfer Flughafenbahnhof (Foto A. Staub).

Drehgestell aus dem SIG-Baukastenprogramm. Im Gegensatz zu den normalen Einheitswagen wurde es hier (wie schon bei den NPZ-Steuerwagen) mit Luft-statt-Schraubenfederung ausgestattet, die einen besonders weichen und leisen Lauf garantiert (Foto SIG).

Der Einsatz der neuen Wagen

Der betriebliche Einsatz der neuen Wagen trägt dem Umstand Rechnung, dass sich das neue Verpflegungskonzept nicht nur in Bezug auf die Logistik, sondern auch auf den Personaleinsatz grundlegend vom bisherigen System unterscheidet. Auf den neuen Speisewagen muss jeder Mitarbeiter jede Funktion übernehmen können; zwischen Koch, Kellner und Oberkellner wird nicht mehr unterschieden. Weil die Mitarbeiter in der Lage sein müssen, sowohl im Office wie auch im Speisesaal zu arbeiten, müssen sie zuvor auf ihre neuen Aufgaben vorbereitet und geschult werden.

Aus diesem Grund werden die neuen Wagen in zwei Etappen in Betrieb genommen: ab 1. Oktober 1988 verkehren vorerst vier und schliesslich fünf Einheiten in den Schnellzügen Genève – Neuchâtel – Biel – Olten – Aarau – Zürich – Winterthur – Romanshorn. Die Umstellung der Speisewagenlinie auf der Ost-West-Hauptachse als zweite Etappe wird im April 1989 erfolgen. Sie wird es erlauben, in der Folge die relativ modernen klimatisierten Speisewagen klassischer Bauart in Relationen einzusetzen, wo heute noch Fahrzeuge verkehren, die den Komfortansprüchen schon längstens nicht mehr genügen.

Erste Betriebserfahrungen

Schon nach wenigen Wochen konnte festgestellt werden, dass die neuen Wagen beim Publikum offensichtlich Anklang finden. Die Fahrgäste scheinen die gepflegte und einladende Ambiance sehr zu schätzen.

Das Personal der Schweizerischen Speisewagen-Gesellschaft (SSG) hat sich in erstaunlich kurzer Zeit in seinen teilweise neuen Rollen zurechtgefunden.

Etwelchen Ärger haben in der Startphase verschiedene technische Pannen verursacht, die grösstenteils im Bereich der Kälteanlagen und der Energieversorgung lagen. Trotz sorgfältiger Prüf- und Einstellversuche hat sich einmal mehr gezeigt, dass manche technische Einrichtung, die sich in stationären Anwendungen an und für sich bewährt hat, den Anforderungen des rauen Bahnbetriebs eben nicht unbedingt gewachsen ist. Die am Bau der Wagen beteiligten Firmen hatten denn auch einige lohnende Gelegenheiten, ihren Depannage-Service auf seine Wirksamkeit hin zu überprüfen. Sie haben sich dieser Aufgabe bisher mit Hingabe unterzogen und verschiedene Wagen, die von derartigen Kinderkrankheiten befallen waren, innert nützlicher Frist wieder flottgemacht.

Ausblick

Die SBB betrachten attraktive Verpflegungsmöglichkeiten als integrierenden Bestandteil ihres Angebots im Intercity-Verkehr der Bahn 2000. Die 19 neuen Speisewagen stellen wichtige Bausteine dafür dar. Bei Bewährung der neuen Fahrzeuge ist vorgesehen, weitere Einheiten im Rahmen der nächsten Wagengeneration „IC-2000“ zu beschaffen. Diese zukünftigen Wagen werden gegebenenfalls auch im internationalen Verkehr eingesetzt werden können.

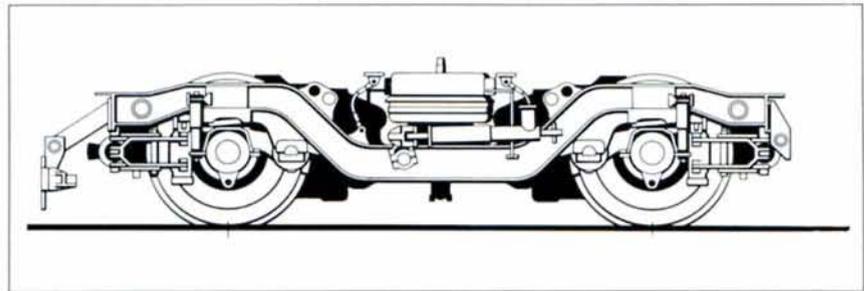




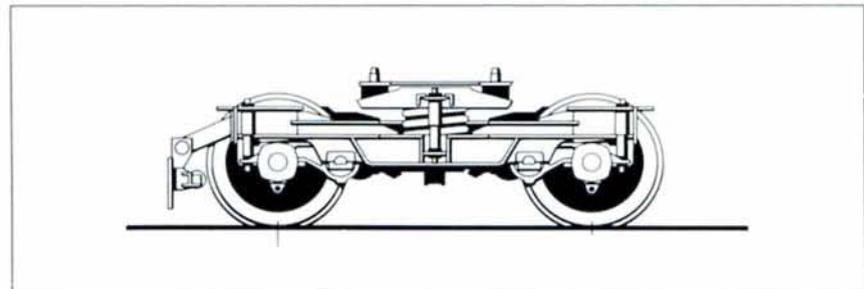
»Der unsichtbare Komfort«

Drehgestell-Entwicklungen

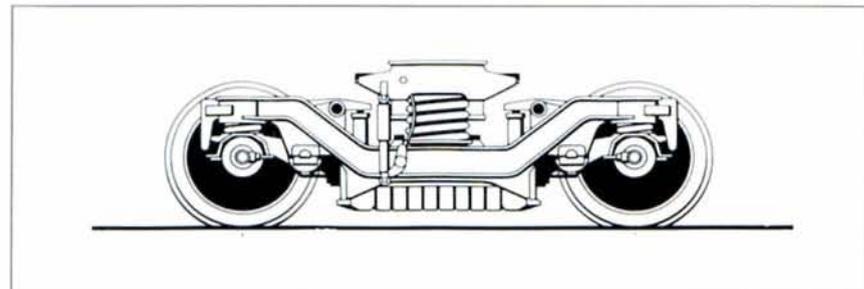
Motor-,



Trieb-,



Lauf-



Drehgestelle

nach dem SIG-Baukastensystem
für sämtliche Bedarfswerte und Spurweiten

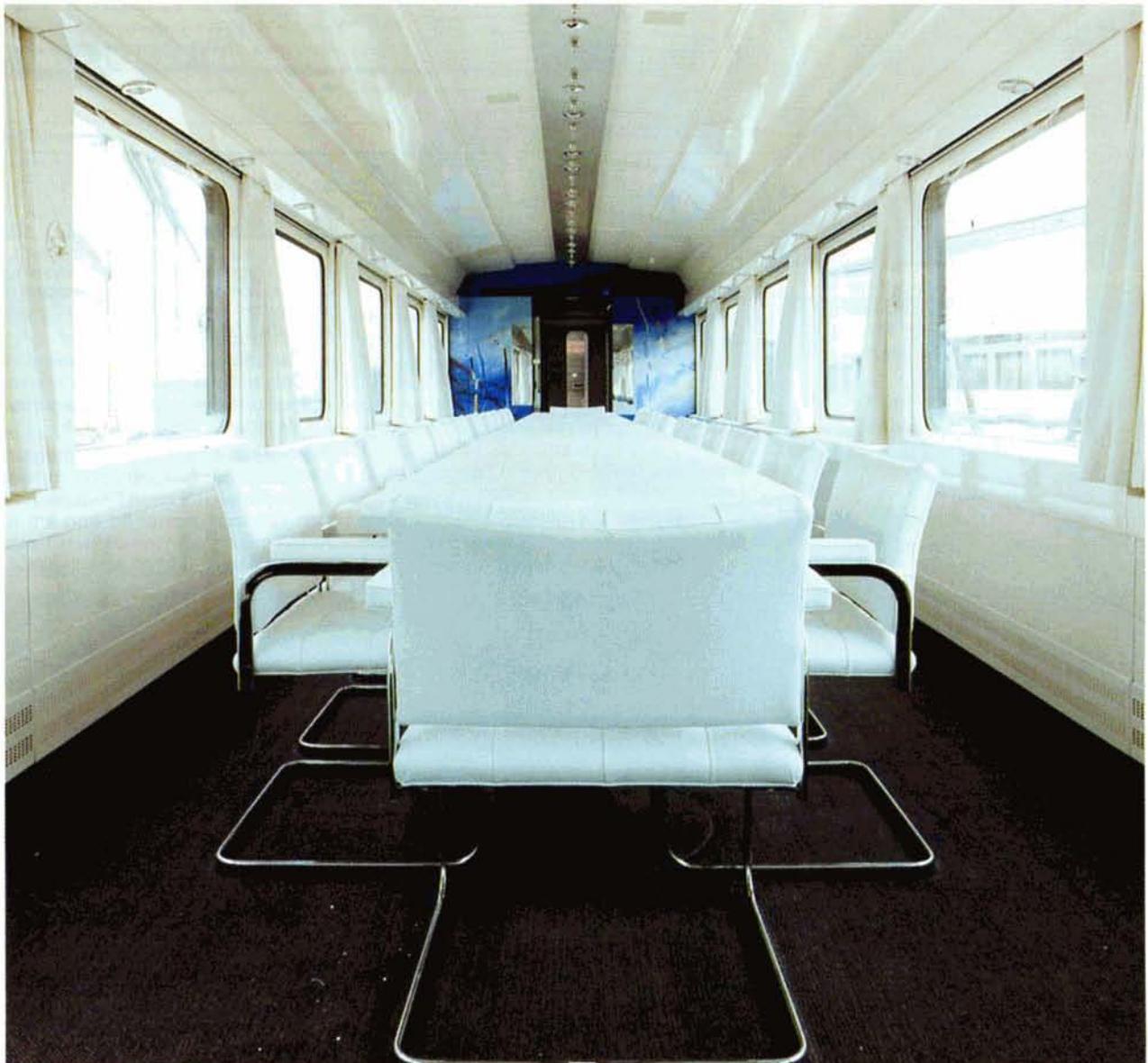
**Drehgestelle sind eine zu wichtige Sache
als dass man sich so nebenher
damit beschäftigen könnte,
darum konzentrieren
wir uns nur auf
Drehgestelle!**



SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
CH-8212 Neuhausen am Rheinfall/Schweiz



Die neuen Salonwagen der SBB mit Lauf-Drehgestellen nach dem SIG-Baukastensystem



Die neuen Salonwagen der SBB

Kurt Berner, dipl. Ing. ETH
 Chef der Unterabteilung Wagenbau GD SBB

Nachdem die beiden bestehenden Salonwagen 50 85 89-33 500 und 51 85 89-30 501 aus den Jahren 1956 bzw. 1958 stammen und auch die übrigen vorhandenen Gesellschaftswagen bereits ein beträchtliches Alter aufweisen, stellte sich je länger je mehr der Bedarf nach komfortablen neuen Salonwagen für repräsentative Anlässe und für den kommerziellen Einsatz.

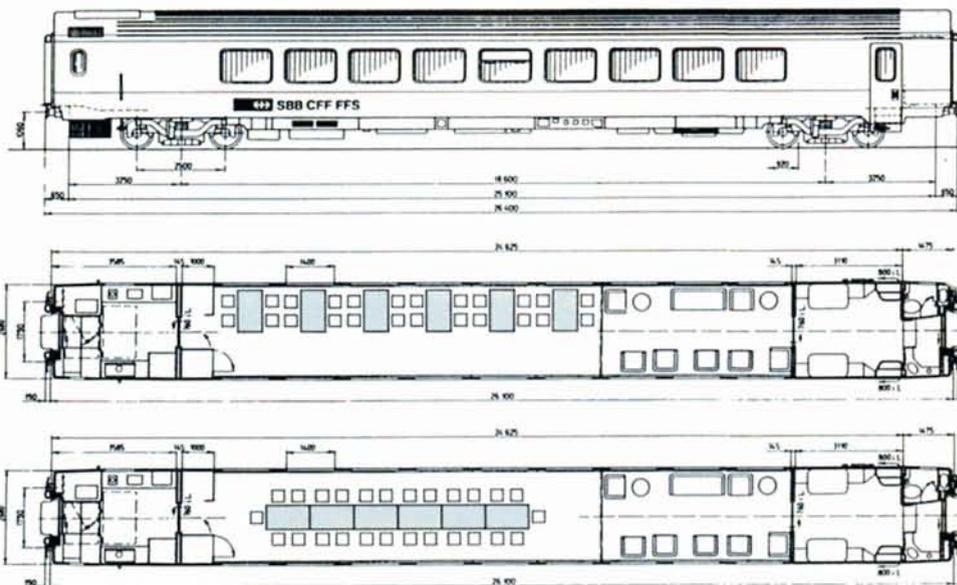
Der für den Papstbesuch im Jahr 1984 aus der laufenden Fabrikation der Einheitswagen (EW) IV zweiter Klasse abgezwigte und besonders hergerichtete Wagen 50 85 89-73 000 konnte für diese Zwecke nie voll befriedigen.

Beschaffung neuer Salonwagen

In den Jahren 1984 und 1985 wurden bei der schweizerischen Waggonindustrie die Konstruktion und die Fabrikation von zwei neuen, komfortablen Salonwagen bestellt, wobei selbstverständlich eine Anlehnung an die bewährte und im Bau befindliche Familie der EW IV gegeben war. Die Fahrzeuge sollten jedoch als Abweichung uneingeschränkt für den internationalen Einsatz und für eine Höchstgeschwindigkeit von 200 km/h geeignet sein.

Die beiden Salonwagen wurden im Herbst 1987 abgeliefert und standen inzwischen bereits mehrmals im Einsatz.

Aussenansicht der neuen Salonwagen (Foto SWA).



Wagenkasten

Der Grundriss geht aus der Typenskizze hervor. Der voll kompatible Wagen hat wie die EW IV eine Länge über Puffer von 26,4 m. Der Stahlkasten in ganz geschweisster Ausführung wurde weitestgehend aus Elementen der EW IV-Wagen zusammengebaut. Die Wagen verfügen nur über eine Einstiegplattform mit normalen EW IV-Schwenkschiebe- und Stirnwandtüren.

Von der Plattform aus direkt zugänglich sind ein WC, ein halboffener Toilettenraum sowie abschliessbare Garderobenschränke.

Typenskizze der neuen Salonwagen der SBB mit wahlweiser Konferenz- oder Speisewagen-Bestuhlung (Zeichnung SBB).

Auf jeder Wagenseite ist das mittlere Fenster als Senkfenster ausgebildet.

Der Saal ist durch eine mit Spiegeln besetzte, demontierbare Trennwand unterteilt in ein Salon-Abteil mit zehn Fauteuils und passenden runden Tischchen und ein Konferer-Abteil mit sechs viereckigen Tischen mit 26 passenden weissen Ledersesseln.



Das Konferenzabteil im Salonwagen (Foto SWA).

In diesem Abteil befinden sich auch eine Telefonkabine und ein grosser Materialschrank für Video-Monitore und Hellraumprojektor sowie die Bedienungstafel für Beleuchtung, Lautsprecheranlage, Kassetten-Tonbandgerät, Mischverstärker, Mikrofon für Konferenzschaltung, Wiedergabe für Tonsignale und Videoanlage.

Anschliessend an den Saal befindet sich ein Office mit den üblichen Kücheneinrichtungen wie Kühlschrank, Kochplatte, Dampf-speiseerhitzer („Steamer“), Kaffeemaschine, Spülbecken, Abfallkippe und Schränken für Inventar.

Drehgestelle

Die Drehgestelle stammen aus dem modernen Baukastensystem der SIG und bieten beste Komfortbedingungen bis 200 km/h. Sie mussten für die hohen Geschwindigkeiten mit Schlingerdämpfern ergänzt werden. Im Gegensatz zu dem EWIV sind hier beide Drehgestelle mit der Magnetschienenbremse ausgerüstet. Für den Verkehr in Frankreich mit 200 km/h musste die elektropneumatische und lastabhängige Bremse analog den RIC-Wagen Bpm und Bcm eingebaut werden.

Elektrische Ausrüstung

Die Energieversorgung des Wagens erfolgt ausschliesslich über die Zugsammelschiene und ist mit allen im internationalen Verkehr zugelassenen Spannungen möglich. Die Speisung der Klimaanlage und der für den Betrieb der Restauration notwendigen Apparate erfolgt über einen statischen Umformer mit integrierter Spannungs- und Frequenzstabilisierung. Im Wagen befindet sich ein Apparateschrank mit Bedienungstafel. Die übrigen Apparatekasten und Geräte sind im Untergestell unter dem Wagen angebracht.

Die Wagen sind mit einer Beleuchtungsbatterie 36 V und einer Notbatterie ausgerüstet, welche über den Betriebsumrichter (BUR) geladen werden.

Klimaanlage

Die Klimaanlage für den Saal entspricht der EWIV-Anlage. Die Heizung von Office und Vorräumen wird mit Konvektionsheizkörpern ergänzt.

Beleuchtung

Die Beleuchtung in Einstieg, WC, Waschraum, Telefonkabine, Film/Video-Kabine, Office und Übergängen erfolgt durch 18-W- bzw. 36-W-Fluoreszenzlampen analog den EWIV-Wagen.

Im Konferenz- und im Salonraum sorgen regulierbare Halogenlampen entlang den Seitenwänden und im Decken-Mittelband für eine angemessene Beleuchtung.

Audio- und Videoanlage

Die Wagen verfügen über eine Lautsprecheranlage mit guter Tonwiedergabe ab CD-Plattenspieler, Kassetten-Tonbandgerät, Mikrofon, Tonsignal von Videorecordern, sowie einen Videorecorder VHS, eine Videokamera VHS und vier Monitoren.



Blick vom Vorraum ins Salonabteil (Foto SWA).

**Drehgestelle sind eine zu wichtige Sache
als dass man sich so nebenher
damit beschäftigen könnte,
darum konzentrieren
wir uns nur auf
Drehgestelle!**



SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
CH-8212 Neuhausen am Rheinfall/Schweiz



Die neuen Eurocity-Wagen der SBB

mit Lauf-Drehgestellen
nach dem SIG-Baukastensystem

Sonderdruck aus SCHWEIZER EISENBAHN-REVUE 1-2/1990
Verlag: Minirex AG, Maihofstrasse 63, CH-6002 Luzern



Schindler Waggon



Schweizer Waggonindustrie im internationalen Verkehr

Schindler Waggon AG
4133 Pratteln
Telefon 061 825 91 11

Schindler Waggon Altenrhein AG
9423 Altenrhein
Telefon 071 43 43 43

SIG
Schweizerische Industrie-Gesellschaft
8212 Neuhausen am Rheinfall
Telefon 053 21 61 11

Die neuen Eurocity-Wagen der SBB

Kurt Berner, dipl. Ing. ETH
Beat Kaufmann, Techn. Beamter
Hans Schneeberger, dipl. Ing. ETH

Ausgangslage

Die europäischen Bahnen legten 1986 die Qualitätsmerkmale für ein neues Eurocity-Konzept fest. Danach dürfen im EC-Verkehr ab 1990 nur noch klimatisierte Wagen eingesetzt werden.

Die SBB, die sich seit längerer Zeit fast ausschliesslich der Erneuerung des Fahrzeugparks für den Inlandverkehr gewidmet hatten, konnten die neuen Bedingungen nicht erfüllen, umfasste die damalige Flotte für den internationalen Verkehr bei Tag doch lediglich 20 Erstklasswagen Am ("Eurofima") und 30 Zweitklasswagen Bpm mit Klimaanlage.

Um die eingegangenen Verpflichtungen zu erfüllen, stimmte der Verwaltungsrat der SBB am 28. Oktober 1987 der Beschaffung von 70 RIC-Wagen — 30 Apm und 40 Bpm — zu.

Massgebend für den Bau dieser Wagen war neben dem Erfüllen der EC-Bedingungen das Ziel, den Reisenden einen möglichst hohen Fahrkomfort zu bieten, den Wagenpark für den RIC-Verkehr aufzustocken und auch eine Anzahl nur noch beschränkt einsatzfähiger Fahrzeuge aus den fünfziger Jahren zu ersetzen. Nachdem mit der Ablieferung dieser Wagen die RIC-Flotte für längere Zeit saniert sein dürfte und damit keine Anschlussreihen zu erwarten sind, wurde bewusst auf futuristische Lösungen verzichtet und dafür umso mehr Wert auf hohe Verfügbarkeit gelegt. In diesem Sinn wurde angestrebt, neben der Anwendung bewährter Konstruktionen und bekannter technischer Komponenten von der fortgeschrittenen Entwicklung zu profitieren.

Wagenkasten

Der Wagenkasten aus Stahl ist für die Erst- und Zweitklassvariante gleich. Abteillänge und Fensterzahl stimmen überein und entsprechen weitgehend dem Intercitywagen für das Inland (Einheitswagen IV; EW IV), was die Übernahme verschiedener Komponenten aus dieser Fahrzeugfamilie ermöglichte.

Breite Schwenkschiebetüren geben den Zutritt über drei Stufen in grosszügige Vorräume frei. Der unterste Tritt ist klappbar und auf die Standard-Perronhöhen von 35 und 55 cm ausgerichtet.

Automatische Schiebetüren führen ins geräumige Abteil. Eine Glaswand mit Schwingtür trennt den Raum im Verhältnis von 7:3 in ein Nichtraucher- und ein Raucherabteil.

Die verstellbaren Fauteuils sind in beiden Klassen gruppenweise vis-à-vis angeordnet. Plüsch und Kopfschutztücher zeichnen die etwas breiteren Sessel der ersten Klasse aus. Die Zweitklassstühle besitzen Stoffpolster und kunstlederbezogene Kopfstützen.

Im Zweitklasswagen kann der Einzelwandsitz im Nichtraucherabteil aufgeklappt werden, was Raum für einen Rollstuhl freigibt.

Im freien Raum zwischen den Sitzrücken finden auch grosse Gepäckstücke Platz. Längsgepäckträger in bequemer Höhe bie-

ten zusätzliche Ablageflächen in Sitzplatznähe.

Metalloxydbedampfte Isolierscheiben, Sonnenrollos und eine Zweikanal-Klimaanlage sorgen für Behaglichkeit.

Das nächst dem Behindertenabteil gelegene WC ist behindertengerecht gestaltet. Dreiteilige Frisierspiegel, Rasiersteckdosen und Warmwasser bieten weiteren Komfort.

Elektrische Ausrüstung

Auch elektrisch verwenden die EC-Wagen die neuste Technik. Ein Bordrechner sorgt für angenehmes Raumklima (Heizung, Lüftung), regelt die Stromversorgung mittels Bordnetzrichter unabhängig vom Stromsystem des jeweiligen Landes und gibt zu Unterhaltungszwecken Auskunft über den Zustand aller Komponenten.

Die gesamte Energie-Versorgung des Wagens erfolgt über die Zugsammelschiene. Mit Ausnahme der Heizregister der Klimaanlage werden alle Verbraucher über den statischen Bordnetzrichter betrieben. Bedienungs-, Steuer- und Meldegeräte befinden sich auf der Apparatafel S1 im Schaltschrank Seite 1. Alle übrigen Apparatekasten sind unter dem Wagenboden angeordnet.

Die Zugsammelschiene ist für die RIC-Spannungen und für einen Strom von maximal 800 A ausgelegt. Die einfach geführte Hochspannungsleitung, welche unter dem Wagenboden durchgehend in einem Aluminium-Rohr verlegt ist, ist an jedem Wagenende mit Kabelhalter und Kupplungsdose verbunden.

Die Trenn- und Erdungseinrichtung ist über eine Hochspannungsleitung ab Kabelhalter Seite 1 direkt mit der Zugsammelschiene verbunden. Dadurch ist es auf einfache Weise möglich, die gesamte Energieversorgungsanlage des Wagens von der Zugsammelschiene zu trennen und zugleich zu erden. Das Gerät ist mit einem Sicherheitsschalter mit Lichtbogenlöscheinrichtung ausgestattet und erlaubt den Einsatz bei allen RIC-Spannungen.

Sämtliche an der Zugsammelschiene anliegenden Hochspannungssicherungen, Hochspannungsschütze und Umschaltvorrichtungen (mit Gruppierschützen im Bordnetzrichter) sind in zwei Apparatekasten „Heizung“ und „Energieversorgung“ unter dem Wagenboden angeordnet.

Die elektrische Warmluftheizung wird mit Hochspannung aus der Zugsammelschiene betrieben. Im Apparatekasten „Heizung“ werden die Heizregister durch eine Spannungswahl- und Umschaltvorrichtung entsprechend den RIC-Spannungen gruppiert.

Der statische Umrücker ist in zwei Baugruppen „Hochspannungsteil“ und „Niederspannungsteil“ unter dem Wagenboden eingebaut.

Hochspannungsseitig erfolgt die Speisung über Sicherung, Anlasswiderstand, Haupt- und Überbrückungsschutz ab Apparatekasten „Energieversorgung“. Die Systemum-

schaltung für die verschiedenen RIC-Spannungen geschieht im Hochspannungsteil.

Am Ausgang des Umrücker stehen verschiedene, galvanisch getrennte Spannungen zur Verfügung:

- für Brauchwasserheizung, Fallrohrheizung, Umwälzpumpe und Rasiersteckdosen: 3 x 380/220 V, 50 Hz, 2,5 kVA,
- für Verdichter-/Verflüssigeraggregat der Kälteanlage: 3 x 152 ... 156 V, 20 ... 65 Hz, 30 kVA,
- für Batterieladung: 42 V Gleichspannung, 120 A, 5,1 kW,
- für Nebenraumheizung: 600 V Gleichspannung, 10 A, 6 kW.

Die Spannung der Batterie beträgt 36 V und die Kapazität total 300 Ah. Pro Batteriekasten sind zwei 18-V-Einheiten montiert und intern in Serie geschaltet. Die zwei Batterien werden an ihren Ausgangsklemmen parallel geschaltet. Die entsprechenden Schmelzsicherungen sind in den Sicherungskasten „Pluskreise“ und „Minuskreise“ eingebaut.

Die Klimaanlage arbeitet mit Luftspeisung über einen Deckenkanal und zusätzlicher Warmluftheizung über Bodenkanäle. Die Luftaufbereitung für das ganze Fahrzeug erfolgt durch ein kompaktes Luftaufbereitungsaggregat. Die Energie für die Wärmeerzeugung wird über eine Gruppierereinrichtung direkt ab Zugsammelschiene bezogen. Die Zuluftventilatoren für die zwei Kanalsysteme werden über statische Kleinwechselrichter ab Batteriespannung betrieben. Die variable Drehzahl der Antriebe erlaubt eine optimale Anpassung der Luftmengen. Das Kältemittel wird im Kompressor verdichtet und im Verflüssiger kondensiert. Durch spannungs- und frequenzvariable Anspeisung über den Bordnetzrichter kann die Kälteleistung stufenlos angepasst werden.

Vor- und Nebenräume werden mit Konvektionsheizkörpern erwärmt, die ebenfalls ab Bordnetzrichter gespeist werden.

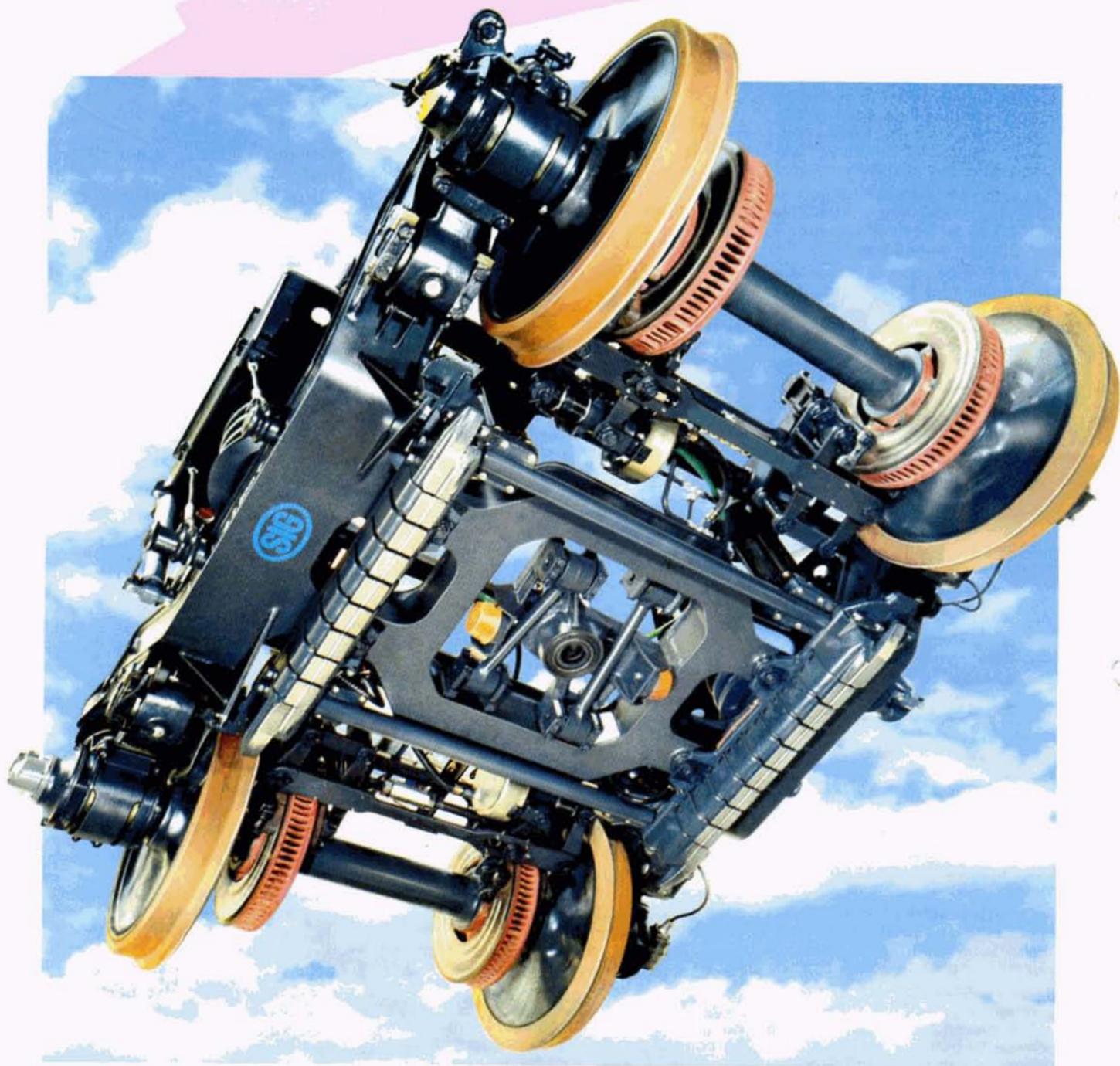
Das Luftaufbereitungsaggregat ist über dem Einstieg am Wagenende 2 angebracht. Es enthält alle Einrichtungen zur Aufbereitung der Frisch- und Umluft. Es sind dies:

- Frischluft- und Umluftfilter,
- Mischkammer,
- Heizregister und Ventilator für den Bodenkanal,
- Heizregister, Verdampfer und Ventilator für den Deckenkanal inklusive Kleinwechselrichter,
- diverse Messsonden und Überwachungsgeräte.

Die beiden Heizregister bestehen aus je sechs Widerstandswendel-Doppелеlementen mit je 3,5 kW Leistung an 500 V. Durch die Umschalteinrichtung können diese Elemente entsprechend der Spannung an der Zugsammelschiene gruppiert werden. Jedes Heizregister verfügt über einen auf die Hochspannungssicherung wirkenden Kurzschliesser.

Das Verdichter-Verflüssiger-Aggregat ist quer unter dem Wagenboden angebaut. Es enthält die gesamte Kälteanlage mit Ausnah-

**SIG-Drehgestelle für die Bahn:
Die Zeiten,
in denen Fliegen schöner war,
sind vorbei.**



SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
CH-8212 Neuhausen am Rheinfl/ Schweiz



me des im Luftaufbereitungsaggregat eingebauten Verdampfers, welcher mit Kältemittelleitungen verbunden ist. Der Kolbenkompressor ist ein Semi-Hermetik-Verdichter mit im Kältemittelkreislauf liegendem Antriebsmotor. Die Kühlluft wird durch den Verflüssigerventilator seitlich am Wagen durch den Verflüssiger angesaugt und auf der anderen Seite wieder ausgeblasen. Gleichzeitig kühlt sie so zusätzlich den Verdichter.

Der Druck des Kältemittels auf Saug- und Druckseite des Verdichters kann an Manometern abgelesen werden. Diese Manometer

sind mit anderen Überwachungs- und Steuergeräten in einem Kasten zusammengefasst. Diese Einheit für die Kälteaufbereitung wird nur bei Bedarf an gekühlter oder entfeuchteter Luft in Betrieb gesetzt.

Die Frischluft gelangt vom Luftansauggitter in der Dachwölbung Seite 2 über den Frischluftfilter zum Luftaufbereitungsaggregat. Im Mischraum wird der Frischluft Rückluft aus dem Nichtraucherabteil im Verhältnis 1:1 beigefügt. Die Luft passiert den Verdampfer und das Heizregister, wo sie nach Bedarf gekühlt, entfeuchtet oder leicht erwärmt wird. Die so

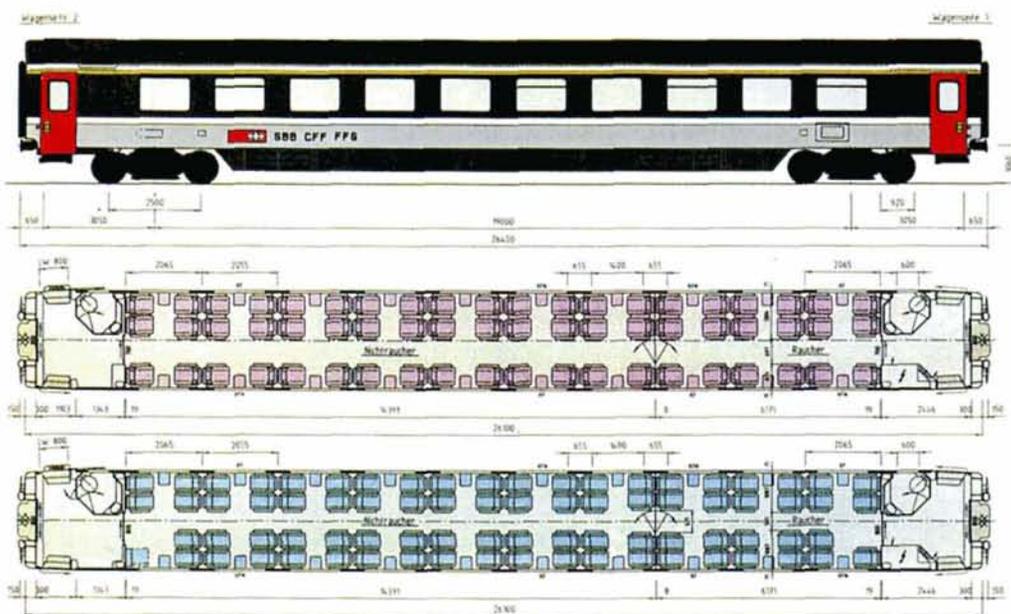
Gesamtansicht des neuen Eurocity-Wagens (Foto A. Staub).

aufbereitete Zuluft wird vom Lüftungsgebläse über einen Schallabsorber in den Deckenkanal geblasen und strömt durch die Lochdecke in den Fahrgastraum.

Das Bodenkanalsystem im Fahrgastraum wird von den Einstiegen her gespeist. Zur Deckung der Konvektionsverluste und zum Erwärmen des Fussraumes dient aufbereite-

Das Innere des Eurocity-Wagens (Foto A. Staub).





te Rückluft. Die aus dem Nichtraucherabteil entnommene Rückluft strömt über den Umluftfilter und das Heizregister in den Verbindungskanal zum Heizgebläse. Die erwärmte Luft gelangt zu den Bodenkanälen. Die restliche Abluft gelangt über die Vorräume und Toiletten durch die Abluftdüsengitter ins Freie.

Die gesamte Bedienung, Regelung und Steuerung ist im Apparateschrank S1 auf Seite 1 eingebaut. Aufgrund der Werte der diversen Temperatur-, Feuchte- und Druckfühler in der Anlage wird der Wagen durch die Mikroprozessorsteuerung ständig auf +22°C gehalten. Bei sehr hohen oder sehr tiefen Aussentemperaturen wird dieser Sollwert gleitend erhöht oder abgesenkt entsprechend der UIC-Kennlinie. Ein auf der Bedienungstafel S1 angebrachter Sollwertgeber erlaubt dem Dienstpersonal, die Temperatur um +2°C zu verändern.

Die Wagenbeleuchtung besteht aus folgenden Beleuchtungsgruppen:

- Abteilbeleuchtung, bestehend aus 16 einflammligen Leuchtstoffröhren 36 W mit Einzeltransistorvorschalteinrichtungen und 16 Glühlampen 36 V / 5 W, die bei Nachtschaltung eingeschaltet werden. Diese Glühlampen sind in den Abteilleuchten eingebaut.
- Sitzplatzbeleuchtung, bestehend aus 40 Leseleuchten mit Halogenlampen 2 x 12 V / 10 W. Je zwei Halogenlampen sind jeweils auf den dezentralen Leseleuchtensteuerungen aufgebaut und in die Gepäckträger integriert. Die Speisung mit 12 V erfolgt zentral ab Speisegerät auf Apparaterüst S1.
- Einstiegsbeleuchtung, pro Wagenseite bestehend aus zwei Leuchtstoffröhren 18 W mit gemeinsamem Transistorvorschalteinrichtung.
- Vorraum- und WC-Beleuchtung, pro Wagenseite bestehend aus zwei Leuchtstoffröhren 18 W mit gemeinsamem Transistorvorschalteinrichtung.
- Zugschlussleuchten, pro Wagenende bestehend aus zwei Glühlampen 36 V / 40 W.
- WC-Besetzanzeige, pro Wagen bestehend aus zwei 36-V-Multi-LED-Leuchten (rot und grün).

Die einzelnen Funktionen werden über die Mikroprozessorsteuerung im Apparateschrank S1 gesteuert. Dadurch ist es möglich, die Beleuchtungsgruppen gezielt nach Spannungs- oder Zeitkriterien auszuschal-

ten, um ein Erschöpfen der Batterien zu verhindern. Daneben sind einzelne Beleuchtungsgruppen direkt zuschaltbar, welche somit auch keiner automatischen Abschaltung unterliegen.

Das Ein- und Ausschalten der Beleuchtung kann entweder durch Betätigen der Drucktasten auf der Bedienungstafel S1 oder über die UIC-Steuerung der Drucktaste „Zug“ geschehen.

In Stellung „Tag“ des Drehschalters „Nacht/Tag/Not“ wird die Grossraumbeleuchtung im Abteil zugeschaltet. In Stellung „Nacht“ wird anstelle der Grossraumbeleuchtung die Nachtbeleuchtung (Notlampen) zugeschaltet. In Stellung „1/2 – 1“ wird nur jede zweite Deckenleuchte unter Spannung gesetzt.

Die Sitzplatzbeleuchtung ist bei eingeschalteter Beleuchtung einzeln zuschaltbar. Das Ein- und Ausschalten der Leseleuchten erfolgt über kontaktlose Taster vom Sitzplatz aus. Beim Wiedereinschalten der Beleuchtung bleiben alle Leseleuchten ausgeschaltet, auch die, welche beim letzten Betriebs-einsatz eingeschaltet waren.

Über die Drucktaste „Leselampenprüfung“ können in Verbindung mit den Leselampensteuerungen sämtliche Leselampen zu Kontrollzwecken gleichzeitig eingeschaltet werden. Nach Ablauf einer bestimmten Prüfzeit werden alle Leseleuchten automatisch abgeschaltet.

Die Nebenraumbeleuchtung (WC, Einstieg, Vorraum) wird mit der Beleuchtung ein- und ausgeschaltet. Die Steuerung erfolgt jedoch direkt, damit bei einem Ausfall der Steuerung diese Räume beleuchtet bleiben.

Bei ausgeschalteter Beleuchtung kann das WC-/Vorraumleuchtenpaar zusätzlich über einen Piezo-Zeitschalter in Betrieb genommen werden. Mit dem Drehschalter „Vorraumleuchte“ kann dieses Leuchtenpaar auf Seite 1 als Apparatenkastenbeleuchtung dauernd eingeschaltet werden.

Die WC-Besetzanzeige wird über die Türschalter direkt gesteuert. 20 Minuten nach Ausbleiben der Hochspannung wird diese Anzeige abgeschaltet.

Die Zugschlusslampen werden über die Schlusslicht-Drehschalter gesteuert. Um die Lampenspannung zu begrenzen, wird die Speisung bei Batteriespannungen von mehr als 40 V durch einen DC-DC-Regler auf 34 V begrenzt. Unterhalb 40 V wird direkt ab Batte-

Typenskizze der Eurocity-Wagen; Apm und Bpm besitzen den gleichen Sitzteiler und die gleiche Fensterbreite (Zeichnung SWA).

rie gespeist. Die Umschaltung geschieht automatisch.

Unabhängig von der Energieversorgung wird die Batteriespannung in der Steuerung laufend erfasst. Fällt sie unter 32,5 V, werden die Leselampen gesperrt und die Abteilbeleuchtung auf die Hälfte reduziert. Fällt sie unter 30,5 V, wird die Abteilbeleuchtung gesperrt und auf Nachtbeleuchtung (Notlampen) umgeschaltet. Unter 28,5 V bleiben nur noch die Nebenraumbeleuchtung und die Zugschlusslampen eingeschaltet. Die Spannungsüberwachung ist während der ersten 3 bis 60 Sekunden einer Magnetschienenbremse nicht wirksam. Bei steigender Batteriespannung wird die Wagenbeleuchtung wieder entsprechend der Schalterstellungen zugeschaltet.

Damit bei einem Ausfall der Steuerung im Wagen nicht völlige Dunkelheit eintritt, wird die Nebenraumbeleuchtung direkt über die Ein- und Ausschalttasten gesteuert. In Stellung „Not“ des Drehschalters „Nacht/Tag/Not“ kann zusätzlich die Nachtbeleuchtung (Notlampen) eingeschaltet werden.

Drehgestelle

Die Drehgestelle gehören zur Familie der bei den EW IV und bei den neuen Pendelzügen (NPZ) bewährten Bauart. Sie entstammen dem Baukastensystem der Firma SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft in Neuhausen und sind in der Primär- und Sekundärstufe mit Flexicoil-Schraubenfedern ausgerüstet, besitzen Magnetschienenbremsen und Schlingerdämpfer. Die Lasttraverse dient als einzige mechanische Verbindung zum Wagenkasten. Hohe Laufruhe und volle Sicherheit sind bis 200 km/h gewährleistet.

Der Aufbau des Drehgestelles entspricht mit einigen noch zu erwähnenden Neuerungen demjenigen des Einheitswagens IV. Der interessierte Leser findet eine gute Beschreibung dieses Einheitsdrehgestelles für die neuen Reisezugwagen der SBB in der Veröffentlichung von H. Berger [1].

Nachstehend werden anhand der Drehgestellskizze die Kräfte in den Richtungen senkrecht, längs und waagrecht/quer gezeigt, und es wird dabei auf die erwähnten Neuerungen hingewiesen.

Kraftfluss senkrecht:

Die Kräfte zwischen Wagenkasten und Schiene verlaufen über Traverse ① – Sekundärfeder ② – Drehgestellrahmen ③ – Primärfeder ④ – Radsatzlager ⑤ und Radsatz ⑥. Das Radsatzlager ist dem heutigen Stand der Technik entsprechend als Kegelrollenlager-Einheit (Kartusche) ausgebildet. Wegen der hohen thermischen Belastung bei Bremsungen aus hoher Fahrgeschwindigkeit mussten beim Radsatz die Bremscheiben entsprechend angepasst werden.

Kraftfluss längs:

Die Kräfte zwischen Wagenkasten und Schiene verlaufen über Traverse mit Drehzapfen ① – Längslenker (Lemniskate) ⑦ – Drehgestellrahmen ③ – Achslenker ⑧ – Radsatzlager ⑤ und Radsatz ⑥. Die beschriebene Längsmittnahme ist im wesentlichen gleich ausgeführt wie beim EW IV.

Kraftfluss waagrecht/quer:

Die Kräfte zwischen Wagenkasten und Schiene verlaufen über Traverse ① – Sekun-

därfeder (Flexicoilwirkung) ② – Drehgestellrahmen ③ – Achslenker ④ – Radsatzlager ⑤ und Radsatz ⑥. Zwischen Traverse und Drehgestellrahmen ist zudem die progressive Querfeder (hier mit Kunststoffrollen ausgeführt) ⑨ angeordnet. Diese gewährleistet sowohl bei Fahrt im Bogen als auch auf geradem Gleis das Einhalten des Fahrzeugumgrenzungsprofils. Im Gegensatz zum EW IV sind hier progressive Querfederung und bogenabhängiger Queranschlag in einem Element vereinigt.

Zur Gewährleistung des Fahrkomforts genügen beim EW IV seinerzeit zwei Vertikal-Sekundärdämpfer ⑩ pro Drehgestell. Für die hohen Fahrgeschwindigkeiten der EC-Wagen (Höchstgeschwindigkeit 200 km/h) sind Primär- ⑪ und Querdämpfer ⑫ erforderlich. Zudem bieten die Schlingerdämpfer ⑬ Gewähr für einen stabilen Fahrzeuglauf im ganzen Geschwindigkeitsbereich.

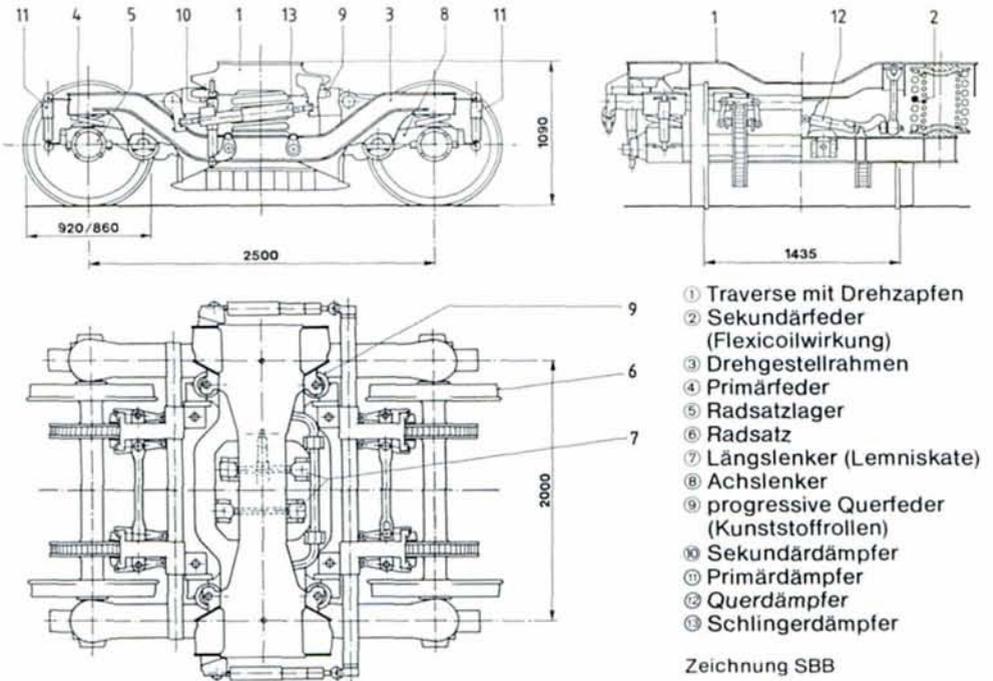
Die Radsätze der EC-Wagen wurden mit dem Radprofil UIC S 1002 versehen. Dieses Radprofil reduziert im Vergleich zum heute bei den SBB angewendeten Radprofil SBB 28-2 die Rad-Schiene-Kräfte bei Fahrt in engen Kurven. Es wird bei dieser Fahrzeugserie überprüft, ob das Radprofil UIC S 1002 beim vorliegenden Laufwerk verschleissangepasst ist.

Bremsen

Die Bremse ist so ausgelegt, dass sie nicht nur den heute geltenden UIC-Vorschriften entspricht, sondern auch zukünftigen Anforderungen – soweit heute erkennbar – genügt.

Die pneumatischen Einrichtungen sind – soweit dies zweckmässig und möglich war – auf einer zentralen Apparatafel in der Bodenwanne unter dem Wagen montiert und so weitgehend vor Fremdkörpern (wie Schnee- und Eisklumpen oder Steine) geschützt.

Ein Steuerventil Oerlikon beaufschlagt die Bremszylinder, die pro Achse auf je zwei Bremsscheiben wirken. Den Schutz vor Flachstellen durch blockierende Räder übernimmt eine Gleitschutzanlage Oerlikon modernster Bauart mit Mikroprozessoren. Zusätzliche Bremskraft liefern Magnetschiebenbremsen. Im Gegensatz zu den EW IV sind beim Eurocity-Wagen beide Drehgestelle mit dieser zusätzlichen Bremse ausgerüstet, wo-



mit die Wagen auch den besonders hohen Anforderungen der Deutschen Bundesbahn (DB) in deren IC/EC-Verkehr genügen.

Damit die Wagen auch ohne Einschränkungen in Frankreich verkehren können, sind sie mit der elektropneumatischen Bremse ausgerüstet, deren Verbindung von Wagen zu Wagen über ein besonderes Kabel erfolgt.

Die Notbremseinrichtung ist so gebaut, dass sie mit geringem Aufwand mit einer Überbrückung (siehe SER 1-2/1989) versehen werden kann, wie sie zur Zeit in Verhandlungen und Versuchen der UIC für den internationalen Verkehr erarbeitet wird.

Ergänzt ist die Bremse schliesslich mit den herkömmlichen Einrichtungen wie Handbremse (auf alle vier Bremsscheiben des Drehgestells I wirkend), den Anzeigevorrichtungen zum Erkennen des Bremszustandes (angelegt oder gelöst) und der Umstellvorrichtung für Bremsarten RIC, R und R+Mg. Eingehende Versuche haben ergeben, dass die bremsstechnischen Anforderungen des Pflichtenheftes erfüllt werden.

Einsatz

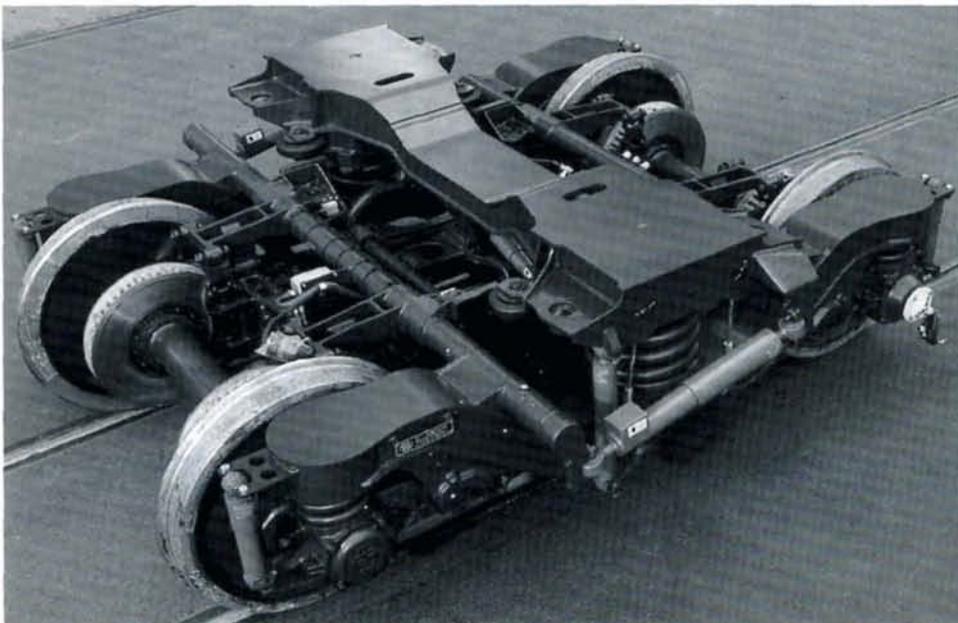
Pro Monat werden inskünftig bis zu drei Wagen abgeliefert. Die neuen Fahrzeuge laufen zunächst jeweils während einer Woche zwischen Bern und Basel und werden dabei diskret überwacht. Bei einwandfreiem Verhalten werden sie ab Mitte Januar 1990 nach und nach in Zugkompositionen nach München, Milano, Stuttgart, Brüssel und Ventimiglia eingereiht.

Ab Juni 1991 ist vorgesehen, auch komplette Zugkompositionen aus derartigen Wagen zusammenzustellen, so unter anderem für Eurocity-Verbindungen in die Bundesrepublik Deutschland und nach den Niederlanden.

Es wird zuversichtlich erwartet, dass die 70 neuen, komfortablen Eurocity-Wagen dazu beitragen werden, die Stellung der Bahn im Wettbewerb des internationalen Verkehrs zu stärken. Sie werden hoffentlich als Aushängeschild nicht nur der Schweizer Bahnen, sondern auch der Schweizer Rollmaterialindustrie bei den Fahrgästen ein gutes Echo finden.

Literatur

[1] Das Einheitsdrehgestell für die neuen Reisezugwagen der Schweizerischen Bundesbahnen, ZEV Glasers Annalen 107 (1983), Heft 2.



Technische Daten

Nummern	
– Apm	61 85 10-90 200 – 229
– Bpm	61 85 20-90 200 – 239
Anzahl Sitzplätze	
– Apm	60
– Bpm	77+1
Bauart	UIC Z1
Höchstgeschwindigkeit	200 km/h
Länge über Puffer	26,4 m
Drehzapfenabstand	19,0 m
Kastenbreite	2825 mm
Höhe	4050 mm
Raddurchmesser neu	920 mm
Tara	43 t

Das Drehgestell aus dem Baukastensystem der SIG (Foto SIG).

Auf den Schienen
Europas zuhause:



SIG-Drehgestelle

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
CH-8212 Neuhausen am Rheinfahl/Schweiz





Gleisfreundliche SIG-Drehgestelle

Drehgestelle mit verbesserten Eigenschaften
bei Fahrt in engen Bögen —
ein Forschungsvorhaben des ORE



Sonderdruck aus SCHWEIZER-EISENBAHN-REVUE 10-11/1990
Verlag: Minirex AG, Maihofstrasse 63, Postfach, CH-6002 Luzern
Druck: Ley + Co., CH-6004 Luzern
Gedruckt in der Schweiz

Titelbild: SIG-Prototypdrehgestell, das gemäss den Anforderungen der UIC/ORE mit radial einstellbaren Radsätzen ausgerüstet ist und als Maßstab für künftige europäische Eisenbahnlaufwerke dienen soll, untersetzt unter einen EC-Wagen der SBB.

Drehgestelle mit verbesserten Eigenschaften bei Fahrt in engen Bögen – ein Forschungsvorhaben des ORE

Roland Müller, dipl. Ing. ETH
Vorsitzender des ORE-Ausschusses B176
GD SBB Bern

Wilhelm Saliger, dipl. Ing.
Conseiller Technique
ORE Utrecht

Einleitung

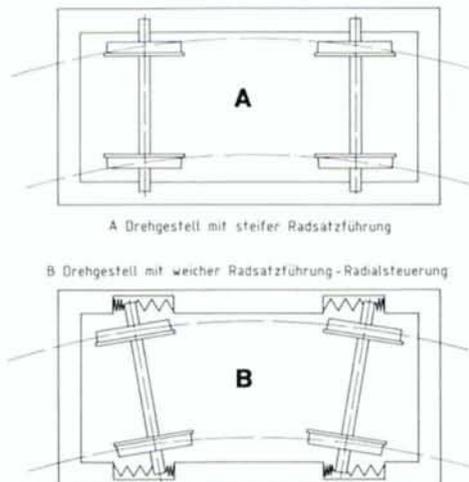
Im Januar 1989 hat die Gemeinschaft der europäischen Bahnen über die UIC (Internationaler Eisenbahn-Verband) einen Vorschlag für ein europäisches Hochgeschwindigkeitsnetz unterbreitet. Dieses Netz wird die Europäer – vorerst in Westeuropa – enger zusammenführen und einen wesentlichen Beitrag für das sichere, sehr umweltschonende und schnelle Verkehrssystem Eisenbahn darstellen. Hohe Geschwindigkeiten – 200 km/h und mehr – stellen an die Laufwerkstechnik erhebliche Anforderungen. Dass sie beherrschbar sind, zeigen unter anderem der TGV in Frankreich, das IC-System in Deutschland, das HST-System in England und der Pendolino in Italien. Diese Systeme erreichen hohe Geschwindigkeiten, jedoch vorwiegend auf Strecken mit weitgehend geradliniger Trassierung, d.h. mit – im Vergleich zu Hügelland- und Gebirgsstrecken – grossen Bogenradien. Dies trifft auch für den derzeitigen Einsatz des Pendolinosystemes zu. Diesem Einsatzfall entsprechend sind die Laufwerke dieser Systeme für schnelle Fahrt auf gerader Strecke optimiert. Da ein zusammenhängendes europäisches Hochgeschwindigkeitsnetz eine langfristige Zukunftsperspektive darstellt, ist in der Folge eine bessere Nutzung des vorhandenen Eisenbahnnetzes erforderlich. Dieses wird für die nächste Zukunft aus einer Mischung von Neu- und Ausbaustrecken sowie aus bestehenden Strecken – letztere wurden zum grössten Teil im letzten Jahrhundert gebaut – zusammengesetzt sein. Die Fahrzeuge üssen in der Lage sein, diese verschiedenen Einsatzgebiete gleichzeitig abzudecken. Es zeichnet sich daher ein Bedarf an Drehgestellen ab, die die bislang als gegensätzlich betrachteten Forderungen nach

- geringem(n) Verschleiss(Kräften) in sehr engen, aber mit hoher nicht ausgeglichener Querbeschleunigung durchfahrenen Bögen einerseits und
 - gutem dynamischem Verhalten im geraden Gleis, das mit der jeweiligen netzüblichen Höchstgeschwindigkeit befahren wird, andererseits
- gleichermassen gut erfüllen.

Ziel

Um den Schienenverkehr auf vorhandenen Strecken beschleunigen zu können, sind zur Reduzierung der beim Durchfahren von Gleisbögen auftretenden Beanspruchungen zwischen Rad und Schiene neue Drehgestelle zu entwickeln. Drehgestelle mit radial einstellbaren Radsätzen (siehe Bild) werden hierfür als vorteilhaft betrachtet; von ihnen wird erwartet, dass sie

- in sehr engen Bögen den Verschleiss an Rad und Schiene mindern;



Die Elastizitäten zwischen Radsatzwelle und Drehgestellrahmen geben dem Radsatz die Freiheit, sich aufgrund der Konizität der Radlaufflächen radial einzustellen (Zeichnung SBB).

- Gleisbögen ohne Erhöhung der Beanspruchung zwischen Rad und Schiene schneller durchfahren können.

Die hier vorgestellte Entwicklung soll sich zunächst mit Laufdrehgestellen für Reisezugwagen befassen und später auf Triebdrehgestelle ausgedehnt werden.

Da diesem Projekt besonders grosse Bedeutung und hohe Priorität beigemessen wird, wurde ein UIC-Sonderbudget eingerichtet und eine spezielle Projektorganisation aufgebaut. Diese setzt sich wie nachstehend aufgeführt zusammen:

- Beauftragter des geschäftsführenden Ausschusses der UIC (Auftraggeber, Überwachung),
- Projektbegleitende Gruppen (Überwachung, Koordinierung, Sachstandsberichte, Haushalt),

- Direktionskomitee des Office de recherches et d'essais (ORE) für Organisation, Überwachung,
- EUROFIMA für die Durchführung von internationalen Ausschreibungen, als Vertragspartner für Entwicklung, Bau und Erprobung von Prototyp-Drehgestellen,
- ORE-Sachverständigenausschuss B 176 (Lastenheft erstellen, Beurteilung der Angebote und Auswahl der Prototypen vorschlagen, Begleitung des Baus der Prototypen, Versuchsdurchführung, Berichterstattung an die übergeordneten Gremien),
- Industrie (Ausarbeiten der Angebote, Bau der Prototypen, Optimierung).

Die Gesamtkosten für das Projekt sind mit 3,7 Mio. holländischen Gulden (hfl) vorgegeben. Die Dauer für die Intensivphase wird auf 36 Monate beschränkt.

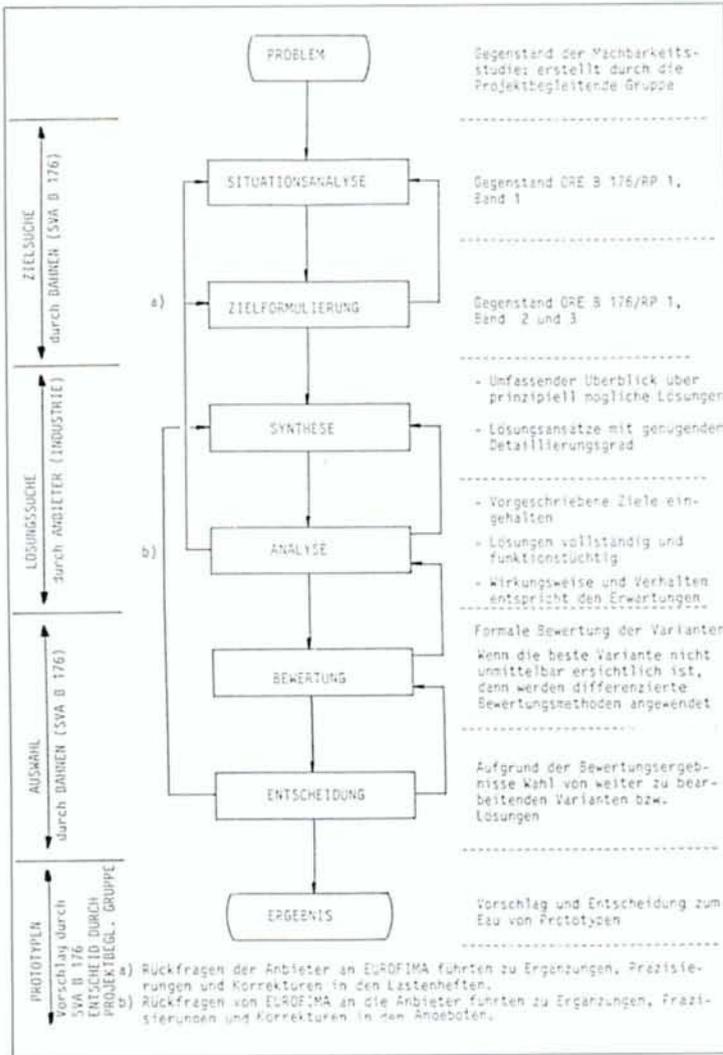
Lastenhefte, Ausschreibung, Auswahl von Prototypen

Die Arbeiten des ORE-Sachverständigenausschusses B176 im Zeitraum vom September 1987 bis Dezember 1988 sind in der nachstehenden Tabelle aufgeführt.

In weiteren Tabellen sind der Problemlösungszyklus und die aus der Projektorganisation hervorgegangene Funktionenmatrix dargestellt.

Während der Aufnahme des Istzustandes wurde der gesamte Themenkreis breit analysiert und daraus die technische Zielsetzung erarbeitet. Literaturstudien und eine genaue Analyse der bei den Bahnen heute im Einsatz befindlichen Lösungen liessen den Schluss zu, dass die ehrgeizigen Ziele (der physikalische Widerspruch zwischen hoher Fahrgeschwindigkeit auf gerader Strecke und schneller Fahrt in engen Bögen musste im Sinne eines Kompromisses gelöst werden) nur mittels Neuentwicklungen erreicht werden können. Rechnerische Voruntersuchungen hinsichtlich Verschleiss an Rad und Schiene unter Berücksichtigung der Bogen-

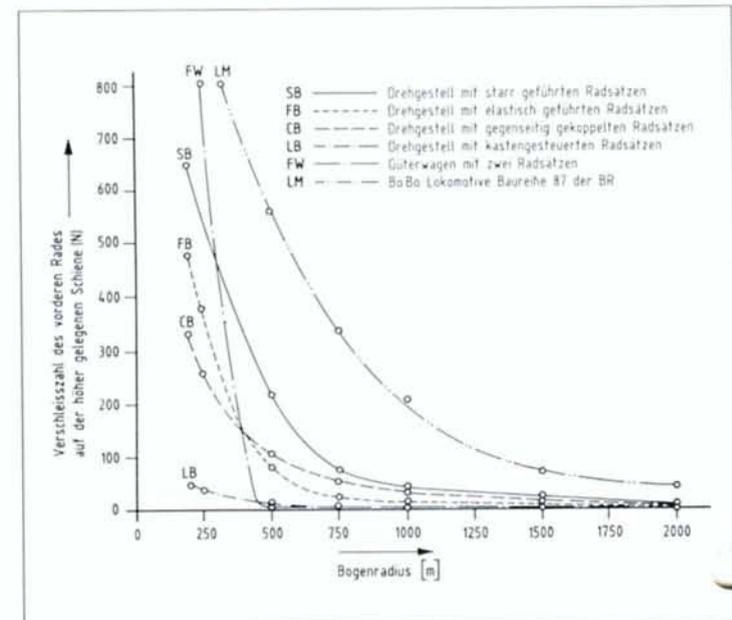
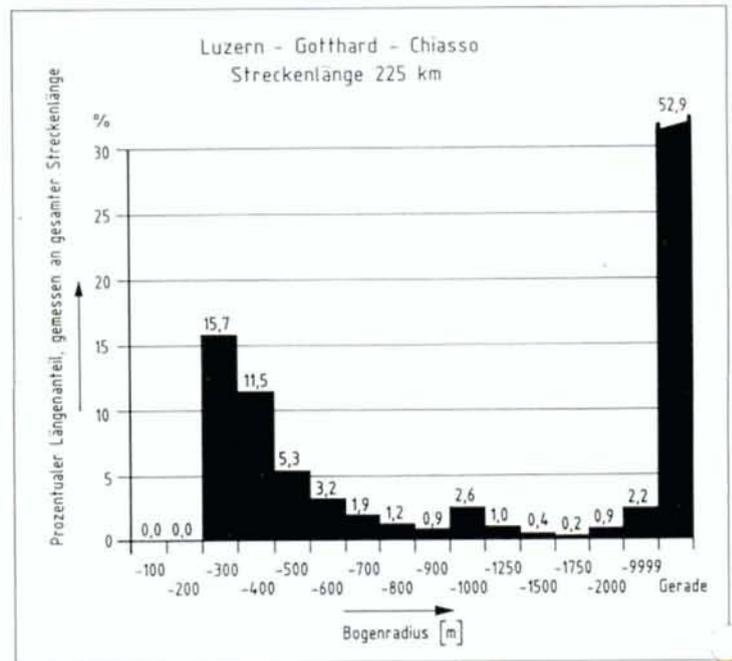
Tätigkeit	Ergebnis	Zeitbedarf
Istzustandsanalyse und Erarbeitung der Lastenhefte	ORE B176 RP1 Bände 1 bis 3 enthaltend die Vorstudien und 2 Lastenhefte (veröffentlicht durch das ORE)	6 Monate
Vorbereitung und Einleitung der internationalen Ausschreibung	– Ausschreibungspartner – Ausschreibungstext – Projektorganisation	2 Monate
Ausarbeitung der technischen Lösungen durch die Anbieter	Angebote	5 Monate
Bewertung der Angebote	Entscheidungsgrundlagen für den Bau von Prototypen	2 Monate



Oben links: Problemlösungszyklus beginnend mit der Problemstellung und endend mit der Auswahl der Prototypdrehgestelle. Die Dokumente ORE B 176/ RP1 Bände 1 bis 3 sind vom ORE veröffentlichte Berichte.

Oben rechts: Bogenverteilung der Gotthardstrecke. Die Bogenlängen enthalten auch die Längen der Übergangsbögen (Zeichnung SBB).

Mitte rechts: Darstellung der Verschleisskennzahl in Funktion des Bogenradius. Vergleich verschiedener Laufwerkprinzipien (Zeichnung SBB).



verteilung von Strecken (das Bild zeigt beispielsweise die Bogenverteilung einer typischen Gebirgsstrecke zwischen Luzern und Chiasso) wurden durchgeführt. Die Darstellung des Verschleisses in Funktion des Bogenhalbmessers zeigt, dass bei Bogenradien von weniger als etwa 800 Metern je nach Laufwerkprinzip signifikante Verbesserungen vorausgesagt werden können. Es kann dabei zwischen vier Laufwerkprinzipien unterschieden werden:

- Elastisch geführte Radsätze (Laufwerkprinzip 1).
Darunter werden Lösungen verstanden, bei denen die Anbindung der Radsatzlager an den Drehgestellrahmen besonders in Längsrichtung weich ausgeführt ist. Dadurch wird dem Radsatz in seiner Tendenz, sich aufgrund der Konizität der Lauffläche radial einzustellen, ein geringer Widerstand entgegengesetzt. Eine mechanische Verbindung der Radsätze untereinander besteht hier nicht.
- Gegenseitig gekoppelte Radsätze (Laufwerkprinzip 2).
Darunter werden Lösungen verstanden,

bei welchen die Radsätze untereinander derart gekoppelt sind, dass sie sich in der Tendenz zu radialen Einstellungen unterstützen, unerwünschte Rotationen um die Hochachse jedoch unterbunden werden. Dies wird erzielt durch definierte Verdreh- und Schersteifigkeit zwischen den Radsätzen.

- Kastengesteuerte Radsätze (Laufwerkprinzip 3).
Darunter werden Lösungen verstanden, bei denen die Relativbewegung zwischen Drehgestell und Fahrzeugkasten (Ausdrehwinkel) mit Hilfe eines Mechanismus die radiale Einstellung der Radsätze erzwingt.
- Sonstige Laufwerkprinzipien (Laufwerkprinzip 4).
Darunter werden Lösungen verstanden, die sich nicht in eine der vorgenannten Gruppen einordnen lassen. Als Beispiel hierfür seien Fahrwerke mit Losrädern und Gliederzüge genannt.

Die Darstellung der Verschleisskennzahl in Funktion des Bogenhalbmessers gibt die Ergebnisse der Laufwerkprinzipien 1, 2 und 3

wieder. Sie werden verglichen mit dem Extremfall des Laufwerkprinzips 1, welches eine „unendlich“ hohe Steifigkeit in der horizontalen Radsatzführung aufweist. Zudem wurden zur Objektivierung der Resultate ein zweiachsiger Güterwagen und eine Drehgestellokomotive dargestellt.

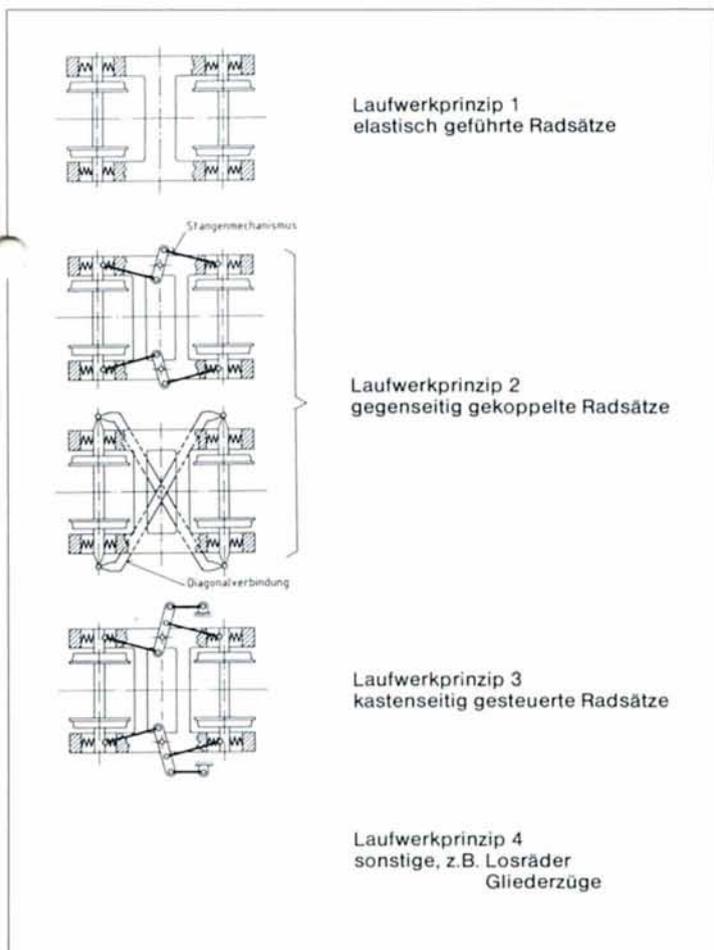
Die internationale Entwicklung bogengängiger Laufwerke ist jedoch nur dann sinnvoll, wenn mit ihnen das gesamte europäische Eisenbahnnetz mit all seinen unterschiedlichen Gleiszuständen befahren werden kann. Die Tabelle gibt eine Übersicht über die heute verwendeten Schienen, Schieneneinbauneigungen und Spurweiten sowie deren Einbautoleranzen.

Bedauerlicherweise ist die Geometrie des Oberbaus der europäischen Bahnen nicht vereinheitlicht. Unterschiedliche Schienenprofile, Spurweitentoleranzen und Schieneneinbauneigungen (1:20/1:30/1:40) führen — bei gleichem Radprofil — zu unterschiedlichen Rad/Schiene-Berührungsgeometrien. Diese haben wesentlichen Einfluss auf das lauftechnische Verhalten. Um den Einfluss beurteilen zu können, hat sich die sogenann-

	Wer macht was	Projektbegl. gruppe	EUROFIMA	Rechtsdienst	Industrie	SVA B 176	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5
Zielsuche	Ausschreibungstext, Liste der Adressarten	A,E	D	D		M					
	Durchführung der Ausschreibung	A	D			K					
Lösungs-suche	Analyse, Synthese				D,K						
	Schriftwechsel in der Phase der Angebotsausarbeitung		A,D,K,E		D	M,K	D		D		
Auswahl	Angebotseröffnung	A	D,K,E			D,K					
	Beurteilungskriterien Drehgestelle					A,K,E	M	D			
	Beurteilungskriterien Wkn					A,K,E	M	M	D		
	Berechnungsmodelle für - Verschleiss und - Wkn					A,K,E A,K,E	M M	M	M	D D	
	Bewertung der angebotenen Lösungen - Drehgestelle - Wkn					K,E K,E		D		D D	D D
Schriftwechsel in der Phase der Angebotsauswertung		A,D,K		D				D		D,E	
Proto-typen	Entscheidungsgrundlage	A	M			D,E		K		K	K
	Auswahl der Prototypen	A,E	M			M,K,D					D
	Verträge mit Lieferfirmen	A,E	D	D	M	M,K					

Zeichenerklärung:

- A: Auftragserteiler
 - D: Durchführung, Sachbearbeitung
 - M: Mitsprache
 - K: Kontrolle
 - E: Entscheid
- Gruppe 1: Erstellte Lastenheft (AG B 176.1)
 - Gruppe 2: Erstellte Beurteilungskriterien für Drehgestelle (AG B 176.1)
 - Gruppe 3: Erstellte Beurteilungskriterien für gleisbogenabhängiger Wagenkasten-neigung (Wkn) (AG 176 - Wagenkasten-neigungsexperten)
 - Gruppe 4: Führte Berechnungen durch (BR - Research Centre Derby)
 - Gruppe 5: Führte die Gesamtbeurteilung aus (AG B 176.1)



Oben: Funktionsmatrix zur Darstellung der Aufgaben für die am Projekt beteiligten Stellen.

Links: Darstellung der vier Laufwerkprinzipien (Zeichnung SBB).

Unten: Einige Gleisparameter mit ihren Nennwerten beim Neubau.

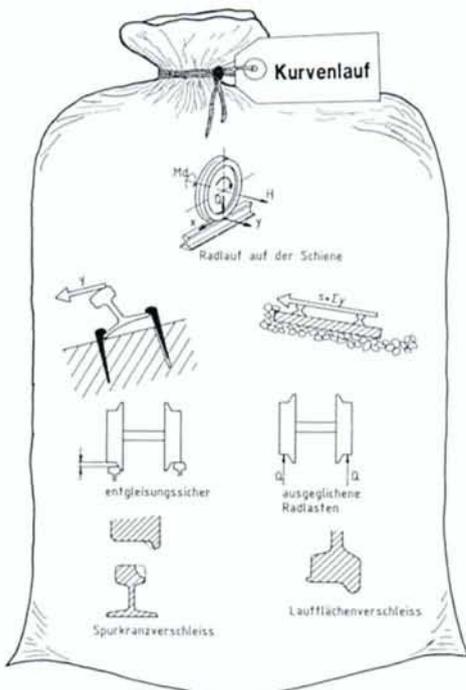
Netz	Schienentyp	Schienenneigung	Nennspurweite mit Toleranz
BR	BS 113 A	1 : 20	1432 ⁺³ ₋₀
DB	UIC 60	1 : 40	1435 ±3
DR	R 65, S 49, UIC 60	1 : 40 (alt 1 : 20)	1435 ± 3 oder 1432 ⁺³ ₋₀
FS	UIC 60	1 : 20	1435 ⁺¹ ₋₂
NS	UIC 54/NP 46	1 : 40/1 : 20	1435 ⁺³ ₋₁
NSB	S 49, UIC 54	1 : 20	1435 ±3
ÖBB	B (S 49), C (UIC 54), UIC 60	1 : 40 (alt 1 : 20)	1435 ±2 [±3]*
SBB	UIC 60	1 : 40	1435 ±2
SJ	SJ 43, SJ 50	1 : 30	1435 ±3
SNCF	UIC 60	1 : 20	1436 ±2

Beurteilungskriterien		Nachweisrechnungen								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Eigendämpfungen Restdämpfungen/kritische Geschwindigkeit	Eigenfrequenzen, Eigenvektoren	Kraft- niveau		Laufgüte bzw. Fahrkomfort		Wegamplituden	Verschleisskennwerte	Sicherheit gegen Entgleisen
				waagrecht- quer	senkrecht	waagrecht- quer	senkrecht			
1	Laufverhalten in der Geraden	Eigenverhalten (Grenzzykel)	X	X	(X)		(X)	(X)		
2		Dynamische Antwort auf regellose Gleislagefehler	(X)	(X)	X	X	X	X	X	
3	Quasistatisches Verhalten	im Gleis- bogen			X	X		X	X	
4		im Gleis- gegen- bogen			X	X		X		
5	Befahrbarkeit von Gleisverwindungen									X

Matrix der lauftechnischen Nachweisrechnungen. Die durch „(X)“ gekennzeichneten Rechnungen sind nur bei Untersuchungen im Zeitbereich durch numerische Integration sinnvoll.

te „äquivalente Konizität“ als Hilfsmittel gut bewährt. Sie liegt bei einer Schiene UIC 60 je nach Spurweite (1432/1435/1438) bei 1:40 Schieneneinbauneigung und Radprofil ORE S 1002 zwischen 0,1 und 0,3 (siehe Bild). Bei einem grenzüberschreitenden Schnellver-

Rad-/Schiene-Kräfte X (in Längsrichtung), Y (in Richtung waagrecht/quer) und Q (in vertikaler Richtung), die für Gleisbeanspruchung, Fahr-sicherheit und Verschleiss Rad/Schiene verant-wortlich sind (Zeichnung SBB).



kehr müssen die Laufwerke diese äquivalenten Konizitäten sicher beherrschen. Die Laufwerke müssen jedoch auch auf verschlissenen Schienen bei abgenutzten Radprofilen und bei Vorliegen von Gleislagefehlern lauffähig sein.

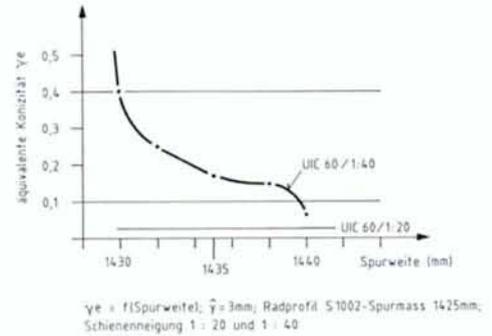
Die Erkenntnisse aus der Analyse des Istzustandes und der rechnerischen Voruntersuchungen flossen in der Folge in zwei Lastenhefte ein, mit denen die technischen Ziele an die Hersteller von Laufwerken vorgegeben wurden. Nachstehend sind einige Grundsätze aufgeführt, wie sie bei der Erstellung der Lastenhefte begleitend waren:

1. Es sollen die für das Drehgestell geforderten Eigenschaften möglichst präzise umschrieben, jedoch so wenig konstruktive Forderungen wie möglich gestellt werden. Damit sollten die Hersteller von Drehgestellen zu innovativen Lösungen angeregt werden.

2. Es sollten andererseits die Erfahrungen der Bahnen nicht unbeachtet bleiben, weshalb auch derartige Hinweise angebracht wurden.

3. Die angebotenen Lösungen sollten im internationalen Verkehr eingesetzt werden. Deshalb wurde die Einhaltung jener UIC-Vorschriften gefordert, die die Reisezugwagen und deren Drehgestelle betreffen. Es wurden jedoch Abweichungen davon hingenommen, sofern diese für einen entscheidenden technischen Fortschritt erforderlich waren.

4. Es wurden lauftechnische Nachweisrechnungen (siehe Tabelle) in einem Umfang verlangt, der voraussichtlich den Einsatzbereich der Drehgestelle abdeckt. Dabei geht man von der Überlegung aus, dass die mathematische Simulation des Fahrzeugverhaltens eine exaktere lauftechnische Auslegung ermöglicht, als dies durch empirische Konstruktionsgrundsätze der Fall ist. Damit soll gewährleistet werden, dass schon auf dem Reissbrett eine Konstruktion entwickelt wird, die dem gewünschten Ziel möglichst nahe kommt. Dadurch wird eine erhebliche Verminderung des Versuchsumfanges erwartet, da Versuche vorwiegend zur Prüfung der rechnerischen Auslegung und nur aus-



Erläuterungen zur äquivalenten Konizität (Zeichnung SBB).

nahmsweise zur nachträglichen Optimierung dienen. Da die rechnerischen Auslegungsuntersuchungen und Nachweise hinsichtlich des dynamischen Fahrzeugverhaltens ein obligatorischer Bestandteil des Laufwerkentwurfes waren, war es erforderlichlich

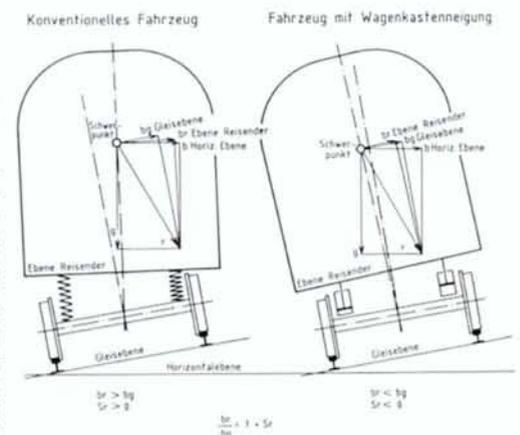
- die Randbedingungen der Eisenbahnnetze (Trassierungsgeometrie, Berührungsgeometrie Rad/Schiene, regellose Abweichungen in der Lage des Gleises),
- die geforderten Fahrzeugeigenschaften (Rad/Schiene-Kräfte, Beschleunigungen, Geschwindigkeiten in Bögen und im geraden Gleis) sowie
- den Bearbeitungsumfang und die Darstellung der Ergebnisse

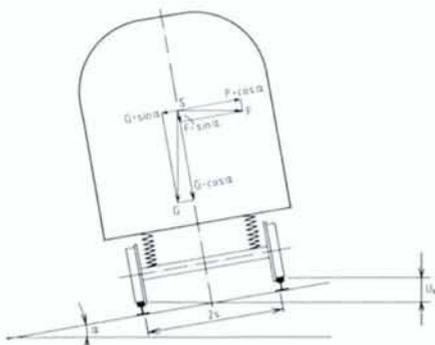
mit den Anbietern eindeutig in den Lastenheften zu vereinbaren.

Ausschreibung

Es wurde je ein Lastenheft für Drehgestelle mit und ohne gleisbogenabhängige Wagenkasteneneigung erstellt. Sie tragen dem heutigen Stand der Technik in jeder Hinsicht Rechnung. Diese beiden Lastenhefte bildeten die Grundlage für eine internationale Ausschreibung, welche unter Federführung von EUROFIMA durchgeführt wurde.

Definition der wichtigsten Größen bei Fahrt des Fahrzeuges durch den Gleisbogen. Beim konventionellen Fahrzeug neigt sich der Wagenkasten gegen Bogenausssen, während die gleisbogenabhängige Wagenkasteneigung dafür sorgt, dass der Wagenkasten nach Bogeninnen geneigt wird (Zeichnung SBB).





- S = Schwerpunkt
- G = Fahrzeuggewicht [N]
- m = Fahrzeugmasse [kg]
- F = Zentrifugalkraft [N]
- g = Erdbeschleunigung = 9,81 [m/sek²]
- v = Fahrzeuggeschwindigkeit im Bogen [m/s]
- R = Bogenradius [m]
- u_k = Überhöhung des Geleises [mm]
- 2s = Laufkreisabstand [mm]
- alpha = Überhöhungswinkel [Grad]

Definition der wichtigsten Grössen bei der Stellung des Fahrzeuges im Gleisbogen (Zeichnung SBB)

Die Lastenhefte unterscheiden zwischen drei Einsatzgebieten, die mit ihren Eckwerten nachstehend festgelegt sind:

- Einsatzgebiet I: Drehgestell für überwiegenden Einsatz auf Gebirgsstrecken. Dabei sollten die optimale radiale Einstellung der Radsätze bei einem Bogenhalbmesser von 250 m angestrebt und bei kleineren Radien bis hinab auf 150 m noch Verbesserungen gegenüber herkömmlichen Lösungen erzielt werden. Die Höchstgeschwindigkeit wurde für diesen Fall auf 160 km/h festgelegt.
- Einsatzgebiet II: Drehgestell für überwiegenden Einsatz auf Flach- und Hügellandstrecken (zum Beispiel Strecke Zürich - St. Gallen); dabei sollten eine optimale radiale Einstellung der Radsätze bei einem Bogenhalbmesser von 500 m angestrebt und bei kleineren Radien bis hinab auf 300 m noch Verbesserungen gegenüber herkömmlichen Lösungen erzielt werden. Die Höchstgeschwindigkeit wurde mit 200 km/h vorgegeben.

Diese beiden Einsatzgebiete waren für „konventionelle“ Drehgestelle bestimmt.

- Einsatzgebiet III: Drehgestelle für Fahrzeuge mit gleisbogenabhängiger Wagenkasten-neigung für den schnellen Verkehr auf Flach- und Hügellandstrecken. Der Bogenhalbmesser für optimale radiale Einstellung der Radsätze wurde auf 600 m festgelegt, wobei hier bis zu Radien von 350 m signifikante Verbesserungen anzustreben waren. Die Fahrzeit wird auf vorhandenen Strecken mittels einer gleisbogenabhängigen Wagenkasten-neigung verkürzt, wenn gleichzeitig die Höchstgeschwindigkeit gesteigert wird. Deshalb wurde die Höchstgeschwindigkeit auf 250 km/h festgelegt. Die freie Seitenbeschleunigung auf Gleisebene war mit $b_g = 2,0 \text{ m/s}^2$ vorgegeben.

Die nachstehende Tabelle fasst die oben beschriebenen Eckwerte nochmals zusammen.

Verschiedene Drehgestellhersteller haben behauptet, sämtliche Einsatzgebiete mit ein und demselben Drehgestelltyp abdecken zu können. Nachdem die Bahnen eine solche Lösung als vorteilhaft erachteten, wurde bei der Anfrage an die Hersteller (Ausschreibungstext) diesem hoch gesteckten Ziel die grösste Priorität eingeräumt.

Eckwertkriterien	Einsatzgebiet I	Einsatzgebiet II	Einsatzgebiet III
Höchstgeschwindigkeit (km/h)	160 + 10 %	200 + 10 %	250 + 10 %
Bogenfahrt optimiert für: - Bogenhalbmesser R (m) und - unausgeglichene Querbeschleunigung auf Gleisebene b_g (m/s ²)	250 0,7	500 1,05	600 2,0

Für die Phasen der Ausschreibung, Hilfeleistung bei der Lösungssuche, Bewertung der angebotenen Konstruktionen und Auswahl der zu bauenden Prototypen wurde eine spezielle Projektorganisation aufgebaut (siehe Funktionenmatrix). Nachdem anfänglich insgesamt 32 Hersteller Interesse an den Ausschreibungsunterlagen bekundet hatten, sind der EUROFIMA schliesslich von 16 Herstellern 35 verschiedene Konstruktionen angeboten worden. In fünf davon haben die Hersteller Drehgestelle mit bogenabhängiger Wagenkasten-neigung angeboten.

Bewertung der angebotenen Konstruktionen

Bei der Entscheidung einer Bahn für einen Drehgestelltyp, der bestimmte Bedingungen bestmöglich erfüllen soll, können grundsätzlich zwei Fälle unterschieden werden:

1. Es existieren mehrere verschiedene Prototyp-Drehgestelle, die lauf- und bremstechnisch untersucht wurden und mit denen erste Werkstatterfahrungen im Rahmen einer Betriebsprüfung gesammelt werden konnten.
2. Es liegen lediglich Firmenangebote in Form von Zeichnungen, Berechnungen und Beschreibungen vor, die auf dem von der Bahn erstellten Lastenheft beruhen, jedoch existieren bislang keine Prototypen.

In beiden Fällen können Methoden der Systemtechnik angewendet werden, um das geeignete Drehgestell auszuwählen. Ein wesentliches Kennzeichen dieser Methoden ist die hierarchische Gliederung der zu beurteilenden Merkmale eines technischen Gebildes in einzelne überschaubare und in sich

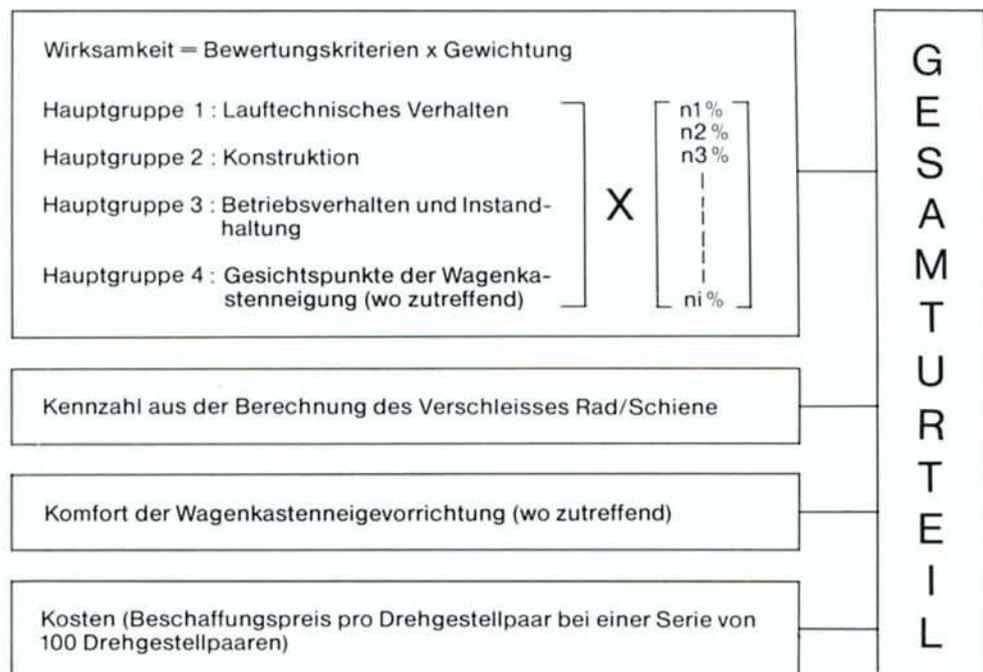
geschlossene Gruppen von Teilmerkmalen. Die Beurteilung, in welchem Masse das Gebilde die an es gestellten Forderungen erfüllt, wird schrittweise vom Groben zum Detail durchgeführt.

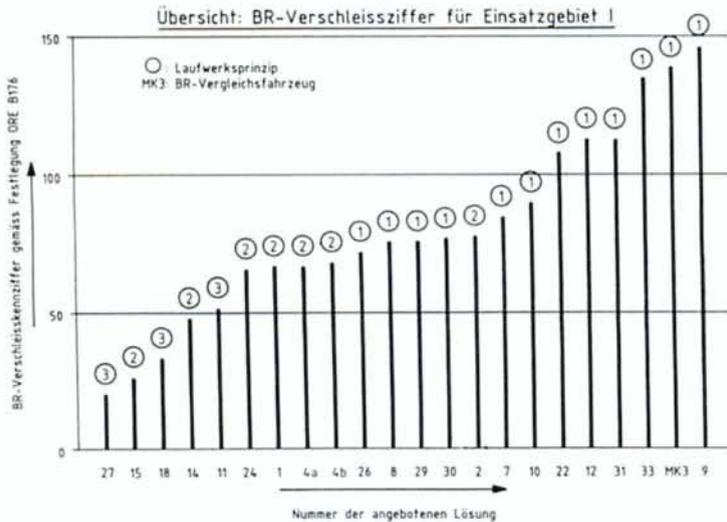
Bei jeder Beschaffung muss eine Bahn die Frage beantworten: Werden die Kosten, die der zu beschaffende Gegenstand erfordert, gerechtfertigt durch die Leistungen, die er bringt? Diese Leistungen werden von Betriebsingenieuren als „Wirksamkeiten“ bezeichnet. Im Fall 1 sind die Kosten und Wirksamkeiten in der Regel bekannt, nämlich

- Kosten für die Serierendrehgestelle aus den Firmenangeboten,
- realitätsnahe Instandhaltungskosten, die für eine bestimmte Lebensdauer (zum Beispiel 32 Jahre) aus dem Betriebsversuch hochgerechnet werden können,
- Wirksamkeiten aus den Messergebnissen von vorausgegangenen Versuchen.

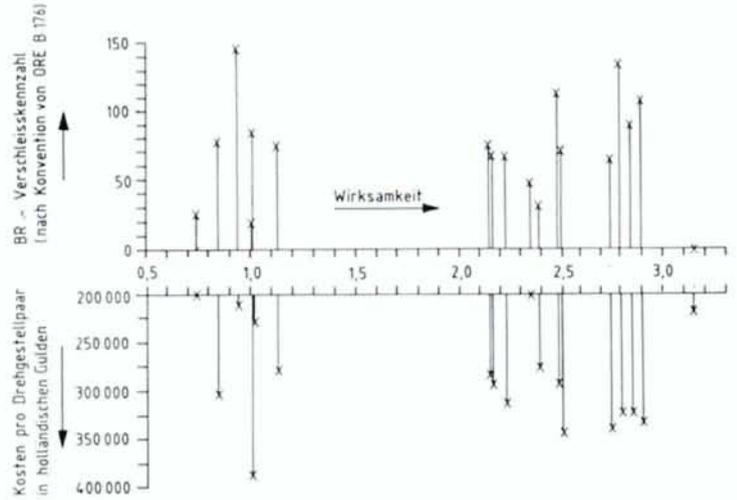
Für den ORE-Ausschuss B 176 war Fall 2 massgeblich, weswegen eine für diesen speziellen Fall angepasste Kosten-Wirksamkeiten-Analyse entwickelt werden musste. Nur die Beschaffungspreise für die Serierendrehgestelle stehen zur Verfügung. Diesem Sachverhalt wurde schon bei der Erstellung der Lastenhefte Rechnung getragen. Demzufolge waren die Lastenhefte mit je zirka 140 bis 150 Seiten entsprechend umfangreich. Es hat sich denn auch gezeigt, dass dieser Umfang bei internationalen Ausschreibungen, wo der Hersteller die Bedürfnisse des Bestellers und umgekehrt der Besteller das Produkt

Bildung des Gesamturteils für eine angebotene Lösung.





BR-Verschleissziffer für Einsatzgebiet I. Die nach einem besonders festgelegten Verfahren durch British Rail ermittelten Verleisskennziffern sind auf der Ordinate aufgetragen. Auf der Abszisse sind mit Nummern die angebotenen Konstruktionen in der Reihenfolge ihrer Ergebnisse der Verschleisszahl aufgeführt (Zeichnung SBB).



Kosten-Wirksamkeits-Analyse. Ein X auf der horizontalen Achse bedeutet, dass die Information nicht erhältlich war. Jeder Strich stellt das Ergebnis eines Angebotes dar (Zeichnung SBB).

des Herstellers nicht genügend kennt, notwendig ist. Die Verfasser haben bei der Abwicklung dieses Projektes einen Vorgesmack im Hinblick auf die Liberalisierung des europäischen Marktes ab 1992 erhalten! Nur dank des in allen Punkten klaren Lastenheftes war es möglich, die für eine umfassende Bewertung notwendigen Angaben bei Abgabe der Angebote zur Verfügung zu haben. Die angebotenen Konstruktionen wurden in der Folge mittels Nutzwert- (Wirksamkeiten) und Sensitivitätsanalyse bearbeitet und untereinander verglichen. Dabei kamen für Drehgestelle ohne Wagenkasten neigung 76 und für solche mit Wagenkasten neigung 103 Einzelkriterien zur Anwendung. Diese Bewertungskriterien waren in die vier nachstehenden Hauptgruppen gegliedert:

- lauftechnisches Verhalten,
- Konstruktion,
- Betriebsverhalten und Instandhaltung,
- Gesichtspunkte der Wagenkasten neigungseinrichtung (wo zutreffend).

Die Einzelkriterien sind messbar und objektiv bewertbar. Meinungsunterschiede zwischen den bewertenden Sachverständigen sind in den meisten Fällen anhand der Unterlagen zufriedenstellend ausdiskutiert worden.

Die Tabelle auf Seite 301 unten soll zeigen, wie sich das Gesamturteil für eine angebotene Konstruktion zusammensetzt.

Die graphische Darstellung zeigt das Ergebnis aus Wirksamkeit, Verschleisskennzahl und Kosten für eine Gewichtungsvariante. Beste Lösungen zeichnen sich in dieser Darstellung aus durch

- hohe Wirksamkeit,
- kleine Verschleisskennziffer,
- geringe Kosten.

Die Sensitivitätsanalyse wurde durch unterschiedlichste Wahl der Gewichtungen durchgeführt.

Das Bild oben links zeigt die von British Rail nach einem besonderen Verfahren ermittelte Verschleisskennziffer für das Einsatzgebiet I. Für diese Berechnungen durchfuhren sämtliche angebotenen Konstruktionen die schweizerische Strecke Luzern - Chiasso und die italienische Strecke Roma - Pescara. Dargestellt ist die Summe des Verschleisses an sämtlichen acht Rädern eines Fahrzeuges unter Berücksichtigung der nachstehenden Mischung von Parametern:

- Reibung zwischen Rad und Schiene
- $\mu = 0,10$ auf 10% der Streckenlänge,

- $\mu = 0,25$ auf 65% der Streckenlänge,
- $\mu = 0,40$ auf 25% der Streckenlänge.

Rad/Schiene-Berührungsgeometrie

- Radprofil der Deutschen Bundesbahn mit UIC-60-Schiene und Spurweite 1435 mm,
- Radprofil der Französischen Staatsbahn mit UIC-60-Schiene und Spurweite 1438 mm,
- Radprofil der Britischen Staatsbahn mit 113A-Schiene und Spurweite 1432 mm.

Mit und ohne Anwendung von Spurkranzschmierung.

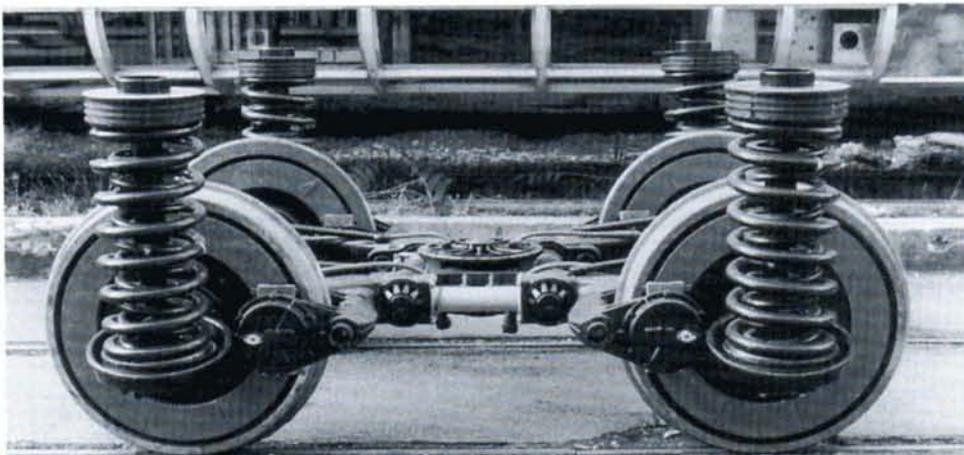
Das Ergebnis zeigt, dass das Laufwerksprinzip 1 (elastisch geführte Radsätze) ein grosses Optimierungspotential aufweist. Im weiteren bestätigt sich die schon aus den Voruntersuchungen bekannte Tatsache, dass mit dem Laufwerksprinzip 3 (kastenseitig gesteuerte Radsätze) hinsichtlich Verschleiss in ganz engen Bögen beste Ergebnisse erzielt werden.

Ausgewählte Prototypen

Losradgestell der FIAT Ferroviaria in Savigliano

Diese Lösung stellt einen interessanten Innovationsschritt dar. Direkte einstufige Federung, geringe Drehgestellmasse, erfolgversprechend hinsichtlich des dynamischen Verhaltens bei hohen Geschwindigkeiten und geringe Kräfte in der horizontalen Ebene sind einige Merkmale. Die Räder links und rechts drehen unabhängig voneinander (Losradprinzip), womit hinsichtlich Berührungsgeometrie Rad/Schiene sowohl im Bogen als in der Geraden andere Gesetzmässigkeiten gelten als bei Drehgestellen mit herkömmlichen Radsätzen. Das Losradprinzip lässt höchste Geschwindigkeiten auf gerader Strecke erwarten und birgt Vorteile auch hinsichtlich der Oberbaubeanspruchung bei Fahrt im Bogen.

Die sehr einfache Bauart mit wenigen Bauteilen ergibt eine sehr gute Wirksamkeit. Die Einzelräder sind auf Zapfen an den Enden U-förmiger Rahmen gelagert, die ihrerseits elastisch mit einem den Drehpunkt bildenden

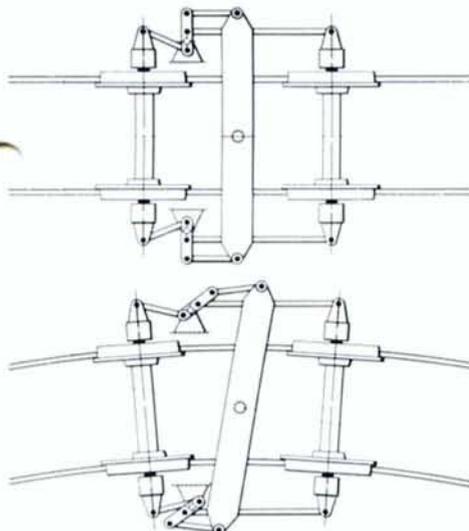


FIAT-Drehgestell (Foto FIAT).

Mittelstück verbunden sind. Die Abfederung erfolgt bei jedem Rad direkt gegen den Wagenkasten. Die sehr leichte Bauweise ermöglicht, die Drehgestellmasse auf etwa die Hälfte herkömmlicher Drehgestelle zu reduzieren.

SIG-Drehgestell mit „Navigator“, der Schweizerischen Industriegesellschaft in Neuhausen am Rheinfl

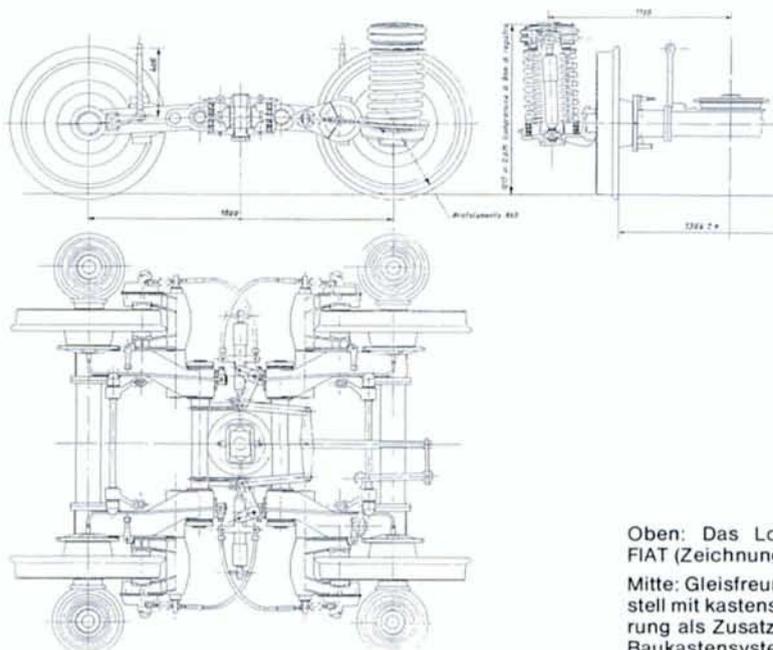
Bei diesem Vorschlag handelt es sich um eine kastengesteuerte Lösung, die im Baukastensystem, aufbauend auf einem vorhandenen Drehgestelltyp, realisiert wurde. Die Beurteilung ergab eine gute Wirksamkeit und hinsichtlich Verschleissziffer ein ausgezeichnetes Resultat. Vom Wagen kommende Steuerstangen wirken auf einen Winkelhebel derart ein, dass daran angelenkte Kuppelstangen die bogeninnenliegenden Radsatz-



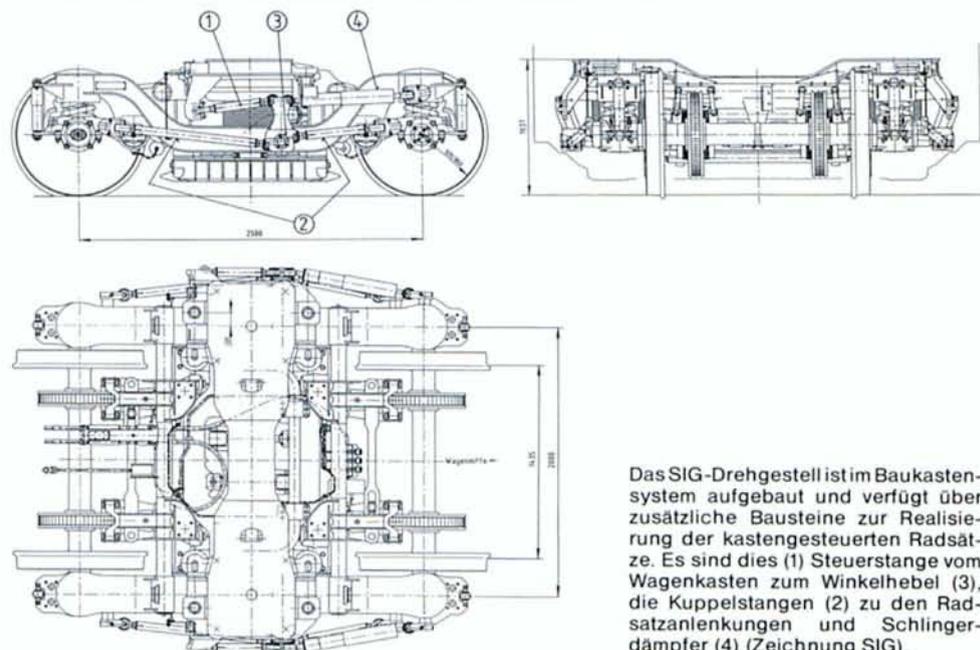
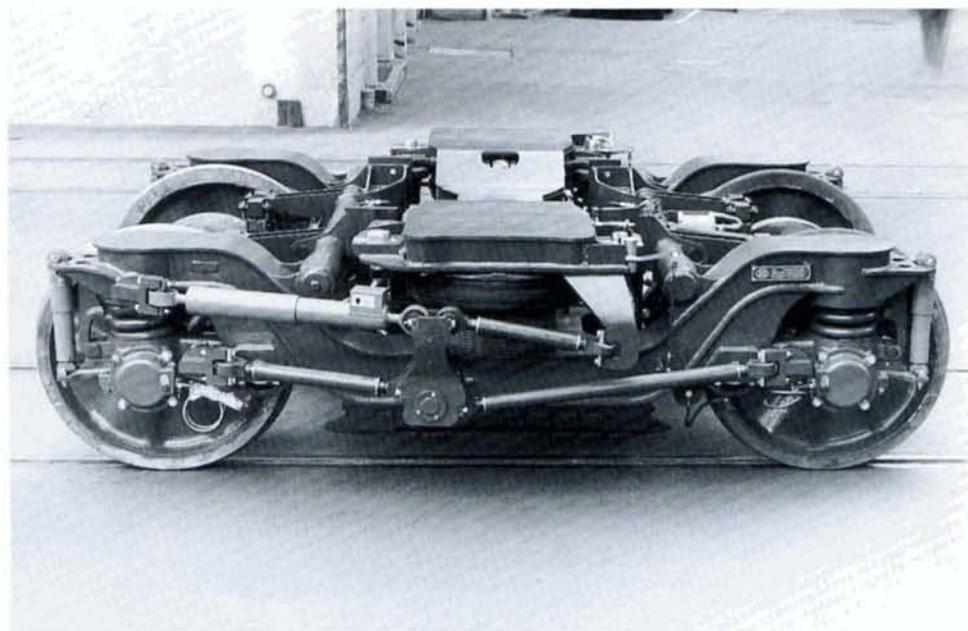
lager zusammenziehen und die bogenaus- senliegenden auseinanderpreizen. Auf diese Weise wird eine, vom Ausdrehwinkel zwischen Wagenkasten und Drehgestell abhängige, nahezu exakte radiale Einstellung der Radsätze in allen voll ausgebildeten Bögen zwangsläufig erzielt. Während der Ein- und Ausfahrt in und aus Bögen und beispielsweise in Gegenbögen ist die exakte radiale Einstellung allerdings nicht gegeben. Zwischen Winkelhebel und Drehgestellrahmen ist ein Schlingerdämpfer eingebaut.

SGP 300 RV der Simmering-Graz-Pauker AG in Wien und Graz

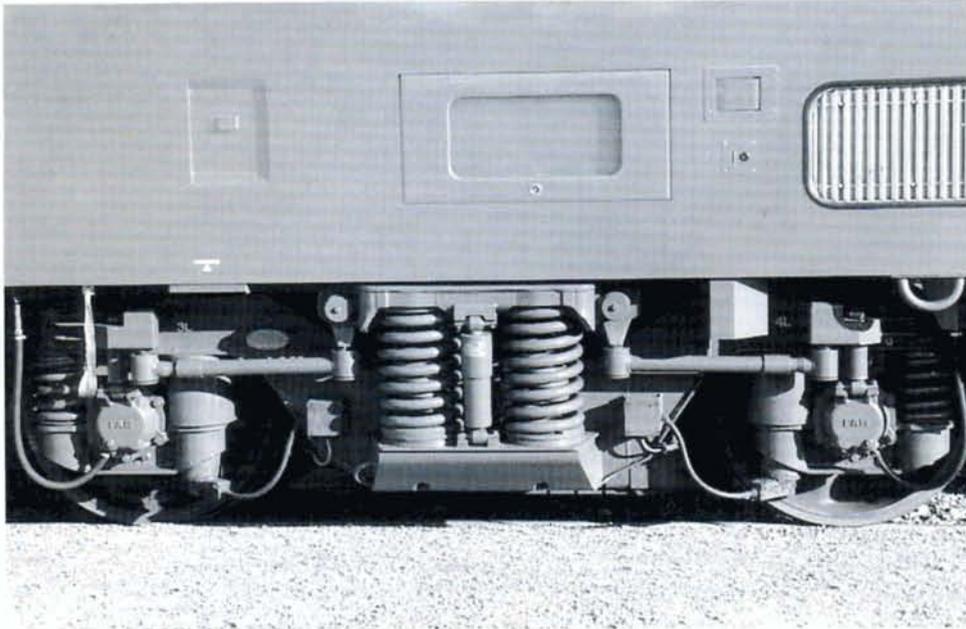
Bei diesem Typ handelt es sich um eine Lösung mit elastisch geführten Radsätzen, wobei die Längssteifigkeit durch eine Schaltungsvorrichtung zwischen zwei Zuständen variiert werden kann. Das Drehgestell weist eine hohe Wirksamkeit auf. Die Verschleissziffer für das Einsatzgebiet I ergab im Vergleich zu anderen Angeboten dieses Lösungsprinzips beste Werte. Die Verschleissziffer im Einsatzgebiet II liegt deutlich unter demjenigen starr geführter Radsätze, jedoch im Bereich aller anderen optimierten Angebote dieses Lösungsprinzips. Durch Aussparungen in den Gummielementen der durch Zapfen realisierten Radsatzführung wird eine niedrige Längssteifigkeit erzielt. Füllstücke in diesen Öffnungen, die mit Federn in ihrer Stellung gesichert werden, ergeben die nötige Steifigkeit für den stabilen Lauf bei der geforderten Höchstgeschwindigkeit. Wird eine geeignete gewählte Fahrgeschwindigkeit unterschritten, so wird das Füllstück pneumatisch gegen die Feder ausgedrückt, so dass die nunmehr niedrigere Längssteifigkeit des



Oben: Das Losraddrehgestell von FIAT (Zeichnung FIAT).
Mitte: Gleisfreundliches SIG-Drehgestell mit kastenseitiger Radsatzsteuerung als Zusatzausrüstung zum SIG-Baukastensystem (Foto SIG).



Das SIG-Drehgestell ist im Baukastensystem aufgebaut und verfügt über zusätzliche Bausteine zur Realisierung der kastengesteuerten Radsätze. Es sind dies (1) Steuerstange vom Wagenkasten zum Winkelhebel (3), die Kuppelstangen (2) zu den Radsatzanlenkungen und Schlingerdämpfer (4) (Zeichnung SIG).



Oben: SGP-Drehgestell. Der Schaltmechanismus befindet sich in der Zapfenführung innerhalb der jeweils zur Drehgestellmitte hin gelegenen Primärfedern jedes Radsatzlagers. Die in Längsrichtung angeordneten Stangen sind doppelt vorhandene Wiegenlenker (Foto SGP).

Unten: SGP-Drehgestell mit Detaildarstellung der variierbaren Anlenksteifigkeit in der Primärfederung (Zeichnung SGP).

Führungselements wirksam wird und der Selbststeuereffekt der Radsätze durch die Konizität möglichst gut zur Wirkung kommt.

Ergebnis der Bewertung bei Drehgestellen mit gleisbogenabhängiger Wagenkastenneigung

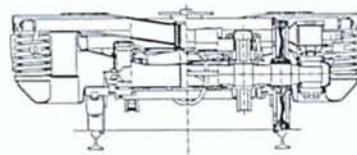
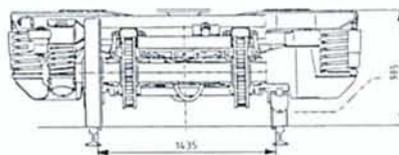
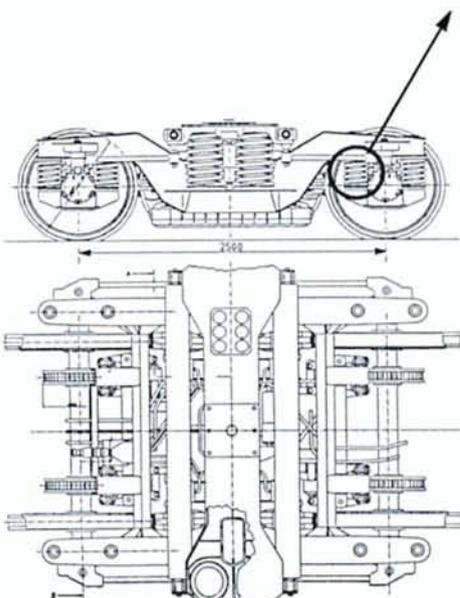
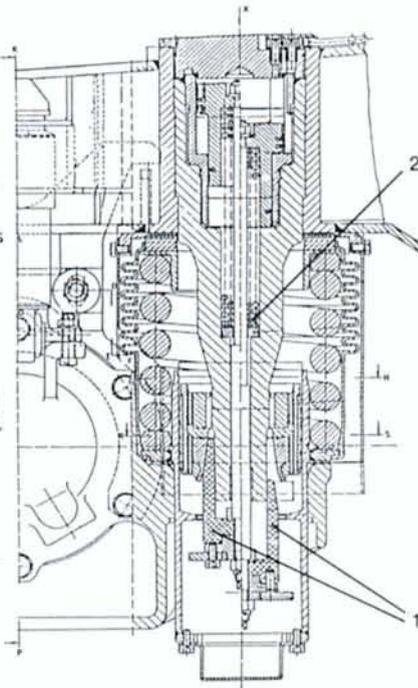
Von den fünf ursprünglich eingereichten Angeboten für ein Drehgestell mit verbessertem Verhalten bei Fahrt im Bogen und für eine gleisbogenabhängige Wagenkastenneigung verblieben nur zwei Angebote in der engere Auswahl. Die Bewertung ergab die nachstehenden Ergebnisse:

- In beiden Fällen wird im Einsatzgebiet III die zulässige Gleisverschiebungskraft überschritten, was eigentlich zur Ausscheidung geführt hätte. Da diese Grenzwertüberschreitung unter Einwirkung von regellosen Gleislagefehlern erfolgte, konnte erkannt werden, dass der Einsatz von Wagenkastenneigungssystemen auch eine sorgfältige Betrachtung der Strecke (Oberbau, Trassierung, Instandhaltungszustand etc.) nach sich zieht und entsprechende Investitionen und Betriebskosten in beziehungsweise hinsichtlich der Infrastruktur bedingt.
- In beiden Fällen handelt es sich beim Neigesystem um Neukonstruktionen. Dies, obschon die Anbieter bereits solche Systeme erprobt und in Betrieb gesetzt haben. Es ist deshalb mit mehrjähriger Entwicklungszeit bis zur Betriebsreife zu rechnen; unter Berücksichtigung der einschlägigen Vorerfahrung der Anbieter muss mit mindestens drei Jahren gerechnet werden.
- Die Komfortbewertung ergab noch unbefriedigende Ergebnisse. Durch Weiterentwicklung sowohl der Regelung als auch des mechanischen Teiles kann dies jedoch verbessert werden.
- Die Drehgestelle selbst schnitten bei der vergleichweisen Bewertung in den Einsatzgebieten I und II nicht vorteilhaft ab.

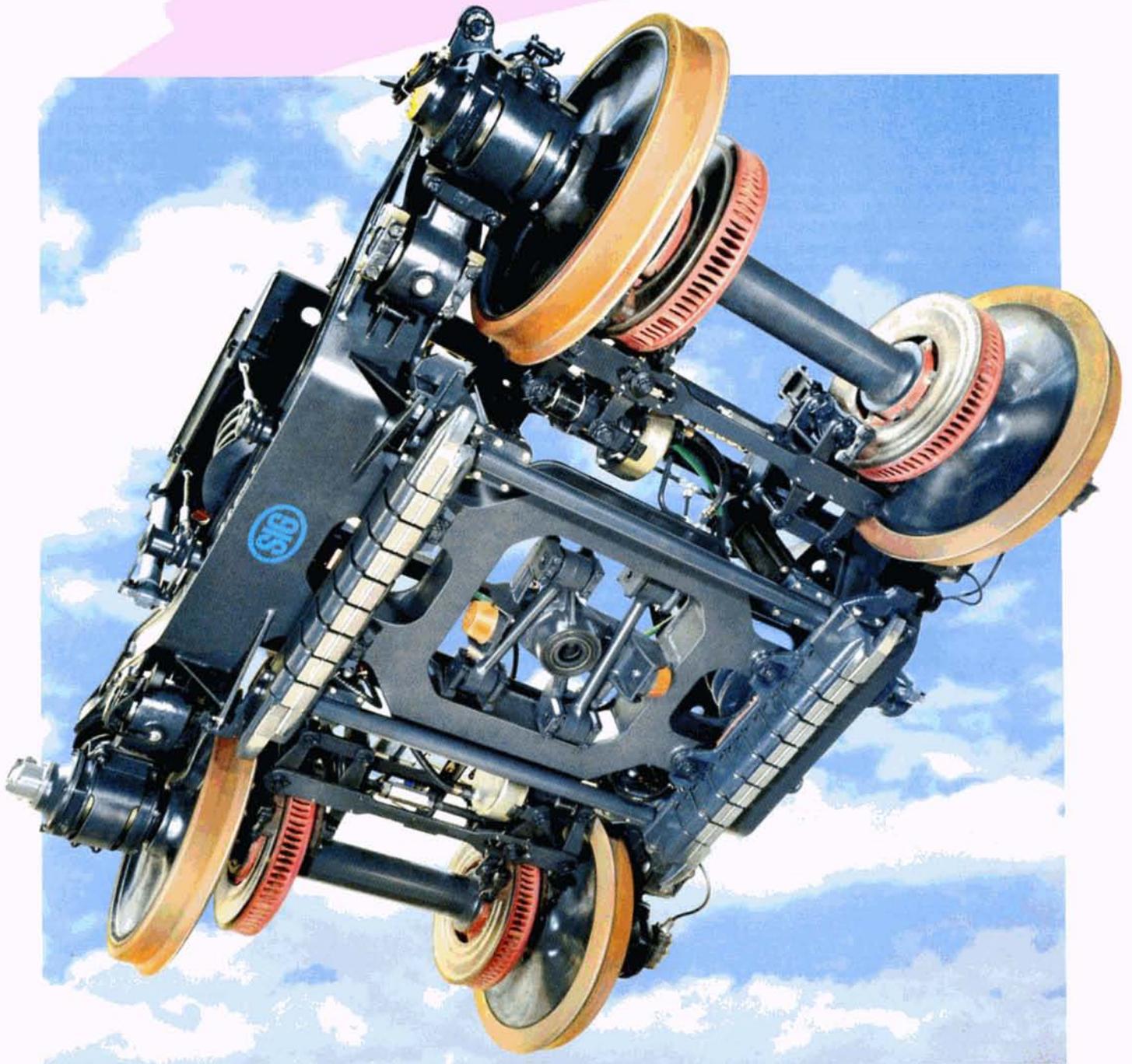
Diese Ergebnisse erlauben den folgenden Ausblick: Es muss für jeden Fall das bestgeeignete Wagenkastenneigungssystem gewählt und von Fall zu Fall optimiert werden. Dies, um den jeweils grössten Nutzen zu ziehen, das heisst ein vernünftiges Verhältnis Fahrzeitgewinn zu Mehraufwand zu erzielen. Diese Erkenntnis lässt es nicht empfehlenswert erscheinen, eine weitgehend einheitliche Lösung auf internationaler Basis zu entwickeln. Jedenfalls haben die vorgelegten Angebote gezeigt, dass die Anwendung von Drehgestellen mit radial einstellbaren Radsätzen für Wagenkastenneigungssysteme möglich ist. Wegen der komplizierten Zusammenhänge des Zusammenwirkens zwischen Gleis, Laufwerk und Wagenkasten erfordert das aber in jedem Fall eine gemeinsame Betrachtung des Gesamtsystems Drehgestell und Wagenkasteneneinrichtung.

Schaltvorrichtung:

- $v < 135 \text{ km/h}$:
- Zylinder von oben mit Druckluft beaufschlagt
 - Füllstück (1) wie rechts gezeichnet
 - niedrige Steifigkeit in Horizontalebene
- $v \geq 135 \text{ km/h}$:
- Zylinder von unten mit Druckluft beaufschlagt, zusätzlich
 - Füllstück (1) wie links gezeichnet
 - Feder (2) sichert Füllstück in oberer Endlage
 - höhere Steifigkeit in Horizontalebene



**Bahnen im Aufwind:
SIG-Drehgestelle
bringen
neuen Fahrkomfort.**



SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
CH-8212 Neuhausen am Rheinfall/Schweiz

Versuche

Einleitung

Will eine Bahn ein neues Fahrzeug in Betrieb setzen, so ist es empfehlenswert, die einschlägigen UIC-Vorschriften einzuhalten. Für die Zulassung eines Fahrzeugs im internationalen Verkehr ist dies eine Voraussetzung. Die UIC-Vorschriften regeln hinsichtlich der Versuche den Umfang und die lauftechnischen Grenzwerte. Es werden darin auch dem Stand der Technik entsprechende lauftechnische Werte empfohlen. Diese Unterscheidung hinsichtlich der lauftechnischen Werte wird deshalb vorgenommen, weil Grenzwerte aus Sicherheitsgründen eingehalten werden müssen, deren Unterschreitung jedoch Gleis und Rollmaterial schont und zeitgemässen Fahrkomfort bedeutet.

Ziel der Versuche

Eine Standardlösung wird nicht angestrebt, da der technische Fortschritt für die Zukunft nicht behindert werden soll. Die projektbegleitende Gruppe erwartet für das Laufdrehgestell die nachstehenden Ergebnisse:

- Vorschriften für den Bau von Laufdrehgestellen in Form eines Ergänzungsvorschlags zum UIC-Kodex,
- Vereinbarung von Grenzwerten für das Laufverhalten von Reisezugwagen.

Dazu sind

- a) jene Versuche festzulegen, welche gemäss bestehender Vorschriften für die Zulassung von Drehgestellen für Reisezugwagen notwendig sind. Diese Versuche werden auf Kosten der Hersteller durchgeführt.
- b) jene Versuche festzulegen, welche für die Ergänzung bestehender oder Erstellung neuer UIC-Merkblätter für bogengängige Reisezugwagendrehgestelle erforderlich sind. Diese Versuche werden auf Kosten der Bahnen durchgeführt.

Es ist sicherzustellen, dass alle Versuchsergebnisse den die Versuche mitfinanzierenden Bahnen zur Verfügung gestellt werden. Im weiteren sollen bei den Versuchen entstehende Schutzrechte jedem Berechtigten zur ausschliesslichen Benutzung zur Verfügung stehen.

EUROFIMA hat in der Folge nach diesen Richtlinien die Verträge für die drei Hersteller aufgestellt und mitunterzeichnet. Der bahnsseitige Vertragspartner der Firmen ist EUROFIMA.

Der ORE-Ausschuss B 176 hatte damit ein Versuchsprogramm aufzustellen, das den gesetzten Zielen vollumfänglich Rechnung trägt. Darüber hinaus sollen jedoch auch gesicherte Erkenntnisse über Nachweisrechnungen entstehen, so dass zukünftig die bestgeeigneten Mittel für die Zulassung und Verschleissbeurteilung von Laufwerken eingesetzt werden können. Die Versuche sollen gezielt dort durchgeführt werden, wo die Nachweisrechnungen gegebenenfalls kritische Zustände hinsichtlich Laufdynamik und Verschleiss aufzeigen.

Im folgenden werden diese Ausführungen anhand von einigen ausgewählten Beispielen erläutert:

- Die UIC-Merkblätter sehen die Messung der Rad/Schiene-Kräfte an den einzelnen Rädern nicht vor. Diese sind jedoch Voraussetzung für Aussagen über Verschleiss und Gleisbeanspruchung in Bögen. Darüber hinaus soll durch Vergleich zwischen Rechnung und Messung die quantitative Übereinstimmung ermittelt werden.
- Drehgestelle mit verbesserten Eigenschaften im Bogen müssen auch die physikalisch gegensätzliche Forderung nach gutem Laufverhalten bei Fahrt in der Geraden bei Höchstgeschwindigkeit erfüllen. Für diesen Zweck wird ein bekannter Vergleichswagen beigezogen, der die Forderung hinsichtlich der Fahrt in der Geraden erfüllt. Auch für den Bogen wird dieses Vergleichsfahrzeug Aussagen hinsichtlich quantitativer Verbesserungen durch die Neuentwicklung ermöglichen.
- Das UIC-Merkblatt legt die Trassierungsbedingungen, die regellosen Gleislagefehler und das Spektrum der Rad/Schiene-Berührungsgeometrie nicht in dem Umfang fest, wie dies das Lastenheft von ORE B 176 fordert. Die Versuche sollen zeigen, ob die im Lastenheft aufgestellten Forderungen unter realen Bedingungen zutreffen. Ebenso ist der Einfluss der realen Rad/Schiene-Geometrie auf das Laufverhalten zu untersuchen. Mit diesen gemessenen Werten (Rad/Schiene-Geometrie und Laufverhalten) können die lauf-

technischen Nachweisrechnungen wiederholt werden mit dem Ziel, die Zuverlässigkeit der rechnerischen Vorhersage zu überprüfen.

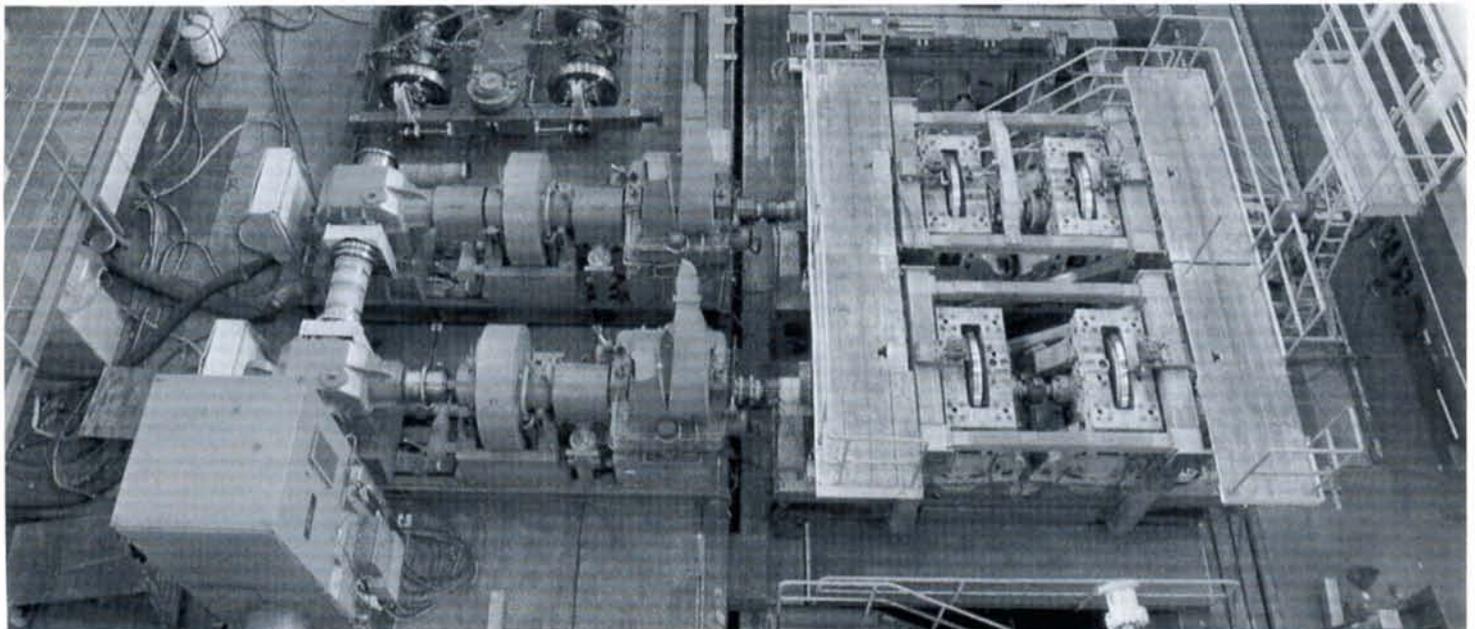
- Versuche auf dem Rollprüfstand in München liefern unter anderem Aussagen über das reale dynamische Eigenverhalten des Fahrzeugs. Er erlaubt vor allem die risikolose Untersuchung des Ausfalls von Bauteilen unter reproduzierbaren Bedingungen. Auch hier wird die Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Rechnungen überprüft.

Lastenheft für die Versuche

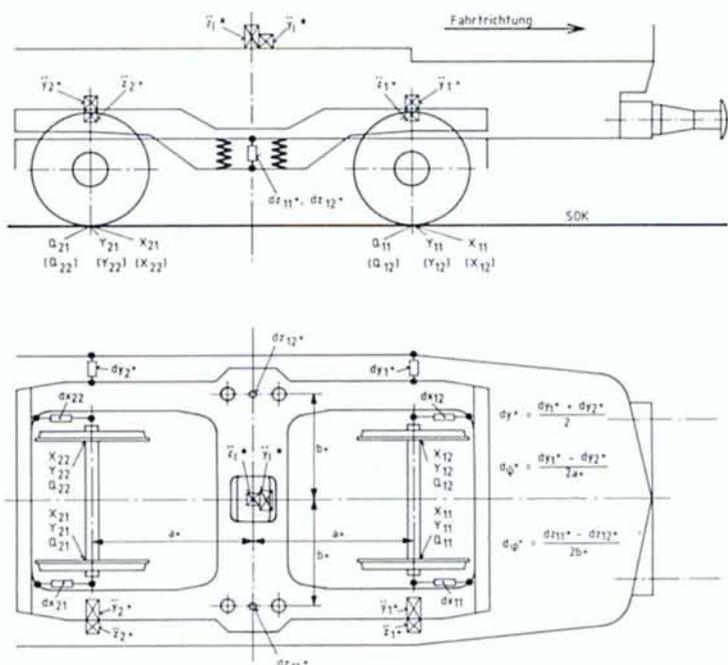
Gleichzeitige Ausmessung von drei Prototypen und einem Vergleichsfahrzeug für den internationalen Einsatz bedeutete von Anfang an einen enormen Messaufwand. Es war deshalb klar, dass diese Aufgabe von einem Partner allein nicht gelöst werden kann, so dass auch für die Messung eine internationale Ausschreibung ins Auge gefasst wurde. Grundlage für diese Ausschreibung war wiederum ein Lastenheft, diesmal jedoch für die Durchführung von Messungen und Versuchen. Das Lastenheft war in die nachstehenden Blöcke aufgeteilt:

- a) Rollprüfstandsversuche,
- b) Organisation und Durchführung von Versuchsfahrten auf der Strecke,
- c) Messgeräteausrüstung, Messungen, Analyse des Fahrkomforts und der Stabilität für die Streckenversuche,
- d) Messgeräte inklusive Messradsätze, Messungen, Analyse der Rad/Schiene-Kräfte für die Streckenversuche,
- e) Messgeräte, Messungen, Analyse der Anlaufwinkel zwischen Rad und Schiene bei Fahrt in Bögen,
- f) Messung der Gleisdaten,
- g) Erfassung der Rad- und Schienenprofile, Berechnung der Berührungsgeometrie Rad/Schiene, Untersuchungen des Verschleisses am Rad während einer zwei Jahre dauernden Betriebserprobung.

Zwei Grundzellen mit Antriebs- und Bremsseinheiten des Rollprüfstandes in München (Bild IABG).



Messstellenplan			
Formelzeichen	Messgrösse	Masseneinheit	Messrichtung
X_{11}, X_{21}	Längskraft am Radsatz 1 bzw. 2, rechtes Rad	kN	waagrecht - längs
X_{12}, X_{22}	Längskraft am Radsatz 1 bzw. 2, linkes Rad	kN	waagrecht - längs
Y_{11}, Y_{21}	Führungskraft am Radsatz 1 bzw. 2, rechtes Rad	kN	waagrecht - quer
Y_{12}, Y_{22}	Führungskraft am Radsatz 1 bzw. 2, linkes Rad	kN	waagrecht - quer
Q_{11}, Q_{21}	Radkraft am Radsatz 1 bzw. 2, rechtes Rad	kN	senkrecht
Q_{12}, Q_{22}	Radkraft am Radsatz 1 bzw. 2, linkes Rad	kN	senkrecht
\ddot{y}_1	Beschleunigung im Fahrzeugkasten über Drehgestell I	ms^{-2}	waagrecht - quer
\ddot{z}_1	Beschleunigung im Fahrzeugkasten über Drehgestell I	ms^{-2}	senkrecht
dy^*	Relativbewegung Fahrzeugkasten/Drehgestell I	m	waagrecht
$d\psi^*$	Verdrehung Fahrzeugkasten/Drehgestell I	—	waagrecht
$d\varphi^*$	Wanken des Fahrzeugkastens	—	senkrecht
dx_{11}, dx_{21}	Relativbewegung Radsatz 1 bzw. 2, rechtes Rad/Drehgestell I	kN	waagrecht - längs
x_{12}, dx_{22}	Relativbewegung Radsatz 1 bzw. 2, linkes Rad/Drehgestell I	kN	waagrecht - längs



Rollprüfstandsversuche

Die Rollprüfstandsversuche sollten an den drei Prototypfahrzeugen durchgeführt werden. Für jedes Fahrzeug standen im Zeitraum Februar 1990 bis April 1990 insgesamt drei Wochen (inklusive Auf- und Abrüsten) zur Verfügung. Es wurden die nachstehenden Versuchsbedingungen definiert:

- Messung der Stellung des Drehgestells bei geringer Geschwindigkeit unter schrittweiser Überhöhung des Gleises (0, 3, 6). Damit sollte der mittige Lauf des Fahrzeugs überprüft werden. Sollte durch die Einbautoleranzen der Radsätze im Drehgestellrahmen Schräglauf auftreten, so würde dies auch bei Fahrt in der Geraden Rad/Schiene-Verschleiss ähnlich wie bei Fahrt im Bogen zur Folge haben. Dieser Überprüfungs kommt insbesondere bei radial einstellbaren Radsätzen grosse Bedeutung zu.
- Ermittlung der Eigenfrequenzen bei geringen Geschwindigkeiten. Hier werden die Bewegungsformen und deren Frequenzen (Pendeln, Wanken, Drehen, Wogen, Nicken) der Fahrzeugteilsysteme untersucht.
- Ermittlung der Erregerfrequenzen und Untersuchung von Resonanzen. Das heisst, es wird untersucht, ob Fahrzeugeigenfrequenzen angeregt werden oder gar mit den Erregerfrequenzen zusammenfallen. Im weiteren werden die Dämpfungen ermittelt.
- Ermittlung der kritischen Fahrzeuggeschwindigkeit. Hier wird die Fahrzeuggeschwindigkeit schrittweise bis hinauf zum Eintreten des instabilen Laufs erhöht.
- Die oben aufgeführten Messungen werden mit verschiedenen Rad/Schiene-Berührungsgeometrien wiederholt. Dazu wird die äquivalente Konizität variiert.
- Messungen des Fahrkomforts im Wagenkasten unter Einleitung von regellosen Gleislagefehlern. Bei den Oberbaumessungen sind die Gleislagefehler mit dem Messwagen aufgezeichnet worden. Diese Gleislagefehler werden nun durch Bewegen der Rollen des Rollprüfstandes in das Fahrzeug eingeleitet.
- Analyse der Empfindlichkeit des Laufwerkes gegenüber Fehlfunktionen von Verbindungselementen. So kann beispielsweise

die Auswirkung bei Ausfall eines Schlingerdämpfers, einer Anlenkstange oder einer Primärfeder untersucht werden.

Organisation und Durchführung von Versuchsfahrten auf der Strecke

Für die internationale Zulassung der Fahrzeuge war es erforderlich, Versuche auf Strecken mit den beiden Schienenneigungen 1:20 und 1:40 durchzuführen. Auf diesen beiden Streckenarten mussten Hochgeschwindigkeitsversuche (bis 220 km/h) auf gerader Strecke und Versuchsfahrten in engen Bögen mit unausgeglichenen Querbewegungen bis $1,3 m/s^2$ durchgeführt werden. Ebenso war eine genaue Beschreibung der Strecken erforderlich. Dazu mussten nachstehende Angaben geliefert werden:

- Spurweite (Nennwert),
- Schienenneigung,
- Schwellentyp (Beton, Holz, Stahl),
- Schwellenteilung,
- gelaschtes oder verschweisstes Gleis,
- kurvenbedingte Spurerweiterung,
- Anwendung von Zwangsschienen,
- sonstige Besonderheiten.

Ebenso musste ein Verzeichnis der kilometrischen Lage der Gleisbögen, der Übergangsbögen, der Überhöhungsrampen und der Überhöhungen sowie eventueller „Fehlerprofile“ zur Verfügung gestellt werden. Ausserdem waren die Oberbaudaten vor den Versuchen nach einer vom ORE festgelegten Methode zur Erfassung der realen Gleisgeometrie zu messen.

Sowohl für die Oberbaumessfahrten als auch für die Messungen mit dem Versuchszug waren in Zusammenarbeit mit den Mess-teams Referenzmarken entlang der Versuchsstrecke anzubringen.

Für sämtliche Versuche mussten die Strecken, Triebfahrzeuge, allfällige Bremswagen und Personal zur Verfügung gestellt werden.

Messgeräteausrüstung, Messungen, Analyse des Fahrkomforts und der Stabilität für die Streckenversuche

Für sämtliche Versuchsfahrzeuge mussten die nachstehenden Grössen erfasst werden:

Die messtechnische Ausrüstung der Versuchsfahrzeuge. Mit grossen Buchstaben sind die Rad/Schiene-Kräfte bezeichnet. Ein oder zwei Punkte über den Buchstaben bedeuten Geschwindigkeit und Beschleunigung. Die Zeichen + oder * geben am Drehgestellrahmen und am Fahrzeugkasten gemessene Grössen an (Zeichnung SBB).

- Vertikal-, Quer- und Längsbeschleunigung des Wagenkastens,
- Rollbewegung, Vertikal- und Querverschiebung des Wagenkastens relativ zum Drehgestell,
- Vertikal- und Querbewegung des Drehgestells,
- Ausdrehung zwischen Wagenkasten und Drehgestell,
- Radsatzlager-Querverschiebung,
- Fahrgeschwindigkeit.

Für sämtliche gemessenen Grössen waren der geschätzte Aufzeichnungsbereich, die Genauigkeit in Prozent des Messwertes und die Signalfilter vorgegeben. Ebenso wurden Analyse und Berichterstattung spezifiziert.

Messgeräte inklusive Messradsätze, Messungen, Analyse der Rad-/Schiene-Kräfte für die Streckenversuche

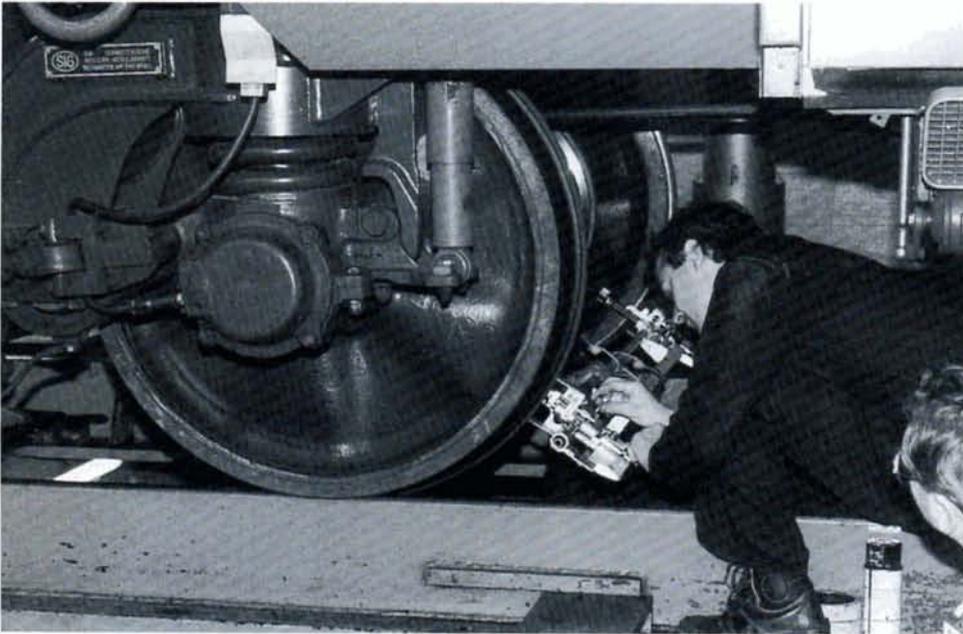
Für die Messung der Rad-/Schiene-Kräfte war eine der vom ORE akzeptierten Messmethoden anzuwenden. Es sind dies namentlich

- die Speichenmethode,
- die Radscheibenmethode,
- die Radsatzwellenmethode.

Voraussetzung war, dass für sämtliche Versuchsfahrzeuge dieselbe Methode anzuwenden ist. Erschwerend kam dazu, dass das FIAT-Drehgestell Losräder aufwies, was für derartige Messungen Neuland bedeutete.

Für sämtliche Fahrzeuge mussten die nachstehenden Grössen erfasst werden:

- seitliche Kraft (Y), Vertikalkraft (Q) und Längskraft (X) pro Rad;
- Summe der seitlichen Kräfte pro Radsatz (Summe Y) als Mass zur Beurteilung der Gleisverschiebungskraft;



Oben: Aufnahmen des Radprofils eines Radsatzes (Foto SBB)

Unten: Übersicht über das Ergebnis der Ausschreibung für Messungen und Versuche

Gegenstand	Ausführung durch
a) Rollprüfstandsversuche	Deutsche Bundesbahn (DB) und Industrie-Anlagen-Betriebs-Gesellschaft (IABG)
b) Organisation und Durchführung von Versuchsfahrten auf der Strecke	
b1) Hochgeschwindigkeit auf Strecken mit Schienenneigung 1:40	Deutsche Bundesbahn (DB)
b2) Bogenfahrten auf Strecken mit Schienenneigung 1:40	Schweizerische Bundesbahnen (SBB) und Lötschbergbahn (BLS)
b3) Hochgeschwindigkeit auf Strecken mit Schienenneigung 1:20	Ferrovie dello Stato (FS)
b4) Bogenfahrten auf Strecken mit Schienenneigung 1:20	Ferrovie dello Stato (FS)
c) Messgeräteausrüstung, Messungen, Analyse des Fahrkomforts und der Stabilität für die Streckenversuche	Ferrovie dello Stato (FS)
d) Messgeräte inkl. Messradsätze, Messungen und Analysen der Rad-/Schienen-Kräfte für die Streckenversuche	Deutsche Bundesbahn (DB)
e) Messgeräte, Messungen, Analyse der Anlaufwinkel zwischen Rad und Schiene bei Fahrt in Bögen	Kein Angebot, das die Anforderungen des Kostenpunkts erfüllt. Es wurde für eine vereinfachte Messung des Winkels zwischen Rad und Drehgestellrahmen entschieden und diese Aufgabe übertragen an Ferrovie dello Stato (FS)
f) Messung der Gleisdaten	British Rail (BR)
g1) Erfassung der Rad- und Schienenprofile bei den Streckenversuchen und Berechnung der sich daraus ergebenden Berührungsgeometrie	British Rail (BR)
g2) Erfassung der Radprofile, Verschleissuntersuchungen während Betriebserprobung, Berechnung der Berührungsgeometrie bei Paarung mit „idealer“ Schiene	Ferrovie dello Stato (FS)

– der Quotient aus seitlicher Kraft und Vertikalkraft pro Rad (Y/Q) zur Beurteilung der Entgleisungssicherheit.

Für die Summe der seitlichen Kräfte pro Radsatz (Summe Y) und die Quotienten Y/Q wurde die Bildung des gleitenden Mittelwertes gefordert (Digitalisierungsrate 0,1 m oder 150 Hz, Länge der Durchschnittsbildung 2 m, Schrittweite 0,5 m). Auch hier wurden wie oben Analyse und Berichterstattung spezifiziert.

Messgeräte, Messungen, Analyse der Anlaufwinkel zwischen Rad und Schiene bei Fahrt in Bögen

Versuche, bei denen Geräte zum Messen des Anlaufwinkels verwendet werden, haben das Ziel, die Radialeinstellung der Radsätze beziehungsweise Räder bei den verschiedenen Drehgestellkonstruktionen beim Durchfahren von Gleisbögen und beim Durchfahren von Übergangsbögen und Gegenkrümmungen zu ermitteln. Der Winkel zwischen Rad und Schiene muss mit einer Genauigkeit von 0,5 mrad erfasst werden. Bei jedem Versuchsfahrzeug müssen an einem Drehgestell die Anlaufwinkel aller Räder gemessen werden.

Messung der Gleisdaten

Die Gleisdaten werden für die theoretische Analyse der Ergebnisse der Messungen an den Versuchsfahrzeugen benötigt. Dazu sind erforderlich:

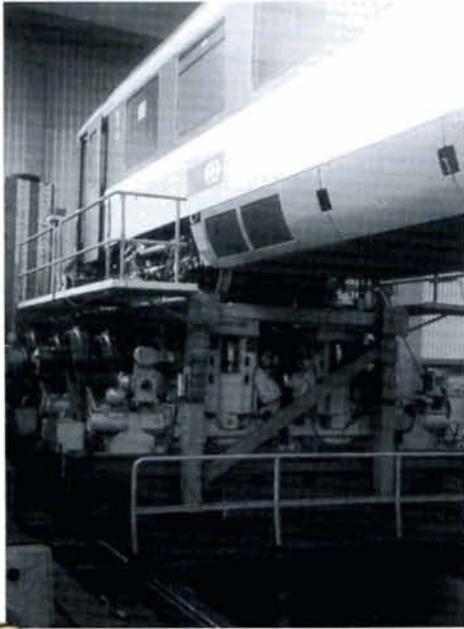
- Für Hochgeschwindigkeitsstrecken die spektrale Leistungsdichte und die Standardabweichung des Höhenverlaufs und des seitlichen Verlaufs der Gleisachse sowie der einzelnen Schienen zueinander. Die statistische Genauigkeit für die spektrale Leistungsdichte erfordert eine Länge der Datenabschnitte von 4 bis 10 Kilometern bei einem Messschrittintervall von höchstens 0,25 m.
- Für Versuchsstrecken mit Gleisbögen die Werte der Gleisüberhöhung, Gleiskrümmung und Spurweite.
- Auf allen Versuchsstrecken die Zeitreaktionen bei Übergängen und Einzelfehlern.

Die Messungen werden mit einem Gleirmesswagen durchgeführt.

Erfassung der Rad- und Schienenprofile, Berechnung der Berührungsgeometrie Rad/Schiene, Verschleissuntersuchungen am Rad während einer zwei Jahre dauernden Betriebserprobung

Es sind Profilabzeichnungen an den Radsätzen der Versuchsfahrzeuge sowie an den Schienen ausgewählter Abschnitte der Messstrecken durchzuführen und daraus die für das lauftechnische Verhalten der Fahrzeuge relevanten Messgrößen zu berechnen. Die Profilabzeichnungen an den Versuchsfahrzeugen wurden vor Beginn und nach Abschluss der Versuche vorgenommen. Die Profilabzeichnungen an den Gleisen der Messstrecken sind vor den Versuchsfahrten durchzuführen, wobei sowohl für Schnellfahrversuche als auch für Versuche in Bögen je 60 Gleisquerschnitte ausgewählt werden.

Die vier Versuchsfahrzeuge werden im Anschluss an die Fahrversuche in ein und demselben Zugverband einer zwei Jahre dauernden Betriebserprobung unterzogen. Für die Beurteilung der Radprofil- und Radverschleissentwicklung während dieser Zeit werden in Intervallen von 50'000 km Lauflei-



Oben links: SIG-Drehgestell auf dem Rollprüfstand in München (Foto W. Saliger).

Oben rechts: Gleismesswagen der British Rail auf BLS-Strecken (Foto G. Lauper).

stung die Radprofile abgezeichnet und ausgewertet.

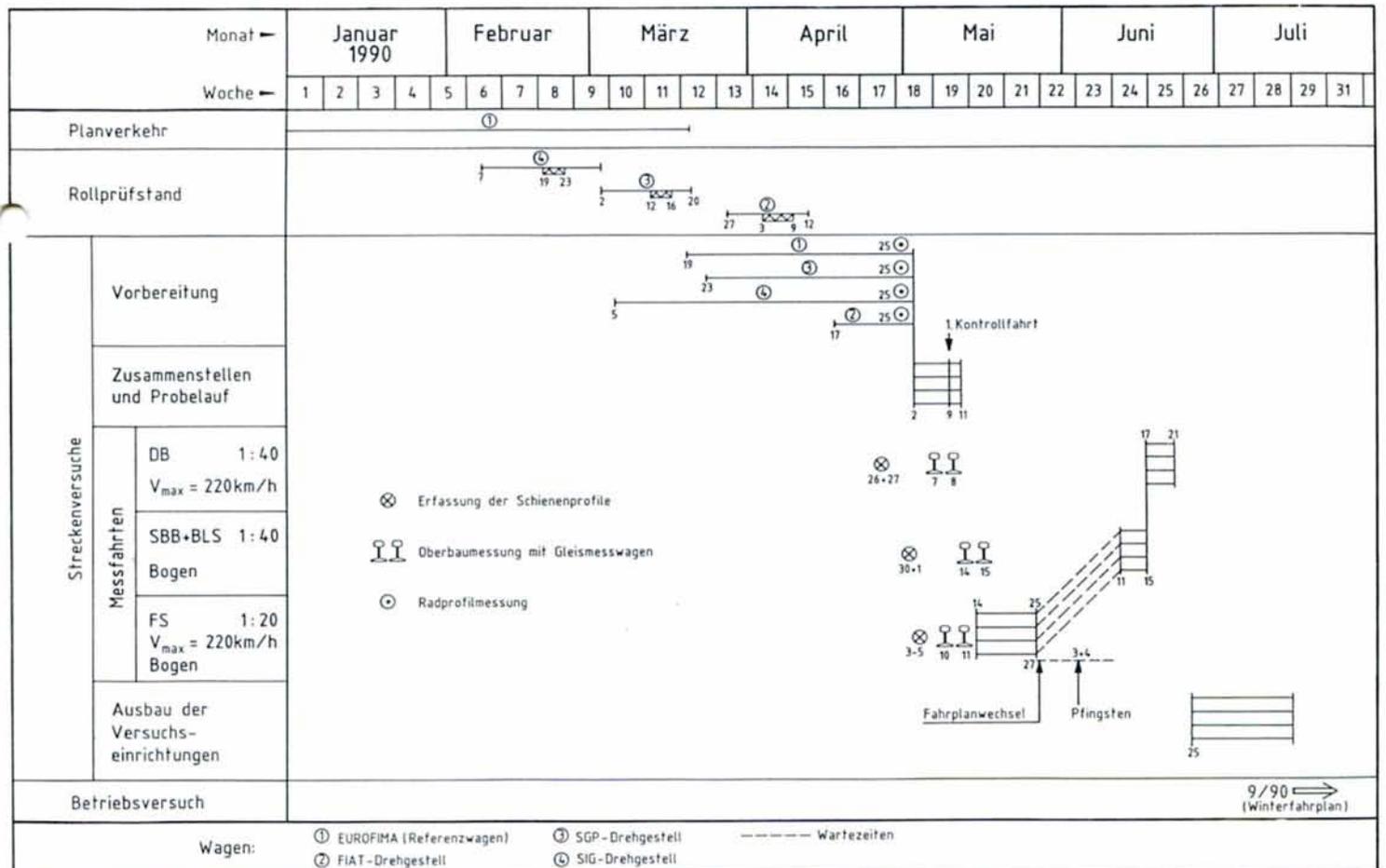
Ergebnis der Ausschreibung für Messungen und Versuche

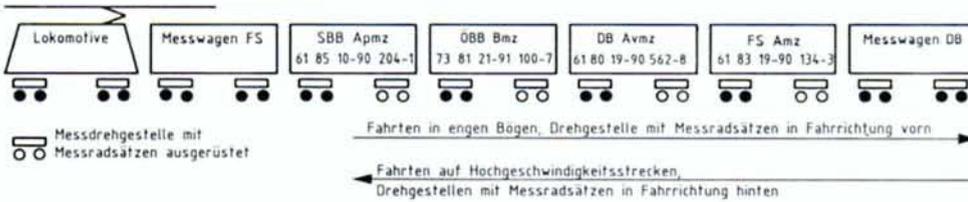
Mit Ausnahme der Anlaufwinkelmessung sind für alle oben beschriebenen Blöcke brauchbare Angebote eingereicht worden. Mit einer Ausnahme stammten alle Angebote von verschiedenen europäischen Bahnen. Die Messungen stellen hohe Anforderungen und sind vor allem sehr umfangreich. Bei der Auswahl der Messpartner spielte neben dem

Preis vor allem die Realisierbarkeit des Messvorhabens eine entscheidende Rolle. Zwischen Abgabe der Angebote und Beginn der Streckenversuche standen insgesamt sieben Monate für die umfangreichen Vorbereitungsarbeiten zur Verfügung. Die Versuche auf der Strecke sollten nicht mehr als vier Wochen in Anspruch nehmen. Die Tabelle auf Seite 14 zeigt die getroffene Wahl.

Die Gesamtkosten für die Versuche betragen rund drei Millionen Niederländische Gulden. Der zeitliche Ablauf kann dem Balkendiagramm entnommen werden.

Unten: Zeitplan für die Abwicklung der Versuche





Die Zusammensetzung des Zuges für die Streckenversuche (Zeichnung SBB).

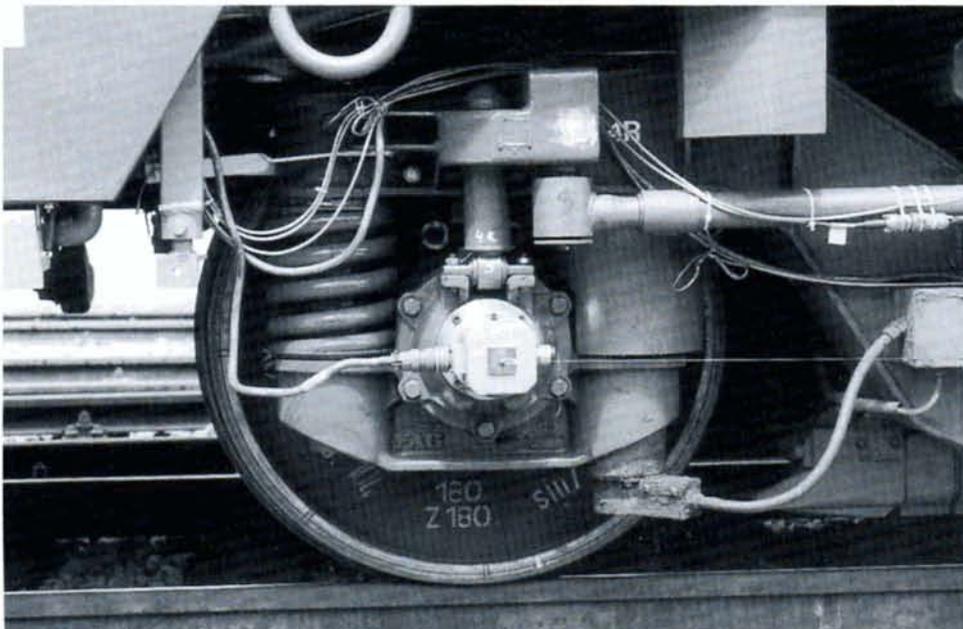
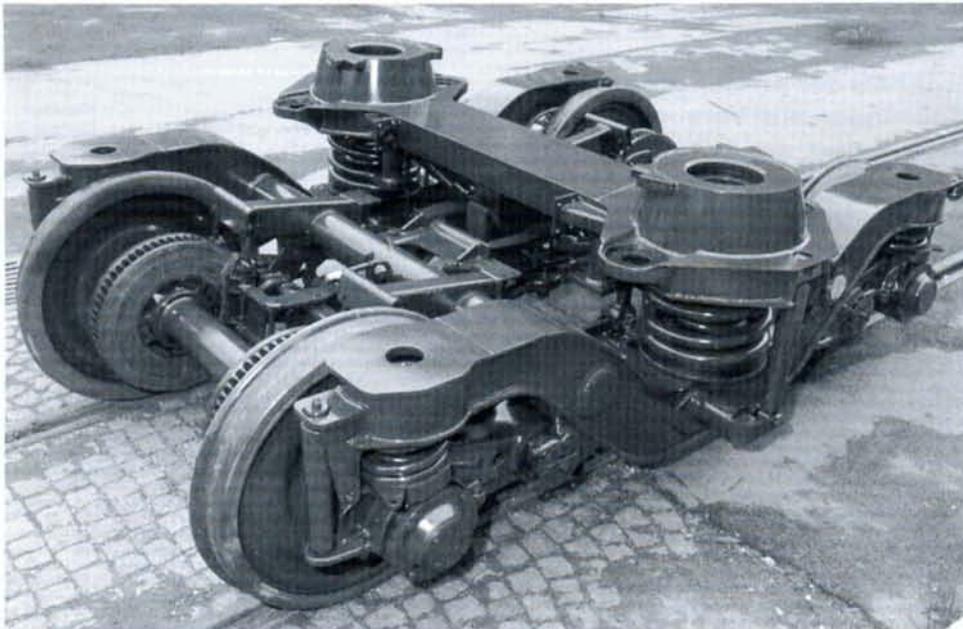
Versuchsdurchführung

Rollprüfstand

Die Versuche auf dem Rollprüfstand begannen im Februar 1990 mit den SIG-Drehgestellen, wurden mit den SGP-Drehgestellen fortgesetzt und endeten im April mit den FIAT-Drehgestellen. Der Rollprüfstand wurde von jedem Fahrzeug während drei Wochen belegt, wovon das Auf- und Abrüsten jeweils zwei Wochen beanspruchte. Somit stand je eine Woche für die Versuche zur Verfügung. Diese Zeit scheint kurz zu sein; es hat sich jedoch gezeigt, dass innert kürzester Zeit eine sehr grosse Anzahl von verschiedenen Versuchen gefahren werden können. Diese Zeit kann nur dann voll genutzt werden, wenn ein

Mitte: FIAT-Drehgestell Y 0270, das für die Versuche als Vergleichsdrehgestell dient.

Unten: Detailaufnahme der Radsatzführung beim SGP-Drehgestell (Foto SBB).



genaues Versuchspflichtenheft vorliegt. Für Optimierungsversuche ist die aktive Beteiligung von Vertretern des Drehgestellherstellers erforderlich, da in diesem Falle ein gemeinschaftliches Vorgehen unabdingbar ist. Diese interaktive Arbeitsweise ermöglicht zudem die Anpassung von Rechenprogrammen an die Versuchsergebnisse.

Über die quantitativen Versuchsergebnisse darf zur Zeit aufgrund der vertraglichen Bestimmungen mit den Herstellerfirmen nicht berichtet werden. Sie werden jedoch zu einem späteren Zeitpunkt in einem internen ORE-Bericht festgehalten und den Bahnen zugänglich gemacht.

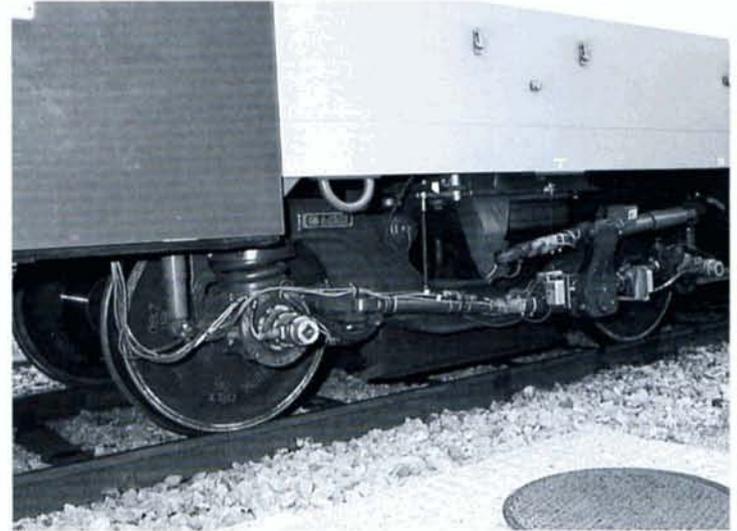
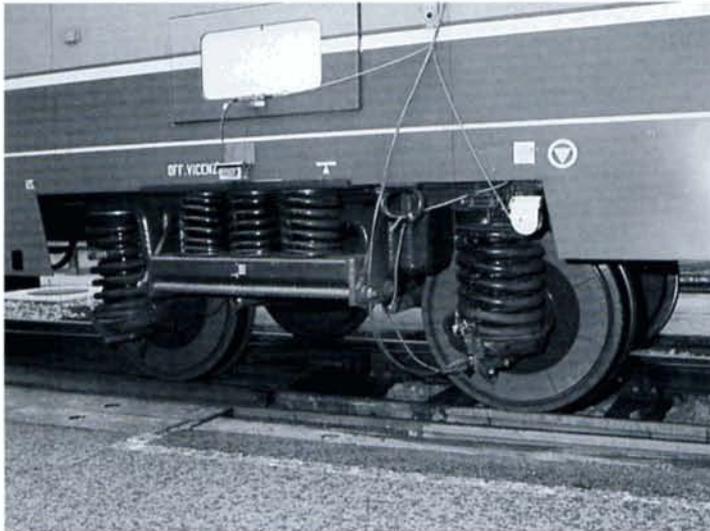
Das Eigen-, Stör- und Ausfallverhalten auf dem Rollprüfstand lieferte den Herstellern wertvolle Hinweise hinsichtlich der weiter vorzunehmenden Optimierungsschritte. Dies führte zu einigen Anpassungen an den Laufwerken vor Beginn der Streckenversuche. Ebenso wertvoll waren die Versuche für das ORE, wo – neben der Beurteilung – Grundlagen für die Interpretation der Streckenversuche gewonnen wurden. Für die Betriebsversuche konnte ein Teil des Massnahmenkataloges bei allfälligem Ausfall von Komponenten erarbeitet werden.

Streckenversuche

Die Vorbereitung der Fahrzeuge für die Streckenversuche erfolgte in der Versuchsanstalt der Deutschen Bundesbahn in Minden (Westfalen). Entsprechend der Verteilung der Aufgaben für die Streckenversuche auf verschiedene Bahnen (siehe Tabelle) mussten die Versuche koordiniert und die Arbeiten klar zugeteilt werden. So mussten unter anderem die Probleme der Schnittstellen der von den beiden Messteams (DB und FS) gemeinsam benutzten Messsignale gelöst werden. Es war ja auf jeden Fall sicherzustellen, dass die auf den verschiedenen Versuchsobjekten gemessenen Grössen zeitlich übereinstimmten und örtlich genau zugeordnet werden konnten. Das heisst, die vom Messteam der FS gemessenen Wege, Beschleunigungen und Komfortwerte mussten mit den vom Messteam der DB gemessenen Rad-/Schiene-Kräften zusammengeführt werden. Die örtliche Zuordnung der gemessenen Werte erfolgte durch Registrierung des Weges auf dem Messwagen der DB, wobei die Kalibrierung jeweils durch die vor den Messungen entlang der Versuchsstrecke platzierten Magnete erfolgte.

Zu diesem Zweck wurden die gesamten Versuchsstrecken mit ihren Trassierungs- und Gleisdaten wie Beginn und Ende der Übergangsbögen, der Gleisbögen, der geraden Streckenabschnitte, Schienentyp und Schwellenart in Datenbanken aufgenommen. Die Gleislage (Überhöhung, Spurweite, Gleisverwindung, usw.) und die Gleislagefehler wurden vorgängig mit dem Oberbaumesswagen der British Rail genauestens ausgemessen und sowohl auf Papier als auch auf Magnetbänder aufgezeichnet sowie statistisch ausgewertet. Auch hierfür wurden für die örtliche Zuordnung die Wege aufgezeichnet und mittels Referenzmarken entlang der Versuchsstrecken kalibriert. Die Daten zur Berechnung der Berührungsgeometrie Rad/Schiene wurden durch Aufnahmen an sämtlichen Versuchsradern und Abzeichnen ausgewählter Schienenquerschnitte entlang der Versuchsstrecken aufbereitet.

Die Streckenversuche begannen in Italien, wurden in der Schweiz fortgesetzt und endeten mit den Messungen in Deutschland. Das Bild oben zeigt die Zusammensetzung des



Versuchszuges. Er besteht aus dem Messwagen der FS, dem SBB-Wagen mit den SIG-Drehgestellen, dem ÖBB-Wagen mit den 3P-Drehgestellen, dem DB-Wagen mit den „EUROFIMA“-Vergleichsdrehgestellen, dem FS-Wagen mit den FIAT-Drehgestellen und dem Messwagen der DB. Für die Versuche in der Schweiz und in Deutschland wurde ein Energieversorgungswagen zur Speisung des FS-Messwagens (3000 V) mitgeführt.

Der EUROFIMA-Wagen war seinerzeit ebenfalls aus einer internationalen Ausschreibung entstanden, welche 1973 durch die europäischen Bahnen in Zusammenarbeit mit EUROFIMA durchgeführt wurde. Als Ergebnis jener Ausschreibung entstand unter anderem das FIAT-Drehgestell Y0270. Letzteres dient bei den vorliegenden Untersuchungen als Vergleichsdrehgestell. Es wird erwartet, dass sich die Neuentwicklungen vergleichsweise signifikant besser verhalten bei Fahrt im Bogen und mindestens ebensogut bei Fahrt auf gerader Strecke.

Bei den Wagen mit Messdrehgestellen war die Bremse an letzteren ausgeschaltet, was zu einem reduzierten Bremsverhältnis des Messzuges führte und infolgedessen zu besonderen betrieblichen Vorkehrungen Anlass gab. Der Versuchszug verkehrte zum Teil über den für den fahrplanmässigen Verkehr zugelassenen Höchstgeschwindigkeiten, was zusammen mit dem etwas schlechteren Bremsverhältnis zu längeren Bremswegen führte. Die Zulässigkeit dieser Fahrweise

wurde zuvor mit den Bau- und Betriebsdiensten genau abgeklärt und die entsprechenden notwendigen Massnahmen wurden vor den Messfahrten getroffen. In der Schweiz musste zudem vorgängig untersucht werden, in welchen Bögen mit der Lok der Baureihe Re 4/4 IV – sie zog den Versuchszug – schneller gefahren werden durfte. Das ORE forderte das Befahren einzelner Bögen mit einer unausgeglichenen Querbeschleunigung von $1,3 \text{ m/s}^2$ auf Gleisebene (die fahrplanmässigen Züge der SBB verkehren mit maximal $0,97 \text{ m/s}^2$). Dazu wurde die Lokomotive Re 4/4 IV 10102, welche mit Messradsätzen ausgerüstet war, auf den Versuchsstrecken der SBB und der BLS untersucht. Die Zulassung erfolgte durch die Bauabteilung nach Vergleich der Einzelradkräfte und der Radsummenkräfte mit den je nach Oberbauart zulässigen Werten. In Deutschland (Baureihe E 103) und in Italien (Baureihe E 444) waren derartige Voruntersuchungen nicht notwendig, da die Werte aus den früheren Versuchen bekannt waren.

Streckenversuche in Italien

Sämtliche Untersuchungen für die Schienenneigung 1:20 fanden in Italien statt. Für die Versuchsfahrten in engen Bögen wurde Pontassieve – Arezzo und für die Hochgeschwindigkeitsversuche der Abschnitt der Direttissima von Orte nach Chiusi ausgewählt. Die Versuche dauerten vom 14. bis zum

Oben links: FIAT-Losrad-Drehgestell mit Messaufnehmern unter FS-Wagen (Foto A. Staub).

Oben rechts: Das SIG-Drehgestell unter dem EC-Wagen der SBB, Es ist mit Messaufnehmern ausgerüstet (Foto A. Staub).

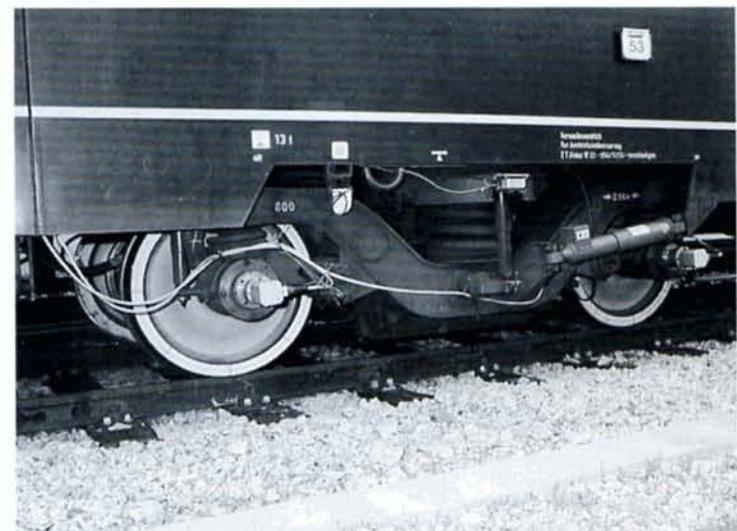
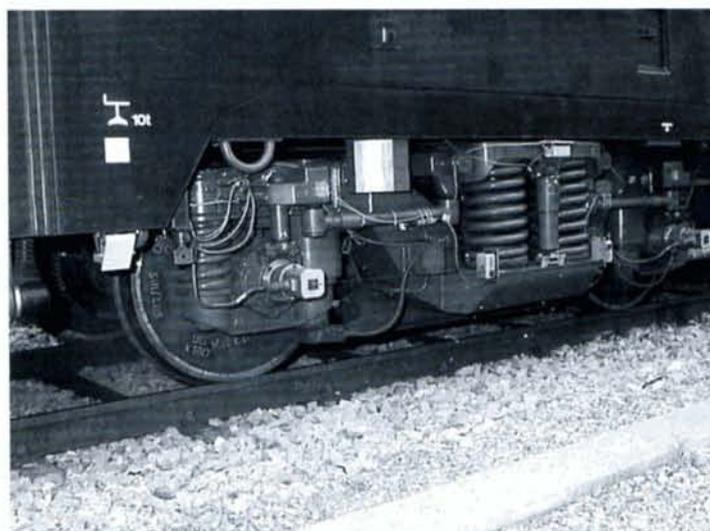
25. Mai 1990. Sie wurden bei heissem, trockenem Wetter durchgeführt, was für derartige Messungen ideale Verhältnisse ergab.

Streckenversuche in der Schweiz

Die Untersuchungen für die Schienenneigung 1:40 in engen Bögen fanden in der Schweiz statt und dauerten vom 11. bis zum 16. Juni 1990. Die Versuche wurden auf den nachstehenden Strecken durchgeführt:

Unten links: SGP-Drehgestell mit Messaufnehmern unter ÖBB-Wagen (Foto A. Staub).

Unten rechts: FIAT-Drehgestell Y 0270 mit Messaufnehmern unter einem EUROFIMA-Wagen der DB (Foto A. Staub).





Versuchszug mit dem Generatorwagen vor der Schiebelokomotive im Bogen von Sonceboz (Foto SBB).

Während zwei Tagen wurde insgesamt viermal die Strecke Bern – Lausanne – Yverdon – Neuchâtel – Biel – Bern durchfahren. Am ersten Versuchstag waren die Wetterbedingungen ideal (schön und warm), während es am zweiten Versuchstag regnete. Bei nassen Schienen sind bekanntlich die Rad-/Schiene-Kräfte klein. Die Versuchsstrecke bietet ein breites Feld von Einzelbögen im Radienbereich zwischen 350 m und 1000 m an.

Der Versuchszug bei Kumm (Foto F. Suter, 14.6.1990).

Während des dritten Versuchstages hielt man sich in einem speziell gewählten Einzel-

bogen auf. Es handelt sich um einen langgezogenen Einzelbogen mit 270 m Bogenradius. Er befindet sich unmittelbar nach der Station Sonceboz auf der SBB-Strecke Biel – Sonceboz – Delémont. Im Bogen von Sonceboz, der nicht durchgehend verschweisstes Gleis aufweist, wurden die nachstehenden Messungen durchgeführt:

- Untersuchung der Kräfte, Wege und Beschleunigungen bei schrittweise schnellerem Befahren des Bogens. Die Maximalgeschwindigkeit der fahrplanmässigen Züge beträgt für diesen Bogen 75 km/h



(entsprechend einer unausgeglichenen Querbesehleunigung von 0,8 m/s² auf Gleisebene). Für den Versuchszug war die Höchstgeschwindigkeit durch die Spurführungskräfte der Lokomotive vorgegeben und betrug 85 km/h (entsprechend 1,15 m/s²).

- Untersuchung des Lärms, wie er bei Fahrt im Bogen durch die Berührung von Rad und Schiene entsteht. Dabei interessiert, ob durch die Neuentwicklungen das Fahrgeräusch im Bogen reduziert wird.
- Untersuchung des Einflusses der Pufferkräfte (Stossvorrichtung zwischen den Wagen) auf die Kräfte zwischen Rad und Schiene. Die folgenden Kupplungszustände wurden untersucht:

Lose gekuppelt, das heisst die Pufferteller weisen einen Abstand von 10 mm auf; *eng gekuppelt*, das heisst nach Anliegen der Pufferteller wurde die Kupplungsspindel um zwei Umdrehungen zusammengezogen. Dieser Zustand wurde einmal mit gut geschmierten Puffertellern und einmal mit nicht geschmierten Puffertellern (hierfür wurde das Fett weggeschwemmt) hergestellt.

Messung der seitlichen Verformung des bogenäusseren Schienenkopfes. Diese Grösse wird anschliessend benutzt, um die rechnerische Modellbildung hinsichtlich der Schienenelastizität zu überprüfen.

Während der beiden anschliessenden Tagen fanden Messungen auf der BLS-Strecke Thun - Interlaken statt. Diese Strecke wurde ausgewählt, weil sie den Bereich der engsten Bogenradien abdeckt (Halbmesser bis 240 m). Schönes trockenes Wetter sorgte für ideale Bedingungen.

Der letzte Versuchstag in der Schweiz wurde dazu benutzt, das Verwindungsverhalten der Fahrzeuge zu untersuchen. In der Hauptwerkstätte Olten haben die SBB vor einigen Jahren ein Verwindungsgleis nach den Richtlinien des ORE erstellt (ORE B55), mit dem die Sicherheit der Fahrzeuge hinsichtlich Verwindungsentgleisungen untersucht wird. Das Gleis befindet sich in einem Bogen mit einem Halbmesser von 150 m. Es wechselt seine Überhöhung von -45 mm auf +45 mm so, dass eine Gleisverwindung von 3 ‰ steht.

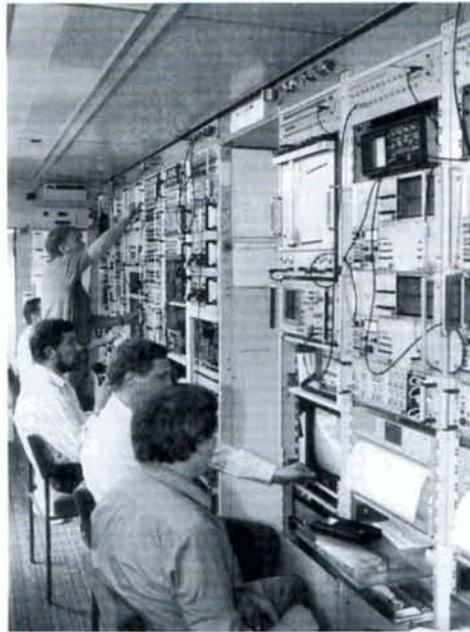
Streckenversuche in Deutschland

Die Hochgeschwindigkeitsversuche für die Schienenneigung 1:40 fanden vom 18. bis 22. Juni 1990 auf der deutschen Neubaustrecke zwischen Würzburg und Fulda statt. Ausserdem wurden zum Vergleich der Rollwiderstände der Wagen in Gleisbögen Ausrollversuche über Weichenverbindungen des Rangierbahnhofes Minden (Westfalen) durchgeführt.

Hinsichtlich der Aussagen über quantitative Versuchsergebnisse darf, wie oben beim Rollprüfstand ausgeführt, noch nicht berichtet werden. Die Versuchsberichte werden im Dezember 1990 zur Verfügung stehen. Die Herstellerfirmen wurden durch die Mess-teams periodisch und wenn Probleme auftraten unmittelbar über die Messergebnisse jeweils des sie betreffenden Drehgestells ins Bild gesetzt. Dies erlaubte ihnen, die weiteren Optimierungsschritte in die Wege zu leiten.

Betriebserprobung

Nach den Streckenversuchen wurden an sämtlichen Fahrzeugen die Messaufnehmer



Messmannschaft der DB bei der Arbeit (Foto G. Lauper).

Instandhaltung sichergestellt ist. Alle vier Wagen - das heisst drei Prototypwagen und der Vergleichswagen Typ EUROFIMA - laufen im selben Zugverband, im Normalbetrieb und mit Reisenden besetzt.

Ausblick

Die Betriebserprobung wird mit dem Fahrplanwechsel Herbst 1992 abgeschlossen sein. Ein Versuchsdrehgestell je Bauart wird anschliessend in seine Bestandteile zerlegt und genauestens hinsichtlich Verschleiss, Abnützungserscheinungen, Deformationen und Spielen ausgemessen und bewertet. Für die Schlussbewertung wird eine grosse Menge an Informationen verfügbar sein, wie dies aus oben Beschriebenem erahnt werden kann. Von Bedeutung werden jedoch nicht nur die Ergebnisse sein, sondern auch das bei diesem Projekt gewählte Vorgehen. Die hier vorgestellte Entwicklung eines neuen Produktes wird fünf Jahre beanspruchen. Eine lange Zeit vom Moment der Auftragserteilung bis hin zum Endergebnis. Ein Teil dieser Zeit wurde jedoch zur Definition des Standes der Technik aufgewendet und macht, mit den bereitgestellten Berichten, die Bahnen zu qualifizierten Bestellern. Damit bestehen aus Sicht des Bestellers Normen, die der heutigen Zeit angepasst sind. Die Hersteller werden mit klaren Forderungen der Bahnen konfrontiert, und es ist damit ein Weg aufgezeigt worden, bei dessen Einhaltung Entwicklungsrisiken beidseitig reduziert werden. Mit den Schlussfolgerungen werden die Bahnen Richtlinien und Empfehlungen für Drehgestelle mit verbesserter Fahrt in Bögen erhalten. Es werden ihnen Instrumentarien zur Verfügung gestellt, mit denen sich die angebotenen Konstruktionen bewerten lassen. Dazu gehören auch Nachweisrechnungen und Versuche sowohl auf dem Rollprüfstand wie auf der Strecke. Es ist zu erwarten, dass bei Wahl des beschriebenen Vorgehens zukünftige Drehgestellentwicklungen kürzere Zeit in Anspruch nehmen.

Zeitplan für die Betriebsversuche.

	Jahr →	1990												1991												1992											
		Monat → VII VIII IX X XI XII												I II III IV V VI VII VIII IX X XI XII												I II III IV V VI VII VIII IX X XI XII											
Vorbereitung	DB FS ÖBB SBB	[Timeline bars for 1990]												[Timeline bars for 1991]												[Timeline bars for 1992]											
Betriebsversuch	DB FS ÖBB SBB	[Timeline bars for 1990]												[Timeline bars for 1991]												[Timeline bars for 1992]											
Revision	DB FS ÖBB SBB	[Timeline bars for 1990]												[Timeline bars for 1991]												[Timeline bars for 1992]											
Isolaufnahme Probefahrt	DB FS ÖBB SBB	[Timeline bars for 1990]												[Timeline bars for 1991]												[Timeline bars for 1992]											
Rad-Profilaufzeichnungen (FS)		[Timeline bars for 1990]												[Timeline bars for 1991]												[Timeline bars for 1992]											
Untersuchung und Begutachtung der Versuchsfahrzeuge (ORE B11s/2)		[Timeline bars for 1990]												[Timeline bars for 1991]												[Timeline bars for 1992]											
		[Timeline bars for 1990]												[Timeline bars for 1991]												[Timeline bars for 1992]											

Nur wer in der Entwicklung
Extremes verwirklicht,
kann in der Serie Optimales bieten!



SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
CH-8212 Neuhausen am Rheinfall/Schweiz



Die neuen Pendelzüge (NPZ) der Schweizerischen Bundesbahnen in der Serienausführung



Sonderdruck aus SCHWEIZER EISENBAHN-REVUE 3/1987
Verlag: Minirex AG, Maihofstrasse 63, Postfach, CH-6002 Luzern
Druck: Ley+Co., CH-6004 Luzern
Gedruckt in der Schweiz

Titelbild:
Das Bild der Regionalzüge wandelt sich: Die Ablieferung von sechzig Pendelzügen RBDe 4/4 und Bt an die SBB hat begonnen (RBDe 4/4 2104 am 23.4.1987 in Denges.)

Die Neuen Pendelzüge (NPZ) der Schweizerischen Bundesbahnen in der Serienausführung

Wolfgang Baumgartner, dipl. Ing. ETH

Prototypen, Inbetriebsetzung und Erfahrung

Im Verlauf des Jahres 1984 wurden vier Prototypzüge, bestehend aus den Triebwagen RBD 4/4 2100-2103 und den Steuerwagen Bt 50 85 29-34 900 - 903, in Betrieb genommen. Diese in der SER 4/1984 ausführlich beschriebenen Fahrzeuge basieren auf den erfolgreich in grösseren Stückzahlen verkehrenden Trieb- und Steuerwagen der BT, BLS, GBS, SEZ, GFM, RVT, EBT, SMB und VHB. Die Prototypzüge wurden der Depotinspektion (DI) Lausanne zugeteilt und verkehrten bis 1987 mit angepassten Zwischenwagen in der Zusammensetzung RBD 4/4-AB - B - B - Bt hauptsächlich auf der Strecke Thun - Bern - Fribourg. Die durchschnittliche Laufleistung betrug 1985: 110'000 km, 1986: 120'000 km.

Diese Laufleistungen liegen noch unter den Erwartungen, weil die neugebauten Fahrzeuge erst zu 68.9% (1986) für den Betrieb verfügbar waren. Die übrige Verwendung der Fahrzeuge verteilt sich auf 20.7% für Unterhaltsarbeiten im Depot und in der Hauptwerkstätte sowie 10.4% für Änderungen, Versuche und Instruktionen. Diese relativ niedrige Verfügbarkeit ist die Folge einer grösseren Anzahl kleinerer Mängel, die während der Prototypenprobung auftraten. Schwerwiegende Fehler, die auf einen grundsätzlichen Mangel schliessen lassen müssten, wurden

Rohbaukasten des Triebwagens. Zu erkennen sind unter anderem die neuen Sander-Einfüllöffnungen und das neugestaltete obere Spitzenlicht-Gehäuse (Foto SWA).

nicht festgestellt. Die Schlussfolgerungen aus diesen Vorkommnissen wurden in einer Liste notwendiger oder wünschbarer Änderungen zusammengestellt. Sie umfasst über 150 Positionen, die teilweise technisch und betrieblich bedingt sind, teilweise aber aus marktseitigen Forderungen folgen. Einzelne Verbesserungen werden durch in der Zwischenzeit verfügbare neue Apparate erreicht.

In den Jahren 1985 und 1986 haben die SBB zwei Serien von je 30 Neuen Pendelzügen bestellt, deren Ablieferung im April 1987 begonnen hat. Bei diesen Seriefahrzeugen werden die geschilderten Verbesserungen berücksichtigt, bei den Prototypen sind oder werden sie bei geeigneter Gelegenheit nachgeholt.

Serienausführung Wagenbaulicher Teil

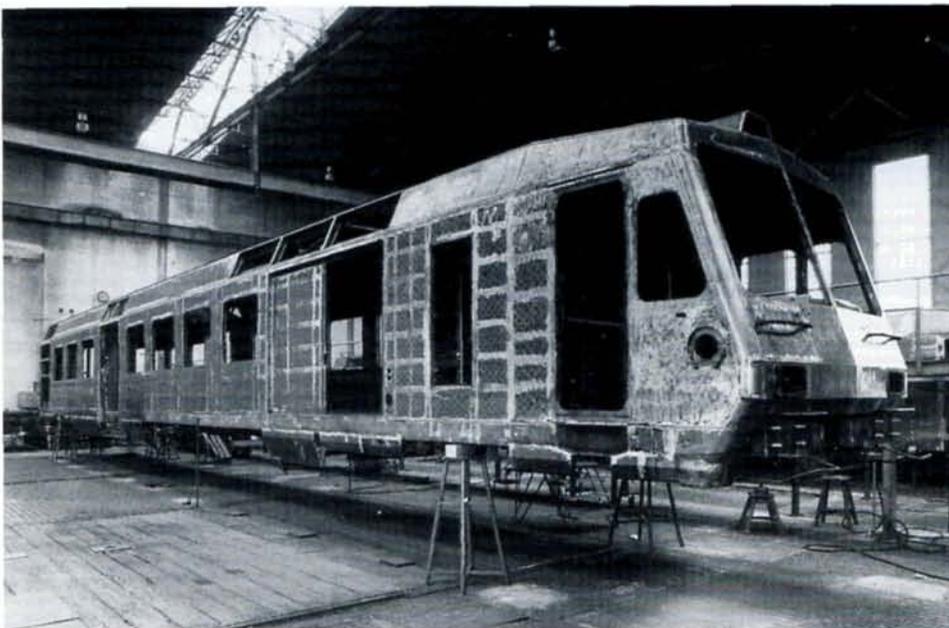
Die grundsätzliche Konzeption hat sich besonders beim Triebwagen bewährt und musste nicht geändert werden. Aus Komfortgründen wurde der Steuerwagen im Bereich der Drehgestelle und des Wagenbodens gründlich überarbeitet. Der Triebwagen enthält weiterhin nur einen Führerraum ohne Übergangseinrichtungen, ein kleines Gepäckabteil mit Apparateräumen und dem Arbeitsplatz des Zugführers, zwei Nichtraucherabteile mit dem dazwischenliegenden Einstieg sowie weitere Apparateräume am Wagenende 2. Der Steuerwagen enthält zwei Einstiege, je einen für das Raucher- und Nichtraucherabteil. Am Ende 1 ist das WC, am Ende 2 der Führerraum angeordnet.

Rohbaukasten

Die für einen Pufferdruck von 1500 kN ausgelegten Wagenkasten bestehen aus elektrisch verschweissten Stahlprofilen und -blechen. Am Rohbauwagenkasten wurden folgende wesentliche Modifikationen vorgenommen:

- Besonders auffallend ist der Wegfall einer Stufe im Einstieg des Steuerwagens, um die Einstiegsverhältnisse zu verbessern. Dafür müssen Rampen beim Zugang in die Abteile in Kauf genommen werden. Die Konzeption stammt vom Steuerwagen der BT-Pendelzüge.
- Für den Anstrich wurde auf Grund einer Kundenbefragung die kobaltblaue Version gewählt. Das Grau wird allerdings aufgehellt (NCS 2000), die Fronten werden definitiv rot (RAL 3000), die Einstiegstüren dagegen gelb (RAL 1023). Diese Farbvielfalt führte zum neuen Namen „Kolibri“.
- Um die Adhäsionsverhältnisse, vor allem in laubreichen Gegenden (Jura), zu verbessern, werden Sander eingebaut. Diese Massnahme erforderte ziemlich viele Anpassungen an den vorhandenen Apparaten.
- Das Ansauggitter für den Kompressor wird von der Dachkante in die Seitenwand verlegt. Dadurch lässt sich der Lufteintritt von der Fahrmotorventilation entkoppeln und so die Kühlung des Kompressors sicherstellen.

Einstiegsanordnung des Steuerwagens. Gegenüber dem Prototyp ist eine Stufe weggefallen, die Türschwennarme wurden neu ausgebildet, und die Haltegriffe wurden besser angeordnet (Foto SWA).



Schindler Waggon 



Foto Hp. Huvvler

Schweizer Rollmaterial

für Schweizer Bahnen

Schindler Waggon AG
4133 Pratteln
Telefon 061/84 9111

Schindler Waggon Altenrhein AG
9423 Altenrhein
Telefon 071/43 0101

SIG Schweiz. Industrie-Gesellschaft
8212 Neuhausen am Rheinfall
Telefon 053/8 6111

— Die Anordnung und Gestaltung der Trittstufen bei den Führerraumeinstiegen wurde verbessert, um das Besteigen des Fahrzeuges bequemer und sicherer zu gestalten.

Kastenausbau

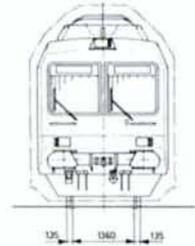
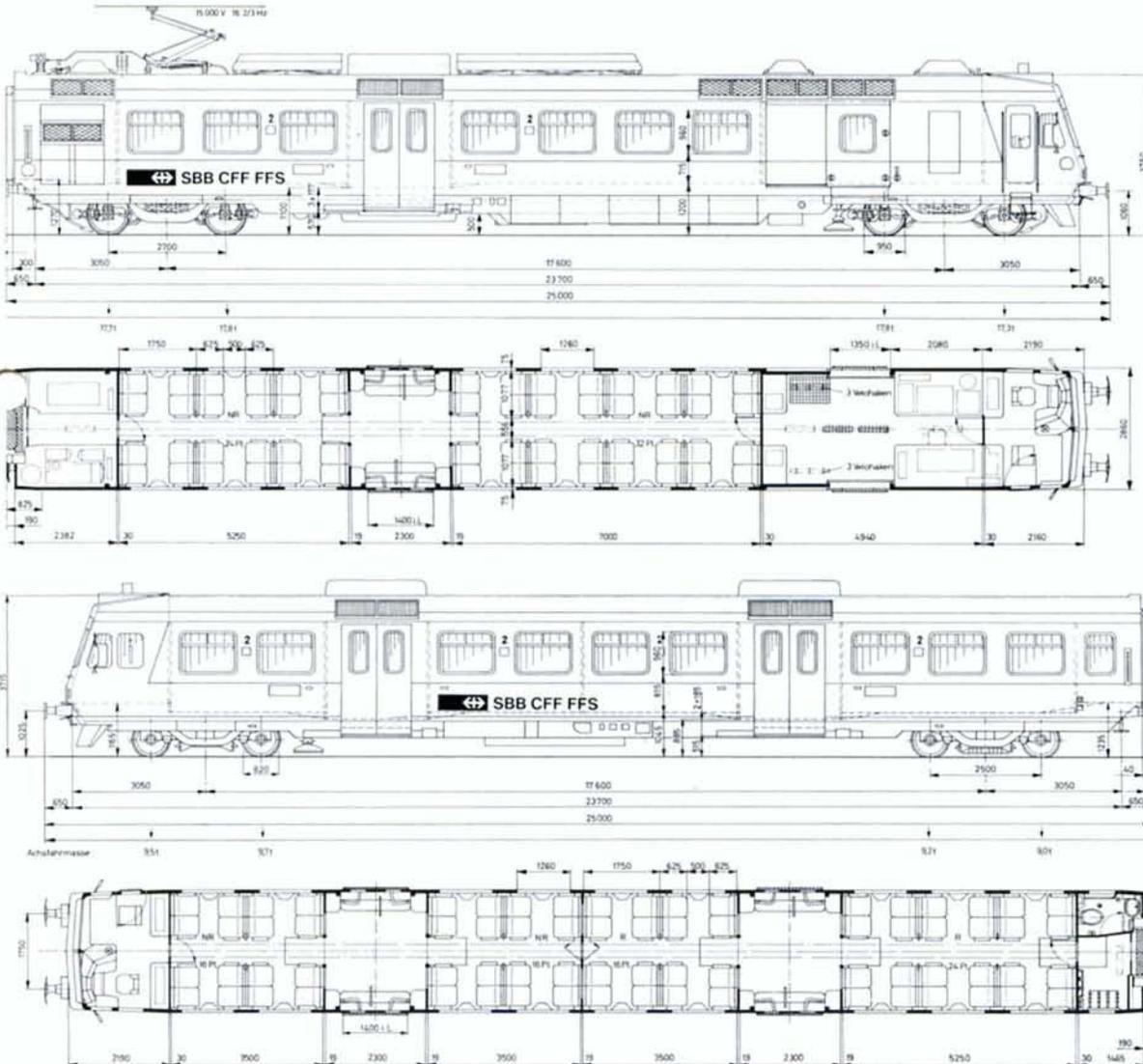
Zum Kastenausbau gehören die fest eingesetzten Fenster mit Isolierverglasung und Schiebeoberteil, die zweiflügeligen Aussenschwingtüren mit einer lichten Weite von 1400 mm, die Wand- und Deckenverkleidungen, der Fussboden sowie Teile des Führerraumes und des Gepäckabteils. Folgende wichtige Änderungen wurden in diesem Bereich ausgeführt:

- Die Seitenwandfenster und die Abteiltrennwände gegen die Einstiege werden aus Klarglas gefertigt, um die Lichtdurchlässigkeit zu verbessern.
- Die Fensterverkleidungsrahmen werden mit einer Melanim-Beschichtung versehen. Damit kann die Verschmutzungsanfälligkeit reduziert und folglich das Aussehen verbessert werden.
- Die Türschwenkarme werden sicherer gestaltet; gleichzeitig können sie als Handläufe beim Ein- und Aussteigen benutzt werden.
- Die störungsanfälligen Absperr-Schalter auf den Einstiegstürflügeln werden durch solche am Türportal ersetzt, die Relais-Türsteuerung wird durch eine elektronische Einheit abgelöst.

- Um die Zugänglichkeit im Führertisch zu verbessern, wurden Schnellverschlüsse für die Tafeln und Deckel vorgesehen und die Fussnische demontierbar gestaltet.
- Für die Rückblickspiegel wurde eine einfachere Bauart entwickelt. Sie sind neu mit einfachwirkenden Antriebszylindern mit Rückstellfedern ausgerüstet.
- Die Führerraum-Senkfenster wurden ebenfalls neu konstruiert. Sie sind damit leichtgängiger geworden. Zudem konnte die Zugänglichkeit und Abdichtung verbessert werden.
- Im Steuerwagen wird in der Führerraum-Rückwandtüre ein Fenster mit einem Rollvorhang eingebaut. Damit wird der von einzelnen Reisenden geschätzte Ausblick auf die Strecke wieder möglich. Der im Zusammenhang mit der Einstiegsverbesserung anders angeordnete Fussboden erfordert neu eine Trittstufe zwischen Abteil und Führerraum.
- Der Abteilbodenbelag wurde durch Elimination der Noppen unter den Sitzen reinigungsfreundlicher gestaltet.
- Der Einbau von Lichtschranken und Druckdifferenzschaltern erlaubt eine Verbesserung des Einklemmschutzes an den Gepäckraum-Schiebetoren.
- Die Dachhauben des Steuerwagens wurden besser abgedichtet.
- Die Einhängestelle für die Dachleiter befindet sich jetzt am Wagenende 2. Dies ermöglicht einen direkten und damit sichere

Technische Daten

Triebwagen:	
Sitzplätze	56
Gepäckraum	
Lastgrenze	2 t
Ladefläche	7 m ²
Dienstmasse	
voll belastet	79 t
leer	70 t
Raddurchmesser	950 mm
Getriebeübersetzung	1:3,52
Anzahl Fahrmotoren	4
Maximale Anfahrzugkraft	
am Rad	182 kN
Stundenzugkraft	
am Rad bei 76 km/h	78 kN
Stundenleistung	
am Rad bei 76 km/h	1650 kW
Stundenleistung an den Motorwellen bei 76 km/h	1760 kW
Dauerleistung	
am Rad bei 78 km/h	1560 kW
Dauerleistung an den Motorwellen bei 78 km/h	1680 kW
Höchstgeschwindigkeit	140 km/h
Bremse	CrRaO-R
Maximale Bremskraft	95 kN
Steuerwagen:	
Sitzplätze	72
Dienstmasse	
voll belastet	46 t
leer	37 t
Raddurchmesser	820 mm
Höchstgeschwindigkeit	140 km/h
Bremse	O-R Ra GS Mg



Typenskizze der Serienausführung der neuen Pendelzüge: RBD 4/4 2104-2163 und BT 29-34 904-963 (Zeichnung SBB).



renen Zugang zum Stromabnehmer und zur übrigen Dachausrüstung.

Wagenbauliche Ausrüstung

An der wagenbaulichen Ausrüstung, bestehend unter anderem aus der konventionellen Bestuhlung in Vis-à-vis-Anordnung, den Längsgepäckträgern, den Abteilwänden und diversen Ausrüstungsteilen, sind ebenfalls verschiedene Verbesserungen vorgenommen worden:

- Sitz- und Rückenpolster werden jetzt aus Komfortgründen mit Flachgewebe statt mit Kunstleder bezogen. Zudem sind die Kopfpolster eingesattelt und nicht mehr durchgehend ausgebildet.
- Wegen der Rampen im Steuerwagen konnte kein brauchbares Behindertenabteil mehr vorgesehen werden. Ein Ersatz findet sich im Zwischenwagen AB.
- Im Bt wird zusätzlich ein Kinderski-Rechen eingebaut.
- Die Notwendigkeit der Pendeltüre im Durchgang des Gepäckabteils bestätigte sich nicht. Dafür wünschte das Zugpersonal eine Sitzgelegenheit beim zugehörigen Arbeitsort.
- Die Zugvorrichtung besteht neu aus einem Federpaket der Bauart Miner. Damit kann eine bessere Dämpfung, eine einfachere Zugänglichkeit und eine Masseneinsparung realisiert werden. Der Zughakenbolzen ist schmierbar, der Zughaken gebücht. Damit sollen die Knarrgeräusche und der Verschleiss reduziert werden.
- Die Kupplungsdose für die Vielfachsteuerleitung wird etwas versetzt, um mit der Normkabelänge auch extreme S-Kurven befahren zu können.
- Der Bahnraum kann dank der kleineren Federwege im Steuerwagen tiefer gesetzt werden. Zudem wird die Befestigung vereinfacht.
- Rangiertritte und -griffe stammen aus EW-IV-Beständen. Infolge geänderter UIC-Vorschriften werden sie dort nicht mehr benötigt.

Drehgestelle

Motordrehgestelle

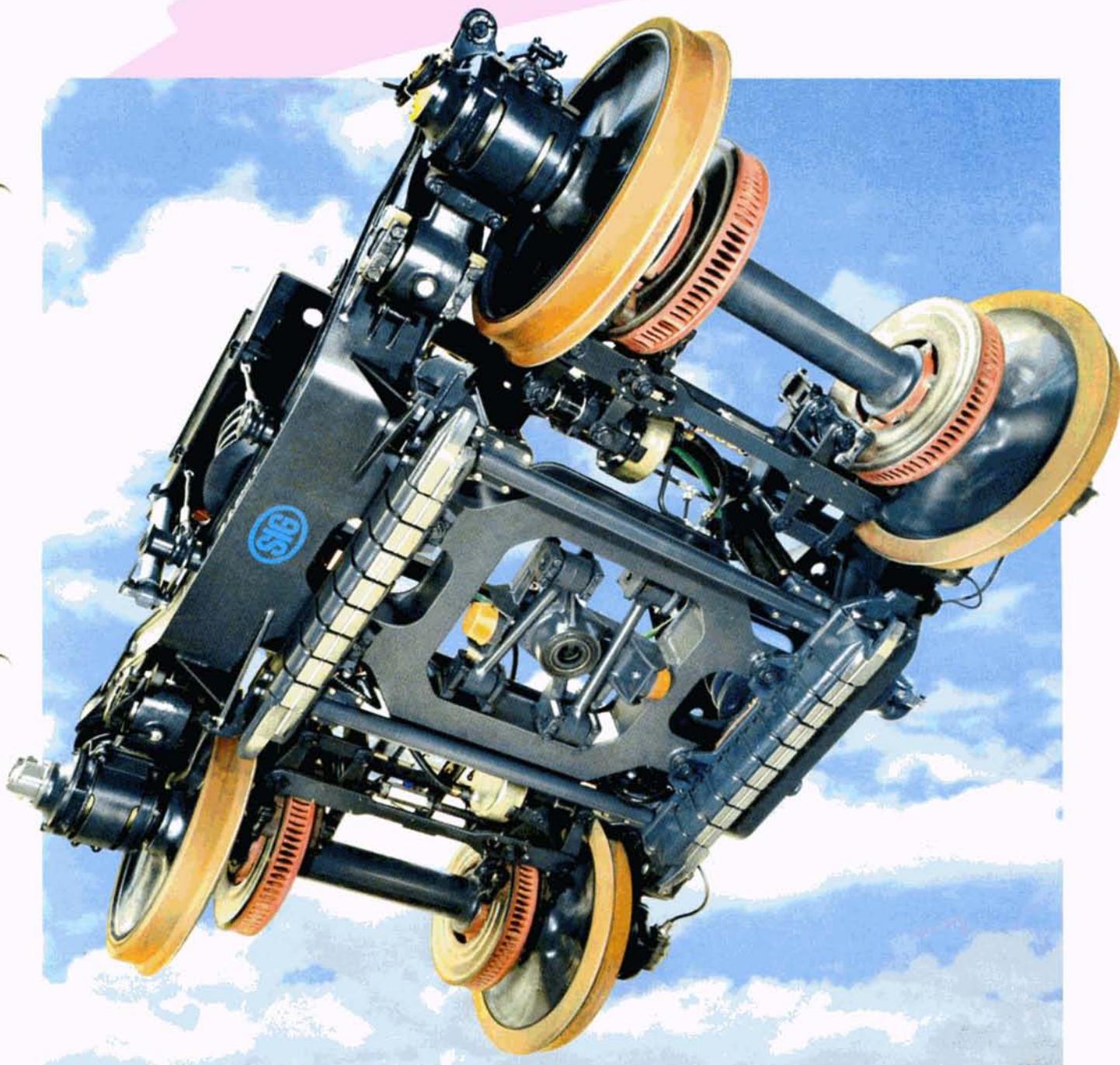
Bei den Motordrehgestellen beschränkte sich die wesentlichen Änderungen auf die notwendigen Anpassungen für den Einbau von Sandern und der erweiterten Zugsicherung sowie auf einige Verbesserungen für den Unterhalt und die Wintersicherheit. Ausserdem werden erstmals bei einem SBB-Triebfahrzeug Kartuschenlager eingebaut. Kartuschenlager sind vollständig vormontierte, bereits gefettete Lagereinheiten, bestehend aus zwei Innenringen, zwei Reihen Kegelrollen, einem Aussenring und einem Dichtungssystem. Die Umstellung auf diesen kompakten und zudem noch preisgünstigen Lagertyp ist bei der S-Bahn aus Platzgründen zwingend. Das Ausrüsten des NPZ mit solchen Lagern erlaubt das Sammeln von Erfah-

Oben: Zwischenwagen AB in der Hauptwerkstätte Bellinzona, hergerichtet aus normalem AB der Einheitsbauart II (Foto SBB).

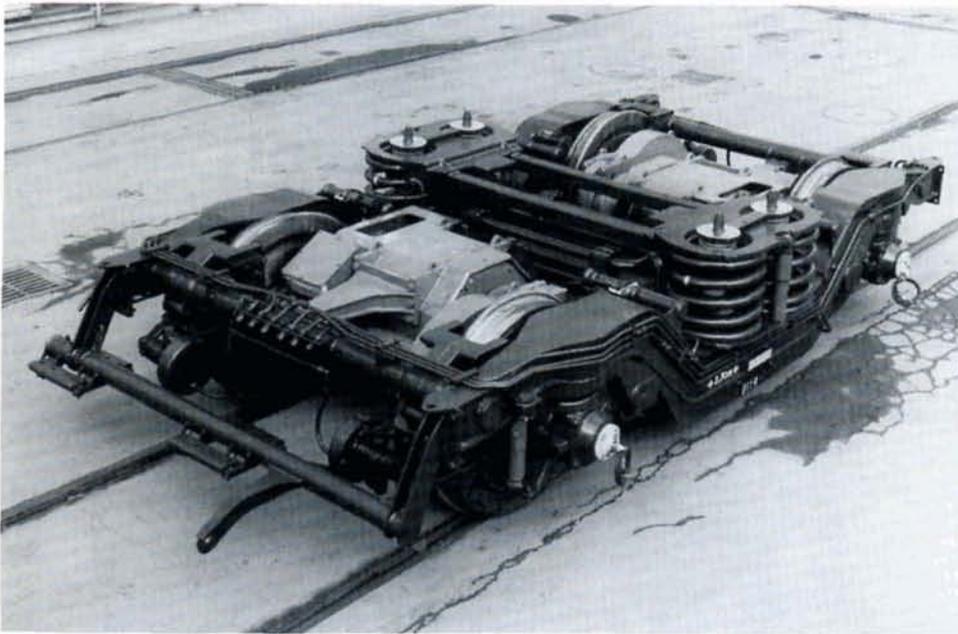
Mitte: Innenansicht des Raucherabteils im Steuerwagen. Gut zu erkennen ist die Rampe zum Einstiegsraum (Foto SWA).

Unten: Zwischenwagen B in der Hauptwerkstätte Olten. Vier der zu Zwischenwagen umgebauten Einheitswagen I wurden der Sensetalbahn verkauft (Foto STB).

**SIG-Drehgestelle für die Bahn:
Die Zeiten,
in denen Fliegen schöner war,
sind vorbei.**



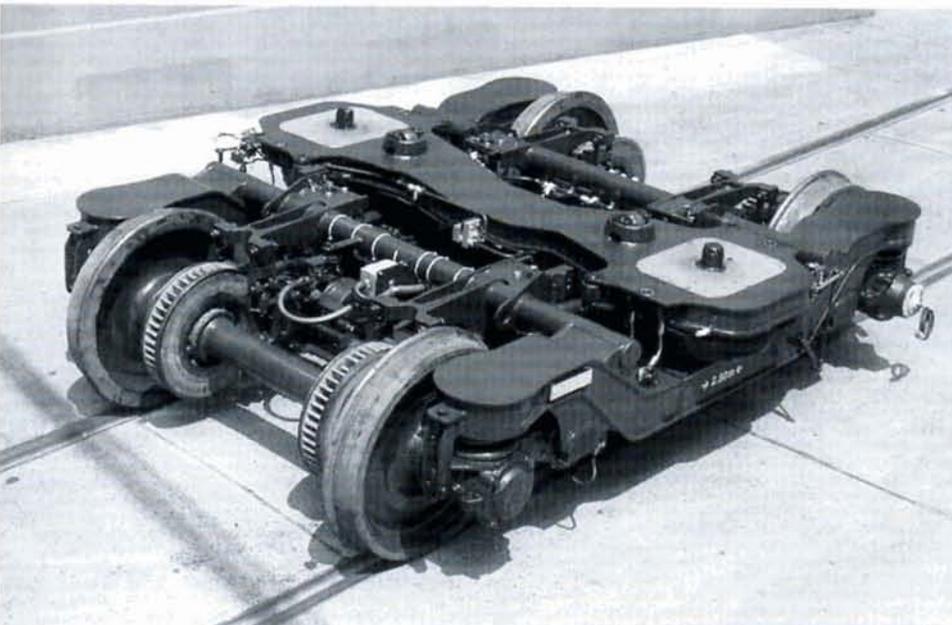
SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
CH-8212 Neuhausen am Rheinflall/Schweiz



Motordrehgestell. An der Stirntraverse sind die beiden Supporte für die Zugsicherung und derjenige für die erweiterte Zugsicherung angebracht (Foto SIG).

runger vor dem betrieblich äusserst anspruchsvollen Einsatz auf der S-Bahn. Auf die lastabhängige Abbremsung wird verzichtet. Die Steifigkeiten der Achsführung wurden auf möglichst gutes Bogenlaufverhalten (Gleisbeanspruchung, Rad- und Schienenverschleiss) bei gerade noch ausreichender Stabilität bei der maximalen Betriebsgeschwindigkeit vorausgerechnet. Da die Prototypen auf bestimmten extremen Gleiskonfigurationen Ansätze zu instabilem Laufverhalten zeigten, wurde die Längssteifigkeit der Achslenkerlager etwas erhöht. Die Spurkranzschmierung wirkt nur noch auf die vordringende Achse. Das Gleiche gilt natürlich für die Sander.

Laufdrehgestell. Der Steuerwagen besitzt jetzt luftgefederte Drehgestelle aus dem Baukastensystem der SIG (Foto SIG).



Laufdrehgestelle

Die Laufdrehgestelle entstammen wie die Laufwerke für die Einheitswagen IV und die Doppelstockwagen der S-Bahn Zürich ebenfalls dem Baukastensystem der Firma SIG. Sie zeichnen sich durch einen Raddurchmesser von nur 820 mm und durch eine Luftfederung aus. Der Durchmesser war durch die minimale Grösse der Bremsscheiben und durch die geforderte Sollhöhe des Spurkranzes von 28 mm gegeben. Diese Drehgestelle sind ebenfalls mit Kartuschenlagern ausgerüstet. Eine ähnliche Konstruktion findet unter den neuen Steuerwagen Bt 184-187 der SZU Anwendung (siehe SER 3/1986). Diese Bauart bildete die Voraussetzung für das Absenken des Fussbodens und die Verbesserung der Einstiege im Steuerwagen. Um die Störbeeinflussung der Zugsicherung zu reduzieren, wurde die Magnetschienenbremse vom Drehgestell 2 ins Drehgestell 1 versetzt.

Elektrischer Teil und Komfortausrüstung

Die Triebwagen sind als Stromrichter-Fahrzeuge mit einer Phasenanschnittsteuerung

und einer Rekuperationsbremse konzipiert. Transformator, Stromrichterblock mit Ölkühler, Ladegerät, Batterie und Messgeräte sind unter dem Wagenboden angebracht. Die Hauptapparateblöcke mit den Schaltapparaten für die zugehörigen Triebdrehgestelle werden unmittelbar über diesen aufgestellt. Die Kompressorgruppe ist am Wagenende 2 in einem speziell gegen Lärm isolierten Raum untergebracht. Im Dachraum befinden sich drei Ventilatorgruppen für Fahrmotor- und Ölkühlung, auf dem Dach Stromabnehmer, Hauptschalter, Überspannungsableiter, Primärspannungswandler, Widerstände und verschiedene ohmsche Shunts.

Beide Fahrzeuge erhalten eine Warmluftheizung mit Zusatzlüftung. Die kompakten Luftaufbereitungsanlagen befinden sich oberhalb der Einstiege. Im Heizbetrieb wird die Abluft aus den Abteilen aus Gründen der Energieersparnis teilweise wiederverwendet. Beim Lüften wird mit steigender Temperatur zunehmend Frischluft von der Decke her eingeblasen. Ein digitaler Rechner mit Mikroprozessor regelt die Anlage.

Die wichtigsten Änderungen am elektrischen Teil sind:

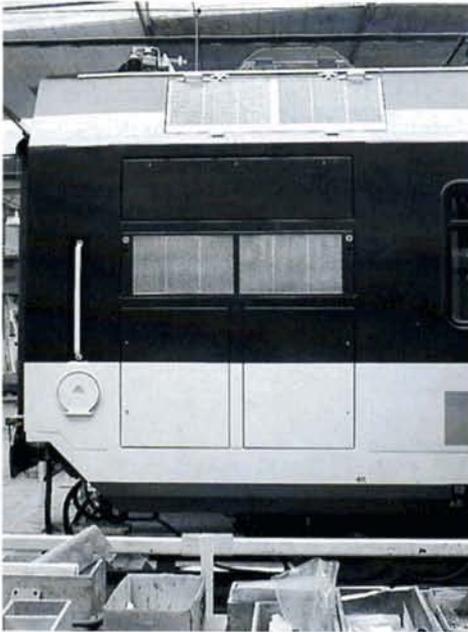
- MIO-Filterzellen ersetzen die Düsenlüftungsgitter. Ihr reduzierter Druckabfall, kombiniert mit einer Frequenzänderung des Hilfsbetriebsnetzes und einer an den Lüftungsbedarf angepassten Bauart der Ventilatoren, erlaubt eine Lärm- und Massensenkung. Zudem wird eine verbesserte Wintertauglichkeit erwartet.
- Die Ventilationsräder wurden verstärkt. Dies ist eine Folge des Betriebes ab einem Hilfsbetriebs-Umrichter mit vorgegebenen Drehzahlen und damit mit häufigen Drehzahländerungen.
- Eine Korrektur der Zahnform am Antriebsritzel erlaubt, den Getriebebelärm zu reduzieren.
- Anordnung und Ausführung der Hochspannungsverbindung Stromabnehmer-Hauptschalter-Transformator wurden verbessert. Weitere Straffungen an der Verkabelung ergeben eine Massenverminderung und eine einfachere Montage. Das Gleiche gilt für die vermehrte Anwendung von Steckern statt Klemmenleisten.
- Der Transformator wurde um 80 mm versetzt, um eine bessere Schwerpunktlage zu erreichen.
- Mittels geänderter Führung der Stromschienen und zusätzlichen Abschirmblechen soll das einzelne Sicherungseinrichtungen (Achszähler) beeinflussende Magnetfeld reduziert werden.
- Einzelne Massnahmen dienen der Verbesserung des Schutzes vor den Gefahren des elektrischen Stroms.

Rechte Seite:

Oben: Einweihungsfahrt des neuen Pendelzuges „Grandvaux“ am 10. Mai 1987 zwischen Rothen-thurm und Altmatt. Wegen der zusätzlichen Zwischenwagen, darunter ein Speisewagen, benötigt der RBDe 4/4 2104 auf den 50‰-Steilrampen der Südostbahn die Hilfe der SOB-Re 4/4^{III} 43 (Foto Hp. Huwzler).

Mitte und unten: Ein neuer Pendelzug mit dem RBDe 4/4 2108 und dem Bt 906 am 13. Mai 1987 im ersten Einsatzgebiet bei Oron und in der Station Siviriez. Eingereiht sind unter anderem ein B der Sentalbahn und ein am schmäleren Farbband erkennbarer B der Prototyp-Serie (Fotos Hp. Huwzler).





Die neuen MIO-Filterzellen am führerraumlosen Ende des Triebwagens RBDe 4/4 (Foto SWA).

- Eine neue, zuverlässigere und weniger Raum beanspruchende, speicherprogrammierte modulare Leitelekttronik wird eingebaut. Mit den drei Fahrshalterstellungen M, + und ++ können drei verschiedene Zugkräfte angewählt werden. Mit dem Verbringen des Fahrhalters auf die Stellung „●“ wird die Ist-Geschwindigkeit abgespeichert. Diese Geschwindigkeit wird in der Folge beibehalten, sofern keine Bremskraft erforderlich ist.
- Durch die Einführung eines neuen Zugfunkensystems fällt die bisherige Zugfunkanlage weg. Vorbereitungen für das rasche Einsetzen der neuen Zugfunkgeräte sind getroffen worden. Im weiteren wird eine neue Dachantenne mit verbessertem Abstrahlverhalten montiert.
- Der spätere Einbau der erweiterten Zugsicherung ist vorbereitet.

Die Bedienungselemente im Führerraum (Foto SBB).



- In den Prototyp-Steuerwagen erwies sich der Ladezustand der Batterie als unbefriedigend. Neu wird für die Ventilatoren der Heizungs- und Lüftungsanlage ein zusätzlicher Leistungskanal im Ladegerät vorgesehen.
- Für das Gehäuse des Heizungs- und Lüftungsaggregates liess sich eine leichtere Bauform finden. Dank einer anderen Anordnung der Ventilatormotoren sind diese weniger der Hitze ausgesetzt.
- Die Lautsprecheranlage und die Regelung der Komfortanlage konnten etwas vereinfacht werden.

Bremse und pneumatische Ausrüstung

Folgende wichtige Änderungen werden ausgeführt:

- Vom neuen Gleitschutz, Typ OMG, mit Mikroprozessor und Einzelachsauflösung wird eine Verkürzung des Bremsweges bei schlechten Adhäsionsverhältnissen erwartet. Die neue Anlage verbessert den Fahrkomfort und bietet vereinfachte Diagnosemöglichkeiten.
- Um das Adhäsionsverhalten zu verbessern, wirkt die Schleuderschutzbremse neu auf die Zusatzklotzbremse mit Sinter-sohlen.
- Nach Messungen mit den Prototypen und im Hinblick auf die kleinen Räder des Steuerwagens wurden die Bremsverhältnisse beider Fahrzeuge angepasst.
- An der Kompressorgruppe wurden verschiedene Detailverbesserungen vorgenommen. Um die Lärmbelastung etwas zu reduzieren, wurde ihre Steuerung geändert.
- Das Führerbremsventil neuer Bauart erlaubt, auch auf den RV-Hahn zu verzichten.
- Das Versetzen der Luftanschlüsse am Federspeicherbremszylinder gestattet das kollisionsfreie Untersetzen eines Diplotrys.

Zwischenwagen

Als Zwischenwagen werden weitere Einheitswagen (EW) der Typen I und II hergerichtet. Neu zu bauende Zwischenwagen stehen nicht mehr zur Diskussion. Dies ist eine Folge der geänderten Beschaffungs- und Einsatzphilosophie. Bis zur Generation EW III haben

die SBB für den Einsatz im Inland nur universell für alle Verkehrsarten geeignete Wagen angeschafft. Die neuesten Wagen kamen zuerst in IC-Zügen zum Einsatz, mit zunehmendem Alter wurden sie in gewöhnlichen Schnellzügen, dann im Regional- und Agglomerationsverkehr, zuletzt noch für Ergänzungsleistungen verwendet. Dieses „Kaskadenprinzip“ wurde durchbrochen, als der Markt die Beschaffung spezialisierter Wagen für bestimmte Einsätze forderte. Mit dem Kauf grösserer Stückzahlen von IC- (EW IV) und S-Bahn-Wagen (Doppelstockwagen) wird die Kaskade für die vorhandenen Wagen stark eingeschränkt. Dies hat in naher Zukunft einen Überhang von Wagen für den Regionalverkehr zur Folge. Hauptsächlich davon betroffen sind die etwa 1700 Wagen der Bauarten EW I und II. Eine Beschaffung weiterer Wagen für den Regionalverkehr würde diesen Überbestand noch vergrössern.

Für die erste Serie von 30 NPZ werden 57 B-Wagen und 29 AB-Wagen umgebaut, für die zweite weitere 43 B und 37 AB. Für reine Erstklasswagen besteht vorläufig kein Bedarf.

Bei den B handelt es sich um EW I, die vor etwa zehn Jahren eine Hauptrevision R4 durchliefen. Die gegenwärtig laufenden Anpassungen halten sich deshalb in einem bescheidenen Rahmen. Wesentliche Änderungen sind:

- Anpassung des Aussenanstriches an die NPZ-Farben.
- Teilweise Anpassung der Inneneinrichtung an diejenige von Trieb- und Steuerwagen. Dies betrifft vor allem die Wandverkleidungen (zum Teil rote Kunstharzplatten für die Raucherbereiche, blaue für die Nichtraucherbereiche), den Fussboden (Noppenbelag), die Bestuhlung (Flachgewebe) und auch die zusätzlich beschlossenen Längsgepäckträger, die ab Sommer 1987 eingebaut werden.
- Versetzen der Trennwand zwischen Raucher- und Nichtraucherabteil um ein Fenster, damit das Nichtraucherplatzangebot erhöht wird.
- die Abteiltüren erhalten einen Glaseinsatz. Damit wird die Übersichtlichkeit verbessert.
- der Einbau von Ladegeräten sichert einen guten Ladezustand der Batterie und macht die Achsgeneratoren überflüssig. Das Nachrüsten der Türsteuerung für seiten-selektive Freigabe verhindert, dass Fahrgäste auf der falschen Seite aussteigen.
- Das Einrichten für zentrale Bremsprobe durch den Lokomotivführer erlaubt eine weitere Rationalisierung.
- Ausrüsten mit einer lärmarmen Bremse mit Sintermetallschalen; dies bedingt den Einbau einer Gleitschutzanlage.

Die AB der Bauart EW II erhalten ihre erste Hauptrevision. Neben den bereits aufgeführten Änderungen ist das Behindertenabteil in der zweiten Klasse zu erwähnen. Die Ausführung entspricht derjenigen, die bei den EW-II-B-Wagen anlässlich der Hauptrevision R4 eingebaut wird. Dazu muss unter anderem die Abteiltüre auf der B-Seite auf eine Lichtweite von 760 mm verbreitert werden. Der Einstiegsraum auf der A-Seite erhält violette Wandverkleidungen, da er dem Zugang in Raucher- und Nichtraucherabteile dient.

Vier B-Wagen hat die Sensetalbahn (STB) gekauft. Sie werden in NPZ der SBB eingereiht und erbringen dort den Kilometerausgleich für die im Rahmen des AFÖ-Konzeptes durch die SBB gefahrenen stündlichen Leistungen

**Drehgestelle sind eine zu wichtige Sache
als dass man sich so nebenher
damit beschäftigen könnte,
darum konzentrieren
wir uns nur auf
Drehgestelle!**



SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
CH-8212 Neuhausen am Rheinfall/Schweiz



Die neuen Fahrzeuge für die Zürcher S-Bahn



Sonderdruck aus SCHWEIZER EISENBAHN-REVUE 5-6/1989
Verlag: Minirex AG, Maihofstrasse 63, Postfach, CH-6002 Luzern
Druck: Ley+Co., CH-6004 Luzern
Gedruckt in der Schweiz

Titelbild:
Fototermin für die erste S-Bahn-Einheit in Regensdorf-Watt (Foto
D. Heer, 22.5.1989).

Die neuen Fahrzeuge für die Zürcher S-Bahn

Martin Gerber, Dipl. Ing. ETHZ,
 Chef der Abteilung Triebfahrzeugbau,
 Direktion Zugförderung und Werkstätten, GD SBB

Roland Müller, Dipl. Ing. ETHZ,
 Chef der Sektion Laufwerke,
 Direktion Zugförderung und Werkstätten, GD SBB

Entwicklungsgeschichte

Wahl der Fahrzeuge

Nachdem die Zürcher Stimmbürger am 29. November 1981 einer weitgehenden Finanzierung der Neubauten für die S-Bahn durch den Kanton Zürich zugestimmt hatten, schlossen der Kanton Zürich und die SBB am 2. März 1982 den „Vertrag über die Zusammenarbeit beim Bau und Betrieb der Zürcher S-Bahn“ ab. Ihm zufolge beschaffen die SBB die notwendigen S-Bahn-Fahrzeuge auf eigene Rechnung. Bei der Wahl des Fahrzeugtyps stand dem Kanton Zürich ein Mitbestimmungsrecht und bei der Festlegung der kundendienstlichen Ausstattung ein Mitspracherecht zu [1]. Um diese Vertragsbestimmung zu erfüllen, wurde zunächst eine Arbeitsgruppe „Fahrzeuge Zürcher S-Bahn“ gebildet, in welcher verschiedene Fachdienste der SBB sowie die Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Zürich vertreten waren. Diese Arbeitsgruppe hatte ein Fahrzeugkonzept

zu erarbeiten und zur Wahl vorzuschlagen. Die in Frage kommenden Fahrzeugtypen waren dabei unter Vorgabe der folgenden Ziele und Randbedingungen zu bewerten:

Ziele

- Veränderung der Verkehrsteilung im Agglomerationsverkehr zugunsten der öffentlichen Verkehrsmittel,
- Schaffung der Voraussetzung, um bei Abnahme des Privatverkehrs die gewohnte Bewegungsfreiheit sicherzustellen.

Einige Randbedingungen

- Komfortbedingungen mindestens gleich gut wie beim Einheitswagen I (EW I) für zweite Klasse und beim RABDe 12/12 für erste Klasse,
- Anteile erster Klasse und zweiter Klasse im Verhältnis 1:4 bis 1:5,
- Gepäckabteil etwa 10 m²,
- nutzbare Perronlänge 300 m,
- Perronhöhen noch auf Jahrzehnte hinaus wie bisher.

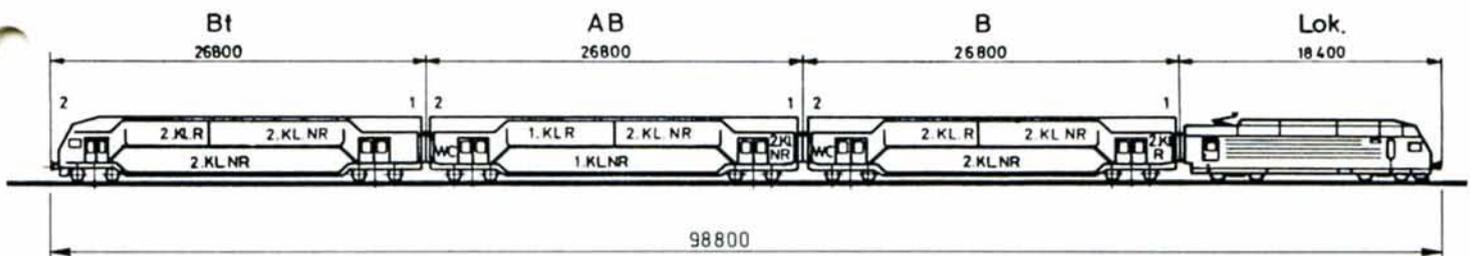
Die Ergebnisse dieser Arbeit sind in [2] ausführlich beschrieben worden. Das Wichtigste sei hier jedoch nochmals zusammengefasst:

Es wurden 59 Rollmaterialvarianten (24 sich deutlich unterscheidende Hauptvarianten, gemischt mit den Untervarianten aus drei verschiedenen Anordnungen der Einstiege) zunächst nach den Hauptgruppen

- verkehrliche (marktbezogene) Ziele,
- betriebliche Ziele und
- technische Ziele

bewertet. Dabei erhielten durchwegs kurze Einheiten mit automatischer Kupplung und Viertelpunkt-Tiefeinstiegen die höchsten Wertungspunkte. Aus höchster Wertigkeit und insbesondere geringster Empfindlichkeit bei der Sensitivitätsanalyse ging die ab-

Prinzipdarstellung der S-Bahn-Einheit (Zeichnung SBB).



Bestellungen und Lieferfirmen	Lokomotiven	Zwischenwagen	Zwischenwagen	Steuerwagen
Typenbezeichnung	Re 4/4 450	B	AB	Bt
Fahrzeugnummern	450 000 u. f.	50 85 26-33 000 u. f.	50 85 36-33 000 u. f.	50 85 26-33 900 u. f.
Bestellte Serien 1986	24	36	30	24
Bestellte Serien 1988	26	—	—	—
Bestellte Serien 1989	—	34	30	26
Gesamtstückzahl gemäss derzeitiger Planung (für S-Bahn Zürich und anderweitigen Einsatz) bis Mitte der neunziger Jahre	135	304		135
Lieferfirmen	ABB (E-Teil) SLM (M-Teil)	Waggongruppe S-Bahn Zürich, vertreten durch SWP		
Preise 1986 (Schweizer Franken)	4 702 000.-	1 677 000.-	1 705 000.-	2 113 000.-

gebildete vierteilige Triebzugvariante, bestehend aus Lokomotive mit drei Doppelstockwagen, hervor. Die Kostenvergleichsrechnung (nicht Wirtschaftlichkeitsrechnung) zeigte, dass die Varianten mit den höchsten Wertungspunkten zugleich die geringsten Jahreskosten aufweisen.

Nach dieser Wahl wurde zu Beginn 1983 die oben erwähnte Arbeitsgruppe — wieder mit Vertretern der betroffenen Dienste der SBB und des Kantons Zürich — neu formiert, mit dem Ziel, die detaillierten Anforderungen an die Fahrzeuge aus der verkehrlichen und betrieblichen Sicht zu definieren und bis Ende 1983 das detaillierte Pflichtenheft für die Fahrzeuge festzulegen. Dass es sich dabei nur um ein provisorisches Pflichtenheft handeln konnte, liegt bei dem hier vorliegenden, für schweizerische Verhältnisse neuartigen und sehr komplexen Projekt auf der Hand.

Für einige Entscheide waren Untersuchungen an Modellen im Massstab 1:1 unentbehrlich, die wiederum nur in einem fortgeschrittenen Konstruktionsstadium unter Mithilfe der Industrie erarbeitet werden konnten. Das Pflichtenheft wurde in der Folge mehrmals an

den fortgeschrittenen Entwicklungsstand angepasst und lag bei der Bestellung der zweiten Teilsérie in definitiver Form vor.

Ein wichtiger Entscheid wurde erst nach Abschluss der oben beschriebenen Fahrzeugwahl getroffen (dieser hatte jedoch hinsichtlich der Rangfolge der Varianten bei der Kosten-Nutzen-Analyse keine Auswirkungen): Nach umfangreichen Untersuchungen unter anderem mit Doppelstockwagen der Niederländischen Eisenbahnen (NS) und der Französischen Staatsbahn (SNCF) sowie der Beobachtung des Ein- und Aussteigeverhaltens der Fahrgäste bei verschiedenen Türanordnungen in fahrplanmässigen Zügen wurde eine wesentliche Feststellung gemacht. Dieser zufolge nützen breite Doppeltüren allein zu wenig, wenn der Personenfluss von und nach den Abteilen ungenügend ist. Der Personenfluss wird begünstigt, wenn die Wagenbelegung vom Einstieg her überblickt werden kann. Dies führte zur Anordnung des Einstiegs über dem Drehgestell sowie zum Entscheid, die Höhe der Perrons auf 55 cm ab Schienenoberkante auszubauen [3,4] (diese Perronhöhe entspricht übrigens auch den Empfehlungen der UIC). Mit diesen Bahnsteiganpassungen werden auch für die meisten der Fahrzeuge des übrigen Reiseverkehrs bessere Verhältnisse geschaffen. In Stationen mit engen Gleisbögen (Radius kleiner als 400 m) jedoch werden insbeson-

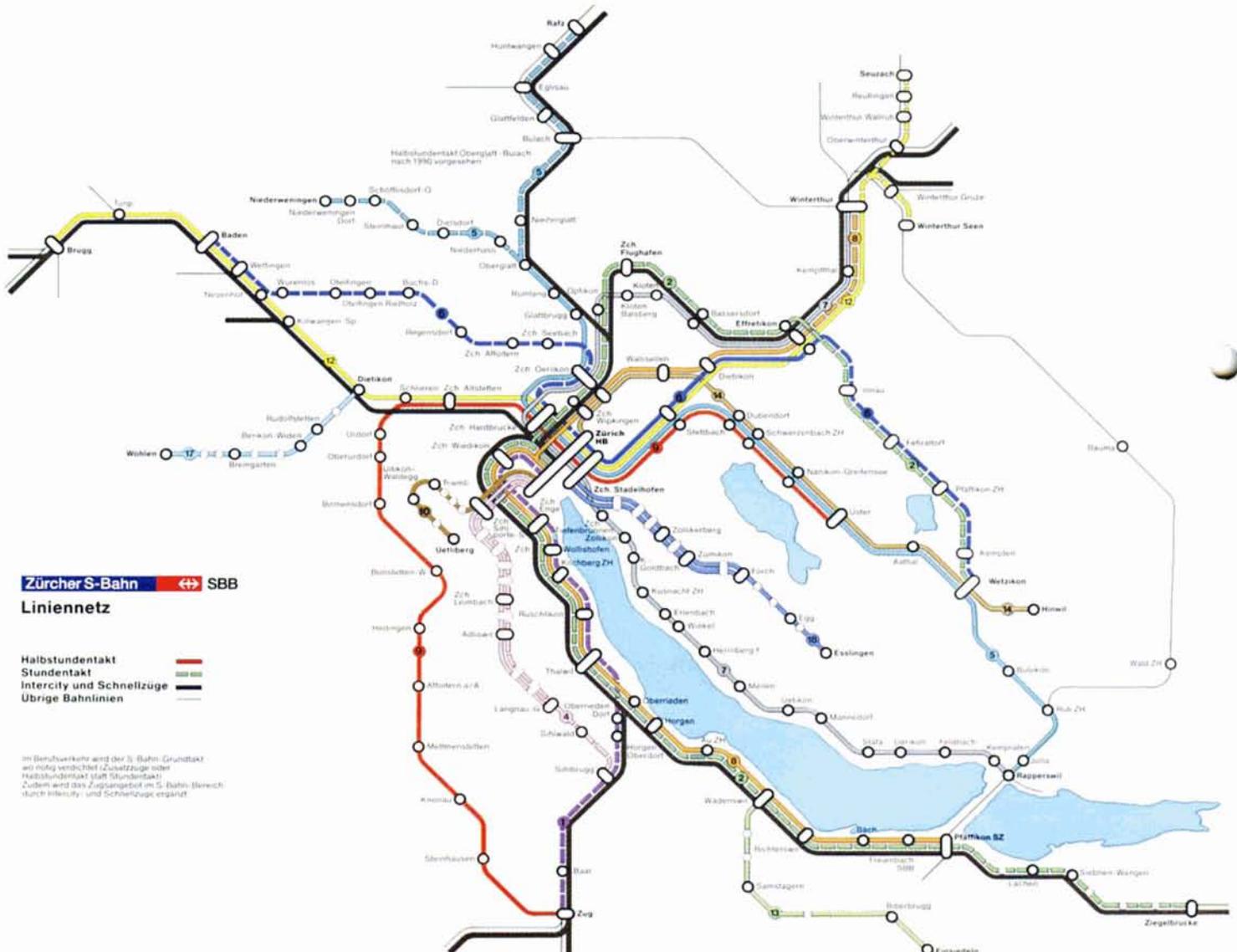
dere bei Fahrzeugen mit Einstiegen in Richtung Wagenmitte hin die Spalten zwischen Trittbrett und Perronkante zum Teil unzulässig vergrössert, so dass an der Perronkante bauliche Sondermassnahmen notwendig sind.

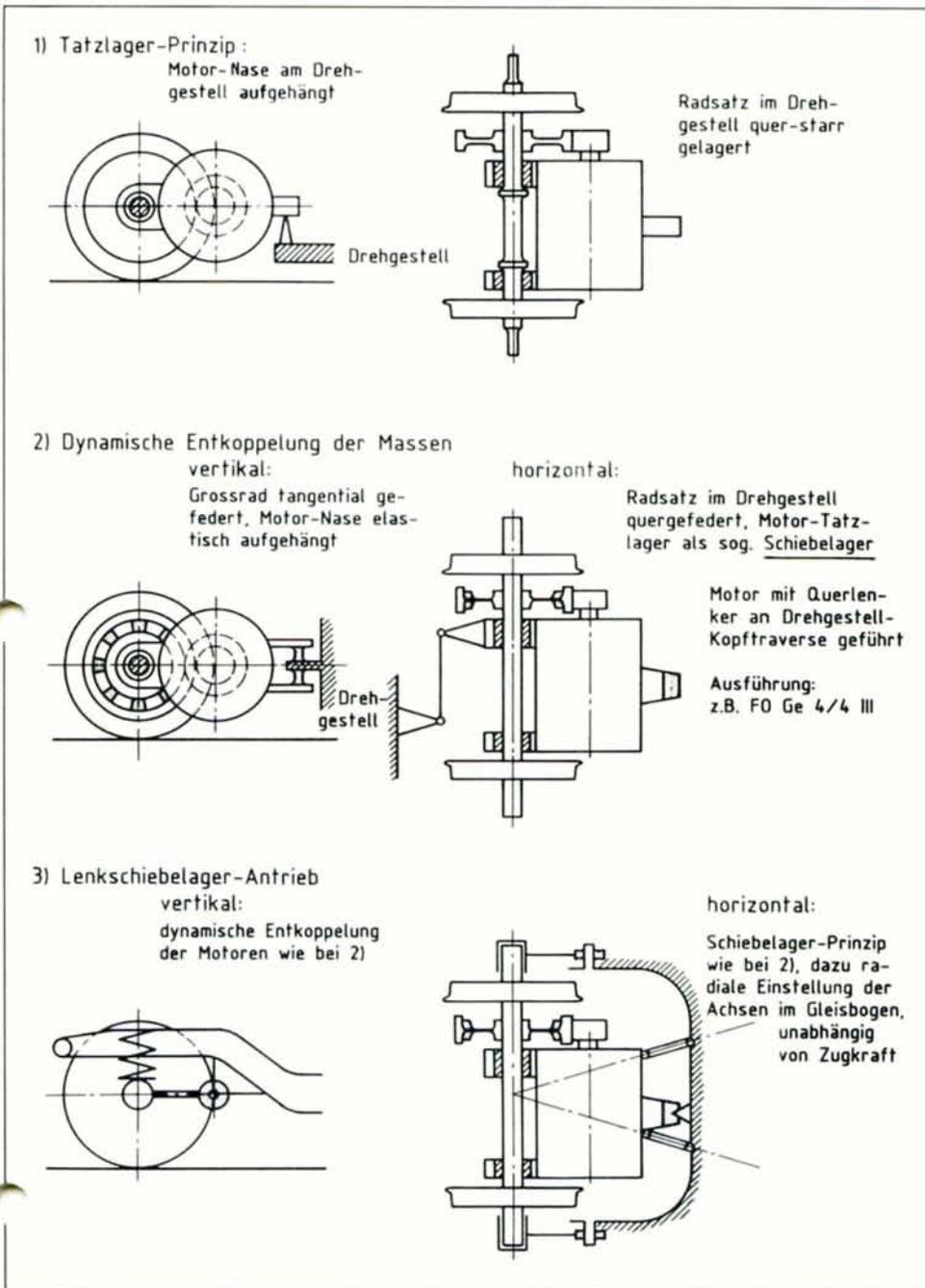
Wahl des elektrischen Antriebes

Für das neue Triebfahrzeug kamen nur Lösungen mit hoher Betriebszuverlässigkeit und Verfügbarkeit, verbunden mit personal-sparendem Unterhalt, in Frage. Im Vordergrund standen Phasenanschnitt-Technik mit Mischstrom-Fahrmotoren oder Umrichter-Technik mit Drehstrom-Asynchron-Fahrmotoren. Stufenschalter-Lösungen mit Direkt-Motoren wurden nicht mehr in Betracht gezogen.

Wesentlich war zudem die Energierückgewinnung bei Bremsvorgängen. Die anfallende Wirkenergie sollte vom Triebfahrzeug aus ins Versorgungsnetz der S-Bahn zurückgespeist werden können, möglichst ohne dabei das Netz durch Blindenergiebezug zu belasten. Nicht zu vernachlässigen waren außerdem die zusätzlichen Stromwärmeverluste auf den Fahrleitungen, verursacht durch allfällige Blindstromkomponenten von in grosser Zahl anfallenden und bremsenden S-Bahn-Triebfahrzeugen. Nun arbeitet von den heute realisierbaren Antriebslösungen

Das Liniennetz der Zürcher S-Bahn (Zeichnung SBB).





Die Abstammung des Lenkschiebelagerantriebes der Re 4/4 450 (Zeichnung SBB).

nur die Umrichtertechnik beim Fahren wie beim Bremsen weitestgehend ohne Blindenergiebezug aus dem Netz. Die Umrichtertechnik verlangt daher im Versorgungsnetz die geringsten Aufwendungen beim Ausbau für den S-Bahn-Betrieb. Dieser Sachverhalt ist grundlegend, so dass die von den SBB durchgeführte Wirtschaftlichkeitsrechnung eindeutig für die Umrichtertechnik sprach.

Wahl des Achsantriebes

Hier ging es um die Frage, ob der von der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik in Winterthur neu entwickelte Lenkschiebelager-Antrieb unverändert übernommen werden konnte. An sich ver-

spricht dieser Antrieb, kombiniert mit der Radsatzanlenkung gemäss der abgebildeten Skizze, folgende Vorteile:

- einfacher Aufbau, daher kostengünstig in Fertigung und Unterhalt,
- gute Massenentkopplung in Querrichtung zum Gleis (bewirkt geringe Dynamik der Kräfte waagrecht/quer),
- radiale Einstellung der Triebradsätze bei Fahrt in Gleisbogen, unterstützt durch die Fliehkräfte der Fahrmotoren, des Drehgestells und des Lokomotivkastens, unabhängig von Zug- oder Bremskräften (bewirkt geringe quasistatische Kräfte waagrecht/quer).

Eine Tatsache ist dagegen nicht zu übersehen: gegenüber vollarabgefederten Lösungen ist bei diesem Abkömmling des bekannten Tatzlagerantriebes die vertikal unabgefedert wirksame Masse mindestens tendenziell vergrössert, mit entsprechender Dynamik der vertikalen Kräfte der Räder in ihrem Aufstandspunkt auf den Schienen (Q-Kräfte). Zwar ist beim neuen Lenkschiebelageran-

trieb gegenüber der bekannten Tatzlagerversion

- die Radsatzmasse mit konstruktiven Massnahmen vermindert,
- durch die drehelastische Antriebsmoment-Übertragung und die elastische Motornasen-Aufhängung der im Aufstandspunkt der Räder wirksame Massenanteil des Fahrmotors stark verkleinert,

doch muss gerade für einen S-Bahn-Betrieb die Oberbaubeanspruchung besonders beachtet werden. Die dichte Zugfolge, zum Teil mit mehrfach geführten Einheiten, verlangt imperativ geringe Spitzen der Q-Kräfte.

Angesichts dieser Lage entschlossen sich die SBB zu Voruntersuchungen: mit Hilfe eines Re 4/4^{III}-Messradsatzes und entsprechenden Zusatzmassen an den Achslagergehäusen wurden vergleichende Messungen der Q-Kräftedynamik im gesamten Geschwindigkeitsbereich und auf verschiedenen Oberbauarten durchgeführt. Diese Messungen ergaben, dass der Lenkschiebelagerantrieb mit den für die S-Bahn-Lokomotive zu erwartenden unabgefedert wirksamen Massen etwa gleiche, jedoch ausgeglichene dynamische Q-Kräfte erzeugt als die Re 4/4^{III}; bei der Re 4/4^{III} fällt der Unterschied zwischen Antriebs- und Nichtantriebsseite auf, verursacht durch die Parallelschaltung der Antriebsfedern zur Achsprimärfederung. Beim Lenkschiebelagerantrieb entfällt dieser Effekt. Aufgrund dieses Sachverhalts konnte für das S-Bahn-Projekt der Lenkschiebelagerantrieb vorgesehen werden.

Prototypen

Nach wie vor ist jede technische Neuerung mit Risiken verbunden. An sich kann der elektrische Antrieb in Umrichtertechnik als weiteres Glied der Entwicklungsreihe betrachtet werden, die bei den SBB mit den schweren Rangierlokomotiven Am 6/6 (1976) und Ee 6/6^{III} (1980) serienmässig eingesetzt hat. Technisch nahe verwandte Lösungen findet man auch im Ausland, zum Beispiel auf der Baureihe 120 der Deutschen Bundesbahn (DB) und der norwegischen El. 17.

Für die S-Bahn bestand zum Zeitpunkt der Projektierung der grosse Innovationsschritt vor allem im Einsatz der neuen Generation von abschaltbaren GTO-Thyristoren (Gate turn-off) sowie im mechanischen Konzept des Laufwerkes. Hier traf es sich, dass mit einem Vorsprung von zirka zwei Jahren sechs Lokomotiven für die Bodensee - Toggenburg-Bahn (BT) und zwei Lokomotiven für die Sihltal - Zürich - Uetliberg-Bahn (SZU) mit den gleichen Neuerungen und der gleichen Leistung in Auftrag gegeben wurden. Die Vor-erprobung der wesentlichen Bauteile auf den Privatbahnlokomotiven ermöglichte somit, den Bau von S-Bahn-Prototyplokomotiven zu umgehen. Aufgrund dieses Sachverhalts wurde 1986 direkt eine erste Serie von 24 Lokomotiven bestellt: der elektrische Teil bei Asea Brown Boveri AG Baden (ABB), der mechanische Teil bei der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik in Winterthur (SLM).

Die SBB haben den Bau der Wagen dem Konsortium „Waggongruppe S-Bahn-Zürich“ übertragen. Dieses besteht aus den Firmen Schindler Waggon AG Pratteln (SWP), Schindler Waggon Altenrhein AG (SWA), SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft Neuhäusen a. Rh. und Asea Brown Boveri AG Ba-

den und wird durch Schindler Waggon AG Pratteln vertreten.

Auf den Bau von Prototypen wurde verzichtet. Einschlägige Erfahrungen beim Bau von Doppelstockwagen hat sich die Waggon-Gruppe frühzeitig gesichert durch den Erwerb von Lizenzrechten bei den Firmen Talbot (Erbauer der NS-Doppelstockwagen) und CIMT (Erbauer der SNCF-Doppelstockwagen). Ähnliche Drehgestelle hat die SIG bereits für die Doppelstockwagen der NS geliefert. Für viele weitere Komponenten wurden durch das Konsortium Dauerversuche im Massstab 1:1 zur Betriebsertüchtigung durchgeführt.

Einsatzbedingungen und besondere Anforderungen

Einsatzbedingungen

Die kleinste betriebliche Komposition für das Zürcher S-Bahn-Netz, bestehend aus Lokomotive der Serie Re 4/4 450, B-, AB- und Bt-Doppelstockwagen wird als Einheit bezeichnet. Diese Einheiten müssen im gesamten Zürcher-S-Bahn-Netz eingesetzt werden können. Im Bedarfsfall werden bis zu drei Einheiten gekuppelt (300 m Zuglänge); infolge der betrieblichen Forderung nach raschem Vereinigen und Trennen der S-Bahn-Einheiten sind auf der Führerraumseite von Steuerwagen und Lokomotive automatische Kuppelungen eingebaut.

Das betriebliche Vereinigen geschieht durch einfaches Anfahren an die abgestellte(n) Einheit(en) ohne weitere Zusatzmanipulation.

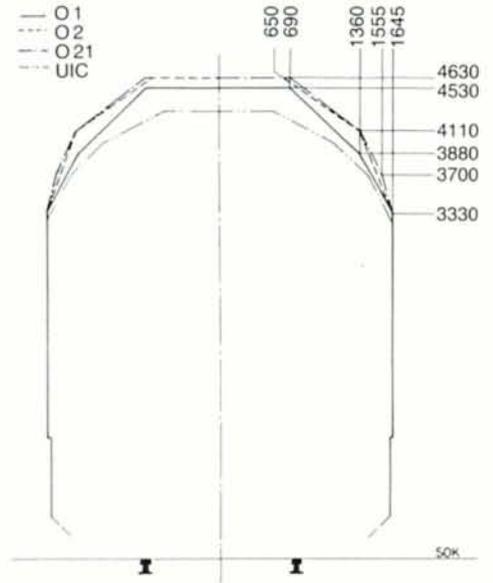
Das Kuppeln und die anschliessende Bremsprobe beanspruchen maximal 60 Sekunden. Voraussetzung für diese kurze Übernahmzeit sind jedoch in Parkstellung abgestellte Einheiten (gesichert stehen gelassene Einheiten: gebremst, Stromabnehmer hoch, Hauptschalter ein, Heizung/Lüftung in Betrieb, Türen normal steuerbar).

Das betriebliche Trennen mit Wählbarkeit der Schnittstelle und Stehenlassen der abgetrennten Einheiten in Parkstellung wird vom besetzten Führerraum aus durch Betätigen einer Drucktaste befohlen und erfordert damit kein zusätzliches Personal.

Die übrigen Enden der Lokomotive und der Wagen sind mit konventionellen Zug- und Stosseinrichtungen mit Schraubenkuppelung ausgerüstet. Dadurch ist der Einsatz der Zwischenwagen auch in den während den Hauptverkehrszeiten zusätzlich zu den Taktzügen angebotenen Zusatzzügen oder anderen Zügen möglich. Züge mit Doppelstockwagen dürfen natürlich ausserhalb des S-Bahn-Netzes nur auf Strecken mit entsprechender Bezugslinie der Fahrzeugbegrenzung und angepasster Perronhöhe verkehren.

Bezugslinien der Fahrzeugbegrenzung

Für die Doppelstockwagen wurde zunächst eine im Bereich der oberen Eckpunkte erweiterte Bezugslinie vorgesehen, wie sie für Huckepackfahrzeuge verwendet wird. Im Zusammenhang mit der Revision der Schweizerischen Eisenbahnverordnung von 1983 konnte die obere, horizontale Bezugslinie



Die für den Fahrzeugquerschnitt massgeblicher Bezugslinien (Zeichnung SBB).

von 4530 auf 4630 mm angehoben werden (Bezugslinie O2). Vertiefte Studien ermöglichten schliesslich noch die Einführung eines weiteren Eckpunkt-Paares im Dachbereich sowie eine bescheidene Verbreiterung der oberen, horizontalen Bezugslinie (Bezugslinie O21). Diese Erweiterung der Bezugslinie in kleinen Schritten führte einerseits zu einer wesentlichen Verbesserung der Bewegungsfreiheit in Schulterhöhe für die Passagiere im Oberdeck und andererseits zu einer Erleichterung beim Innenausbau (Gepäckträger). Es bedeutete aber auch Anpassungsarbeiten an den bestehenden festen Anlagen.

Für die Lokomotive galten andere Vorgaben: sie mussten so gestaltet werden, dass sie (oder eine abgeleitete Bauform) — je nach Entwicklung des Regionalverkehrs in anderen Landesgegenden — dort mit konventionellen Reisezugwagen eingesetzt werden könnten. Daher wurden die Lokomotiven nach der bei den SBB sonst üblichen Bezugslinie O1 gebaut.

Konzeptionelle Vorgaben

Die elektrische Ausrüstung der Lokomotive war konsequent so auszulegen, dass totale Pannen mit „Steckenbleiben“ auf offener Strecke unwahrscheinlich sind. In den meisten Störungsfällen kann nach Vornahme geeigneter Massnahmen behelfsmässig — zum Beispiel mit einem abgeschalteten Triebdrehgestell — weitergefahren werden. Die gesamte, auch die thermische, Auslegung des elektrischen Antriebssystems hatte diesen Betriebsfall zu berücksichtigen.

Die Lokomotive allein braucht nur behelfsmässig fahrtüchtig zu sein, beispielsweise für Verschiebungen im Depotareal. Auf einen Hilfsführerraum auf der Seite der Wagen konnte darum verzichtet werden.

Die Heizung und Lüftung von Einheiten in Parkstellung muss sich während des Stillagers durch eine Schaltuhr so steuern lassen, dass mit minimalem Energieaufwand keine Apparate einfrieren und in einem vorgewähl-

Hauptdaten der S-Bahn-Einheiten

Typ		Re 4/4	B	AB	Bt	Einheit
Länge über Puffer/AK	(mm)	18 400	26 800	26 800	26 800	98 800
Breite über alles	(mm)	2 980	2 780	2 780	2 780	
Höhe	(mm)	4 500	4 600	4 600	4 600	
Drehzapfenabstand	(mm)	10 350	20 000	20 000	20 000	
Drehgestellachsstand	(mm)	2 700	2 500	2 500	2 500	
Raddurchmesser neu	(mm)	1 100	920	920	920	
Sitzplätze 1. Klasse				81		81
Sitzplätze 2. Klasse			136	38	132	306
Sitzplätze insgesamt			136	119	132	387
Klappsitze			4	3	4	11
Stehplätze maximal			171	169	161	501
Plätze insgesamt			311	291	297	899
Gepäckraumfläche	(m ²)	9				
Dienstmasse leer	(t)	74	45	45	46,5	210,5
Zulademasse maximal	(t)	4	21,8	20,4	20,8	67
Gesamtgewicht	(t)	78	66,8	65,4	67,3	277,5
Höchstgeschwindigkeit	(km/h)	130	130	130	130	130
Radsatzfolge		Bo'Bo'				
Netzfrequenz	(Hz)	16 2/3				
Fahrleitungsspannung	(kV)	15				
Dauerleistung nach UIC	(kW)	4 x 750				
Anfahrzugkraft am Rad	(kN)	240				
von	(km/h)	0 ... 48				
Maximale Bremskraft am Rad	(kN)	185				
von	(km/h)	60 ... 0				

ten Zeitpunkt mit dem Vorheizen begonnen wird.

Wegen der häufigen Fahrt in Tunnels und wegen des unterirdischen Bahnhofs Museumstrasse war der Sicherheit gegen Brand auf Triebfahrzeug und Wagen grosse Aufmerksamkeit zu widmen; danach richtete sich zum Beispiel die Auswahl der Materialien und die konstruktive Gestaltung der öffentlich zugänglichen Räume. Mit Experten für Risk-Engineering der Zürich-Versicherung wurde im Entwicklungs- und Konstruktionsstadium auf die Einhaltung der geforderten Schutzziele hin zusammengearbeitet.

Die S-Bahn-Einheiten waren für die Geschwindigkeitsreihe R und eine Höchstgeschwindigkeit von 130 km/h auszulegen. Diese Geschwindigkeitsreihe entspricht einer unausgeglichene Querbeschleunigung von 0,85 m/s² auf Gleisebene im Bogen. Lokomotive und Wagen haben sich unter diesen Bedingungen hinsichtlich der zulässigen Fahrbahnbeanspruchung innerhalb der SBB-Normen zu bewegen (Führungs- und Gleisverschiebungskräfte).

Erwartungen bezüglich Unterhalt

Im eingespielten Zustand wird eine durchschnittliche zeitliche Verfügbarkeit von Lokomotive und Einzelwagen für den Betrieb von rund 90% erwartet. Für Reserve und Unterhalt sind höchstens 10% eingesetzt. Im übrigen wird erwartet, dass vorbeugender Unterhalt und Reinigung sich in einer Staffe lung gemäss Tabelle durchführen lassen.

Konzept für vorbeugenden Unterhalt und Reinigung			
Planmässige Unterhalts- und Reinigungsarbeiten	km	Intervall Tage	Unterhaltsart
P ₀ am ganzen Zug	ca. 1 200	ca. 3	„Vandalenkontrolle“
P ₁ am ganzen Zug	5 000	ca. 13	Kleinunterhalt Stufe 1 (max. 2 Mannstunden)
P ₂ am ganzen Zug	20 000	ca. 50	Kleinunterhalt Stufe 2
P ₃ am ganzen Zug	60 000	ca. 150	Kleinunterhalt Stufe 3
P ₄ am ganzen Zug	120 000	ca. 300	Kleinunterhalt Stufe 4
R ₀ am ganzen Zug	nach Bedarf	—	Reprofilierung der Radsätze
R ₁ an Lok R ₃ an Wagen	ca. 500 000	—	Aufarbeitung Laufwerke, Kontroll- und Instandsetzungsarbeiten an Wagenkasten
R ₂ an Lok R ₃ an Wagen			
R ₃ an Lok R ₄ an Wagen	ca. 1 000 000	—	teilweise Revision des E-Teils der Lok (Lagerersatz Fahrmotoren), dazu R1. Wagen wie bei 500'000 km
R ₃ an Lok R ₄ an Wagen	ca. 3 000 000	—	vollständige Revision aller Teile
KR	—	0,3	Kleinreinigung
TRI	ca. 400	1	Tagesreinigung innen
DLR	ca. 1 200	ca. 3	Durchlaufreinigung (mit P ₀)
HRi	40 000	ca. 100	Hauptreinigung innen (bei jedem zweiten P ₂)
HRa	120 000	ca. 300	Hauptreinigung aussen (mit P ₄)

Einstiegs- und Gepäcktüren

Kurze Fahrzeiten dank raschem Fahrgastwechsel sowie ein speditives System für die Zugsabfertigung stellten besondere Anforderungen an die Funktionen der Einstiegs- und Gepäcktüren. Im Hinblick auf die Abfertigungsmethode H bei der vorgegebenen Trassierung in den Bahnhöfen und bei 300 m langen Zügen wurden die Sicherheitsanforderungen an die Türfunktionen sehr hoch angesetzt. Dabei war einerseits zu berücksichtigen, dass sowohl die Abfertigungsmethode H als auch D (H: der Lokomotivführer fährt zur Abfahrtszeit ab, sofern Signale offenstehen; D: Abfertigung durch Zugs- und/oder Stationspersonal) beim Einsatz von S-Bahn-Einheiten vorkommen werden; andererseits sollte der Passagier bei den Türfunktionen nicht unterscheiden müssen zwischen Doppelstockwagen in S-Bahn-Einheiten und solchen in Nicht-S-Bahn-Einheiten. Der einzige Unterschied besteht demzufolge lediglich darin, dass die S-Bahn-Einheit bei noch nicht geschlossenen Türen wegen der Fahrstromverriegelung nicht abfahren kann. Die wichtigsten Bedienungselemente und Funktionen der Einstiegstüren werden nachfolgend aufgezählt. Auf die Wiedergabe derselben für die Gepäcktüren wird verzichtet, da sie mit kleinen Ausnahmen gleich sind wie bei den Einstiegstüren.

Die Türen öffnen nach Stillstand des Zuges und bei seitenselektiver Freigabe durch den Lokführer unter der Bedingung, dass pro Plattform mindestens eine der insgesamt drei verschiedenen Öffnungsanforderungen durch den Passagier betätigt worden ist (Türportal links und rechts innen, mittlere Führungstangen, im rechten Türflügel aussen). Die Öffnungsanforde-

rung wird bei jeder Geschwindigkeit gespeichert.

Die Türen schliessen automatisch oder zwangsweise, je nachdem, ob Freigabe vorhanden ist oder ob der Lokführer die Freigabe zurückgenommen hat. Bei automatischer Türschliessung schliesst die Tür zirka acht Sekunden nach Einleitung der Türöffnung oder etwa fünf Sekunden nach letzter Betätigung. Ausserhalb der Stosszeiten wird erwartet, dass die Türen jeweils automatisch schliessen. Der Schliessvorgang kann durch eine der folgenden Einrichtungen unterbrochen werden: Lichtschranke, Einklemmschutz, Kontakt am Klapptritt, eine der drei verschiedenen Öffnungsanforderungen. Dem Lokomotivführer werden noch offene Türen auf dem Führertisch durch eine dauernd leuchtende rote Meldelampe angezeigt.

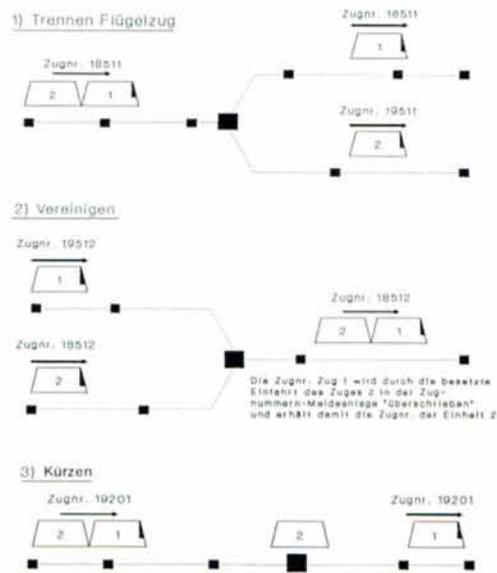
Ist die Abfahrtszeit erreicht, leitet der Lokführer die Zwangsschliessung ein (Rücknahme der Türfreigabe und Verriegelung der Türen). Bei noch offenen Türen folgt dann eine optische und akustische Warnung, und die Türen schliessen nach zirka zwei bis drei Sekunden. Danach unterbricht nur noch der Einklemmschutz den Schliessvorgang.

Eine Besonderheit stellt der Blockierschalter dar. Dieser wird beim Betrieb nach Abfertigungsmethode D durch den Zugbegleiter bei einer Türe seiner Wahl betätigt; diese schliesst dann auch nach Einleitung der Zwangsschliessung nicht. Dem Lokomotivführer wird eine so blockierte Tür mittels rot blinkender Meldelampe auf dem Führertisch angezeigt. Die Zwangs-

schliessung dieser Tür ist erst nach Rücknahme der Blockierung möglich.

Die Betriebsart UIC wird nur auf den Zwischenwagen AB und B benötigt, da nur diese auch in lokomotivbespannten Zügen eingesetzt werden. Grundzustand der Türsteuerung ist der UIC-Betrieb. Die Umschaltung zum Betrieb in S-Bahn-Einheiten erfolgt über die Fernsteuerleitung beim

Betriebsabläufe beim Trennen und Vereinigen von Flügelzügen (Zeichnung SBB).



Öffnen der Hähne zum Hauptluftbehälter auf der S-Bahn-Lokomotive.

Information der Fahrgäste

Mit der S-Bahn-Zürich werden 19 verschiedene Linien befahren. 63 Zugziele werden dabei über 138 verschiedene Fahrwege erreicht. Auf Unterwegsstationen sind zudem die folgenden Betriebsabläufe vorgesehen:

- in Flügelzüge trennen,
- Flügelzüge vereinigen,
- Züge verkürzen.

Zur Information der Fahrgäste werden neben den ortsfesten Geräten die folgenden Mittel im und am Zug eingesetzt:

- Zugfunk,
- Lautsprecheranlage,
- Optische Information mit Linientransparenten und Netzkarten.

Um den Lokomotivführer von Bedienungshandlungen möglichst zu entlasten, werden automatisch angesteuert:

- die Rollbandanzeige für Linie (auf jeder Seite der Wagen und auf der Stirnseite von Lokomotive und Steuerwagen), Ziel (auf der Stirnseite von Lokomotive und Steuerwagen) und Fahrweg-Ziel (auf jeder Wagenseite),
- das Haltestellen-Ansagegerät,
- die Lautsprecherdurchsage.

Die Linientransparente sind vom bedienten Führerraum aus sowohl kollektiv wie auch einheitsselektiv in allen gekuppelten Einheiten fernsteuerbar. Die oben beschriebenen Betriebsabläufe sind dabei berücksichtigt.

Auf die Lautsprecheranlage System UIC werden die elektrischen Signale innerhalb der Einheit über die UIC-Leitung und zwischen den Einheiten über die automatische Kupplung übertragen. Vom besetzten Führerraum aus kann die Anlage jeder einzelnen Einheit besprochen werden. Vom Gepäckabteil der Lokomotive wie auch von der Betriebsleitstelle durchgesprochene Ansagen sind auf allen gekuppelten Einheiten gleichzeitig hörbar. Ein Ansagegerät mit digitalem Sprachspeicher (in der Lokomotive) übernimmt die

Durchsage der Haltestellen und die einheitsselektive Durchgabe anderer Hinweise automatisch. Für deren Auslösung und Weiter-schaltung werden die Kriterien Fahrspiel und Türspiel herangezogen. Als Richtwert für die Durchsage wurde 90 Sekunden vor dem Halt festgelegt.

Auf den Einstiegplattformen der Wagen sind grossformatige Netzkarten des Verbundgebietes angebracht.

Toiletten

Die SBB haben sich in der Vergangenheit mit dem Einbau von geschlossenen Toiletten in Reisezugwagen befasst, so auch im Entwicklungsstadium der S-Bahn-Fahrzeuge. Die heute auf dem Markt angebotenen und im Fahrzeugbau (Flugzeuge, Schiffe, Autobusse, Reisezugwagen) eingesetzten Systeme wurden auf die Einbaubarkeit hin untersucht. Geschlossene Toiletten benötigen Behälter, in denen die Exkremate bis zu deren Entleerung in spezielle ortsfeste Anlagen aufbewahrt werden müssen. Bei den S-Bahn-Wagen steht unter dem Wagenboden, mit Ausnahme der Wagenenden, kein Platz für zusätzliche Behälter zur Verfügung, womit die Systemwahl stark eingeschränkt wurde. Im Bereich unterhalb der heute platzierten Toilette wäre es möglich, einen Behälter mit 150 Liter Inhalt zu plazieren. Damit bieten sich geschlossene Toiletten auf chemischer Basis an, wie sie in Flugzeugen und beispielsweise beim französischen TGV im Einsatz sind. Eine Besichtigung in Paris Confians, der Unterhaltswerkstätte der TGV, zeigte jedoch, dass die Investitionen bei den ortsfesten Entsorgungsanlagen beträchtlich sind. Erhebungen im Zürcher Vorortverkehr ergaben zudem, dass bei Wahl dieses Systems die Behälter der Wagen zirka alle drei bis fünf Tage entleert werden müssten. Nicht nur betriebliche Mehrkosten wären damit verbunden, sondern auch ein Mehrbedarf an Fahrzeugen. Dieses sind die ausschlaggebenden Gründe, warum die SBB vorläufig keine geschlossenen Toiletten in die S-Bahn-Wagen eingebaut haben. Beim Bau der Wagen wurde jedoch darauf geachtet, dass der nach-

trägliche Einbau von geschlossenen Toiletten auf chemischer Basis möglich bleibt.

Mechanischer Teil

Lauf- und Triebwerke

Radial einstellbare Radsätze reduzieren – insbesondere in engen Gleisbögen mit Radien kleiner als zirka 800 m – nachweisbar sowohl den Verschleiss als auch die Kräfte an Rad und Schiene.

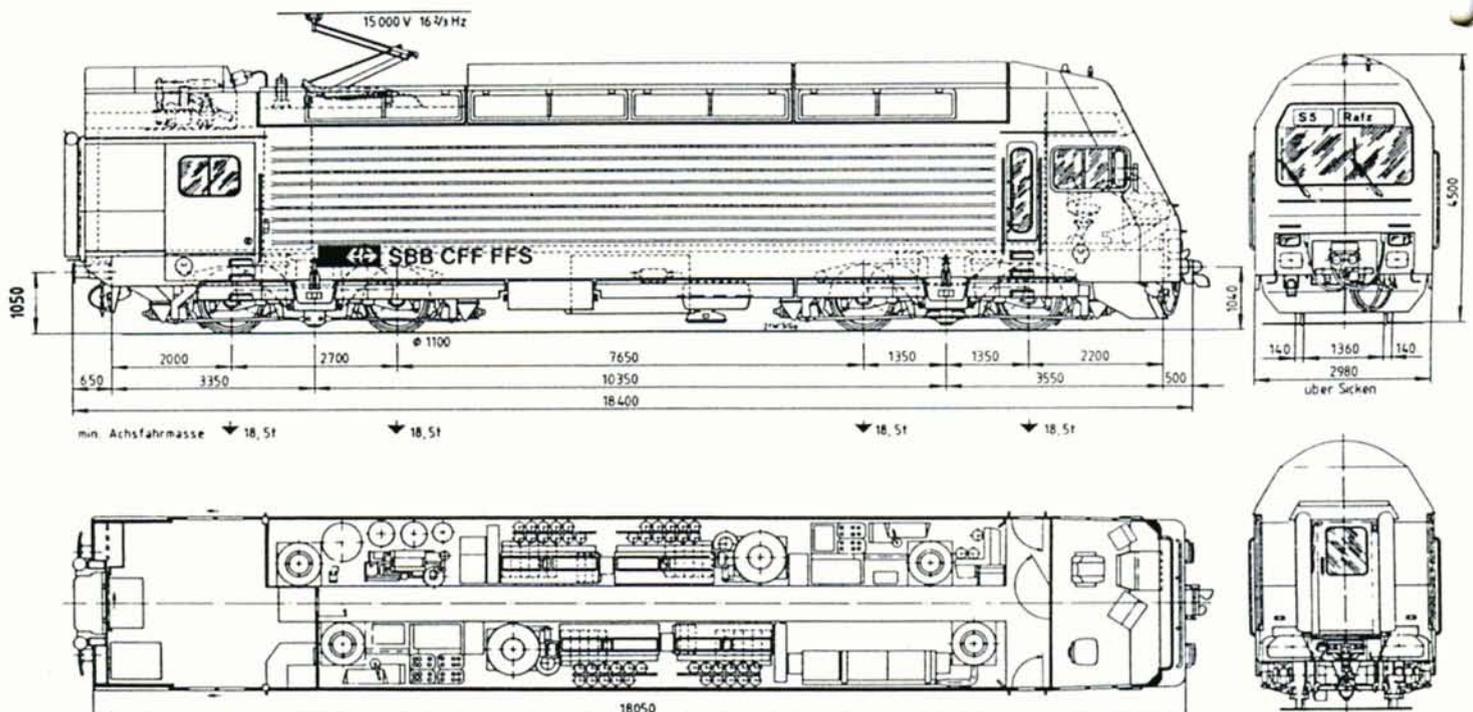
Geringe Ausdrehsteifigkeit zwischen Kasten und Drehgestell einerseits und weiche Anlenkung der Radsätze im Drehgestell andererseits begünstigen die radiale Einstellung der Radsätze im Bogen. Der Selbststereffekt von Radsätzen mit konischen Radlaufflächen wird voll ausgenutzt.

Um im Betrieb eine gewisse Sicherheit vor seitlicher Instabilität der Fahrwerke zu haben, sind den Steifigkeiten der Radsatzanlenkungen erfahrungsgemäss nach unten Grenzen gesetzt. Dies gilt schon bei geringen Höchstgeschwindigkeiten und insbesondere dann, wenn aus Unterhalts- oder Platzgründen wie beim Doppelstockwagen stabilisierende Massnahmen wie zum Beispiel Schlingerdämpfer verzichtet wird.

Ein besonderes Problem stellt die Behinderung der Radialeinstellung durch Zug- und Bremskräfte dar. Während bei scheibengebremsten Laufwheelsätzen diese Behinderung als gering angenommen wird, konnte sie bei Messungen an der Re 4/4^{IV} unter Zugkraftwirkung deutlich nachgewiesen werden.

Die Wagendrehgestelle weisen Scheiben- und – für den Notfall – Magnetschienebremsen auf. Die Lokomotive wird in der Regel durch die stark wirkende elektrische Bremse abgebremst; bei deren Ausfall setzt die Klotzbremse ein. Dieses Bremskonzept schont im Rahmen des Möglichen die Laufflächen der Räder und führt zu geringeren Lärmemissionen. Zusätzliche Massnahmen

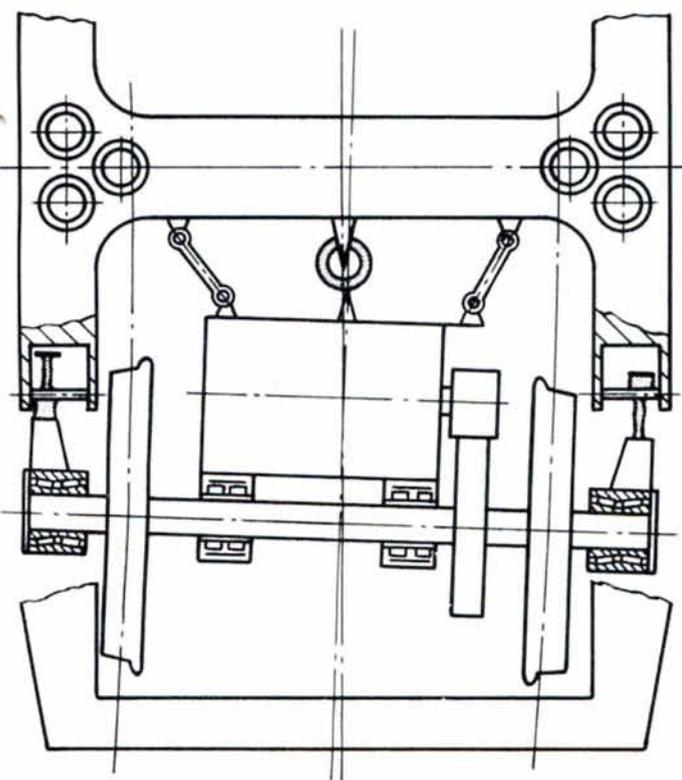
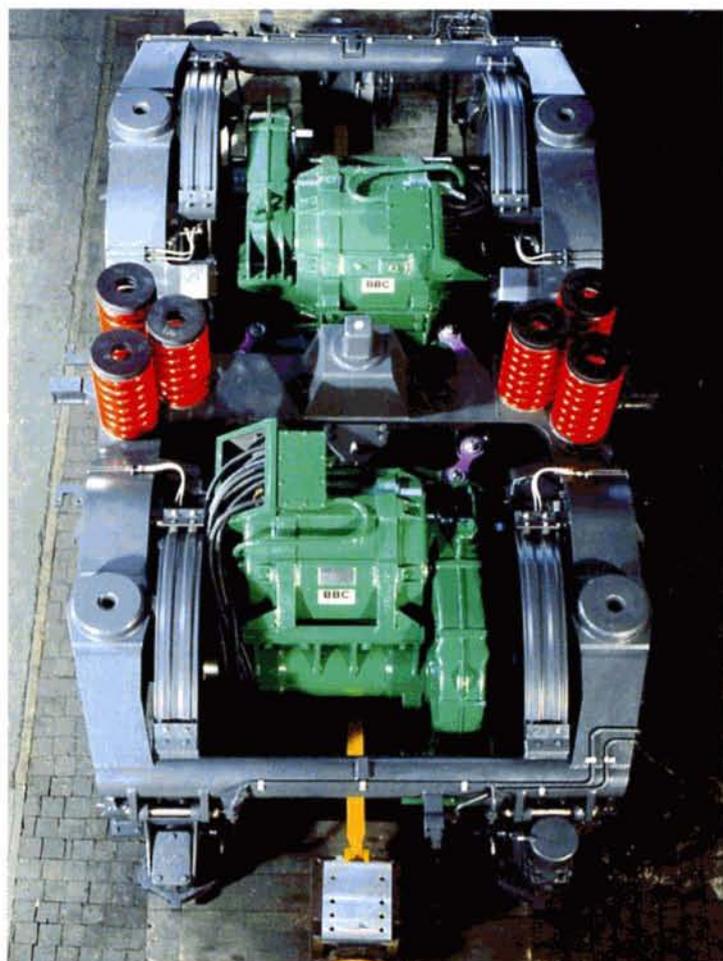
Typenskizze der Re 4/4 450 (Zeichnung SBB).



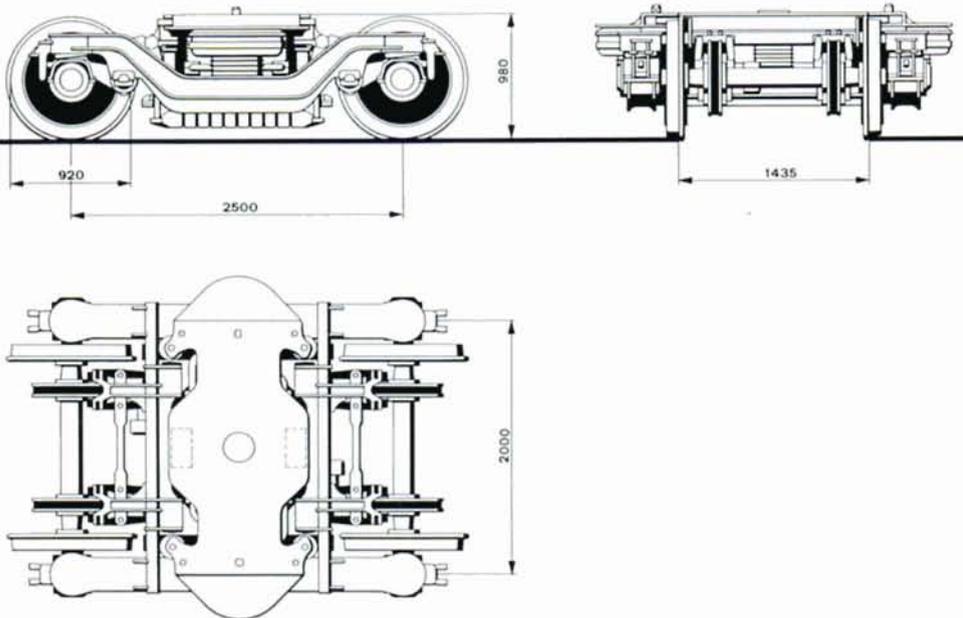


Oben: Die Umrichterlokomotiven Re 4/4 46 der SZU und Re 4/4 91 der BT, die konstruktiven Vorläufer der S-Bahn-Lokomotive (Foto Hp. Huwlyer).

Unten und rechts: Das Drehgestell der Re 4/4 450 (Zeichnung SBB und Foto SLM).



Prinzipdarstellung im Gleisbogen



Skizze des Drehgestells für den Doppelstockwagen (Zeichnung SIG).

Hier zeigt sich deutlich, wie eng beim Triebfahrzeugbau Mechanik und Elektrotechnik verknüpft sind.

gegen Lärm und Erschütterungen, die auch bei den übrigen Fahrzeugen wirksam sind, werden beim Oberbau mit Unterschottermatten oder Masse-Feder-Systemen getroffen.

Laufwerk der Lokomotive

Die Drehgestelle samt den Achsantrieben, Fahrmotoren und der Tiefzulanlenkung sind baugleich mit denjenigen der neuen BT- und SZU-Lokomotiven. Sie sind in [5] und [6] bereits beschrieben. Es werden deshalb nur die wesentlichen Unterschiede zu bisher bei den SBB üblichen Lokomotiv-Drehgestellen aufgezeigt:

- Keine Querkupplung zwischen den beiden Drehgestellen. Verzicht aus Platzgründen wegen Unterfluranordnung des Transformators.
- Tatzlager-Schiebelagermotor mit Deichselanlenkung am Drehgestellrahmen. Durch diese Anordnung wird einerseits in Bögen unter Ausnutzung der Fliehkraftwirkung des Fahrmotors bei Fahrt mit Überhöhungsbetrag die radiale Einstellung der Radsätze unterstützt. Andererseits

werden die Einflüsse von Zugkraft und elektrisch erzeugter Bremskraft auf die Radialeinstellung der Radsätze weitestgehend unterdrückt, da die Längskraft zwischen Drehgestell und Radsatz vorwiegend über die Elemente Deichsel-Fahrmotorgehäuse-Tatzlager/Schiebelager übertragen wird.

- Der Radsatz ist mit einem Achslenkerpaar und Gummielementen am Drehgestell angelenkt. Die horizontal weiche Anlenkung der Radsätze wird durch die entsprechende Ausbildung dieser Gummielemente erreicht. Auf diese Weise wird zudem die Fliehkraftwirkung von Drehgestellrahmen und Lokomotivkasten analog zu derjenigen des Fahrmotors ausgenutzt.
- Damit die unabgefedert wirksamen Massen so gering wie möglich bleiben, sind besonders massenarme Leichtbauradsätze und Fahrmotoren nötig: Im konkreten Fall wurde dies durch hohlgeschmiedete Radsatzwellen mit klebgeschrumpften Scheibenrädern und Asynchron-Fahrmotoren erreicht. Das Laufwerkkonzept nutzt mit diesem Fahrmotor konsequent die moderne Entwicklung in der Elektrotechnik aus.

Laufwerk der Wagen

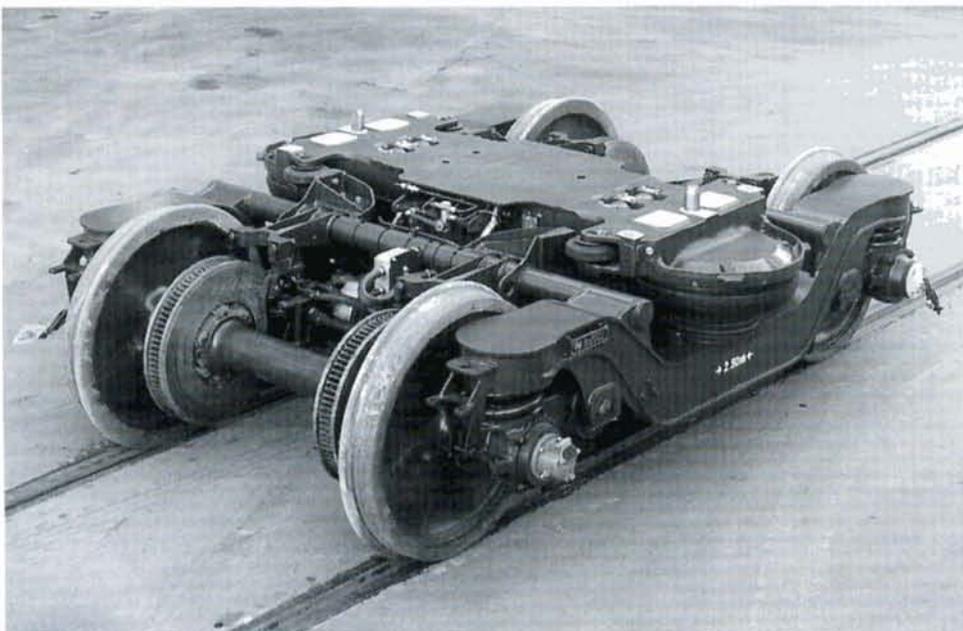
Die Drehgestelle für die Doppelstockwagen entstammen dem Drehgestellbaukastensystem der Schweizerischen Industrie-Gesellschaft (SIG) in Neuhausen. Der Aufbau des Drehgestells entspricht mit einigen noch zu erwähnenden Ausnahmen demjenigen des Einheitswagens IV. Der interessierte Leser findet eine gute Beschreibung dieses Einheitsdrehgestells für die neuen Reisezugwagen der SBB in der Veröffentlichung von H. Berger [7]. Die radiale Einstellung der Radsätze beim Laufwerk der S-Bahn-Wagen beruht auf demselben Prinzip wie bei der Lokomotive (weiche Ausdrehcharakteristik zwischen Kasten und Drehgestell sowie weiche Führung der Radsätze im Drehgestell mit Lenkern).

Im Vergleich zum EW-IV-Drehgestell beschränken sich die wesentlichen Anpassungen auf die Sekundärfederung, die wegen der unterschiedlichen Zuladung (leer zirka 45 t, voll beladen zirka 67 t) beim Doppelstock-Wagen als Luftfederung ausgeführt ist. Die Luftfederung ermöglicht über die Niveauregulierung die grösstmögliche Ausnutzung der Bezugslinie der Fahrzeugbegrenzung. Zudem gewährleistet sie eine konstante Höhe der Klappritte gegenüber den Perrons. Gleichzeitig wurde die Konstruktion derart geändert, dass ein bequemer Einstieg über dem Drehgestell ermöglicht wird. Eine weitere Neuerung ist die patentierte längsexzentrische Notabstützung, mit der die Notlaufeigenschaften verbessert werden (der vorderste Radsatz in Richtung Wagenende wird im Notlauf stärker belastet).

Gemeinsamkeiten von Lokomotive und Wagen in der Formgebung

Im Rahmen der bereits beschriebenen Vorgaben der Fahrzeugbegrenzung wurde der Querschnitt des Lokomotivkastens soweit als möglich an denjenigen der Wagen angeglichen. Um für den zentralen Durchgang durch den Maschinenraum wenigstens eine Breite von 600 mm zu ermöglichen, erhielt der Kasten eine Breite von 2950 mm (über Sickengrund gemessen). Dabei wurde in Kauf genommen, dass die Lokomotive etwas „dicker“ ist als die Wagen.

Die Gestaltung der Kopfpartie für Lokomotive und Steuerwagen war ein besonderes Anliegen des Designers: unter anderem ging er davon aus, dass die Front eines doppelstöckigen Fahrzeuges als Ganzes neu zu konzipieren ist, jedenfalls nicht aus Dimensionen eines einstöckigen Fahrzeuges in der Verti-



Das Drehgestell des Doppelstockwagens (Foto SIG).

Ansicht der Lokomotive von oben. Die Dachdeckel sind entfernt (Foto ABB).

kalen extrapoliert werden darf. Die Form der einteiligen Frontscheibe, die auch die Rollbandanzeige aufnimmt, hängt mit diesen Überlegungen zusammen.

Neben ästhetischen zählten auch technische Argumente beim Entwurf der Kopfpattie; in einer ersten Ausscheidung wurden 7 Varianten bezüglich Funktion und optischem Eindruck beurteilt. Die zwei bestbeurteilten Lösungen wurden anhand von Modellen im Massstab 1:20 im Windkanal des Eidgenössischen Flugzeugwerkes in Emmen geprüft. Dabei waren zwei Bereiche zu untersuchen:

- Druckbeiwert c_p . Dieser für die Beanspruchung bei Zugsbegegnungen wichtige Wert (Fensterscheiben!) hat angesichts des grossen Fahrzeugquerschnittes, des hohen Tunnelanteiles des S-Bahn-Netzes und der oftmals sehr geringen Gleisabstände besondere Bedeutung.
- Druckverhältnisse für die Heizungs- und Lüftungsanlage des Steuerwagens. Die Lage der Luft-Eintrittsstellen und der Aufbereitungsgeräte ist im Dachbereich über den Einstiegen gegeben. Darum dürfen - soll die Anlage einwandfrei funktionieren - auf der Kopfseite des Steuerwagens bestimmte Druckwerte an dieser kritischen Stelle auch im oberen Fahrgeschwindigkeitsbereich nicht unterschritten werden.

Dank den relativ bescheidenen Geschwindigkeiten (Höchstgeschwindigkeit 130 km/h) konnte der Grenzwert für c_p in beiden Fällen eingehalten werden. Bezüglich der Druckverhältnisse verhielt sich eine der Varianten wesentlich besser, so dass ein klarer Entscheid möglich war.

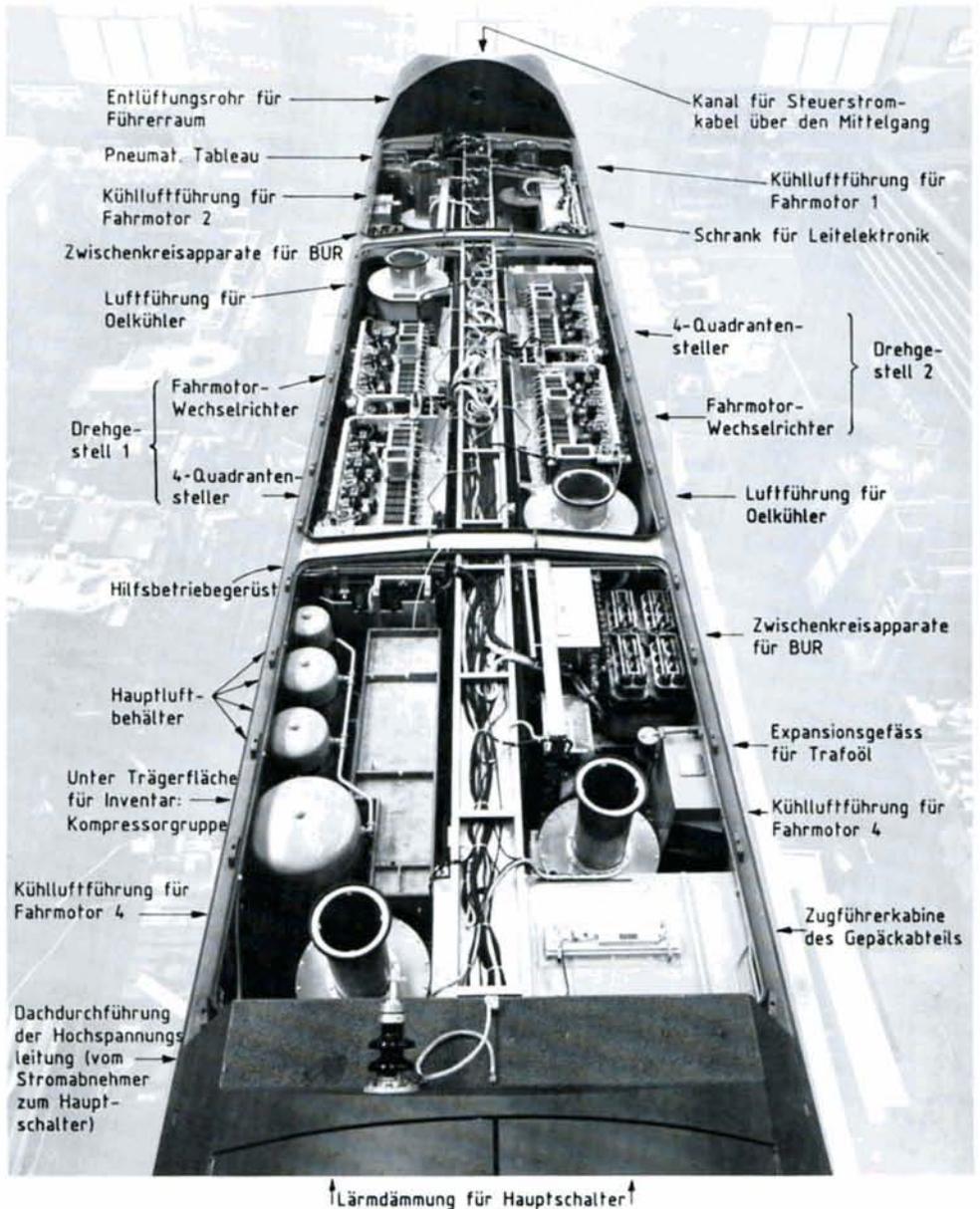
Kasten und Apparatedisposition der Lokomotive

Der Lokomotivkasten - wie übrigens auch der Drehgestellrahmen der Lokomotive - ist in Stahl gebaut. Aus Steifigkeitsgründen und wegen seiner Robustheit im praktischen Einsatz ist Stahl in Leichtbauweise weltweit immer noch Lokomotiv-Baustoff Nummer eins.

Der Lokomotivkasten ist eine selbsttragende, verwindungssteife Konstruktion, mit Bodenrahmen und Dachgurten aus dichten Hohlkörpern. Um Gewicht zu sparen, sind die nur 1,5 mm dicken Seitenwandbleche gesickt. Die Gesamtmasse des leeren Kastens beträgt 12,9 t, Anstrich inbegriffen. Die verlangte längsachsiale Druckkraft-Prüfung von 2 x 750 kN an den Puffern ist problemlos bestanden worden.

Zur bestmöglichen Ausnutzung des Passagiererraumes in den Wagen wurde das Gepäckabteil auf der Lokomotive - am wagenseitigen Ende - angeordnet. Ein Übergang verbindet das Gepäckabteil direkt mit dem Zug. Dabei muss aber in Kauf genommen werden, dass die Radsatzlast der Lokomotive nur im unbeladenen Zustand ausgeglichen ist. Bei voller Zuladung von 4 t im Gepäckabteil erreicht sie eine Unsymmetrie von mehr als 15%!

Ähnlich wie bei den BT- und SZU-Lokomotiven werden über die ganze Länge des Maschinenraumes die Dachöffnungen durch

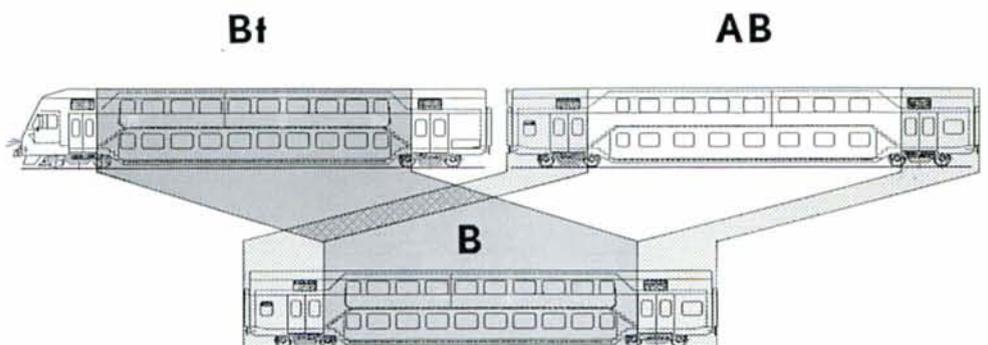


drei Dachdeckel geschlossen. Jeder der drei Deckel ist eine formsteife Einheit mit Beruhigungsräumen für die seitlich angesaugte Kühlluft.

Die Disposition des Maschinenraumes ist weitestgehend gleich wie bei den BT- und SZU-Lokomotiven, vor allem was die Aufstellung der leistungselektronischen Apparate, die Führung der Kühlluft für Fahrmotoren und Ölkühler und die Aufstellung der Hilfsbetriebe anbelangt. Gleich ist auch die strikte Trennung der Steuerstrom- und der Hauptstromkabel: während die letzteren im Bodenkanal

des Mittelganges (unmittelbar über den Pneumatikrohren) geführt werden, sind die Steuerstromkabel in einem Kanal über dem Mittelgang konzentriert, was auf der Abbildung gut sichtbar ist. Diese Anordnung er-

Module gleicher Bauweise für die drei verschiedenen Typen des Doppelstockwagens (Zeichnung SWP).



Schindler Waggon 



Schweizer Rollmaterial

für Schweizer Bahnen

Schindler Waggon AG
4133 Pratteln/Schweiz
Telefon 061 825 91 11

Schindler Waggon Altenrhein AG
9423 Altenrhein/Schweiz
Telefon 071 43 43 43

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
8212 Neuhausen am Rheinfall
Telefon 053/21 61 11



Seite 85:

Oben: Die S-Bahn-Lokomotive Re 4/4 450 000 anlässlich von Bremswegmessungen bei Leuzigen (Foto D. Heer, 9.5.1989).

Unten: Blick in die Montagehalle von ABB in Zürich-Oerlikon (Foto ABB).



möglicht unter anderem eine rationelle Montage der vorkonfektionierten Kabel.

Anders als bei den Privatbahnlokomotiven sind die Dachapparate angeordnet: sie sind auf der wagenseitigen Dachpartie konzentriert. Um den schalltönen des Druckluft-Hauptschalters zu dämmen, befindet sich dieser in einem gekapselten Dachraum. Eine Entlüftung gewährleistet den Austausch der ionisierten Atmosphäre. Mit dieser Lärmdämmung ist vor allem der „Lebensqualität“ der Anwohner bei den zahlreichen Schutzstrecken im S-Bahn-Fahrleitungsnetz Rechnung getragen worden.

Dispositionsunterschiede zwischen Bt-, B- und AB-Wagen

Das erste Bild zeigt die Einreihung der Wagen innerhalb der S-Bahn-Einheit (Bt-AB-B). Trotz dreier grundsätzlich unterschiedlicher Wagentypen wurde angestrebt, Module gleicher Bauweise anzuwenden. Wie bildlich dargestellt, sind die Mittelräume, also die Wagenbereiche mit zwei Etagen, bei B- und Bt-Wagen gleich ausgeführt. Der Mittelteil der AB-Wagen besitzt eine andere Fensterteilung: Die Rückenabstände zwischen zwei einander gegenüber angeordneten Sitzen betragen in der ersten Klasse 2,0 m und in der zweiten Klasse 1,65 m.

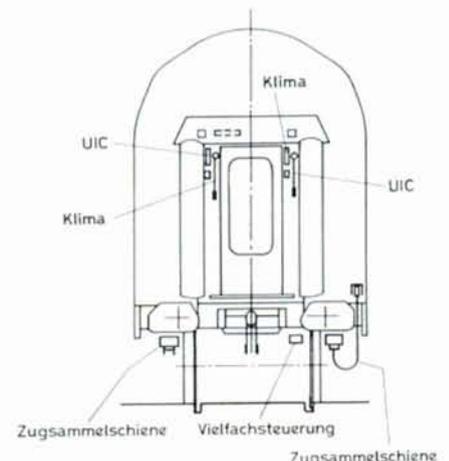
Die beiden Endräume der AB- und B-Wagen sind ebenfalls baugleich. Die der Lokomotive zugewandten Endabteile der Zwischenwagen sind mit acht Sitzplätzen ausgestattet. Dabei ist die in Blickrichtung Lokomotive linke Seite als Universal- und Behindertenabteil

Links oben: Schnittbild des Doppelstockwagens (Foto SWP).



Links unten: Die automatische Kupplung an der Führerraumseite von Lokomotive und Steuerwagen. Der Schutzdeckel über den elektrischen Kontakten ist zu Demonstrationszwecken geöffnet (Foto D. Heer).

Unten: Die Anordnung der Leitungs-Kuppelstellen an der Wagenstirnwand (Zeichnung SBB).



gestaltet (in Zusammenarbeit mit der Schweizerischen Fachstelle für behindertengerechtes Bauen). In den gegenüberliegenden Endabteilen befinden sich auf der einen Wagenseite die Toiletten und auf der anderen die Schränke mit den elektrischen Apparaten. Im Steuerwagen wurde aus Platzgründen auf die Toilette verzichtet. Das dem Führerraum gegenüberliegende Wagende enthält auf der einen Wagenseite das Universal- und Behindertenabteil und auf der anderen die Schränke mit den elektrischen Apparaten.

Die lichte Weite der Einstiegstüren auf der Seite des Führerraums des Steuerwagens beträgt wiederum aus Platzgründen nur 1,4 m. Alle anderen Einstiegstüren besitzen eine lichte Weite von 1,9 m.

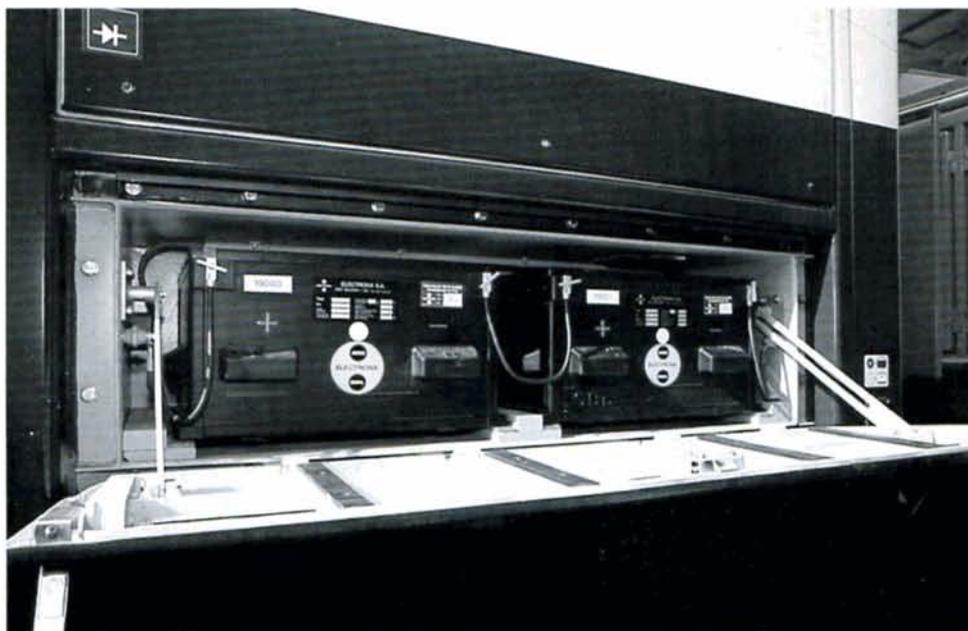
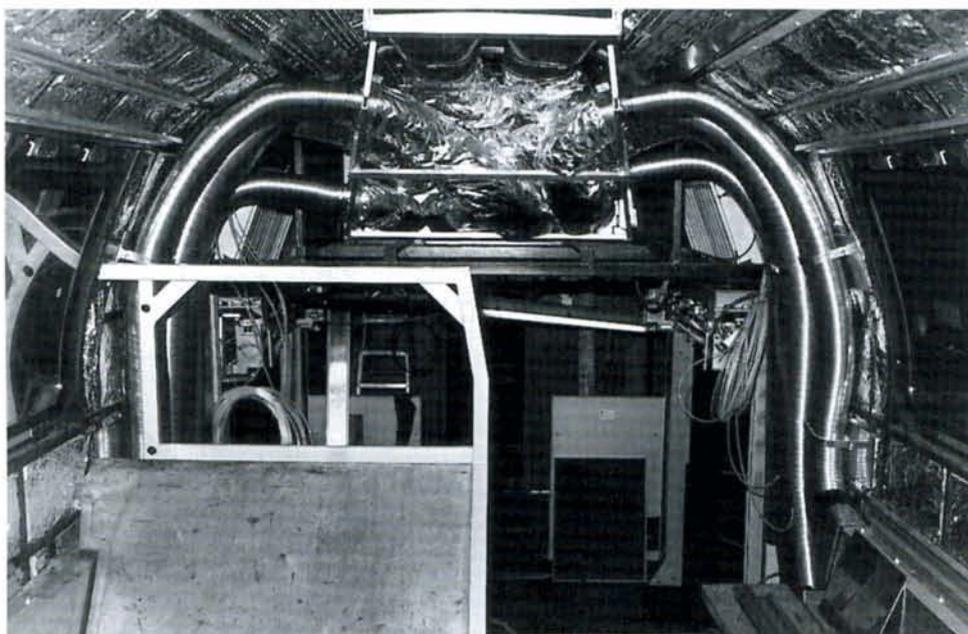
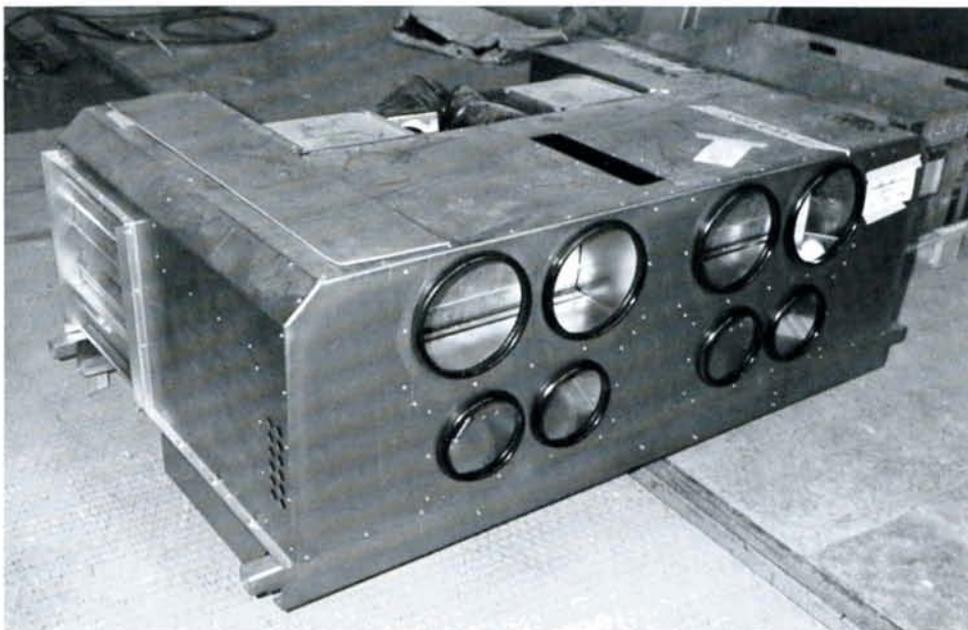
Kasten und Apparatedisposition der Wagen

Die für 1500 kN Pufferdruckfestigkeit ausgelegten Wagenkasten aus Stahl sind mittels selbsttragenden geschweissten Blechprofilen sowie zwei durchgehenden Längsträgern im Untergestell aufgebaut. Der Elementzwischenboden liegt auf eingeschweissten Querträgern auf.

Die wichtigsten Abmessungen des Wagenkastens können der Typenskizze des B-Wagens entnommen werden. Die Darstellung des Wagenquerschnitts lässt nur erahnen, mit welcher Sorgfalt der Innenausbau bei der zur Verfügung stehenden Fahrzeugumgrenzung optimiert werden musste. Überhaupt war die gesamte Entwicklung der Doppelstockwagen gekennzeichnet durch den Kampf des Konstrukteurs mit Platzschwierigkeiten.

Bei konventionellen Wagen steht in der Regel ausreichend Platz für die Anordnung von Apparaten, Leitungen und Luftbehältern unter dem Wagenboden zur Verfügung. Dies war jedoch bei der Wagenbodenhöhe von 240 mm über Schienenoberkante undenkbar. Beim S-Bahn-Wagen sind mit Ausnahme des Verdichter-Verflüssiger-Aggregats für die Klimatisierung des Führerstandes im Führerraum der Luftbehälter sämtliche Apparate im Wagen plziert.

Erfahrungsgemäss können durch aufgewirbelte Schottersteine und insbesondere herabfallende Eisschollen im Winter ganze Aggregate beschädigt werden. Daher sind diese mit Gittern und Verschaltungen zu schützen. Die Luftleitungen sämtlicher Wagen und die Freonleitung für die Klimaanlage im Führerraum des Steuerwagens sind deshalb im Hohlraum des unteren Wagenbodens verlegt. Die elektrischen Leitungen verlaufen im Dach des oberen Stockes. Die Kuppelstellen an Wagen- und Lokomotiv-Stirnwänden bereiten dem Konstrukteur ebenfalls Platzsorgen: der grosse Überhang der Lokomotiv-



Oben: Das Heizungs- und Lüftungsgerät im Doppelstockwagen (Foto SWP).

Mitte: Das Zwischenstück zum Heizungs- und Lüftungsgerät (Foto SWP).

Unten: Die Anordnung des Batterieladegerätes und der Batterien (Foto SBB).



Gesamtansicht des Doppelstockwagens zweiter Klasse (Foto F. Suter).

ve verursacht in engen Gleisbögen und Weichenverbindungen extreme Querverschiebungen zwischen Lokomotive und Wagen. Für die Leitungs-Kuppelstellen war deshalb eine Anordnung so zu finden, dass die Lei-

tungen weder gestreckt noch durch die Fahrbahn beschädigt werden können. Die Bilder zeigen die gewählte Anordnung am Wagen und die entsprechende Verbindung zwischen den Einheiten über die automatische Kupplung.

Über den beiden Einstiegsplattformen befindet sich je ein Heizungs-Lüftungsaggregat (Gewicht zirka 250 kg), welches praktisch ohne Lösen von Luft-Anschlüssen durch einfaches Längerschieben und Absenken ausgebaut werden kann. Voraussetzung für

diese einfache Handhabung war ein anschliessendes Zwischenstück für die Verteilung von Warm- und Frischluft in die beiden Stockwerke. Weitere Bilder zeigen das Heizungs- und Lüftungsaggregat und das erwähnte Zwischenstück (in Fachjargon „Spaghettata“ genannt).

Die pneumatischen Elemente sind pro Wagenhälfte im Raum unter der Treppe in einem Apparategerüst zusammengefasst. Die entsprechenden Bedienungselemente, wie etwa der Drehschalter für die Federspeicherbremse, sind von der Treppe zum unteren Stock über eine Drehtür zugänglich. Unmittelbar gegenüber befindet sich die Öffnung mit den Bedienungs- und Steuerelementen der Einstiegtüren je Plattform.

Batterieladegerät und Batterien sind vom Wagenäusseren über zwei abklappbare Revisionsöffnungen in der Seitenwand zugänglich. Unmittelbar daran anschliessend, jedoch über Schranktüren vom Wageninnern erreichbar, befinden sich die elektrischen Apparate inklusive Mikroprozessor für Gleitschutz und Temperaturregulierung sowie die Bedienungsschalttafel. Der Wagentransformator ist im Dachraum über dem Wagenende mit Sitzabteil untergebracht.

Trotz der zum Teil asymmetrischen Apparateanordnung konnte über den ganzen Wagen eine gut ausgeglichene Verteilung der Radlasten erzielt werden.



Das Untergeschoss des Doppelstockwagens zweiter Klasse (Foto SBB).

Blick ins Obergeschoss des Doppelstockwagens zweiter Klasse (Foto SBB).

Innenausbau der Wagen

81 Sitzplätze in der ersten Klasse und 318 in der zweiten Klasse entsprechen einem Verhältnis von zirka 1:4. 80 Raucher- und 319 Nichtraucherplätze entsprechen der Marktforderung nach einem Verhältnis der Raucher zum Gesamttotal von 1:5. Eine Einheit nimmt mit 501 Steh- und 398 Sitzplätzen insgesamt 899 Personen auf. Entsprechend dem grossen Stehplatzangebot wurde auf ausreichende Haltemöglichkeiten auf den Einstiegsplattformen, im Treppenbereich und an der Bestuhlung der beiden Etagen geachtet.

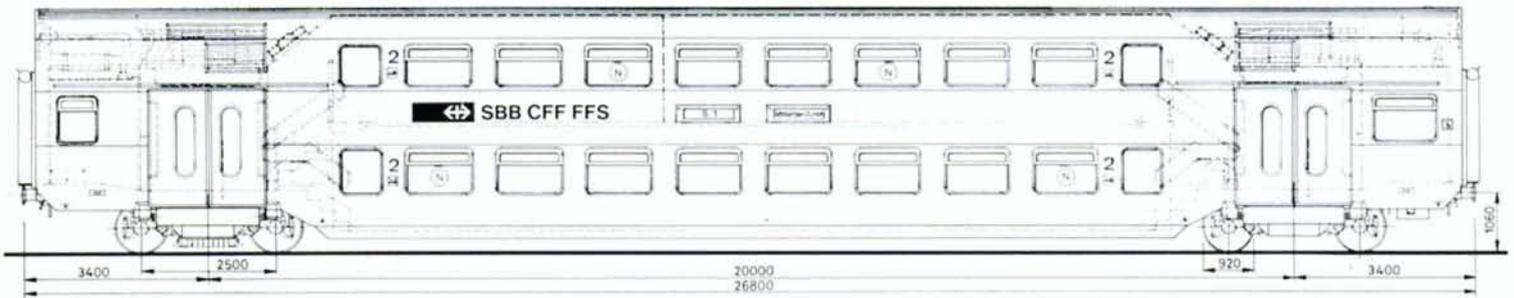
Zugunsten eines möglichst raschen Passagierflusses wurde auf Abteiltüren ins Ober- und Untergeschoss verzichtet. Dies bedingte ein entsprechend angepasstes Heizungs- und Lüftungskonzept sowie hinsichtlich schallabstrahlung sorgfältig ausgebildete Übergangstüren an den Wagenenden. Raucher- und Nichtraucherabteil bei den B- und B1-Wagen sowie A- und B-Abteil bei den AB-Wagen werden durch einfache Glas-Pendeltüren abgetrennt. Der grosszügig bemessene Einstiegsraum liegt über einem Klapptritt (690 mm über Schienenoberkante) sowie zwei festen Auftritten von 230 mm Stufenhöhe und 300 mm Stufentiefe auf 1150 mm über Schienenoberkante. Die Einstiegtüren mit einer lichten Weite von 1900 mm mit Verkehrsteilern ermöglichen ein gleichzeitiges Ein- und Aussteigen von drei Personen.

Vom Einstiegsraum führen zwei gleich breite Treppen zu den beiden Stockwerken, welche eine Höhe von 2010 mm und eine Breite von 2660 mm aufweisen. Die Gänge verfügen über eine lichte Weite von 460 mm. Eine Abbildung zeigt den Querschnitt durch den Wagen am Beispiel der Maquette, die vor dem Bau des ersten Wagens zwecks Studiums des Innenausbaues erstellt wurde. Strangpressprofile für Bodenkanäle sowie für Befestigung von Gepäckträgern, Lampenkörpern und Lautsprechern erlauben einfache und schnelle Montage oder Demontage. Die Profile in den oberen Ecken sind durch einfache Drehbewegung und anschliessendes Verschrauben montierbar. Zeitsparende Montage und Demontage ist durch Schnell-schraubverschlüsse gewährleistet.

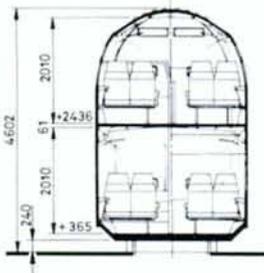
Die Frischluft wird durch Boden- und Deckenkanäle in den Fahrgastraum eingeblasen. Im reinen Heizbetrieb führen nur die Bodenkanäle gesamthaft zirka 3000 m³/h erwärmte Frischluft den Abteilen zu. Bei steigenden Abteilterperaturen wird die Heizleistung zurückgeregelt, und die Deckenkanäle beginnen ebenfalls, Frischluft zu führen. Diese erreicht den Fahrgastraum durch die Löcherdecke über den Abteilen. Bei 28°C in den Abteilen wird das Lüftungs-Maximum erreicht: während die Bodenkanäle nach wie vor zirka 3'000 m³/h zuführen, liefern die Deckenkanäle mehr als 6'000 m³/h, so dass der gesamt-



Die Treppen zum Ober- und Untergeschoss (Foto SBB).



Typenskizze des Doppelstockwagens zweiter Klasse (Zeichnung SBB).



te Luftinhalt des Fahrgastraumes mehr als 60mal pro Stunde erneuert wird. Sollte diese Luftmenge ausnahmsweise an heissen Sommertagen nicht ausreichen oder die Lüftung ausfallen, so können zusätzlich die Klappfenster geöffnet werden.

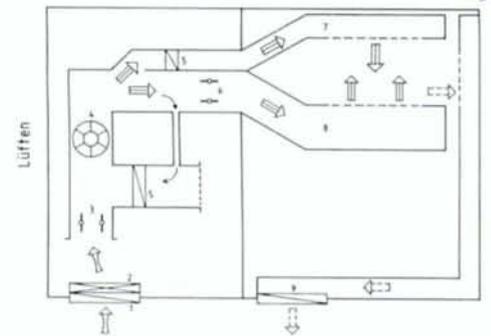
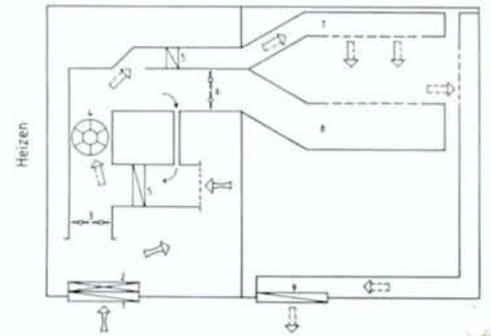
Eine Klimatisierung des Fahrgastraumes hätte angesichts der dichten Folge der Haltestellen Kühlleistungen in der Grössenordnung von 50 bis 100 kW erfordert. An die dauernd schwankende Abteilterperatur hätte sich der Fahrgast jedoch gar nicht anpassen können (für einen gesunden Menschen rechnet man mit Adaptionszeiten von 20 bis 30 Minuten!). Aus diesem Grund wird mit einer intensiven Frischluftzufuhr dafür gesorgt, dass sich der Fahrgastraum gegenüber der Umgebung möglichst wenig erwärmen kann.

Die Bodenluftkanäle können durch Demontage der Luftleitbleche sowie über Öffnungen an den Enden gereinigt werden. Die Breite dieser Luftkanäle im Oberdeck konnte dank Platzierung der Rollbandgeräte in der Wagenmitte klein gehalten werden. Sie erlauben damit den Passagieren grösstmögliche Beinfreiheit. Etwas ungünstiger sind diese Verhältnisse im Unterdeck. Hier wirkt sich die Bezugslinie der Fahrzeugbegrenzung in der gut sichtbaren Einschränkung des Wagenkastens aus.

Bremse

Die S-Bahn-Einheiten besitzen eine automatische Druckluftbremse Oerlikon für einen Hauptleitungsdruck von 5 bar. Die automatische Druckluftbremse ist mit Zusatzventilen für die elektrische Steuerung der direkten Druckluftbremse versehen (elektropneumatische Bremse). Die Steuerung erfolgt so, dass bei Betriebsbremsungen und ausgereicherter elektrischer Bremse der Lokomotive die Wagen einen Teil der Bremsarbeit übernehmen. Im Prinzip wird für die Beharrungsfahrt ausschliesslich die elektrische Bremse der Lokomotive angewendet. Für die Verzögerung des Zuges wird vorerst die elektrische Bremse der Lokomotive wirksam und je nach angeforderter Bremskraft auch die Scheibenbremse der Wagen.

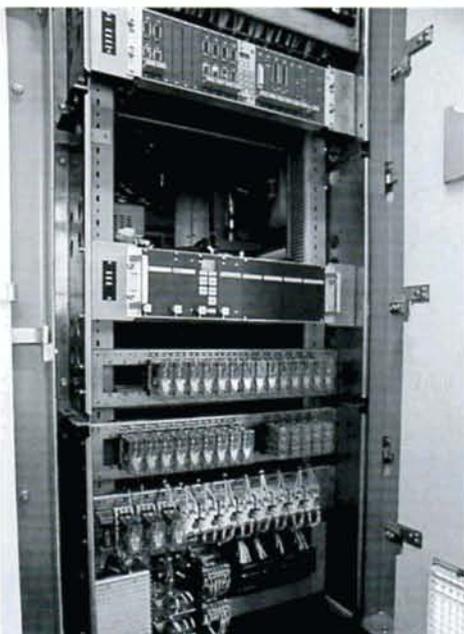
Beim Einsatz in lokomotivbespannten Zügen funktioniert die Bremse der Wagen als normale automatische Druckluftbremse.



- ➔ Zuluft
- ➔ Frischluft
- ➔ Warmluft
- ⊘ Abluft
- 1 Frischluftdüsenstrahl
- 2 Filter
- 3 By-Pass - Klappe
- 4 Ventilator
- 5 Heizaggregat
- 6 Deckenkanal
- 7 Bodenkanal
- 8 Deckenabzug
- 9 Abluftdüsenstrahl

Prinzipdarstellung der Heizung und Lüftung im Doppelstockwagen (Zeichnung SBB).

Das Apparaterüst im Doppelstockwagen (Foto SBB).



Die Bedienungsschalttafel im Doppelstockwagen (Foto SBB).



Der Einstiegsraum des Doppelstockwagens (Foto SBB).



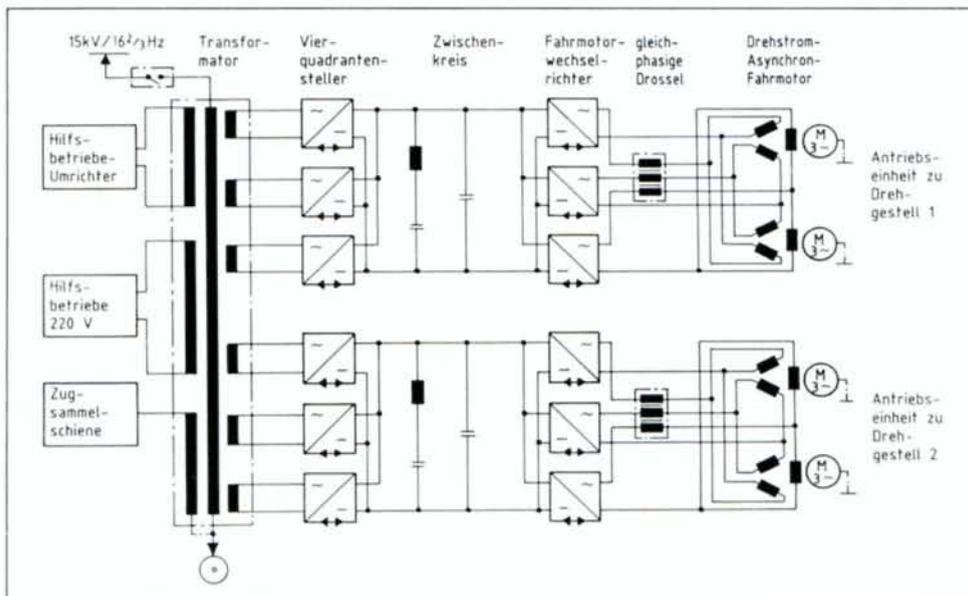
Elektrische Ausrüstung

Hauptstromkreise und Hilfsbetriebe der Lokomotive

Wie die Drehgestelle sind auch die Hauptstromkreise und ihre Apparate praktisch gleich wie diejenigen der neuen BT- und SZU-Lokomotiven. Darum sei hier erneut auf die umfassende Beschreibung in der SER 4/1987 [5] hingewiesen. Im Rahmen der vorliegenden Übersicht erscheinen noch folgende Zusammenhänge wesentlich:

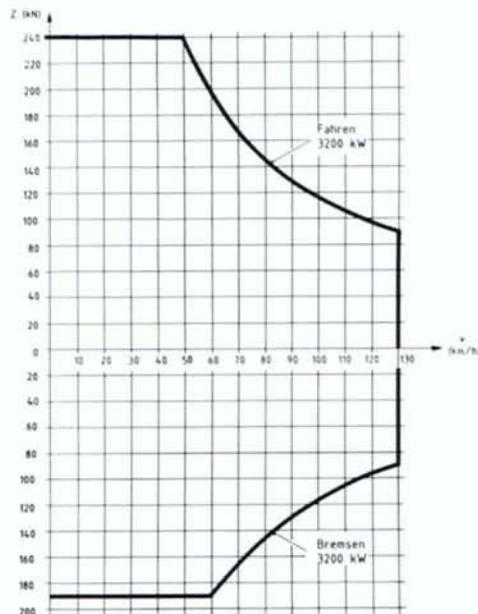
Das Prinzipschema der Hauptstromkreise zeigt die zwei ab dem Transformator voneinander unabhängigen Drehgestell-Antriebs-einheiten. Diese Strukturierung passt gut in die schon angegebenen konzeptionellen Vorgaben; sie schafft die erwünschte Redundanz, die „Steckenbleiben“ auf offener Strecke unwahrscheinlich macht.

Die Antriebseinheiten sind die Umrichter, die die vom Transformator gelieferte einphasige Energie in dreiphasige zur Speisung der Fahrmotoren aufteilen. Die sechs Traktionswicklungen des Transformators sind mit je einem Vierquadrantensteller (4QS) verbunden. Jeder 4QS ist zweipulsig und wird gegenüber den andern zeitlich versetzt getaktet, so dass die ganze Schaltung zwölfpulsig wirkt, mit einer resultierenden Pulsfrequenz von 2200 Hz. Entsprechend der verhältnismässig hohen Pulszahl wird nur ein geringer psophometrisch bewerteter Störstrom von weniger als 2 A erwartet, das heisst sehr geringe Störeinflüsse auf Sicherungs- und Fernmeldeanlagen. Zum Vergleich: die DB-Lokomotiven der Baureihe 120 arbeiten vierspulsig, sind dafür aber mit einem netzseitigen Störstromfilter ausgerüstet. Die „elektrische Umweltfreundlichkeit“ ist für den S-Bahn-Betrieb besonders wichtig: im Bereich des Bahnhofes Museumstrasse können bis zu 12 Triebfahrzeuge gleichzeitig fahrend oder stehend takten (im benachbarten SZU-Bahnhof können noch weitere dazukommen). Die Überlagerung der Netzrückwirkungen einer solchen Zahl von „Störquellen“, die Dämpfungs- sowie die Übertragungsverhältnisse auf netzfremde Anlagen (zum Beispiel



Oben: Prinzipschema der Hauptstromkreise (Zeichnung SBB).

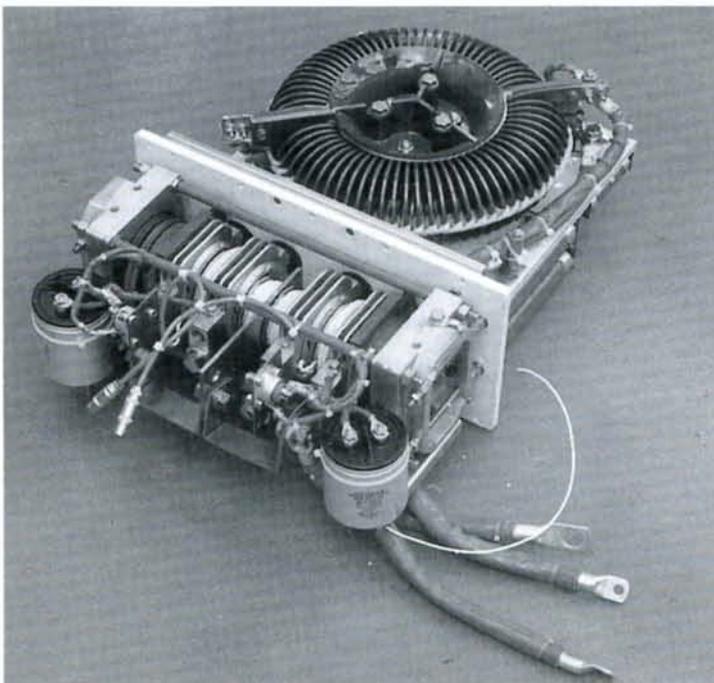
Rechts: Zugkraft- und Bremskraftkennlinien (Zeichnung SBB).



private Rechneranlagen) werden noch Gegenstand umfassender Messungen sein! Zum Prinzip der Redundanz gehört auch, dass jede Antriebseinheit ihre eigene Leit-elektronik hat. Die Antriebsleitgeräte steuern

Unten links: Phasen-Baustein mit Thyristor- und Diodenstapel sowie weiteren passiven Bauteilen (Foto ABB).

Unten rechts: Der Drehstrom-Asynchron-Fahrmotor der Re 4/4 450 (Foto ABB).





SLM 18d

Der Leisegleiter

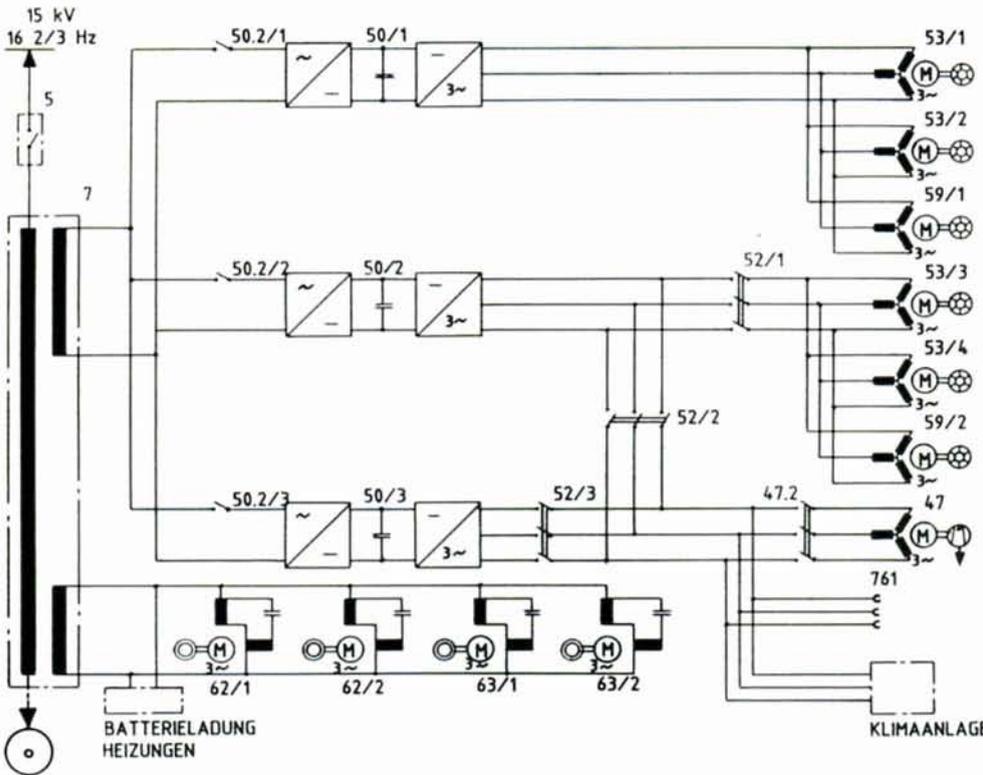
Das Drehgestell mit Lenkschiebelagerantrieb von SLM bringt Radsätze, die sich selbst radial einstellen. Und das über den ganzen Bereich der Zug- und Bremskraftausübung. Dieser neue Freiheitsgrad verbessert das Rad/Schiene-Verhalten merklich. Ungeachtet der wirkenden Zug- und Bremskräfte wird in einer Kurve der Anlaufwinkel des kurvenäusseren Rades der er-

sten Achse spürbar verkleinert. Das reduziert die Reibarbeit zwischen Schiene und Rad und minimiert Verschleiss. Wenn Sie auf eine wirtschaftliche, ruhige Fahrt Wert legen, denken Sie an unseren Leisegleiter. Erwägen Sie Drehgestelle von SLM: Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik CH-8401 Winterthur, Schweiz Telefon 052-85 41 41



Für vollendete Fortbewegung





Prinzipschema der Hilfsbetriebe der Re 4/4 450: 5 Hauptschalter, 7 Transformator, 47 Kompressor, 47.2 Schütz für Kompressor, 50 Bordnetzrichter (BUR), 50.2 Schütz für BUR, 52 Schütz für Kompressor-Umschaltung (BUR-Wechsel), 53 Lüftermotor für Fahrmotorkühlung, 59 Lüftermotor für Ölkühlung, 62 Transformator-Ölpumpe, 63 Umrichter-Ölpumpe und 761 Kupplungsdose für Speisung der Klimaanlage im Steuerwagen (Zeichnung SBB).

Seite 93:

Oben: Vierteilige S-Bahn-Einheit in Zürich Seebach. Die Fahrzielanzeige dient zugleich als dritte Stirnlampe. Eine dritte rote Lampe befindet sich hinter der Frontscheibe (Foto D. Heer, 22.5.1989).

Unten: Der Steuerwagen der S-Bahn-Einheit (Foto SWP).

sche Leistungs-Schaltenelemente (Thyristoren) diese Aufgabe. Die in den BT-, SZU- und S-Bahnlok eingesetzten GTO-(Gate turn-off) Thyristoren gehören einer neuen Generation an, die den Strom nicht nur einschalten kann, sondern – hierin besteht die grosse Fortschritt – auch zu löschen vermag. Bei den älteren Umrichterfahrzeugen wie den Rangierlokomotiven Am 6/6 und Ee 6/6^{II} musste der Löschvorgang noch mit aufwendigen Hilfschaltungen erzwungen werden. Diese Hilfschaltungen bedeuten Raumverlust auf der Lokomotive und höchst unerwünschtes Zusatzgewicht.

Die zum Umrichterantrieb gehörenden Drehstrom-Asynchron-Fahrmotoren sind im Aufbau des Rotors wesentlich einfacher als die früher üblichen Kollektormotoren. In ihrer Auslegung sind sie auf höchst komplexe Be-

dingungen, namentlich auf die GTO-Thyristoren der Wechselrichter abgestimmt: dies betrifft die Grösstwerte von Phasenspannung, -strom und Statorfrequenz sowie die Streureaktanz, die für die Stromwendung der Wechselrichter (und die Ausbildung von Oberwellen) grundlegend ist. Zur Auslegung gehören auch die isolationsmässige Dimensionierung der Statorwicklung (in der modernsten Isolationsklasse C), welche die nicht-sinusförmige und daher erhöhte Spannungsbeanspruchung berücksichtigt, ferner auch Kippmoment und (elektrischer) Schlupf bei Anfahrleistung.

Wie schon bei den Kollektor-Fahrmotoren ist eine gewisse thermische Überlastbarkeit während der Anfahr unerlässlich: die Anfahrleistung entsprechend dem hyperbolischen Teil des Zugkraft-Geschwindigkeits-Diagrammes beträgt 3,2 MW, die Dauerleistung 3,0 MW. Als paarweise gespeiste, aber mechanisch nicht verkuppelte Fahrmotoren müssen sie zudem eine ungleiche Stromaufteilung untereinander ertragen. Bei adhäensionsmässig schwierigen Verhältnissen und entsprechendem Radschlupf während einer Anfahr kann der Stromunterschied zwischen den Fahrmotoren eines Drehgestells bis zu 20% ausmachen.

Neben der elektrischen und thermischen Auslegung ist auch die mechanische nicht zu vernachlässigen: diese muss die rauen Bedingungen des Bahnbetriebes mit harten Stössen und Vibrationen berücksichtigen.

In das Drehgestellkonzept passende, massenarme Fahrmotoren müssen aus physikalischen Gründen hochtourig sein (Leistung = Drehmoment mal Drehzahl). Von da her und durch die von den Wechselrichtern verarbeitbaren Frequenzen ist ihre Polzahl bestimmt. Die Getriebeübersetzung beträgt 1:6,055 und ist für diese Antriebsart und Höchstgeschwindigkeit typisch.

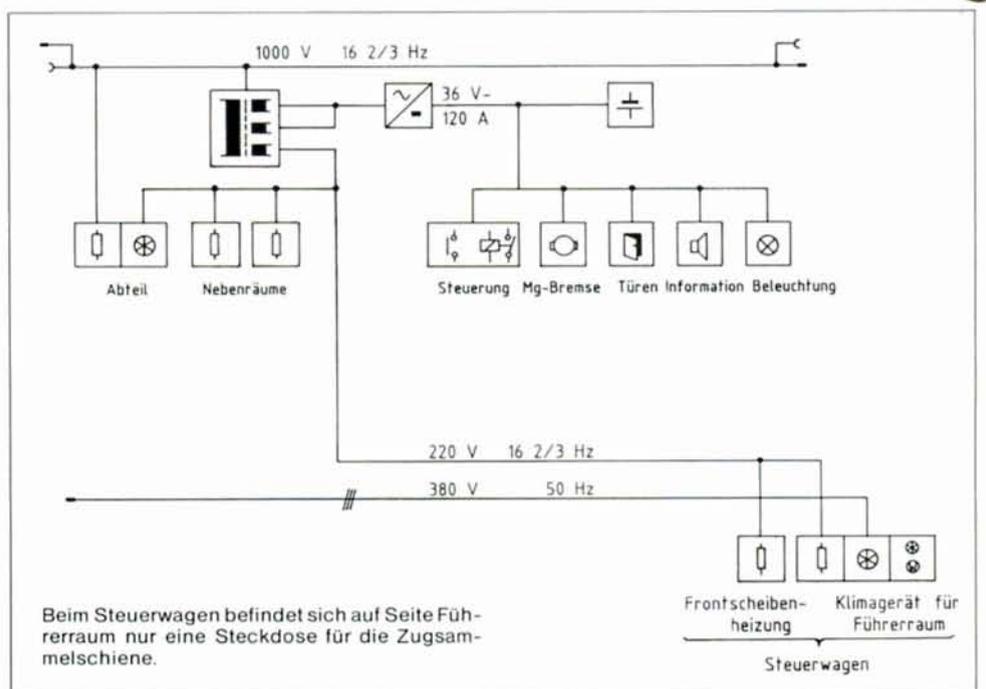
Die Drehstrom-Asynchron-Fahrmotoren zeichnen sich unter anderem dadurch aus, dass sie den Anfahrstrom ohne Beschädi-

Blockschema der Energieversorgung des Doppelstockwagens (Zeichnung SBB).

mit Zünd- und Löschimpulsen im richtigen Takt den 4QS und den Fahrmotor-Wechselrichter der ihnen zugeordneten Antriebseinheit. Entsprechend dem momentan geforderten Betriebspunkt im Zug- und Bremskraft-Geschwindigkeits-Diagramm werden Spannung und Frequenz der Fahrmotoren vorgegeben. Beim Bremsen wird durch Vorzeichenwechsel der elektrischen Schlupffrequenz die Leistungsflussrichtung umgekehrt.

Zur Übertragung der Zünd- und Löschimpulse (von den Antriebs-Leitgeräten zu den „Gate units“ der Umrichter) dienen Lichtwellenleiter. Diese Neuerung ist schon auf den BT- und SZU-Lokomotiven eingeführt worden. Sie hat den grossen Vorteil, dass der Übertragungsweg völlig unempfindlich ist auf elektromagnetische Einstreuungen aus der Umgebung, die zu Durchzündungen bei 4QS und Fahrmotor-Wechselrichtern führen können.

Das bereits erwähnte Takten der Umrichter bedeutet Ein- und Ausschalten von Spannungen und Strömen in den erforderlichen Zeitabständen. Für solche Schaltvorgänge wären mechanische Schalter in jeder Beziehung überfordert. Darum erfüllen elektroni-



gungsgefahr auch im Stillstand ertragen. Zudem sind sie äusserst genügsam im Unterhalt, weil weder Kollektor noch Kohlenbürsten vorhanden sind. Es wird von ihnen erwartet, dass sie während eines Parcours von 1'000'000 Fahrkilometern keinerlei Pflege benötigen. Anlässlich der Revision R2 (siehe Tabelle „Konzept für vorbeugenden Unterhalt“) werden sie zerlegt, gereinigt, die Lager voraussichtlich ersetzt und auf jeden Fall neu geschmiert. Der Akzent des Fahrmotor-Unterhaltes verschiebt sich somit vom elektrischen auf den mechanischen Teil, namentlich auf die hochtourig beanspruchten Wälzlager.

Auch bei den Hilfsbetrieben sind die Kollektoren verschwunden: die Ventilarmotoren und der Kompressormotor sind dreiphasig, die Ölpumpenmotoren sind einphasige Asynchronmotoren (letztere mit Hilfsphase). Die Speisung durch die Bordnetzrichter trägt wiederum dem Prinzip der drehgestellweisen Redundanz Rechnung. Bei einer Störung am Bordnetzrichter des Kompressors kann derjenige des Drehgestells 2 zugegriffen werden, dabei muss jedoch als Drehgestell 2 abgeschaltet werden.

Elektrische Ausrüstung der Wagen

Die elektrische Ausrüstung der Wagen trägt ihrem doppelten Verwendungszweck Rechnung (Einsatz in Lokomotivbespannten Zügen und in S-Bahn-Einheiten), indem einerseits die gesamte Energieversorgung an der 1 kV-16 2/3 Hz-Zugsammelschiene (Heizleitung) hängt und andererseits als durchgehende Leitungen die S-Bahn-spezifische Vielfachsteuerleitung sowie die UIC-Leitung vorhanden sind.

Das Blockschema gibt einen Überblick über die wesentlichen Komponenten. Die Heizaggregate werden direkt aus der Zugsammelschiene, die Ventilatoren dagegen über einen Transformator gespeist. Beleuchtung, Steuerstromkreise, Türsteuerung, Informationssysteme und Magnetschienenbremse werden über Transformator und Ladegerät oder aus der 36-V-Pufferbatterie gespeist.

Die elektrischen Funktionen werden über einen Rechner pro Wagen gesteuert und überwacht. Es sind dies Rechner für

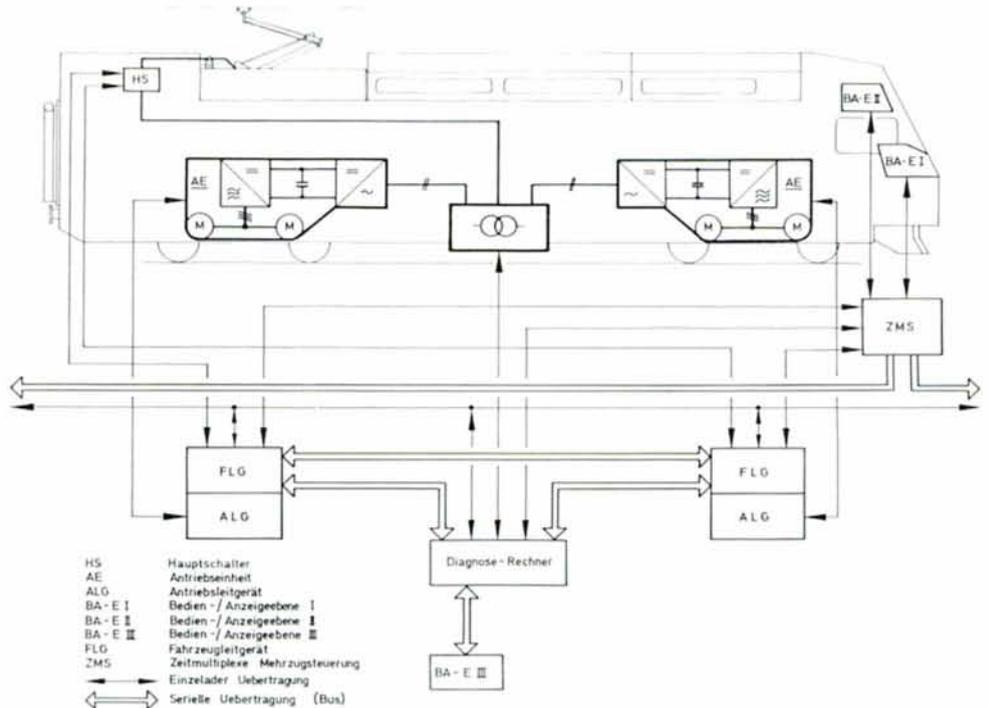
- Heizung/Lüftung,
- Gleitschutz und
- zwei Einstiegstüren je Plattform.

Die Rechner speichern jede Störung detailliert ab. Zur Abfrage der Speicher sind in den Unterhaltswerkstätten mobile Zugriffsgeräte vorhanden.

Die Klimageräte der Steuerwagen-Führerräume sind von der Lokomotive aus über eine durch die ganze Einheit hindurchgeführte 3 x 380 V-Leitung gespeist.

Leitelekttronik

Da keine Kompatibilität mit anderen Fahrzeugen gefordert ist, konnten Steuerstromkreise, Vielfachsteuerung und Systemstruktur der elektronischen Geräte bestmöglich für die Aufgaben der S-Bahn ausgelegt werden. Diese Aufgaben expandierten im Verlauf der Projektierung derart, dass ihnen nur mit neuen Lösungen begegnet werden konnte. Die Struktur der elektronischen Geräte und ihre wesentlichsten Aufgaben lassen sich zur Übersicht in zwei Systeme zusammenfassen:



Zeitmultiplexe Mehrfachtraktions-Steuerung ZMS

Dieses serielle (mit Telegrammen arbeitende) Zugbus-System (Datenübertragungssystem) verbindet sämtliche Einheiten des gesamten Zugverbandes. Es dient zur Fernsteuerung vom Steuerwagen aus bzw. zur Vielfachsteuerung von mehreren Einheiten (es können bis zu drei Einheiten in Vielfachsteuerung verkehren). Das ZMS-System kommuniziert zwischen dem Führerraum als Schnittstelle Mensch/Maschine und den Fahrzeug- und Antriebsleitgeräten als Hauptaufgabe, dazu auch mit der Geschwindigkeitsmessanlage Teloc 2000 D zur Übertragung von Soll- und Ist-Geschwindigkeit, und mit den Diagnoserechnern der Triebfahrzeuge.

Die Leitelekttronik der Einheit mit besetztem Führerraum hat die Master-Funktion (frei übersetzt: spielt die Rolle der Leitkuh). Ihre Funktionsgruppe „Geschwindigkeitsregelung“ bestimmt auf Grund der vom Lokomotivführer eingegebenen Grössen wie Sollgeschwindigkeit, Zug- oder Bremskraft und der Ist-Geschwindigkeit den Sollwert für Zug- oder Bremskraft. Dieser Sollwert ist verbindlich für alle im Zugverband mitlaufenden Triebfahrzeuge. Er wird in codierter Form über die ZMS an alle Fahrzeug-Leitgeräte übertragen und dort für die Umsetzung in Zug- oder Bremskraft und EP-Bremse ausgewertet.

Fordert die Geschwindigkeitsregelung Bremskraft an, oder wenn der Lokomotivführer mittels Handrad Bremskraft bestellt, wird in erster Linie die elektrische Bremse bis an die zulässige Grenze angesteuert. Die EP-Bremse wird nur soweit angesteuert, als dies zur Unterstützung der elektrischen Bremse notwendig ist.

Nur die Hard- und Software der Antriebsleitgeräte ist identisch mit derjenigen der BT/SZU-Lokomotiven. Wegen der S-Bahn-spezifischen Anforderungen ist dagegen die Software der Fahrzeuggesteuergeräte stark geändert worden, so zum Beispiel für das Fernentkuppeln an der gewünschten Stelle im Zugverband.

Die Verknüpfung von Traktionsleitelektronik und ZMS auf der Lokomotive (Zeichnung SBB).

Der Diagnoserechner der Triebfahrzeuge speichert sämtliche Störungen im Traktionsbereich detailliert sowie die Massnahmen des Lokomotivführers ab. Dadurch ist gewährleistet, dass später die Störungsgeschichte exakt verfolgt werden kann. Daneben werden auch noch Einzelgerätestörungen (zum Beispiel Türsteuerung der Wagen) registriert.

Im übrigen ist das Konzept der Störungserfassung, -anzeige und -behebung so ausgelegt, dass

- im Störfall der Lokomotivführer den Führerraum bis zum nächsten Endbahnhof (Extremfälle ausgenommen) nicht verlassen muss,
- jede gestörte Einheit weiterhin beleuchtet, belüftet und beheizt bleibt, soweit technisch zulässig,
- der Lokomotivführer vom Führerpult aus unterwegs gestörte Apparate oder Anlagenteile ferngesteuert abtrennen kann, namentlich einzelne Drehgestelle, den ganzen Traktionsteil oder die Zugsammelschiene einer Einheit,
- jede wichtige Störung die zentrale Störungsanzeige im Blickfeld des Lokomotivführers aufleuchten lässt. Sie ist die einzige Störungsanzeige für den Traktionsteil auf dem Führerpult (Anzeigeebene I). Hier wird auch angezeigt, ob mindestens ein Hauptschalter im Zugverband ausgeschaltet ist. Wiederholt sich die Störung nach erneutem Einschalten des Hauptschalters durch den Lokomotivführer, kann er durch Drücken der Taste „Entpannung“ den betriebsuntauglichen Teil elektrisch abtrennen. Auf der Anzeigeebene II, die in allen Führerräumen vorhanden, aber nur im besetzten aktiv ist, erscheinen differenzierte Angaben, die dem Lokomotivführer für seine weiteren Dispositionen dienlich sind. Im Maschinenraum der Triebfahrzeuge werden auf der Anzeigeebene III die Detailinformationen zu den Störungen sichtbar gemacht und auch bei Remisierung gespeichert.

Asea Brown Boveri Drehstromantriebe in GTO-Technik für jedes Zugförderungsproblem



Zum Beispiel bei den Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) für die Zürcher S-Bahn:

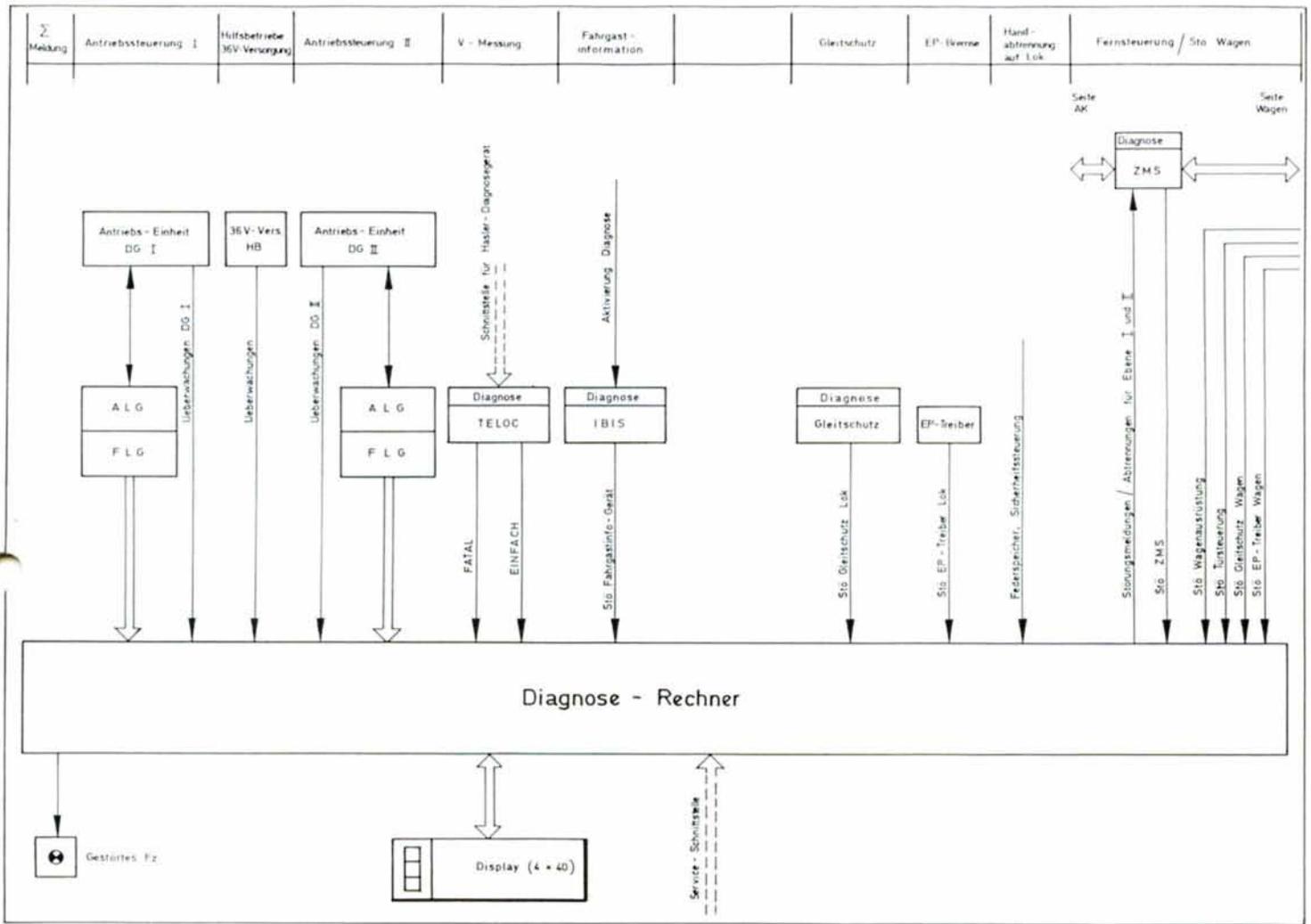
Pendelzug-Lokomotive Re 4/4 450 mit Drehstromantrieb für Einphasen-Wechselstrombetrieb 15 kV / 16 2/3 Hz zur Förderung der vierteiligen Doppelstock-Pendelzüge

- Dreiphasige, zweipulsige GTO-Antriebswechselrichter
- Netzseitige GTO-Vierquadrantensteller für Fahr- und Netzbremsebetrieb bei vernachlässigbarer Blindstrombelastung des Netzes.
- Stromrichter in ABB-Öltauchbauweise
- Drehstrom-Asynchron-Fahrmotoren mit Schiebelagerantrieb

- Speicherprogrammierte, modulare ABB-Traktionsleitelektronik MICAS-S[®]
- Modulare Bordnetzumrichter BUR für Hilfsbetriebeversorgung mit Drehstrom (3000 kW dauernd, Anfahrt mit max. 240 kN, max. 130 km/h, Dienstmasse 78 t)

Asea Brown Boveri AG Baden
Geschäftsbereich Verkehr
CH-8050 Zürich/Schweiz
Postfach 8242
Telefon 01/315 22 16
Telex 823 790 85 ab ch
Telefax 01/312 61 59

ABB
ASEA BROWN BOVERI



Der Diagnose-Rechner auf der Lokomotive (Zeichnung SBB).

Integriertes Bordinformations-System IBIS

Dieses zweite serielle Bus-System geht ebenfalls durch den ganzen Zug hindurch

und hat vorwiegend betriebliche Aufgaben. Dem IBIS sind die im Kapitel „Information der Fahrgäste“ bereits genannten Funktionen überbunden, nämlich

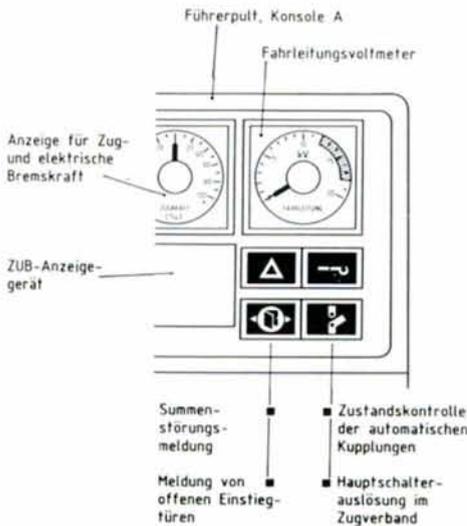
- Rollband-Anzeigen für Linie, Fahrweg und Ziel,
- Haltestellen-Ansagegerät und
- Lautsprecher-Durchsage.

räte zur Fahrgastinformation. Beim Vereingigen und Trennen von Zügen in bestimmten Stationen sowie bei alternierendem Verkehren von Zügen nach zwei Zugzielen entsprechend Betriebskonzept steuert das IBIS auch einheitsselektiv die Rollbandanzeige und die Lautsprecherdurchsage. Der Lokomotivführer wird dadurch weitgehend von Bedienungsarbeiten entlastet. Ausserdem steuert das IBIS den Datenaustausch zwischen den am IBIS-Bus angeschlossenen Geräten wie

- Geschwindigkeitsüberwachungs-System ZUB,

Unten: Anzeige-Ebene I (Zeichnung SBB)

Unten rechts: Anzeige-Ebene II (Foto ABB)



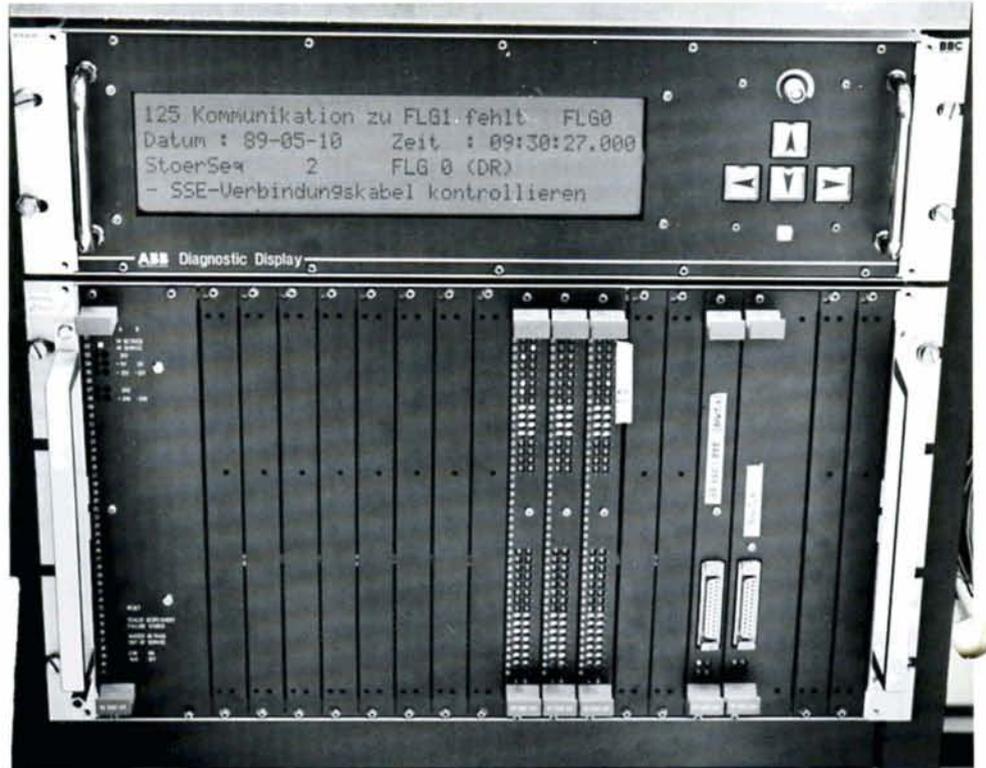
1	Einheit vollständig ausgeschaltet	1 Lok - nicht	2 und 3 Lok - Schlepplift
2	Traktion vollständig eingeleitet	1 Lok - nicht	2 und 3 Lok - Schlepplift
3	Störung Fernsteuerung	Überschreibung auf Nichtfahrt	
4	Bildung Geschwindigkeits-Regler	Auswahl des Geschwindigkeits-Regler	
5	Nichtlast eingeschaltet	----> Bremsen nur mit Notbremsstrom möglich	
6	Traktion-Temperatur ausser Bereich	Reaktion Zugleit ----> nächste Station	
7	Zugammenschleife eingeschaltet	----> Weiterfahrt bis Endbahnhof	
8	Warnung 1	----> Weiterfahrt bis Endbahnhof	
9	Federbremsen LOK eingeschaltet	Bei Bremsung der Einheit ----> gemäss Art FDR	
10	Geschwindigkeits-Regler aus	Weiterfahrt mit einer Zugkraftleistung	
11	Drehgestell abgekoppelt	----> Weiterfahrt mit vmax = kmh	
12	Störung EP-Bremse	----> Weiterfahrt mit vmax = kmh	
13	Pneumatische Demosol ausgeschaltet	----> Weiterfahrt mit vmax = kmh	
14	Sicherheitsleistung ausgeschaltet	----> Weiterfahrt gemäss Art FDR	
15	Störung Tp / Tp-Störung	----> Kontrolle Einzelgleisen / Doppelgleis	
16	Störung Wagen	----> Weiterfahrt 1 Verschiebefahrt 1	
17	Warnung 2	----> Weiterfahrt bis Ende des Tages	
18			
19			
20			
21			
22			
23	Mehr als 1 Führerperson benutzt	Alle Führerplätze bis auf einen abschalten	
24	Endpunkt der Fahrt	1 Minus für Lokführer 1	

- Zugfunk und
- Geschwindigkeitsmessanlage Teloc 2000 D (zwecks automatischer Abspeicherung der Zugnummer auf der besetzten Einheit).

An dieser Stelle soll noch anhand von drei Beispielen auf die Aufgaben des IBIS eingegangen werden:

- Die S-Bahnzüge erhalten eine Lautsprecheranlage System UIC, die mit der Zugfunkanlage über die UIC-Leitung verbunden ist (siehe auch Kapitel „Information der Fahrgäste“). Dies ist notwendig, damit die Doppelstockwagen freizügig als Verstärkungswagen in konventionellen Zügen eingesetzt werden können. Vom besetzten Führerraum eines vielfachgesteuerten S-Bahn-Zuges aus kann die gesamte Anlage kollektiv wie auch einheitsselektiv besprochen werden. Zu diesem Zweck werden die Verstärker der nicht zu beschallenden Einheit durch das IBIS-Zentralgerät abgeschaltet.
- Die Uhrzeit und das Datum der IBIS-Uhr dienen als Sollwerte für alle am IBIS-Bus angeschlossenen Geräte. Dies betrifft den Zugfunk, die Teloc 2000 D-Anlage und das ZUB-System. Dadurch wird vermieden, dass auf den Triebfahrzeugen regelmässig vier und auf den Steuerwagen drei Uhren (pro Einheit also sieben!) zu richten sind.
- Die im Kapitel „konzeptionelle Vorgaben“ erwähnte Schaltuhr-Funktion für Heizung von Einheiten in Parkstellung wird ebenfalls vom IBIS wahrgenommen.

Die hier beschriebene Strukturierung der elektronischen Systeme ermöglicht ungeachtet des enormen Informationsvolu-

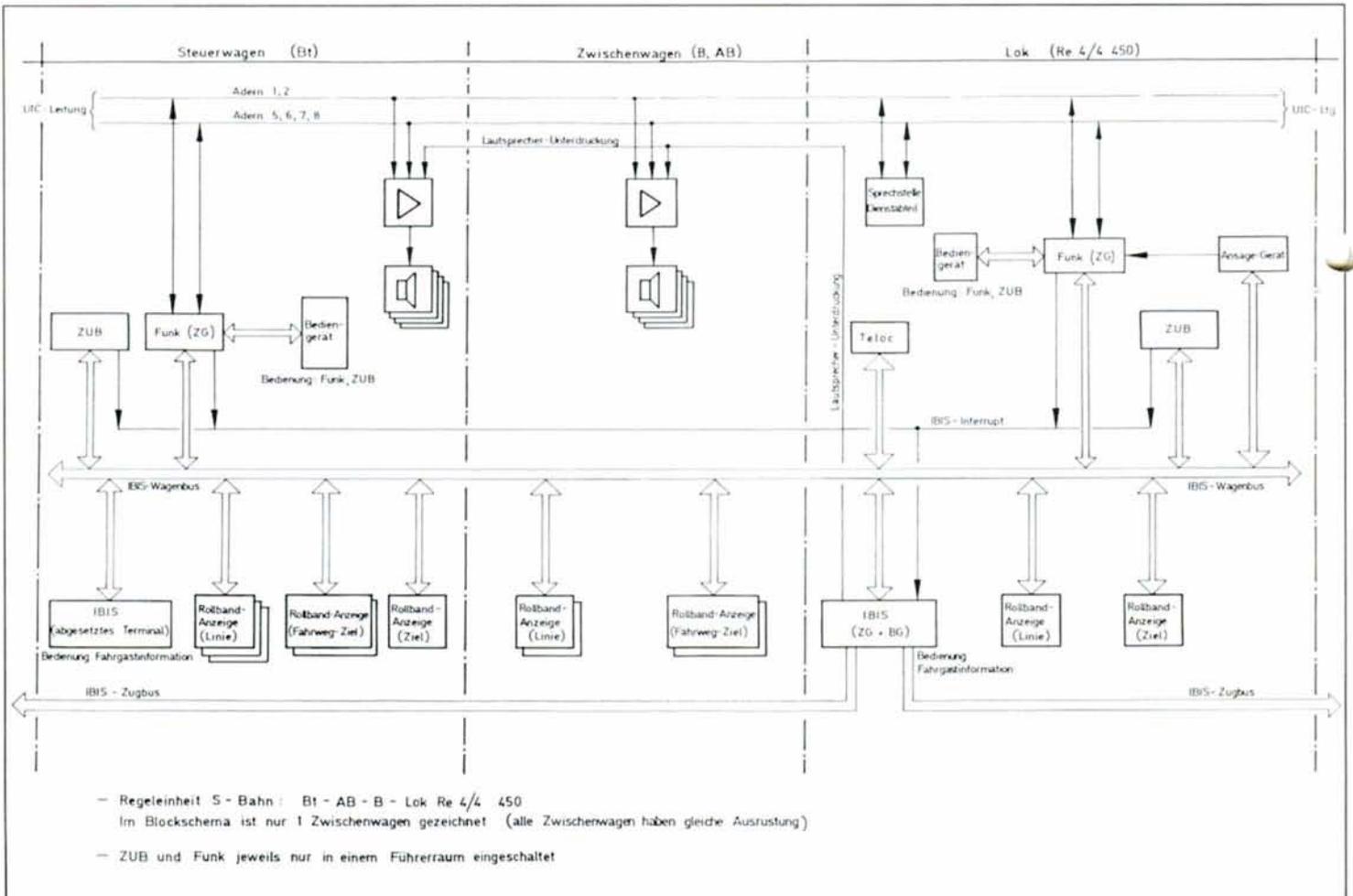


mens die Zahl der Vielfachsteuerleitungen im Rahmen zu halten: innerhalb der Zugeinheit sind 52 Adern, über die Stirnkupplungen 23 Adern belegt. Auf Einzeladern sind nur Funktionen angesteuert, die

- Sicherheitscharakter haben, wie zum Bei-

Anzeige-Ebene III (Foto ABB)

Blockschema des Fahrgast-Informationssystems und des IBIS-Bus (Zeichnung SBB).



- Regeleinheit S-Bahn: Bt - AB - B - Lok Re 4/4 450
- Im Blockschema ist nur 1 Zwischenwagen gezeichnet (alle Zwischenwagen haben gleiche Ausrüstung)
- ZUB und Funk jeweils nur in einem Führerraum eingeschaltet

spiel Hauptschalter-Auslösung im gesamten Zugverband durch Zugsicherung, ZUB oder Notbremsung durch den Lokomotivführer,

- zur Systeminitialisierung von ZMS und IBIS dienen, zum Beispiel bei Inbetriebnahme eines Zugverbandes,
- notwendig sind für Türsteuerung, Heizung, Lüftung und Beleuchtung der Wagen sowie der Gepäcktüre der Lokomotive,
- die Einreihung und Stellung einer Einheit im Zugverband definieren.

Eine Reduktion der Adern innerhalb der Zug-einheit sowie über die Stirnkupplungen um etwa 50 % wäre möglich gewesen durch Einbezug von Wagenfunktionen in das ZMS (mit Partnerstationen auf den Wagen), was jedoch nicht wirtschaftlich erschien. Zu den angegebenen Zahlen belegter Adern sind noch die 13 Adern der durchgehenden UIC-Leitung zu addieren (siehe auch Tabelle).

Die S-Bahn-Einheiten machen den weltweiten Trend der Verlagerung von Hardware (und Montageaufwand) zur Software mit. Ein Zug enthält mehr als 30 Rechner, wobei die Rechner für Komfort und andere Funktionen berücksichtigt sind! Die Lösung entspricht dem Stand bereits erprobter Technik: ZMS und IBIS sind schon vielfach in Verkehrsmitteln eingesetzt worden, das ZMS-Prinzip zum Beispiel auf den EW III-Pendelzügen der SBB [8] und den Autozügen der BLS.

Dem interessierten Leser gibt die tabellarische Übersicht die technischen Daten einiger Elektronik-Systeme, die auf den S-Bahn-Einheiten eingesetzt sind.

Führerräume von Lokomotive und Steuerwagen

Ein speditiver S-Bahnverkehr setzt raschen Fahrgastwechsel auf den Unterwegsstationen voraus. Präzise Zielhalte der Züge an vorgegebenen Stellen sind der Verkehrsabwicklung förderlich. Die Erfahrungen der SBB mit den bisherigen Vorortstriebszügen RABDe 12/12 und 8/16 sowie den modernen Nahverkehrszügen NPZ zeigen, dass

- eine fest auf dem Fahrzeug vorgegebene Verzögerung jeden „handgemachten“ Zielhalt erschwert (weil der Lokomotivführer - um stets Wegreserve zu haben - in Etappen auf das Ziel hin bremsen muss) und
- das gleichzeitige Bedienen der elektrischen und der pneumatischen Bremse mit getrennten Bedienelementen den Lokomotivführer bei häufigen Zielhalten übermässig beansprucht, vor allem wenn der Fahrplan gedrängt ist.

Daher sahen sich die SBB veranlasst, für die neuen Züge eine auf die S-Bahn zugeschnittene Bedienungsart zu realisieren: mit einem Handrad als alleinigem Eingabeelement für Zug- und Bremskraft, das dem Lokomotivführer zugleich ermöglicht, während der Zielbremsung auf einfache Weise die Gesamtbremskraft des Zuges zu dosieren.

Das Handrad war eine sehr wesentliche Vorgabe für die Neugestaltung des unmittelbaren Bedienungsbereiches im S-Bahn-Führerraum. Im übrigen waren drei Gruppen von

„Leitideen“ mitbestimmend, die aus Vorstellungen des Bedienungs- und Unterhaltspersonals, der Industrie und aus wertanalytischen Überlegungen der Fahrzeugbauleitung hervorgingen:

- Kunststoff- statt Metalloberflächen im Bedienungsbereich,
- einfache Formen im Bedienungsbereich (kein „Diamantschliff“),
- leichte Anpassbarkeit der Aufbauten an veränderte Gegebenheiten,
- gute Zugänglichkeit zu Apparaten und Stirnwand bei Reparaturen,
- gute Knie- und Beinfreiheit auch für grosse Lokomotivführer (UIC-Richtlinien),
- entspannte Haltung in Arbeitsstellung (Schulter- und Armmuskulatur),
- einfache Ein- und Ausbaubarkeit der Apparate (bei Bau und Unterhalt),
- Bedienung wahlweise stehend oder sitzend (Normalstellung sitzend),
- Wahrung der ergonomischen Grundzüge der bisherigen Führerstände,
- günstige Gesamtanordnung für häufiges Verlassen des Sitzplatzes (und Fluchtweg),
- Bedienungshebel für Soll-Geschwindigkeit und EP-Bremse in Handrad-Nähe,
- ausschliessliche Verwendung von bewährten Apparaten (Minimierung des technischen Risikos),
- Fussnische für entspannte Haltung während Stillstand des Zuges,
- gute Sicht auf Zwergsignale vom Sitzplatz aus.

Leitungen innerhalb Einheit/Zugverband

Die in dieser Tabelle aufgeführten Leitungen sind innerhalb der S-Bahn-Einheit (Übergangseinrichtung der einzelnen Wagen), teils auch über den ganzen Zugverband (also auch über die automatische Kupplung) durchgezogen.

Leitungen	Leitungen durch Einheit	Leitungen durch ganzen Zugverband
Pneumatische Leitungen		
- Speiseleitung	x	x
- Hauptleitung	x	x
Elektrische Leitungen		
- Zugsammelschiene 1 kV/16 2/3 Hz	x	
- Speiseleitung 3 x 380 V für Klimagerät im Steuerwagen	x	
- Steuerstrom und Signalleitungen		
- ZMS	x	x
- IBIS-Wagenbus	x	
- IBIS-Zugbus	x	x
- Allg. Loksteuerung	x	x
- Türsteuerung	x	x
- Selektivität der Ansagen	x	(IBIS)
- Batterie Minus	x	x
- Steuerung Beleuchtung	x	(ZMS)
- Abtrennung gestörter Apparate	(ZMS)	(ZMS)
- Entkupplung der automatischen Kupplung	x	(ZMS)
- Handbetätigung Magnetschienebremse	x	x
- Handbetätigung der Schleuderbremse	(ZMS)	(ZMS)
- Betätigung Sander	(ZMS)	(ZMS)
- Elektropneumatische Bremse	x	(ZMS)
- Zentrale Bremskontrolle	x	(ZMS)
- Federspeicherbremse	(ZMS)	(ZMS)
- UIC-Kabel	x	x

Beim Einsatz in normalen Zügen werden Haupt- und Speiseleitung sowie Zugsammelschiene und UIC-Leitung gekuppelt. Mit herkömmlichen Pendelzügen (mit Vielfachsteuerkabel III) sind die S-Bahn-Wagen nur als „Verstärkungswagen“ einsetzbar.



OSCAR FÄH AG
9245 OBERBÜREN



TEL. 073/518111
TELEX 883 223

Ausgewählte Elektronik-Systeme der S-Bahn-Züge

1. Traktionsleitgerät

- Lieferfirma: ABB Schweiz
- Typ: MICAS-S
- Abmessungen: 2 Etagen 6U/19"
- Rechner:
 - Einkartenrechner (2 Geräte) für übergeordnete Steuerfunktionen
 - Prozessor Intel 80186
 - Programmierung in Funktionsblocksprache
 - Verarbeitungszeit ca. 5 ... 10 ms
 - RS 232-Service-Schnittstelle
 - RS 422-Schnittstelle für Verbindung zu Partner-Rechner
 - Controller-Bus nach RS 485
 - Controller (4 Geräte) für maschinennahe Steuerung
 - Prozessor Intel 8096
 - Programmierung in Assembler
 - Verarbeitungszeit ca. 0.01 ... 1 ms
- Peripherie:
 - Ein-/Ausgabe Binär: 80 Kanäle
 - Ein-/Ausgabe Analog: 24 Kanäle

2. Diagnosegerät in der Lokomotive

- Lieferfirma: ABB Schweiz
- Typ: MICAS-S
- Abmessungen: 1 Etage 6U/19", 1 Etage 3U/19"
- Rechner:
 - Einkartenrechner für Aufbereitung der Diagnosesignale
 - Prozessor Intel 80186
 - Programmierung in Funktionsblocksprache
 - Verarbeitungszeit ca. 5 ... 10 ms
 - RS 422-Schnittstelle für Verbindung zu Partner-Rechner
- Nichtflüchtiger Speicher 264 KB
- Display: 4 Zeilen à 40 Charakter
- Service-Schnittstelle RS 232 für Datenzugriff

3. ZMS

- Herstellerfirma: ABB Deutschland
- Abmessungen: 2 Etagen 3U/19"
- Übertragung: drahtgebunden (2 Adern)
- Verfahren: Frequency Shift Keying (Frequenzumtastung)
- Betrieb: Vollduplex
- Frequenzkanäle: je 1 Kanal für Befehle und Meldungen
- Frequenzbereich: 93,6 kHz / 117,6 kHz (+/- 2,4 kHz)
- Übertragungsgeschw.: 2400 Baud (Zeichenschritte/Sek.)
- Rechner:
 - CPU aus MICAS-L Familie
 - Prozessor Intel 8088
 - Programmierung in Funktionsblocksprache
 - Koppler zu Signal-Übertragungs-Baugruppen
 - Prozessor Intel 8096
 - Programmierung in Assembler
 - Verarbeitungszeit ca. 0,01 ... 1 ms

4. IBIS

- Herstellerfirma: Häni-Prolectron, Wil
- Abmessungen: 191 x 100 x 150 (BxHxT)
- Ausrüstung:
 - 1 Zentralgerät (inklusive Terminal)
 - 1 abgesetztes Terminal
- Steuerung:
 - Linien-/Zugzielanzeiger (16 Geräte/Einh.)
 - Ansagegerät
 - Verbindung ZFk und ZUB
- Bedien- und Anzeigeteil:
 - LCD-Anzeige 2 Zeilen à 16 Zeichen
 - 22 Tasten
- Schnittstellen:
 - Wagenbus (innerhalb Einheit)
 - Verbindung 2 Aderpaare
 - serielle Schnittstelle
 - Vollduplex-Betrieb
 - Signalpegel 24 V
 - Übertragungsgeschw. 1200 Baud
 - Zugbus (ausserhalb Einheit)
 - Verbindung 1 Aderpaar
 - serielle Schnittstelle
 - Semiduplex-Betrieb
 - Signalpegel 60 V
 - Übertragungsgeschw. 1200 Baud

Die erste Gruppe führte zur Auflösung des üblichen Führertisches, bzw. zu dessen Ersatz durch einen „modularen“ Aufbau mit einfachen Korpusen. Die zweite Gruppe ergab die starke Neigung der Achse des Handrades (60°), die dritte Gruppe die Anordnung der Apparate und die Strukturierung der Bedienungsflächen.

Beim Drehen des Handrades im Gegenuhrzeigersinn wird die Rekuperationsbremse der Lokomotive aufgesteuert und – im höheren Drehbereich – dazu auch die EP-Bremse der Wagen. Im Bereich „Fahren“ – mit Drehen im Uhrzeigersinn – dient das Handrad zum Einstellen der Zugkraft (eingestellter Wert bleibt konstant bis zum Erreichen der Leistungshyperbel oder der Soll-Geschwindigkeit).

Mit separatem Hebel wird die Soll-Geschwindigkeit vorgegeben. Daraus geht hervor: die S-Bahnzüge verfügen über eine Geschwindigkeitssteuerung mit einstellbarer Zug- oder Bremskraft. Nicht einstellbar ist die Bremskraft, wenn die Ist-Geschwindigkeit grösser ist als die Soll-Geschwindigkeit. Das ist der Fall, wenn zum Beispiel der Zug mit der Soll-Geschwindigkeit fährt und der Sollgeschwindigkeits-Hebel zurückgestellt wird; dann setzt die volle Bremskraft des ganzen Zuges ein.

Als Rangierbremse dient die EP-Bremse des gesamten Zuges, die mit einem eigenen EP-Bremshebel angesteuert wird.

Die Wände der Führerräume sind aus akustischen Gründen mit Löcherblechen verkleidet.

Um trotz der starken Neigung der Stirnwand von rund 26° und der grossen Front-Fenster-scheibe das Führerraum-Klima im Griff zu haben, sind Geräte für Frischluftzufuhr und Kühlung der Raumluft vorhanden.

Nächste Zukunft

Unterhaltsplanung, Diagnostik, Datenverarbeitung

Beim Unterhalt wird zwischen vorbeugendem oder planmässigem und unplanmässigem Unterhalt (im Störfall) unterschieden. Unterhalt ist planbar, sofern das Betriebsverhalten der periodisch zu unterhaltenden Fahrzeugteilsysteme bekannt ist (zum Beispiel Schmierintervalle). Unplanmässiger Unterhalt ist – wie aus dem Flugzeugunterhalt bekannt – ebenfalls systematisierbar, sofern mindestens die sicherheitsrelevanten Teilsysteme redundant ausgeführt sind und zudem ein effizientes Vorkelldesystem vorhanden ist. Diese Voraussetzungen sind für Eisenbahnfahrzeuge erst in Ansätzen vorhanden oder im Aufbau begriffen.

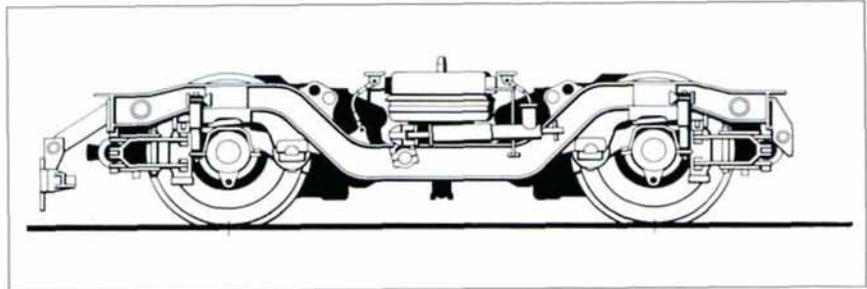
Der planmässige Unterhalt wird heute bei den SBB mit dem EDV-Paket TUPSY (Triebfahrzeug-Unterhalts-Planungs-System) zumindest für Lokomotiven, Trieb- und Steuerwagen organisiert und überwacht. Über den unplanmässigen Unterhalt wird mit demselben System Buch geführt. Letzteres erlaubt, Analysen von schwachen Stellen an ganzen Fahrzeugserien durchzuführen. Systematisch auftretende Störungen werden damit schnell erkannt, womit Anforderungsprofile



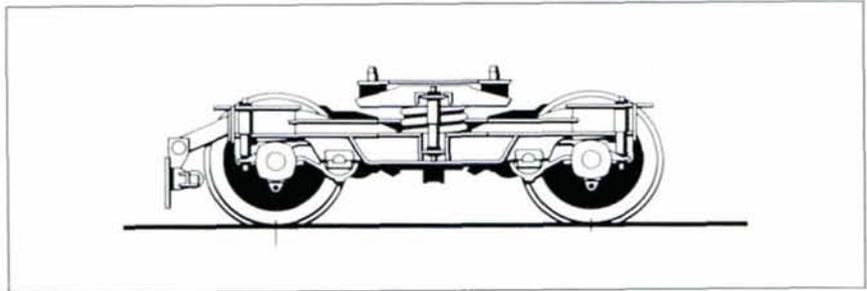
»Der unsichtbare Komfort«

Drehgestell-Entwicklungen

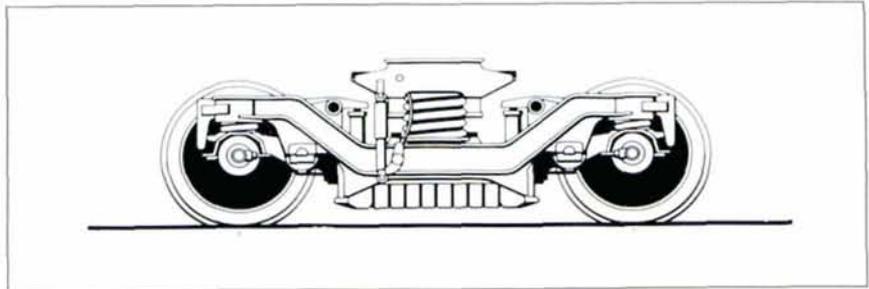
Motor-,



Trieb-,

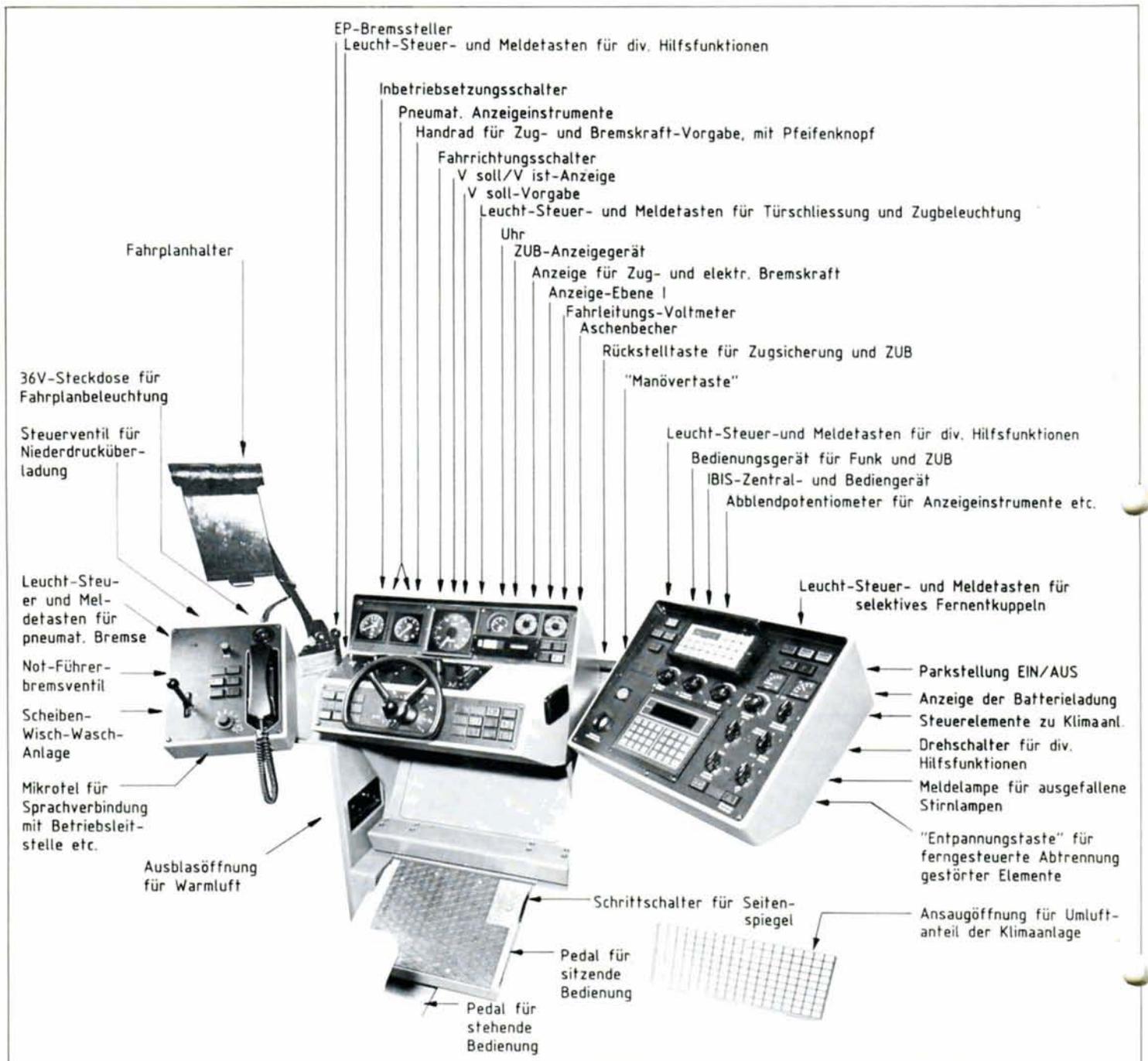


Lauf-



Drehgestelle

nach dem SIG-Baukastensystem
für sämtliche Bedarfsfälle und Spurweiten



für Komponenten verbessert oder Mithilfe bei der Störungsbehebung (zum Beispiel Instruktion) angeboten werden können.

Auf den S-Bahn-Fahrzeugen werden neu erstmals für die Mithilfe bei Störungserkennung und -behebung Diagnoserechner in grossem Umfang eingesetzt. Das Arbeiten mit Diagnoserechnern bedarf sehr guter Fahrzeugkenntnisse und stellt damit hohe Anforderungen an das Unterhaltspersonal. Dieses wurde und wird zur Zeit noch intensiv auf die kommenden Aufgaben hin geschult; dazu gehört zum Beispiel, mit mobilen Zugriffsgaräten die Speicher der Diagnoserechner abzufragen und die Daten zur Auswertung über stationäre PC auf den zentralen Rechner der SBB weiterzugeben.

Die bereits bestehenden EDV-Systeme TUP-SY und ZEBRA (zentrale Datenbank für Rollmaterialangaben) werden auf diese Weise ergänzt und mit fahrzeugspezifischen Datenbanken verknüpft. Mit diesem Konzept sind

die Voraussetzungen geschaffen, Daten aus verschiedenen Unterhaltsstellen (Hauptwerkstätte Zürich; Grossunterhalt und grössere Reparaturen, Unterhalt der Komponenten; Depots Zürich und Winterthur; laufender Kleinunterhalt) an zentralem Ort für die weitere Verarbeitung zusammenzuführen. Dies erlaubt die

- gezielte Erfassung von schwachen Stellen während der Garantiezeit der Fahrzeuge,
- Beseitigung von schwachen Stellen bereits beim Bau von Folgeserien (Rückfluss von Betriebserfahrung zum Konstrukteur).
- Aus heutiger Sicht wird für Zürich mit mehreren Folgeserien, insgesamt etwa 100 Einheiten, gerechnet,
- Korrekturmöglichkeiten beim planmässigen Unterhalt (zum Beispiel flexible, stufengerechte Unterhaltsanleitungen),
- Aussage über Betriebskosten von Teilsystemen und Komponenten (Kosten-Nutzen-Analyse vor und nach allfälligen Änderungen).

Der Bedienungsbereich der Führerräume (Foto ABB).

Dem Stand der Technik entsprechend, sind die S-Bahn-Züge mit zwei Bussystemen (ZMS, IBIS) und mit gerätespezifischen Diagnoserechnern ausgerüstet. Diese Diagnoserechner sind dezentral, das heisst örtlich, an den einzelnen Geräten abzufragen. Die so abgelesenen Daten müssen gemeinsam mit den vom Diagnosesystem nicht erfassten Störungen auf separatem Weg den stationären Personal Computern (und damit dem zentralen Rechner) zugeführt werden.

Die Datenverarbeitung auf Mikrorechner-Basis entwickelt sich rasant weiter; für die Lokomotive 2000 und den Reisezug 2000 werden bei vergleichbaren Aufgaben bereits ein einziges Bussystem und eine praktisch vollständig zentralisierte Diagnose möglich sein.

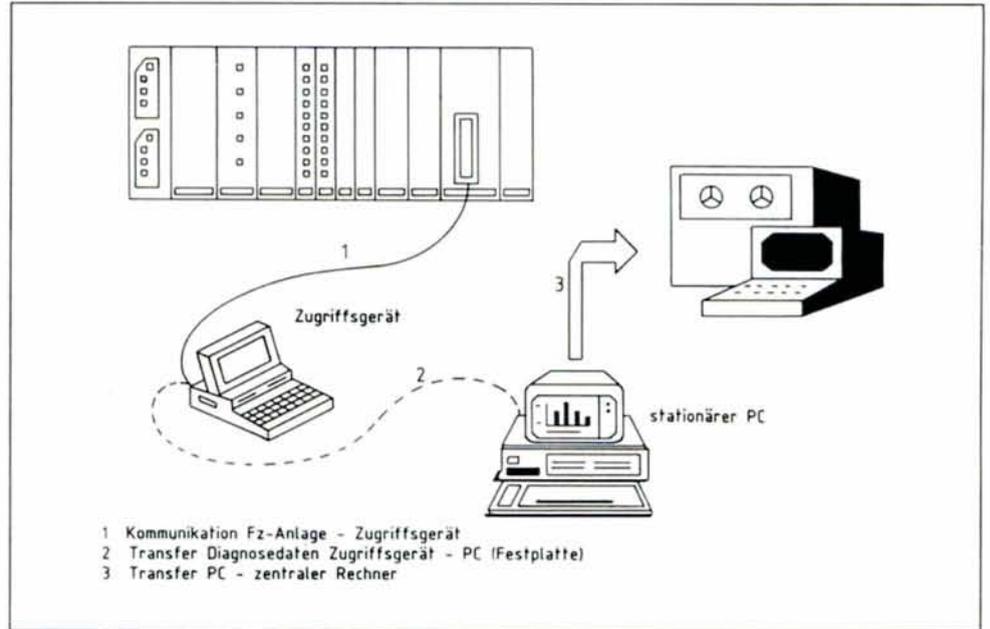
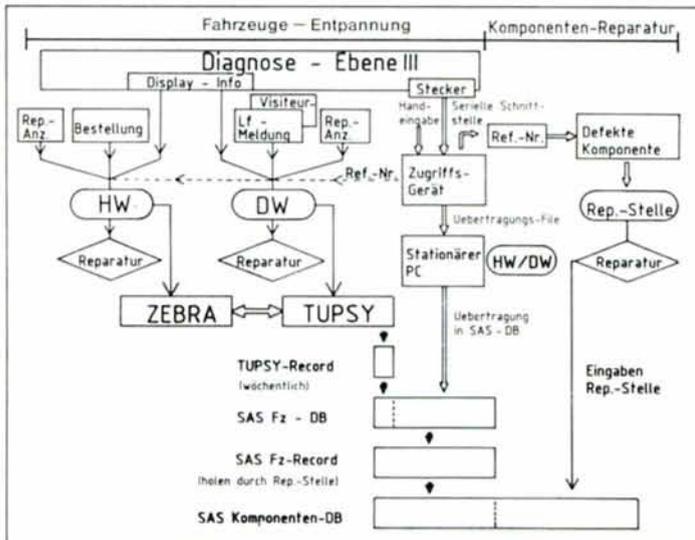
Schematische Darstellung von Diagnose und Datentransfer (Zeichnung SBB).

Einhaltung der Pflichtenheftforderungen

Das Pflichtenheft umschreibt die geforderten Fahrzeugeigenschaften möglichst präzise und hält konstruktive Forderungen nur dort fest, wo einschlägige Bahnerfahrung vorliegt. Letztere ist zum Teil in UIC-Merkblättern und in technischen Vorschriften der Direktion Zugförderung und Werkstätten festgelegt. Gemeinsame Bausitzungen von Industrie und SBB während der Konstruktions- und Auslegungsphase, wo unter anderem auch spezialisiertes Unterhaltspersonal der SBB beigezogen wird, ermöglichen zudem den Erfahrungsaustausch im konkreten Anwendungsfall. Dabei wird vorwiegend die Bewertung von Lösungsvarianten nach konstruktiven und wertanalytischen, beziehungsweise unterhaltstechnischen Kriterien vorgenommen.

Die Einhaltung von weiteren Kriterien — diese sind Gegenstand der Typenprüfung — geht einerseits aus Auslegungs- und Nachweisrechnungen und andererseits aus Versuchen an Modellen (zum Teil im Massstab 1:1) hervor. Die Ergebnisse der Auslegungsrechnung liefern Aussagen über die optimale Wahl der Fahrzeugparameter. Die Nachweisrechnung macht „glaubhaft“, dass die im Pflichtenheft geforderten Eigenschaften durch die gewählte Konstruktion eingehalten werden. Damit soll gewährleistet werden — dies im Gegensatz zu früher angewandten empirischen Konstruktionsgrundsätzen —, dass schon auf dem Reissbrett eine Konstruktion entwickelt wird, die dem gewünschten Ziel möglichst nahe kommt. Den praktischen Nachweis hierfür erbringen erst Versuche, die vorwiegend auf der Strecke und unter Betriebsbedingungen stattfinden. Diese nachstehend aufgezählten Typenversuche, nicht zu verwechseln mit den an sämtlichen Fahrzeugen durchzuführenden Werk-

Verknüpfung der EDV-Systeme TUPSY und ZEBRA mit der Störungserfassung bei den S-Bahn-Zügen (Zeichnung SBB).



und Abnahmeprüfungen, werden bis zum Frühjahr 1990 an repräsentativen Einzelfahrzeugen durchgeführt. Die insgesamt 40 verschiedenen Einzelversuche können in die folgenden Haupt- und Untergruppen eingeteilt werden:

- Komfort für den Reisenden**
- Fahrzeugschwingungen,
 - Vibration der Sitze,
 - Lärmbelastung innen und aussen,
 - Heizung/Lüftung,
 - Dichtigkeit der Fahrzeuge gegen Zugluft, Meteor- und Spritzwasser,
 - Beleuchtungsstärke und Ausleuchtung.
- Betriebliche Forderungen**
- Greifbereich der automatischen Kupplung insbesondere beim Kuppeln im Bogen,
 - Winterfestigkeit der Anlagen,
 - Adhäsionsverhalten, Fahrzeiten,
 - Auf- und Abrüstzeit der S-Bahn-Einheit,
 - Evakuierung der Reisenden,
 - Aufgleisen.
- Betriebstechnische Forderungen**
- Geometrische Einschränkungen,
 - Bremsverhältnis,
 - thermische Kapazität der Scheibenbremse,
 - Feststellbremse,

- Erwärmung der Traktionsausrüstung.
- Sicherheitstechnische Forderungen**
- Sicherheit gegen Entgleisen (inklusive Notlauf),
 - Zulässige Fahrbahnbeanspruchung,
 - Laufstabilität,
 - Überprüfung des Fahrzeug-Wankverhaltens,
 - Leistungsmessung für Stromversorgung,
 - elektrische Störbeeinflussungen,
 - Einfluss magnetischer Streufelder,
 - Rekuperation unter extremen Bedingungen.

Von besonderem Interesse werden die lauftechnischen Messungen an der Lokomotive sein, handelt es sich doch um ein vollständig neues Laufwerksprinzip. Zur Zeit sind die SBB daran, die hierfür notwendigen Messradsätze zu entwickeln.

Literatur

- [1] Diener W., Der Ausbau des Eisenbahnnetzes im Kanton Zürich. Der öffentliche Bau, Juli 1986,
- [2] Danuser Reto, Fahrzeugwahl für die Zürcher S-Bahn, Schweizer Eisenbahn-Revue 5/1982,
- [3] -, S-Bahn wartet auf Entscheide, Schweizer Eisenbahn-Revue 5/1984,
- [4] -, Grünes Licht für hohe Perrons, Schweizer Eisenbahn-Revue 3/1983,
- [5] Bonani Robert, Die elektrischen Lokomotiven Re 4/4 der Bodensee - Toggenburg-Bahn und der Sihlthal - Zürich - Uetliberg-Bahn in Drehstromantriebstechnik, Schweizer Eisenbahn-Revue 4/1987,
- [6] Steinmann F., Modernste Umrichterlokomotiven Re 4/4 für Schweizer Privatbahnen, Technische Mitteilungen der SLM 1987,
- [7] Berger Hans, Das Einheitsdrehgestell für die neuen Reisezugwagen der Schweizerischen Bundesbahnen, ZEV Glasers Annalen 107 (1983) Nr. 2,
- [8] Lauber Paul Th./Schneeberger Adrian/Affolter Arthur, Neue Aufgabe für die Einheitswagen III der SBB, Schweizer Eisenbahn-Revue 4/1986.

**Drehgestelle sind eine zu wichtige Sache
als dass man sich so nebenher
damit beschäftigen könnte,
darum konzentrieren
wir uns nur auf
Drehgestelle!**



SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
CH-8212 Neuhausen am Rheinfall/Schweiz



Die neuen Panoramawagen der Schweizerischen Bundesbahnen

mit Lauf-Drehgestellen
nach dem SIG-Baukastensystem

Sonderdruck aus SCHWEIZER EISENBAHN-REVUE 11/1991
Verlag: Minirex AG, Maihofstrasse 63, CH-6002 Luzern

© Saurer



Die neuen Panoramawagen der Schweizerischen Bundesbahnen

Matthias Handschin, dipl. Ing. ETHZ
 Chef der Sektion Reisewagen
 Direktion Zugförderung und Werkstätten GD SBB

Reisen als Erlebnis

Rund 60 % der Reisenden im internationalen Verkehr sind als Touristen unterwegs. Diese Fahrgäste wollen nicht nur rasch und komfortabel reisen, sondern unterwegs auch etwas erleben.

Im Fernreiseverkehr haben die Bahnen zwei Möglichkeiten, sich zu behaupten. Die eine besteht im Einsatz von Hochgeschwindigkeitszügen zwischen den Zentren, die andere – auf klassischen Strecken – in der Profilierung des Reiseerlebnisses. Für die Schweiz stehen die klassischen Linien noch längere Zeit im Vordergrund. Die SBB suchten nach Möglichkeiten, den Erlebniswert der Bahnfahrt zu steigern. Nicht zuletzt aufgrund der guten Erfahrungen mit den angemieteten Wagen des Reisebüros Mittelthurgau wurden Panoramawagen gewählt.

Am 4. Februar 1988 hat der SBB-Verwaltungsrat der Beschaffung von zwölf Panoramawagen zugestimmt. Der Auftrag wurde an Schindler Waggon Altenrhein AG (SWA) vergeben. Die Drehgestelle werden von der Schweizerischen Industrie-Gesellschaft (SIG), Neuhausen am Rheinfluss, und die elektrische Ausrüstung von ABB Verkehrssysteme AG, Zürich, geliefert.

Bekanntes Vorbild der SBB-Panoramawagen: Die Deutsche Bundesbahn beschaffte zu Beginn der sechziger Jahre fünf Aussichtswagen für die damaligen F-Züge RHEINGOLD und RHEINPFIL, die später in das Trans-Europ-Express-Netz integriert wurden. Heute gehören diese Fahrzeuge dem schweizerischen Reisebüro Mittelthurgau (Ramsey, 15.9.1982; Foto M. Gross).

Vergleich der Sichtwinkel beim Eurocity-Wagen, bei einer Vorstudie und bei der definitiven Lösung für den Panorama-Wagen (Zeichnung SWA).

Technische Beschreibung der Panoramawagen

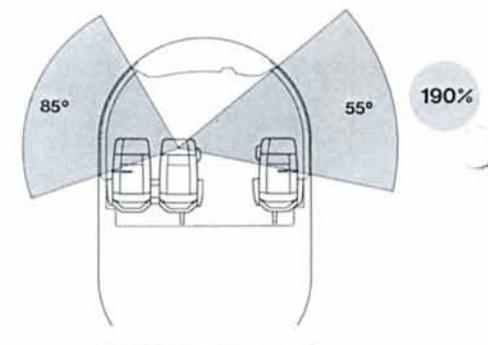
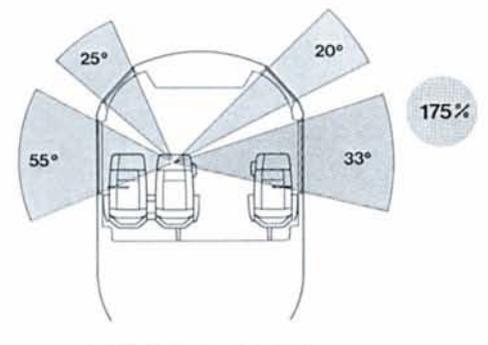
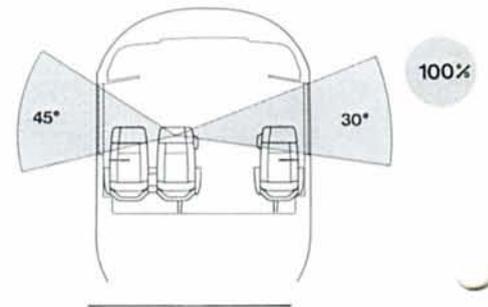
Für den Bau der neuen Wagen waren die folgenden Ziele bestimmend:

- durchgehender Panoramabereich mit möglichst vielen Sitzplätzen,
- hoher Komfort,
- freizügige Einsatzmöglichkeit im In- und Ausland,
- hohe Verfügbarkeit, das heisst geringe Ausfallrate der eingebauten Einrichtungen und Apparate.

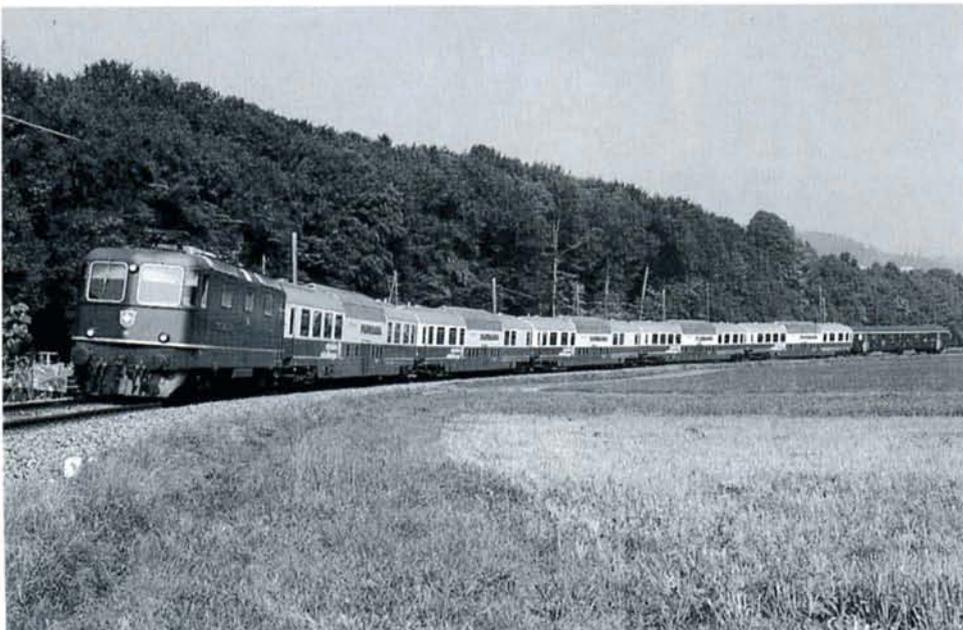
Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit (Entwicklungs- und Betriebskosten) wurden die Panoramawagen von einem bestehenden Wagentyp abgeleitet. Erste Machbarkeitsstudien in den Jahren 1986/87 gingen vom Einheitswagen IV (EWIV) aus. Nachdem Ende 1987 die Beschaffung von 70 Eurocity-Wagen beschlossen wurde, war es naheliegend, die Konstruktion auf diesem Wagentyp aufzubauen. Eine ausführliche Beschreibung der Eurocity-Wagen findet der interessierte Leser in den Veröffentlichungen [1] und [2].

Wagenkasten

Die Grundidee bestand darin, den Passagieren eine möglichst ungestörte Aussicht zu bieten. Andererseits muss der Wagen aber



auch die UIC-Normen bezüglich Kastenfestigkeit erfüllen. Für einen Panoramawagen gibt es zwei grundsätzlich verschiedene Bauarten. Bei der einen ist der Aussichtsbebereich fast vollständig verglast und auf einen quasi oben offenen verstärkten Kasten aufgesetzt. Die ehemaligen Rheingold-Wagen der Mittelthurgaubahn sind ein Beispiel für diese Bauart. Die SBB wählten die andere Lösung mit einem schmalen Dach und Fenstern, die über die Seitenwand bis in den Dachbereich gezogen sind. Durch speziell grosse, gewölbte Fenster konnten die bisher üblichen Stege bei der Dachkante entfallen. Gegenüber dem Eurocity-Wagen wird der Sichtwinkel fast verdoppelt. Der Dachstreifen schmälert die Aussicht nicht, im Gegenteil; der Blick wird nicht durch die unruhig vorbeiziehende Fahrleitung irritiert. Die gewählte Bauart hat ausserdem den Vorteil,



So wird das Reisen attraktiver als das Ziel.



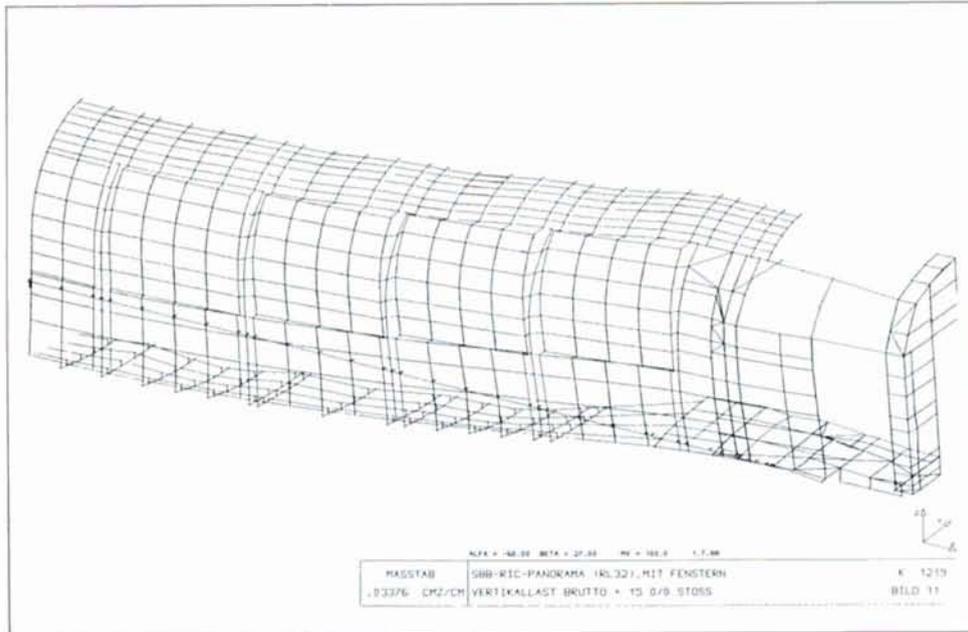
Schindler Waggon

Schindler Waggon Altenrhein AG, CH-9423 Altenrhein, Tel. 071 - 43 43 43 • Schindler Waggon AG, CH-4133 Pratteln, Tel. 061 - 825 91 11

Mit der Entwicklung und dem Bau moderner, komfortabler Fahrzeuge macht Schindler Waggon das Reisen auf der Schiene attraktiv.

Und leistet so einen aktiven Beitrag zur Entlastung von Strassen und Umwelt: Zum Beispiel mit den neuen Panoramawagen.

Seit Jahrzehnten ist Schindler Waggon zuverlässiger Partner von Bahnen und Verkehrsbetrieben im In- und Ausland.



Oben: Mit sorgfältigen Berechnungen nach der Methode der finiten Elemente wurden die bei verschiedenen Beanspruchungen im Kasten auftretenden Kräfte und Deformationen untersucht (Zeichnung SWA).

Mitte: Belastungsversuch am ersten fertiggestellten Rohbauwagenkasten zur praktischen Überprüfung der theoretischen Berechnungen (Foto SWA).

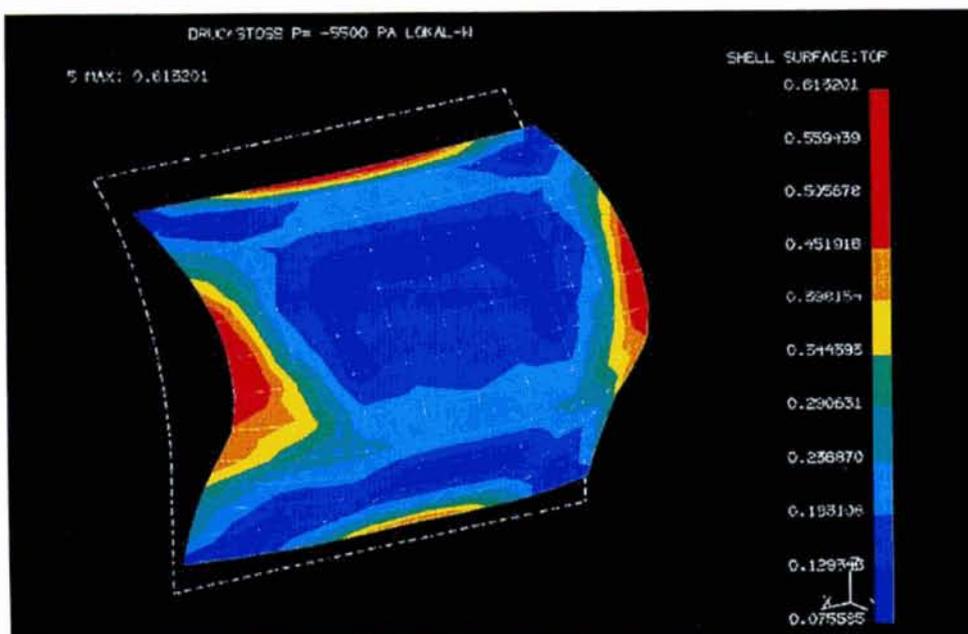
Unten links: Mit der Methode der finiten Elemente vorausberechnete Deformationen an einer Panoramafensterscheibe. Dargestellt ist die Sogbelastung auf der Scheibe bei einer Zugsbegegnung im Tunnel mit Maximalgeschwindigkeit von 200 km/h (Zeichnung SWA).

Unten rechts: Montage der 140 kg schweren Panoramafenster (Foto SWA).



dass die bewährte Zweikanal-Klimaanlage mit Frischluftzufuhr über den Deckenkanal beibehalten werden kann.

Die Konstruktion des Wagenkastens in Stahlbauweise weicht von den bisherigen Wagentypen ab. Die grossen Fensteröffnungen durchbrechen die Struktur der tragenden Röhre. Um die erforderliche Festigkeit zu erreichen, musste die Seitenwand entsprechend verstärkt werden. Ein weiteres Problem besteht darin, dass die Scheiben einen Teil der auftretenden Kräfte übernehmen müssen. Zudem entstehen bei Zugsbegegnungen in Tunneln sehr hohe Druckbelastungen, denen die Scheiben standhalten müssen. Die Kräfte, die im Wagenkasten und in den Scheiben auftreten, wurden mit einem dreidimensionalen Finite-Elemente-Modell berechnet. Die umfangreichen Berechnungen haben gezeigt, dass die zulässigen Spannungen in keinem Fall überschritten werden. Der Rohbauwagenkasten wurde anschliessend mit den vorgeschriebenen Druckversuchen geprüft. Ebenso wurden Prototypscheiben unter allen möglichen Belastungsfällen getestet.



Die unendliche Leichtigkeit des Sitzens . . .



Fotografie Dieter Schmitz / Copyright Saurer

. . . in den Bahnen der Zukunft.

In enger Zusammenarbeit mit der Schindler Waggon wurde diese Sitzschale für die Panoramawagen und die Eurocitywagen der SBB sowie für den Salonwagen der Bodensee-Toggenburg-Bahn entwickelt.

Die Schale besteht aus langfaserverstärktem Epoxydharz. Sie ist leicht und elegant. Dank ihrer guten Dauerschwingeigenschaften, ihrer Kratz- und Schlagfestigkeit sind Saurer-Sitzschalen Bestandteil der Bahnen der Zukunft.



SAURER KUNSTSTOFFTECHNIK, CH-9320 ARBON

Wir freuen uns auf Ihre Kontaktnahme:

Tel. 071/46 77 46, Fax 071/462 385

So sitzen Sie richtig zur nächsten Sitzung.



Entspannt lehnen Sie sich ins komfortable Polster zurück, strecken die Beine aus und überlegen, wie angenehm doch heute wieder der Arbeitstag beginnt. Und während draussen die Landschaft vorbeihuscht, konzentrieren Sie sich bereits auf die wichtige Vormittags-Sitzung.

Können Sie sich vorstellen, welche technischen Höchstleistungen nötig sind, dass im modernen InterCity-Wagen der Komfort in jeder Klasse erstklassig ist? So, dass Sie in jeder Jahreszeit in einer angenehm temperierten Umgebung ans Ziel kommen? Oder es Ihnen nicht buchstäblich den Atem verschlägt, wenn der IC im Tunnel einen anderen Zug kreuzt? Dann können Sie erlauben, dass wir von der ABB Verkehrssysteme AG stolz sind, dass auch unsere Systeme und Anlagen zu komfortablen, sicheren und umweltfreundlichen Fahrten beitragen. In der ganzen Welt!



Dachraum-Luftaufbereitungsaggregat zur Klimatisierung von InterCity-Reisezugwagen Typ EWIV der Schweizerischen Bundesbahnen mit Gebläse für Luftaustritt durch Bodenkanal (Warmluft) sowie Deckenkanal (erwärmte oder gekühlte Luft).

ABB Verkehrssysteme AG
Affolternstrasse 52 / Postfach
CH-8050 Zürich

Telefon +41 (0-1) 318 22 88
Telefax +41 (0-1) 312 65 37

ABB
ASEA BROWN BOVERI

Oben: Designvariante Schindler Waggon und Fellmann Design (Foto SWA).

Mitte: Der ursprüngliche Gestaltungsvorschlag der SBB-Designer, realisiert an einem Rohbauwagenkasten (Foto SWA).

Unten: Der Panoramawagen mit dem endgültigen Design, eingereiht zwischen zwei Eurocity-Wagen; der Zug wird von der neuen Lokomotive 2000 gezogen; am Schluss rollt ein Salonwagen der Einheitsbauart IV (Pressefahrt der Generaldirektion SBB nach Vernayaz am 22.8.1991 bei Aigle; Foto F. Suter).



Die Scheiben wurden speziell für den Panoramawagen entwickelt. Jede Scheibe ist 140 kg schwer. Sie besteht aus metalloxydbeschichteten, gut isolierenden Sicherheitsverbundgläsern und wird direkt in einen Rahmen eingeklebt. Die Fabrikation der Scheiben erfordert grösste Sorgfalt, damit später nicht durch Eigenspannungen Risse in den Gläsern auftreten.

Passagierabteil und Design

Die Innengestaltung ist in enger Zusammenarbeit zwischen den SBB-Designern, dem Herstellerwerk sowie externen Gestaltern von Fellmann Design AG, Wallisellen, entstanden.

Der Wagen bietet 54 Plätze, 36 im Nichtraucher- und 18 im Raucherabteil. Die beiden Abteile sind durch eine Glaswand mit Pendeltüre getrennt.

Der Wagenboden liegt 45 cm höher als bei herkömmlichen Reisezugwagen. Dies verbessert die Sicht. Das Passagierabteil wird beidseitig über Rampen erreicht. Diese erlauben eine ungehinderte Zirkulation des Minibar-Services.





Oben: Das Innere des Panoramawagens (Foto SWA)

Oben rechts: Einzelsessel mit selbsttragender Sitzschale aus Epoxydharz. (Foto A. Staub).

Unten: Gesamtansicht des Panoramawagens mit dem endgültigen Design (Foto A. Staub).



Im Eingangsbereich stehen an beiden Abteilungen eine Gepäckablage und eine Garderobe zur Verfügung. In den Koffernischen zwischen den Sitzen finden auch grosse Gepäckstücke Platz.

Der Sitzteiler und damit die Beinfreiheit sind gegenüber dem Eurocity-Wagen vergrössert. Die Sitze sind vis-à-vis angeordnet. Sie wurden eigens für den Panoramawagen entworfen und dann als Baukasten so weiterentwickelt, dass sie auch im Eurocity-Wagen verwendet werden konnten. Mit den frei kombinierbaren Einzelsitzmodulen können Ein-

Seite 411:

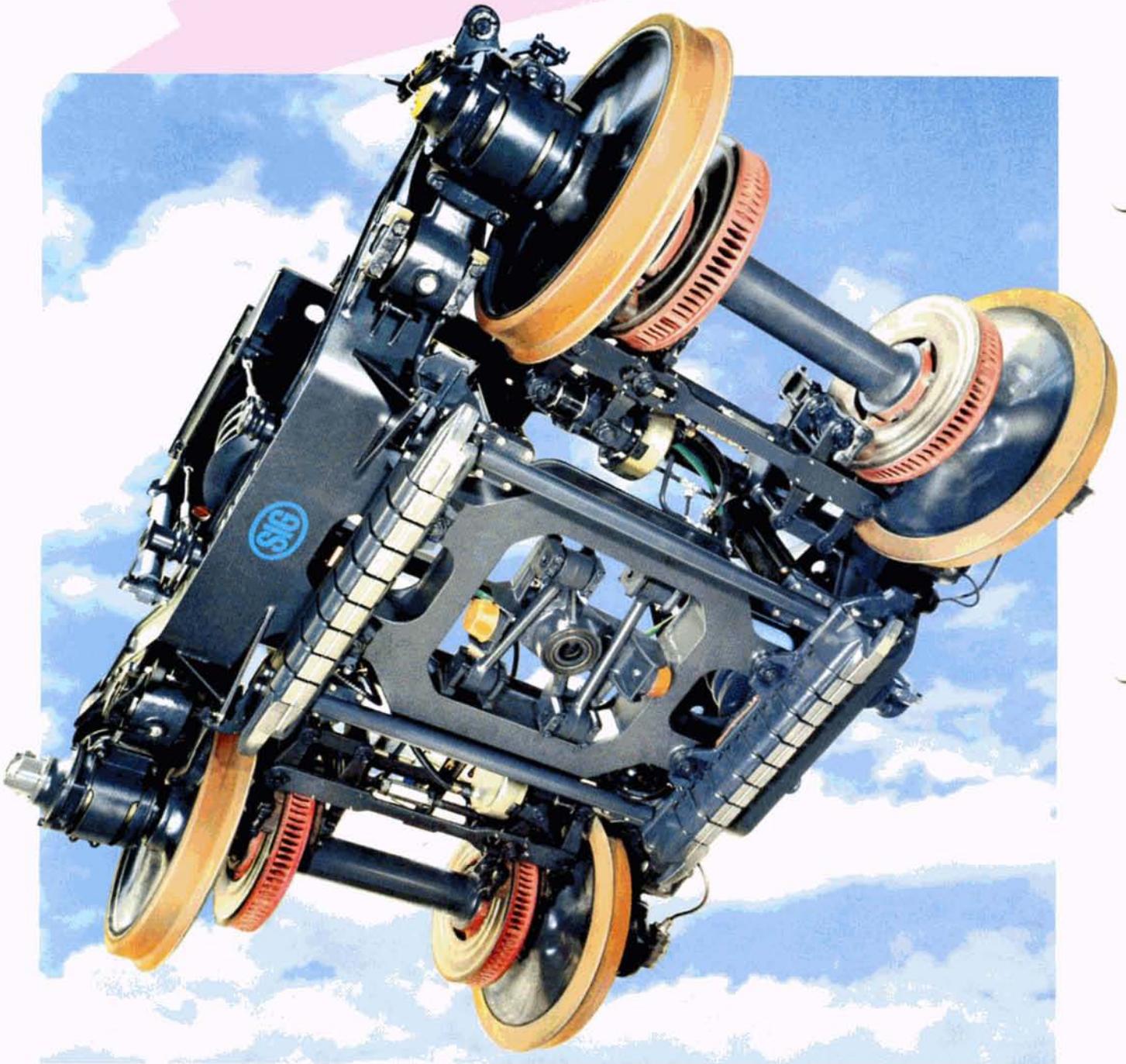
Oben: So würde sich ein stilreiner Panoramawagen-Zug präsentieren: Pressefahrt mit zwei SRm hinter einer Re 4/4^{II} bei Pfäffikon SZ (Foto F. Suter, 17.9.1991).

Unten: Panoramawagen im Probebetrieb: Schnellzug 521 Genève – Romanshorn mit Re 4/4^{II} 11247 bei Rapperswil (Foto P. Bugmann, 10.10.1991).

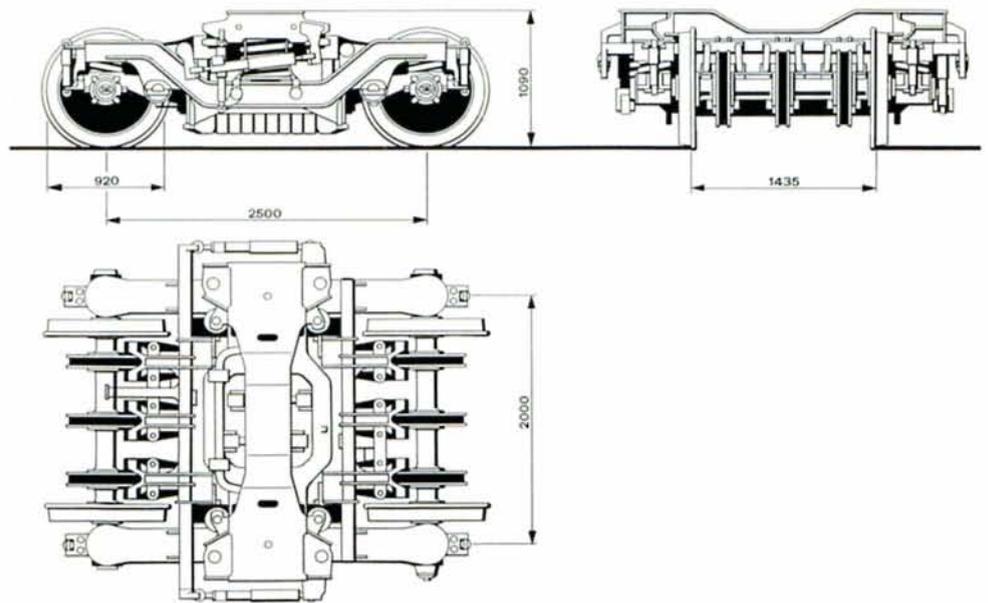




**SIG-Drehgestelle für die Bahn:
Die Zeiten,
in denen Fliegen schöner war,
sind vorbei.**



Das Drehgestell aus dem Baukastensystem der SIG mit drei Brems scheiben pro Achse (Foto und Zeichnung SIG).



zel- oder Doppelsessel für die erste und zweite Klasse gebaut werden. Die Polster liegen in einer selbsttragenden Sitzschale aus Epoxydharz. Durch einfache Gewichtsverlagerung kann der Sessel geneigt werden. Sobald der Reisende den Platz verlässt, geht der Sitz selbsttätig wieder in die Grundstellung. Aus den gangseitigen Armlehnen der Doppelsitze kann ein Tischchen ausgeklappt werden.

Wandtischchen mit integrierten Abfallbehältern sind an die tiefere Fensterbrüstung angepasst. Sie haben eine zusätzliche Ablagefläche. Eine Glasscheibe im darüberliegenden Tischblatt gibt den Blick frei auf eventuell liegengebliebene Gegenstände.

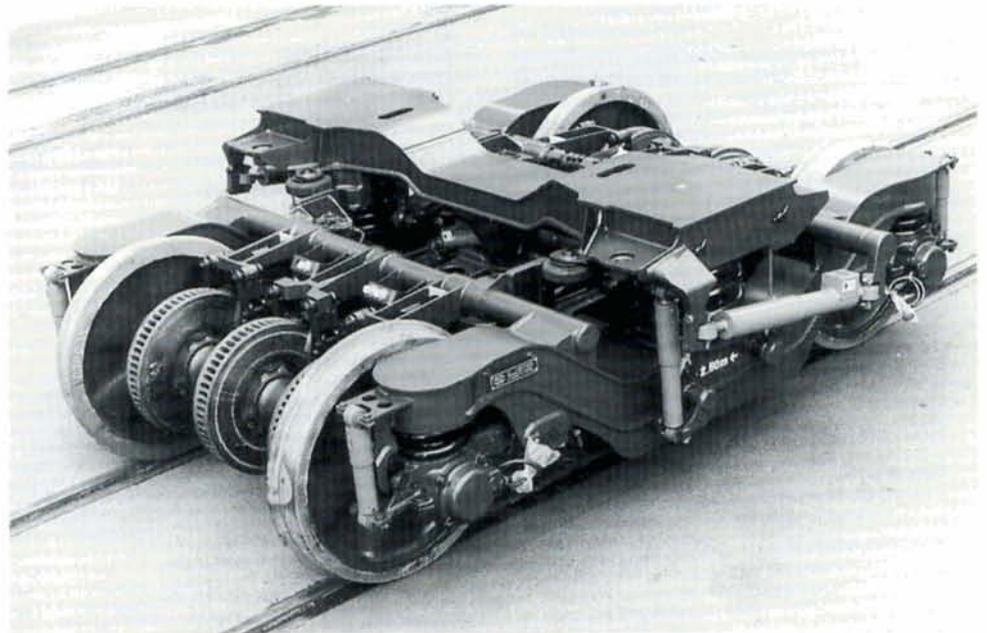
Die gewölbte Decke übernimmt die Form der gebogenen Panoramascheiben. Das Leuchtenband ist tief eingesetzt. Zusammen mit den blendfreien Rasterabdeckungen werden so Spiegelungen in den Seitenscheiben verhindert. Jeder Sitzplatz verfügt zudem noch über eine individuell einschaltbare Halogen-Spotlampe.

Der ganze Innenraum ist in dezenten Farbtönen gehalten. Er soll die vielfältigen Eindrücke von aussen nicht konkurrenzieren.

Für den Aussenanstrich gab es mehrere Vorschläge. Zwei Varianten wurden ernsthaft weiterverfolgt. Die Variante der Industrie und der externen Gestalter übernahm ein Element der Innengestaltung, das einfarbige Band im Mittelgang. Ein gleichfarbiger Streifen hätte sich über den ganzen Zug fortgesetzt. Dahinter stand die ursprüngliche Idee des Einsatzes ganzer Panoramazüge. Die Variante der SBB-Designer mit schwarz-weißen Streifen war auf den Einsatz als Einzelwagen in Regelzügen zugeschnitten. Das definitive Konzept sieht den Einsatz in den Eurocity-Kompositionen vor. Der Anstrich wurde deshalb in letzter Minute an die Eurocity-Wagen angepasst. Der untere Bereich ist identisch gestaltet. Im Fenster- und Dachbereich heben Streifen in Anthrazitgrau und Weiss den Wagen aus dem Zug hervor.

Ausrüstung

Eine hohe Verfügbarkeit soll erreicht werden, indem — wo immer möglich — bewährte Baugruppen und Komponenten Verwendung finden. Die Apparateanordnung im Untergestell, die Einstiegstüren und Fahrzeugübergänge, die Energieversorgung mit Mehrspannungsausrüstung sowie die Klimaanlage wurden vom Eurocity-Wagen übernommen. Die Bremsausrüstung ist gegenüber den Basisanforderungen der UIC ergänzt. Magnetschienensbremsen an jedem Drehgestell erfüllen die strengen Anforderungen der Deutschen Bundesbahn (DB) bezüglich Bremsverhältnis. Der Wagen ist für die Notbremsüberbrückung (System DB) vorberei-



tet. Die zusätzliche EP-Bremse mit Steuerleitung nach dem System der Französischen Staatsbahn (SNCF) erlaubt den uneingeschränkten Einsatz in Frankreich. Der Wagen trägt das RIC-Zeichen und kann somit in Europa frei zirkulieren.

Ebenfalls vom Eurocity-Wagen übernommen wurde das Prinzip der weitgehenden Vormontage. Die Apparate werden auf Modulen zusammengefasst. Diese werden industriell anschlussfertig zusammengebaut und anschliessend am oder im Kasten montiert. Diese Massnahmen erlauben eine rationelle Produktion durch kürzere Standzeiten. Vor allem im Bereich des Untergestells entfallen auch viele Überkopparbeiten. Das schnelle Auswechseln ganzer Baugruppen bei Revisionen oder bei Defekten wird erleichtert; der Unterhaltsaufwand wird reduziert und die betriebliche Verfügbarkeit der Fahrzeuge erhöht.

Drehgestell

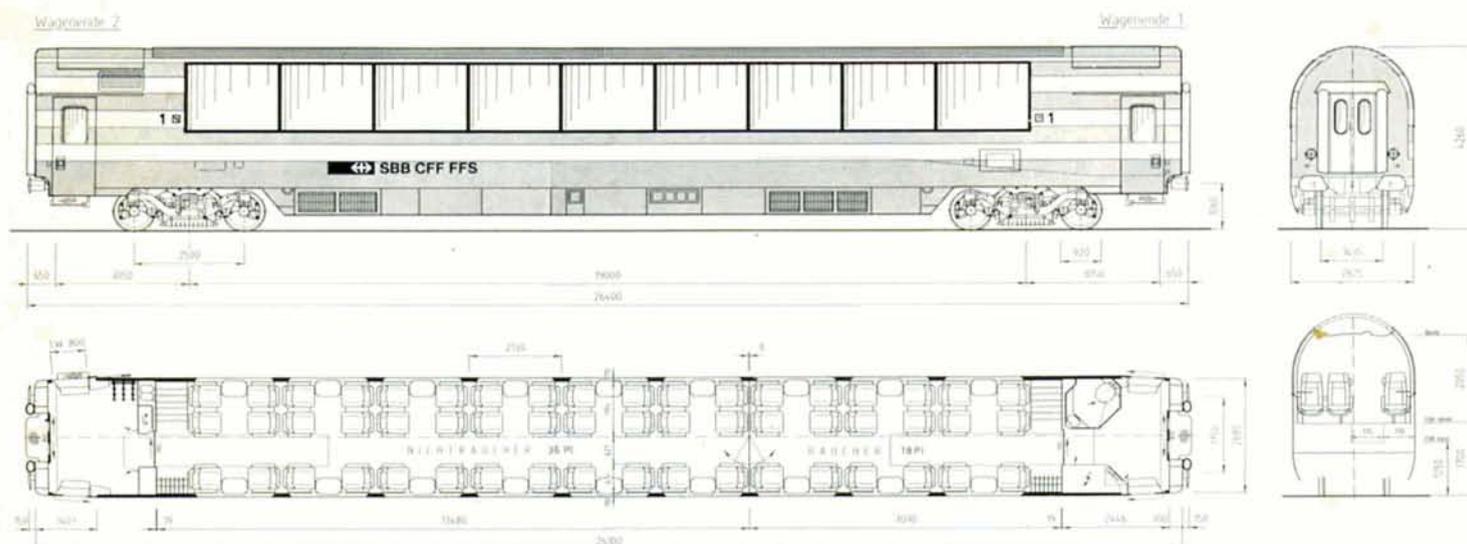
Das Drehgestell ist ebenfalls eine in sich abgeschlossene Baugruppe. Drehzapfen,

Schlingerdämpfer und gleisbogenabhängige Querspielbegrenzung sind, wie schon bei den Eurocity-Wagen, konsequent in das Drehgestell integriert. Die Lasttraverse dient als einzige mechanische Verbindung zum Wagenkasten. Somit kann das Drehgestell ohne aufwendige Anschlussarbeiten unter-
setzt werden.

Die Höchstgeschwindigkeit beträgt 200 km/h. Um das erhöhte Kastengewicht ohne thermische Überbeanspruchung sicher abzubremsen, wurde die Bremsanlage mit einer dritten Brems scheibe pro Achse ergänzt. Der Drehgestellrahmen ist ebenfalls verstärkt.

Einsatz und erste Betriebserfahrungen

Nach der anfänglichen Idee, die Panoramawagen als touristischen Flaggzug von Zürich nach Milano über den Gotthard oder im Charterverkehr einzusetzen, haben weitere Marktüberlegungen Vorteile zu Gunsten eines Einsatzes im internationalen Regelverkehr aufgezeigt.



Ab nächstem Sommer (Fahrplanwechsel vom 31. Mai 1992) werden die Panoramawagen zusammen mit den neuen Eurocity-Wagen der SBB in EC- und IC-Zügen verkehren. Sie werden in der Regel neben dem Speisewagen eingereiht. Vorgesehen sind tägliche Einsätze auf touristisch interessanten Strecken zwischen der Schweiz und dem Ausland, namentlich in den EC

- REMBRANDT (Chur – Zürich – Basel – Köln – Amsterdam),
- BERNER OBERLAND (Interlaken Ost – Bern – Basel – Köln – Amsterdam),
- GOTTFRIED KELLER (Bern – Zürich – München),
- BAVARIA (Zürich – München),
- CANALETTO (Zürich – Milano – Venezia),
- LUTETIA und LEMANO (Genève – Lausanne – Brig – Milano).

Mit diesen Zugläufen verkuppelt sind die folgenden innerschweizerischen IC- und Schnellzüge:

- 755 Basel – Chur,
- 1796 Chur – Basel,
- 865 Basel – Interlaken Ost,
- 890 Interlaken Ost – Basel,
- 939 Bern – Zürich,
- 914 Zürich – Bern,
- 2850 Zürich – Basel (Montag – Freitag),
- 957 Basel – Zürich (Montag – Freitag).

Für diese planmässigen Wagenläufe werden neun Wagen benötigt. Die verbleibenden drei Wagen sind die technische und betriebliche Reserve für Revisionen, Hauptreinigungen und Ersatz bei Ausfällen. Sie werden in Zürich und Basel stationiert.

Im Juni 1991 hat der erste Wagen das Herstellerwerk in Altenrhein verlassen. Anschliessend wurden umfangreiche Inbetriebsetzungsarbeiten und Typenprüfungen durchgeführt; zudem musste das Personal für den Unterhalt instruiert werden. Seit dem 18. September 1991 ist nun der erste Wagen auf der Strecke Genève – Biel – Zürich – Romanshorn im Probetrieb eingesetzt. Damit wollen die SBB ihr neues Angebot bekanntmachen. Zugleich müssen sich die Wagen im täglichen Betrieb bewähren, und unvermeidbare Kinderkrankheiten können rasch behoben werden. Monatlich werden zwei weitere Panoramawagen ausgeliefert, so dass die gesamte Serie bis Anfang Februar 1992 abgeliefert sein wird. Der Einsatz der Wagen wird sukzessive auf die Strecke Basel – Chur, die Ost – West-Achse, die Gotthardlinie und das Wallis ausgedehnt.

Vorderhand stehen die Panoramawagen allen Fahrgästen mit Erstklassbilletten ohne Zuschlag offen. Aus kommerziellen und betrieblichen Gründen kann der Einsatz der Panoramawagen wieder ändern. Die jeweils gültigen Wagenläufe werden im offiziellen Kursbuch veröffentlicht. Dort ist auch vermerkt, in welchen Zügen für die Reise im Panoramawagen ein Zuschlag erhoben wird.

Typenskizze des Panoramawagens (Zeichnung SBB).

Ausblick

Die zwölf Panoramawagen für den touristischen Verkehr runden die grosse Familie der modernen klimatisierten Wagen ab. Ein bewährtes Grundkonzept wurde gezielt abgewandelt, um ein neues Angebot zu schaffen.

Die SBB sind überzeugt, dass diese Fahrzeuge das Reisen als Erlebnis fördern werden. Der Wagen ist bereits bei anderen Bahnen auf Interesse gestossen, die nach Möglichkeiten suchen, alte Panorama- oder Gesellschaftswagen zu ersetzen.

Die Entwicklung der Generation der EW IV und EC-Wagen ist mit den Panoramawagen abgeschlossen. Für Bahn 2000 wird eine neue Fahrzeuggeneration geplant.

Literatur

- [1] Schneeberger Hans / Berner Kurt / Kaufmann Beat, Die neuen Eurocity-Wagen der SBB, Schweizer Eisenbahn-Revue 1-2/1990, Seiten 3 – 6.
- [2] Gabathuler Walter, Die neuen Eurocity-Wagen der SBB. Ein Generationswechsel bei der Fertigung von Reisezugwagen; Havenith Rolf, Das Laufdrehgestell aus dem SIG-Baukastensystem für die Eurocity-Wagen der SBB; Bickel Jürg, Elektro- und Klimatechnische Einrichtungen der neuen Eurocity-Wagen der SBB; alle in ZEV+DET Glasers Annalen, 115 (1991) Nr. 4.

Technische Daten

Typenbezeichnung	SRm
Betriebsnummern	61 85 89-90 200 – 211
Anzahl Sitzplätze	54
davon Nichtraucher	36
Raucher	18
Höchstgeschwindigkeit	200 km/h
Spurweite	1'435 mm
Länge über Puffer	26'400 mm
Drehzapfenabstand	19'000 mm
Wagenkastenlänge	26'100 mm
Wagenkastenbreite	2'825 mm
Wagenkastenhöhe über SOK	4'260 mm
Raddurchmesser neu	920 mm
Taramasse	47,5 t
Bremsen	
– automatische Druckluftbremse mit Mikrorechner-Gleitschutz, vorbereitet für den Einbau der Notbremsüberbrückung	
– EP-Bremse mit SNCF-Steuerleitung	
– Magnetschienbremse	
Energieversorgung über Zugsammelschiene; Mehrspannungsanlage für	
– 1000 V, 16 2/3 Hz	
– 1500 V, 50 Hz	
– 1500 V und 3000 V Gleichspannung	
Batterie	Bleibatterie
Batteriespannung	36 V
Beleuchtung	
– Leuchtstofflampen	
– Halogen-Leselampen über jedem Sitz	
Der Wagen ist RIC-fähig und fährgängig.	

SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft
CH-8212 Neuhausen am Rheinfall
Schweiz

Telefon 053 21 72 06
Telefax 053 21 66 07

Gedruckt in der Schweiz
Sf 334



Bogies for Railway Rolling Stock according to the SIG-building block concept



Special printing from TECHNICA 22/1989

Editor:
INDUSTRIE-VERLAG AG, CH-8032 Zürich
Printed in Switzerland

Title View:

A significant feature of research and
development in the Railway Vehicles
Division of SIG Swiss Industrial
Company:

Dynamic, multidirectional test stand for
large assemblies

Bogies for Railway Rolling Stock



F. Leuzinger¹

Becoming more and more aware that the ever-increasing traffic volume can and must also be carried by the environmentally sound railway system, the domestic wagon industry was given the task by SBB, the Swiss Federal Railways, for development and construction of the standard car Mark IV [1]. Shortly after this, an agreement was reached with this industrial sector, according to which SIG will concentrate on the development and manufacture of bogies. The following report covers the welding techniques and quality assurance practices employed on this project.

As far as the product concept is concerned, experience has shown that individual solutions are required for the different bogie application areas (Fig. 1), i.e. for intercity or commuter trains, on high speed tracks or those with a large number of curves, with regard to the design of brakes and suspension. In order to confine development and testing costs for each individual solution, SIG developed a modular building block concept for bogies [2]. Within a short period of time, this system permitted the construction and building of 11 different types of bogies for, e.g. SBB (Swiss Federal Railways), BLS (Lötschberg Railway), PTT (Swiss PTT Posts, Telephones and Telegraphs), for the Netherlands Railways, Finnish State Railways as well as for British Rail; in part they were manufactured under license too.

The bogie Mark-IV (Fig. 2) for example, is comprised of the following components: Welded bogie frame, consisting of longitudinal beam, transverse beam, transverse cross beam and brake support (1), primary suspension with rubber mounted axle guide and coil springs; for higher speeds shock absorber mountings can be retro-fitted (2) secondary suspension with coil springs seated between spherical rubber calottes (3), spring bolster for attaching carbody (4), disk brakes (5), electromagnetic rail brake (6), traction center supporting the centre

pivot (the last being fixed to the carbody) (7) as well as roll stabilization between bogie and spring bolster (8).

The braking technology of this bogie is currently designed for a speed of 160 km/h. With retrofittable modifications speeds of 280 km/h were achieved with good results on the Deutsche Bundesbahn (DB) high speed test track.

Design and Stress Analysis

The design and the stress analysis of the bogie frame are made with the aid of finite elements as fatigue strength for a minimum operating life of 30 years is re-

quired. On the test rig, up to 10 million load changes are applied to full scale test bogie frames, dependent upon customer specifications. With this, all static and dynamic stresses can be simulated here as are resulting from travel in curves, acceleration and deceleration. The test rig is, however, also used for checking other bogie components, in order to be able to safely implement the constantly new and further developments.

Manufacture of Bogie Frames

In the design stage of the bogie building block concept, the method of frame ma-

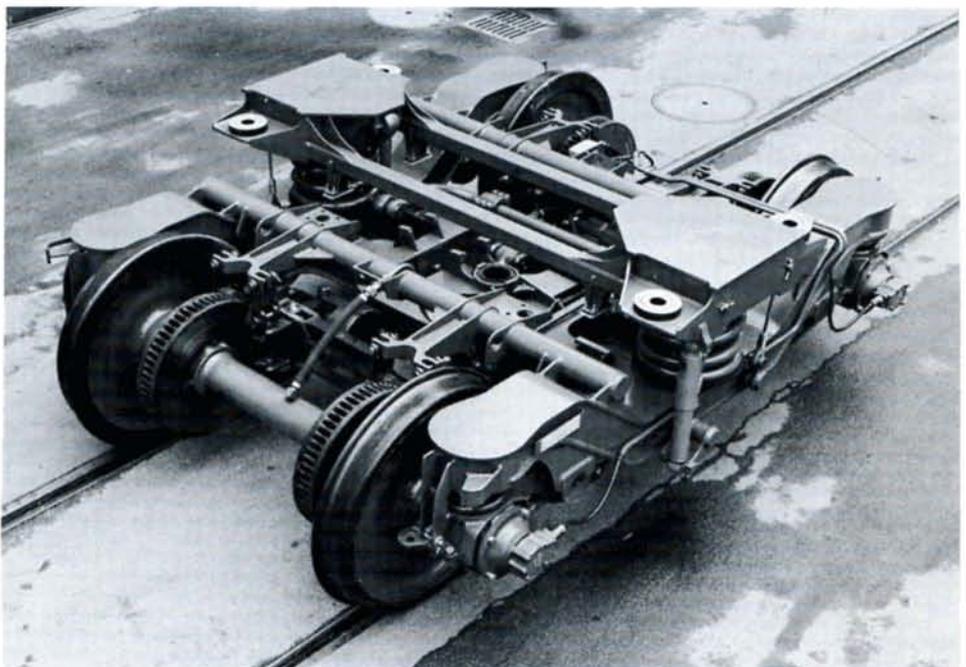


Fig. 1
Bogie EW IV SBB

¹ Fritz Leuzinger, Ing. HTL/SFI, Assistant Department Manager, SIG Swiss Industrial Company, 8212 Neuhausen, Rhine Falls

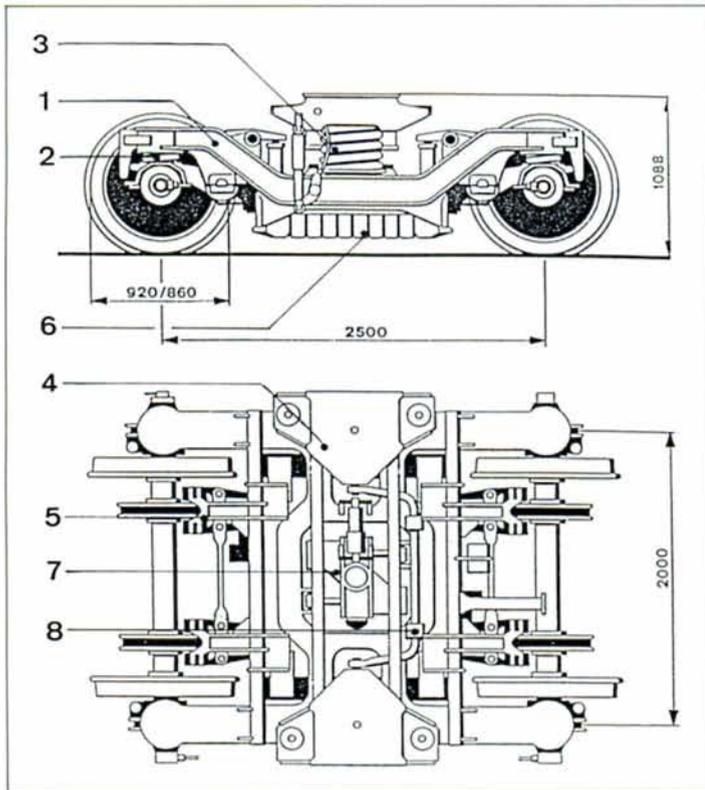


Fig. 2
Bogie components

Fig. 3
Flame cutting modular groups

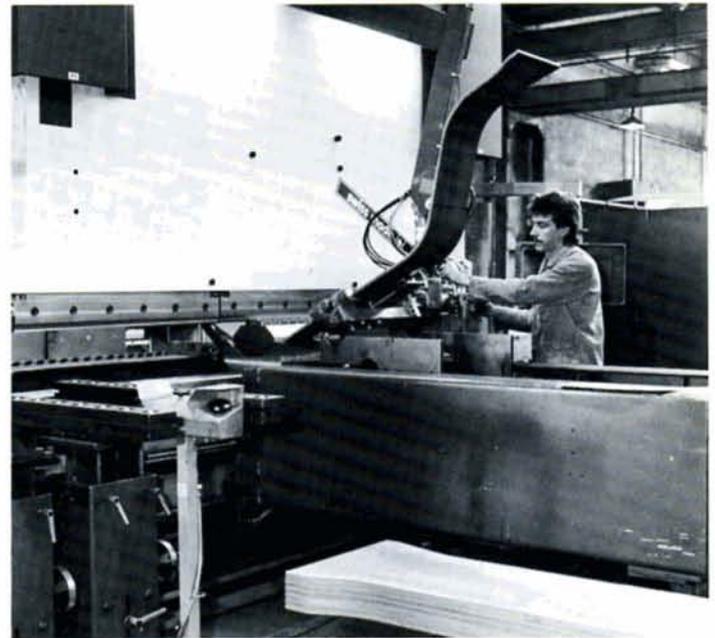
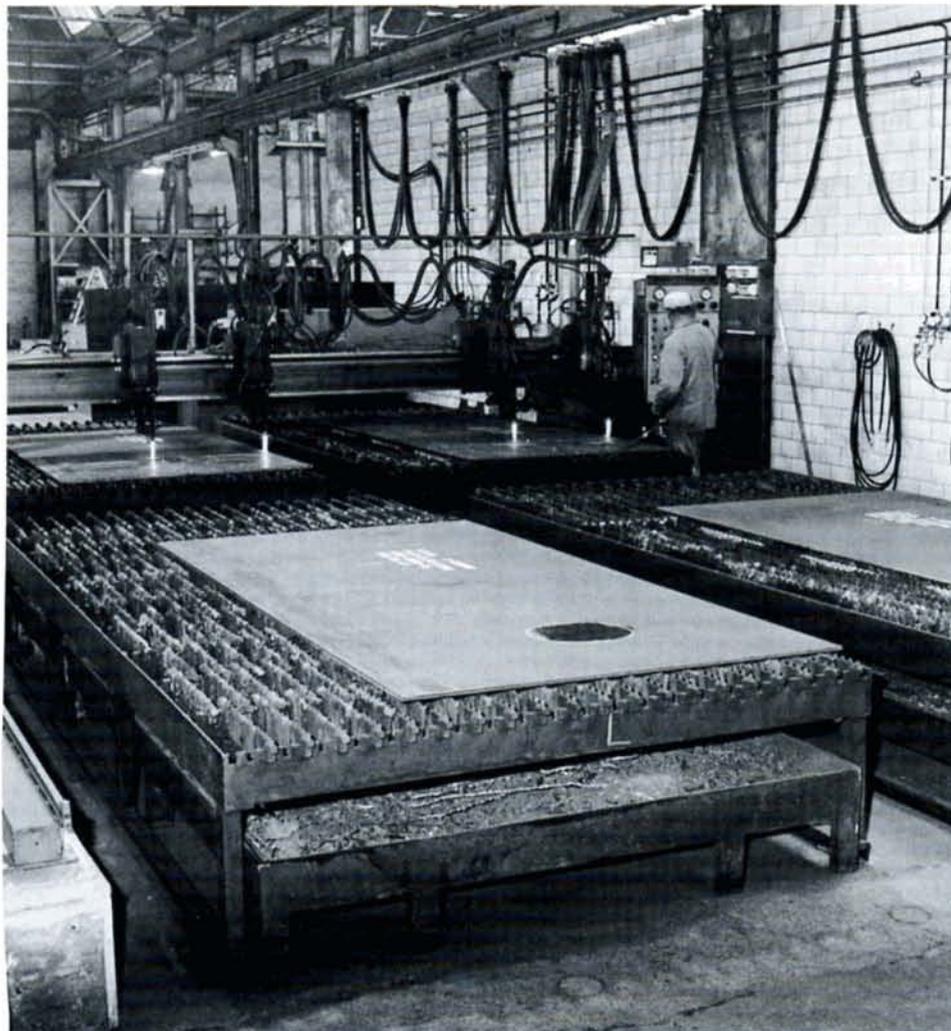


Fig. 4
Bending the sole plate

nufacture was precisely stipulated, taking into consideration material either available or subject to procurement, which had to also undergo value analysis evaluation. Resulting from these considerations, a division was made into longitudinal beam, transverse beam/traverse cross beam as well as brake support, based on the principle: the more prefinished modules, the faster their further assembly.

This resulted in the following demands being made: grinding must be avoided, the welding seam preparation must be perfect, straightening work must be avoided. The different production phases always use the same indexing points, also on the machine tools. A high degree of reproducibility must be achieved, i.e. shrinkages and warping have to be taken into consideration by way of appropriate allowances. The processing times must be reduced and flexibility increased, i.e. small batches must be produced, so that up to seven or eight bogie types may be in production simultaneously. Constrained position welding must be avoided in all cases.

Independent Production – Sheet Metal Preparation

Flame cutting takes place in module groups (longitudinal beam, transverse beam, etc.) on the NC controlled 4 position flame cutting machine (Fig. 3).

The metal plate store is located directly

adjacent to the flame cutting machine, allowing direct operator access to the raw material. With an annual consumption of 1400–2000 t of heavy plate, administration and handling can, in this manner, be kept to a minimum.

The deburred plates are straightened and fed to the track controlled welding edge

For purposes of clarity and to avoid transport the workplaces are arranged one after the other according to the work sequences and the intermediate stores opposite the workplaces. For the remaining components such as the transverse beam and transverse crossbeam, brake girder as well as the frame assembly, the

ing department in accordance with a sampling plan.

Construction

Very close cooperation between design, stress and production departments, in-

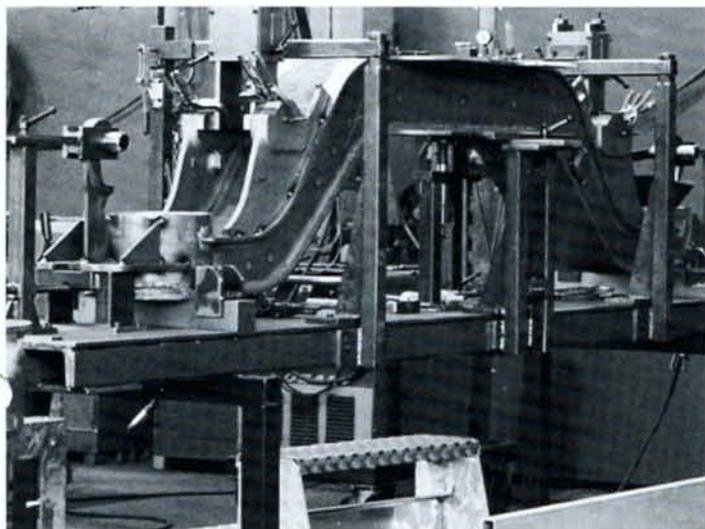


Fig. 5
Component attachment

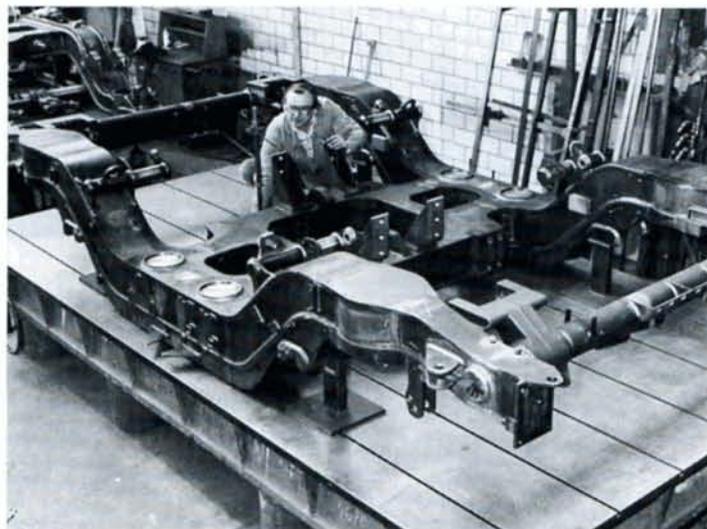


Fig. 6
Base dimension inspection

beveling machine. Beveling the plates compensates for deviations which are unavoidable when flame cutting, thus ensuring an increased reproducibility.

Following this the plates are bent on the NC controlled bending press. For fast tool change, this machine is equipped with a hydraulic clamping system and a controlled front stop including handling unit, permitting the four bends per top or bottom sheet of each longitudinal beam to be formed in one pass (Fig. 4).

Flow Production-Assembly

The longitudinal beam is assembled in stages. The first stage comprises the top and bottom plate, two stiffeners and the primary springpots. Due to the large tolerances, the tubular springpots are overturned. The fixture is designed so that various types can be assembled by exchanging the stops. The tack welded workpieces are transferred to the nearby welder's buffer store and to the arc controlled automatic welding machine.

In the next step the add-on pieces are attached (Fig. 5). The modules comprising individual components are welded in advance so that here only the necessary welding needs to be performed.

same production principle is adopted. The required accuracy of the axle guides as well as the matching of the traction motors and spurgearing is achieved by means of mechanical processing, knowing that the adherence to small tolerances is of decisive importance for the subsequent assembly as well for the riding quality. For this reason the finished welded bogie frames are inspected for the base sizes prior to leaving the fitters shop (Fig. 6). Exact measuring and logging are made following mechanical processing by means of a 3 D measuring machine with two theodolites and measured value printer.

Materials

The material used is St 52-3 mild steel in accordance with DIN 17 100. This material combines sufficient quality characteristics with relatively trouble free welding properties.

It is predominantly used as heavy plate with thicknesses of from 8 to 15 mm. Forged material is of the same basic material, steel cast components with similar quality characteristics, however with limited carbon content. The semifinished product is inspected in the material test-

cluding welding technology, is decisive for the suitability of the product meeting the application. As a result of this cooperation, the connection of longitudinal beams and transverse cross beam is shown (Fig. 7). Top sheet and bottom sheet are run far into the transverse beam and linked with a V-joint. In this manner the largest possible radius is achieved and taken into consideration at the butt point at the extended welding seam start and end areas. The less stressed stiffener plate-connections are produced with HY-joints (half Y). During the construction phase, welding quality stages in accordance with DIN 8563, Part 3, are laid down. As from evaluation groups CS and BK of this standard, qualified welders perform the welding work.

Welding Methods

Gas shielded metal welding with solid wire SG 2 in accordance with DIN 8559 is used. The shielding gas is M21 in accordance with DIN 32526. The supplier had to issue a company certificate for the welding wire in accordance with DIN 50.049-2.2.

Dependent upon the customer wish, method tests must be made or the weld-

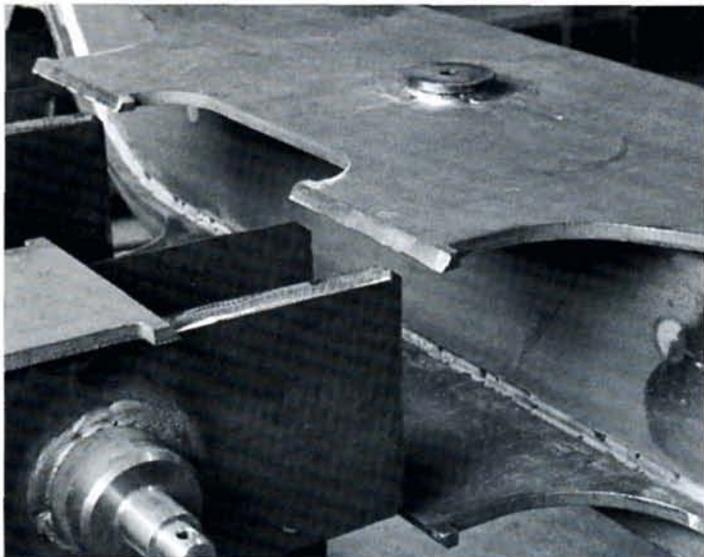


Fig. 7 (above)
Longitudinal beam and transverse beam connection

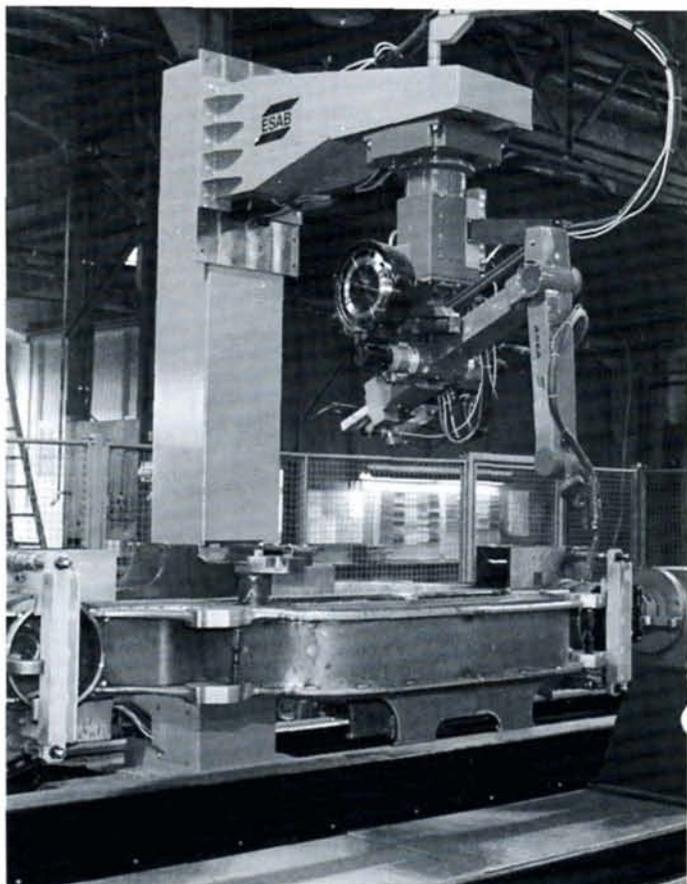


Fig. 8 (right)
Welding robot

ing parameters must be determined in accordance with DVS code 1703 (recommendations for selection of workpiece temperatures for arc welding of steel constructions made of St 52).

Welding Personnel

All employees in the bogie welding plant have been internally trained and are tested in accordance with DIN 8560 at two-year intervals. The majority of the employees are with the company for many years and very interested in the result of their work and check themselves in accordance with the welding test undertaken. Furthermore, samples are taken and checked for the following points: welding parameters, joint construction, welding sequence, grinding, joint section, welder's stamp and initials on the work papers.

Production Methods

All welding workplaces are designed so that welding can be made in gravity or horizontal-vertical position. The necessary positioning and work piece rotating possibilities are provided.

The welding robot (Fig. 8) is used for welding components onto the longitudinal beam. The size of the workpieces as well as the slanted position of welding grooves require a joint seeking and follower system. Two beams are counter-clamped, in order to avoid distortion due to alternate welding.

Test Methods

In special cases, joint seams are checked using the magnetic powder, ultrasonic or the transmission technique of X-ray crystallographic analysis. A material testing laboratory is available for all destructive material and weld joint checks. ■

Summary

Higher travel speeds and increased travel comfort at low noise generation and maintenance costs are expected from modern railway rolling stock. Dependent upon the areas of application, various bogie configurations are necessary. A central component of such a unit is the bogie frame in welded construction, which can be employed for all applications with a minimum of modifications. Preparation as well as the technical production sequence are described placing particular emphasis on the welding technology.

Literature

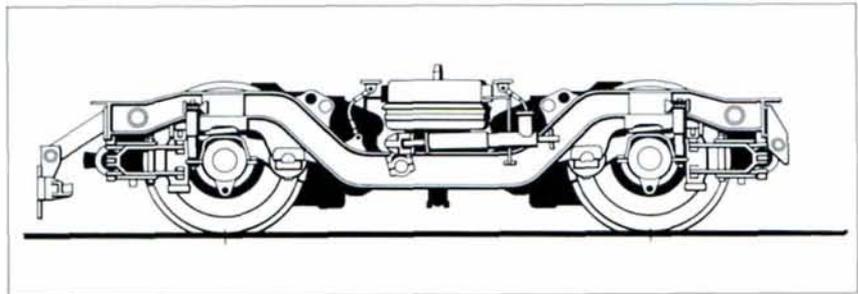
- [1] *Gabor Harsy*: New Developments in Bogie Design. ZEV Glasers Annalen 108 (1982), Nr. 2/3.
- [2] *Hans Berger*: The Universal Bogie for the new Intercity Coach of SBB. ZEV Glasers Annalen 109 (1983) Nr. 2.



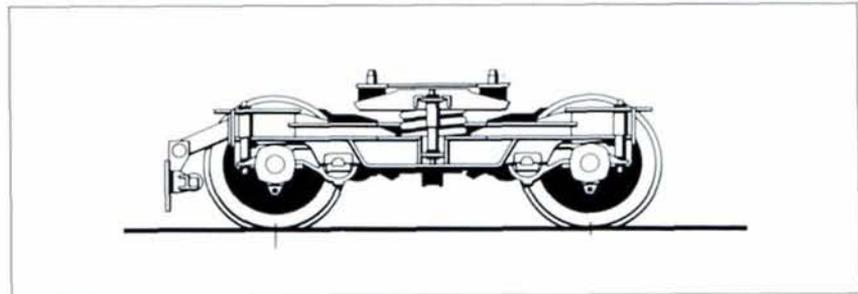
"The Invisible Comfort"

Developments in the Design
of Bogies

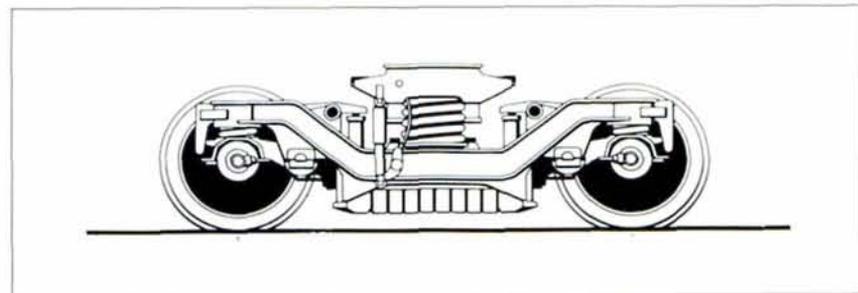
motor-,



powered-,



trailing-



bogies

according to the SIG-building block
concept for all applications and gauges

Naturally we could show you
even more
bogies



But, with us
quality comes before quantity

SIG Swiss Industrial Company
CH-8212 Neuhausen Rhine Falls

