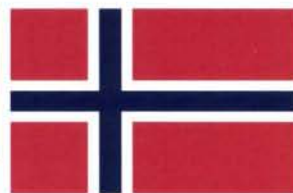


Modernisering og ytelsesøkning Trønder- og Meråkerbanen



Delprosjekt 08 Elektrifisering

- Elektrifisering Trondheim - Stjørdal - Steinkjer
- Elektrifisering Stjørdal – Storlien (S)



km 0 – 113.7 (Steinkjer) og 31.98 – 104.47 (riksgrensen)

Modernisering og ytelsesøkning Trønder- og Meråkerbanen

Elektrifisering

- Elektrifisering Trondheim - Stjørdal - Levanger - Steinkjer
- Elektrifisering Stjørdal - Meråker - Storlien

Utløser, strategi

Trønder- og Meråkerbanen drives per i dag utelukkende med dieseltrekksjon. Til regiontrafikken skal det brukes motorvognsett av byggeserien 92 og 93 som med bare to dører er uegnet til rask passasjerbytte. Også akselerasjonspotensialet er relativt lavt, noe som fører til lange reisetider. For å redusere reisetidene er det viktig på den ene siden å innføre elektrisk drift med elektriske motorvognsett med gode akselerasjonsegenskaper. Dessuten er dieselmotorvognsett ikke særlig miljøvennlige. Til iltogene står i dag 5 lokomotiver av byggeserien Di.4 i beredskap, men disse blir snart brukt opp og må erstattes. Til godstogene brukes lokomotiver av byggeserien Di.8 og leasete CD 66, hvorav disse brukes på hele Nordlandsbanen til Bodø. For tiden er man i gang med å evaluere en ny type lokomotiv (diesel).

Prosjekt mål

For å oppnå en ren drift med kortere reisetider er det uunnværlig å elektrifisere strekningene Trønder- og Meråkerbanen. Man skal ta i bruk strømsystemet med enfas vekselstrøm på 15000 Volt 1~16,7 Hz som er vanlig hos NSB og SJ. Til dette er det nødvendig å etablere en kjøreledning på hele strekningen, utruste nødvendige spor på stasjonene med kjøreledning, lage nødvendige koblingssteder og sikre strømforsyningen. Et traksjonsbytte på Meråkerbanen ved Storlien bortfaller, fordi SJ driver det samme strømsystemet som NSB.

Prosjektinnhold

- Bygging av et kjøreledningsanlegg fra Trondheim - Stjørdal - Levanger - Verdal - Steinkjer (Trønderbanen).
- Bygging av et kjøreledningsanlegg fra Stjørdal - Meråker - Storlien (Meråkerbanen) med tilkobling til trasénett til SJ.
- Elektrifisering av togstasjonsanleggene og tilkoblingsspor der dette er nødvendig.
- Etablering av koblingssted og elektrotekniske innretninger til kjøreledningsfjernstyring fra fjernstyringssenteret Marienborg.
- Sikring av strømforsyningen (jernbanestrøm 16,7 Hz)

Kjøreledningsanlegget

Opprinnelig brukte NSB på sitt strekningsnett et kjøreledningsanlegg med tre- eller betongmaster. Grunnen er enkel, fordi mye tre er lett tilgjengelig i Norge med tilsvarende erfaring. Først i nyere tid brukes stålmaster. På Gardermobanen fant man imidlertid ut, at det nye kjøreledningsanlegget, særlig mastene, er veldig dyre i utførelse. Av den grunn vil vi gjerne oppmuntre her til noen vurderinger i retning av en noe mer gunstig løsning.

Vårt prosjektteam mener at NSB kan samle erfaring her, ved at de kan anvende en ny type kjøreledning på denne uansett noe isolerte strekningsdelen, slik som SBB bruker den i en årrekke med god suksess. Kjøreledningsanleggene til SBB er også veldig formfullendte og likevel robuste og oversiktlige og egner seg også til hardere klimatiske forhold. Alle byggedeler er utprøvd og det kreves ingen videre utvikling, dvs. kjøreledningstypen kan overtas direkte og brukes, noe som fører til enorme kostnadsbesparelser. Dessuten disponerer Sveits over tallrike byggefirmaer innen kjøreledning, som kan stå til tjeneste med konsulenthjelp og viderefører sin erfaring.

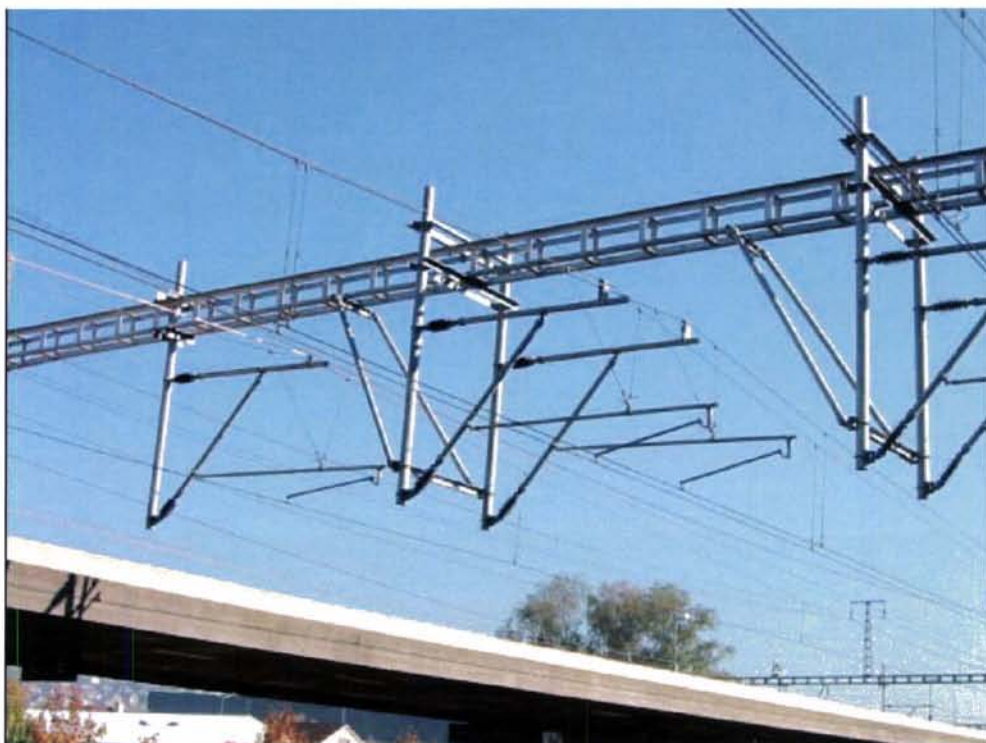
Kjøreledningsanlegget av typen SBB skal presenteres nærmere.



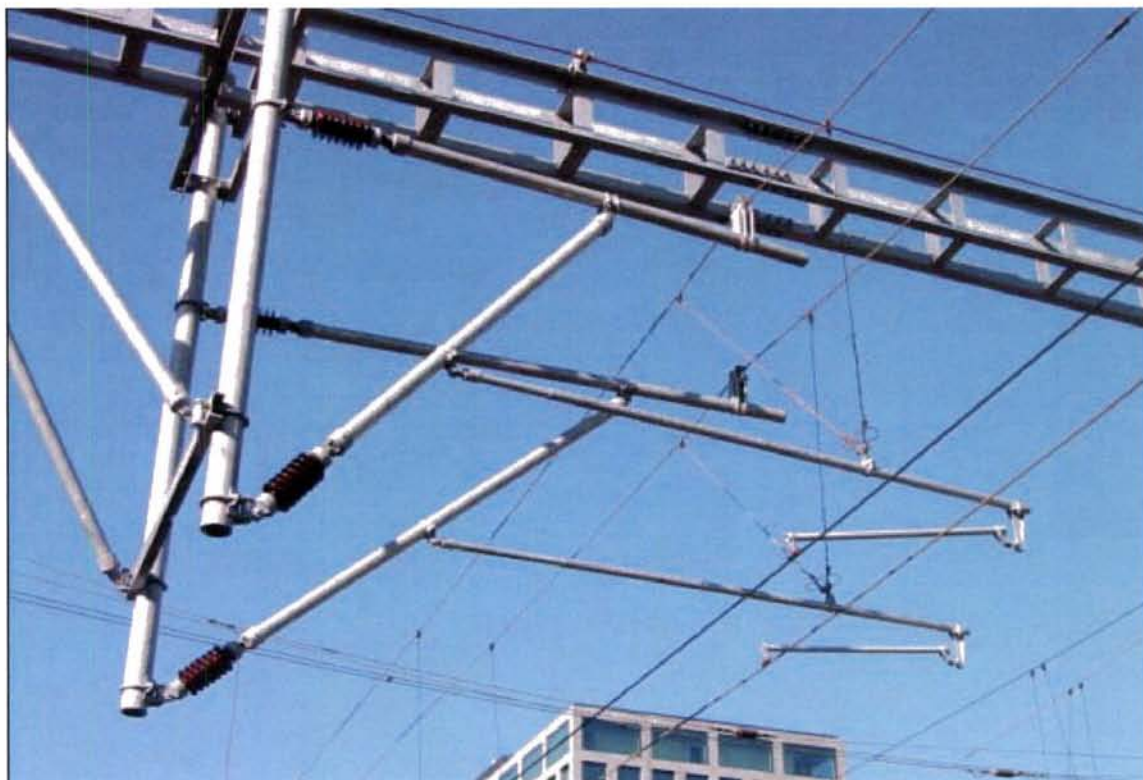
Kjøreledningsanlegget av SBB-strekningen Hettlingen - Henggart (Winterthur - Schaffhausen) med dobbeltspor



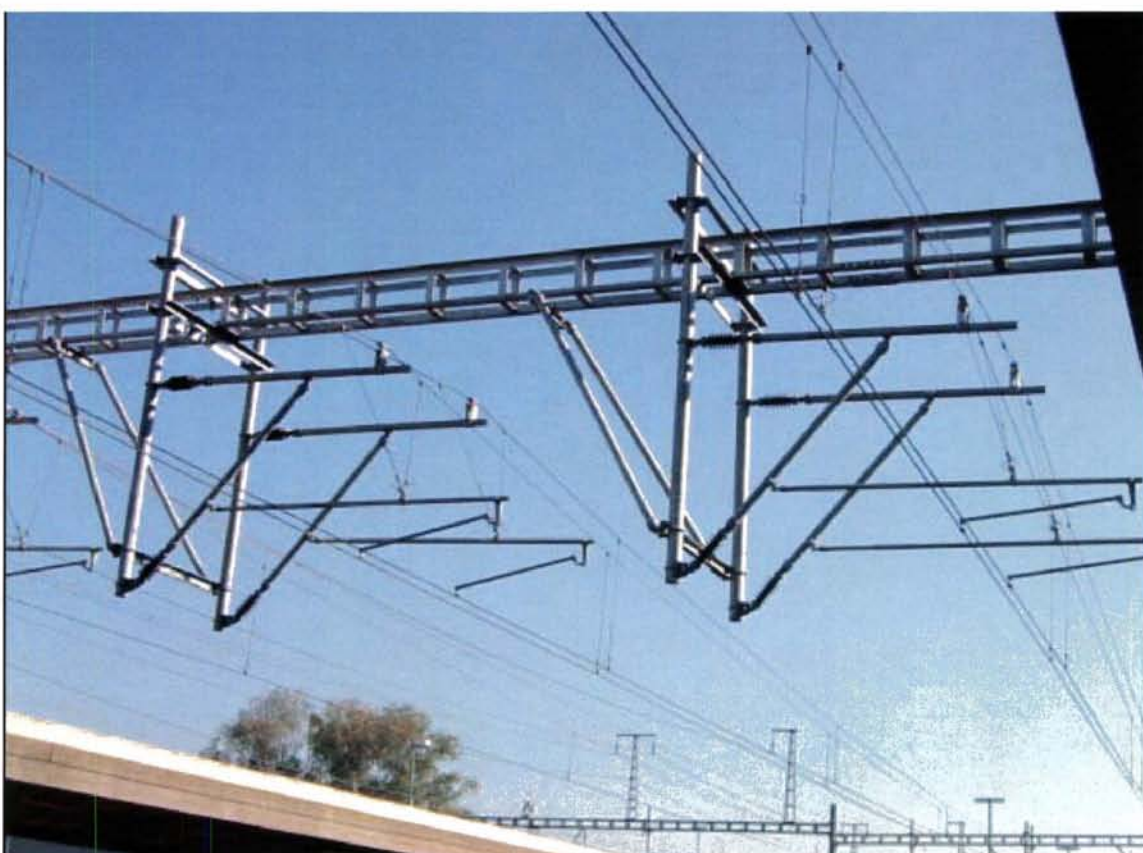
Kjøreledningsanlegget av SBB-strekningen Hettlingen - Henggart (Winterthur - Schaffhausen) med dobbeltspor; avspenning



Kjøreledningsbæreverk over 3 spor i togstasjonen Zürich Altstetten; 28.10.2005



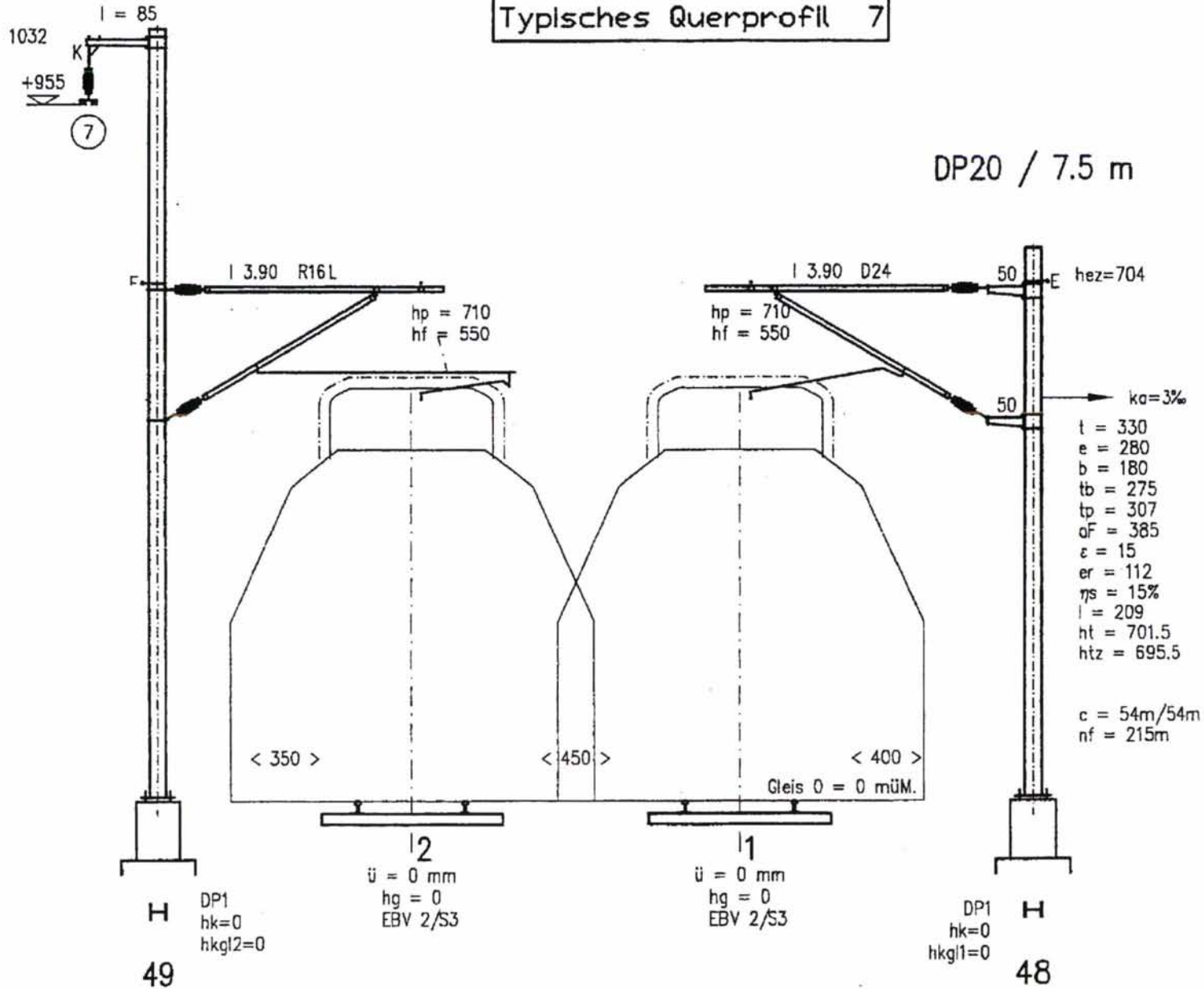
Kjøreledningsbæreverk i Zürich-Altstetten; 28.10.2005



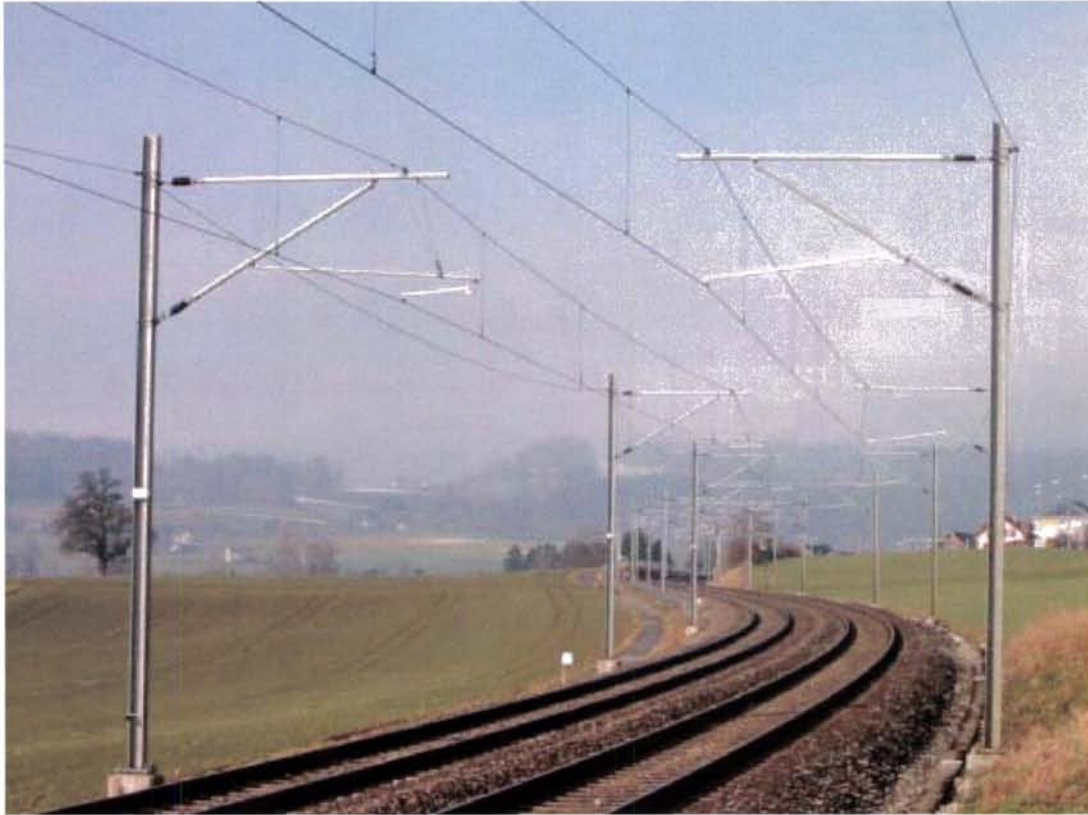
Bilder:
Hans Bodmer, Schlottenbuelstrasse 9b, CH-8625 Gossau / ZH (Sveits)
Feil! Fant ikke referanseilden. +41 44 936 18 30

DP22 / 10.5 m

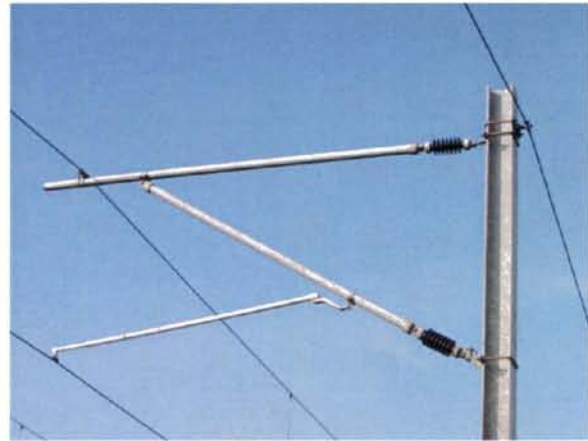
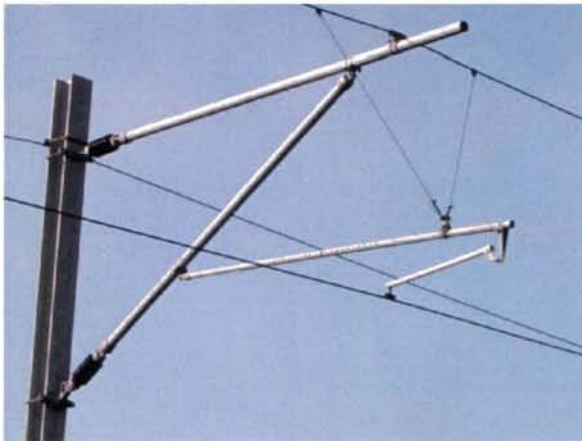
Typisches Querprofil 7



SBB - R-kjøreledning



Slik kan dobbeltsporet utrustet med R-kjøreledning SBB se ut mellom Åsen og Skogn

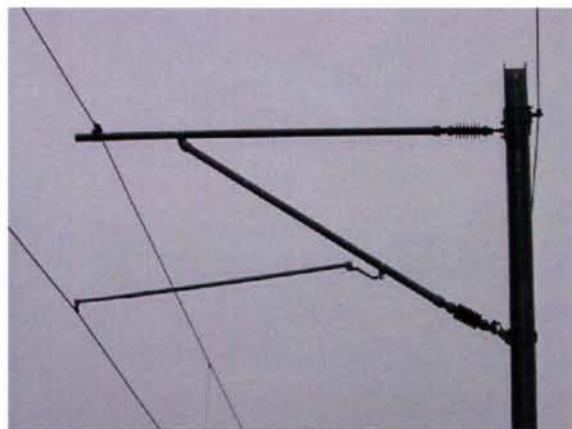


Begge utliggere til høyre og venstre

Bilder: 20.01.2006

Hans Bodmer, Schlottenbuelstrasse 9b, CH-8625 Gossau / ZH (Sveits)

☎ +41 44 936 18 30



Kjøreledning SBB Type R



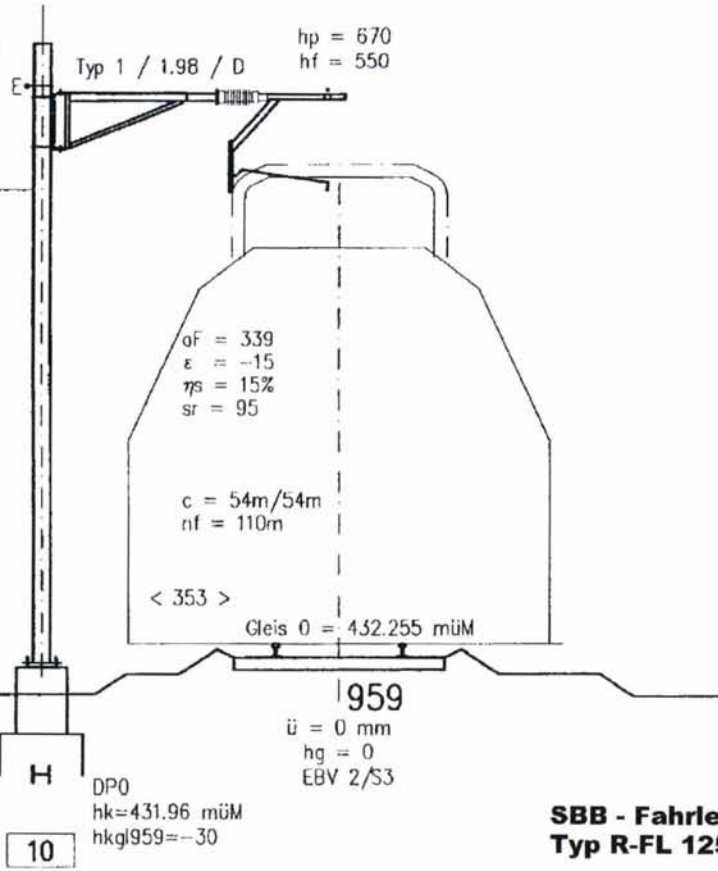
SBB - Kjøreledning; avspenningsmaster



Bilder:
Hans Bodmer, Schlottenbüelstrasse 9b, CH-8625 Gossau / ZH (Sveits)
Feil! Fant ikke referansekilden. +41 44 936 18 30

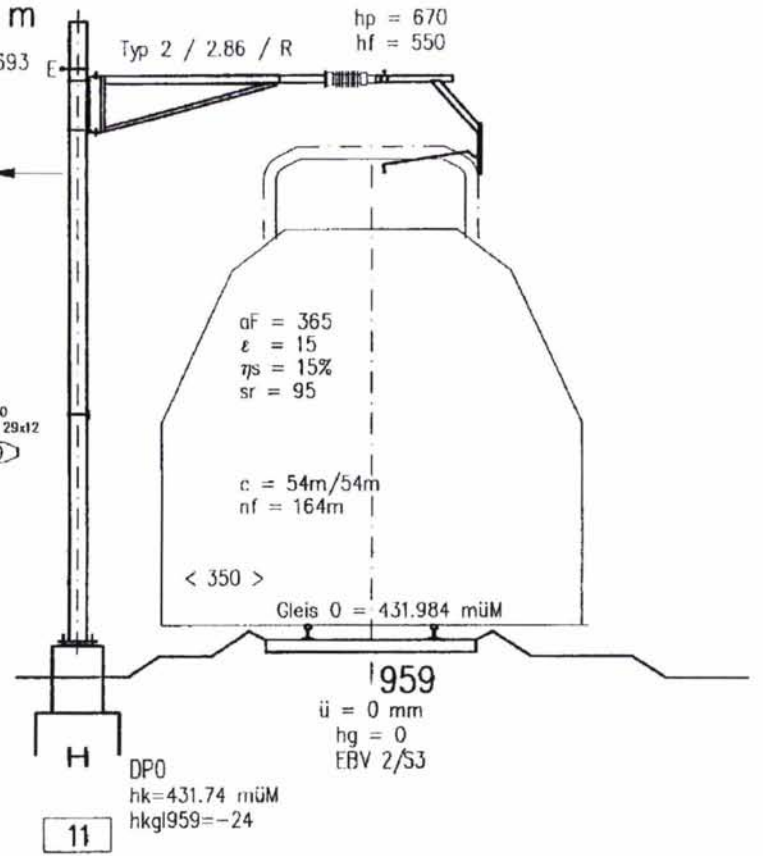
DP20 / 7.5 m

ht = 661.5 hez=698
htz = 685.0

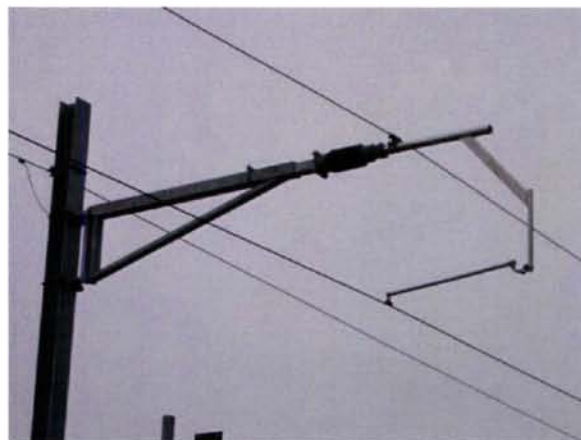
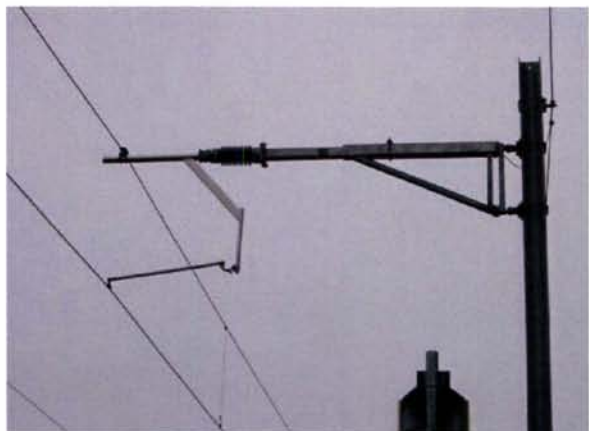


DP20 / 7.5 m

ht = 661.5 hez=693
htz = 679.9



**SBB - Fahrleitung
Typ R-FL 125 / NT-Ausleger**



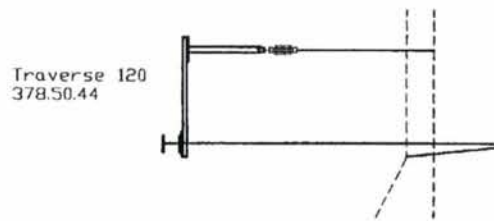
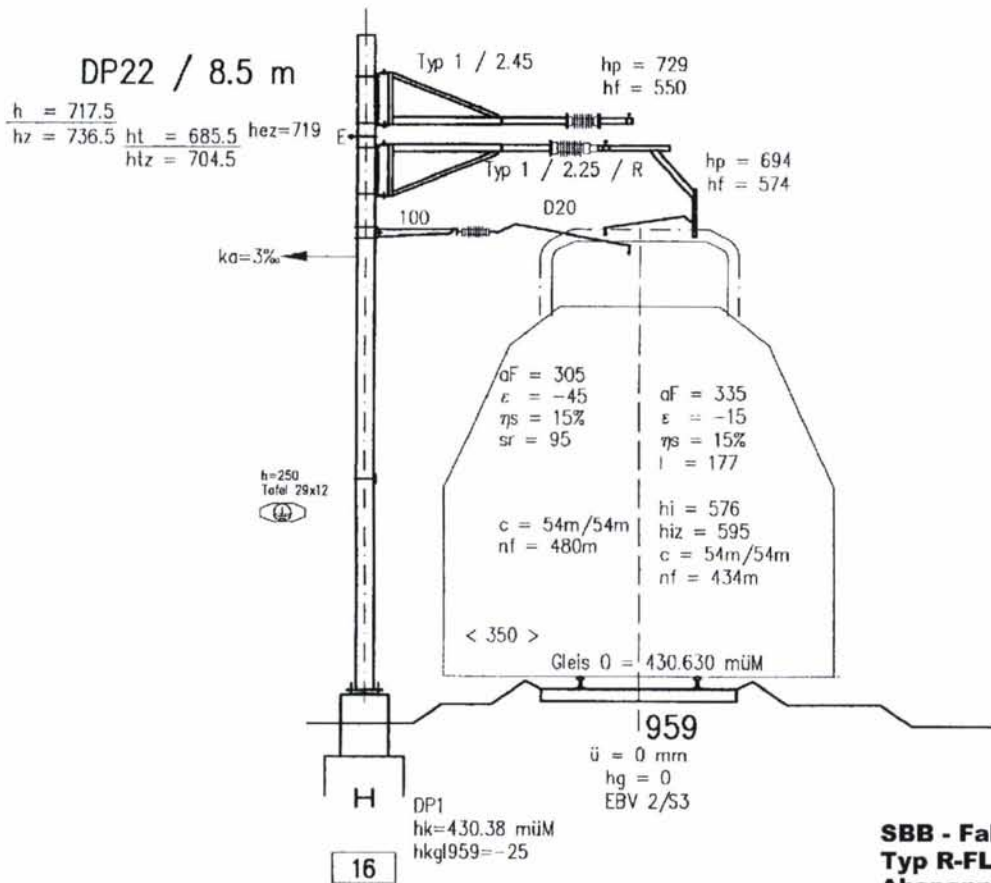
Kjøreledning SBB Typ R-FL 125 med utlegger NT



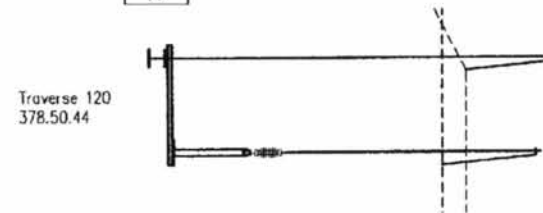
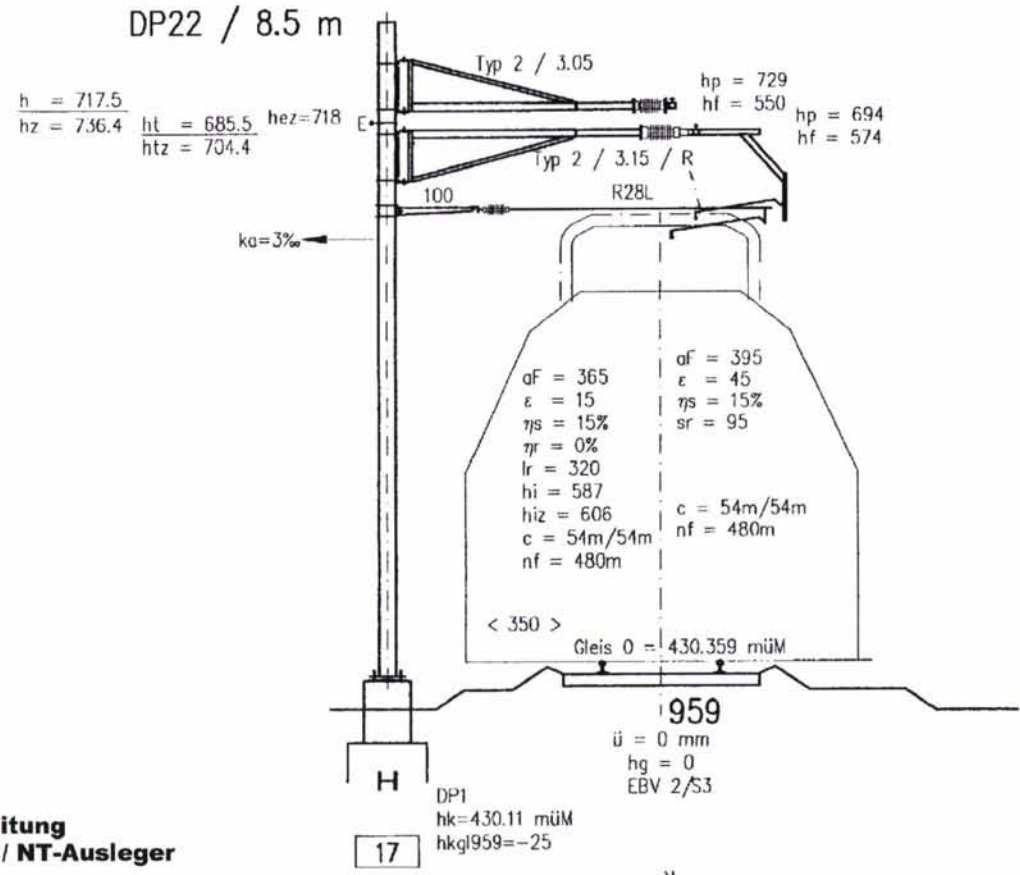
Bilder:

Hans Bodmer, Schlottenbüelstrasse 9b, CH-8625 Gossau / ZH (Sveits)

Feil! Fant ikke referansekilden. +41 44 936 18 30

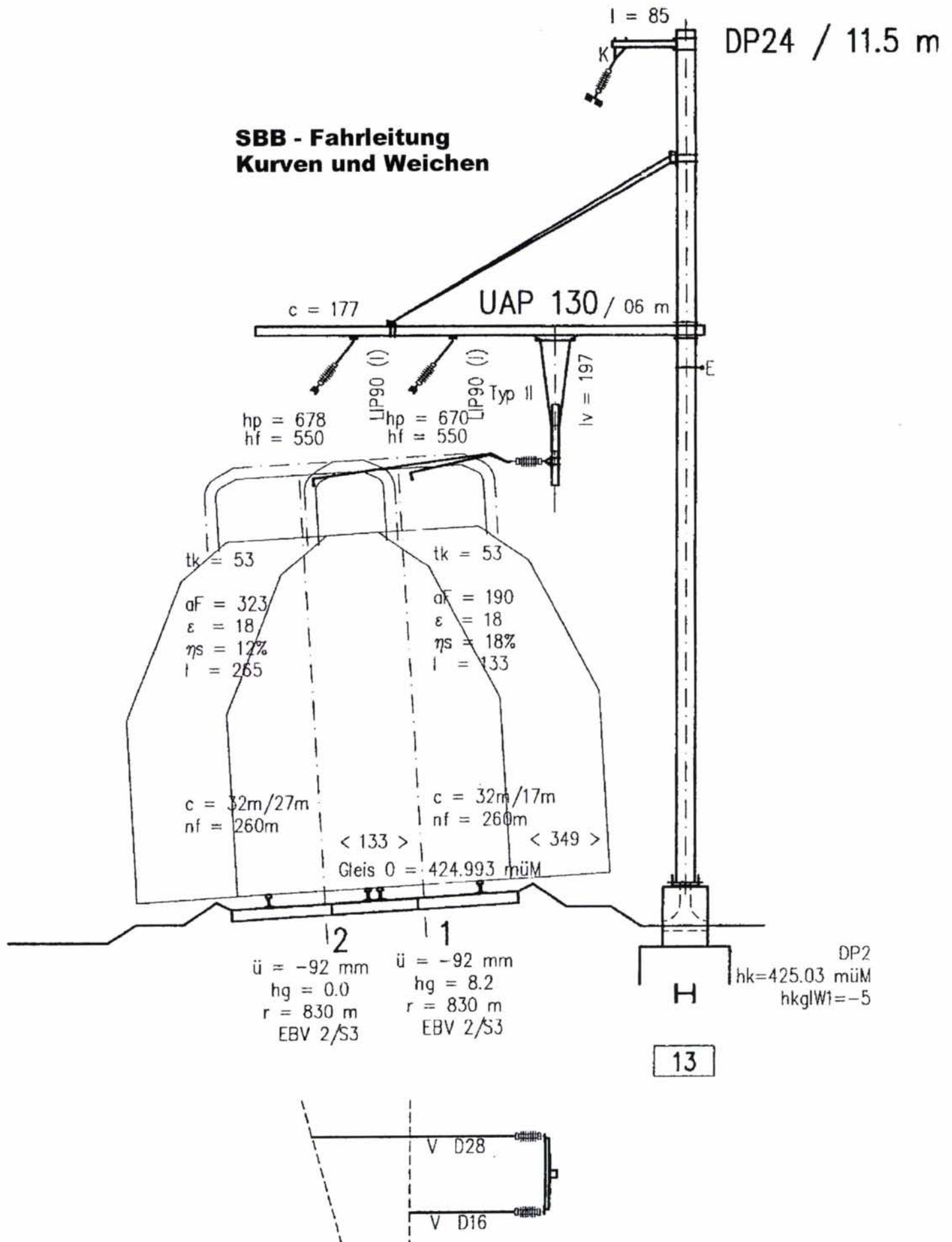


**SBB - Fahrleitung
Typ R-FL 15 / NT-Ausleger
Abspannung**

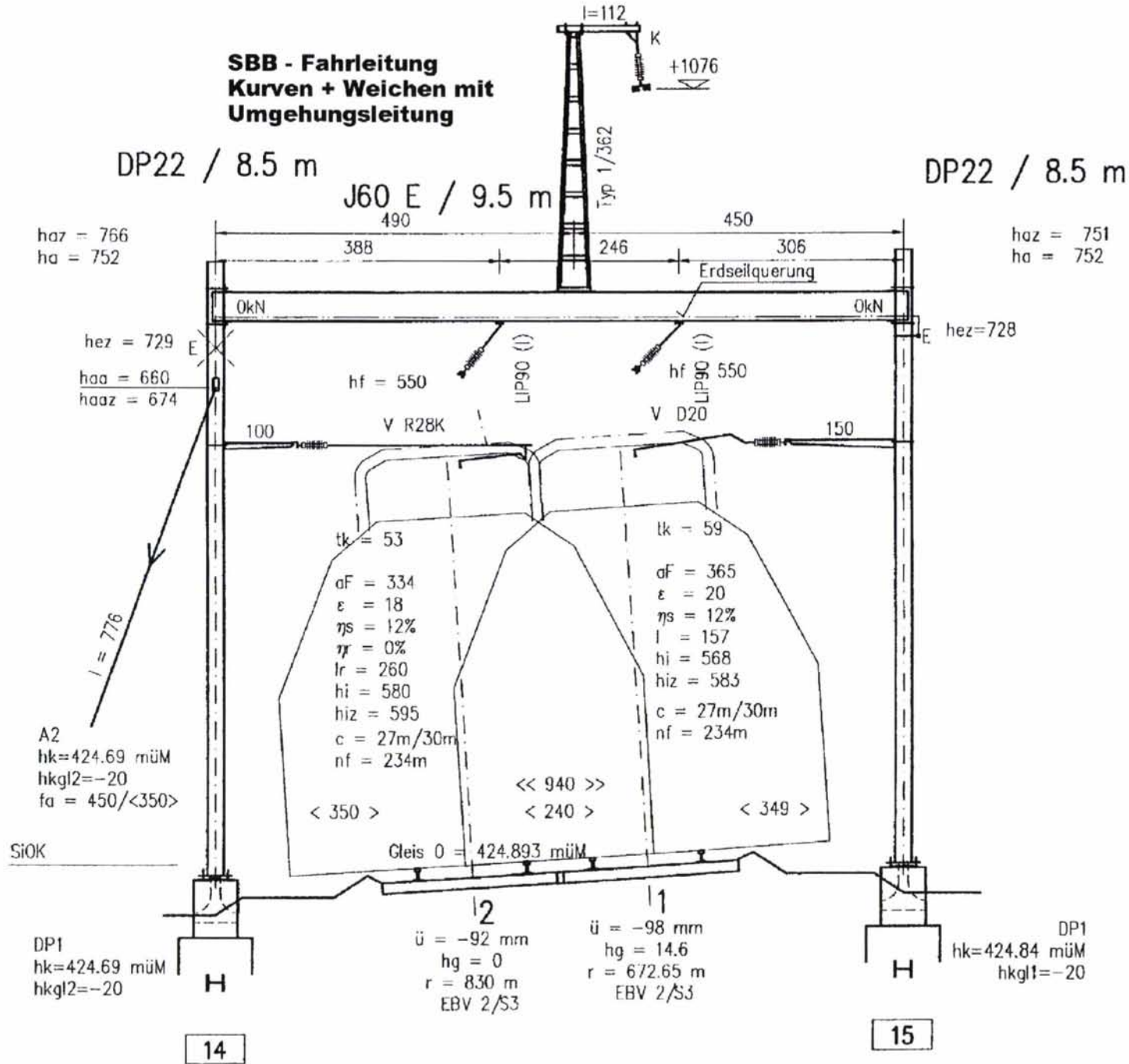


DP24 / 11.5 m

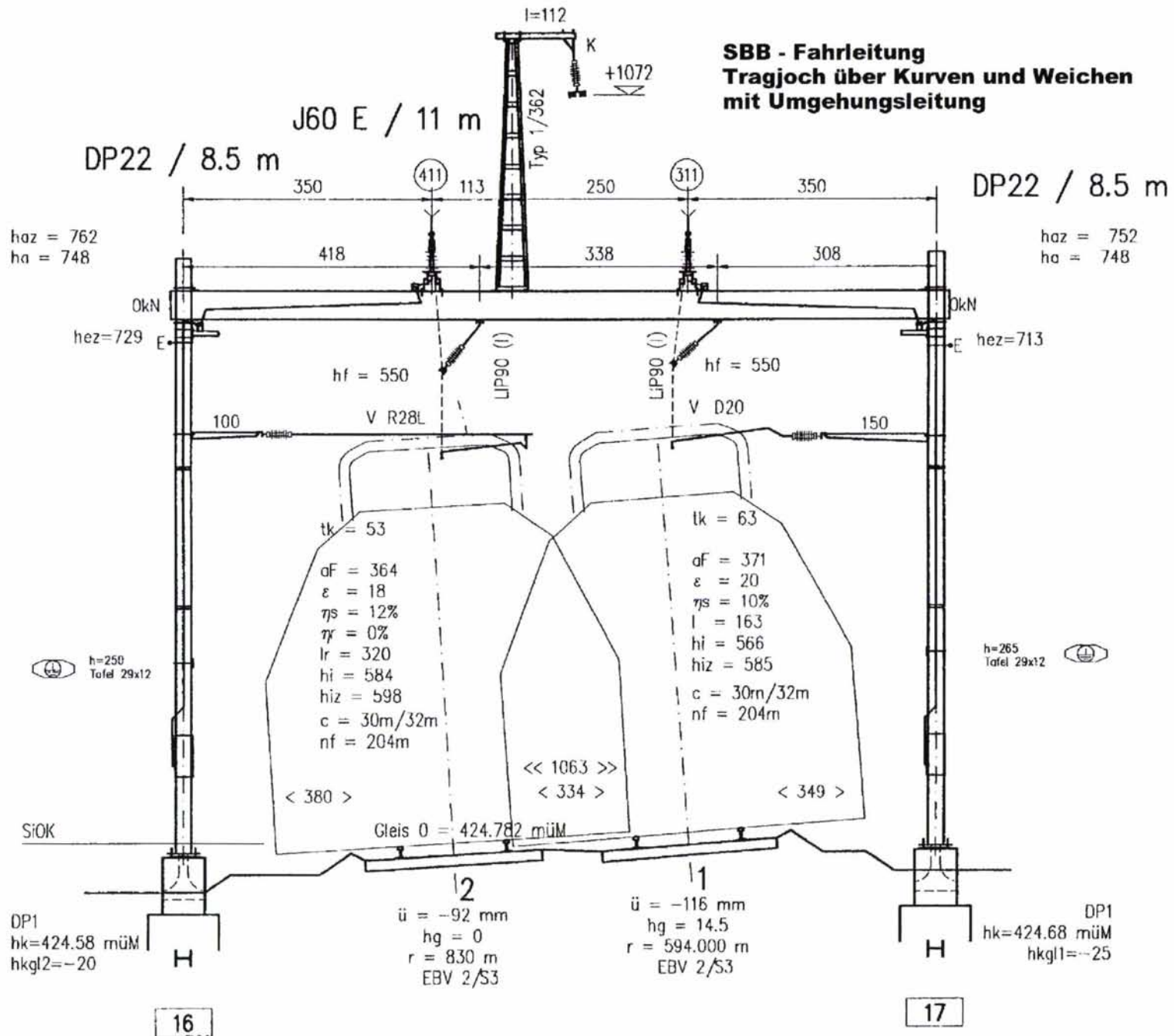
SBB - Fahrleitung Kurven und Weichen

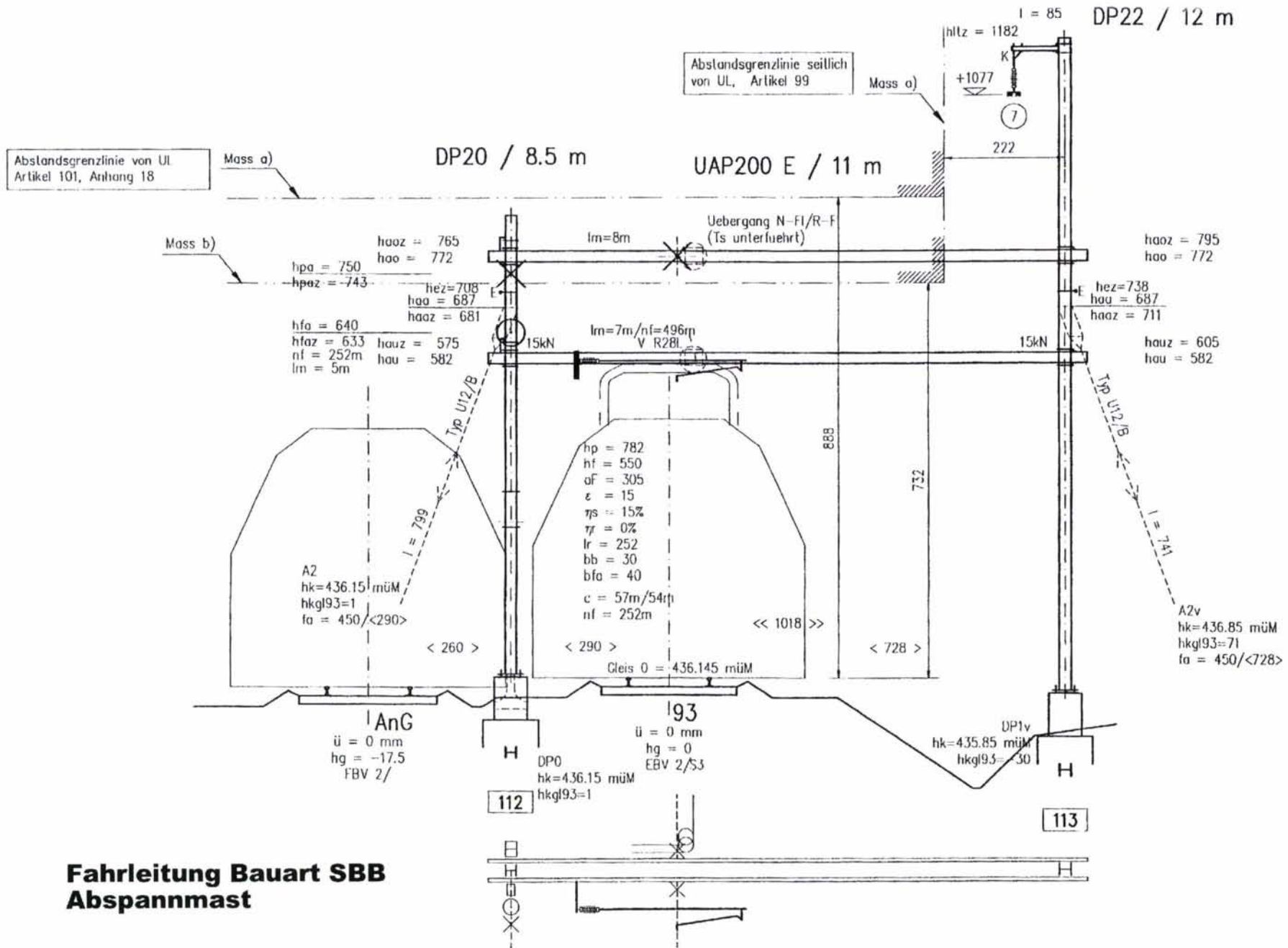


**SBB - Fahrleitung
Kurven + Weichen mit
Umgehungsleitung**



SBB - Fahrleitung
Tragjoch über Kurven und Weichen
mit Umgehungsleitung





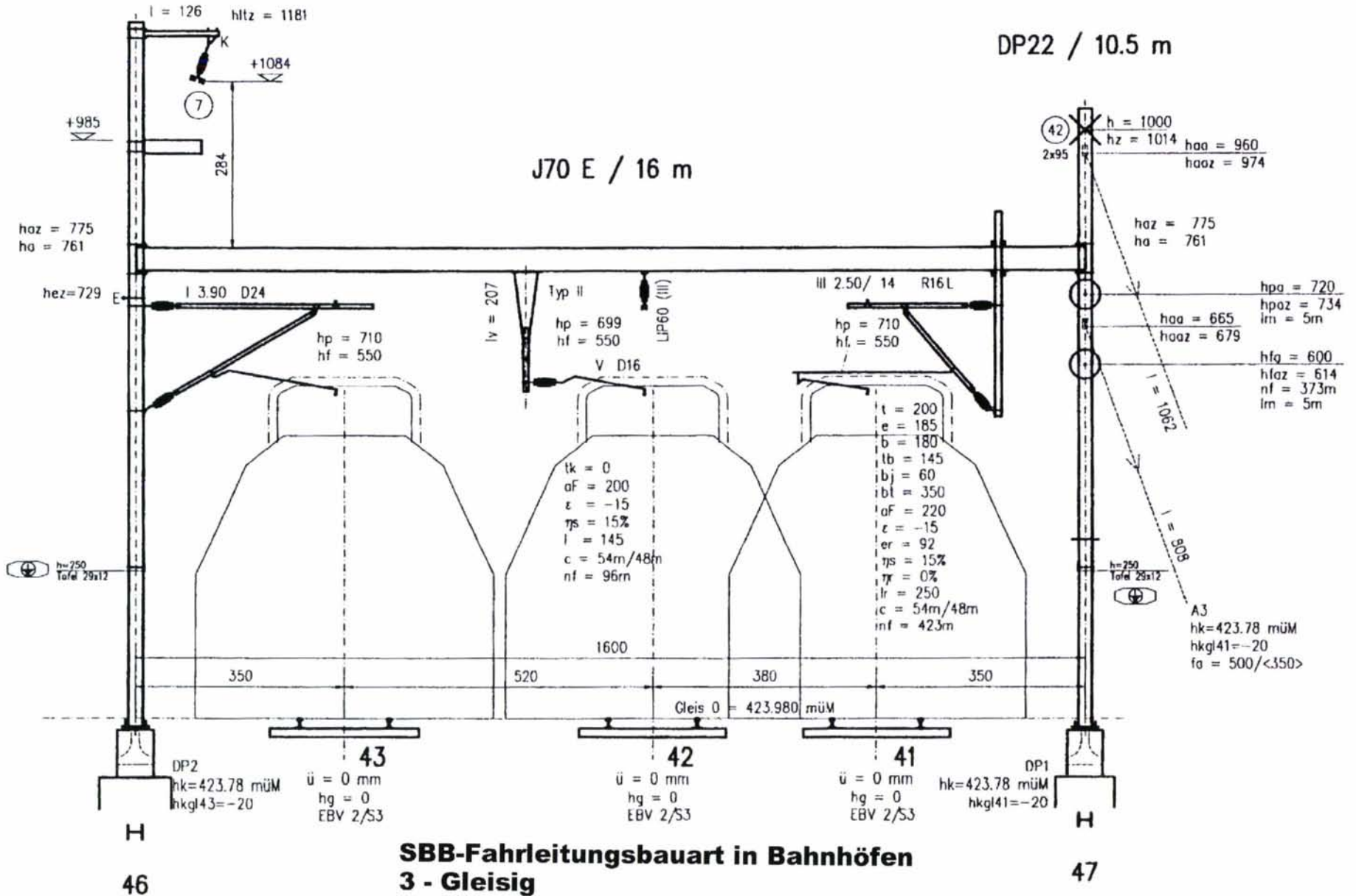
**Fahrleitung Bauart SBB
Abspannmast**

DP24 / 12 m

DP22 / 10.5 m

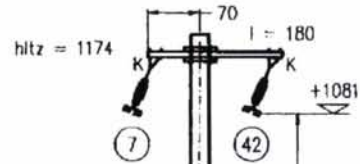
J70 E / 16 m

t = 330
 e = 280
 b = 180
 lb = 275
 tp = 307
 aF = 335
 ε = -15
 er = 112
 γps = 15%
 l = 209
 ht = 701.5
 htz = 715.5
 c = 54m/48m
 nf = 423m



SBB-Fahrleitungsbauart in Bahnhöfen
 3 - Gleisig

DP24 / 12 m



J70 E / 16 m

DP22 / 8.5 m

haz = 772
ha = 759

haz = 772
ha = 759

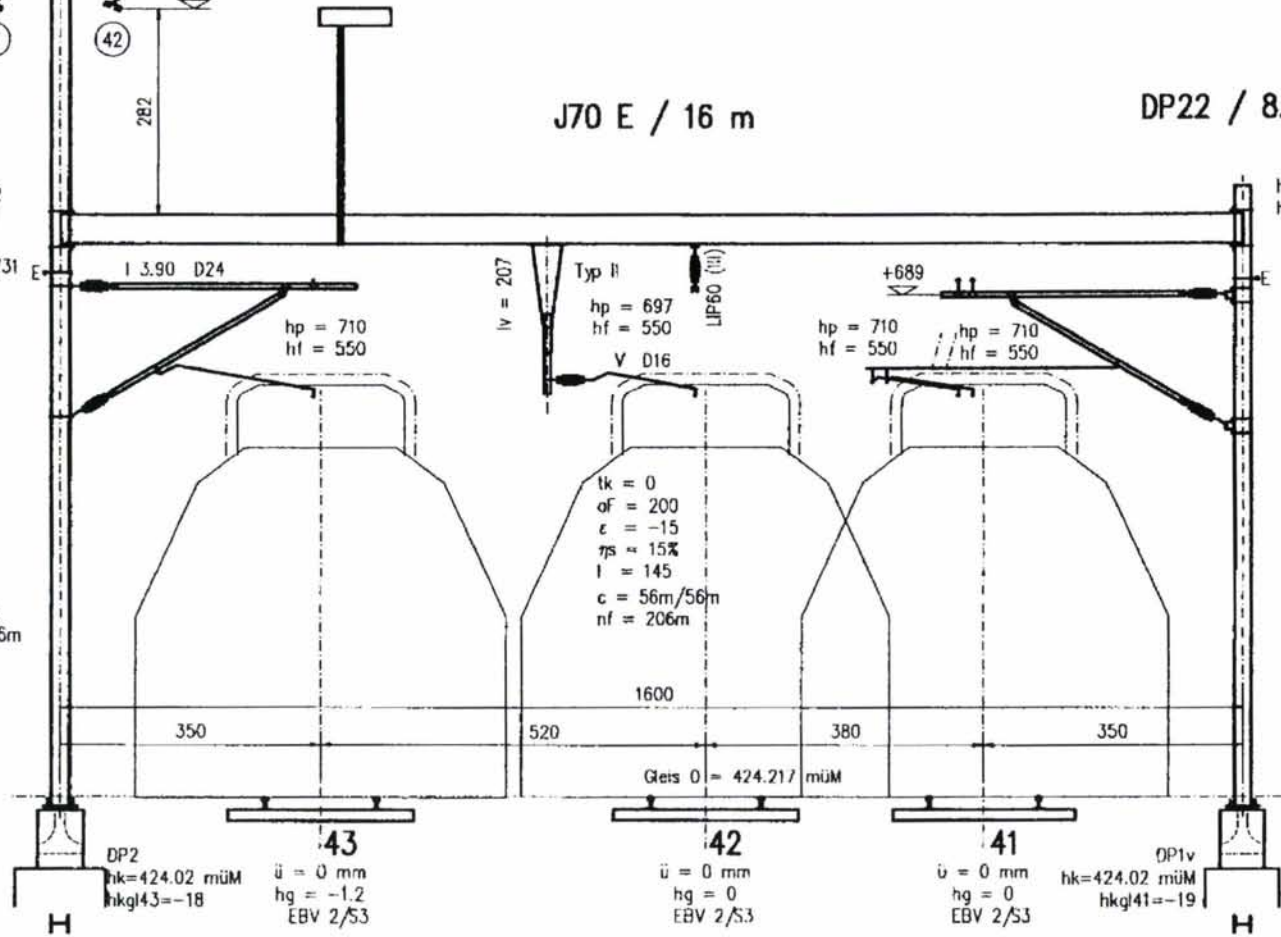
hez=731

hez=723

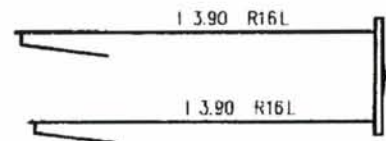
t = 330
e = 280
b = 180
tb = 275
tp = 312
af = 340
ε = -10
er = 113
γs = 15%
l = 213
ht = 701.5
htz = 713.3
c = 56m/56m
nf = 313m

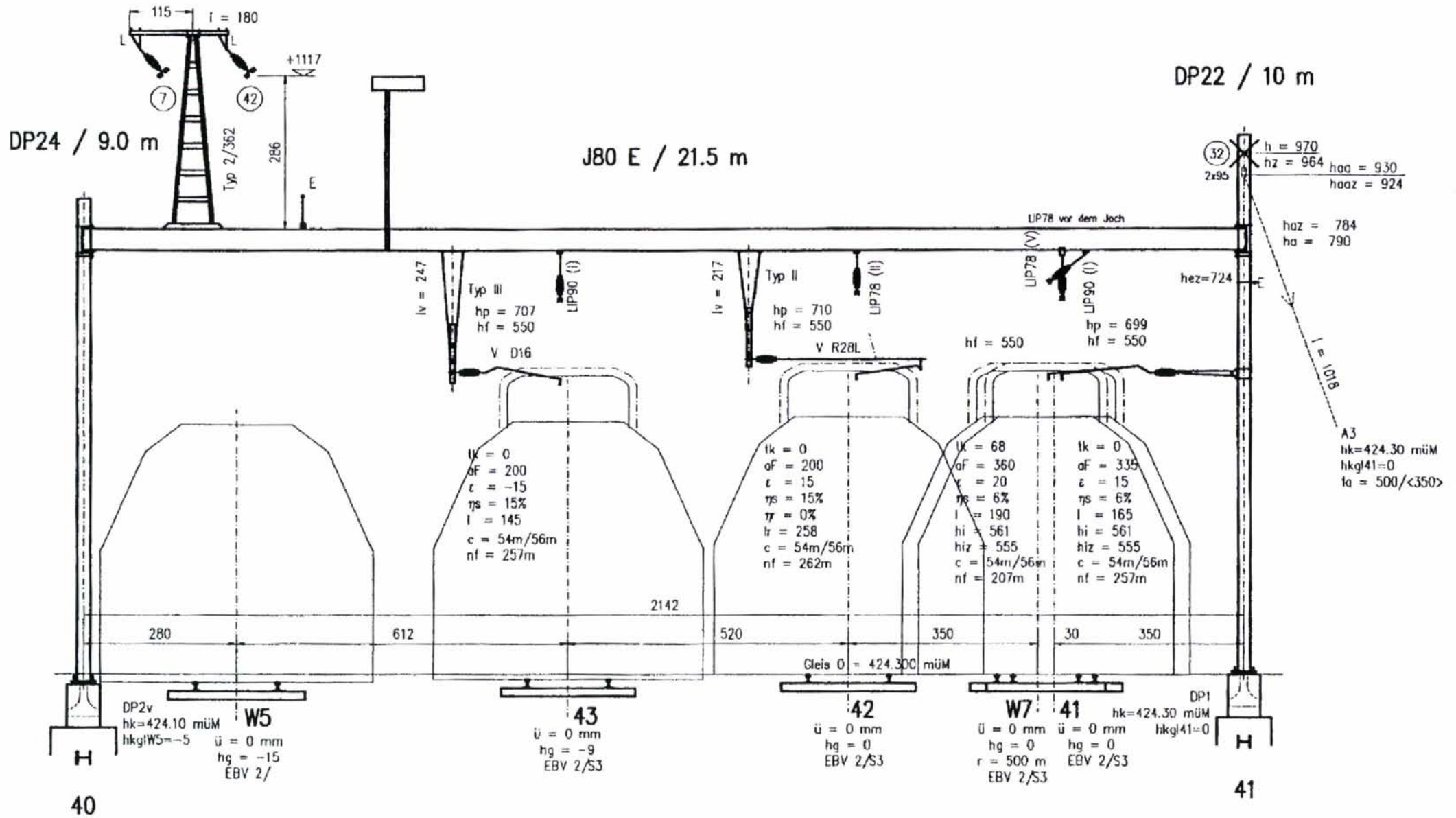
t = 330
e = 280
b = 180
tb = 275
tp = 347
af = 385
ε = -35
er = 149
γs = 15%
γr = 0%
lr = 324
ht = 689
htz = 702.0
c = 56m/56m
nf = 263m

t = 330
e = 280
b = 180
tb = 275
tp = 327
af = 365
ε = -15
er = 149
γs = 15%
γr = 0%
lr = 304
ht = 689
htz = 702.0
c = 56m/56m
nf = 313m

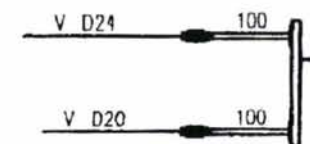


**SBB-Fahrleitungsbauart in Bahnhöfen
3 - Gleisig**



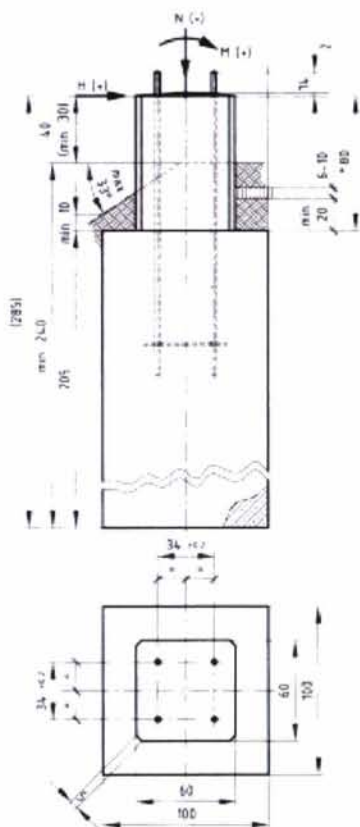


**SBB-Fahrleitungsbauart in Bahnhöfen
 3 - Gleisig (1 Gleis nicht elektrifiziert)**

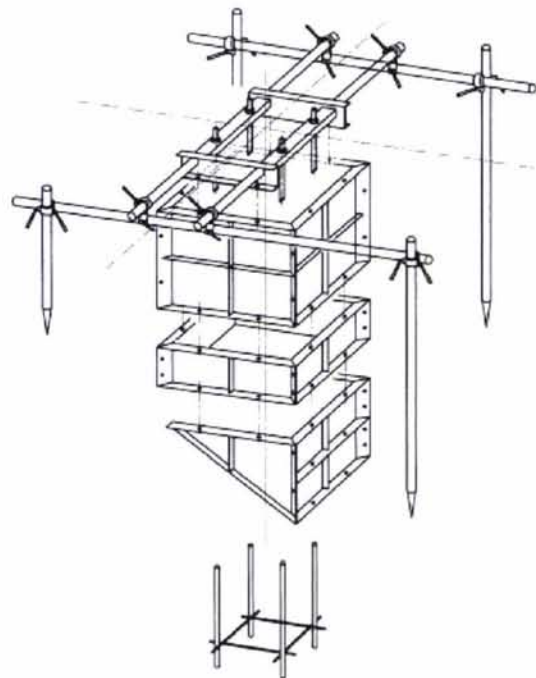




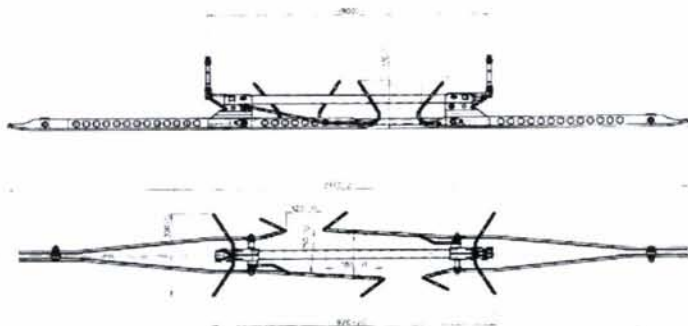
Mastfundamenter med skinnejording



Mastfundament



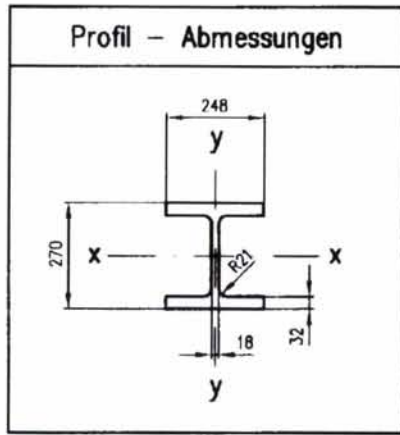
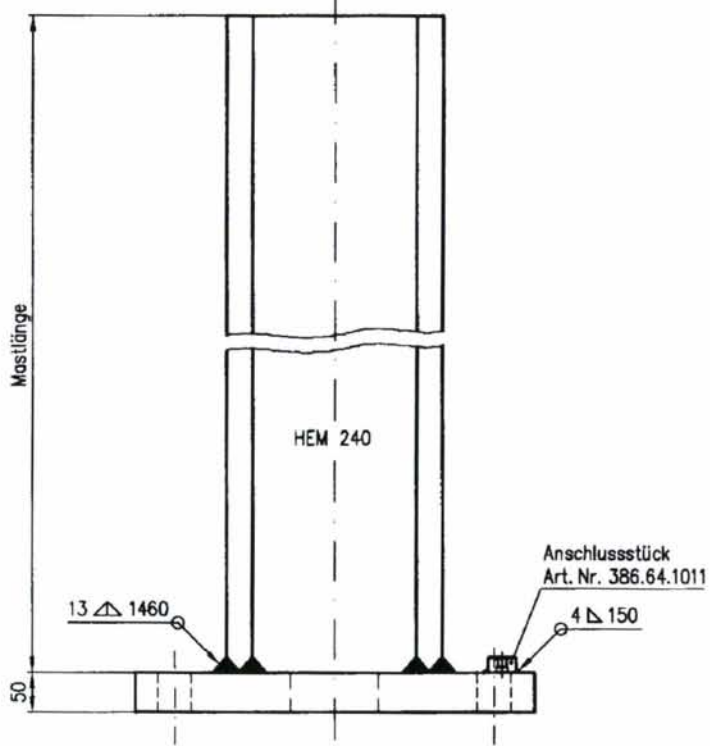
Fundamenthødekobling med forflytningsstang og stillas



Spordeler



Maststange



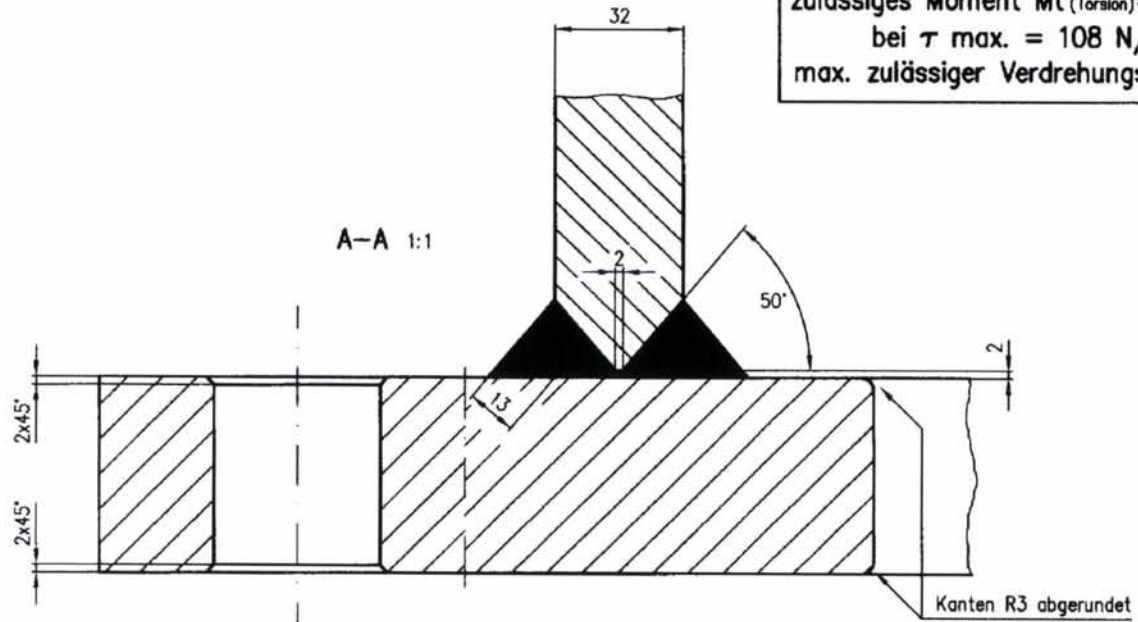
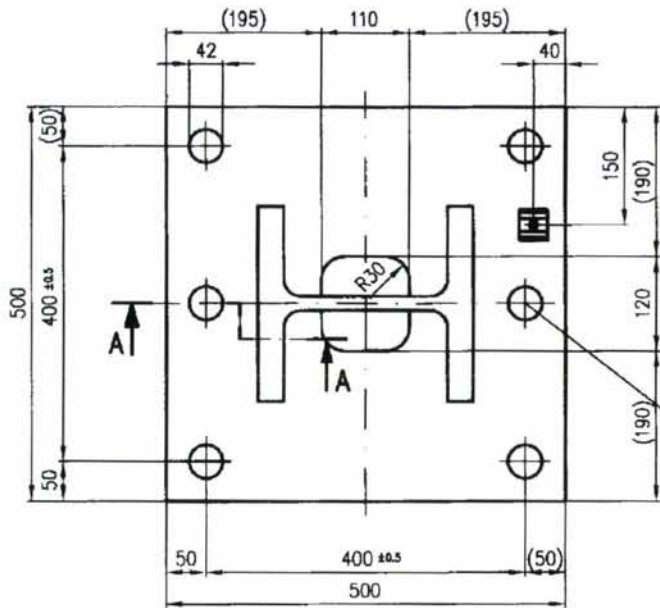
Statische Werte

F cm ²	G kg/m	Jx cm ⁴	Wx cm ³	Jy cm ⁴	Wy cm ³	Jt cm ⁴	Wt cm ³
200	157	24290	1800	8150	657	628	196

zulässiges Moment $M = 230 \text{ kNm}$
Wert gemäss Blatt Nr. 0161.1011.0005

zulässige Momente $M = 118 \text{ kNm}$
bei $\sigma \text{ max.} = 180 \text{ N/mm}^2$

zulässiges Moment $M_t (\text{Torsion}) = 21.2 \text{ kNm}$
bei $\tau \text{ max.} = 108 \text{ N/mm}^2$
max. zulässiger Verdrehungswinkel = 5°



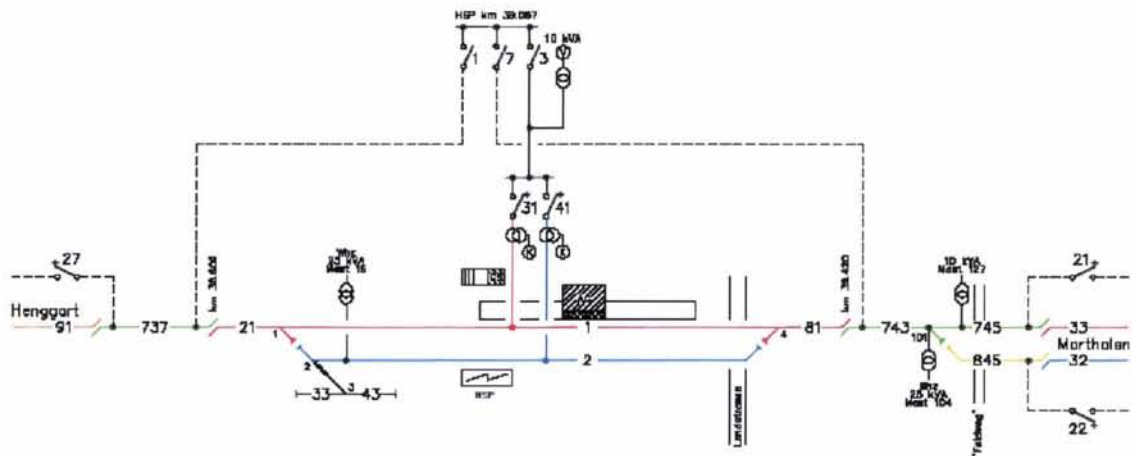
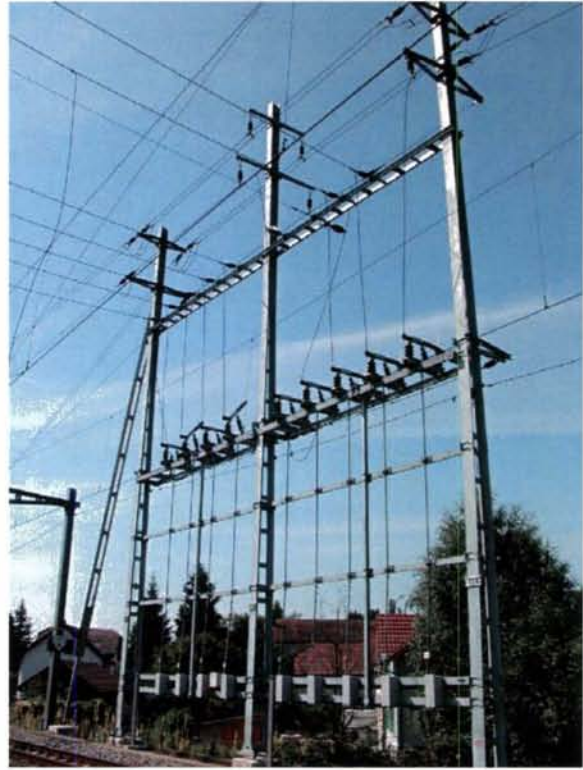
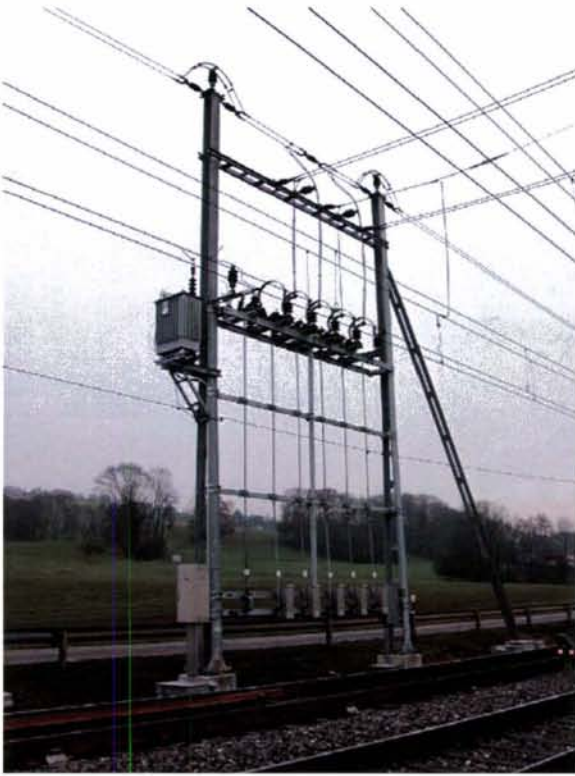
Fundamentschrauben M36
Art. Nr. 371.10.03

N11 DIN EN ISO 1461 - t Zn o

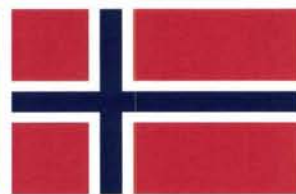
Schweiss-Allgemeintoleranzen SN EN ISO 13920-A
Schweissymbole EN 22553
Schweissverfahren 13
Kanten gebrochen 1 ... 2 x 45°

Fahrleitung SBB
Mastfuss

Bryterstasjon for kjøreledning



Prinsippbryter av en bryterstasjon på togstasjonen



Delprosjekt 09 Rullende materiell / drivkraft

- Evaluering og forslag for mulig drivkraft



Modernisering og ytelsesøkning Trønder- og Meråkerbanen

Rullende materiell (motorvognsett)

- **Evaluering og forslag til mulige motorvognsett**

Utløser, strategi

Som følge av at Trønder- og Meråkerbanen skal omstilles på elektrisk drift, er det nødvendig å vurdere i tillegg passende motorvognsett. Det står i forgrunnen, at samtlige tog (regionale, interregionale og godstog) skal kunne kjøres med elektrisk traksjon på de nye elektrifiserte strekningene. På den ene siden av miljøgrunner og på den andre siden på grunn av sotedannelse i de til dels lengre tunnelene. Det skal også tys til eksisterende motorvognsett ved NSB, men også nye motorvogn skal anskaffes spesielt for persontrafikken. Man må passe på at man kun vurderer motorvogn som har hevdet seg i andre land, spesielt i Sveits. Dessuten skal de nye motorvognene fremvise en tydelig ytelsesøkning når det gjelder kjørekomfort, akselerasjonspotensial og påstigningsforhold osv., som er avgjørende for en reisetidsforkortelse.

Prosjektmål

Prosjektmålet er å påvise at det allerede finnes slike motorvognsett som kan være aktuelle til Trønder- og Meråkerbanen.

- Fremlegge forslag som letter evalueringen.
- Innledning av leie av slike motorvogn til testformål i Norge.
- Kontaktformidling med tilsvarende baneselskap som opererer disse fartøyene, kanskje også med leverandørene.

Prosjektinnhold

- Innsats av motorvognsett som allerede befinner seg i tjeneste hos NSB og motorvogn fra nabolandet Sverige til gjenomgående gods- og hurtigtog.
- Presentasjon av motorvognsett fra Sveits, som har vært i tjeneste allerede i flere måneder og som ville innfri kravene som Trønder- og Meråkerbanen stiller.
- Innblikk i helt nye motorvogn som er bestilt i Sveits og som dernest skal tas i bruk.

Innsats av motorvognsett fra NSB og SJ

Til godstog er det tilstrekkelig med motorvogn hos NSB og SJ, dvs. man kan gå tilbake til motorvognressurser hos begge togselskapene. Også til daghurtigtogene og nattogene som trafikkerer mellom Trondheim og Bodø finnes nok lokomotiver. På detaljnivå kan NSBs og SJs motorvognpark brukes på følgende måte:

- For godstog kan man bruke det pålitelige lokomotivet fra NSB byggeserie El.14, eller også El.18.
- Til dags- og natthurtigtog mellom Trondheim og Steinkjer kan man bruke NSB-lokomotivene El.18. El.18 har en toppfart på $v_{\max} = 200$ km/t og er perfekt egnet til dette.
- Til gjennomkjørende godstog fra Sverige via Meråkerbanen til Skogn kan det brukes SJ-lokomotiver av byggeserien Rc. Slik unngås lokomotivskifte i Storlien.
- De nye diesellokomotiver som skal evalueres skal settes i drift til gods- og hurtigtog på Nordlandsbanen mellom Steinkjer og Bodø.
- Rangerings- og leveringstjenester til industrien og havner skal utføres av diesellokomotiver fra ressursene til NSB med unntak av Skogn. Lokomotivene fra byggeserien Di.2 og Di.8 egner seg godt til dette.
- I Skogn skal man også bruke elektriske motorvogn i blandet drift på grunn av de store lastene. Eventuelt kunne man også anvende godt vedlikeholdte Occasioner til dette.

Evaluering av nye motorvogn

Til innsatsen av regionaltog og interregionale tog mangler NSB egnet rullemateriell. Dagens motorvognsett fra byggeserien BM69 osv. brukes andre plasser, dvs. det må evalueres et nytt egnet motorvognsett. Prinsipielt går man ut ifra at man må bruke flerleddete motorvognsett til disse togtyper. Vi foreslår to forskjellige typer fra forskjellige leverandørbedrifter som har vært i innsats en stund i Sveits med stor suksess.

- **NINA-motorvogn**; brukes på BLS-Lötschbergbanen, i T-banen i Bern og i interregional trafikk mellom Bern og Neuchâtel, samt på noen sidestrekninger i Berner Mittelland. Leverandørfirmaet er Bombardier.
- **FLIRT-motorvogn**; leverandørfirma Stadler i Bussnang. Disse motorvognene brukes for tiden hos de sveitsiske forbundsbaner (SBB) i området Zug - Luzern som T-bane, så vel som på Wiesentalbahn (region Basel) i Tyskland under ledelse av SBB. Det er bestilt flere slike motorvogn fra SBB og blir brukt på sidestrekninger i regional trafikk. Disse motorvognene har hevdet seg til nå - man kvittet seg med barnesykdommer for kort tid siden.

Etter videre avklaringer består kanskje muligheten, hvis det forelå en bestilling med et tilstrekkelig antall, at man kunne bygge slike motorvogner på lisens i den norske industrien, dvs. nesten som det ble gjennomført den gang med lokomotivene fra byggeserien El.18. El.18 er også et sveitsisk produkt og er i henhold til Re460 fra SBB.

Fordelen av motorvogn som allerede er i bruk er:

- Ingen nyutviklinger er nødvendig mer, dvs. kostnadsbesparende
- Man kan gripe tilbake til erfaringer
- Såkalte "barnesykdommer" er stort sett fjernet
- Prøvekjøringer i Norge kan kanskje være mulig ved å låne.

Nedenfor skal disse motorvognene presenteres mer nøye.

NSB - lokomotiv EI.18 i drift (SBB Re 460)



Lokomotiv EI 18.2244 i Dombås
avgangsklar med hurtigtog til Oslo.
20.07.2004



Lokomotiv EI 18.2244 i Dombås
avgangsklar med hurtigtog til Oslo.
20.07.2004



Lokomotiv EI 18.2248 i Trondheim
21.07.2004

Bilder:
Hans Bodmer, Schlottenbuelstrasse 9b, CH-8625 Gossau / ZH (Sveits)
Feil! Fant ikke referansekilden. +41 44 936 18 30

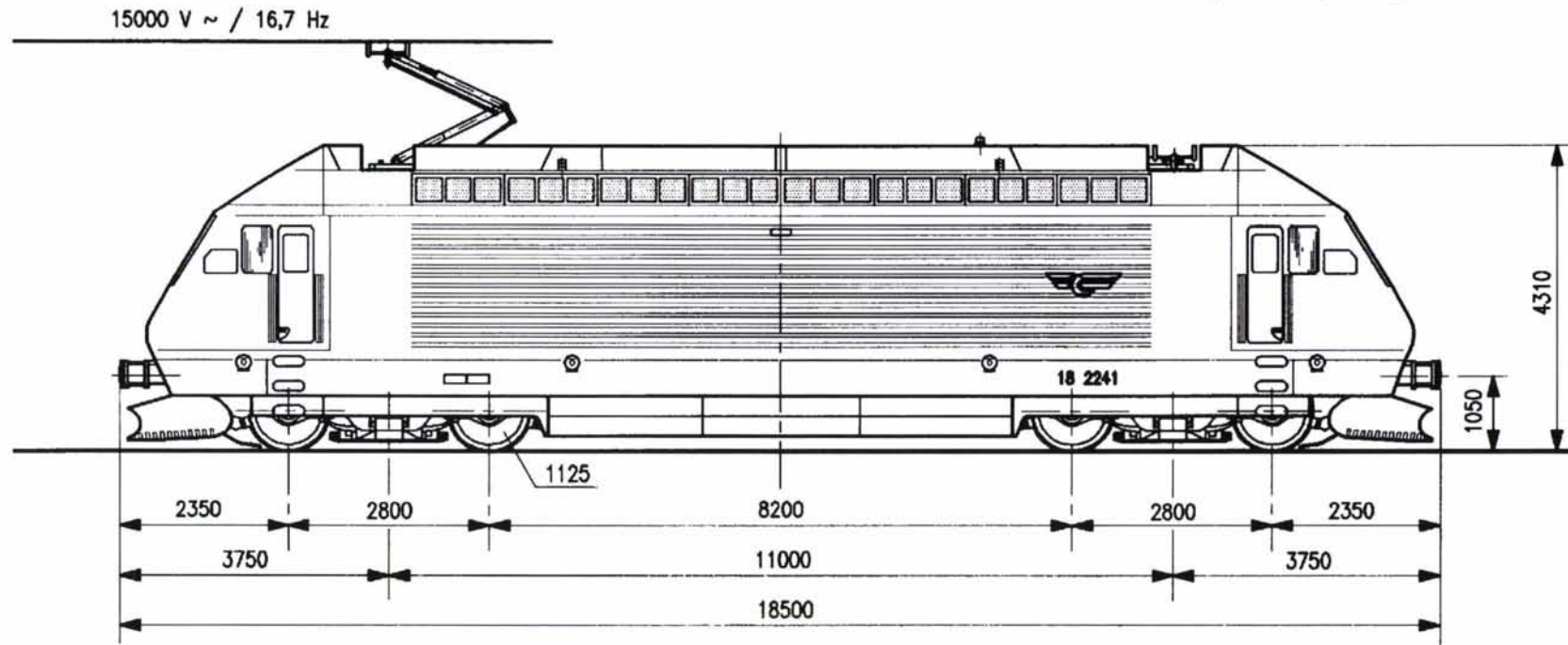


Norges Statsbaner NSB
Lokomotive EI 18 Nr. 2241 – 2262

SBB: Lokomotive 2000 – Re460

Achsfolge	Bo' Bo'
Triebraddurchmesser	1125 mm
Anzahl Fahrmotoren	4
Dienstgewicht	85.2 t
Achslast	21.3 t
Dauerleistung	5400 kW
Maximale Geschwindigkeit	200 km/h
Baujahr	1996 – 1997
Anzahl Lokomotiven	22
Lieferfirmen mech. Teil	SLM
Lieferfirmen elektr. Teil	ADtranz

SLM: Schweizerische Lokomotivfabrik Winterthur, Schweiz
ADtranz: ABB Daimler Benz Transportation (Norway) AS, Strommen



Drift av lokomotiver av byggeserien Rc til SJ (green cargo)



Direkte godstog fra Sverige kan slik føres via Meråkerbanen direkte til Skogn uten bytte av lokomotiv.



Ståltog med tre lokomotiver av byggeserien Rc til SJ



NINA – Motorvogn til BLS – Lötschbergbahn AG



Lavgulv ombordstigning, brede og godt synlige dører samt oversiktlig interiør:
De 36 **NINA-komposisjoner** til BLSene er generøse, komfortable og utrustet for
handikappede.

Sammenstilt til en prosjektundersøkelse i Norge:

Hans Bodmer, Schlottenbuelstrasse 9b, CH-8625 Gossau / ZH

☎ +41 44 936 18 30

08.11.2005

Modernisering og ytelsesøkning Trønder- og Meråkerbanen

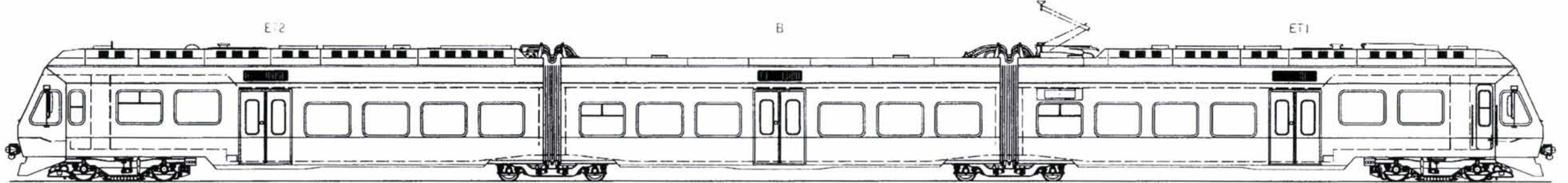
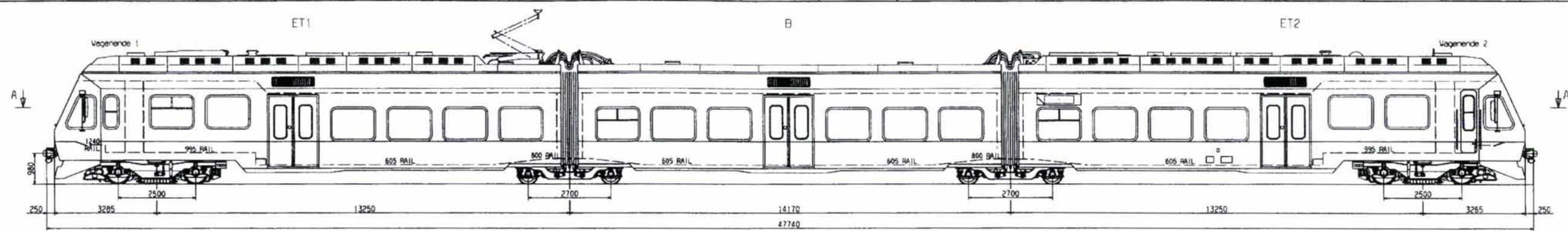
Rullende materiell (motorvognsett)

- Evaluering og forslag til mulige motorvognsett

Tekniske data til FLIRT - motorvognsett 4-delt

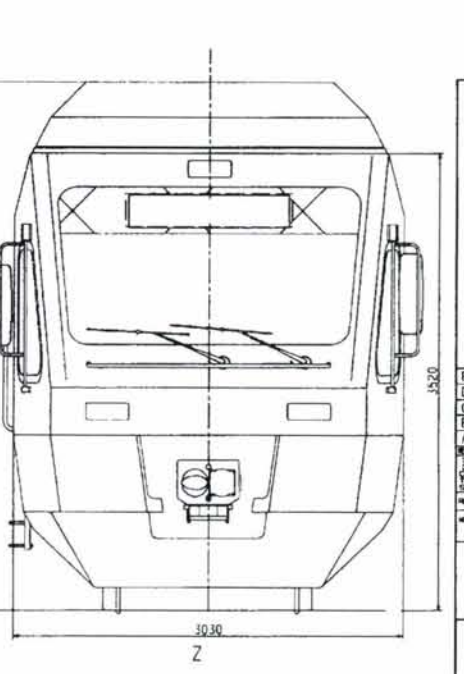
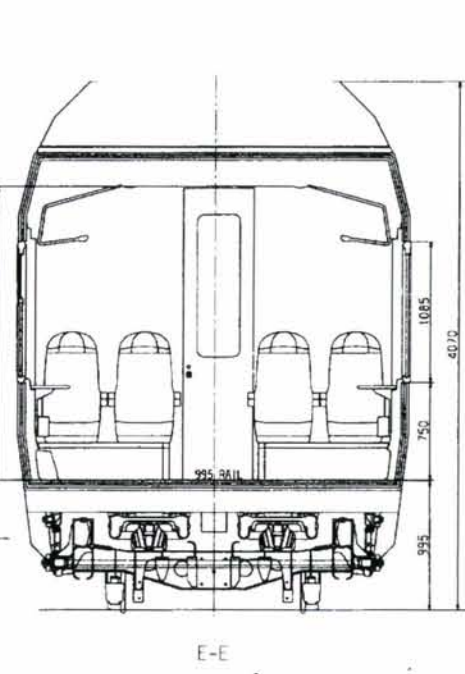
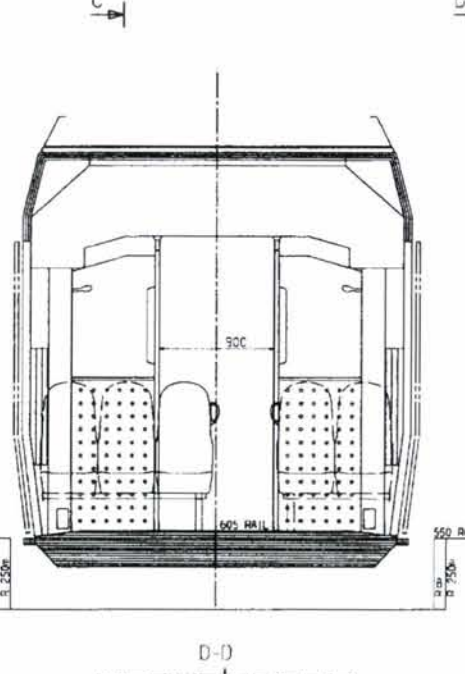
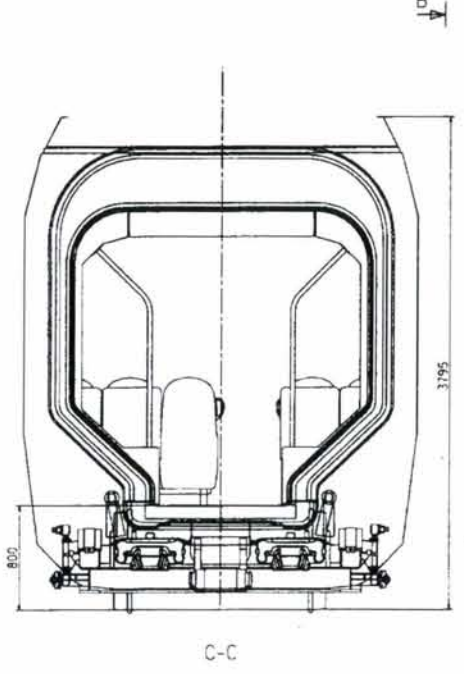
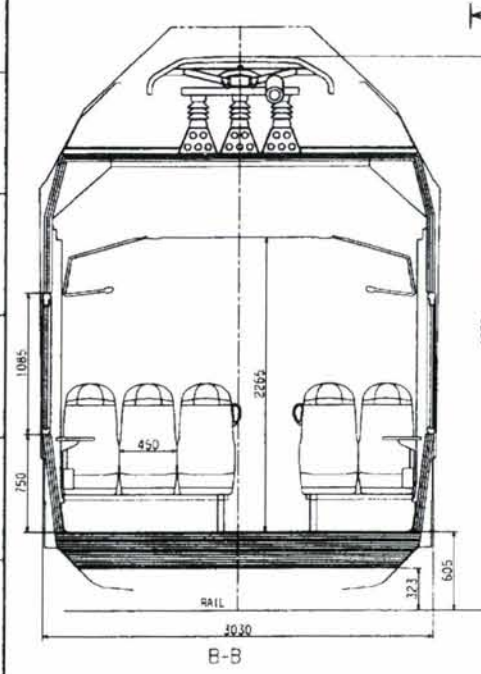
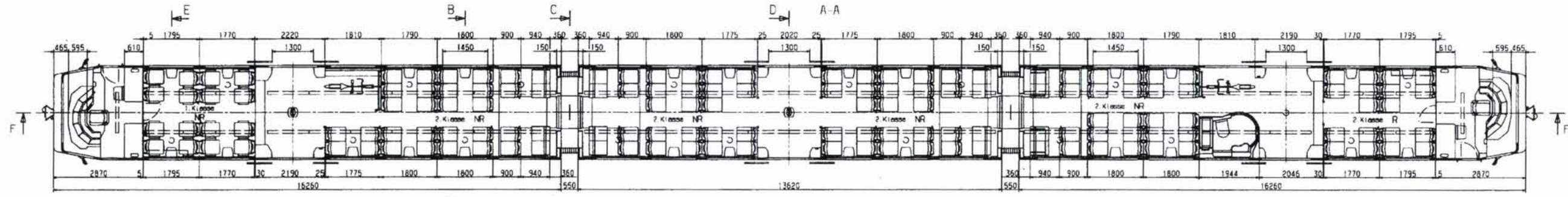
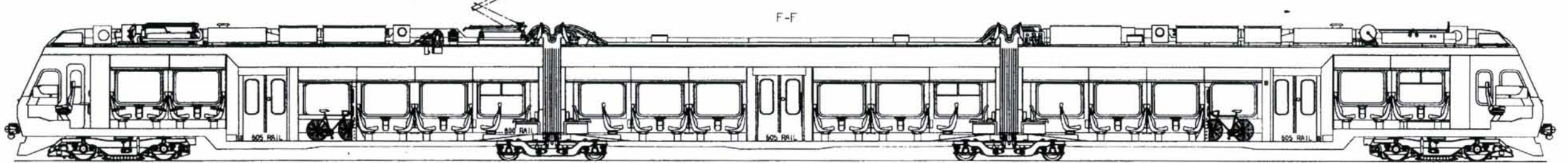
Beskrivelse	flink, lett, innovativt, regionaltog (tysk: Flinker, Leichter, Innovativer Regional - Triebzug)
Byggserie (BLS)	RABe 523 / 521
Typebeskrivelse	RABe ⁴ / ₁₀
Byggeår	2004, 2005 osv.
Sporbredde	1435 mm
Strømsystem	Enfas vekselstrøm
Spenning	15 000 Volt
Frekvens	16,7 Hertz
Topp hastighet	160 km/t
Hjulsettfølge	Bo'2'2'2'Bo'
Sitteplasser 1. og 2. Klasse	158
Klappseter	11
Sitteplasskapasitet	169 pers.
Ståplasser (4 pers. / m ²)	301 pers.
Totalkapasitet	459 pers.
Lengde over kuppelnivå	74 076 mm
Vognboksbredde	2880 mm
Påstigningshøyde over SOK (skinneoverkanten)	570 mm
Gulvhøyde høygulv	1120 mm
Høyde av koblingsmidten over SOK	1040 mm
Motordrivverk akselposisjon	2700 mm
Hjuldiameter ny	860 mm
Hjuldiameter slitt	800 mm
Løpedrivverk akselposisjon	2700 mm
Hjuldiameter ny	750 mm
Hjuldiameter slitt	690 mm
Tomvekt	120 t
Maksimal ytelse ved hjulet	2600 kW
Maksimal fremkjøringskraft	200 kN
Varme, ventilasjon, klimatisering	
Passasjerkupé	Varme og ventilasjon
Førerrom	Klimatisering
Inngangsdører	8 (2 per enhet)
Vognkasse	Lettbygg i aluminium
WC	Tilpasset handikappede

SOK = skinneoverkant



N° assiéger
 Change ... lors (11/18)
 Change ... 2/3 d'oct (11/18)
 Change max/min (11/18)

1	2	3	4	5	6	7	8
12.27/15.29	12.07/15.04	8.55/10.84	8.55/10.84	8.55/10.84	8.55/10.84	10.47/13.03	10.67/13.28
13.37/14.24	13.17/14.03	10.96/11.74	10.96/11.74	10.96/11.72	10.96/11.72	11.58/12.5	11.78/12.51
13.97/13.84	13.77/13.83	12.18/12.1	12.18/12.1	12.15/12.07	12.15/12.07	12.98/12	12.28/12.2



WERKVERTRAG ANHANG 1

Caractéristiques :

Capacité : Anzhl Sitzplätze 1 Klasse	16
Anzhl Sitzplätze 2 Klasse	132
Total Sitzplätze	148
Stehstz	4
Anzhl Stehplätze (4 Pers/m²)	150
Anzhl Personen total	298
Anzhl Mehrzweckflächen	2

Masse :

Leergewicht	(t)	79,8 +3%
Bruttogewicht alle Sitze besetzt	(t)	90,1
Bruttogewicht mit 298 Personen	(t)	100,6

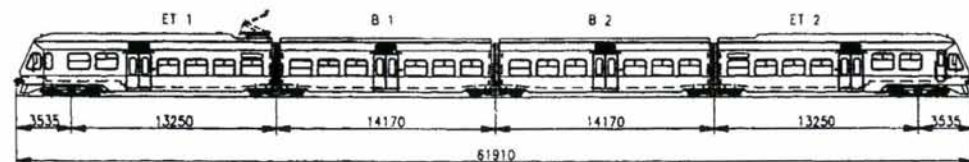
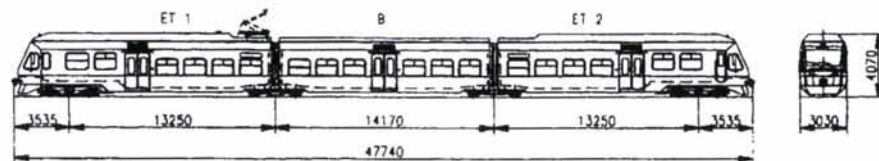
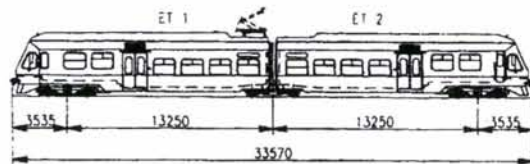
E MISE A JOUR NINA IV	08 09 03	DUM	DUM	DAL
G AJOUTE NOMBRE DE PLACES ISCHIATIQUES	30 01 02	DUM	DUM	DAL
C A AJOUTE LES CHARGES PAR ESSEU	29 03 01	NIT	NIT	DTE
B MISE A JOUR	31 05 01	NIT	DJ	DJ
A Changé valeur des masses	28 08 00	NIT	DAL	DAL

REPLACE PAR A	REPLACE B	PROJET DE A
APPREUVE PAR :	DATE :	PROJET DE :
1 50/1 20	25 05 00	BUM
	28 05 00	SIM
	28 05 00	DAL
		NON

BLS-NINA IV
 TYPENBILD RABe 4/8 MIT BEHIND VC

BOMBARDIER TRANSPORT

PROJET 1/1
 901.3330300.303



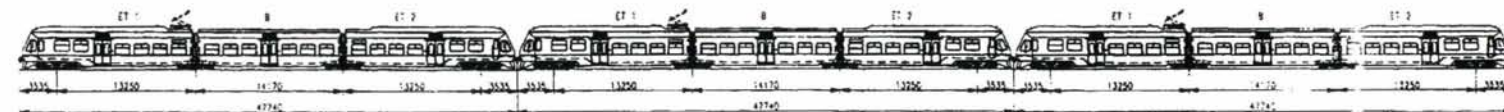
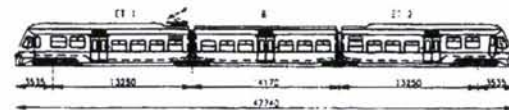
Flexibles Konzept

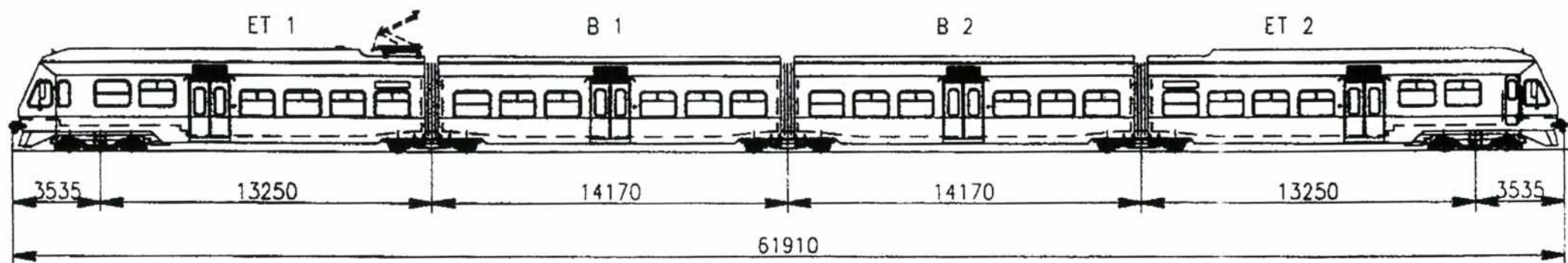
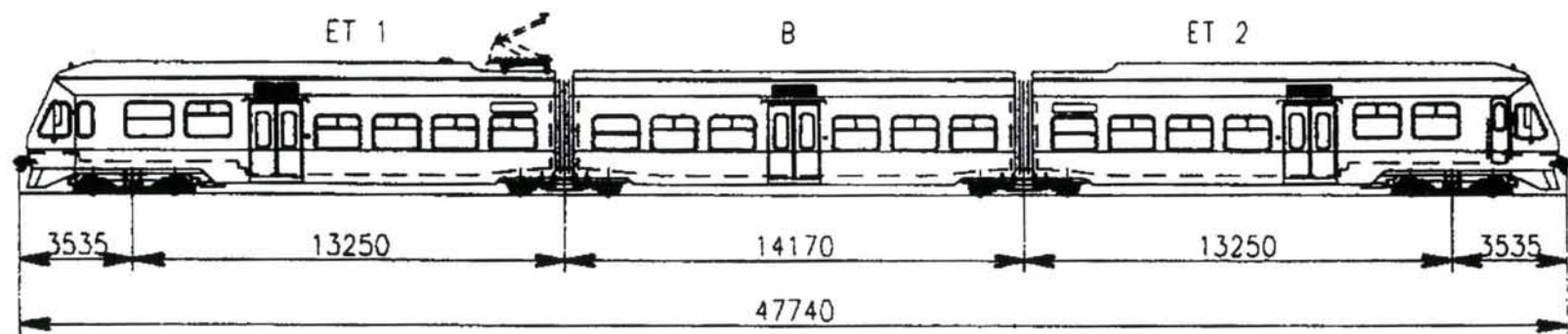
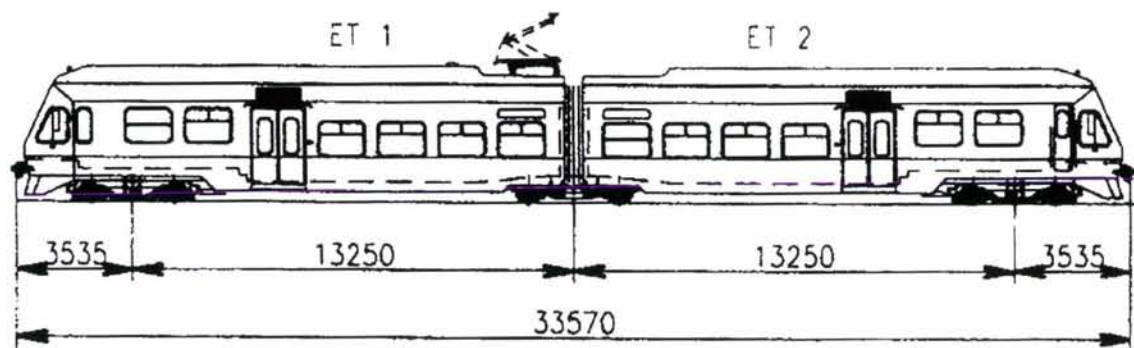
Konzeptionelle Flexibilität

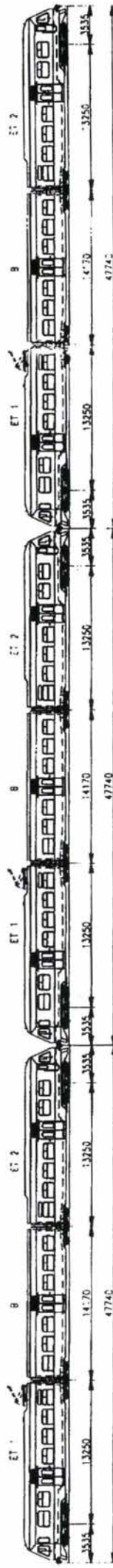
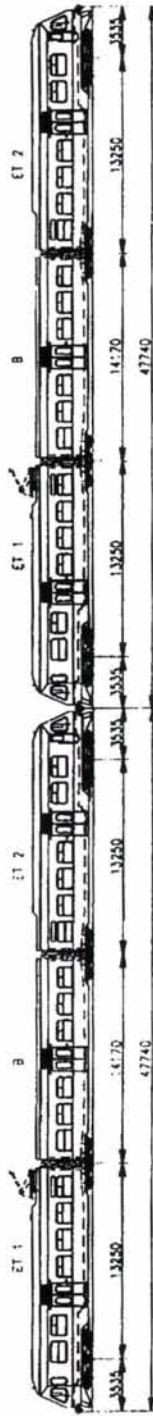
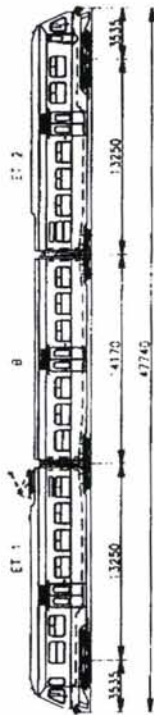
Zugteile	Sitzplätze	Stehplätze	Gesamtlänge
2	92	100	33,57 m
3	148	150	47,74 m
4	202	190	61,91 m
5	256	230	76,08 m

Betriebliche Flexibilität

NINA-Einheiten	Sitzplätze	Stehplätze	Gesamtlänge
1	148	150	47,74 m
2	296	300	95,48 m
3	444	450	143,22 m
4	592	600	190,96 m







NINA - motorvognsett i drift ved BLS - Lötschbergbanen på strekningen Bern - Neuchâtel



Kerzers; 16.11.2005



Bilder:

Hans Bodmer, Schlottenbuelstrasse 9b, CH-8625 Gossau / ZH (Sveits)

☎ +41 44 936 18 30

NINA - motorvognsett; interiør



Bern - BLS-depot Aebimatt; 16.11.2005



Passasjerkupe 2. klasse

Bilder:

Hans Bodmer, Schlottenbuelstrasse 9b, CH-8625 Gossau / ZH (Sveits)

☎ +41 44 936 18 30

NINA - motorvognsett; førerplass og interiør



Bern - BLS-depot Aebimatt; 16.11.2005



Bilder:

Hans Bodmer, Schlottenbuelstrasse 9b, CH-8625 Gossau / ZH (Sveits)

☎ +41 44 936 18 30

NINA - motorvognsett; WC tilpasset handikappede, vedlikehold



Bern - BLS-depot Aebimatt; 16.11.2005



Vedlikehold ved NINA-motorvognsett i Bern; depot Aebimatt

Bilder:
Hans Bodmer, Schlottenbuelstrasse 9b, CH-8625 Gossau / ZH (Sveits)
☎ +41 44 936 18 30

NINA - motorvognsett i drift hos BLS - Lötschbergbanen; vedlikehold i depot - Aebimatt i Bern



Takpartier; Depot Bern - Aebimatt; 16.11.2005



Die Niederflur-Nahverkehrs- Pendelzüge RABe 525 „NINA“ der BLS, TMR und TRN



Die Niederflur-Nahverkehrs-Pendelzüge RABe 525 „NINA“ der BLS, TMR und TRN

Josef Stöckli
Leiter Werkstätten
BLS Lötschbergbahn AG

Hans Vorburger
Directeur Vevey Technologie SA
Pierre Guignard, dipl. Ing.

Ausgangslage

Die BLS Lötschbergbahn bereitet sich auf den Aufbau der S-Bahn Bern vor. In der Basisvereinbarung zwischen SBB und BLS vom 15. Mai 2001 wird der BLS die Systemverantwortung und Marktkoordination der S-Bahn zuerkannt. Wichtigstes Produktionsmittel sind die Fahrzeuge. Auf der Basis kundenspezifischer sowie betriebswirtschaftlicher Aspekte wird an der Flottenpflege und -erneuerung gearbeitet. Zur Abdeckung des geplanten Transportvolumens werden zusätzlich zu den 22 RBDDe-565-Pendelzügen der achtziger Jahre bis zum November 2004 32 Niederflur-Nahverkehrsfahrzeuge, genannt NINA, in Betrieb genommen. Diese Flotte ermöglicht das Leisten der geforderten 26 000 Fahrzeug-Transportkilometer pro Tag.

Erste Serie NINA für die BLS

Zu Beginn der neunziger Jahre zeichnete sich bei der BLS das Bedürfnis zur Beschaffung von neuem Rollmaterial für den Regionalverkehr ab. Dabei ging es darum, die aus den fünfziger Jahren stammenden Fahrzeuge abzulösen, deren weiterer Einsatz aus kundendienstlicher, betriebswirtschaftlicher und technischer Sicht nicht mehr angezeigt war. Im Hinblick auf den 8. Rahmenkredit des Bundes und der Kantone wurde ein Bedarf von acht Niederflur-Nahverkehrs-Pendelzügen (NINA) zur Ergänzung der bestehenden RBDDe-565-Flotte angemeldet.

Bei der Beschaffung dieser neuen Fahrzeuggeneration wollte die BLS die Kundenbedürfnisse vor die technisch und betrieblich optimierten Lösungen stellen. Mit einem bequemen, tiefen Einstieg und einer transparenten, das Sicherheitsgefühl verstärkenden Innenraumgestaltung sollte die Attraktivität des öffentlichen Verkehrs im Regional- und Agglomerationsbereich markant verbessert werden.

Nach einer Ausschreibung erhielt das Konsortium von Vevey Technologies, Villeneuve, und Bombardier-Talbot, Aachen, (beide heute Bombardier Transportation) sowie Traxis (vormals Holec, Ridderkerk NL, heute Alstom Traxis) am 28. Juni 1996 den Zuschlag. Die ersten Fahrzeuge wurden Ende 1998 geliefert. Ohne grössere Probleme konnte die neue Flotte rasch in Betrieb genommen werden. Seit dem Fahrplanwechsel vom 30. Mai 1999 werden alle NINA der ersten Serie im Regelverkehr eingesetzt.

Bisherige Betriebserfahrungen

Die Fahrzeuge sind bei den Kunden sehr beliebt. Speziell der breite Niederflureinstieg

mit der grossen, niedrigen Einstiegsplattform, der ungehinderte Blick durch den ganzen Zug und das schlichte, aber einladende Design werden von den Fahrgästen geschätzt. Mit der Sitzplatzanordnung von 2+3 Sitzen nebeneinander kann auch in Spitzenzeiten vielen Fahrgästen ein Sitzplatz angeboten werden.

Auch aus betrieblicher Sicht hat sich das Konzept der NINA bewährt. Mit dem automatischen Kuppeln und Trennen vorn besetzten Führerraum aus werden der Betriebsablauf beschleunigt und die Flexibilität erhöht. Diese Vorteile dürfen nicht unterschätzt werden, da die Nachfrage im Tagesablauf stark schwankt und den Einsatz von einer, zwei oder gar drei Einheiten erfordert.

Beim NINA werden weitgehend Komponenten eingesetzt, die sich bei anderen Bahnen betrieblich bewährt haben. Durch den grossen Niederfluranteil und die damit erzwungene Verlagerung der Hauptapparate auf das Dach ändert sich der Unterhalt der Fahrzeuge grundsätzlich. Vermehrt werden defekte oder aufzuarbeitende Teile ausgetauscht. Dadurch und durch eine sinnvolle Anpassung der Infrastruktur in den Unterhaltswerkstätten konnte der Unterhaltsaufwand optimiert werden. Er ist nicht zuletzt aufgrund des neuen Konzeptes um rund ein Drittel niedriger als beim bisherigen Rollmaterial.

Fazit aus den bisherigen Erfahrungen

Das ursprüngliche Ziel, aus bewährten Komponenten anderer Fahrzeuge ein komplett neues Fahrzeugkonzept mit grossem Niederfluranteil zusammenzustellen, konnte erreicht werden. Durch die hohe Priorisierung der für den Fahrgast wichtigen Faktoren bei der Benützung eines öffentlichen Verkehrsmittels konnte die Attraktivität markant gesteigert werden. Die NINA sind heute bei den Fahrgästen beliebt und aus dem Raum Bern nicht mehr wegzudenken. Aus der Sicht des Betreibers spielt nebst den erwähnten Komfortmerkmalen die Sicherheit eine entscheidende Rolle. Alle gewählten Komponenten, speziell der Wagenkasten in Stahl, erfüllen diese Forderungen.

Ziele

Ein Aufsatz über die erste Serie der NINA ist in [6] erschienen. Mit dem vorliegenden Artikel wird nicht bezweckt, die dortigen Ausführungen zu wiederholen. Vielmehr soll aufgezeigt werden, wie sich zwischen den ersten konzeptionellen Abklärungen zu Beginn der neunziger Jahre und heute das Einsatzkonzept und die Marktanforderungen verän-

dert haben, und wie diese mit den NINA auch unter diesen veränderten Bedingungen zeitgerecht erfüllt werden können.

Um dies auszuführen, gliedert sich der vorliegende Beitrag in folgende Abschnitte:

- Einsatzgebiete und Marktanforderungen. In der Basisvereinbarung zwischen SBB und BLS vom 15. Mai 2001 wurden die sich überschneidenden Aufgaben von SBB und BLS im Raum Bern – Wallis bereinigt und eine neue Zuordnung vorgenommen. Die BLS übernimmt die Systemverantwortung und die Marktkoordination der gesamten S-Bahn Bern. Aus der Sicht des Rollmaterials haben sich damit sowohl die Einsatzgebiete als auch die Marktanforderungen verändert.

- Das Fahrzeugkonzept. Schon bei der Festlegung des Fahrzeugkonzeptes der NINA war man sich bewusst, dass in Zukunft neue, zum Zeitpunkt der Entwicklung unbekannt und noch nicht vorhersehbare Anforderungen auf die Fahrzeuge zukommen werden. Aus dieser Sicht war es wichtig, das Konzept flexibel zu gestalten, damit künftige Anforderungen möglichst kostengünstig realisiert werden können.

- Die Sicht der Fahrgäste. Die Erkenntnis, dass nur attraktive, kundenorientierte Angebotskonzepte erfolgreich sein können, ist inzwischen hinlänglich bekannt. Die Frage aber, welche konkreten Aspekte über den Erfolg oder Misserfolg eines Fahrzeugsystems entscheiden, kann nicht abschliessend beantwortet werden. Diesem Fragekomplex soll hier nachgegangen werden.

- Die Sicht des Betreibers. Die Grundanforderungen der Betreiber an ein neues Fahrzeugkonzept haben sich in den letzten 20 Jahren zwar nicht stark verändert, doch mussten sie sich beim NINA den marktorientierten Kundenanforderungen unterordnen. Waren jene früher die dominanten Vorgaben, die in umfangreichen Pflichtenheften ihren Niederschlag fanden und den Freiheitsgrad bei den Fahrzeugentwicklungen massiv einschränkten, gilt es heute, alle Aspekte als Gesamtheit zu betrachten, zu optimieren und vermehrt die Life Cycle Costs (LCC) zu beachten.

- Anforderungen an die Folgeserien, Einsatz bei drei Bahnen. Veränderte Kundenbedürfnisse und Kundengewohnheiten, Erfahrungen im Betrieb und Unterhalt, technische Entwicklungen und neue Einsatzkonzepte und Marktanforderungen führen von Serie zu Serie zu gewissen Anpassungen an den Fahrzeugen.

Die NINA werden künftig verstärkt im Bereich der S-Bahn Bern verkehren. Anderer-

teits haben sich mit den Transports Martigny (TMR) und den Transports Régionaux Neuchâtelois (TRN) zwei Betreiber für die NINA entschieden, deren Einsatzgebiet sich stark von einem zentrumsorientierten S-Bahn-Betrieb unterscheidet und deren Bedürfnisse mit den NINA trotzdem optimal abgedeckt werden können.

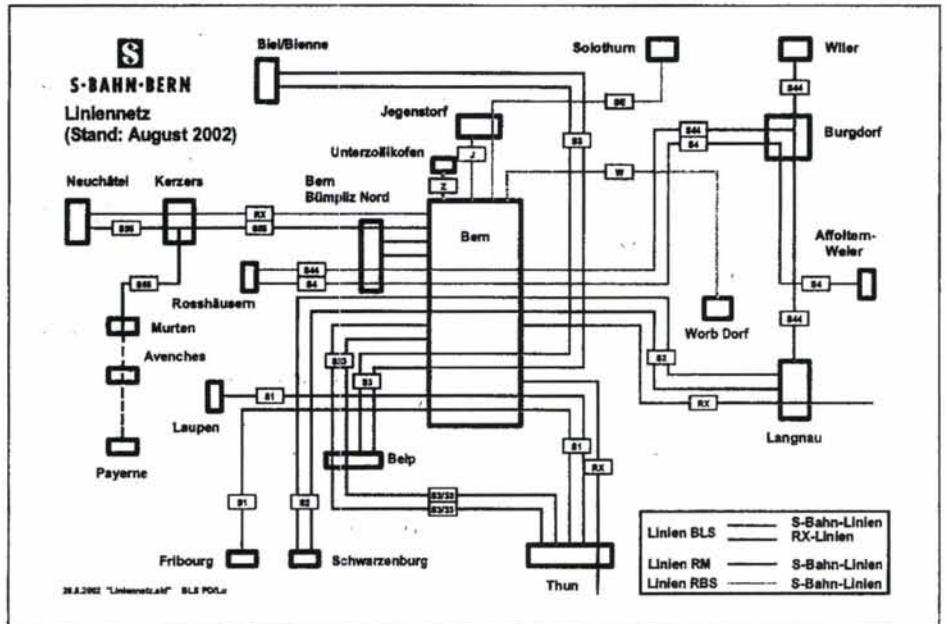
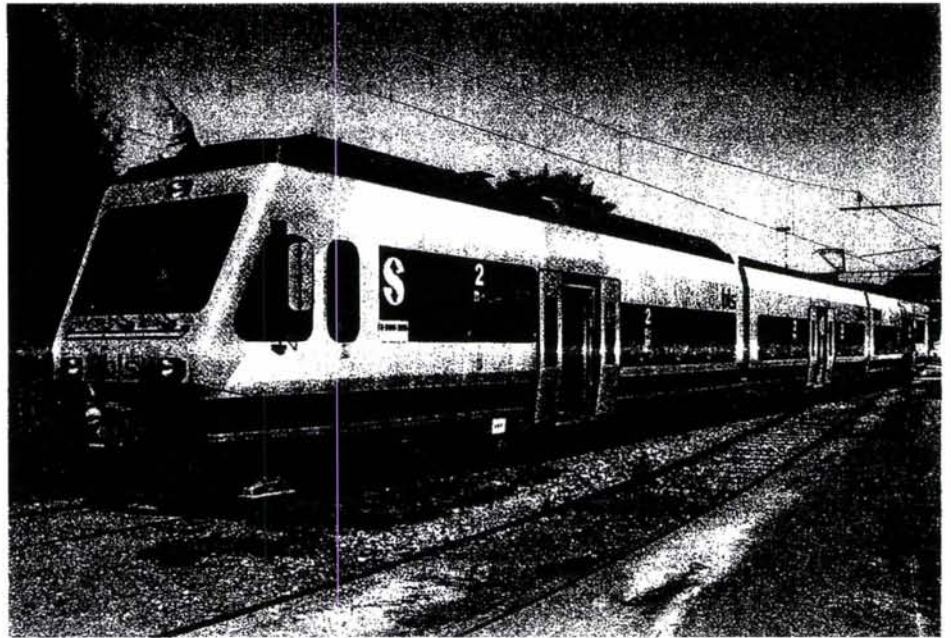
Einsatzgebiete und Marktanforderungen

S-Bahn Bern

Die bisherige Aufteilung der Normalspurlinien im Raum Bern zwischen den Schweizerischen Bundesbahnen (SBB), der BLS Lötschbergbahn und dem Regionalverkehr Mittelland (RM) ist historisch gewachsen. Das wirtschaftliche, politische und rechtliche Umfeld hat sich in den vergangenen Jahren bedeutend verändert. Um im europäischen Schienenverkehr bestehen zu können, haben sich im August 2000 BLS und SBB auf eine neue Aufgabenteilung geeinigt und am 15. Mai 2001 eine Basisvereinbarung unterzeichnet, die mit einer klaren Abgrenzung von Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten Doppelspurigkeiten abbauen soll. Die Zusammenarbeit wird dort vertieft, wo sich erhebliche Synergien ergeben. Damit lassen sich die Dienstleistungsqualität, Wirtschaftlichkeit und Konkurrenzfähigkeit verbessern.

Die Basisvereinbarung sieht vor, dass die BLS die S-Bahn-Linien der SBB im Raum Bern übernimmt. Umgekehrt gehen die Inter-city-Züge von Bern nach Interlaken und Brig in die Verantwortung der SBB über. Der grosse Erfolg der S-Bahn in Zürich, positive Kundenreaktionen auf neue, attraktive Angebote bei anderen Bahnen und der zunehmende individuelle Autopendlerverkehr liessen den Wunsch wachsen, mit einem Quantensprung die Attraktivität des Agglomerationsverkehrs im Raum Bern mit der Einführung der S-Bahn Bern unter der Systemverantwortung und Marktkoordination der BLS zu erhöhen. Dieser Schritt erfolgt auf den Fahrplanwechsel vom 12. Dezember 2004. Ab diesem Zeitpunkt betreibt die BLS zusammen mit dem RM sämtliche S-Bahn-Linien sowie die RX-Linie Bern – Langnau – Luzern. Dazu kommt nach der Inbetriebnahme des Lötschberg-Basistunnels die neue RX-Linie (Bern –) Spiez – Kandersteg – Brig.

Derzeit wird intensiv an der neuen S-Bahn Bern gearbeitet. Der Fahrplan liegt im Entwurf vor. Die Übernahme der SBB-Linien führt dazu, dass sich die Zugkilometerleistung der BLS im S-Bahn-Verkehr mehr als verdoppelt. Mit dem vorhandenen Rollmaterial der BLS kann dieses Wachstum nicht be-



Oben: NINA mit gut erkennbarem Niederflureinstieg (Foto: Bombardier).

Mitte: Liniennetz S-Bahn Bern mit Angebot des Jahres 2005, Planungsstand Mitte 2002 (Zeichnung: BLS).

Unten: NINA 321 der TRN in Neuchâtel (Foto: E. Suter, 2. Oktober 2002).



Einstieg an einer Haltestelle mit Perron von 40 cm Höhe (Foto: Bombardier).

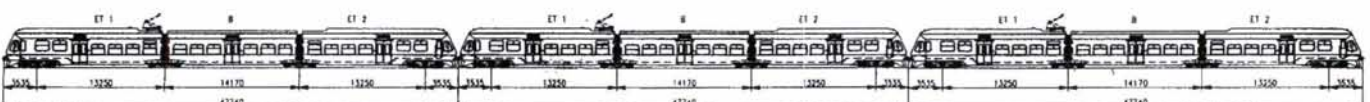
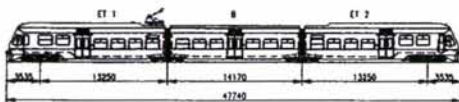
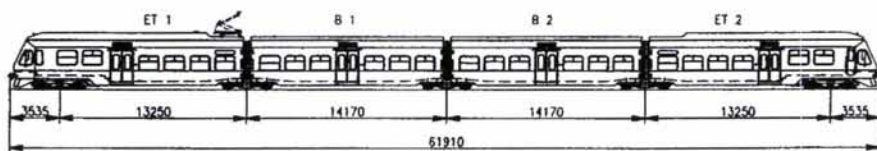
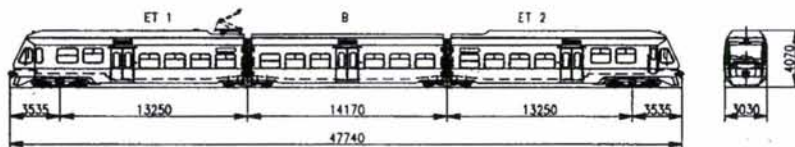
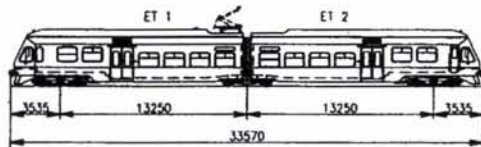
wältigt werden. Geprüft wurde die Übernahme von Nahverkehrspendelzügen (NPZ) der SBB. Diese weisen jedoch – wie die auch weiterhin auf den S-Bahn-Linien eingesetzten Pendelzüge RBDe 565 der BLS und RBDe 566 des RM eine grosse Wagenbodenhöhe und ungünstige Einstiegsverhältnisse auf. Es wurde deshalb entschieden, das Zusatzvolumen der BLS mit neuen NINA anzubieten.

Im Zusammenhang mit der Übernahme der Systemverantwortung und Marktcoordination der S-Bahn Bern durch die BLS und dem angestrebten Qualitätssprung des Agglomerationsverkehrs wurden Projekte gestartet, die eine signifikante Erhöhung der Attraktivität des Angebotes bezwecken:

– **Bequemer Einstieg.** Das Netz der S-Bahn Bern weist einen unterschiedlichen Ausbaustand auf. Es gibt einige Haltestellen mit einer Perronhöhe von 55 cm über Schienenoberkante. Dieses Mass gilt bei den SBB und auch bei der BLS für Haltestellen in der Geraden als Leitschnur bei künftigen Umbauten. Die meisten Haltestellen des S-Bahn-Netzes weisen jedoch eine geringere Perronhöhe auf. Die Merkmale eines bequemen Einstiegs be-

schränken sich aber nicht nur auf den Höhenunterschied zwischen Perron und Einstiegskante. Aspekte wie die Breite der Einstiegstür und Grösse des Spaltes zwischen dem Perron und dem Einstieg spielen ebenso eine Rolle. Insbesondere das letztgenannte Problem kann bei Haltestellen in Kurven auch mit neuem Niederflur-Rollmaterial kaum kompensiert werden, da der Spalt von der Geometrie der Haltestelle und des Fahrzeuges abhängt (Kurvradius im Haltestellenbereich, Gleislage, Türverteilung).

– **Geschlossenes WC-System.** Bei der Festlegung des Basiskonzeptes der NINA wurde im Hinblick auf die relativ kurzen Fahrzeiten auf den Einbau eines WC verzichtet. Dadurch hoffte man, den Aufwand für die Reinigung und für das alle drei Tage nötige Leeren des Fäkalientanks umgehen zu können. Die Fahrgastreaktionen zeigten jedoch klar, dass ein WC in einem S-Bahn-Zug ein echtes Kundenbedürfnis darstellt. Die BLS lässt deshalb ab der zweiten Serie ein behindertenfreundliches, geschlossenes WC einbauen und rüstet die acht Fahrzeuge der ersten Serie nach.



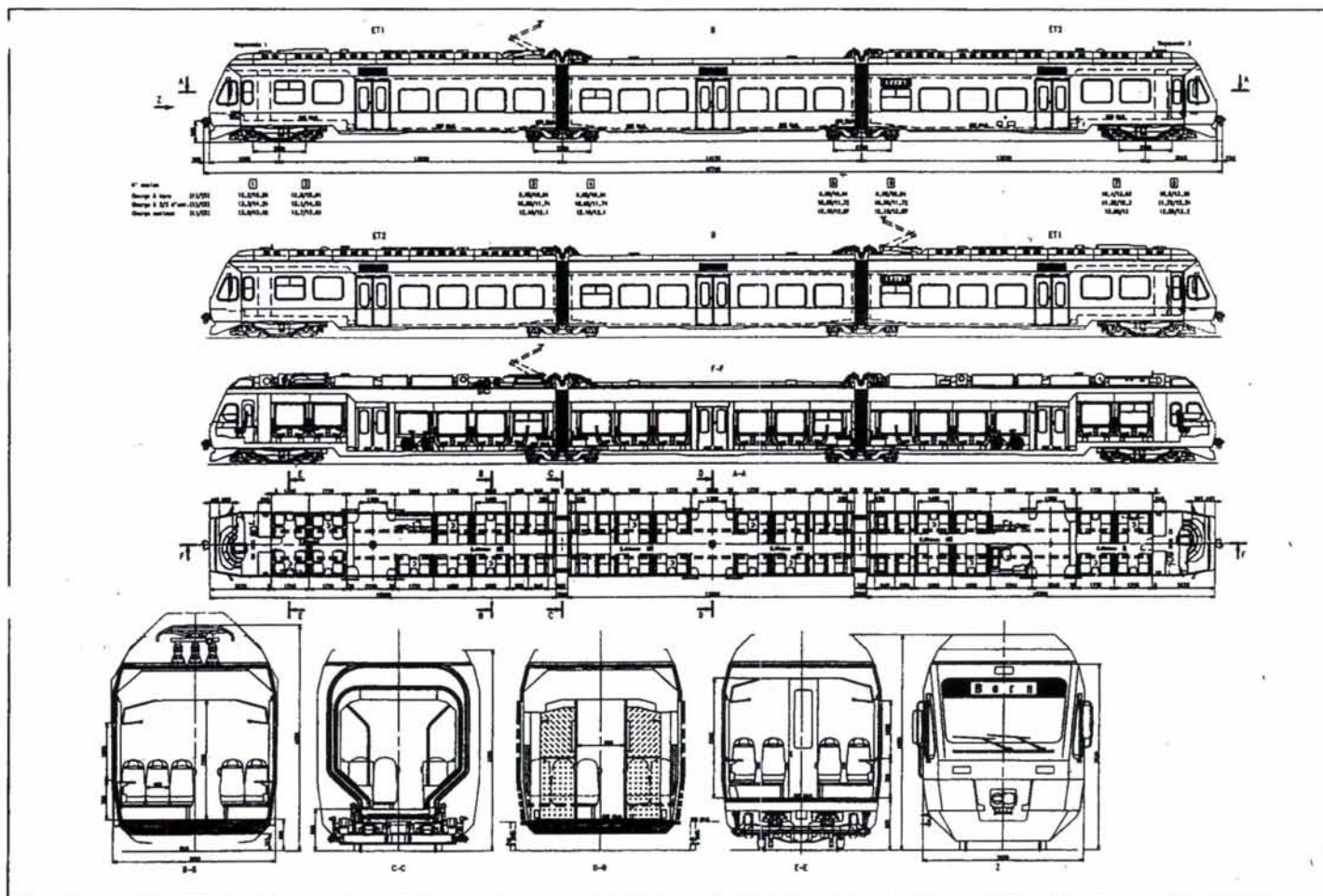
Flexibles Konzept

Konzeptionelle Flexibilität

Zugteile	Sitzplätze	Stehplätze	Gesamtlänge
2	92	108	33,57 m
3	148	150	47,74 m
4	202	192	61,91 m
5	256	234	76,08 m

Betriebliche Flexibilität

NINA-Einheiten	Sitzplätze	Stehplätze	Gesamtlänge
1	148	150	47,74 m
2	296	300	95,48 m
3	444	450	143,22 m
4	592	600	190,96 m



Typenbild NINA (Zeichnung: Bombardier).

Erhöhung der Attraktivität durch Design und Sauberkeit

Nur mit attraktivem Rollmaterial zieht es Passagiere zum öffentlichen Verkehr. Mit einem neuen Corporate Design will die BLS dieses Anliegen erfüllen. Die NINA der ersten Serie wurden bereits auf der Expo.02 hin aussen neu lackiert. Sukzessive wird auch der Rest der Flotte nachgerüstet.

Ein grosses Problem für die Bahnen bildet der zunehmende Vandalismus, und zwar innen wie aussen. Mit einer gemeinsamen Strategie und mit gemeinsamen Aktionen von SBB, BLS und RM wird versucht, diesem sich ausbreitenden Übel Herr zu werden oder zumindest dessen Ausbreitung zu begrenzen. Wissenschaftlich erhaltene Erfahrungen zeigen, dass saubere, ansprechend gestaltete Fahrzeug-Interieurs die Hemmschwelle für Vandalenakte erhöhen. Deshalb werden besprayed Fahrzeuge konsequent aus dem Verkehr gezogen und gereinigt, damit kein Sprayer sein „Werk“ im Einsatz sehen kann.

Mit der BLS-internen Aktion „Projekt 3 S – Sicherheit, Sauberkeit und Service“ werden weitere Aktivitäten festgelegt, um die Attraktivität der S-Bahn weiter zu erhöhen.

Fahrgastinformation

Die zunehmenden technischen Möglichkeiten erlauben es, die Fahrgäste an den Sta-

tionen und im Zug gezielt mit aktuellen akustischen und visuellen Informationen zu beliefern. Die Fahrgastinformation geht also weit über die Anzeige der Liniennummer, der Endhaltestelle und der Ansage der nächsten Haltestelle hinaus. Die diesbezügliche Entwicklung ist erst im Aufbau begriffen. Marktsseitig wird eine zweckdienliche Versorgung mit den benötigten Informationen gefordert.

Behindertentaugliche S-Bahn

Das in Vorbereitung befindliche Bundesgesetz über die Beseitigung von Benachteiligungen behinderter Menschen (BehiG) sieht vor, dass Menschen mit einer Behinderung ungehinderter Zugang zur Bahn gewährt wird. Die konkreten Auswirkungen dieses Bundesgesetzes sowie der zugehörigen Verordnung und Ausführungsbestimmungen auf die Bahnen sind erst in den Grundzügen bekannt. Für die S-Bahn Bern und für die neuen NINA-Serien möchte man aber die Verabschiedung des Gesetzeswerkes nicht abwarten, sondern möglichst rasch diejenigen Massnahmen umsetzen, die mit reellem Aufwand und ohne Konzeptänderungen umgesetzt werden können. Dies betrifft Bereiche wie Anordnung von Haltestangen, Informationssystemen oder farblichen Gestaltungen. Zur Umsetzung wird der enge Kontakt zur Schweizerischen Fachstelle Behinderte und öffentlicher Verkehr (BoeV) gepflegt.

Fahrzeugkonzept

Grundsätzliches

Wie bereits erwähnt, wurde einer transparenten, das Sicherheitsgefühl verstärkenden

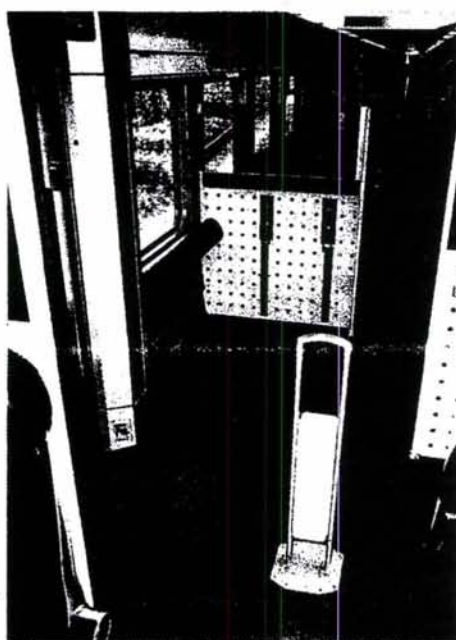
Gestaltung des Fahrzeugkonzeptes grosse Bedeutung beigemessen. Ein dreiteiliges Fahrzeug, das sich aus Segmenten zusammensetzt, die über zwei Jakobs-Drehgestelle miteinander verbunden sind, erlaubt einen Durchblick und den Durchgang durch den ganzen Zug. Beides wird von den Fahrgästen speziell in den Randstunden geschätzt, hat aber auch Auswirkungen auf Fahrgäste, deren Drang zu Aggressionen und Beschädigungen auf diese Weise merklich reduziert wird.

Bisher galt bei Fahrzeugen der Übergang beim Gelenk als Schwachstelle wegen der Relativbewegungen der benachbarten Wagenkästen und wegen der reduzierten thermischen und akustischen Isolation. Im Rahmen der NINA-Entwicklung wurde deshalb diesen Aspekten spezielle Aufmerksamkeit geschenkt. Nebst anderen Massnahmen konnte mit einem doppelwandig ausgeführten Faltenbalg das thermische und akustische Verhalten signifikant verbessert werden. Die Werte liegen jetzt nahe bei jenen des Fahrgastabteils.

Die geringe Länge der einzelnen Segmente führt in den Kurven zu kleineren Ausschlägen, was sich positiv auf das Einschränkungprofil auswirkt. Die Wagenkästen können deshalb eine Breite von 3030 mm aufweisen, was deutlich mehr ist als bei den in der Schweiz üblichen Fahrzeugen. Diese Breite ermöglicht, in der zweiten Klasse die Abteile mit fünf Sitzen pro Reihe auszustatten und mit vier Sitzen und einem komfortablen Gang in der ersten Klasse. Die kleineren Kurven-Ausschläge erlauben es auch, den Abstand benachbarter Zugteile zu reduzieren.

Der Übergang von einem Segment ins andere erfolgt so in einem kurzen Bereich, frei von Stufen. Den Niveauunterschied vom Fahrgastraum zum Übergang über den Gelenken auf 800 mm über Schienenoberkante gleichen zwei kleine Rampen aus, die von den Fahrgästen kaum bemerkt werden. Dank dieser Konfiguration befinden sich bei den dreiteiligen Fahrzeugen der BLS über 80% der Fahrgastfläche im Niederflerbereich.

Die sich oft verändernden Einsatzbedingungen des Rollmaterials erhöhen seitens der Betreiber den Wunsch nach einer grösst-



Einstiegsplattform mit der multifunktionalen Zone für Behinderte im Rollstuhl und spezielles Reisegepäck wie Fahrräder, Skier, Kinderwagen und übrige, sperrige Gegenstände; Einstiegstür von innen (Foto: Bombardier).

möglichen Flexibilität bei einem neuen Fahrzeugkonzept. Bei den NINA wurde dies in zwei Richtungen umgesetzt:

Betriebliche und konzeptionelle Flexibilität

Unter der betrieblichen Flexibilität versteht man die Möglichkeit, die angebotene Kapazität ohne grossen Aufwand an die schwankende Nachfrage im Tagesablauf anzupassen. In Spitzenzeiten verkehren drei zusammengekuppelte dreiteilige NINA-Einheiten; in den verkehrsarmen Zeiten ist es nur eine dreiteilige NINA-Einheit. Durch ferngesteuertes Entkuppeln vom bedienten Führerraum aus können jederzeit Einheiten zur Bildung von Flügeln oder zur Remisierung abgekuppelt werden.

Sollten sich die Einsatzbedingungen ändern, beispielsweise bei einem nachhaltigen Zuwachs der Nachfrage, erlaubt es die konzeptionelle Flexibilität, die NINA-Einheiten ohne grösseren fahrzeugseitigen Umbauaufwand nachträglich zu verlängern oder zu verkürzen. Die NINA der BLS sind dreiteilig mit zwei Triebdrehgestellen an den Enden. Sie sind aber für einen möglichen späteren Umbau in zwei- bis vierteilige Einheiten ausgelegt. Deshalb wurde die Unterbringung der Traktionsausrüstung auf die beiden Endwagen konzentriert, was nur dank der kompakten Bauweise der Traktionsausrüstung möglich war. Mit zusätzlichen Triebdrehgestellen in der Mitte sind nach Bedarf auch fünf- und mehrteilige Einheiten möglich.

Wagenkasten, Oberfläche und Isolation

Als Werkstoff für den Wagenkasten wurde Stahl gewählt. Er weist zahlreiche Vorteile auf: Wegen des geringeren Ausdehnungskoeffizienten von Stahl im Vergleich zum Aluminium entstehen bei den Einbauelementen von Stahlwagenkasten bei grossen Tempe-

raturdifferenzen von -20 bis +30 °C weniger Probleme. Der Werkstoff Stahl ist allseits bekannt, dauerhaft und lässt sich leicht verarbeiten. Dies ist auch wichtig für nachträgliche Arbeiten, beispielsweise nach Unfällen. Ein weiterer Vorteil von Stahl ist, dass keine grösseren Investitionen für Personalschulung, Betriebsmittel und Lehren erforderlich sind, was sich insbesondere bei kleineren Stückzahlen als Vorteil erweist.

Der Wagenkasten der NINA mit grossen Öffnungen für Türen und Fenster sowie einer komplexen Struktur für die Krafteinleitung und -übertragung ist prädestiniert für den Bau mit geeigneten Stahlprofilen. Letztere werden aus hochfestem Blech in ihre spezielle Form und Grösse gerollt oder abgekannt. So ist es möglich, die Materialkonzentration auf jene Zonen zu legen, wo eine hohe Festigkeit erforderlich ist. Die Stahlbauart erlaubt es, den Transformator auf dem Dach zu platzieren und nicht dort, wo die Fahrgäste gerne sitzen möchten. So kann mit der Stahlbauweise ein ausserordentlich niedriges Wagenkastengewicht erreicht werden, das nicht höher ist als bei der Verwendung von Aluminium-Strangpressprofilen. Der Bau von Wagenkasten mit Aluminium-Strangpressprofilen bleibt den röhrenförmigen Fahrzeugen wie Pendolino oder ICN vorbehalten.

Der Nachteil des Stahls ist seine Grundtendenz zum Korrodieren. Mit den heute bekannten Oberflächenbehandlungen kann aber ein langjähriger Korrosionsschutz problemlos sichergestellt werden. Bei den NINA wurde ein umweltschonender Farbaufbau gewählt. Bei der Verarbeitung der Lacke auf Wasserbasis werden keine schädlichen, lösungsmittelhaltigen Gase freigesetzt.

Nach dem Sandstrahlen wird eine Grundierung aufgebracht. Anschliessend wird der Wagenkasten gespachtelt, um Unebenheiten auszugleichen. Schliesslich werden die verschiedenfarbigen Deckbeläge aufgebracht. Die äusseren Anschriften bestehen, wie übrigens auch ein Teil des Dekors, aus dauerhaften, selbstklebenden Folien. Einen wesentlichen Korrosionsschutz bildet auch die Hohlraumbehandlung. Die BLS hat seit Jahren sehr gute Erfahrungen mit dem Applizieren geeigneter Konservierungsmittel in den Hohlräumen. Dank dieser Methode ist ein Stahl-Wagenkasten innen und aussen gegen Korrosion geschützt.

Die Isolation erfolgt durch doppelschalige, lichtdurchlässige Moniflex-Platten. Sie weisen gegenüber konventionellem Isolationsmaterial, wie Glaswolle, vergleichbare Isolationswerte auf, sind aber leichter und einfacher zu verarbeiten. An den schwer zugänglichen Stellen wurde mit einer unter Druckluft stehenden Lanze Steinwolle in faseriger Form eingebracht.

Einstiegstüren

Die Anordnung und Gestaltung der Einstiege ist eines der wichtigsten Merkmale eines S-Bahn- oder Regionalverkehr-Fahrzeuges. Damit werden die Fahrgastwechselzeiten, die mittlere Reisegeschwindigkeit und letztendlich die Wirtschaftlichkeit eines Fahrzeugkonzeptes entscheidend beeinflusst. Die Zahl der Einstiegstüren und deren Verteilung entlang der Fahrzeuglänge wurden von den Betreibern abgeklärt, wobei auch die Gestaltung der Einstiegsplattformen einen grossen Einfluss auf die Fahrgastwechselzeiten hat.

Technische Daten

Allgemeine Angaben

Bestellungen 1996 / 2000 / 2001

Fahrzeugtyp Elektrischer Niederflur-Nahverkehrs-Pendelzug

Fahrzeug-Bezeichnung RABe 4/8

Betriebsnummern:

BLS RABe 525 001 - 008

RABe 525 009 - 014

RABe 525 015 - 032

TMR RABe 527 511 - 513

TRN RABe 527 321 - 322

Abmessungen und Gewicht:

Länge über Kupplung 47,74 m

Länge über Wagenkasten 47,24 m

Kastenbreite maximal 3030 mm

Höhe über SOK 4315 mm

Einstiegshöhe 545/570 mm

Einstiegsbreite 1300 mm

Türhöhe 2080 mm

Achsstand Triebdrehgestell 2500 mm

Raddurchmesser Triebdrehgestell:

neu 750 mm

abgenutzt 680 mm

Achsstand Laufdrehgestell 2700 mm

Raddurchmesser Laufdrehgestell:

neu 630 mm

abgenutzt 560 mm

Tara (BLS) 79,4 t

Leistungen:

Höchstgeschwindigkeit 140 km/h

Maximale Beschleunigung 1,2 m/s²

(bei 2/3 Beladung)

Maximale Verzögerung 1,3 - 1,9 m/s²

Kurvenradius minimal:

beladen 100 m

Tara 80 m

Minimaler vertikaler Ausrundungsradius: 1000 m

Anzahl Sitzplätze 148

davon erste Klasse 16

Anzahl Stehplätze 150

(4 Personen pro m²)

Technische Angaben:

- Fahrgastinformationsanzeigen innen und aussen,

- Primärfederung aus Gummifederelementen,

- Sekundärfederung mit je zwei Luftbälgen pro Wagenhälfte

Stromsystem: 15 kV, 16,7 Hz

Maximale Motorleistung 4 x 256 kW

Anfahrzugkraft 105 kN

Heizung / Lüftung / Klimatisierung:

Fahrgastabteil Heizung / Lüftung

Führerraum Klimatisierung

Die NINA verfügen über je einen zweiflügligen Einstieg pro Segment, was einen weitgehend ausgeglichenen Fahrgastwechsel bewirkt. Die auch bei anderen Fahrzeugen bewährten Schwenkschiebetüren haben eine leichte Breite von 1300 mm, was das gleichzeitige Ein- oder Aussteigen von zwei Personen nebeneinander erlaubt. Die Einstiegstüren schliessen sich im geschlossenen Zustand bündig an die Aussenhaut an und sind gut abgedichtet. Im geöffneten Zustand ragen sie nur wenig darüber hinaus. Zum Einsatz kommt die schwere Bode-Schwenkschiebetür mit elektrischem Antrieb. Sämtliche Überwachungselemente für die Sicherheit der Fahrgäste sind nach den neuesten Standards konzipiert. Die Türe zeichnet sich durch eine hohe Funktionalität aus. Die Störungsrate ist sehr gering. Dazu trägt auch der sehr stabile Türrahmen des Wagenkastens bei.

Innenausbau

Für den Regionalverkehr typisch ist, dass die von den Fahrgästen zurückgelegten Distanzen und damit deren Aufenthaltsdauer im Fahrzeug von einigen wenigen Minuten bis zu einer Stunde schwanken. Während dieser Zeit wollen sich die Fahrgäste wohl fühlen. Einige bevorzugen es, sich stehend in der Nähe der Einstiegstüren aufzuhalten, andere legen auch bei kurzen Distanzen Wert darauf, sich setzen zu können. Ein Regionalverkehrs zug muss im Stande sein, beide Bedürfnisse abzudecken. Im Innenraum befinden sich für stehende Fahrgäste überall Möglichkeiten zum Festhalten.

Bei der Gestaltung des Innenraums mussten von Beginn weg die strengen Gewichtsvorschriften beachtet werden. Deshalb wählte man multifunktionale Verkleidungselemente sowie längs angeordnete Gepäckträger in Kunststoffbauart mit einem Bienenwabekern. Die Deckenverkleidung ist an Scharnieren befestigt und kann heruntergeklappt werden, wenn ein Zugang zu Geräten im Dachbereich oder zur Verkabelung erforderlich ist. Die Seitenwandverkleidungen sind laminiert und enthalten die Vorhangschiene für die Sonnenstoren sowie Luftkanäle zur Einspeisung geheizter Luft im unteren Teil des Fahrgastraumes zwischen den Stühlen. Die Fahrgasträume werden mit seitlichen Querwänden von den Einstiegsplattformen abgetrennt. Diese bestehen unten aus perforierten Aluminiumblechen und oben aus Glas, um die Durchsicht durch den Zug nicht zu behindern.

Im Einstiegsbereich der beiden Endwagen wurde je eine multifunktionale Zone für Behinderte im Rollstuhl und für spezielles Reisegepäck wie Fahrräder, Skier, Kinderwagen sowie übrige, sperrige Gegenstände geschaffen.

In einer dieser multifunktionalen Zonen ist das WC untergebracht. Für neue Fahrzeug-Generationen wird grundsätzlich ein geschlossener Wagenkasten gebaut. Komponenten der Komforteinrichtung sowie der Energieversorgung werden entweder innerhalb oder ausserhalb dieses Wagenkastens montiert. Dadurch wird ein wichtiges Komfortmerkmal erreicht, die Lärmisolation. Das WC wird als ganze Einheit innerhalb des Wagenkastens montiert. Die Frischwasser- und Brauchwassertanks sind somit während 24 Stunden optimal geschützt gegen das Einfrieren. Damit wird auch einer UIC-Forde-

rung nachgelebt. Das geschlossene WC-System verfügt über je einen Frischwasser-, Brauchwasser- und Fäkalientank. Das WC-Becken aus rostfreiem Stahl wird mittels Vakuum entleert. Die grosszügigen Abmessungen erlauben auch Behinderten die Benützung der Toilette. Die verschiedenen Elemente des WC-Systems werden von einem Mikroprozessor permanent überwacht, der die WC-Tür blockiert, wenn Probleme aufgetreten sind.

Die Aussenfenster sind mit Fensterstoren ausgerüstet. Sie bestehen aus zweifachem Sicherheitsglas und werden mit einem Gummiprofil am Kasten befestigt und abgedichtet. Ein Teil der Aussenfenster ist mit Oberlicht-Schiebefenstern für eine Notbelüftung bei Ausfall der Lüftung ausgerüstet.

Die erste Klasse ist mit bequemen, lederbezogenen Erstklass-Sitzen in einer 2+2-Anordnung ausgestattet. In der zweiten Klasse sind die Polster mit einem Textilbezug aus Velours mit einem attraktiven Farbtupfmuster versehen. Die Stühle sind in einer 3+2-Anordnung gruppiert. Wegen der grösseren Innenraumbreite entspricht die Sitzplatzbreite auch in der zweiten Klasse derjenigen moderner Nah- und Regionalverkehrszüge.

Ausrüstungen

Die langjährige Erfahrung der BLS mit dem Regionalverkehr und die bisherigen Kundenreaktionen haben es erlaubt, auf eine vollständige Klimatisierung der Fahrgasträume zu verzichten. Diese Ansicht lässt sich vertreten, wenn man bedenkt, dass sich in unseren Breitengraden die wirklich hohen Temperaturen auf einige wenige Tage im Jahr konzentrieren. Bei einer Klimatisierung ist zu bedenken, welch grosses Gewicht transportiert und welch wertvolle Energie verbraucht wird, da sich im S-Bahn-Verkehr die Einstiegstüren häufig öffnen.

Stattdessen wurde im Fahrgastbereich eine leistungsfähige Ganzjahreslüftung installiert, die ruhig und effizient ein vergleichbares Komfortniveau erreicht. Diese setzt sich aus drei Einheiten zusammen, die jeweils über den Einstiegsplattformen untergebracht sind. Die Luft wird von aussen auf Dachhöhe angesaugt, je nach Aussentemperatur geheizt und gelangt anschliessend über einen perforierten Decken-Luftkanal und über den Luftkanal in der Seitenwand zwischen den Rückenteilen der Bestuhlung etwa auf Kniehöhe in die Fahrgastabteile.

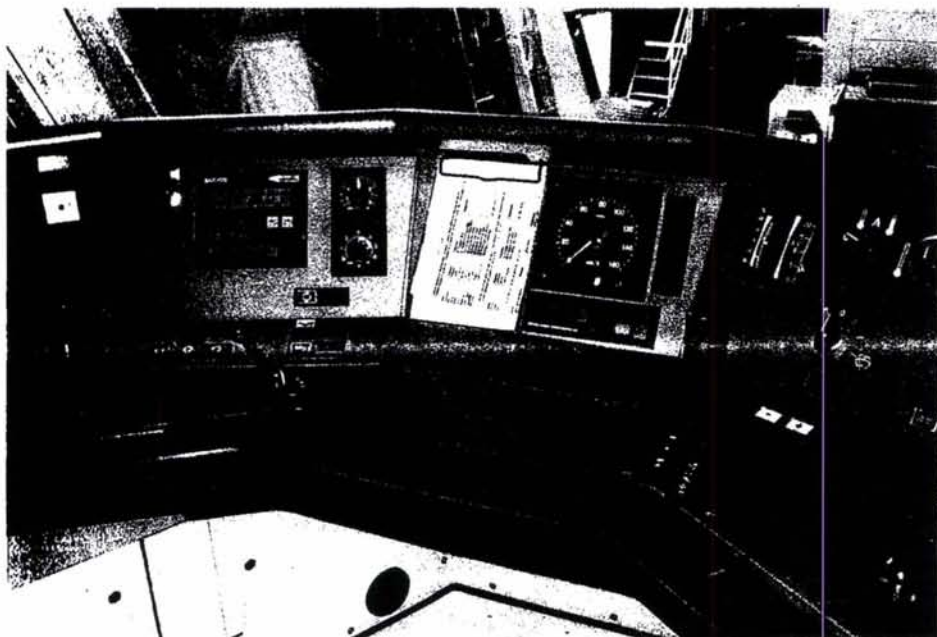
Die Heizung ist für einen reinen Frischluftbetrieb bis zu einer Aussentemperatur von -10°C ausgelegt. Bei tieferen Temperaturen wird teilweise Umluft zum Vorheizen der angesaugten Frischluft nochmals umgewälzt. Es wurde darauf geachtet, dass – sofern die Fahrzeuge mit Raucherabteilen versehen sind – keine Abluft aus Raucherabteilen angesaugt wird.

Oben: Ansicht des behindertenfreundlichen geschlossenen WC-Systems; WC-Kabine innen (Foto: Bombardier).

Mitte: Die Bestuhlung der ersten Klasse ist mit Leder bezogen (Foto: Bombardier).

Unten: Fahrgastinformation aussen. Auf jeder Fahrzeugseite wird das Fahrziel angezeigt (Foto: Bombardier).





Fahrgastinformationssysteme

Ein spezielles Augenmerk wurde auf die Information der Fahrgäste gelegt, sowohl optisch als auch akustisch. Insgesamt gibt es nach aussen vier optische Matrixanzeigen, die vom Perron aus abgelesen werden können: je eine an den Fahrzeugfronten und je eine auf jeder Seite. Im Innern erfolgt die Anzeige durch insgesamt zwei LCD-Anzeigen, die an der Decke befestigt sind.

Ergänzt werden diese Informationen durch ein Lautsprecheresystem, mit dem vorab erfasste und gespeicherte Ansagen sowie die Durchsagen des Lokomotivführers verbreitet werden. Das ganze Informationssystem wird elektronisch gesteuert und kann zu einem späteren Zeitpunkt auf die Ansage dynamischer Informationen, wie Verspätungen und Anschlusszüge, ausgebaut werden.

Führerraum und Bedienung

Der Führerraum ist der Sitz des Lokomotivführers in der Mitte angeordnet. Damit wird mit einer langen Tradition gebrochen, bei der sich der Führersitz in der Nähe des Seitenfensters befand. Durch eine erhöhte Anordnung des Sitzes verfügt der Lokomotivführer dennoch über eine optimale Sicht mit grossem Blickwinkel.

Grundsätzlich entspricht der Aufbau des Führertisches jenem der Lokomotiven Re 465. Soweit möglich, wurden die gleichen Bedien- und Anzeigeelemente eingesetzt. Das Fahrzeug wird mit einem einzigen Fahr-Brems-Hebel bedient. Eine Geschwindigkeitsregelung wirkt unterstützend. Kurz vor dem Stillstand wird analog zu anderen S-Bahn-Fahrzeugen eine Haltebremsung eingeleitet, so dass der Zug gesichert stillsteht und sich die EP-Bremse erst bei bewusster Zugkraftvorgabe wieder löst. Bei Störungen kann mit einer Notsteuerung mit reduziertem Bedienkomfort selbst bei teilweisem Rechenerausfall weitergefahren werden. Die Redundanz der Systeme wurde entsprechend gewichtet. Die in der Geschwindigkeitsmessanlage TELOC 2200 eingebaute Sicherheitssteuerung mit wegabhängiger Wachsamkeitskontrolle, die automatische Zugsicherung und die Zugbeeinflussung ZUB 121

SBB / BLS ermöglichen die einmännige Führung der NINA. Die NINA sind ausserdem mit der Zugfunkanlage ZFK '88 ausgerüstet und können somit auf dem gesamten normalspurigen schweizerischen Schienennetz fahren.

Die Bedienelemente und die Instrumente sind in einem Halbkreis angeordnet und leicht zu erreichen und zu bedienen. Es wird zwischen zwei Gruppen unterschieden:

- In der unteren Ebene sind häufig verwendete Bedienelemente angeordnet, wie Geschwindigkeitsgeber, pneumatische Bremse, Signalhorn sowie häufig benötigte Tasten und Systembildschirme.
- In der oberen Ebene können die wichtigsten Überwachungssysteme beobachtet werden: Tachometer, Manometer und übrige Anzeigen. Weiter sind dort Bedienelemente angeordnet, die weniger häufig benötigt werden, wie Beleuchtung oder Heizung.

All diese Geräte sind durch eine Blende gegen eine direkte Sonneneinstrahlung geschützt.

Die Belüftung des Führerraums erfolgt durch eine kombinierte Heizungs-Lüftungs-Klimatisierungsanlage, die im Dach angeordnet ist. Der Führerraum selbst ist gegen den Fahrgastraum durch eine Tür und zwei Apparatekasten vollständig abgetrennt.

Drehgestelle und Bremsausrüstung

Einfachheit und Kompaktheit sind die beiden Hauptüberlegungen, die die Entwicklung leiteten. Die Einfachheit beschränkt den Unterhaltsaufwand, und die Kompaktheit erlaubt, einen möglichst niedrigen Fussboden zu realisieren.

Die beiden Triebdrehgestelle an den Enden sowie die Laufdrehgestelle bei den Gelenken basieren auf bewährten Komponenten. Wichtige Merkmale der Drehgestelle sind:

- H-förmiger Drehgestellrahmen aus geschweisstem Stahl St 52-3; bei den Triebdrehgestellen ist dieser mit Kopträgern ergänzt, um daran die Zugsicherungsgeräte zu befestigen;

Anordnung der Instrumente und der Bedienelemente auf dem Führertisch nach ergonomischen Grundsätzen (Foto: Bombardier).

- kein Schemelträger, da die Relativbewegungen zwischen Wagenkasten und Drehgestell von den Luftbälgen absorbiert werden,
- pneumatische Radscheibenbremse,
- Sekundärfederung mit je zwei Luftbälgen pro Wagenhälfte, deren Höhenregelung die Beibehaltung einer gleichbleibenden Fahrzeughöhe erlaubt und damit den Einstieg der Fahrgäste erleichtert;
- Primärfederung, bestehend aus Gummifederelementen, für gute Isolation gegen Lärm und Körperschall.

Die je paarweise quer angeordneten Asynchron-Fahrmotoren in den Triebdrehgestellen sind in einem separaten Träger montiert, der sich über Elastomerelemente in zwei Punkten auf den Drehgestellquerträger und in einem Punkt mit einem Tragarm auf dem Kopfträger des Drehgestellrahmens abstützt. Über ein Stirnradgetriebe wird jeweils eine Achse angetrieben.

Die Bremsausrüstung entspricht den UIC-Vorschriften. Vier verschiedene Bremssysteme sind in den NINA eingebaut:

- eine auf die Triebachsätze wirkende elektrische Rekuperationsbremse,
- eine auf alle Achsen wirkende Radscheibenbremse,
- eine elektromagnetische Schienenbremse,
- eine Federspeicher-Abstellbremse.

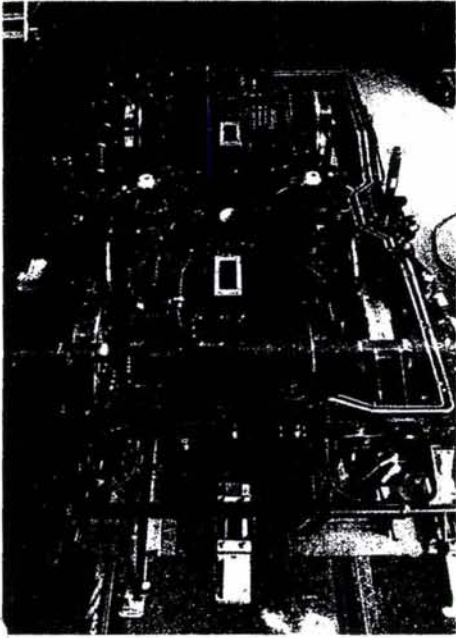
Die Radscheibenbremsen kommen über die elektrisch gesteuerte, direkte EP-Bremse oder über die automatische Druckluftbremse zur Wirkung. Im Normalbetrieb wirkt die elektrische Bremse fast bis zum Stillstand. Die mechanischen Radscheibenbremsen kommen auf den Laufachsen immer, auf den Triebachsen jedoch nur bei Ausfall der elektrischen Bremse während der Fahrt zum Einsatz. Die Schleuderbremse wird manuell angesteuert und wirkt ebenfalls auf die Radscheibenbremse. Als Abstellbremse wird die Federspeicherbremse verwendet. Sie wirkt auf jede Triebachse über einen im Drehgestell diagonal angeordneten Bremszylinder.

Die Bremssysteme werden über den Fahr-schalter, die Tasten für Sollgeschwindigkeit, den elektrischen EP-Bremsschalter, das Notführerbremsventil, die Tasten für Magnetschienenbremsen und Schleuderbremse sowie über den Schlüsselschalter angesteuert.

Die Steuerung der Bremssysteme ist weitgehend in das Leiteletroniksystem integriert. Die Bedienelemente im Führerraum steuern über den Fahrzeugbus das Fahrzeugleitgerät, den Bremsrechner und die Pneumatiktafeln. Die Fahrzeugleitgeräte und der Bremsrechner übernehmen die Prioritätsbildung bei der Ansteuerung der verschiedenen Bremssysteme.

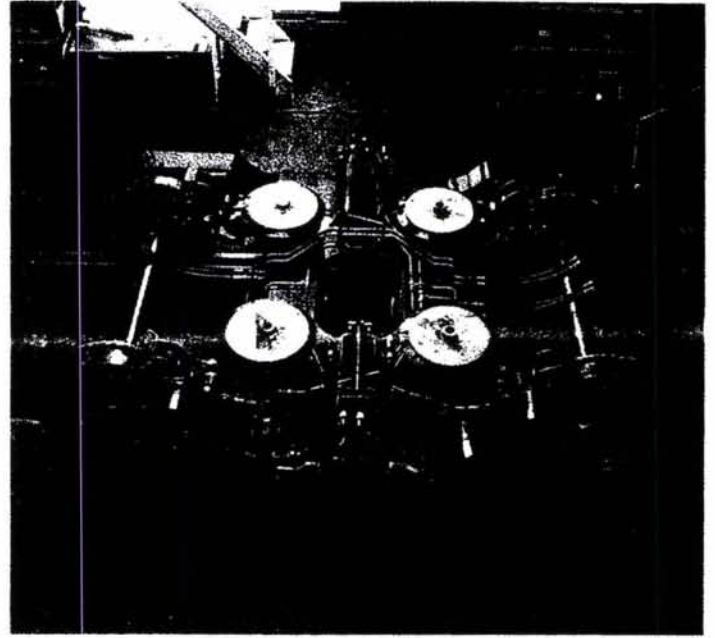
Die drei Notbremszugkasten in den Einstiegräumen wirken elektrisch auf das Notbremsventil. Eine Schnellbremsung kann in jedem Fall direkt ohne Rechneinfluss über das Notführerbremsventil in beiden Führerräumen erfolgen.

Zur Versorgung der pneumatischen Systeme, wie Bremsen, Luftfederung, Rückschie-



Links: Das luftgefederte Triebdrehgestell hat zwei quer angeordnete Asynchron-Fahrmotoren (Foto: Bombardier).

Rechts: Das Jakobs-Laufdrehgestell, auf das sich die beiden Wagenkastenhälften abstützen (Foto: Bombardier).



gel, Führersitze, sowie der automatischen Zentralkupplung und des Hauptschalterantriebs ist ein Schraubenkompressor mit einer Förderleistung von 720 Litern pro Minute unter dem Endwagen ET2 montiert. Die Bremsausrüstung inklusive Bremsrechner stammt von OKE, ein Teil der Pneumatik-Ausrüstung von Facto.

Hauptstromkreise

Die elektrische Energie fließt vom Fahrdrat über den Stromabnehmer, den Vakuum-Hauptschalter und den Primärstromwandler zum Transformator. Von dort erfolgt die Rückleitung zur Schiene über je eine Erdungsbürste an jedem Drehgestell. Die beiden vor und nach dem Hauptschalter eingebauten Überspannungsableiter bieten Schutz vor atmosphärischen und vor schaltungstechnischen Überspannungen.

Transformator

Der für die erste Serie der NINA neu entwickelte, modular konzipierte Transformator ist in der Scheibenwicklungstechnik gebaut. Zur selben Familie gehört auch der Transformator der BLS-Hochleistungslokomotive Re 465. Er ist wegen des Niederflurkonzeptes für Dachmontage konzipiert, wobei das dazugehörige Kühlsystem vollständig in die Transformatoreinheit integriert ist. Dank der Reduktion der Schnittstellen konnten Vereinfachungen in der Montage und beim Austausch realisiert werden. Das Expansionsgefäß ist dank einer speziellen Konstruktion auf der gleichen Höhe wie der Transformator-kessel angeordnet.

Der Aktivteil des Transformators besteht aus einem magnetischen Kreis, bestehend aus zwei Kernen und zwei Kupfer-Wicklungsblöcken. Zum Abführen der Verlustwärme wird Mineralöl durch die Wicklungen gepresst. Zwei Traktionswicklungen mit 396 kVA Leistung bei einer Spannung von 500 V, mit einer Kurzschlussleistung von 25 %, speisen die Traktionsstromkreise. Eine dritte Wicklung mit 215 kVA bei 345 V versorgt die Hilfsbetriebe.

Die elektrischen und magnetischen Forderungen sind hoch. Ein Aluminiumkessel er-

laubt eine Gewichtseinsparung sowie einen aktiven Schutz gegenüber den elektromagnetischen Störfeldern der Wicklungen. Trotz den Einschränkungen des Volumens bei einer Bauart für Dachmontage erlaubt die Scheibenwicklung einen Wirkungsgrad von über 95 %. Das Gewicht des Transformators liegt bei 4000 kg.

Traktionsausrüstung

Der Transformator besitzt auf der Sekundärseite zwei Traktionswicklungen von 500 V für die beiden Stromrichter und eine Wicklung von 345 V für die Hilfsbetriebe, die über zwei Bordnetzrichter (BUR) und das dem dritten BUR nachgeschaltete Batterieladegerät gespeist werden.

Die Traktionsausrüstung ist redundant gestaltet, besitzt aber aus Kostengründen einen drehgestellweisen Gruppenantrieb. Somit kann im Störfall mit einem Drehgestell weitergefahren werden. Pro Triebdrehgestell ist ein Stromrichter in IGBT-Technik (Insulated-Gate-Bipolar-Transistor-Technik) eingebaut, der mit der zugehörigen Transformatorhälfte eine Antriebseinheit bildet. Die integrierten Leistungsmodule IPM (Integrated Power Module) sind mit je drei IGBT-Leistungstransistoren ausgerüstet und in Einschüben mit forcierte Luftkühlung auf dem Dach im Stromrichterkasten angeordnet. Beim Fahren formen die beiden Netzstromrichter die einphasige Wechselspannung aus dem Transformator in eine Gleichspannung um. Diese Zwischenkreisspannung wird auf 900 V geregelt und speist in einer harten Kopplung die Antriebsstromrichter, die einen Drehstrom variabler Spannung und Frequenz erzeugen. Dieser Drehstrom wird den vier Asynchron-Fahrmotoren drehgestellweise parallel zugeführt. Der Zwischenkreis mit Kondensatoren gleicht Differenzen im Energiefluss zwischen Netz- und Antriebsstromrichter aus. Der Antriebsstromrichter kann somit praktisch immer mit konstanter Gleichspannung versorgt werden.

Beim Bremsen ist der Energiefluss umgekehrt. Die Antriebsstromrichter speisen den Zwischenkreis mit Energie von den als Generatoren arbeitenden Fahrmotoren. Diese Energie wird durch den als Vierquadranten-

steller betriebenen Netzstromrichter in einen Einphasen-Wechselstrom umgewandelt und über den Transformator in die Fahrleitung zurückgespeist.

Bei plötzlichen Abschaltvorgängen können im Zwischenkreis gefährliche Überspannungen auftreten. Deshalb ist dieser mit einem Momentanspannungsbegrenzer MUB (auch Ableit-Zerhacker genannt) ausgerüstet. Wird der Transistor des MUB leitend, setzt der MUB-Widerstand die anstehende Energie in Wärme um.

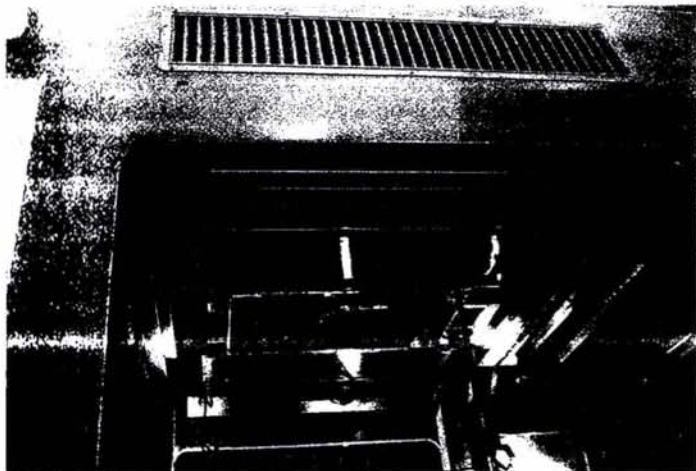
Die vierpoligen Asynchron-Fahrmotoren übertragen die elektrische Leistung berührungs- und verschleißfrei über den magnetischen Fluss auf die Kurzschlussläufer. Der bei älteren Fahrzeuggenerationen vorhandene, unterhaltsaufwendige Kollektor mit den Bürstenbrücken entfällt. Die Motoren sind deshalb ideal für den rauen Bahnbetrieb, denn sie ertragen Stöße, Vibrationen, Feuchtigkeit, Hitze und Kälte gut. Auch der grosse Anfahrstrom darf ohne Beschädigungsgefahr für die Motoren im Stillstand aufgesteuert werden. Zudem besitzen sie eine kleine Masse und sind dadurch gleichschonend. Jede Fahrmotorgruppe wird durch einen eigenen Ventilator gekühlt.

Hilfsbetriebe

Alle für die Hilfsbetriebe eingesetzten Motoren sind ebenfalls unterhaltsarme Drehstrom-Motoren mit Kurzschlussläufern. Der auf dem Dach installierte und vom Transformator mit 345 V gespeiste Bordnetzrichter (BUR) liefert den benötigten Drehstrom 400/230 V, 50 Hz.

Der Bordnetzrichter (BUR) besteht aus zwei Gleichrichtern, den Zwischenkreisen und zwei 25-kVA-Wechselrichtern (BUR 1 und BUR 2) sowie einem geregelten 13,5-kW-Gleichspannungswandler für die Batterieladung (BUR 3) in IGBT-Technik.

Im Normalbetrieb speisen die BUR 1 und 2 zwei getrennte dreiphasige 400/230-V-Verbrauchernetze, wobei der BUR 1 die Transformator-Ölpumpe und die beiden Transformator-Ölkühlventilatoren, den Fahrmotor- und Stromrichterventilator in zweistufiger Dahlander-Schaltung und die Führerraum-



Das Heizungs-/Lüftungsaggregat befindet sich in der Einstiegsparterie und saugt die Luft von aussen an (Foto: Bombardier).

m³/h für eine ganze dreiteilige Einheit. Bei grosser Hitze wird mit 4000 m³/h pro Anlage ventiliert, was einer Frischluftmenge von total 12000 m³/h und einem 50fachen Luftwechsel pro Stunde im Fahrzeug entspricht.

Die Führerräume sind mit einer Klimaanlage und einer Warmluftheizung ausgerüstet.

Leittechnik und Fahrzeugsteuerung

Die Leittechnik und Fahrzeugsteuerung arbeitet mit Mikrorechnern, die durch ein Datenübertragungsnetz miteinander verbunden sind. Damit werden alle Steuer-, Regelungs- und Überwachungsfunktionen ausgelöst und koordiniert. Die Datenübertragung wird von einem Busverwalter gesteuert; sie wird als Fahrzeugbus bezeichnet. Zwischen dem Fahrzeugbus und den peripheren Geräten bilden die RIO-Blöcke (Remote Input/Output) die Bustrennstelle. Die beiden Hauptrechner sind weitgehend redundant aufgebaut, so dass beim Ausfall eines Fahrzeugleitgeräts mit reduziertem Bedienungskomfort weiter gefahren werden kann.

Von einem Lokomotivführer können maximal vier NINA in Mehrfachtraktion gesteuert werden. Die Befehle zu den ferngesteuerten Einheiten laufen über ein 50adriges Vielfachsteuerkabel, das über die automatische Zentralkupplung geführt ist. Nebst sogenannten Zugdrähten dient ein Aderpaar der Datenübertragung auf der Zugbusebene. Sie ist im Gegensatz zur Fahrzeugebene nicht redundant aufgebaut. Ein Teil der Befehle und Rückmeldungen werden über den Zugbus und ein Teil der sicherheitsrelevanten Befehle zudem unabhängig über das 50adrige Vielfachsteuerkabel geführt. Die Steuerleitungen sind bei Mehrfachtraktion über die automatische Zentralkupplung von einem Fahrzeug zum anderen verbunden. Vom bedienten Führerraum aus können auf Unterwegsstationen jederzeit NINA-Einheiten durch ferngesteuertes Entkuppeln abgehängt und gesichert stehen gelassen werden. Dadurch können Züge in Agglomerati-

Klima- und Heizungsgeräte des Endwagens ET 1 dreiphasig sowie die Servomotoren der Abteilheizungskappen (Umluft), die 230-V-Steckdosen und die Pedalheizungen beider Führerräume einphasig versorgt. Der BUR 2 leist dreiphasig den Kompressor, den Fahrmotor- und Stromrichterventilator sowie die Führerraum-Klima- und Heizungsgeräte des Endwagens ET 2.

Insgesamt sind somit sechs Ventilatoren für die Traktionsanlage eingebaut, wovon zwei für die Fahrmotorkühlung, zwei für die Stromrichter- und zwei für die Ölkühlung des Transformators bestimmt sind. Die Steuerung der Fahrmotor- und Stromrichter-Ölkühlventilatoren erfolgt temperatur- und geschwindigkeitsabhängig. Die Transformator-Ölkühlventilatoren laufen erst bei Öltemperaturen von mehr als 40 °C.

Komfortausrüstung

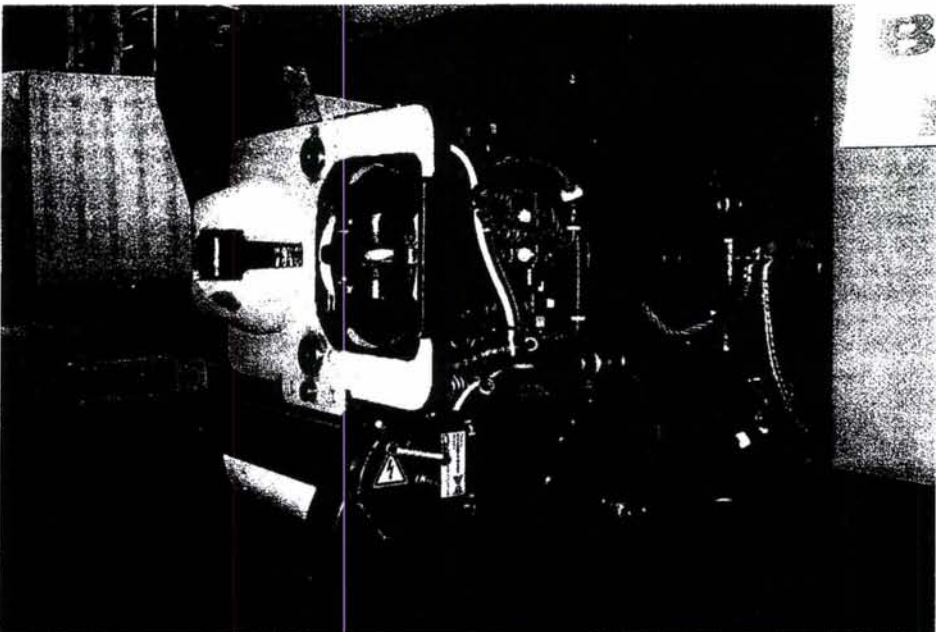
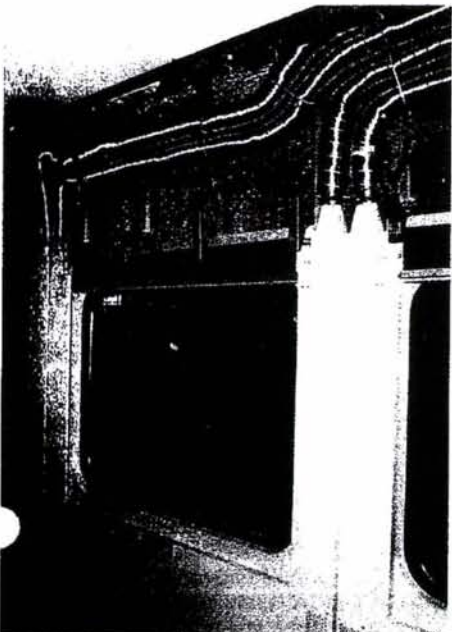
Wie schon ausgeführt, wurde aufgrund der hohen Kosten und der guten Isolation der Fahrzeuge darauf verzichtet, die Fahrgastabteile zu klimatisieren. Die Fahrzeuge sind aber mit einer leistungsfähigen Heizungs-/

Lüftungsanlage ausgerüstet. Über jeder der drei Einstiegsplattformen ist ein Heizungs-/Lüftungs-Aggregat eingebaut, das die Zuluft in zwei übereinanderliegenden Deckenkanälen über den Fahrgastabteilen verteilt. Oben liegt der Warmluftkanal, aus dem die Zuluft über die in der Seitenwandverkleidung integrierten vertikalen Rohrkanäle seitlich unten im Fussbereich zwischen den Sitzen in die Abteile verteilt wird. Dank dieser Luftführung konnte auf den normalerweise in Fahrzeuglängsrichtung unter den Fenstern am Boden verlaufenden Warmluft-Bodenkanal verzichtet werden, womit im Fussbereich mehr Platz für die Fahrgäste gewonnen wurde.

Die guten Isolationswerte im Sommer werden unter anderem auch dadurch erreicht, dass der Warmluftkanal in der Decke als zusätzliche thermische Isolation gegenüber dem Dach dient, wodurch die Temperaturen im Fahrzeuginnen bei hohen Aussentemperaturen nicht übermässig ansteigen. Die Frischluft wird durch den unteren Deckenkanal über die Viellochdecke ins Abteil eingeblasen. Normalerweise arbeitet jede Anlage mit 2000 m³/h Umsatz, entsprechend 6000

Dank der speziell gestalteten Seitenwandverkleidungen mit Luftkanal kann auf einen störenden Bodenkanal im Fahrgastraum verzichtet werden (Foto: Bombardier).

Die automatische Kupplung kann vom Führerstand aus ohne Hilfsperson betätigt werden (Foto: Bombardier).



Durchsicht von der Spitze zum Heck: Die transparente Innenraumgestaltung verstärkt das Sicherheitsgefühl der Fahrgäste und erhöht so die Attraktivität des öffentlichen Verkehrs (Foto: Bombardier).

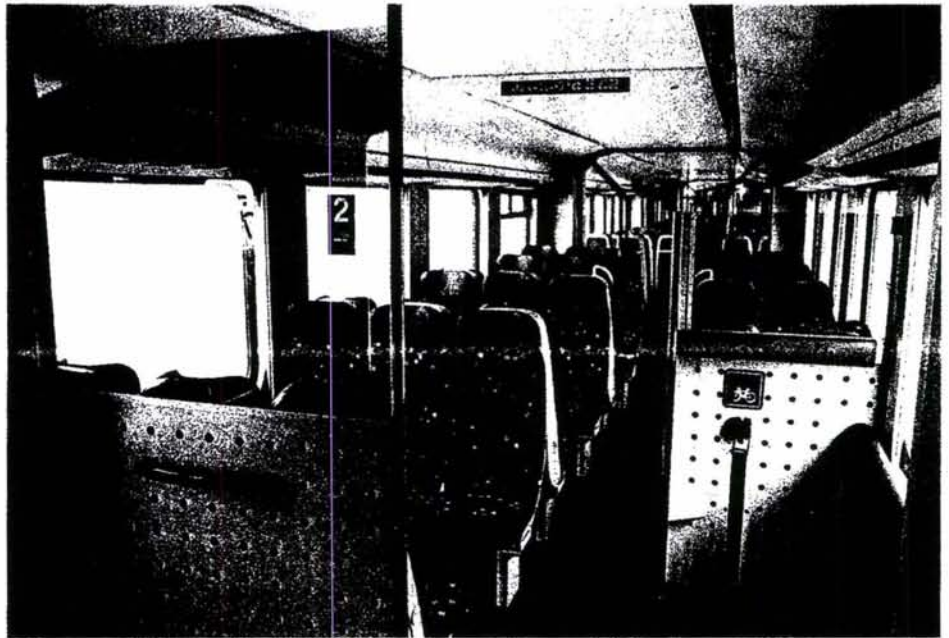
onsgebieten gezielt auf Teilstrecken verstärkt und auch Flügelzüge gebildet werden, die nach der Trennung unterschiedliche Zielorte anfahren. Die automatische Zentralkupplung ermöglicht eine optimale, kurzfristige Anpassung der bereitgestellten Zugkapazität an das Fahrgastaufkommen und die Betriebsbedürfnisse; sie ist für den Wiedereinsatz elektrisch beheizt.

Die Sicht der Fahrgäste

Die Zeiten, in denen die Fahrgäste das zur Verfügung gestellte Rollmaterial einfach akzeptierten, gehören schon längst der Vergangenheit an. Die Erkenntnis, dass im Mobilitätswettbewerb nur attraktive, kundenorientierte Angebotskonzepte erfolgreich sein können, ist inzwischen hinlänglich bekannt. Dabei spielt das Rollmaterial – nebst dem Fahrplan – eine zentrale Rolle. Die Bedürfnisse der verschiedenen Fahrgastgruppen unterscheiden sich sehr stark: Reisende mit Koffer legen Wert auf genügend Stauraum für Gepäck; Pendler gewichten demgegenüber einen Sitzplatz in den Spitzenzeiten höher. Eltern mit Kinderwagen sowie Behinderten ist ein bequemer Einstieg speziell wichtig. Die Liste liesse sich beliebig verlängern. Jede Anspruchsgruppe hat ihre spezifischen, durchaus berechtigten Anliegen. Kein Fahrzeugkonzept kann aber all diese Forderungen erfüllen. Es ist deshalb erforderlich, das Optimum aus den – teilweise sogar widersprüchlichen – Forderungen zu finden. Das Transportgefäss wird dabei als Massentransportmittel gestaltet. Im übrigen will man bei den NINA diejenigen Punkte gut abdecken, die mit vertretbarem Aufwand realisierbar sind und die möglichst vielen Fahrgästen einen spezifischen Nutzen bringen. Dazu zählen:

- bequemer Ein- und Ausstieg,
- grosser Innenraum und Raumangebot für spezielle Bedürfnisse,
- grosses Sitzplatzangebot,
- attraktives Design,
- subjektives Sicherheitsempfinden im Wageninnern,
- Fahrkomfort (Lärm, Laufruhe).

Das Niederflurkonzept der NINA bildet für die Schweiz einen grossen Sprung im normalspurigen Nahverkehr. Abgesehen vom Bereich über den Triebdrehgestellen ist das gesamte Fahrzeug niederflurig konzipiert. Wurde früher versucht, mit Klapptritt die unterste Stufe des Einstiegs tief zu legen und mit einem geringen Einstiegswinkel das Ein- und Aussteigen zu erleichtern, entfällt bei den NINA dieser anstrengende Vorgang von einem Normperron (Perronhöhe 55 cm) aus vollständig. Die Vorteile sind offensichtlich: besserer Einstieg für Gehbehinderte und Leute mit Kinderwagen oder Gepäck, aber auch bequemere Verhältnisse für den „Normalbenutzer“, indem das Treppensteigen entfällt und sich ein rascherer Fahrgastwechsel einstellt. Spezielle multifunktionale Zonen im Bereich der Einstiegstüren können



für spezielles Reisegepäck wie Velos, Skier, Kinderwagen und übrige, sperrige Gegenstände, aber auch für Behinderte im Rollstuhl genutzt werden.

Die Gestaltung des Weges der Fahrgäste vom öffentlichen Raum zum Fahrzeug ist auch ein wichtiges Attraktivitätskriterium. Bei der S-Bahn Bern wurde vom Kanton Bern gemeinsam mit den Bahnen ein Konzept zur Verbesserung des Zugangs zur Bahn ausgearbeitet. Dieses sieht vor, die Perrons möglichst einheitlich auf 55 cm über der Schienenoberkante zu erhöhen (P55) und flankierend dazu mit diversen Massnahmen die Fahrgäste besser zum Bahnhof und zu den Fahrzeugen zu führen. Bis zur Einführung der S-Bahn am 12. Dezember 2004 wird ein erstes Massnahmenpaket realisiert.

Für die vorgegebene Fahrzeuglänge resultiert ein gegenüber bisher in der Schweiz eingesetzten einstöckigen Fahrzeugkonzepten maximiertes Sitzplatzangebot. Weil der Abstand zwischen zwei Drehgestellen reduziert wurde, kann der Wagenkasten breiter als üblich ausgeführt werden. Der so entstandene grosse Innenraum lässt es zu, dass ohne merkliche Komforteinbusse pro Sitzreihe fünf (zweite Klasse) oder vier (erste Klasse) Sitze angeordnet werden können. Der wichtige Längsabstand zwischen zwei Sitzreihen, der Sitzteiler, liegt je nach Abteil zwischen 1770 und 1800 mm, ist also jenem im übrigen heute eingesetzten Rollmaterial ebenbürtig oder gar überlegen.

Ein attraktives Design soll bei den Fahrgästen die Gefühlsebene ansprechen: Es soll Freude bereiten, mit einem nicht nur zweckmässigen, sondern auch schönen Fahrzeug zu fahren. So gut der Innenraum auch gestaltet ist, die bisherigen Erfahrungen haben dennoch gezeigt, dass sich eine Beeinträchtigung der Nichtraucher durch die Raucher nicht ganz vermeiden lässt. Im künftigen S-Bahn-Betrieb in Bern wird deshalb das Rauchen nicht gestattet sein.

In die gleiche Thematik geht auch das subjektive Sicherheitsempfinden der Fahrgäste im Wageninnern. In schwach besetzten Zügen und bei Dunkelheit soll mit einer geschickten Gestaltung des Innenraums möglichst kein Eindruck einer Verunsicherung entstehen. Durch die offene Gestaltung des

Innenraums kann Transparenz über die ganze Wagenlänge geschaffen werden, was sowohl das Sicherheitsempfinden der Fahrgäste als auch die Hemmschwelle für potentielle Täter hebt.

Beim inneren und äusseren Design wurden aber auch ganz praktische Aspekte berücksichtigt. So wurden die Türen gegenüber der Umgebung farblich abgehoben; sie sind damit für Sehbehinderte besser erkennbar. Zur Information der Fahrgäste sind aussen visuelle Anzeigen über die Linie und das Fahrtziel angebracht. Innen dienen umfassende Hinweisschilder, Streckenpläne und visuelle Haltestellenanzeigen, die auch bei direkter Sonneneinstrahlung sehr gut lesbar sind, der umfassenden Orientierung der Fahrgäste. Zusätzlich gibt es eine Ansage der Haltestellen.

Nicht zuletzt stellen die Fahrgäste auch immer höhere Ansprüche an den Fahrkomfort, sei dies der im Fahrgastabteil wahrnehmbare Lärm oder die Laufruhe. Auch bei Niederflur-Fahrzeugen werden höchstens gleich starke Vibrationen wie bei früheren Fahrzeuggenerationen akzeptiert.

Mit den NINA ist es gelungen, ein dem heutigen Einsatz entsprechendes Fahrzeug zu konzipieren, das die Bedürfnisse der Fahrgäste optimal erfüllen kann. Aufgrund des modularen Aufbaus kann mit Anpassungen auch auf künftige, veränderte Bedürfnisse eingegangen werden.

Bis zum 12. Dezember 2004 werden mit einem Umbauprogramm alle NINA-Fahrzeuge auf den gleichen Stand gebracht. Gleichzeitig wird mit gezielten Anpassungen und Nachrüstungen auch das bestehende Rollmaterial Richtung NINA-Standard angehoben.

Die Sicht des Betreibers

Lokomotivführer

Für die Lokomotivführer steht die Bedienungsfreundlichkeit der Fahrzeuge im Vordergrund. Mit der grossen spezifischen Leistung, die eine starke Beschleunigung und Verzögerung erlaubt, sowie mit der Beschleunigungs- und Verzögerungsautomatik

önnen die NINA einfach und bequem gefahren werden.

Die Komfortelemente, wie ergonomisch optimierte Führerplatzgestaltung, Führerraum-Klimatisierung, gute Rundumsicht und gute thermische und akustische Isolation, führen dazu, dass die NINA bei den Lokomotivführern sehr beliebt sind.

Betrieb und Unterhalt

Die NINA wurden mit einer optimierten Motorisierung ausgestattet. Wichtig war, dass genügend Leistung zur Verfügung steht, um schnell zu beschleunigen. Dagegen begnügte man sich mit einer Höchstgeschwindigkeit von 140 km/h und verzichtete bewusst auf einen Maximalwert von 160 km/h, da diese Geschwindigkeit nur an wenigen Stellen gefahren werden könnte und weil der Energiebedarf auch in Betracht gezogen wurde.

Die Komponentenauswahl erfolgt heutzutage aufgrund der Betrachtung der Kosten über die gesamte Lebensdauer (Life Cycle Costs, LCC). Diese Betrachtungsweise zeigt, dass die Komponenten bezüglich der Leistung nicht zu knapp bemessen sein dürfen, damit sie nicht vorzeitig ausfallen, aufgearbeitet oder ersetzt werden müssen. Es ist auch entscheidend, dass unterhaltsarme Technologien verwendet werden, beispielsweise Luftkühlung anstelle von Flüssigkeitskühlung. Spezielles Augenmerk wurde auch darauf gelegt, dass nur Komponenten verwendet werden, die sowohl im Sommer als auch im Winter einwandfrei funktionieren. Eine Bedingung ist, dass die NINA im Winterbetrieb 24 Stunden ohne besondere Massnahmen im Freien abgestellt werden können. All diese Anforderungen gelten auch für naturgemäss anfällige Komponenten wie die automatische Zentralkupplung und das geschlossene WC-System. Gerade hier zeigt es sich, dass auch in der heutigen Zeit Fahrzeugkonstruktionen, die auf die jeweiligen Gegebenheiten des Kunden Rücksicht nehmen, grosse Vorteile aufweisen.

Daneben wurde die Anordnung der Komponenten im Fahrzeug besonders beachtet, damit ein schneller und einfacher Betriebsunterhalt möglich und speziell bei Verschleissteilen ein rasches und einfaches Austauschen sichergestellt ist.

Die sehr geringe Ausfallrate ist für den Betreiber in doppelter Hinsicht willkommen: Die hohe Verfügbarkeit erlaubt es, die Zahl der Reservefahrzeuge zu minimieren und reduziert die Zahl der Fahrzeugausfälle, die sehr teuer sind und allseits Ärger verursachen. Seit dem Einsatzstart der NINA an Weihnachten 1998 sind keine Komponentenmängel aufgetreten, die einen Austausch erfordern. Angesichts der erhöhten Zuverlässigkeit ist ein Grossunterhalt erst nach 10 Jahren erforderlich.

Bei der BLS ist man zurzeit daran, alle unterhaltsrelevanten Daten zu sammeln und daraus ein Kennzahlensystem aufzubauen, das im Rahmen eines internationalen Benchmarks verglichen werden kann.

Einsatz bei weiteren Bahnen

Die spontane, grosse Kundenakzeptanz der NINA-Flotte bei der Einführung zeigte, dass für die Folgeserien keine grundlegenden Anpassungen erforderlich sind. So ist es möglich, mit einem kleinen Umbau der bestehen-

den Züge eine einheitliche Flotte baugleicher Fahrzeuge zu schaffen.

Für die zweite Serie, sechs Einheiten für die BLS, drei für die TMR und zwei für die TRN, wurden mit den Lieferanten nur geringfügige technische Verbesserungen eingeführt. Ab der dritten Serie für die BLS wird eine Änderung am Bordnetzrichter (BUR) vorgenommen, um die Lärmabstrahlung nach aussen zu reduzieren.

Mit diversen Interessengruppen, speziell mit der Schweizerischen Fachstelle Behinderte und öffentlicher Verkehr (BoeV), wurden Diskussionen geführt. Diese Gespräche hatten das Ziel, mit Anpassungen der Innenraumgestaltung und mit dem Anbringen von Hinweisen, Piktogrammen und Kennzeichnungen die Information der Fahrgäste zu verbessern.

Zusätzlich hat eine Kundenumfrage gezeigt, dass von den Fahrgästen mit Nachdruck eine Toilette in den Zügen gewünscht wird. Es wurde beschlossen, trotz einer gewissen Beeinträchtigung der Sichtverhältnisse durch den Zug ein behindertentaugliches, geschlossenes Vakuum-WC einzubauen und bei den bestehenden acht Fahrzeugen der ersten Serie nachzurüsten.

Ausblick

Derzeit laufen mit grosser Intensität die Vorbereitungsarbeiten für die Einführung der S-Bahn Bern am 12. Dezember 2004. Die Anforderungen an die Lokomotivführer werden mit dem neuen Fahrplan steigen: Die Intervalle werden immer kürzer, die Fahrzeuge müssen stärker beschleunigen, und der übrige Betrieb wird anspruchsvoller. Es werden Flügelzüge und in den Spitzenzeiten kurzfristige Mehrfachtraktionen gebildet. Es ist deshalb das Ziel, die Lokomotivführer mit neuer Technologie zu unterstützen, um den immer anspruchsvoller werdenden Betrieb zu bewältigen.

Dabei zeigt sich immer wieder, dass eine komplette Flottenerneuerung mit optimierten Fahrzeugen für den S-Bahn-Betrieb attraktiver und rentabler ist als der Einsatz der bestehenden RBDe-565-Pendelzüge, die für eine andere Bestimmung konstruiert wurden. Wegen des grossen Investitionsvolumens, aber auch wegen der Kapazität der Lieferanten wird es aber noch einige Jahre erforderlich sein, mit umgerüstetem vorhandenem Rollmaterial zu fahren.

Aus diesem Grund, speziell aus Kundensicht sowie betriebswirtschaftlichen Überlegungen, hat die BLS für die S-Bahn ab 12. Dezember 2004 den Einsatz von gesamthaft 32 dreiteiligen NINA-Einheiten geplant. Seit dem Fahrplanwechsel 1999 sind acht Einheiten im Einsatz. Im Rahmen der BLS-Eigenfinanzierung sind 24 weitere dreiteilige NINA-Einheiten bestellt, deren Auslieferung 2002 begonnen hat und im November 2004 enden soll.

Zusammenfassung

Die bisherigen Betriebserfahrungen mit den NINA seit 24. Dezember 1998 haben gezeigt, dass die gesteckten Erwartungen erfüllt werden. Das Fahrzeug beweist eine hohe Verfügbarkeit, ist unterhaltsarm und bei den Fahrgästen sowie beim Personal sehr beliebt.

Mit dem NINA wurde ein Fahrzeugkonzept entwickelt, das auf die spezifischen Randbedingungen der Bahngesellschaft und die Bedürfnisse des Kunden zugeschnitten ist. Aus bewährten Komponenten anderer Fahrzeuge wurde ein neues Fahrzeugkonzept mit grossem Niederfluranteil zusammengestellt. So war es möglich, die international beim Bau von modernem Rollmaterial – speziell im Hochgeschwindigkeitsbereich – gemachten Erfahrungen und Fortschritte auch auf ein Fahrzeug des S-Bahn- und Regionalverkehrs zu übertragen und zu realisieren.

Das Fahrzeug braucht Vergleiche mit ausländischen Fahrzeugkonzepten im S-Bahn- und Regionalverkehrsbereich nicht zu scheuen. Leider fehlt es international nach wie vor an objektiven, vergleichbaren Kriterien, mit denen Fahrzeuge gegenseitig verglichen und beurteilt werden können, wie Leistungsgewicht, Fahrzeuggewicht pro transportiertem Fahrgast oder Energieverbrauch.

Aufgrund der Reduktion der Anzahl Rollmaterialanbieter und des zunehmenden Entwicklungsaufwandes für neue Fahrzeugkonzepte, speziell im höheren Geschwindigkeitsbereich, verstärkte sich in den letzten Jahren auf der Anbieterseite der Trend zu standardisierten Komplettlösungen. Mit Fahrzeugen ab Stange werden zwar das Entwicklungsrisiko und die Herstellkosten reduziert, doch können die spezifischen topographischen Verhältnisse, die spezifischen Einsatzverhältnisse und das Verkehrsaufkommen der jeweiligen Bahn oft zu wenig berücksichtigt und abgedeckt werden.

Bei der Entwicklung des NINA für die S-Bahn Bern ist es gelungen, im Rahmen der Entwicklung auch diese Aspekte hersteller- wie kundenseitig zu berücksichtigen. Es bleibt zu hoffen, dass trotz des Konzentrationsprozesses der Rollmaterialindustrie auch in Zukunft kompetente Anbieter für solche Entwicklungen zur Verfügung stehen.

Literaturverzeichnis

- [1] Mürli, Kurt: Das Konzept der neuen Pendelzüge der BLS-Betriebsgemeinschaft, Schweizer Eisenbahn-Revue 1/1982, S. 3.
- [2] Baumgartner, Wolfgang: Die neuen Pendelzüge (NPZ) der Schweizerischen Bundesbahnen in der Serieausführung, Schweizer Eisenbahn-Revue 3/1987, S. 87.
- [3] Mürli, Kurt: Normalspurige Niederflur-Triebzüge mit Drehstromantriebstechnik, Schweizer Eisenbahn-Revue 7/1991, S. 214.
- [4] Leichtbau-Tramwagen für Schweizer Nebenlinien, Schweizer Eisenbahn-Revue 10/1992, S. 452.
- [5] Tromp, Mathias; Mürli, Kurt: Normalspurige Niederflur-Nahverkehrs-Pendelzüge für die Agglomeration Bern (NINA), Schweizer Eisenbahn-Revue 1-2/1996, S. 23, und Eisenbahn-Revue International 1-2/1996, S. 39 – 46.
- [6] Gerber, Peter; Stöckli, Josef: Die Niederflur-Nahverkehrs-Pendelzüge RABe 525 „NINA“ der BLS Lötschbergbahn AG, Schweizer Eisenbahn-Revue 1-2/1999, S. 19.
- [7] Basisvereinbarung zwischen SBB und BLS vom 15. Mai 2001 zur verstärkten unternehmerischen Zusammenarbeit.

Rechte Seite:

Oben: NINA der TMR (RABe 527 511) oberhalb von Sembrancher (Foto: U. Jossi, 16. September 2002).

Unten: Überfuhr eines NINA der TRN vor dem Schloss Chillon am 5. April 2002 (Foto: R. Steiner).



SBB CFF FFS

FLIRT - motorvogn til de
sveitsiske forbundsbaner

STADLER

Cleverer Lösungen auf der Schiene



FLIRT står for flink, lett, innovativt regionaltog (fra tysk: Flinker, Leichter, Innovativer Regional - Triebzug)

Sammenstilt til en prosjektundersøkelse i Norge:
Hans Bodmer, Schlottenbuelstrasse 9b, CH-8625 Gossau / ZH
☎ +41 44 936 18 30

30.12.2005

Modernisering og ytelsesøkning Trønder- og Meråkerbanen

Rullende materiell (motorvognsett)

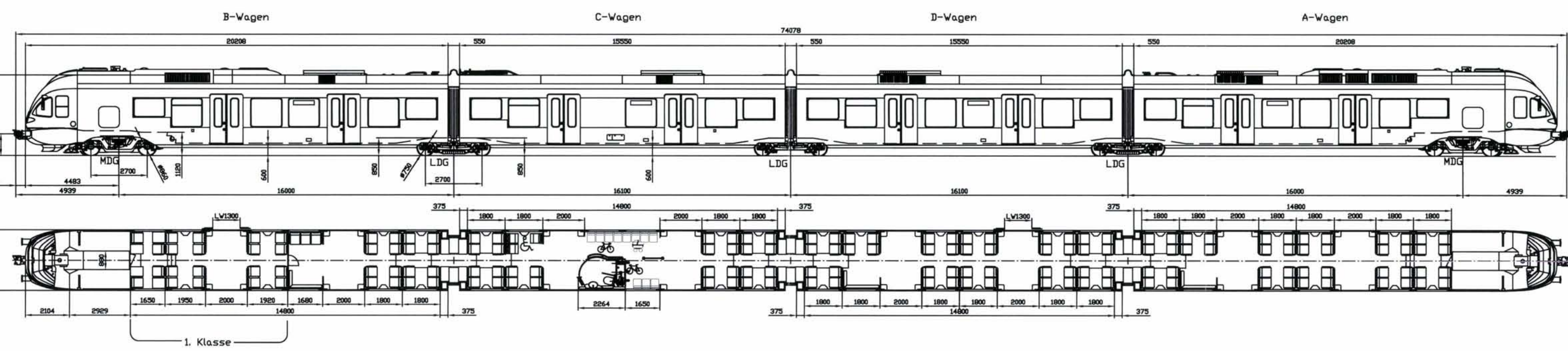
- Evaluering og forslag til mulige motorvognsett

Tekniske data til FLIRT - motorvognsett 4-delt

Beskrivelse	flink, lett, innovativt, regionaltog (tysk: Flinker, Leichter, Innovativer Regional - Triebzug)
Byggserie (BLS)	RABe 523 / 521
Typebeskrivelse	RABe ⁴ / ₁₀
Byggeår	2004, 2005 osv.
Sporbredde	1435 mm
Strømsystem	Enfas vekselstrøm
Spenning	15 000 Volt
Frekvens	16,7 Hertz
Topp hastighet	160 km/t
Hjulsettfolge	Bo'2'2'2'Bo'
Sitteplasser 1. og 2. Klasse	158
Klappseter	11
Sitteplasskapasitet	169 pers.
Ståplasser (4 pers. / m ²)	301 pers.
Totalkapasitet	459 pers.
Lengde over kuppelnivå	74 076 mm
Vognboksbredde	2880 mm
Påstigningshøyde over SOK (skinneoverkanten)	570 mm
Gulvhøyde høygulv	1120 mm
Høyde av koblingsmidten over SOK	1040 mm
Motordrivverk akselposisjon	2700 mm
Hjuldiameter ny	860 mm
Hjuldiameter slitt	800 mm
Løpedrivverk akselposisjon	2700 mm
Hjuldiameter ny	750 mm
Hjuldiameter slitt	690 mm
Tomvekt	120 t
Maksimal ytelse ved hjulet	2600 kW
Maksimal fremkjøringskraft	200 kN
Varme, ventilasjon, klimatisering	
Passasjerkupé	Varme og ventilasjon
Førerrom	Klimatisering
Inngangsdører	8 (2 per enhet)
Vognkasse	Lettbygg i aluminium
WC	Tilpasset handikappede

SOK = skinneoverkant

Alle Zeichnungen sind die urheberrechtliche Eigentumsfrage der Stadel Rössler AG. Nachdruck ist ohne schriftliche Genehmigung der Stadel Rössler AG. 9565 Rössler



158 Sitzplätze (20 1.Kl., 138 2.Kl.)
 11 Klappsitze
 169 Sitzplätze total
 301 Stehplätze (nach DIN 25008, 4 P./m²)
 163 Stehplätze (in Einstieg und Mehrzweckräumen, 3 P./m²)

Änderungsindex D | Stand 21.07.04

SBB Flirt / NRF		Gezeichnet 06.03.03		niederer	
Triebzug 4-Teilig		Geprüft 12.03.04		Bruderer	
Stadtbahn Zug		Gesehen			
1x					
STADLER		Rolle/Typ		Matt/Rbn	
Stadel Rössler AG		9565 Rössler		1/1	
106446		Zeichnungs-Nr.		Index	
				D	

Vrs 10 07.05.03/rs c) 12.03.04/rs g) 21.07.04/rs
 Stehplatzfläche angepasst

FLIRT - motorvognsett i drift hos SBB; bytog Zug



Zug - Baar; 28.10.2005



Bilder:

Hans Bodmer, Schlottenbuelstrasse 9b, CH-8625 Gossau / ZH (Sveits)

☎ +41 44 936 18 30



FLIRT - motorvognsett i Zug-Neufeld; 28.10.2005



Det første FLIRT hos firmaet STADLER i Bussnang (Thurgau)

Passasjerkupeen



Passasjerkupe 2. klasse



Passasjerkupe 1. klasse

Bilder:

Hans Bodmer, Schlottenbuelstrasse 9b, CH-8625 Gossau / ZH (Sveits)

Feil! Fant ikke referansebildene. +41 44 936 18 30

FLIRT - motorvognsett i drift hos SBB; bytog Zug; interiørdetaljer



1. klasse



2. klasse

Zug - Baar; 28.10.2005



Førerrom

„flinke, leichte, innovative Regional-Triebzug“ für die SBB

I.-Ing. Sven Klein
Systemengineering
der Rail AG

Widely ist der schienengebundene Regionalverkehr ein wachsender Markt. Die Stadler konnte sich durch den damit bestehenden Fahrzeugbedarf mit dem flexiblen Konzept des Gelenktriebwagens erfolgreich positionieren.

Wichtig sind jedoch Fahrzeuge mit grosser Fahrgastkapazität und erweiterten Einzelfeldern gefragt. Eine Anpassung der Konzeption an diese Erfordernisse erfolgt nur mit grossen Kompromissen möglich. Daher wurde der Entschluss gefasst, das Produktspektrum durch eine Fahrzeugfamilie mit grösserer Fahrgastkapazität zu erweitern. Es wurde der „flinke, leichte, innovative Regional-Triebzug“ (FLIRT) entwickelt. Dieses Konzept konnte im Herbst 2002 im Auftrag der SBB gewonnen werden.

Entwicklungskonzept

Wagenkonzept

Der bisher von Stadler gefertigte GTW in der zwei- und dreiteiligen Version bietet bis zu 100 Sitzplätze und hat sich für den Einsatz im Regionalverkehr auf Nebenlinien mit der Knüpfung auf Hauptstrecken als sehr gut geeignet erwiesen. Der FLIRT ist in der dreisechsteiligen Version für den Regional-S-Bahn-Verkehr mit hohem Fahrgastkommen konzipiert und insbesondere in der Fünf- und Sechs-Wagen-Version auch für den Interregio-Verkehr geeignet. Mit der Flexibilität bezüglich Länge und Breite der einzelnen Wagenteile können spezielle Kundenanforderungen zum Beispiel nach hoher Sitzplatzkapazität bei geringstmöglichem Fahrzeuggewicht berücksichtigt werden.

Die Bahnsteighöhe von 550 mm gewinnt international zunehmend an Verbreitung, so dass auch mit einer Fussbodenhöhe von 570 mm der FLIRT ein nahezu ebenerdiger Einstieg möglich ist. Dies schliesst jedoch nicht aus, dass bei grösseren Bahnsteighöhen eine entsprechende angepasste Gestaltung der Einstiegsverhältnisse realisiert werden kann. Die grosszügige Einstiegsbereiche mit 1300 mm breiter Türweite – wahlweise ein- oder

zweimal je Wagen – berücksichtigen die Anforderungen des S-Bahn- und des Interregio-Einsatzes.

Der Fahrgastraum wurde zu fast 95 % der Grundfläche niederflurig gestaltet. An den Wagenübergängen ist der Fussboden nur leicht erhöht, so dass diese Höhendifferenz mit flachen Rampen überwunden werden kann.

Zur Unterbringung der Traktionsausrüstung wurden verschiedene Varianten untersucht. Insbesondere die Anordnung des schweren kompakten Traktionstransformators stellt bei Niederflur-Triebzügen eine grosse Herausforderung dar. Eine Unterfluranordnung war wegen des angestrebten hohen Niederfluranteiles nicht möglich. Eine Anordnung auf dem Dach hätte eine sehr massive Wagenkastenkonstruktion erfordert und sich nachteilig auf die Flexibilität der Türanordnung und auf die grosszügige Fenster- und Raumgestaltung ausgewirkt. Daher wurde die bereits bei den GTW-Fahrzeugen bewährte Konzentration der Antriebsausrüstung über den Triebdrehgestellen gewählt: Der Bereich hinter den Führerräumen ist als Maschinenraum gestaltet. Dadurch wird eine gewichtssparende Anordnung mit kompakten Traktions- und Steuerungsbaugruppen und kurzen Verbindungen zwischen diesen möglich. Weder die freie Durchsicht durch das gesamte Fahrzeug noch der Blickkontakt zum Fahrzeugführer sind durch diese Definition wesentlich beeinträchtigt.

Entsprechend den in den vergangenen Jahren erarbeiteten Richtlinien zum Schutz der Fahrgäste vor den Folgen von Auffahrunfällen wurden besonders hohe Anforderungen an das Crashenergie-Absorptionsvermögen der Fahrzeugstruktur gestellt. Diese wurden in einem Crashkonzept definiert und bei der Konstruktion des Wagenkastens sowie der Anbauteile berücksichtigt.

Fahrdynamische Eigenschaften

Um das Fahrzeug im Interregio-Verkehr einsetzen zu können, wurde die Höchstgeschwindigkeit auf 160 km/h festgelegt.

Das Beschleunigungsvermögen wurde durch das vorgesehene Betriebsregime der SBB bei der Stadtbahn Zug, dem ersten Anwendungsgebiet des FLIRT, vorgegeben. Zwischen den halbstündlich verkehrenden IR-Zügen der Linie Zürich – Luzern müssen Stadtbahn-Züge auf dem gleichen Gleis die Strecke der neuen Stadtbahn Zug mit Halt an allen Stationen bewältigen. Daraus leiten sich eine Anfahrzugkraft von 200 kN und eine hohe zu installierende Leistung ab.

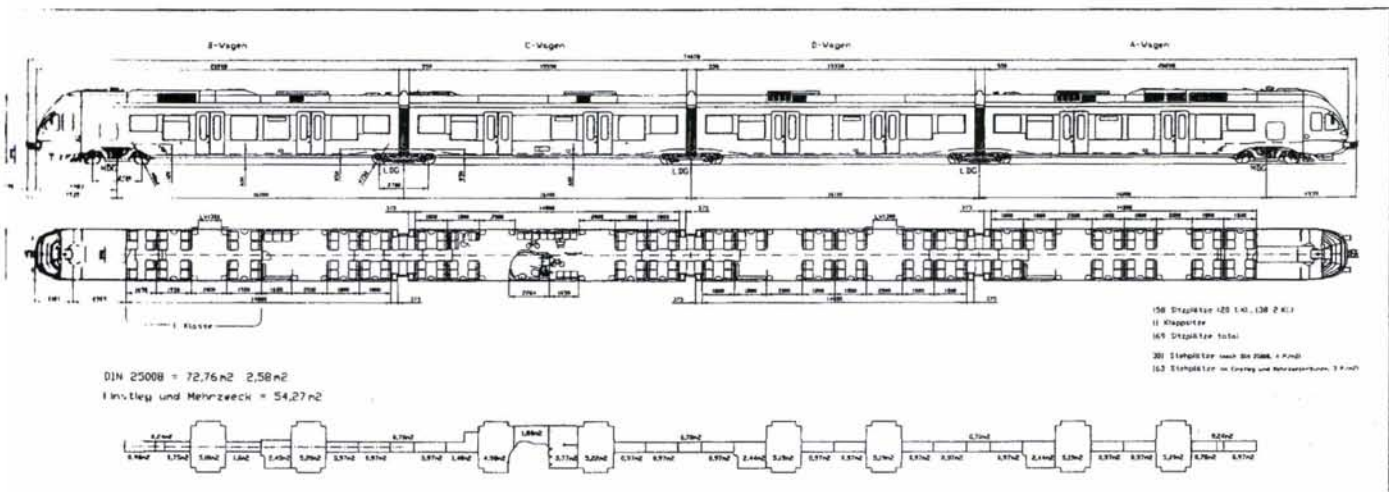
Seitens des Fahrzeugkonzeptes sind nur die Drehgestelle unter den Führerständen als Triebfahrwerke vorgesehen, über denen die Traktionsausrüstung konzentriert ist. Sind zusätzlich auch angetriebene Jakobsfahrwerke erforderlich, um das hohe Beschleunigungsvermögen eines Stadtbahn-Zuges zu erreichen? Die Antwort liefert eine einfache Plausibilitätsbetrachtung: Das Adhäsionsverhältnis, das heisst das Verhältnis zwischen Achslast auf den angetriebenen Radsätzen zum Gesamtgewicht des Fahrzeuges, entspricht beim vierteiligen FLIRT etwa dem einer vierachsigen, 80 t schweren Lokomotive mit zwei Doppelstockwagen oder drei einstöckigen Reisezugwagen. Das Beschleunigungsvermögen einer derartigen Zugkomposition kann auch bei ungünstigen Witterungsbedingungen als ausreichend bezeichnet werden. Diese konzeptionellen Überlegungen sind inzwischen bei Versuchsfahrten eindrucksvoll bestätigt worden.

Beschreibung der technischen Ausrüstung

Gestaltung der Wagenkästen

Die Wagenkästen sowohl der Zwischenwagen als auch der Endwagen mit der Traktionsausrüstung sind in Aluminium-Leichtbauweise konstruiert. Entsprechend UIC-Merkblatt beziehungsweise EN12663 ist die Fahrzeugstruktur für eine Längsdruckkraft

Typenskizze des FLIRT (Zeichnung: Stadler)



Für Bremsversuche weilte am 10. September 2004 der FLIRT RABe 521 029 auf der Schweizerischen Südostbahn (SOB). Dabei wurden im Rahmen des Typenzulassungsverfahrens drei Fahrten auf den 50-%-Steilrampen zwischen Biberbrugg und Samstagern unternommen (Foto: T. Keller).

von 1500 kN in Kupplungshöhe ausgelegt. Der Wagenkastenquerschnitt ist entsprechend dem nicht erweiterten Fahrzeugumgrenzungsprofil gestaltet.

Die Konstruktion des Wagenkastens folgt einer konsequenten Weiterentwicklung der bewährten Kastenstruktur der GTW-Fahrzeuge. Entsprechend den höheren Anforderungen wird die Struktur in vollständig geschweisster Ausführung hergestellt. Die Untergestelle, die Seitenwände und Dächer werden aus Aluminium-Grossprofilen zusammengeschweisst. Es kommen hauptsächlich Legierungen der 6000er Reihe nach DIN EN573-3 zur Anwendung.

Die Wagenkastenstruktur kann durch Anpassung der Querprofile mit relativ geringem Aufwand an verschiedene Fahrzeugbreiten angepasst werden. Der Sitzteiler ist mit 1800 mm für Nahverkehrsfahrzeuge sehr komfortabel gestaltet. Bei Einschränkungen bezüglich des zulässigen Fahrzeuggewichtes oder der verfügbaren Bahnsteiglänge kann dieser jedoch auf das weitverbreitete Mass von 1650 mm reduziert werden.

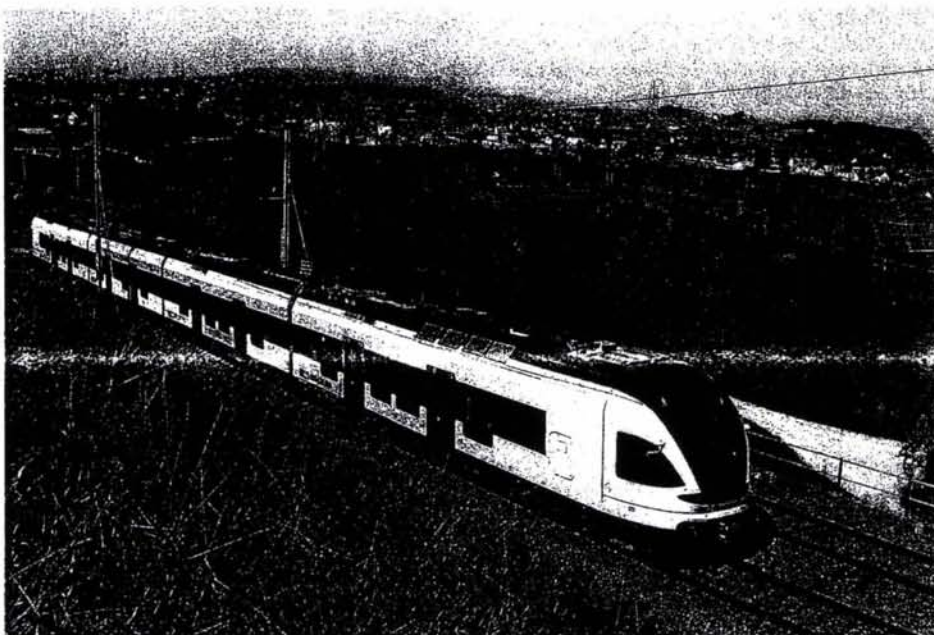
Die Wagenkästen sind über den Laufdrehgestellen mit sphärischen Gummi-Stahl-Gelenken verbunden, welche die Längskräfte zwischen den Wagenkästen übertragen. Die vertikalen Abstützkräfte werden über zwei Luftfedern je Wagenkasten von den Drehgestellrahmen aufgenommen. Die Gelenkanordnung erlaubt somit horizontale Winkelbewegungen bei Kurvenfahrt, vertikale Bewegungen bei Neigungswechseln und auch das Befahren von Gleisverwindungen.

Die Gestaltung der Fahrzeugfront orientiert sich mit der GFK-Struktur an dem bekannten Erscheinungsbild der neuesten GTW-Generation, unterstreicht jedoch wirkungsvoll den Eindruck des „grossen Bruders“ des GTW. Vorteilhaft wirkt die relativ steile, separate Scheibe vor der Frontanzeige, welche störende Reflexionen beim Betrachten des Anzeigetextes vermeidet.

Infolge der konzeptionell vorgegebenen Jakobsfahrwerke wurde der Gelenkbereich zwischen den einzelnen Wagen neu konstruiert. Die Vorteile des so entstandenen grosszügigen Wagenüberganges ohne Stufen wurden vom Designkonzept aufgegriffen und in einer Weise verstärkt, dass ein lichter, grosszügiger Gesamttraum ohne störende Querverbauten entstanden ist. Bereits bei der aktuellen GTW-Generation werden Komponenten eingesetzt, die für die FLIRT-Fahrzeuge übernommen wurden, wie zum Beispiel:

- rahmenlose Seitenfenster mittels Profilgummi in die Seitenwand eingesetzt,
- modular aufgebaute Deckenelemente mit integriertem Luftkanal und Leuchtenband, Schutzwand- und Haltestangen mit instandhaltungsfreundlicher Seitenwand- und Deckenbefestigung, Seitenwandverkleidung in einfacher Platenausführung.

Eine Weiterentwicklung stellt die Cantileverkonsole zur Abstützung der Fahrgastsitze dar. Um einerseits eine gewichtsoptimierte Strukturbaupweise im Untergestellbereich si-



cherzustellen und andererseits die Durchgängigkeit der Heizkanäle im Cantileverbereich zu ermöglichen, wurde die Cantileverkonsole mit einer reinen Seitenwandanbindung ausgeführt.

Auf jeder Fahrzeugseite sind in der realisierten vierteiligen Fahrzeug-Grundversion acht zweiflügelige Schwenkschiebetüren mit einer lichten Weite von 1300 mm angeordnet. Der Antrieb der Türen erfolgt elektrisch. Ausfahrbare Schiebetritte überbrücken den Spalt zur Bahnsteigkante. Jeder Tritt ist mit einer Kollisionsüberwachung und zusätzlich mit einer Überfahrüberwachung ausgerüstet. Fährt er gegen ein Hindernis, wird das Ausfahren gestoppt und der Tritt leicht zurückgezogen.

Der Führerstand ist abgeleitet von den GTW-Fahrzeugen der Turbo AG. Der Sitz des Fahrzeugführers ist mittig angeordnet.

Wie auch die seit dem Jahr 2002 von den SBB, von RM und von Turbo beschafften Regionalfahrzeuge sind die FLIRT mit Mittelpufferkupplungen vom Typ FK-9-6 von Schwab Verkehrstechnik ausgerüstet. [1]

Crashkonzept

Die Craschanforderungen werden durch das Vorbaukonzept, durch die Mittelpufferkupplung mit hydraulischer Energieabsorption und durch energieabsorbierende Hilfspuffer erfüllt [2]. Bei Kollisionen zwischen einem FLIRT-Fahrzeug und allen spezifizierten Unfallgegnern bis 5 km/h entstehen ausschliesslich reversible Deformationen. Bei Kollisionen zwischen zwei FLIRT-Fahrzeugen bis 10 km/h wird die gesamte Energie reversibel durch die Kupplungen absorbiert. In keinem der oben genannten, gemäss Pflichtenheft geforderten Kollisionsfälle entstehen am Fahrzeugkasten bleibende Verformungen, ausser bei einer Kollision mit einem LKW bei 40 km/h, bei der die GFK-Führerstandskabine leicht eingedrückt wird (reparierbar). Die für die Fahrgäste spürbaren Verzögerungen bleiben in allen geforderten Szenarien unter 1,3 g.

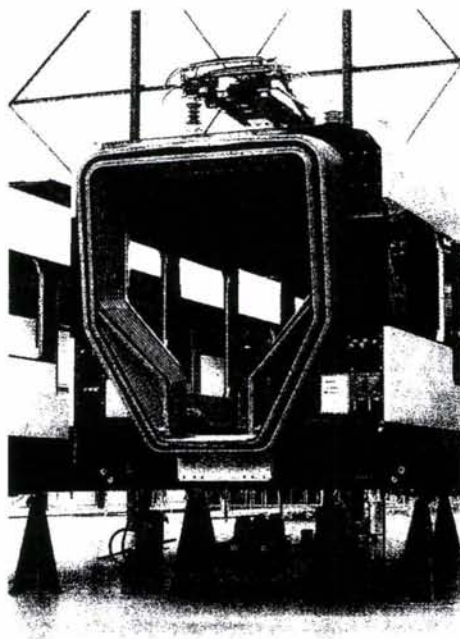
Drehgestellkonstruktion

Während die Triebköpfe unter den Fahrzeugenden mit angetriebenen Drehgestellen

ausgerüstet sind, wurden die Laufdrehgestelle zwischen den Wagenkästen in Jakobs-Bauart gestaltet. Diese Bauart kommt bei Stadler-Fahrzeugen erstmals zum Einsatz.

Lauf- und Triebdrehgestelle weisen das gleiche Grundkonzept auf. Die Primärfederung ist mit Schraubenfedern realisiert, die Sekundärfederung als Luftfeder mit integrierter Notlauffeder ausgeführt. Die Längskräfte zwischen Wagenkasten und Drehgestell werden durch Drehzapfen mit Lemniskatenführung übertragen. Die Radsatzführung erfolgt durch in Gummi-Metall-Buchsen gelagerte Radsatzlenker und erlaubt so passiv eine radiale Einstellung der Radsätze im Gleisbogen. Alle Radsätze sind mit Radscheibenbremsen ausgestattet. Die Achsen sind zur Aufnahme von üblichen Anbauteilen wie Erdungskontakten und Drehzahlgebern gestaltet. Dämpfer ergänzen die Drehgestellausrüstung.

Übergang zwischen den Wagenkästen (Foto: S. Klein).



Triebdrehgestelle sind mit zwei voll ab-
 Jerten Antrieben ausgerüstet. In diesen
 rwerken ist auch die Ausrüstung der Fe-
 speicherbremsen konzentriert.

Laufdrehgestelle als Jakobs-Fahrwerke
 rden durch den besonders flach konstru-
 Drehgestellrahmen charakterisiert,
 durch die sehr geringe Fussbodenhöhe
 ch im Gelenkbereich möglich wird. Wei-
 hin sind die vier Luftfedern zur Abstüt-
 g der beiden Wagenkästen vorhanden.
 tsprechend dem geforderten Bremsver-
 igen können die Laufdrehgestelle mit Ma-
 etschienenbremsen in Hochaufhängung
 gerüstet werden.

Pneumatische Ausrüstung

Versorgung der pneumatischen Ausrü-
 ng mit Druckluft erfolgt durch kompakt
 baute Dachgeräte auf den Triebköpfen,
 stehend aus Kolbenkompressor, Rück-
 hler und Einkammerlufttrockner. Das Kon-
 nsat kann aufgefangen werden.

s Fahrzeug ist mit Hauptluftleitung und
 ichtbehälterleitung ausgerüstet.

Fahrzeugführer erteilt die Bremsbefehle
 Normalfall über den Fahrschalter. Bei An-
 derung der Bremskraft wird zuerst die
 ktrische Bremse angesteuert und erst bei
 heren Verzögerungswerten die pneu-
 tische Bremse ergänzend eingesetzt. Die
 rmskraft wird durch die Leittechnik aufge-
 it, welche die Analogventile der einzelnen
 rmskreise ansteuert. Für Trieb- und Lauf-
 ggestelle werden unterschiedliche Vor-
 uesterdrücke gebildet. Der Druck der
 uftleitung wird dabei nicht verändert.

sserdem hat der Fahrzeugführer die Mög-
 keit, Bremsungen über ein siebenstufi-
 s Führerbremssventil und entsprechende
 uerung des Druckes der Hauptluftleitung
 zuleiten. Der HL-Druck wird von den ein-
 en Steuerventilen ausgewertet und dar-
 s ein Vorsteuerdruck für die einzelnen
 rmskreise gebildet.

des Triebdrehgestell besitzt einen eigen-
 en Bremskreis. Die Laufdrehgestelle sind
 einem gemeinsamen Bremskreis zusam-
 mgefasst. Die Vorsteuerdrücke werden
 urch Relaisventile in Abhängigkeit vom je-
 iligen Luftfederdruck lastkorrigiert. Letzt-
 urch können Gleitschutzventile den Zylinder-
 ick bei Gleitvorgängen reduzieren, bevor
 r Druck den einzelnen Bremszylindern zu-
 führt wird.

tbremungen, ausgelöst durch Sicher-
 tseinrichtungen, wirken auf die Hauptluft-
 ung. Auch der Fahrzeugführer kann mit
 em Nothahn diese direkt entleeren. Die
 isten pneumatischen Apparate sind auf
 andhaltungsfreundlichen Apparatetafeln
 ht zugänglich untergebracht.

Klimatisierung

Fahrzeugführerstände und Fahrgasträume der
 zeln Wagen sind jeweils mit kompak-
 Klimadachgeräten von Faiveley aus-
 üstet. Die Frischluftansaugung erfolgt im
 reich der Dachschrägen. Vom Klimagerät
 d die Zuluft über einen Schallabsorber di-
 t zum Deckenluftkanal geleitet. Mit dem
 ckenkanal wird die Zuluft über die ge-
 e Wagenlänge verteilt und durch die
 ecke in den Fahrgastbereich einge-
 sen. Ergänzt wird das Klimasystem durch
 ktrische Konvektionsheizkörper und Um-
 heizer, welche die Grundheizung der

Technische Daten

Spurweite	1435 mm
Höchstgeschwindigkeit	160 km/h
Radsatzfolge	Bo'2'2'2'Bo'
Sitzplätze erster und zweiter Klasse	158
Klappsitze	11
Sitzplatzkapazität	169
Stehplätze (4 Personen/m ²)	301
Gesamtkapazität	459
Länge über Kuppelebene	74 076 mm
Wagenkastenbreite	2880 mm
Einstiegshöhe über SOK	570 mm
Fussbodenhöhe Hochflur	1120 mm
Höhe der Kupplungsmitte über SOK	1040 mm
Motordrehgestell: Achsstand	2700 mm
Raddurchmesser neu	860 mm
Raddurchmesser abgenutzt	800 mm
Laufdrehgestell: Achsstand	2700 mm
Raddurchmesser neu	750 mm
Raddurchmesser abgenutzt	690 mm
Taragewicht	120 t
Maximale Leistung am Rad	2600 kW
Maximale Anfahrzugkraft	200 kN

Fahrgasträume und Führerstände gewähr-
 leisten beziehungsweise thermisch kritische
 Bereiche wie Einstiege und Wagenübergän-
 ge mit Warmluft versorgen.

Die Versorgung der Heizregister und Konvek-
 tionsheizkörper erfolgt einphasig durch die
 Heizwicklung des Traktionstransformators
 mit 400 V AC. Gegenüber der UIC-Heizspan-
 nung von 1000 V AC können somit im An-
 lagenbau weit verbreitete 400-V-Schaltgeräte
 und Isolationsmassnahmen angewendet
 werden. Als Heizschütze kommen verschleiss-
 freie Halbleiterschütze zum Einsatz.

Zur Lärmreduktion werden die Lüfter der Kli-
 mananlage drehzahlvariabel in Abhängigkeit
 der Kühlleistungsanforderung betrieben.
 Dies stellt eine besondere Herausforderung
 für die Klimaregelung hinsichtlich der Verei-
 sung der Kondensatoren dar.

Primärstromkreise

Das Fahrzeug verfügt über einen oder zwei
 Stromabnehmer, die über eine Dachleitung
 (Hochspannungskabel) miteinander verbun-
 den sind. Danach verzweigt sich der Lei-
 stungsfluss auf die beiden Antriebsstränge.
 Zwei Stromabnehmer sind insbesondere für
 den grenzüberschreitenden Verkehr vorge-
 sehen, wenn die Fahrleitungen mit grösserem
 Zick-Zack (zum Beispiel Deutschland,
 Österreich) verlegt sind oder wenn Metall-
 schleifleisten (zum Beispiel bei Gleichstrom-
 netzen) gebräuchlich sind.

Entgegen den bisher in der Schweiz verbrei-
 teten ESa-Stromabnehmern mit Gummi-
 Wippenfederung wurde wie schon bei den
 GTW für die Turbo eine Wippenfederung
 mit Schraubenfedern und Reibdämpfung in-
 stalliert. Damit können nahezu gleichblei-
 bende Feder- und Dämpfungseigenschaften
 und damit eine gute Kontaktierung mit der
 Fahrleitung über die gesamte Lebensdauer
 des Stromabnehmers erreicht werden. Eine

Druckluftspeisung zur Erfassung von
 Schleifleistenbrüchen ist für den Fahrzeu-
 geinsatz in Deutschland vorgesehen.

Die elektrische Ausrüstung ist mit Ausnahme
 der Stromabnehmer redundant gestaltet – ein
 Einfachfehler führt nicht zum Totalausfall des
 Fahrzeuges. Die Traktionsausrüstung der
 FLIRT des ersten Lieferloses ist bereits
 durchgängig für den Zweifrequenzbetrieb
 projektiert. Die Bestückung der entsprechen-
 den Apparate erfolgt jedoch erst, wenn die
 Fahrzeuge auch wirklich in einem solchen
 Betriebsregime eingesetzt werden sollen.

Die Fahrzeuge sind mit einem Energiever-
 brauchszähler gemäss den Infrastruktur-An-
 forderungen für den betrieblichen und tech-
 nischen Netzzugang in verschiedenen Län-
 dern ausgerüstet.

Jeder der beiden Antriebsstränge verfügt
 über einen Vakuumschalter mit integri-
 ertem Erdungsschalter Typ RM531 und
 einen hochspannungsseitigen Primärstrom-
 wandler. So wird sichergestellt, dass jede
 der beiden Antriebsanlagen unabhängig
 primärstromseitig überwacht und geschaltet
 werden kann. Der Hauptschalter weist eine
 Kurzschlussabschaltleistung von 375 MVA
 auf und ist mit einer modernen Vakuums-
 chaltrohre ausgestattet, die sich sowohl
 auf den Turbo-GTW als auch auf Mehr-
 stromlokomotiven bewährt hat.

Ein Hochspannungskabel leitet den Strom
 vom Hauptschalter zum Transformator. Die
 Hochspannungselemente auf dem Dach
 sind mit Silikonisolatoren abgestützt.

Auf dem Dach jedes Endwagens ist der mi-
 neralölgekühlte Traktionstransformator für
 die zugeordnete Antriebsausrüstung instal-
 liert; er schliesst den Maschinenraum quasi
 als Deckel ab. Der Transformator, die Rück-
 kühleinheit, die Ölpumpe und das Ausdeh-
 nungsgefäss bilden eine kompakte Bauein-
 heit. Der Transformator besitzt eine Primär-
 wicklung, zwei Sekundärwicklungen zur
 Speisung der Stromrichter und eine Heiz-
 wicklung. Die Sekundärwicklungen sind mit
 einer Anzapfung zur Systemumschaltung
 15 kV / 25 kV ausgeführt, womit die Zweifre-
 quenzversion ohne spätere Änderungen am
 Transformator realisierbar ist.

Stromrichtertechnik

Die Stromrichter der Bauart Bordline CC750
 von ABB Schweiz sind bereits bei den elek-
 trischen GTW-Fahrzeugen der neuesten Ge-
 neration für Regionalverkehr Mittelland und
 Turbo AG im Einsatz und wurden für die
 FLIRT-Fahrzeugfamilie übernommen. Die
 Schaltelemente weisen eine ausreichende
 Stromtragfähigkeit und ein genügendes
 Schaltvermögen auf, so dass auch die gröss-
 eren Ströme und Leistungen der FLIRT-An-
 triebe sicher bewältigt werden. Je Fahrmotor
 ist ein Stromrichter installiert.

Die wesentlichen Kennzeichen der Strom-
 richter sind (siehe auch [1]):

- Netzstromrichter als Vierquadrantenstel-
 ler und Fahrmotor-Stromrichter zur Spei-
 sung eines Fahrmotors,
- Integrierter Hilfsbetriebeumrichter und
 Batterieladegerät,
- hohe Zwischenkreiskapazität zur Vermei-
 dung des konventionellen Saugkreises,
- Zwischenkreisspannung 750 V,
- IGBT-Halbleiter mit 2 kHz nutzbarer Takt-
 frequenz und 1200 V Sperrspannung,

etrieb des Fahrmotor-Stromrichters im
sbewerteten PWM-Verfahren über
en gesamten Frequenzbereich,
ichrankbauweise mit Einschubmodulen,
brauchwasserkühlung der Schaltelemen-
e, interne Luftumwälzung mit Wasser-
ückkühlung.

bereits bei den GTW-Antrieben festge-
llt, konnten die Oberschwingungsverl-
infolge der hohen Taktfrequenz sowohl
ransformator als auch in den Fahrmoto-
sehr stark reduziert werden. Auch das
Drehstromfahrzeuge übliche Singen
er Kreischen, das durch die Oberschwin-
ngen der Ströme in den Kabeln und Wick-
ngen hervorgerufen wird, ist nicht hörbar -
s Fahrzeug fährt praktisch lautlos an.

Fahrmotoren und Antrieb

ch die prinzipielle Konstruktion der Fahr-
motoren und der Kardan-Hohlwellenantrie-
wurde von den GTW-Fahrzeugen über-
nommen (siehe auch [1]). Die höheren Lei-
stungen und Anfahrzugkräfte wurden bei
Dimensionierung berücksichtigt.

Fahrmotoren vom Typ TMF59-39-4 sind
Strom-Asynchronmotoren (ASM) der
ktionssysteme Austria GmbH (TSA) in
aner Neudorf (A). Die Dauerleistung je
Fahrmotor beträgt 500 kW, die Maximallei-
stung 650 kW. Sie sind fremdventiliert und

durchzugsbelüftet ausgeführt. Die Isolation
entspricht der Klasse 200.

Der Antrieb ist als Vollabgefederter Antrieb mit
Keilpaketkupplung vom Typ SZH595 (Voith
Turbo St. Pöten) ausgeführt. Die Anfahrzug-
kraft je Antrieb wurde auf 50 kN gesteigert.

Leittechnik

Wie bei den GTW-Fahrzeugen der neuesten
Generation wird auch beim FLIRT die Zug-
und Fahrzeugleittechnik mit Steuerungs-
baugruppen aus der Gerätefamilie MAS-T
von Selectron nach dem CAN-Open-Proto-
koll realisiert. Bei der Festlegung des Leit-
technikkonzeptes mussten einige Beson-
derheiten beachtet werden:

- redundante Ausführung der Fahrzeug-
Bussysteme und der Zugbus-Netzwerke,
- Zugbuskompatibilität mit GTW-Fahrzeu-
gen der neuesten Generation,
- die Gesamtanzahl der Leittechnik-Knoten
in einem FLIRT-Triebzug übersteigt die in
einem einzelnen CAN-Netzwerk adres-
sierbare Knotenanzahl,
- ein Brand in einem Fahrzeugteil (Fahr-
gastraum, Maschinenraum, Führerraum)
darf nicht zu einem Totalausfall der Leit-
technik führen.

Während die beiden ersten Anforderungen
auch mit dem GTW-Leittechnikkonzept [3]
erfüllbar sind, erforderten die weiteren Be-

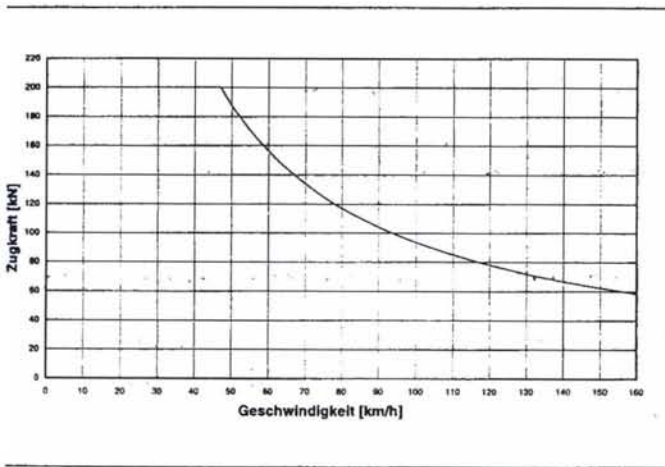
dingungen neue konzeptionelle Überlegun-
gen. Beim GTW erscheint das gesamte Fahr-
zeuggbusssystem als ein logisches Netzwerk -
es wird durch Buskoppler nur physikalisch
getrennt, um die Auswirkungen von Lei-
tungsunterbrechungen oder Kurzschlüssen
auf den Busleitungen zu begrenzen. Beim
FLIRT dagegen ist das Fahrzeuggbusssystem
in zwei Einzelsysteme unterteilt. Jedes Teil-
system wird von einer CPU als Master ge-
führt. Beide CPU im Fahrzeug sind über die
„grüne“ Leitung verbunden. Diese stellt eine
direkte CPU-CPU-Kommunikation dar, wo-
durch die Verteilung der Fahrzeug-Master-
funktion (Fahrzeugleitgerät) und eine gegen-
seitige Überwachung sichergestellt sind.

Um auch eine physikalische Abtrennung
einzelner Fahrzeugbereiche im Falle eines
Brandes zu erreichen, sind an geeigneten
Stellen Buskoppler installiert. So führt die
räumlich zum Teil enge und nicht trennbare
Verlegung der Fahrzeugbusleitungen bei ei-
nem Brand nicht zu einem Ausfall des Ge-
samtsystemes - der verbleibende intakte
Antrieb kann das Fahrzeug bis zum näch-
sten Halteplatz befördern.

Die Gestaltung des Schleuderschutzes er-
folgte nach den positiven Erfahrungen mit
den GTW-Fahrzeugen in der gleichen Weise
mit stromrichterinterner Beschleunigungsbe-
grenzung der Fahrmotoren und der Drehzahl-
begrenzung durch die Fahrzeugregelung.

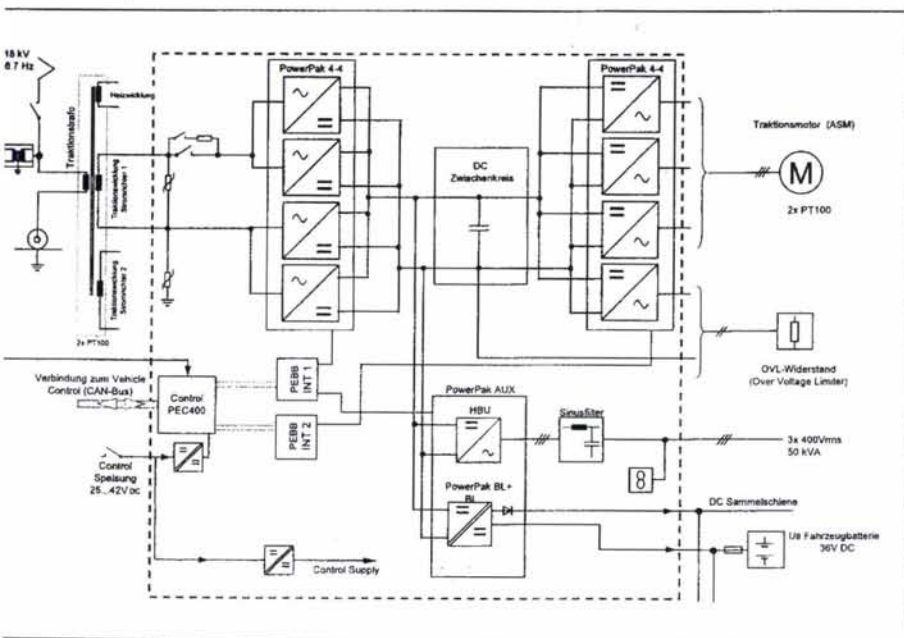
Die Zugbuskommunikation erfolgt redund-
ant wie bei den GTW-Fahrzeugen mit dem
CAN Powerline-System der Firma Selectron
[3] und erlaubt bei den FLIRT-Fahrzeugen für
die SBB betriebliche Zugverbände bis zu
vier Fahrzeugen. Das CAN-Kommunikati-
onssignal wird dabei einer 48 V-Trägerspan-
nung überlagert. Durch die Eingangsbe-
schaltung der Zugbuskoppler wird ein mini-
maler Stromfluss von 20 mA gewährleistet.
Dieser dient der Überbrückung der Kontakt-
widerstände, die durch Verschmutzung,
Feuchtigkeit oder ähnliches stark schwan-
ken können.

Abgerundet wird die Leittechnik durch ein
Diagnosesystem, welches in jedem Führer-
stand einen TFT-Bildschirm mit integriertem
Datenspeicher umfasst und auch für die An-
zeige aktueller Prozesswerte und Abhilfe-
massnahmen bei Störungen verwendet wer-
den kann.



Zugkraft-Geschwindig-
keits-Diagramm
(Zeichnung: Stadler).

Schaltung des Strom-
richters für einen
Traktionsmotor
(Zeichnung: ABB).



Hilfsbetriebe und Batteriestromkreise

Die Traktionsstromrichter beinhalten jeweils
einen Hilfsbetriebeumrichter (HBU) für die
Speisung der Drehstromkreise und je Trieb-
kopf ein Batterieladegerät, welches das Bat-
teriebordnet mit 36 V DC speist. Die Forde-
rung nach Redundanz ist damit berücksich-
tigt. Die Umrichter speisen die Verbraucher
mit 3 x 400V, 50 Hz bei einer Leistungs-
fähigkeit von jeweils 50 kVA. Während eines
Werkstattaufenthaltes kann eine Depotein-
speisung angeschlossen werden, um Dreh-
stromverbraucher im Fahrzeug zu betreiben
und die Batterien zu laden.

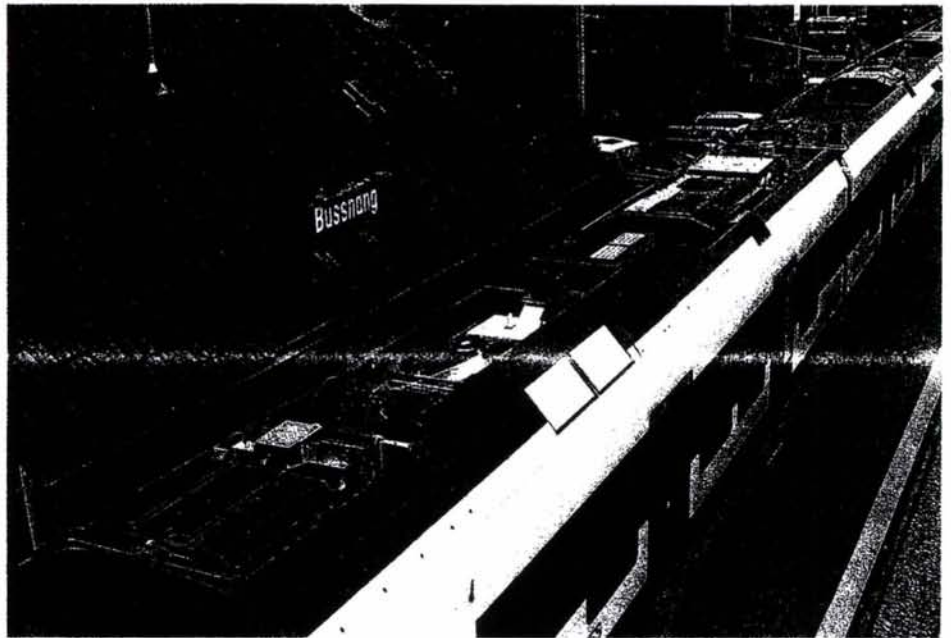
Die Kühlerlüfterantriebe für Stromrichter-
wasser und Transformatoröl sowie für die
Fahrmotoren werden je Triebkopf von einem
Frequenzumrichter in Abhängigkeit der
Kühlleistungsanforderung gespeist.

In jedem Triebkopf sind entsprechend der
Vorgabe der SBB übliche 2x18-V-Batterien
installiert. In Abhängigkeit vom Ladezustand
der Batterie werden durch die Leittechnik
einzelne Systeme selektiv abgeschaltet.

Kühlung der Antriebsausrüstung

Die Kühlluft wird in den Dachstrahlen der Triebköpfe angesaugt, in einem Bereich, in dem der Fahrtwind auch bei Höchstgeschwindigkeit als laminare Strömung am Fahrzeug entlangstreicht. So ist der Einfluss der Fahrgeschwindigkeit auf die Ansaug-Druckverhältnisse durch Verwirbelungen weitestgehend reduziert. Der Transformatoröl-Kühler bildet eine Baueinheit mit dem Transformator selbst, so dass bei Austausch des Transformators der Ölkreislauf nicht geöffnet werden muss. Belüftet wird der Kühler gemeinsam mit jenem des Stromrichterwassers durch einen drehzahlvariablen Drehstrommotor. Auch die Fahrmotorlüfter saugen die Kühlluft im Dachbereich an und sind drehzahlvariabel. Die Steuerung der Kühler- und Fahrmotorlüfter ist bedarfsabhängig und basiert auf einer Temperaturregelung der Kühlmedien.

Die elektrischen Maschinen wurden mit ausreichenden Reserven ausgelegt, so dass die Schallemissionen der Kühlanlagen auch bei sommerlichen Temperaturen als sehr gering empfunden werden.



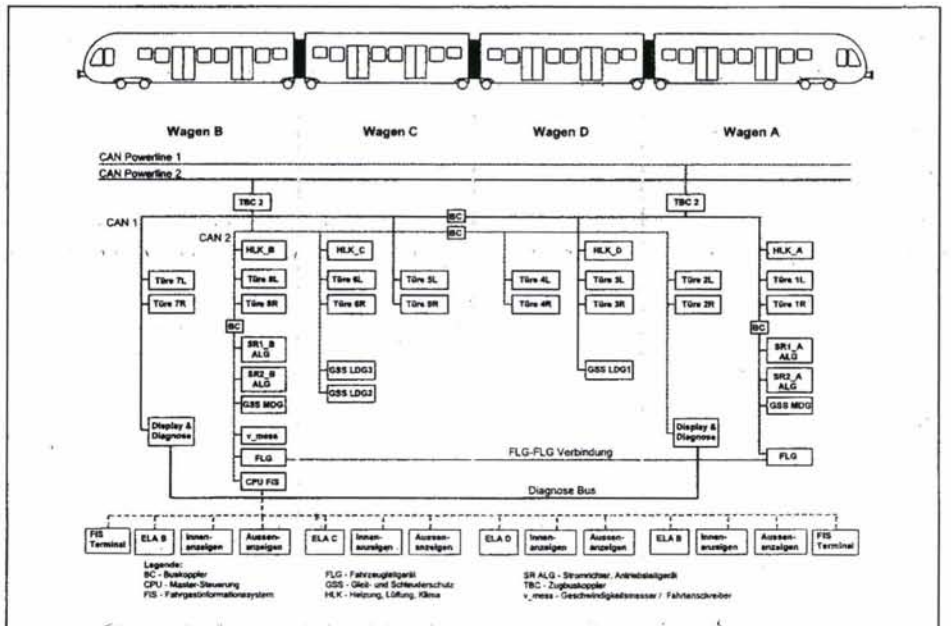
Fahrgastinformationssystem

Passagiere können durch Lautsprecheranlagen und Anzeigen umfassend über das Fahrziel und den Fahrtverlauf informiert werden. Das hierfür von der Firma Ruf gelieferte System ist in seiner Leistungsfähigkeit dabei längst nicht ausgeschöpft.

Aussenanzeigen sind an den Fahrzeugfronten und seitlich an jedem Wagen installiert. In den Einstiegsbereichen sind innen doppelseitige LED-Anzeigen montiert. Diese Anzeigen werden über einen seriellen RS-485-Bus gesteuert. Darüberhinaus ist in jedem Einstiegsbereich ein TFT-Bildschirm installiert. Die Bildschirme werden zentral von einem TCP/IP-Server gesteuert und über Ethernet-Glasfaserverbindungen mit Daten versorgt. Diese Ausführung verspricht neben einer enormen Übertragungskapazität bei günstigen Investitionskosten auch eine Sicherheit gegenüber Störungen durch elektrische und magnetische Felder und eine Unabhängigkeit vom Hersteller der Grafikhardware. Auch effektvolle Lösungen zur dynamischen Fahrgastinformation sind möglich. Darüber hinaus sind die Ethernet-Verbindungen ausgelegt, um digital aufbereitete Videosignale der Innenraum-Überwachungskameras durch das Fahrzeug zu einem zentralen Recorder zu übertragen.

Zur akustischen Information der Reisenden stehen Lautsprecher in den Fahrgasträumen und aussen sowie digitaler Sprachspeicher und Livedurchsagemöglichkeiten zu Verfügung.

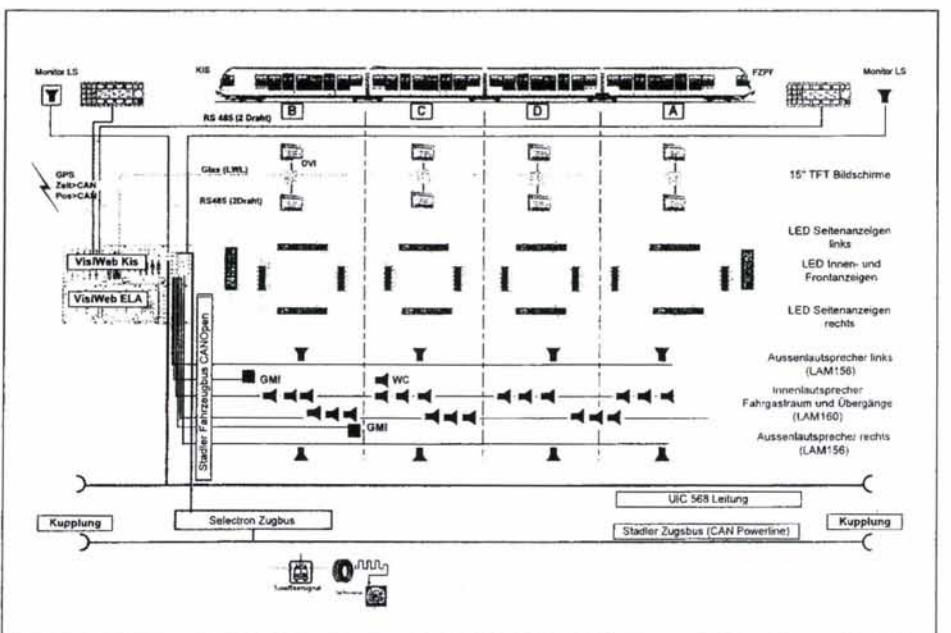
Die Fahrzeugortung stützt sich auf das Wegsignal aus der Fahrzeugleittechnik und das GPS-Ortungssignal. Daraus werden automatisch die Zeitpunkte zur Weiterschaltung der Anzeige- und Ansagetexte abgeleitet.

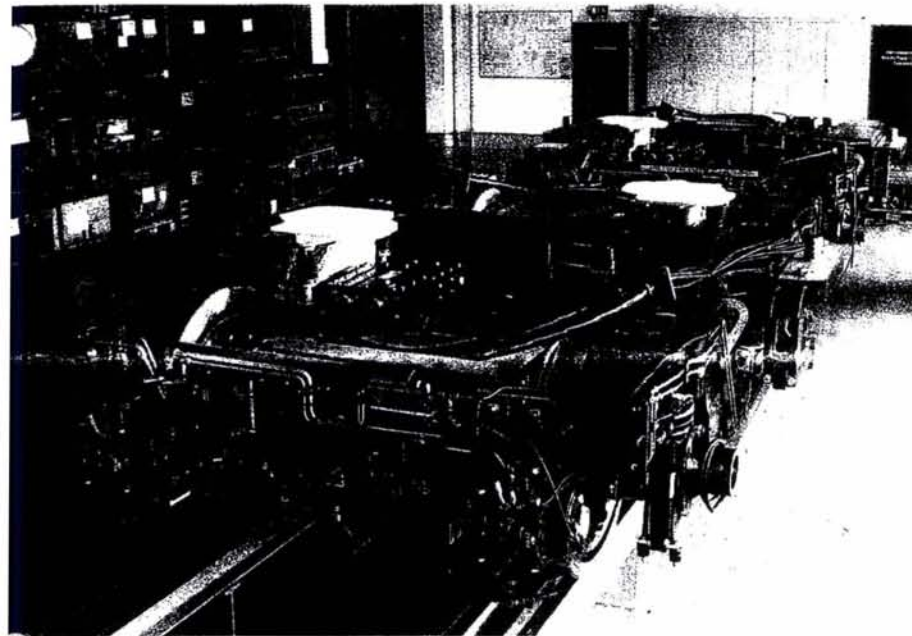


Oben: Blick auf die auf dem Dach angeordneten Apparate Dach (Foto: S. Klein).

Mitte: Die Leittechnik des FLIRT (Zeichnung: Stadler).

Unten: Schematische Darstellung des Fahrgastinformationssystems (Zeichnung: Stadler).





Ergänzt wird das System durch das SBB-Plattformkonzept APFZ, das Energiemanagement, Kommunikation mit der Betriebsleitstelle, Videoüberwachung mit Notrufsystem und Fahrgastzähleinrichtungen beinhaltet und einheitlich auf den Regionalfahrzeugen der SBB eingeführt werden soll.

Behindertengerechte Gestaltung

Die Berücksichtigung der Belange körperlich und geistig behinderter Personen umfasst sowohl den barrierefreien Zugang zum Fahrzeug und der Fahrgastbereiche, als auch sich einfach orientieren und in Notfällen bemerkbar machen zu können.

Die Niederflereinstiege gewährleisten ein bequemes Ein- und Aussteigen auch für Mobilitätsbehinderte. Am 550 mm hohen Bahnsteig ist ein stufenloser Zugang zum Fahrzeug möglich. Der Spalt zwischen Fahrzeug und Bahnsteigkante wird durch Schiebetritte überbrückt.

Die bisher übliche „behindertenfreundliche“ WC-Kabine wurde in Zusammenarbeit mit der Schweizerischen Fachstelle Behinderte und öffentlicher Verkehr (BÖV) zu einer behindertengerechten Lösung in dem Sinn optimiert, dass ein Rollstuhlfahrer und eine Begleitperson ausreichend Platz zur Verfügung haben.

Bei der Festlegung der Anzeigenanordnung und Anzeigetextgestaltung wurden insbesondere die Belange sehbehinderter Fahrgäste berücksichtigt. Darüber hinaus sind die Anzeigen der TFT-Displays in den Einstiegsbereichen auch für Rollstuhlfahrer und Kleinwüchsige gut erkennbar angeordnet. Laufschriften werden mit Rücksicht auf aufassungsgeminderte Personen vermieden.

Schallschutz

Der Vermeidung der Schallentstehung wurde hohe Aufmerksamkeit geschenkt.

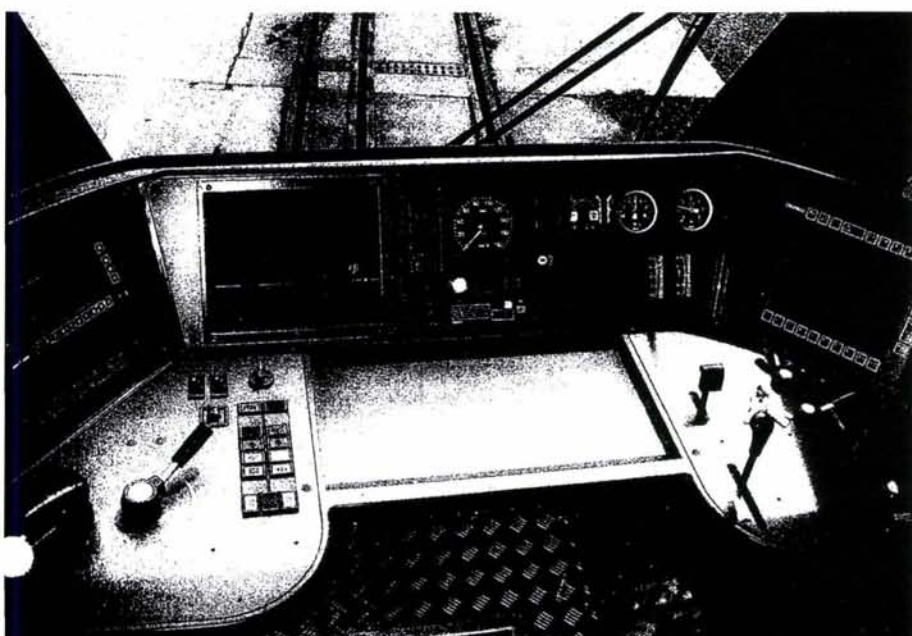
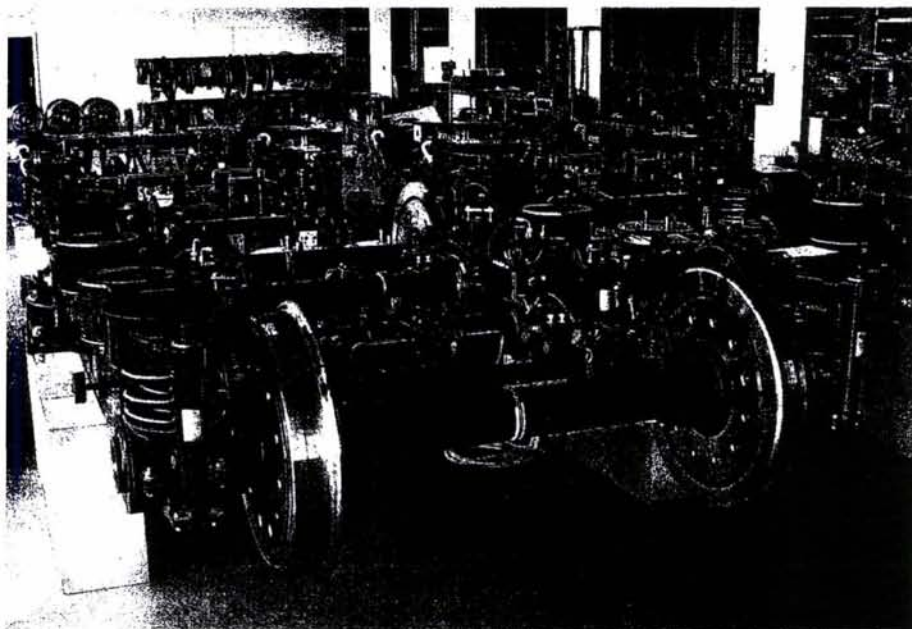
Die Traktionsausrüstung wurde mit ausreichenden thermischen Reserven ausgelegt, so dass der Kühlleistungsbedarf sein Maximum nur bei maximaler Traktionsleistung über einen längeren Zeitraum erreicht und die Kühlerlüfter im Normalbetrieb nicht mit maximaler Drehzahl laufen.

Drehzahlvariable Kühlerlüfterantriebe für die Traktionsausrüstung weisen bei normalen Betriebs- und Umgebungsbedingungen nur einen sehr geringen Geräuschpegel auf. Auch die Lüfter der Klimaanlage werden drehzahlvariabel betrieben.

Darüber hinaus sind in geräuschsensiblen Bereichen Schalldämmbeschichtungen aufgebracht. Schallabsorber in den Zuluftkanälen der Klimaanlage reduzieren die Schallmissionen in den Fahrgasträumen. Die auf dem Dach installierten Kompressoren (Luftbeschaffung, Klimaanlage) sind schwingungstechnisch entkoppelt montiert.

Ersteinsatz und Entwicklungspotential

Im September 2002 erteilten die SBB einen Auftrag über die Lieferung von zwölf viertei-



Oben: Das Triebdrehgestell (Foto: S. Klein)

Mitte: Das Laufdrehgestell in Jakobs-Bauart. Die Luftfederbälle sind noch nicht montiert, sichtbar sind die Notfedern (Foto: S. Klein).

Unten: Das Führerpult (Foto: S. Klein)

STADLER

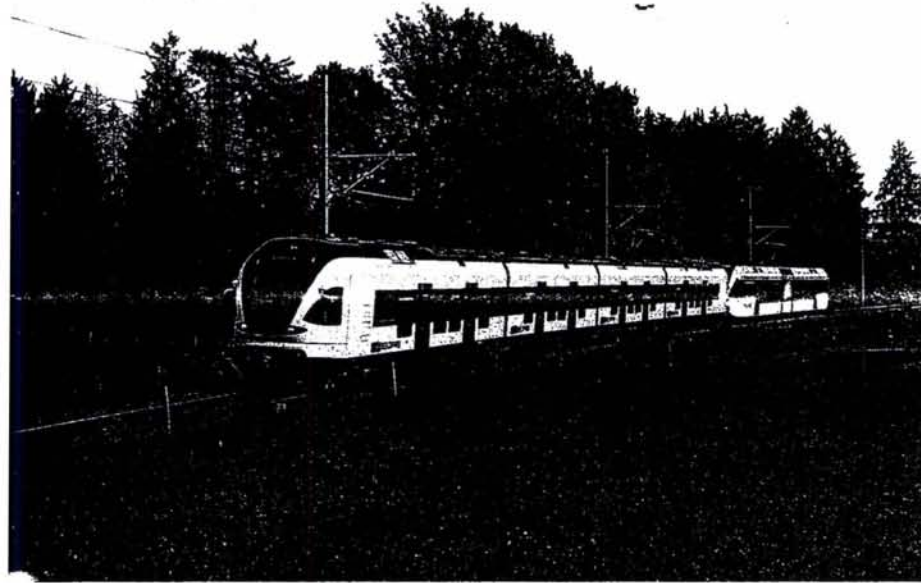
Clevere Lösungen auf der Schiene

Damit Bahnfahren Spass macht.



Stadler Bussnang AG
Industriestrasse 4
CH-9565 Bussnang
Telefon 071 626 20 20
stadler.bussnang@stadlerrail.ch

www.stadlerrail.com



ligen FLIRT-Triebzügen für die Stadtbahn Zug mit einer Option auf weitere 100 Fahrzeuge. Daraus wurden für die S-Bahn Basel und die Wiesentalbahn noch im Jahr 2002 weitere 30 Fahrzeuge fest bestellt.

Diese werden wie folgt aufgeteilt:

- | | |
|-----------------|--|
| 523 001 ... 012 | für Stadtbahn Zug (Fertigung in Bussnang) |
| 521 001 ... 010 | für Wiesentalbahn (Fertigung in Berlin-Pankow) |
| 521 011 ... 030 | für S-Bahn Basel (Fertigung in Bussnang) |

Davon werden bis zum 12. Dezember 2004 sechs Einheiten zur Betriebsaufnahme der Stadtbahn Zug zur Verfügung gestellt.

Die Fahrzeuge der vereinbarten Optionen umfassen sowohl Einsystemfahrzeuge für den innerschweizerischen Einsatz als auch Mehrsystemvarianten für grenzüberschreitende S-Bahn-Systeme.

Der Einsatz von FLIRT-Fahrzeugen auch unter anderen Fahrleitungsspannungen wurde bei der Projektierung bereits berücksichtigt. Folgende Varianten wurden dabei konzipiert:

- 15 kV / 16,7 Hz (Grundvariante),
- 25 kV / 50 Hz,
- 15 kV / 16,7 Hz und 25 kV / 50 Hz (Zweifrequenzvariante), zum Beispiel im Grenzverkehr Schweiz – Frankreich (S-Bahn Basel),
- 3 kV DC,
- 15 kV / 16,7 Hz und 3 kV DC, zum Beispiel für Grenzverkehr Schweiz – Italien (S-Bahn TILO Biasca – Milano),
- Diesel-elektrische Ausführung.

Inzwischen konnte auch mit der Thurbo AG ein Vertrag über die Lieferung von neun vierteiligen FLIRT für den Seehas nach Engen abgeschlossen werden.

Mit dem Fahrzeugkonzept des FLIRT hat die Stadler Rail AG eine Fahrzeugfamilie entwickelt, die entsprechend der Firmenstrategie optimal auf die jeweiligen Betreiberanforderungen abgestimmt werden kann. Sie deckt insbesondere Anforderungen nach geringer Fussbodenhöhe und hohem Beschleunigungsvermögen ab. Sowohl in Fahrzeuggröße als auch hinsichtlich der Fahrleitungsspannungen und sonstigen Fahrzeugausrüstungen wird eine Flexibilität erreicht, welche eine gute Voraussetzung für ein breites Anwendungsgebiet der FLIRT-Fahrzeugfamilie darstellt.

Literatur

- [1] Hubli, Hans; Schöning, Jürg; Beutler, Ruedi: Gelenktriebwagen RABe 526 für die Regionalverkehr Mittelland AG. Schweizer Eisenbahn-Revue, Eisenbahn-Revue International und Eisenbahn Österreich 11/2003.
- [2] Welte, Herbert; Tempini, Pierre: FLIRT, ein neuer Triebzug der Stadler Rail AG Bussnang, in ZEV Glasers Annalen 6/2004.
- [3] Klein, Sven: Die neue Generation der Diesel-Gelenktriebwagen GTW 2/6 (Teil 2). Schweizer Eisenbahn-Revue, Eisenbahn-Revue International und Eisenbahn Österreich 6/2004.

Oben: Versuchsfahrt zur Erprobung der gemischten Vielfachsteuerung eines FLIRT mit einem Thurbo-GTW (RABe 526 703) zwischen Märwil und Oppikon (Foto: R. Behrbohm, 10. August 2004).

Mitte: Fahrgastraum erster Klasse (Foto: S. Klein).

Unten: Fahrgastraum zweiter Klasse (Foto: S. Klein).

Regio S-Bahn kommt voran

**Im Winter rollen neue, lärmreduzierte
Fahrzeuge auf der Roten Linie.**

Die Vision eines umfangreichen trinationalen Regionalverkehrs ist ein weiteres Stück vorangekommen. Davon profitiert auch die Gemeinde Riehen im Allgemeinen und das Quartier Niederholz im Besonderen. Auf der Roten Linie, die via Riehen den Badischen Bahnhof in Basel mit Zell im Wiesental verbindet, kommen ab Dezember 2005 die neuen geräuscharmen Niederflurfahrzeuge mit dem prickelnden Namen FLIRT zum Einsatz. FLIRT steht für Flinker, Leichter, Innovativer Regional Triebzug und verspricht den Reisenden einen deutlich erhöhten Fahrkomfort, verbesserte Sicherheitsvorkehrungen und spürbar weniger Geräuschbelastigung.

Zehn Flirts haben die Schweizerischen Bundesbahnen (SBB), welche die Rote Linie betreiben, beim Ostschweizer Unternehmen Stadler bestellt. Die Niederflurzüge bieten 180 Sitz- und 287 Stehplätzen. Dank neuester Technologie und intelligenter Anordnung der Antriebskomponenten kommt der Flirt auf leisen Rädern daher. Er ist für die Benutzer nicht nur um einiges bequemer als das Vorgängermodell, sondern verursacht auch deutlich weniger Lärm als der

40 Jahre lang eingesetzte NPZ (Neuer Pendlerzug). Diese Neuerung ist auf luftgefederte Trieb- und Laufdrehgestelle zurückzuführen.

Mit den grossen Türen und ausfahrbaren Schiebetritten ist schnelles und bequemes Ein- und Aussteigen auch für Gehbehinderte, Eltern mit Kinderwagen oder Passagiere mit schwerem Gepäck bequem möglich. Das grosse Multifunktionsabteil kann vom Bahnbetreiber in-

dividuell eingerichtet werden. Dank Laufdrehgestellen ist der Innenraum vom vordersten bis zum hintersten Einstieg stufenlos begehbar. In Zusammenarbeit mit der Schweizerischen Fachstelle Behinderte im öffentlichen Verkehr hat Stadler eine neue behindertengerechte Toilette konzipiert.

Neue Haltestelle Niederholz

Mit der Erneuerung des Rollmaterials gehen auch Verbesserungen der Infrastruktur einher. Die Halteorte in der Nordwestschweiz erhalten höhere und breitere Perrons, Rampen, Lifte und werden sicherer gemacht. Die Inbetriebnahme der neuen Haltestelle Riehen Niederholz ist für Ende 2006 geplant. Für Bewohner und Besucher des Quartiers bedeutet dies eine deutliche Verbesserung der verkehrstechnischen Infrastruktur. Neu sind dann ab dem Quartier Fahrten nach Basel und ins Badische im Halbstundentakt möglich.

Das Projekt der S-Bahn-Haltestelle wurde im «Rauracher» bereits vorgestellt. Es sieht den Bau einer Haltestelle auf der Nordwestseite des Bahndamms an der Rauracherstrasse vor. Der Perron liegt sieben Meter über dem Strassenniveau und ist mit Treppen und einem Lift erreichbar.

Verkehr ohne Grenzen

Die S-Bahn-Haltestelle Niederholz reiht sich ein in die Bemühungen um eine Weiterentwicklung des Regionalverkehrs über die Landesgrenzen hinweg. Der Kanton Basel-Stadt und das Land Baden-Württemberg haben zu diesem Zweck im Jahr 2003 einen «Verkehrsvertrag Wiesental» mit den SBB unterzeichnet.

Innsats av FLIRT - motorvognsett på Wiesentalbanen i Tyskland mellom Basel Bad. togstasjon og Zell såvel som Lörrach Weil a. Rhein fra desember 2005



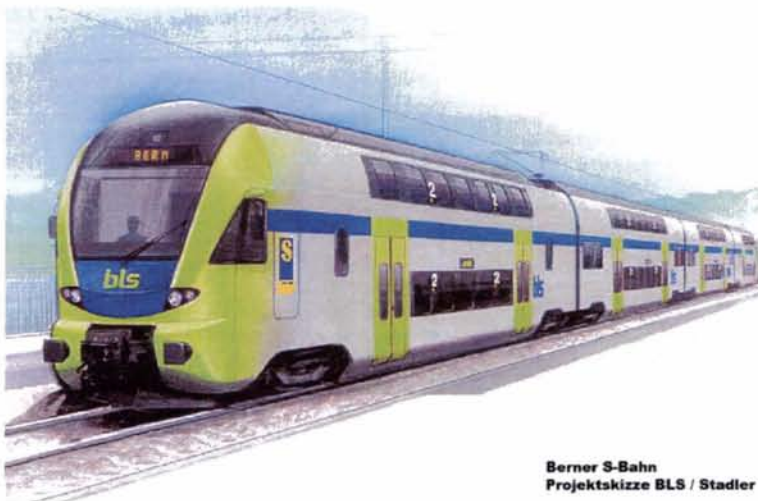
Toetasjestog

Til innsats ved t-baner blir det i dag også brukt toetasjestog. Her må det skilles på om toetasjesvogn skal trekkes av *lokomotiver* eller om motorvogn delen er integrert i toetasjesvogn, som hos nyere varianter, dvs. såkalte *toetasjesmotorvogn*. Til dette blir det vist noen eksempler.



Den nye firedelte toetasjesmotorvognen. RABe 514 til t-banen Zürich (SBB). Innsats fra april 2006.

Produsent: Siemens AG
Totalt antall sitteplasser: 378
Sitteplasser 1. Klasse: 74
Sitteplasser 2. Klasse: 304
Antall dører per side: 8
Vekt: 218 t
Lengde: 100 m
Maksimal ytelse: 3,2 MW
Antall drivhjulsett: 8
Toppfart: 140 km/t
Maks. Akselerasjon: 1,1 m/s²



Prosjektskisse til en t-bane-toetasjesmotorvogn til t-banen i Bern.

Leverandør: Stadler, Bussnang

Berner S-Bahn
Prosjektskisse BLS / Stadler



Praktisk forsøk ved BLS-Lötschbergbanen:

Toetasjestog (side styrevogn) fra de luxemburgiske jernbaner (CFL) på prøveturer i Sveits (t-bane Bern) høsten 2005.

Togene blir dratt av et lokomotiv med dobbelfrekvens av byggetypen TRAXX fra Bombardier.

15'000 V 1~ 16.7 Hz og
25'000 V 1~ 50 Hz



Tredelt toetasjes motorvogn byggeserie 2000 av de luxemburgiske jernbaner (CFL).

Fremskaffelse gjennom SNCF i et antall på 12 stykk. Like fartøy som SNCF: Z 24500

Strømsystem:

1500 V likestrøm og
25'000 V 1~ 50 Hz

Sitteplasser 1. Klasse: 41

Sitteplasser 2. Klasse: 309

Toppfart: 60 km/t

Totalytelse: 2,52 MW

Leverandør: Alstom / Bombardier

Byggeår: 2004

Anmerkning:

Toetasjes motorvognsettene RABe 514 fra SBB kjører i rute fra april 2006 og opererer på nettet til t-banen i Zürich. Først blir disse utprøvd, men flere bestillinger kommer.

Innsatsen av toetasjestog til lokaltrafikken i Oslo er dessuten tenkelig, hvis motorvognsettene av byggeserien BM69 har nådd levetiden og blir utrangert.

Hans Bodmer, Schlottenbuelstrasse 9b, CH-8625 Gossau / ZH (Sveits)

Feil! Fant ikke referanseilden. +41 44 936 18 30

05.01.2006

Neue Doppelstock-Triebzüge RABe 514 von Siemens Transportation Systems für die Zürcher S-Bahn

Gerhard Winzer
Gesamtleiter
Siemens AG
Stefan Hillmann
Leiter
Fahrzeuge
Siemens Schweiz AG

Einführung

Am 1. Februar 2003 plazierte die Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) den Auftrag für neue S-Bahn-Doppelstock-Triebzüge (DTZ) bei der Siemens Schweiz AG. Um eine höhere Passagierkapazität zu erreichen, entschied man sich bei dieser Beschaffung für Doppelstock-Wagen-Triebzüge anstatt der bekannten Eindeckelzugarnituren mit der Lokomotive Re 450 (DPZ) als Triebfahrzeug. Die Zuglänge wurde dabei gleich gelassen, was den variablen Einsatz der Kompositionen im Mischbetrieb erlaubt.

Die Züge beinhalten alles, was modernen Nahverkehr auszeichnet. Die Eingänge auf einer Höhe von 600 mm erlauben den Passagieren einen komfortablen Einstieg vom Perron P55 (55 cm über Schienenoberkante) aus. Fahrgäste, die in Ihrer Mobilität eingeschränkt sind, werden den barrierefreien Zugang schätzen. Die Wagen sind vollklimatisiert, und in einem Mittelwagen ist eine behindertenfreundliche Toilette untergebracht.

Durch konsequente Anwendung eines ausgeklügelten Redundanzkonzeptes – nicht nur bei der Antriebstechnik und Bordnetzver-

sorgung sondern auch im Steuerungsbereich – wird eine hohe Verfügbarkeit erreicht. Diese neue Zuggeneration erlaubt den SBB, den erhöhten Bedarf des Zürcher Verkehrsverbundes ZVV, der durch Netzerweiterungen und Taktverdichtungen (dritte Teilergängung) entsteht, zu decken.

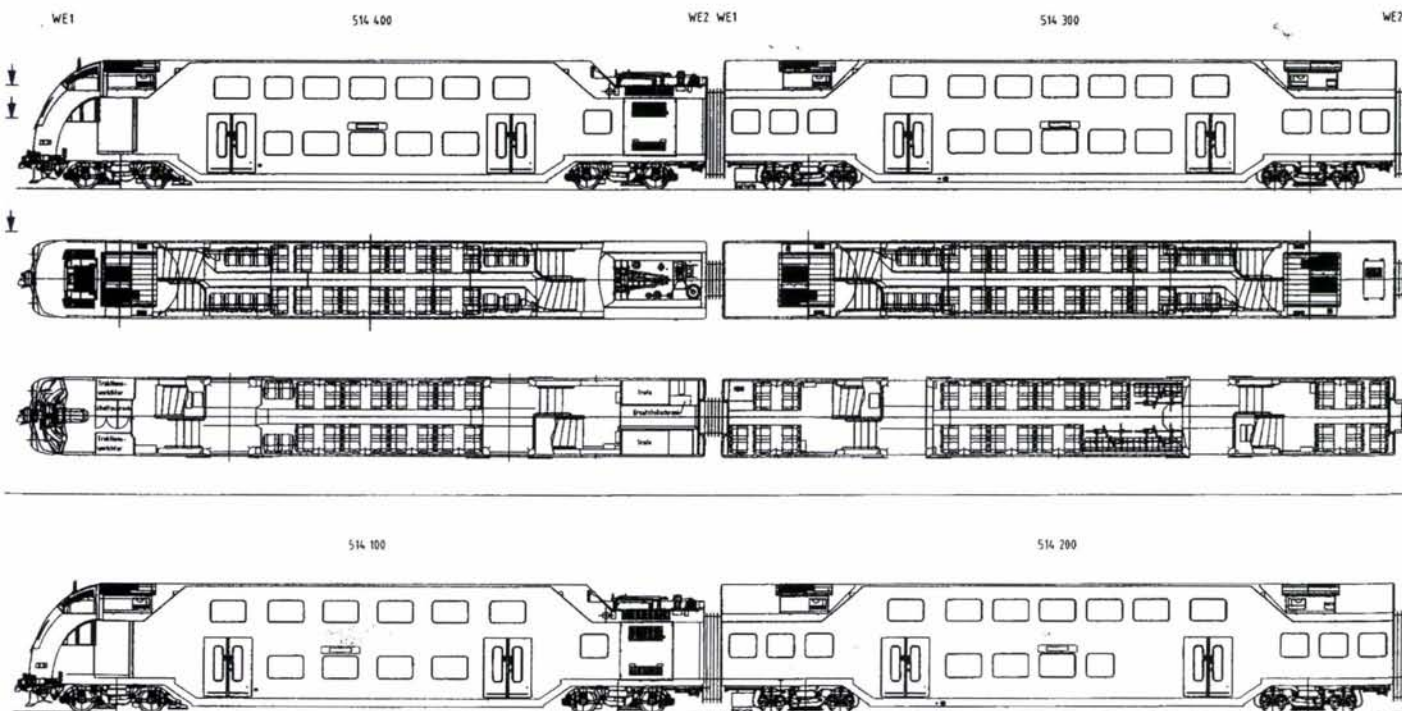
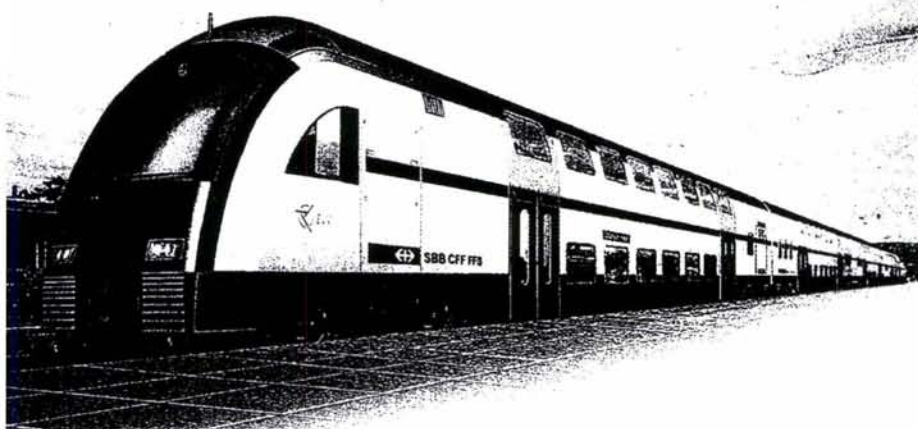
Zugkonzept

Die DTZ bestehen aus vier Wagen, die betrieblich mit Kurzkupplungen zu einem festen Verband verbunden sind. Bis zu vier DTZ-Kompositionen können miteinander gekuppelt werden; ausserdem ist Mischbetrieb mit Re 450 vorgesehen (maximal Dreifach-Traktion wegen Restriktionen bei den Re 450).

Alle Radsätze der Endwagen sind angetrieben. Die Ausrüstungen sowohl für Antrieb als auch für Bordnetz und Komfortanlagen sind weitgehend symmetrisch am Zug verteilt; alle wichtigen Systeme sind mindestens doppelt vorhanden, um Redundanz sicherzustellen.

Links: Aussenansicht des neuen Doppelstock-Triebzuges für die S-Bahn Zürich (Zeichnung: Siemens).

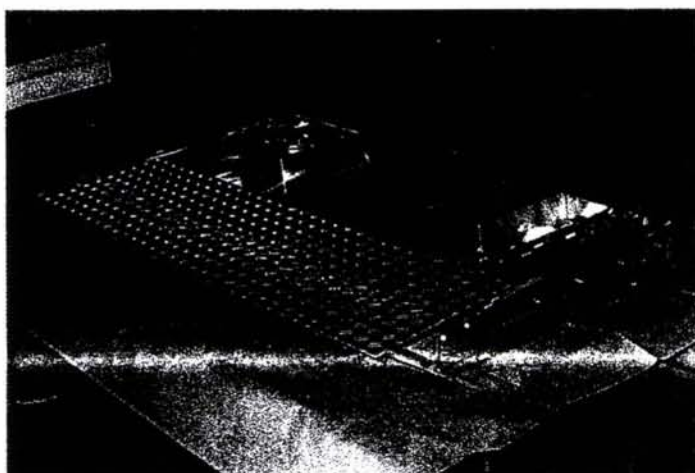
Unten: Typenskizze des DTZ für die S-Bahn Zürich (Zeichnung: Siemens).



Hauptdaten der Doppelstock-Triebzüge

Anzahl	35 (+ 25 Option)
Wagen pro Zug	4
Spurweite	1435 mm
Netzspannung	15 kV / 16 2/3 Hz
Nennleistung	3,2 MW
Maximale Beschleunigung	1,1 m/s ²
Länge	100 m
Sitzanzahl	378 + Stehhilfen
davon erste Klasse	74
Gewicht	218 t

Ein Schiebetrittbrett überbrückt die horizontale Distanz zwischen Perronkante und Wagenkasten (Foto: Siemens).



Wagenkasten

Die Wagenkästen bestehen aus einem Stahl-Profil-Gerippe, das mit Blechen beplankt wird. Sie dienen aber nicht nur der Verkleidung, sondern sind auch in der Rohbaustatik wirksam. Wo immer möglich, werden Punktschweißverbindungen genutzt. Um im Auffahrfall Passagiere und Personal möglichst gut zu schützen, sind energieabsorbierende Crashelemente integriert. Die Wagen nutzen das Schweizer Profil nach EBV Spezial voll aus und erreichen damit maximalen Passagierraum.

Die Front besteht aus einem GFK-Sandwich-Teil, das teilweise von einer Stahlstruktur gestützt wird. Das GFK ist mit dauerelastischem Kleber mit dem Stahlwagenkasten verbunden.

Innenraum

Die Innengestaltung sowohl in der ersten wie auch der zweiten Klasse genügt einem hohen ästhetischen Anspruch und bietet hohen Komfort. Durch Teppichböden, weiten Fussraum, besondere Sitze und zusätzliche Gestaltungselemente bietet die erste Klasse einen deutlichen Mehrwert zum Abteil zweiter Klasse.

Der Sitzteiler der vis-à-vis angeordneten Sitze beträgt komfortable 1700 mm, in der ersten Klasse sogar 2000 mm. Die erste Klasse ist mit Teppichboden ausgelegt. Beide Klassen sind mit einer 2+2-Bestuhlung ausgeführt. Diese ist an Cantilevern montiert, so dass für das Reinigungspersonal ein optimaler Zugang gegeben ist.

Die Wandverkleidungen bestehen – je nach den Ansprüchen an die Formgebung – aus Blechen oder GFK. Darin integriert sind die Luftauslässe für die Klimatisierung. In beiden Ebenen gibt es Gepäckablagen für kleinere Gepäckstücke; grössere können zwischen den Sitzen untergebracht werden. In die Halterungen der Gepäckablagen ist die Wagenbeleuchtung integriert.

Die Treppengestaltung bietet maximale Breite durch gerade Führung zwischen Unter- und Zwischendeck. Beim Zugang zum Oberdeck führt sie die Passagiere durch eine leichte Kurve in den Bereich maximaler Stehhöhe.

In einem Mittelwagen ist eine behindertenfreundliche Toilette untergebracht, neben der sich Stellplätze für Rollstühle befinden. Werden diese nicht genutzt, bieten Klappsitze Platz für weitere Passagiere. Im anderen Mittelwagen befindet sich ein Fahrradabteil.

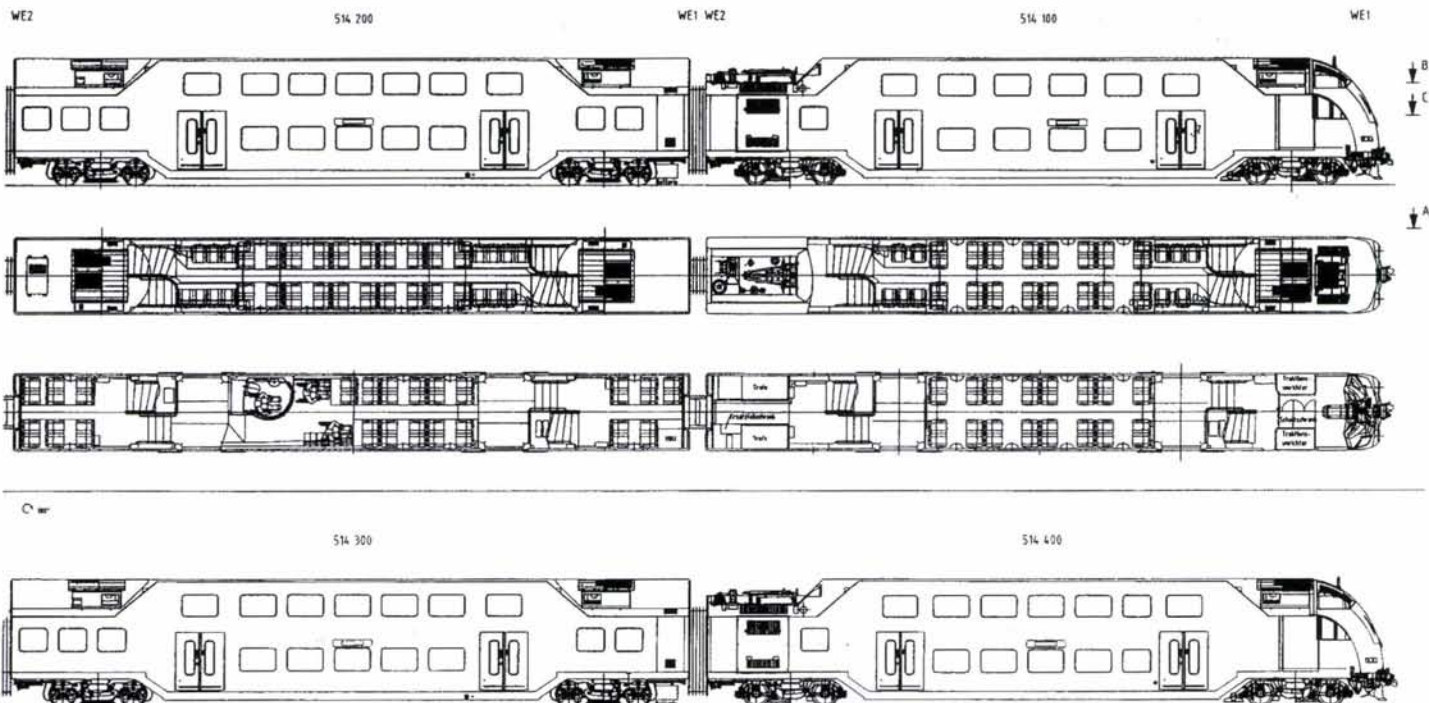
Die Passagierinformation erfolgt über Lautsprecheranlagen sowie Anzeigen. Dabei werden LED-Matrix-Anzeigen und LCD-Bildschirme eingesetzt. Eine Klimaanlage je Endwagen sowie zwei Aggregate je Mittelwagen sorgen für ein angenehmes Raumklima im Sommer wie im Winter. Dabei wird die Luftverteilung je nach Heiz- oder Kühlbetrieb angepasst.

Schwenkschiebetüren mit einer lichten Weite von 1400 mm ermöglichen zügiges Ein- und Aussteigen und somit attraktive Fahrgastwechselzeiten. Die Einstieghöhe beträgt 600 mm über Schienenoberkante (SOK); damit ergibt sich ein fast ebener Einstieg vom Perron P55 mit 550 mm Höhe über SOK.

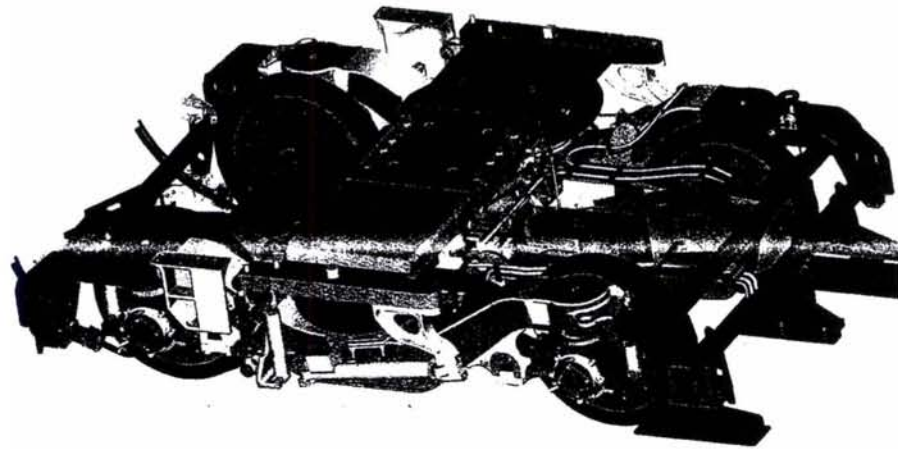
Ein zusätzlich angebrachter Schiebetritt minimiert den Spalt zwischen Fahrzeug und Bahnsteig.

Fahrwerke

Es werden zwei verschiedene Typen von Fahrwerken verwendet. Beide sind abgeleitet von Drehgestellen, die in ICE-Zügen für die Deutsche Bahn AG verwendet werden. Beide nutzen Stahlschraubenfedern für die



Das Triebdrehgestell des DTZ für die S-Bahn Zürich (Foto: Siemens).



Primärfederung und einen Luftfederbalg für die Sekundärstufe.

Die Laufdrehgestelle vom Typ SF 400 werden mit drei Wellenbremsscheiben und Magnetstahnenbremsen ausgerüstet, die Triebdrehgestelle vom Typ SF 500 tragen den Antrieb und Radscheibenbremsen.

Fahrzeugsteuerung

Die Züge werden über die bewährten SIBAS-32-Zugsteuergeräte (ZSG) gesteuert. In jedem Endwagen befindet sich eines davon, wobei im Fehlerfall das jeweilige andere ZSG die Zugsteuerung übernimmt. Die Kommunikation erfolgt via Train Communication Network (TCN), wobei innerhalb des Zuges der Multifunction Vehicle Bus (MVB) genutzt wird. Über den MVB werden alle anderen Steuerungen wie Antriebssteuerung, Bordnetzversorgung, Bremssteuerung oder Klimaanlage elektronisch integriert. Die Busstruktur nutzt ein Backbone-System, bei dem die Rückwirkung von Busfehlern auf nicht betroffene Fahrzeuge durch Repeater vermieden wird.

Im artreinen Betrieb erfolgt die Kommunikation zwischen den Kompositionen im Zugverband über den Wired-Train-Bus (WTB). Im Mischbetrieb mit Re-450-geführten Zügen wird deren ZMS-Steuerung verwendet. Die Diagnosemöglichkeiten und einige andere Features sind in dieser Betriebsart natürlich stark eingeschränkt.

Sicherheitsrelevante Funktionen wie die Schnellbremsauslösung erfolgen über konventionelle Direktverdrahtung.

Zugsicherung

Die Zugsicherung erfolgt mit den im Schweizer Hauptbahnbereich üblichen Systemen, dem Integra Signum und der ZUB 262 (die die ZUB-121-Funktion integriert). Damit ist das Fahrzeug netzweit einsetzbar. Eine Sicherheitssteuerung überwacht den Lokomotivführer. Kontakt zur Leitstelle erhält er über analoge Zugfunk. Der Zug ist bereits zum späteren Einbau von ETCS und GSM-R vorbereitet.

Energieversorgung

Zwei Halbscherenstromabnehmer bringen die Energie vom Fahrdrabt über zwei Vakuumschalter zu den vier Transformatoren. Von diesen werden jeweils ein Hilfsbetriebeumrichter (HBU) und ein Antriebsstromrichter versorgt.

Antriebsausrüstung

Die Spannungswischenkreisumrichter erzeugen ein spannungs- und frequenzvariables Drehfeld. Der gesamte Umrichter ist in einem kompakten Rahmen zusammengeführt, in dem neben den IGBT auch die Kondensatoren und Wandler eingebaut sind. Die Leistungsmodule sind wassergekühlt. Die maximale Leistung eines Umrichters beträgt mehr als 1 MW; sie wird jedoch in dieser Anwendung nicht voll genutzt.

Die Zwischenkreisspannung wird abhängig von der Motordrehzahl und dem Drehmoment geführt und beträgt maximal 1800 V. Je zwei Umrichter werden von einem Antriebssteuergerät (ASG) aus der SIBAS-32-Familie gesteuert.

Zwei eigenbelüftete Motoren werden von einem Umrichter gespeist. Die Motoren sind am Drehgestell elastisch aufgehängt und treiben über eine Bogenzahnkupplung und ein achsreitendes Getriebe den Radsatz an.

Bordnetz

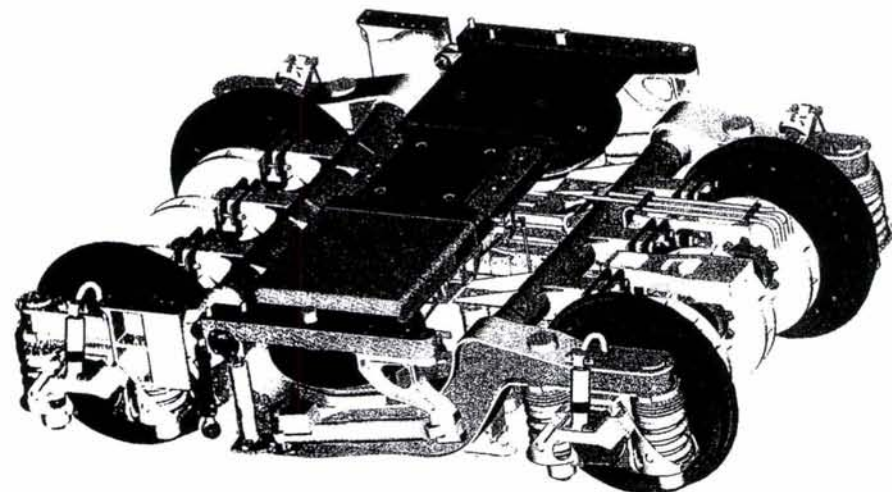
Die Hilfsbetriebeumrichter (HBU), jeweils zwei davon in einem Gerüst, erzeugen ein 400-V-Drehstromnetz sowie ein 110-V-Gleichstromnetz. Sie bestehen aus 4QS- und PWR-Modulen, die direkt luftgekühlt sind und mit IGBT arbeiten. Die Zwischenkreisspannung beträgt 650 V, die Nennleistung 70 kVA je Umrichter; jeder Umrichter ist mit einem 12-kW-Batterie-lader ausgestattet. Die 230-V-Wechselspannungs-Steckdosen für Reinigung und Laptops (erste Klasse) werden über separate Transformatoren (zwischen zwei Drehstromphasen) versorgt.

Ein Fehler im Leistungsteil eines Umrichters führt zu keinen Betriebseinschränkungen.

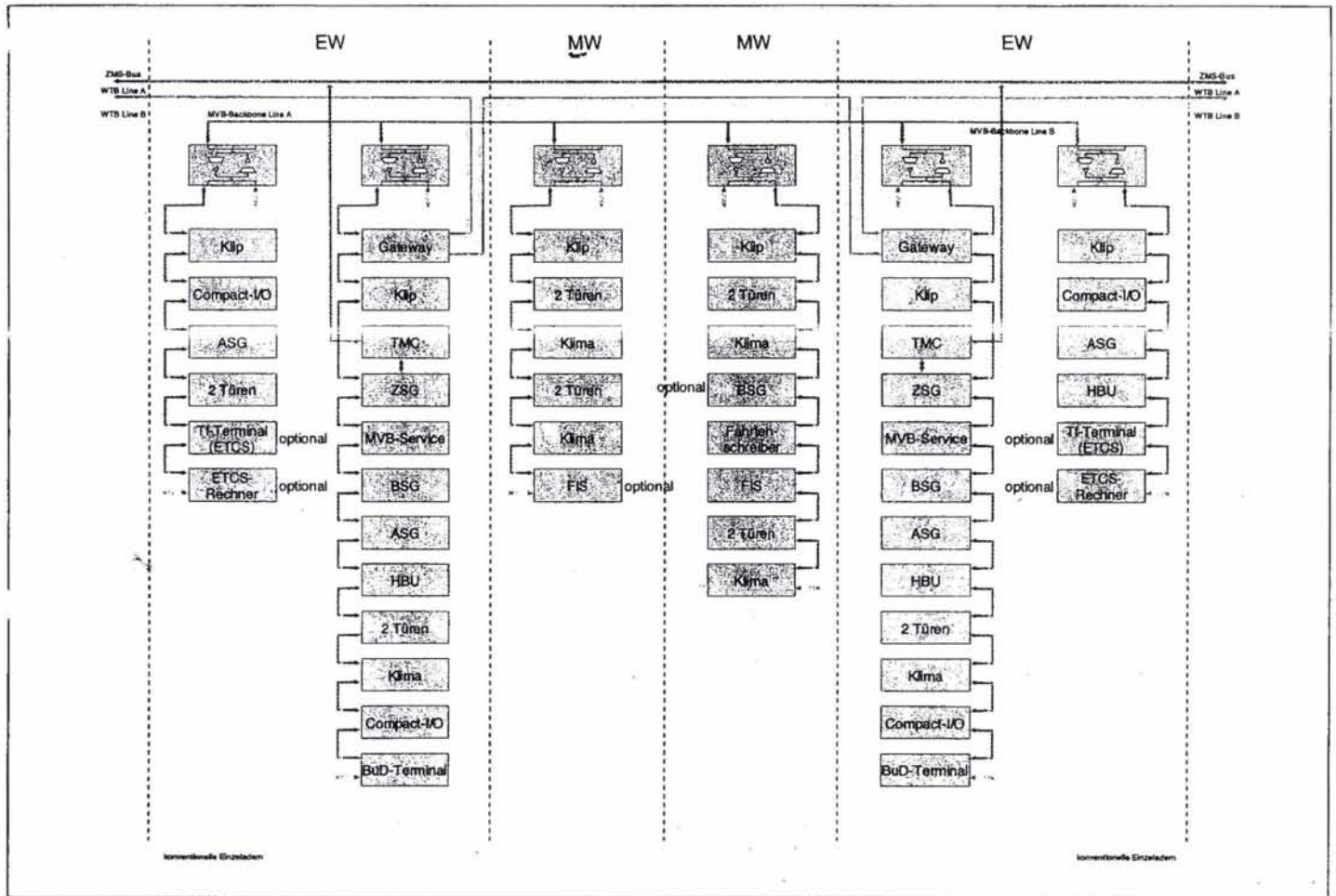
Ausblick

Zu Beginn des S-Bahn-Zeitalters im Kanton Zürich zu Beginn der neunziger Jahre stellten die heutigen Doppelstock-Pendelzüge mit Lokomotiven Re 450 eine grosse Verbesserung im Vorortverkehr dar. Nun ist der nächste grosse Schritt an der Zeit, und mit dem neuen DTZ werden die SBB modernstes Rollmaterial für Ihre Verkehrsaufgaben im Raum Zürich erhalten.

Nach Abschluss der derzeit noch laufenden Konstruktion wird in Kürze die Fertigung



Das Laufdrehgestell des DTZ für die S-Bahn Zürich (Foto: Siemens).



Löttechnikschemata des DTZ für die S-Bahn Zürich (Zeichnung: Siemens).

starten, die ersten Züge werden Ende 2005 übergeben. Bis dahin werden sie ein umfangreiches Test- und Erprobungsprogramm auf dem Testring durchlaufen haben.

Die Zürcher Bevölkerung darf sich auf einen weiteren Qualitätssprung bezüglich Komfort und Zuverlässigkeit in ihrem S-Bahn-System freuen.

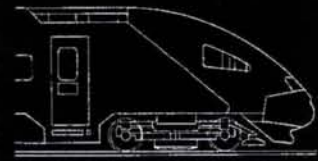
Theo Stolz

Taschenlexikon Triebfahrzeuge der Schweiz

Verzeichnis aller Triebfahrzeugtypen im öffentlichen Eisenbahnverkehr der Schweiz mit Bildern und technischen Daten.

Taschenbuch mit 480 Seiten, zirka 452 farbigen und schwarzweissen Abbildungen, 10,7 x 15,2 cm, Plastikeinband, Fr. 49,80, EUR 33,90.

Taschenlexikon
Triebfahrzeuge
der Schweiz



Theo Stolz

Minirex

Minirex AG, Verlag und Versandbuchhandlung
Maihofstrasse 63, CH-6002 Luzern
Telefon +41 / (0)41 / 429 70 70, Telefax +41 / (0)41 / 429 70 77
E-Mail: verkauf@minirex.ch, Internet: www.minirex.ch

Auslieferung für den österreichischen Buchhandel:
Verlag J. O. Slezak, Wiedner Hauptstrasse 42, A-1040 Wien
Telefon/Fax (01) 587 02 59

Die neuen Doppelstocktriebzüge für die S-Bahn Zürich – Stand des Projektes

Detlev Hillmann
Siemens Schweiz AG

Gerald Winzer
Siemens AG

Peter Schaller
Schweizerische Bundesbahnen

Im Februar 2003 bestellten die Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) nach einer internationalen Ausschreibung bei Siemens eine Serie von 35 vierteiligen Zügen für die S-Bahn Zürich. Inzwischen ist das Projekt weit fortgeschritten. Der vorliegende Bericht gibt einen Überblick über den aktuellen Stand der Arbeiten.

Im Gegensatz zu den im Einsatz befindlichen mit Lokomotiven bespannten Doppelstockzügen vom Typ DPZ Re 450 handelt es sich bei den neuen Garnituren des Typs

RABe 514 um Triebzüge. Alle Einrichtungen und Aggregate sind in den vier Wagen untergebracht, wobei die Antriebsausrüstung auf die beiden Endwagen verteilt ist. Mit acht angetriebenen Achsen und vier unabhängigen Antriebsanlagen pro Zug wird eine optimale Ausnutzung der Adhäsion erzielt, ebenso eine hohe Redundanz in Störfällen. Die neuen Züge sind voll klimatisiert.

Die grossen Herausforderungen des Projektes stellen vor allem der sehr sportliche Lieferplan von Siemens von nur rund 30 Mona-

ten bis zum Beginn der ersten Zulassungsfahrten dar, weiter die Mischtraktion mit den vorhandenen Doppelstock-Pendelzügen (DPZ) mit Lokomotiven des Typs Re 450, eine zeitgemässe, komfortable Klimatechnik sowie die Tiefeinstiege mit Schiebetritten, die eine optimale Spaltüberbrückung zum Bahnsteig ermöglichen und somit die Zugänglichkeit für mobilitätsbehinderte Menschen erleichtern.

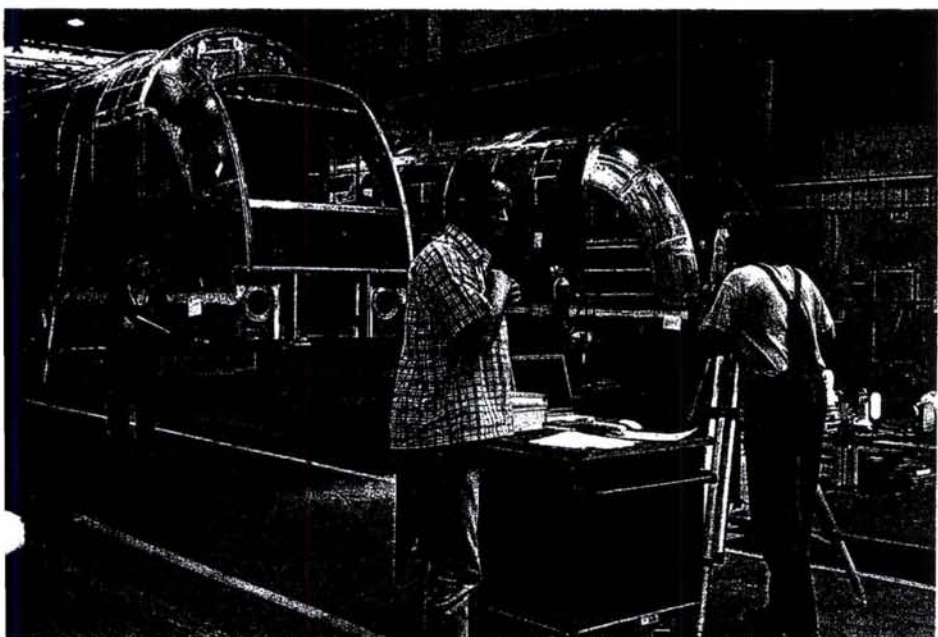
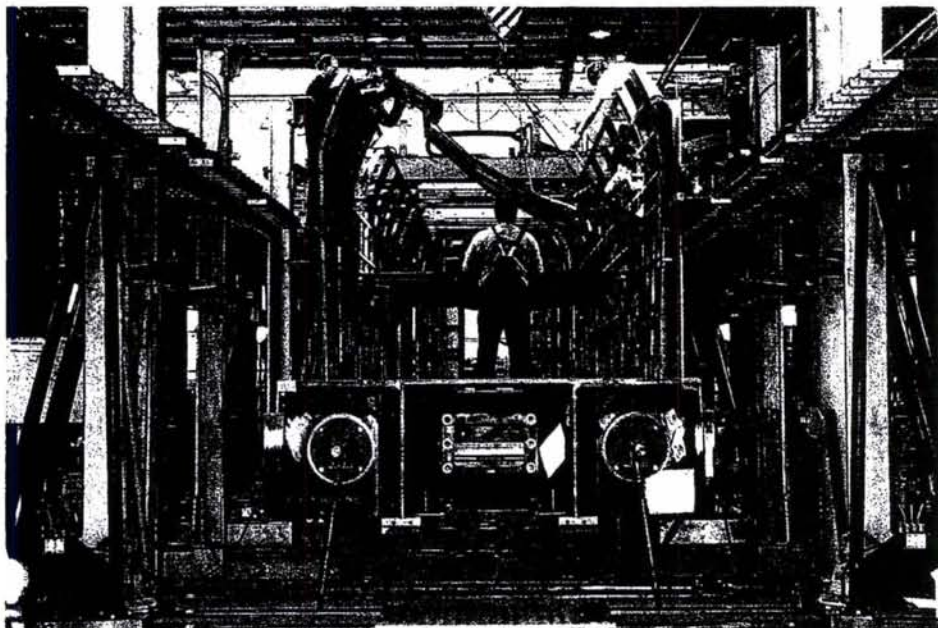
Die ersten Wagen befinden sich in der Montage, von allen Aggregaten wurden die Erstmuster hergestellt und von den SBB begutachtet. Ein Schienenfahrzeug mit derart hohem Innovationsgrad muss eine Reihe von Systemtests für den Antrieb, die Zugsteuerung, Klimatechnik und Schiebetritt im Labor durchlaufen, die mit den SBB abgestimmt und von den verantwortlichen Fachleuten sachkundig begleitet wurden.

Projektlauf

Nach einer detaillierten Einführung in Betrieb und Unterhaltungsphilosophie der Fahrzeuge zu Projektbeginn, die das Flottenmanagement der SBB für Siemens an zwei Tagen durchführte, wurde ein Projektteam aufgestellt, das aus Mitarbeitern des Flottenmanagements der SBB, des Geschäftsgebiets Trains der Siemens AG sowie der Siemens Schweiz AG, Transportation Systems, besteht und von den beiden Projektleitern interdisziplinär geführt wird. Im Rhythmus von zwei Wochen findet eine reguläre Projektdurchsprache (Bausitzung) statt, die durch die Führung eines durchgängigen Protokolls mit allen Entscheidungen begleitet wird. Alle drei Monate wird zudem eine Sitzung des Steuerungskomitees der beiden Unternehmungen auf Managementebene organisiert. Mit dieser sehr engen und transparenten Zusammenarbeit wird sichergestellt, dass die Züge nicht nur dem Vertragswerk entsprechen werden, sondern auch die Erwartungen erfüllen, die an die Ausrüstung, die Gestaltung und nicht zuletzt an das Design gestellt werden. Zudem ermöglichen die regelmässigen Meetings, dass bei Bedarf die notwendigen Entscheidungen rechtzeitig herbeigeführt werden können.

Wagenbau

Der Rohbau des Wagenkastens wird aus Stahl in Differentialbauweise hergestellt. Zu diesem Zweck wurde im Siemens-Werk in Prag eigens ein Aufbaustand mit den dazugehörigen Schweisseinrichtungen installiert. Nach Abschluss der Konstruktions- und



Mitte: Aufbaustand (Foto: Siemens)

Unten: Vermessung (Foto: Siemens)

Designphase im September 2004 wurde mit den Rohbauten der Zwischenwagen begonnen. Zur Zeit befinden sich bereits vier Zwischenwagen in der Inbetriebsetzung und zwei Endwagen wurden fertig montiert. Insgesamt 14 Wagen durchlaufen den Prozess Rohbau – Lackierung – Montage. Ab dem dritten Zug werden die Zwischenwagen auf eigenen Drehgestellen nach Altenrhein überführt, wo der Innenausbau durch Stadler Rail vorgenommen wird. Zwecks Gestaltung und Abstimmung des Innendesigns wurde neun Monate nach Vertragsabschluss eine Maquette im Massstab 1:1 errichtet. Diese Maquette, an der die gesamte Form- und Farbgebung sowie die Ausstattung festgelegt wurde, umfasste etwa eine halbe Wagenlänge. Der gesamte Abstimmungsprozess nahm mehrere Monate in Anspruch, waren doch die Meinungen verschiedener Gremien wie des Zürcher Verkehrsverbunds, des Behindertenverbandes und der Personalkommissionen der SBB einzuholen.

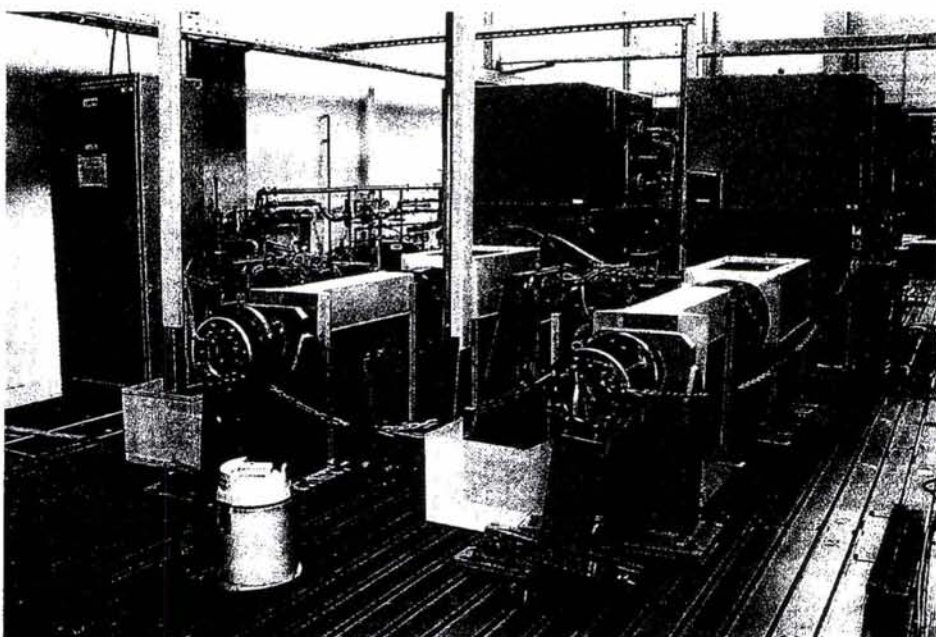
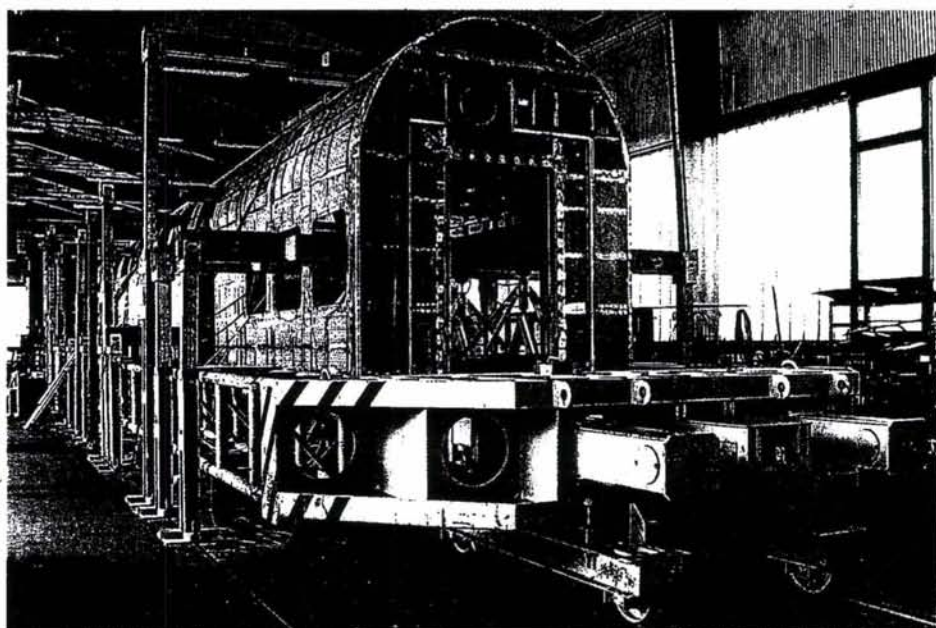
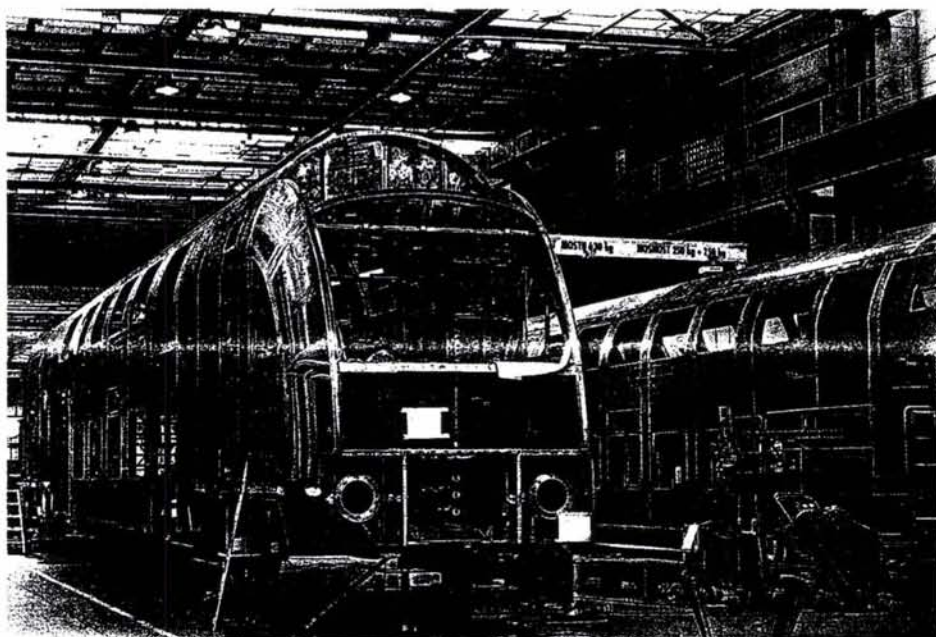
Die Festigkeit der Wagenkasten ist für die Sicherheit der Passagiere im Betriebseinsatz von ebenso zentraler Bedeutung wie auch für den Fahrkomfort. Zum Nachweis der statischen Wagenkastenfestigkeit wurden an je einem Zwischen- und einem Endwagen Druckversuche durchgeführt, die beim akkreditierten Testzentrum VUKV in der Nähe von Prag stattfanden. Neben den Beanspruchungen auf Zug und Druck testeten die Fachleute auch die vertikalen Lastfälle – dabei handelt es sich um die Simulation bei einer Beladung oder das Anheben des Wagens, zum Beispiel beim Aufgleisen.

Diese Versuche zeigten eine sehr gute Übereinstimmung der gemessenen Materialspannungen im Belastungsfall im Vergleich zu den sogenannten Finite Element Modellen (FEM). Alle Verformungen lagen deutlich innerhalb der zugelassenen und vorgegebenen Toleranzen.

Neben den statischen Anforderungen an die Zug- und Druckbeanspruchung ist der Energieverzehr im Crashfall nachzuweisen. Die kontrollierte Aufnahme von Aufprall-Energie erfolgt durch spezielle, in die Untergestellstruktur eingebrachte Verformungselemente. Nach der Auslegung durch FEM-Berechnungen, die für die Simulation des Aufpralles auch die dynamischen Vorgänge darstellen, wurden umfangreiche Versuche in einem Fallturm vorgenommen.

Antriebssystem

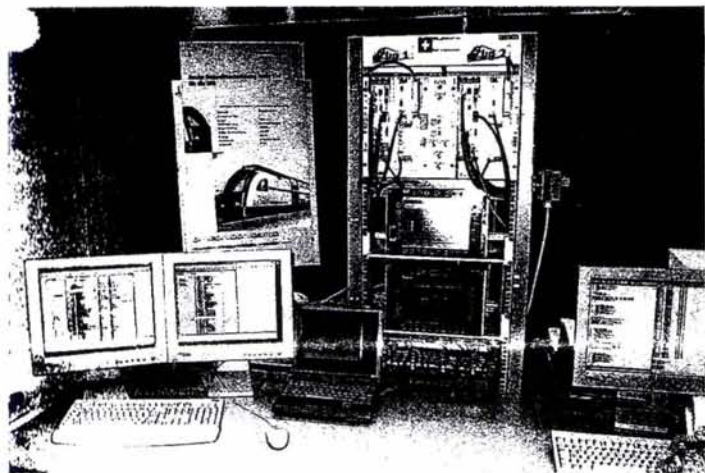
Auf bewährten Komponenten aufgebaut, erhalten die neuen Zürcher S-Bahn-Triebwagen ein Antriebskonzept, das die sehr engen Einbauverhältnisse in einem Doppelstockzug berücksichtigt und auf das vorgesehene Einsatzgebiet abgestimmt wurde. Zur Auslegung wurden computergestützte Simulationen auf diversen Linien der S-Bahn Zürich durchgeführt, die den fahrplanmässigen Betrieb nachbilden. Die mit diesen Daten entwickelten Komponenten wurden im neu errichteten und für diesen Zweck erstmals ein-



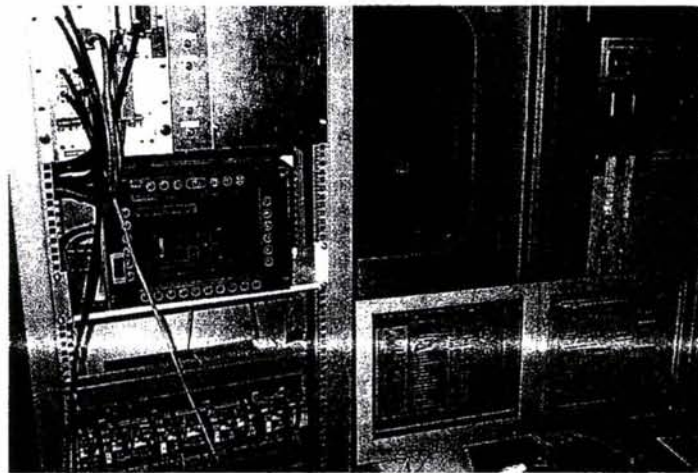
Oben: Richtplatz (Foto: Siemens).

Mitte: Druckversuch bei VUKV in Velim (CZ) (Foto: Siemens).

Unten: Systemprüfstand des Antriebes im Siemens-Werk Nürnberg (Foto: Siemens).



Laboraufbau des Zugsteuergerätes (Foto: Siemens)



Simulation der Doppeltraktion mit einem DPZ mit Re 450 (Foto: Siemens)

gesetzten Systemprüfhaus der Siemens AG in Nürnberg aufgebaut und einer mehrmonatigen Erprobung unterzogen.

Beginnend mit dem Hauptschalter wurden Haupttransformator, Antriebs- und Hilfsbetriebe-Umrichter sowie Fahrmotoren mit den Getrieben in ihrer Originalkonfiguration aufgebaut und zusammengeschaltet. Lastmaschinen simulieren die Fahrwiderstände. Während der Versuche, bei denen ebenfalls die Fahrprofile der Zürcher S-Bahn-Linien verwendet wurden, wurde die Auslegung der Leistung und die thermische Belastung der gesamten Traktionsanlage geprüft und validiert. Die Resultate zeigten, dass die Anforderungen des Pflichtenheftes erfüllt werden.

Fahrzeugsteuerung und Mehrfachtraktion

Die Steuerungsarchitektur moderner Schienenfahrzeuge gleicht zunehmend derjenigen von Rechnernetzwerken. Konventionelle Schaltungstechnik spielt nur noch dort eine Rolle, wo Verbindungen zu elektromechanischen Elementen oder Mensch-Maschine-Schnittstellen hergestellt werden müssen. Um so wichtiger ist es, dass alle Komponenten in diesem Netz, die zudem von verschiedensten Herstellern zugeliefert werden, perfekt und störungsfrei zusammenspielen. Diese hohen Anforderungen können nur er-

füllt werden, wenn die entsprechenden Tests in einem längeren Prozess im Labor schrittweise und sorgfältig abgewickelt werden. Für die Erprobung der Fahrzeugsteuerung wurde das komplette Netzwerk im Labor in Erlangen aufgebaut, wobei dem zentralen Steuergerät – nach Erreichen jeweils stabiler Arbeitszustände – die weiteren Teilnehmer zugeschaltet wurden. Das Fahrzeug selbst, sowie ein Teil der konventionellen Schaltungstechnik, wurde durch einen Simit-Simulationsrechner nachgebildet.

Beginnend mit dem reinen Protokollaus-tausch wurde schrittweise auf eine funktionale Prüfung hingearbeitet. Dabei wurden die Detailabstimmungen zwischen den Geräten und die Fehlerkorrekturen vorgenommen. Das System wird sowohl zur Validierung der Fahrzeugsteuerung genutzt als auch für spätere Upgrades, weshalb der Prüfstand in den nächsten Jahren erhalten bleibt.

Bedingt durch das unterschiedliche Fahrzeugkonzept und die Fortschritte in der Steuerungstechnik gegenüber den zum Teil über 15 Jahre alten Zürcher Doppelstockzügen (DPZ), forderte die Mischtraktion von Anfang an besondere Aufmerksamkeit bei der Entwicklung. Neben der rein mechanischen Verbindung der Kupplungen und Bremssysteme der Fahrzeuge müssen in Mischtraktion gebildete Zugverbände komfortabel und harmonisch betrieben werden

können. Gleichzeitig muss auch eine grosse Zahl an Signalen, Befehlen und Meldungen übertragen und umgesetzt werden können. Besonders zu beachten war, dass der DPZ eine sogenannte Zeit-Multiplex-Steuerung (ZMS) besitzt, während der neue DTZ eine komfortablere und vor allem schnellere Wired-Train-Bus-Steuerung (WTB) erhalten wird. Dies bedeutet, dass sich die neuen Züge in Mischtraktion nach den Fähigkeiten der ZMS richten müssen.

Alle Funktionen – von der Bedienung des Hauptschalters über die Steuerung der Türen bis zum Fahren und Bremsen – wurden getestet, indem eine Re-450-Vielfachsteuerung an das Simulationsnetzwerk angeschlossen wurde. Von der Steuerung des DTZ aus (Sibas 32 und Simit für die Bedienung) konnte die Re 450 gesteuert werden und umgekehrt. Um spätere Überraschungen ganz ausschliessen zu können, wurde nach erfolgreichem Abschluss des Labortests ein realitätsnaher Versuch an einem DPZ durchgeführt. Zu diesem Zweck wurde die Rolle des DTZ auf einem Laptop nachgebildet und der Datenverkehr über einen Kupplungsadapter auf den DPZ übermittelt und umgekehrt.

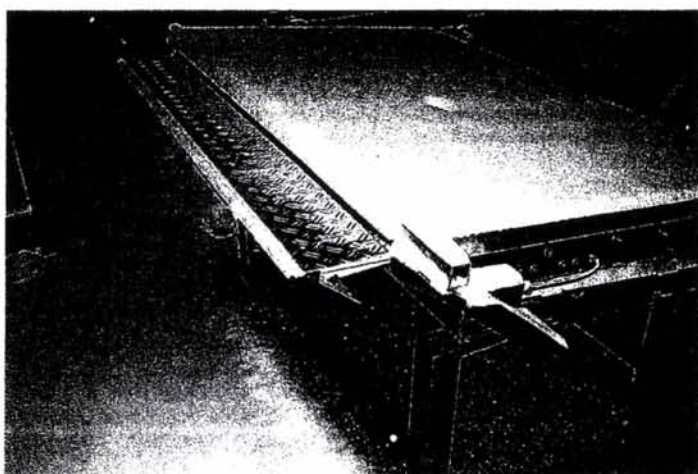
Türen und Schiebetritte

Während es sich bei den Fahrgasttüren um eine bewährte Konstruktion handelt, die

Versuch mit Schiebetritt unter einem Einheitswagen I (Foto: Siemens)



Versuchsreihe mit Schiebetritt im Winter (Foto: Siemens)



Montage der Türen (Foto: Siemens)

schon in den ÖBB-Doppelstockwagen eingebaut wurde, ist der Schiebetritt eine innovative Neuentwicklung. Entsprechend wurde dieses neuartige System von einem ausführlichen Erprobungsprogramm begleitet.

Das Pflichtenheft schreibt vor, dass zur besseren Zugänglichkeit der Wagen ein automatischer Schiebetritt eingebaut werden soll. Abhängig von der Geometrie der Bahnsteige (gerade, Bogen innen, Bogen außen) soll eine optimale Spaltüberbrückung gewährleistet werden. Zudem ist der Schiebetritt, bedingt durch seine Einbaulage, extrem hohen Belastungen durch Schnee, Vereisung, Steine und andere Fremdkörper ausgesetzt.

Zur Überprüfung der geometrischen Verhältnisse wurde der neu entwickelte Schiebetritt unter einen Reisezugwagen montiert, der einen ähnlichen Drehzapfenabstand wie der neue DTZ aufweist. In mehreren Etappen wurde das Zürcher S-Bahn-Netz befahren, um die Eigenschaften der Spaltüberbrückung zu messen und genau einzustellen.

Der Schiebetritt wird einem Dauertest im Freien unterzogen, der unter betrieblichen Bedingungen wie Winterbetrieb und Verschmutzung (zum Beispiel Split) gefahren wurde und mittlerweile knapp eine Million Schaltspiele ausgeführt hat. Dieser Testbetrieb hat bereits acht Monate erfolgreich hinter sich und wird auch im nächsten Winter fortgesetzt.

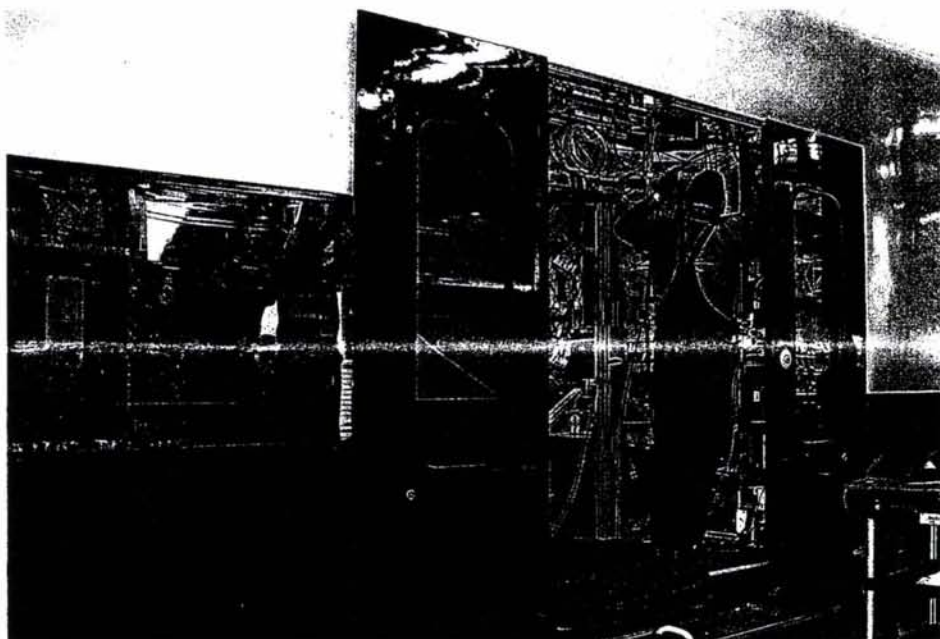
Um den harten Wiedereinsatz zusätzlich zu erproben, wurde eine Schiebetritt-Einheit auch im Testzentrum Rail-Tech Arsenal in Wien unter tiefen Temperaturen betrieben. Dabei wurden die Prozessparameter wie Motorströme und Schliesskräfte unter diesen erschwerten Bedingungen begutachtet.

Klimaanlagen

An die Klimatechnik in Fahrzeugen der Schweizer Eisenbahnen werden bekannterweise sehr hohe Anforderungen gestellt. Neben dem Sitzkomfort werden thermische Behaglichkeit und eine Belüftung ohne Zugluft als wesentliche Faktoren für komfortables Reisen betrachtet. Dies gilt auch in Zügen des Regionalverkehrs, die heute durchwegs mit Klimaanlagen ausgerüstet werden. Diesbezügliche Erfahrungen in der Vergangenheit haben zu einem sehr anspruchsvollen Anforderungsprofil geführt.

Um die Klimatisierung im gesamten Geschwindigkeitsbereich des Fahrzeuges mit gleicher Güte zu erreichen, führten die Siemens-Ingenieure umfangreiche aerodynamische Simulationen durch. Dabei wurden die Verhältnisse bei der Frischluftansaugung und der Kühlluftversorgung sowie die Wechselwirkung mit den ebenfalls im Dach untergebrachten Wasserrückkühlern der Traktionsstromrichter ausführlich untersucht und optimiert.

Hinsichtlich der Auslegung des Klimagerätes sind die beiden Parameter Kälteleistung und Zulufmengen zu optimieren, deren Nachweis durch Typentests in der Klima-



kammer des Herstellers erbracht wurde. Um die Druckverluste im Kanalsystem sicher bewerten zu können und damit die Frage nach den Luftmengen zu beantworten, wurden die komplexen Teile der Klimakanäle im Bereich der Luftverteilung auf Ober- und Unterdeck im Original aufgebaut. Zusätzlich wurde an einem Fensterteiler die Wirksamkeit der Induktionsluftmischung im Originalaufbau nachgewiesen.

Die Feineinstellungen an den Klimakanälen und Luftausblasöffnungen wurden ermittelt. Für den verbindlichen Nachweis der klimatechnischen Einrichtungen ist ein Typentest mit einem Kompletzug im RTA-Klimawindkanal in Wien eingeplant.

Die nächsten Schritte

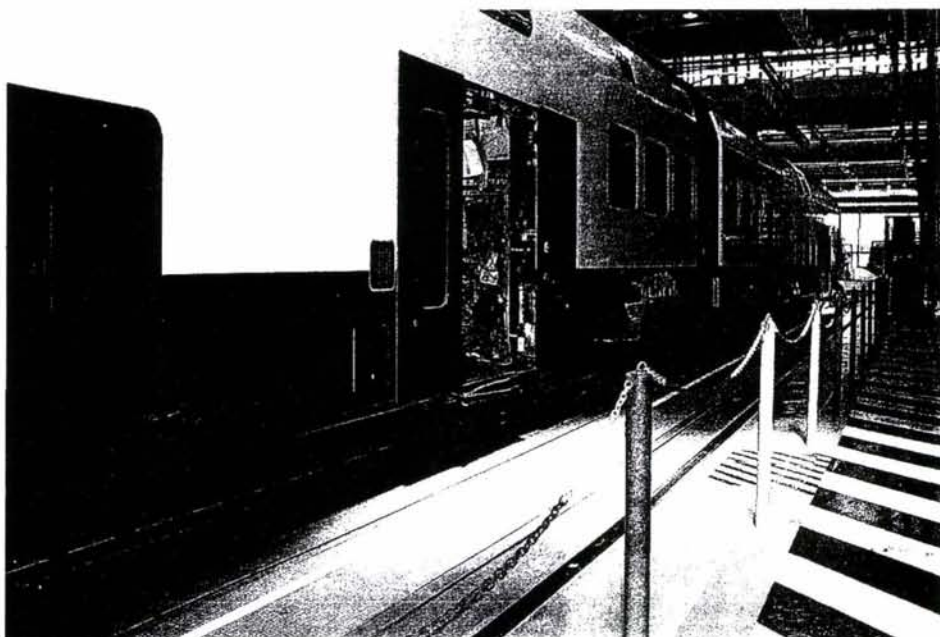
Zwischen den Vertragspartnern SBB und Siemens wurde eine Quality-first-Strategie vereinbart und konsequent verfolgt. Damit soll nicht nur die Lebensdauer der Züge von rund 30 Jahren sichergestellt, sondern ein Probetrieb mit nachfolgender Einführung in Betriebseinsatz ermöglicht werden, der

von Anfang an alle Erwartungen bezüglich Verfügbarkeit und Komfort erfüllt und für den Zürcher Verkehrsverbund (ZVV) und seine Fahrgäste zu einem Erfolgserlebnis wird.

In ihrem hellen Aussendesign mit roter Front und blauen Streifen sowie den runden geschmeidigen Formen sollen die neuen Züge auch eine Augenweide auf Schweizer Schienen werden.

Im Oktober 2005 werden die beiden ersten Züge auf den Weg ins Testzentrum Velim in Cerhenice bei Prag gebracht, wo ein Grossteil der dynamischen Typenprüfungen stattfinden wird. Weitere Prüfungen, wie die der Lauftechnik, werden im Netz der SBB durchgeführt, um anschliessend die Zulassung durch das Bundesamt für Verkehr (BAV) zu erhalten.

Nach Abschluss aller Prüfungen folgt ein Probetrieb auf einer ausgewählten Zürcher S-Bahn Linie – nicht zuletzt, um die gezielte Schulung des Lokomotivpersonals zu ermöglichen. Ab Sommer 2006 werden die ersten S-Bahn-Züge im regulären Fahrgastbetrieb in Zürich zum Einsatz kommen.



Montagelinie der Zwischenwagen (Foto: Siemens)