

Elektrische Anlagen auf der Neubau- strecke (NBS) Mattstetten – Rothrist der SBB

Manfred Lörtscher, Bern; Hans-Peter Baier, Erlenbach; Jürg Lauber, Luzern;
Marco Meuli, Greifensee; Martina Münster, Zürich; René Schwander, Olten;
Hubert Winter, Wien

Die 45 km lange Neubaustrecke bildet infrastruktureitig das Herzstück des Angebotskonzepts Bahn 2000, 1. Etappe, welches mit dem Fahrplanwechsel am 12. Dezember 2004 in Betrieb genommen wurde. Die elektrische Ausrüstung der neuen Strecke wird beschrieben.

Electrical fixed installations on the new high-speed line (NBS) Mattstetten – Rothrist of Swiss Federal Railways (SBB)

The new high-speed line with a length of 45 km is the most important infrastructure part for the new time-table of Bahn 2000, first step, which is in commercial operation since 12th December 2004. The electrical fixed installations of the new line are reported in this paper.

Installations fixes électriques sur le nouveau tronçon à haute vitesse (NBS) Mattstetten – Rothrist des chemins de fer fédéraux suisses (CFF)

Le nouveau tronçon à haute vitesse avec une longueur de 45 km forme le coeur de l'infrastructure de la nouvelle conception de l'horaire de Rail 2000, première étape, exploité avec des trains commerciaux depuis du 12 décembre 2004. Les installations fixes électriques sont décrites dans cet article.

1 Einführung

Seit dem 12. Dezember 2004 steht die 45 km lange Neubaustrecke (NBS) Mattstetten – Rothrist als infrastruktureitiges Herzstück des Angebotskonzeptes von Bahn 2000, 1. Etappe, in Betrieb. Gleichzeitig wurde auch die 9 km lange Ausbaustrecke (ABS) von Solothurn zur NBS nach Wanzwil sowie eine neue Verbindung (VL) von Rothrist nach Zofingen in Betrieb genommen (Bild 1). Auf diesen neuen Strecken verkehren nun die Intercity-Züge von Bern über die NBS Richtung Basel, Zürich und Luzern sowie die Neigezüge von und nach der Jurasüdfußlinie

über die ABS. Dies erlaubt rasche Verbindungen mit allen wichtigen Städten mit Reisezeiten zwischen den Netzknoten knapp unter einer Stunde. Die NBS ist sowohl für den schnellen Reisezugverkehr bis 200 km/h wie auch für den schweren Güterverkehr mit Achslasten bis 22,5 t ausgelegt (Tabelle 1). Leider konnte das ehrgeizige Entwicklungsziel, bereits ab Beginn mit der Führerstandssignalisierung (FSS) nach ETCS Level 2 mit 200 km/h fahren zu können, nicht erreicht werden. Deshalb mussten in den letzten 18 Monaten für eine signalmäßige Rückfallebene noch rund 100 klassische Lichtsignale mit zusätzlichen Eurobalisen und LEUs (Lineside Electronic Units) aufge-



Bild 1: Situationsplan der Neubaustrecke Mattstetten – Rothrist (NBS 45 km), Ausbaustrecke Wanzwil – Solothurn (ABS 9 km) und Verbindungslinie Rothrist – Zofingen (VL 2 km) zwischen Bern und Olten. Die bestehende Strecke (Stammlinie) über Burgdorf – Herzogenbuchsee erlaubt teilweise Höchstgeschwindigkeiten von 85 km/h.

Tabelle 1: Allgemeine Daten der Neubaustrecke (NBS) und Ausbaustrecke (ABS).

Parameter/Kriterium/Kennwert		NBS	ABS	Bemerkungen
Ausbaugeschwindigkeit	km/h	200	140/200	
Minimale Kurvenradien	m	3 000	1 040/2 100	
Maximale Neigungen	‰	20	10,4	
Streckenlänge	m	45 079	9 031	
– davon offene Strecke	m	30 480	7 561	NBS 67 % / ABS 84 %
– davon Tunnel bergmännisch	m	6 582	1 470	NBS 15 % / ABS 16 %
– davon Tunnel Tagbau	m	8 017	0	NBS 18 %
Grundwasserschutzwannen	m	3 290	270	NBS 7 % / ABS 3 %
Bahnbrücken		7	5	
Straßenüberführungen		17	3	
Bahnübergänge		–	3	v_{\max} 140 km/h
Wildquerungen		3	0	
Bahnhöfe/Haltepunkte		0	0	
Überleitstellen/Spurwechsel		0	0	
Elektronische Stellwerke		1	0	ESTW Wanzwil
Landverbrauch	ha	283	2,1	
Betroffene Gemeinden		35	7	in den Kantonen Bern, Solothurn und Aargau
Betroffene Grundeigentümer		557	171	
Gesamtkosten	Mio CHF	1 600	100	
davon Kosten Bahntechnik	Mio CHF	205	24	
Baubeginn		04/1996	10/2001	
Bauabschluss		06/2004	06/2004	

Tabelle 2: Hauptdaten der Neubaustrecke (NBS) gemäß Infrastrukturregister nach der Netzzugangsverordnung NZV [5].

Parameter/Kriterium/Kennwert	Wert	Bemerkungen
Schienentyp	UIC 60 Güte 900 A	Befestigung Vossloh SKI 14
Lichtraumprofil	EBV4/S3	
Stromabnehmerprofil		
Wippenbreite	1 600, 1 450, 1 320 mm	UIC 505-1 isolierende Endhörner (siehe auch Tabelle 3)
Maßgebende Steigung	17‰ 3 000 m Richtung Bern 20‰ 1 200 m Richtung Olten	
Streckenklasse	D4	
Maximal zulässige Achslast	22,5 t	
Maximal zulässige Meterlast	8 t/m	
Ladungscode	High Cube: C45/375 NT 70/396 SIM P 80/405, C80/405	
Maximale Geschwindigkeit	200 km/h	(ab 12. 12. 2004 nur 160 km/h)
Gleisfreimeldeeinrichtungen	Achszähler	2 pro Zählpunkt
Zugsicherung	ZUB/ETM ab 12. 12. 2004 (v_{\max} 160 km/h)	Telegramm 44 über Eurobalisen mit ZUB121/SIGNUM oder ZUB 262ct zu lesen und zu verarbeiten
Zugsicherung	ETCS level 2 nach SRS 2.2.2 (voraussichtlich ab 2006)	
Zugfunk	GSM-R Cab Radio und Handy	

stellt werden. Mit der Rückfallebene verkehren die Züge mit höchstens 160 km/h und Gleiswechselbetrieb ist nicht möglich. Die für ETCS Level 2 erforderlichen Mobilfunkanlagen (GSM-R) sind fertig gestellt und erlauben die In-

betriebnahme der eigentlichen ETCS-Funktionen in nächtlichen Probetriebsphasen ab Januar 2005.

Die Bahntechnik wurde durch einen Totalunternehmer geplant und erstellt. Sowohl für die Bauherrschaft

SBB wie auch für die Aufsichtsbehörde führte dies zu ungewohnten Verhältnissen in den verschiedenen Verfahren wie Typenzulassungen und Plangenehmigungsverfahren sowie schließlich der ganzen Inbetriebnahme- und Abnahmephase bis hin zur Erteilung der Betriebsbewilligung durch die Aufsichtsbehörde. Insbesondere unter dem großen Zeitdruck, der auf dem Projekt lastete, war diese Organisationsform nicht unbedingt einfach und zeitsparend in den Abläufen. Der Projektlauf aus Sicht des Totalunternehmers und der Fachplaner wird in [1] und [2] dargestellt.

Wie bei all diesen großen Projekten ergaben sich vielfältige Schnittstellen zwischen den Erstellern des Rohbaus und den Projektierungsbüros der Bahntechnik. Vor allem der späte Entscheid, noch klassische Signale aufzustellen, führte zu umfangreichen Nachprojektierungen von verschiedenen Kabelanlagen wie 84 km Signalkabel allein für die Rückfallebene und zusätzlichen Kabeltrassen.

Seit Mai 2003 konnten von Mattstetten her bereits rund 20 km NBS für Probe- und Testfahrten genutzt werden [3]. Anfang Juni 2004 waren sowohl die NBS wie auch die ABS durchgängig fertig gestellt. Seit diesem Zeitpunkt wurden zahlreiche Versuchs- und Abnahmefahrten, vorerst noch ohne funktionsfähige Sicherungsanlagen, bis zu Geschwindigkeiten von 230 km/h durchgeführt. Da noch kein für diese Geschwindigkeit zugelassenes Rollmaterial zur Verfügung stand, mussten die ersten Fahrten als so genannte Hochtastfahrten mit dem jeweiligen Einverständnis aller Fachdienste wie Lauftechnik, Oberbau, Fahrbahn, Oberleitung usw. für die nächst höhere Geschwindigkeitsstufe gefahren werden. Über einen Teil der umfangreichen Abnahme- und Nachweistätigkeiten wird in [4] berichtet.

Seit dem Fahrplanwechsel am 12. Dezember 2004 können die NBS und die ABS im freien Netzzugang [5] befahren werden. Die entsprechenden Netzzugangskriterien sind in Tabelle 2 aufgelistet.

2 Elektrische Anlagen

2.1 Bahnenergieversorgung 132/15 kV

Zur Sicherstellung der Bahnenergieversorgung 132 kV und 15 kV wurden umfangreiche Berechnungen durchgeführt. Während die Vorgaben für den Personenverkehr aus dem Angebotskonzept Bahn 2000, 1. Etappe, ausreichend exakt vorlagen, mussten die Zugs- und Verkehrsdaten des Güterverkehrs und der unbekannt Eisenbahnverkehrsunternehmungen des freien Netzzugangs großzügig abgeschätzt werden. Gemäß dem gesamtschweizerischen 132-kV-Konzept der SBB [6] soll eine zweite Mittellandleitung die Westschweiz redundant mit dem Netzknoten Rapperswil verbinden. Diese neue rund 70 km lange Leitung Burgdorf – Rapperswil, die ebenfalls in [6] beschrieben wird, führt bei Wanzwil vorbei und ermöglicht dort die Anspeisung des neuen, unterirdisch angelegten Unterwerks (Uw) Wanzwil (2×20



Bild 2: Verzweigung Wanzwil Richtung Rothrist: Gleise von links nach rechts: Gleis von Solothurn, Gleis von Mattstetten, Gleis nach Mattstetten, Gleis (ansteigend) nach Solothurn. Einspeisungen Fahrleitung mit Kabelgerüst. Im Hintergrund links Portale Gishübeltunnel, rechts Eingang und 132-kV-Abfangerüst zum unterirdischen Unterwerk Wanzwil.

MVA). Die Schaltung dieses Unterwerks ist in [7] genauer beschrieben. Die Neubaustrecke wird somit von den bestehenden Unterwerken 132/15 kV (je 2×20 MVA) Bern-Wylerfeld und Olten sowie dem neuen Unterwerk Wanzwil, welches ziemlich genau in der Mitte der Strecke liegt, ab Uw Bern-Wylerfeld 28 km und ab Olten 32 km, gespeist. Die 15-kV-Einspeisung ab Uw Wanzwil (Bild 2) erfolgt über Mittelspannungskabel 30/18 kV, deren Schirme mit einem Querschnitt von 70 mm² Cu an beiden Enden geerdet sind. Für die gezielte Rückstromführung [8, 9] wurden zusätzliche T-Seile mit einem Querschnitt von 240 mm² Cu pro Kabel und zusätzliche 4 Kabel mit 185 mm² Cu verlegt. Neben der NBS speist das neue Unterwerk auch noch über eine rund 1 km lange 15-kV-Speiseleitung nach Herzogenbuchsee in die bestehende Stammlinie (Bild 1) ein. Die ABS wird sowohl vom Uw Wanzwil gespeist als auch mit einem separaten Speisepunkt vom Uw Deitingen in der Nähe von Solothurn. Diese Versorgung kann bei einem Ausfall des Uw Wanzwil für einen allerdings reduzierten Betrieb auf der NBS verwendet werden.



Bild 3: Parallelschaltposten (PSP) Rechterswil: Schaltposten rechts mit fünf Lastschaltern und Messeinrichtungen, dahinter Relaisgebäude mit zusätzlicher Einspeisung 16,7 Hz ab Masttransformator (Ansicht Richtung Rothrist).

Die Unterwerke Bern-Wylerfeld und Wanzwil speisen beidseitig den westlichen Teil der NBS und die Uw Wanzwil und Olten den östlichen Teil der NBS. In der Mitte des östlichen Teils befindet sich in der Brunnmatte eine fakultative Schutzstrecke mit einem Lastschaltposten [7]. Diese wird nur aktiv geschaltet, wenn die parallel verlaufende 132-kV-Leitung Burgdorf – Rapperswil unterbrochen ist. Auf dem westlichen NBS-Abschnitt befinden sich in Mattstetten, Emmequering und Recherswil Parallelschaltposten (Bild 3), an denen die Oberleitungen der beiden Streckengleise im Normalfall parallel geschaltet werden und eine Längsauftrennung der einzelnen Abschnitte möglich ist.

Die Oberleitung ist für eine Stromtragfähigkeit pro Gleis von 900 A dauernd bei einer Umgebungstemperatur von 40°C, alle halbe Stunden gefolgt von einem Zyklus von 150s mit 1800 A ausgelegt. Diese periodische Lastspitze ergibt sich beim Befahren des rund 3 km langen Oenzbergtunnels Richtung Bern mit einer Steigung von knapp 20‰ mit schweren Güterzügen. Wie in [4] berichtet, wurde die Gebrauchstauglichkeit des Teilsystems Energie gemäß EU RL 96/48 und der zugehörigen Technischen Spezifikation Interoperabilität (TSI) Energie [10] geprüft und durch die Aufsichtsbehörde für den Betrieb freigegeben.

2.2 Oberleitung und Rückstromführung

Die Totalunternehmer-Ausschreibung der SBB [1] für den Leistungsanteil „Fahrleitung und Bahnstromversorgung“ ließ neben der Oberleitungsbauart der SBB auch alternative Bauarten zu. Diese mussten sich aber bei einer der Bahnverwaltungen wie zum Beispiel DB, SNCF oder ÖBB unter vergleichbaren Verhältnissen bereits bewährt haben und mit einer Typenzulassung des Bundesamtes für Verkehr (BAV) geprüft sein. Zur Ausführung kam die



Bild 4: Ansicht Oberleitung ELINCAT E230 auf freier Strecke mit direkter Spurhaltung (rechtes Gleis) und Rückgriff-Spurhaltung (linkes Gleis), Verstärkungsleitung auf den Mastspitzen, Stahlmaste und Fundamente nach SBB-Vorgaben, Abfangmaste mit Seilankern.

ÖBB-Oberleitung ELINCAT 230 (E230) [11] mit einigen schweizspezifischen Anpassungen (Bild 4), wobei insgesamt etwa 107 km Kettenwerk montiert wurden; davon knapp ein Drittel in Tunnel.

Die neue Oberleitungsbauart E230 entspricht den schweizerischen Verordnungen [12, 13] und den als anerkannte Regeln der Technik gemäß Art. 5 [13] angewandten internationalen Normen wie EN 50119, EN 50149, EN 50317 und prEN 50367. Die Fahrleitungsbauart E230 ist für eine Regelgeschwindigkeit von 200 km/h ausgelegt. Die Abnahmen wurden mit einer um 15 % erhöhten Geschwindigkeit von 230 km/h durchgeführt [4]. Die Hauptdaten der Oberleitung sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Die Fundamente wurden als Normfundamente gemäß SBB-Bauform (Betonblockfundamente für Aufsetzmaste)

Tabelle 3: Hauptdaten der Oberleitung.

Parameter/Kriterium/Kennwert	Wert	Bemerkungen
Fahrdrahthöhe	5,40 m	
Fahrdraht	120 mm ² CuAg 0,1 (RiS 120)	15,3 kN Abspannkraft
Tragseil	70 mm ² CuAg 0,1	10,8 kN Abspannkraft
Y-Seil freie Strecke	35 mm ² Bz-Seil, Länge 16 m	2,8 kN Abspannkraft
Y-Seil Tunnel	35 mm ² Bz-Seil, Länge 12 m	2,5 kN Abspannkraft
Hänger	10 mm ² Bz II (CuMg 0,5)	> 500 mm lang
Spannweite	maximal 60 m freie Strecke maximal 51 m in Tunnel	
Verstärkungsleiter pro Gleis/ auf der ganzen Strecke	260/23 mm ² Alu-Stalum-Seil	Einspeisung am Ende der Nachspannungen und beim Festpunkt
Stromtragfähigkeit	900 A dauernd und halbstündlich 1800 A während 150 s	bei 40°C Umgebungstemperatur
Kurzschlussstromfestigkeit	39 kA, 60 ms	
Erdseil	260/23 mm ² Alu-Stalum-Seil	ca. alle 300 m über die Maste und Cu-Verbindungen mit den Schienen verbunden.
Stromabnehmerkontaktkraft	maximal < 250 N minimal > 0 N	F _m nach prEN 50367

Wer sichert Ihre elektrische **Energieversorgung?**



AREVA T&D Experten, Ihre bewährten Partner.

Seit über 100 Jahren erarbeiten wir für Sie maßgeschneiderte Lösungen für Ihre Energieversorgung. Unsere Fachkompetenz in der Energieübertragung und -verteilung ist Grundlage der industriellen Entwicklung und garantiert Millionen von Menschen weltweit eine sichere und zuverlässige Stromversorgung.

AREVA T&D bietet Ihnen die Erfahrung und das Know-how an innovativen Produkten, Systemen und Dienstleistungen: kundenindividuell, termingerecht und von hoher Qualität.

AREVA Energietechnik GmbH, Vertriebsnetz Deutschland, Lyoner Str. 44-48, 60528 Frankfurt
Tel: (069) 6632-1908 Fax: (069) 6632-2165 - www.areva.com



A
AREVA

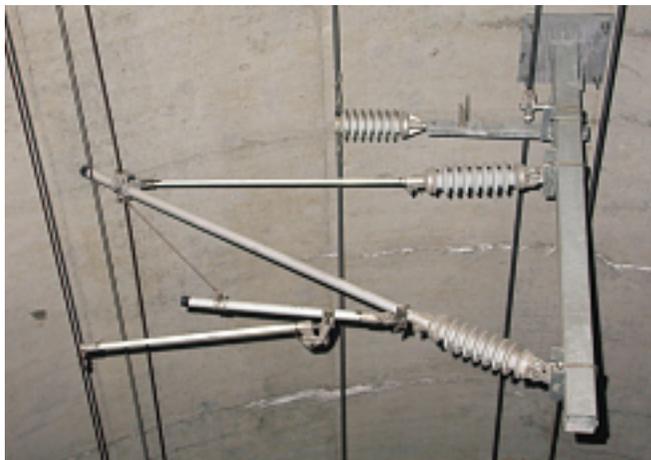


Bild 5: Tunneltragwerk im Tunnelscheitel (linkes Gleis) mit Verstärkungsleitung und den Erdseilen für beide Gleise befestigt an der Hängesäule.

ausgebildet. Lediglich auf Teilen der ABS musste in den wenig tragfähigen Bodenzonen eine Sonderlösung mit Verdrängungspfählen vorgesehen und ausgeführt werden. Für die Masten wurden HE-Profile und Formrohre verwendet. Bei den Abspannmasten sind Seilanker eingebaut. Zur Befestigung der meisten Anbauteile sind in den Masten Bohrungen vorgesehen. Wo die Direktmontage nicht möglich war, wurden die Armaturen mit Bügelschrauben am Mast montiert.

Für die Aufhängung des Kettenwerks und der Verstärkungsleitung im Tunnel wurden Hängesäulen im Tunnelscheitel vorgesehen. Die verwendete Hängesäule besteht aus einer Grundplatte, auf die ein Formrohr aufgeschweißt ist. Die Säulen wurden mit zugzonen-tauglichen Klebeankern befestigt (Bild 5).

Die Ausleger wurden entsprechend den Bautypen konzipiert, wie sie bei der ÖBB seit Jahren eingesetzt werden und sich bewährt haben. Sämtliche Gussteile und Rohre sind dabei aus Aluminium und somit wartungsfrei. In diese Ausleger sind Keramikisolatoren eingebaut. Im Tunnel sind diese Isolatoren, um den Reinigungsaufwand auf ein Minimum zu reduzieren, zusätzlich mit einer Silikonmasse beschichtet.

Prinzipiell wurden Nachspannungen mit einer maximalen Länge von 1 500 m errichtet. Der Festpunkt wurde mit Jochen, so wie diese üblicherweise bei den SBB eingesetzt sind, realisiert. Fahrdrabt und Tragseil werden getrennt mit Radkörpern aus Aluminium, die ein Übersetzungsverhältnis von 1:3 haben, nachgespannt. Als Belastungsgewichte wurden bei diesem Projekt erstmalig monolithische Gewichtssäulen verwendet. Die Radkörper sind mit einer VA TECH T&D Entwicklung aufgehängt, welche einen optimierten Seillauf am Radkörper ermöglicht (Bild 6).

Für die Nachspannung im Tunnel wurde eine Vorrichtung verwendet, die an jeder Stelle des Tunnels ohne zusätzliche Baumaßnahmen montiert werden konnte. Der Abspannzug wird direkt über Umlenkrollen, ohne Übersetzung, aufgebracht. Speziell für diesen Auftrag wurde eine Fallbremse entwickelt, die das Herunterfallen der

Bild 6: Bewegliche Tragseil- und Fahrdrabtabfangung mit Spannrädern (Übersetzung 1:3) und Klinken.



Belastungsgewichte im Falle eines Seilrisses verlässlich verhindert. Die Sektionstrennungen und Streckentrennungen wurden in dreifeldiger Bauweise realisiert.

Entlang der gesamten Strecke wurde parallel zum Kettenwerk eine Verstärkungsleitung mit einem Alu-Stalum Seil (260/23) verlegt. Auf der freien Strecke ist das Seil im Normalfall direkt an der Mastspitze mit einem Stützisolator montiert. In einigen Bereichen wurde das Seil mit einer Armatur in Richtung zum Gleis verschwenkt, um die Schutzabstände einzuhalten. Im Tunnel wurde das Seil mit einem liegenden Stützisolator am Tunnelstützpunkt aufgehängt (Bild 5). Das Seil wurde am Isolator mit einem Spiralbund befestigt. Die Verstärkungsleitung ist parallel zum Kettenwerk geschaltet; sie wird bei den Festpunkten und der Enden der Nachspannungen mit dem Tragseil und dem Fahrdrabt verbunden.

Für jedes Gleis wird ein Erdseil am Mast in Höhe des Tragseiles mitgeführt. Im Tunnel wird das Seil seitlich an

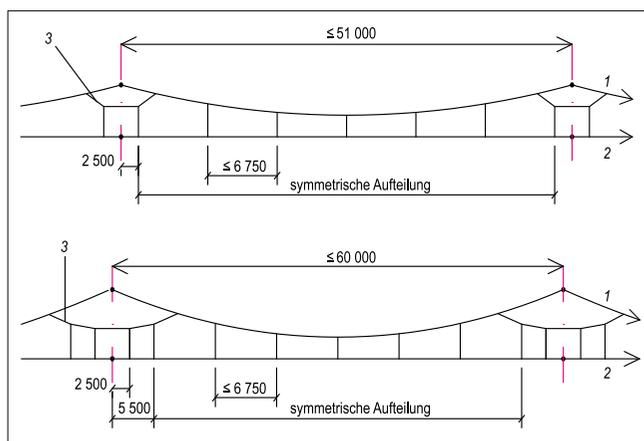


Bild 7: Drahtwerkschema einer Spannweite im Tunnel (oben) und auf der freien Strecke (unten).

- 1 Tragseil Cu 70 mit 10,8 kN abgespannt
- 2 Fahrdrabt RiS 120 mit 15,3 kN abgespannt
- 3 Y-Seil Bz freie Strecke 16 m und mit 2,8 kN abgespannt; Tunnel Länge 12 m und mit 2,5 kN abgespannt

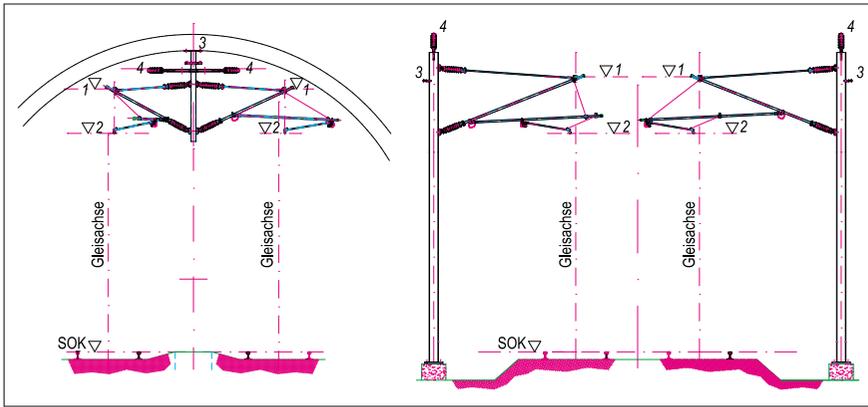


Bild 8: Querprofil im Tunnel (*links*) und auf der freien Strecke (*rechts*).

- 1 Tragseil Cu 70, Höhe im Tunnel 6,50 m, Höhe auf freier Strecke 6,80 m
- 2 Fahrdraht RiS 120, Höhe 5,40 m
- 3 Erdseil Alu/Stalum 260/23
- 4 Verstärkungsleiter Alu/Stalum 260/23
- SOK Schienenoberkante

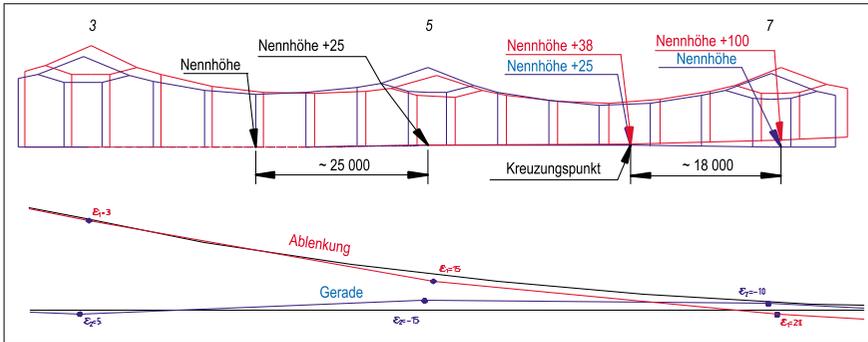


Bild 9: Drahtwerkschema Weichenbespannung Schnellfahrweichen Bauart EW-VI-12000/6100 – 1 : 42 mit Befahrungsgeschwindigkeiten von 200 km/h auf beiden Spuren. 3, 5 und 7: Tragwerknummern

den Hängesäulen im Firstbereich befestigt (Bild 5). Dabei wurde der gleiche Seiltyp wie für die Verstärkungsleitung verwendet. Das Seil wurde direkt am Mast bzw. am Stützpunkt mit einer Klemmschale befestigt. Etwa alle 300 m werden die Maste an die Schienen geerdet.

Die Kettenwerkanordnungen sind für die Tunnelabschnitte in Bild 7 oben und für die freie Strecke in Bild 7 unten dargestellt. Die entsprechenden Querprofile sind in Bild 8 ersichtlich.

Eine besondere Herausforderung stellte die Bespannung von drei Hochgeschwindigkeitsweichen der Bauart EW VI-12000/6100 -1:42 dar, die im geraden Strang wie auch auf Ablenkung mit 200 km/h befahren werden (Bild 9).

Die Masten wurden mit einem LKW mit Kran direkt vom Tieflader des Lieferfahrzeuges von der Bitumenschicht (Sperrschicht) aus aufgestellt. Anschließend wurden alle Befestigungsteile sowie Isolatoren mittels Hubarbeitsbühnen vormontiert. Auch die Bohrarbeiten und Vormontagen im Tunnel wurden mit selbstfahrenden Hubarbeitsbühnen und speziell dafür hergestellten Bohrvorrichtungen ohne Gleisbesetzung durchgeführt. Für die Seilzugsarbeiten wurde ein umfangreicher Fahrleitungsmontagezug eingesetzt. Damit konnten die Seilzugsarbeiten für Verstärkungs- und Erdruckleiter im ersten Arbeitsgang, sowie für das Tragseil und den Fahrdraht im zweiten Arbeitsgang stets sicher, qualitativ hochwertig und in einem sehr kurzen Zeitraum durchgeführt werden. Den Montagegruppen standen zudem ein Motorturmwagen und ein selbstfahrender Motorgerüstwagen zur Verfügung.

2.3 Schutzeinrichtungen für Unterwerk und Oberleitung

Die an den verschiedenen Stellen eingebauten Schutzeinrichtungen sind in der Tabelle 4 zusammengestellt. Sie wirken alle direkt auf die zugehörigen Leistungsschalter. Außer der Meldung „Schutz blockiert“ werden die digitalen Schutzgeräte über die standardisierte optische Schnittstelle IEC 60870-5-103 durch die Lokalsteuerung bedient. Störungsinformationen, wie Fehler-Distanz/Reaktanz nach Kurzschlüssen oder die Fahrleitungstemperatur werden über die IEC-Schnittstelle an die zuständigen Leitstellen weitergeleitet. Alle Schutzeinrichtungen verfügen über interne Störschreiberfunktionen. Zur Analyse von außergewöhnlichen Störungen oder auch zur Fernwartung können die Schutzspezialisten via Modemverbindung auf die einzelnen Geräte und eben auch diese Störschreiber zugreifen. Dies geschieht durch die Fernbedienung eines lokal in Wanzwil installierten PC. Dieser Schutz-PC ist lokal über Sternkoppler mit allen Systemen verbunden. In den Unterwerken Olten, Wanzwil, Bern und Deitingen ist neben dem Hauptschutz ein Reserveschutz mit $I > t$ -Funktion vorhanden.

Die fakultative Schutzstrecke Brunnmatte (Roggwil) [7] ist im zugehörigen Schaltposten mit einem Kuppelschalter ausgerüstet. Als Schutzgerät wurde dort erstmals der neue digitale Fahrleitungsschutz 7ST61 eingebaut. Zusätzlich wurde die neue serielle Schnittstelle zur kombinierten Lokal- und Fernsteuerung TG805 realisiert. Mit der erfolgreichen Inbetriebnahme dieses Konzepts ist damit ein wichtiger Schritt hin zu modernen neuen Kuppelschaltposten gemacht worden: Der neue Schutz kann

Tabelle 4: Schutzgeräte in den Unterwerken und im Oberleitungsnetz.

Unterwerke

Einbauort	Gerättyp	Schutzfunktionen	Bemerkungen
Leitungen 132 kV	7SA526	Z1 – Z4; I_{th} ; Kurz-Langzeitunterbrechung Signalvergleich mit Gegenstation	Distanzschutz
Sammelschienen 132 kV	REB500	$I\Delta$; $I>t$ Schaltversagerschutz	Sammelschienenschutz
Transformatoren 132/15 kV	DRS Compact	$I\Delta$; $I>t$ 132 kV U-V; $Z<t$ 15 kV; I_{th}	Eingekoppelter Buchholzschutz und Pressostat (Stufenschalterschutz)
Sammelschienen 15 kV	DRS BB	$I\Delta$; $I>t$ Schaltversagerschutz	Sammelschienenschutz

Oberleitungsschutz

Einbauort	Gerättyp	Schutzfunktionen	Bemerkungen
Uw Bern-Wylerfeld	7SL16	$I>>>$; Z1; Z2; I_{th}	analog / elektronisch
Uw Wanzwil, Olten und Deitingen	7SA517	$I>>>$; Z1; Z2; I_{th}	digital / 1. Generation zusätzlich Prüfautomatik
Schaltposten Brunnamatte/Roggwil [7]	7ST61	$I>>>$; Z1-Z3, I_{th}	digital / 2. Generation
Schaltposten Mattstetten (Aespli) und Rothrist	7SL16	$I>>>$; Z1; Z2; I_{th}	analog / elektronisch für NBS und Stammlinie in 4 Richtungen getrennt

für Vorwärts- und Rückwärtsrichtung unabhängig parametrisiert werden. Dies ermöglicht, dass für einfache Kuppelstellen nur ein Gerät eingesetzt werden muss. Weiter stellt es über die serielle Schnittstelle Betriebsmesswerte wie Strom, Spannung, Fahrdrattemperatur zur Verfügung, was Messwertumformer erübrigt. Der neue Schutz berechnet auch bei den sehr schnellen $I>>>$ -Auslösungen, Stromwert 2 bis 3 ms überschritten, einen Fehlerort. Im Schutz sind 4 komplette Parametersätze abgespeichert, die bei Schaltungsänderungen durch die Leitstelle umgeschaltet werden können.

2.4 50-Hz-Versorgung

Auf der NBS und der ABS sind insgesamt 51 technische Standorte (Bild 10) mit einer 50-Hz-Netzeinspeisung ausgerüstet. Die verschiedenen Anlagentypen sind in der Tabelle 5 aufgeführt. Sie werden mit elektrischer Energie, wo immer möglich, aus dem Netz der örtlichen Elektrizitätswerke (EVU) mit üblichem 230/400-V-Gebäudeanschluss oder aus dem Mittelspannungsnetz 3AC 16 kV 50 Hz versorgt. Statistisch ist im Mittelspannungsnetz gegenüber dem 400-V-Netz mit rund einem Viertel weniger Netzstörungen zu rechnen. Aus diesem Grund werden die zehn Tunnelbauwerke aus dem betriebssicheren 16-kV-Netz versorgt. Die dazu notwendigen Transformatorstationen sind in den Portalgebäuden integriert.

Nicht alle der eingangs erwähnten Standorte können aus technischen oder ökologischen Gründen aus dem öffentlichen Netz versorgt werden. Solche Anlagen werden aus benachbarten Stationen mittels bahneigenen Erschließungsleitungen elektrisch versorgt. Als kosten-



Bild 10: Relaisgebäude Wanzwil mit elektronischem Stellwerk (ESTW), SBB-Normgebäude mit umweltfreundlicher Steuerung des Wärmehaushalts und Antennenmast für GSM-R und GSM-P.

Tabelle 5: Technische Standorte mit Netzeinspeisung 3AC 50 Hz.

Art	Anzahl	Bemerkungen
Relaisgebäude (Bild 10)	15	vorwiegend bei Tunnelportalen; z.T. mit Mobilfunk kombiniert
Tunnelkammern	17	
Pumpwerke	6	
Mobilfunkkabinen (Bild 11)	9	für GSM-R und Public Providers
elektronische Stellwerke (Bild 10)	1	
Schaltposten Oberleitung	2	
Unterwerk 132/15 kV	1	

Transmission & Distribution



Wir **BAHNEN** den Weg für

Die Bahn 



 SBB CFF FFS



HL-AG

VA TECH T&D GmbH

Penzinger Straße 76
A - 1141 Wien
Tel. + 43 1 89100 2148
Fax. + 43 1 89100 193

e-mail: al.office@vatech.elin.at

Wiener Straße 37a
A - 4482 Ennsdorf
Tel. + 43 7223 86181
Fax. + 43 7223 86181 30

Landsberger Allee 366
D - 12681 Berlin
Tel. + 49 30 5491 5541
Fax. + 49 30 5491 5542

Emilienstraße 11
D - 04107 Leipzig
Tel. + 49 341 22469
Fax. + 49 341 22469 99



Bussestraße / Am Güterbahnhof
D - 14943 Luckenwalde
Tel. + 49 3371 620466
Fax. + 49 3371 620467

www.vatechtd.at



Bild 11: Freistehende GSM-R-Kabine und Antennenmast bei Koppigen.

günstige und zuverlässige Variante wurde dies erdfrei mit Dreileiter-980-V-Niederspannungsnetzen mit Erdschlussüberwachung ausgeführt.

Um eine optimale Wartung sicherstellen zu können, wurde ein einheitlicher Aufbau der Energieverteilung geplant: So gelang es letztlich, sowohl die Schaltgerätekombinationen für alle Portalgebäude wie auch die Unterverteilungen (UV) in den Gebäuden und den Tunnelnischen baugleich zu erstellen.

Die hohe Verfügbarkeit steht immer im Vordergrund der Planungsaufgaben: Insbesondere sind die vier abgesetzten Stellwerke, die Entwässerungspumpwerke der Grundwasserwannen, die Installationen zur Selbstrettung aus Tunnels und nicht zuletzt die Datenkommunikation der zukünftigen Führerstandssignalisation (FSS) auf eine zuverlässige Stromversorgung angewiesen. So werden auch alle Tunnelnischen mit zwei voneinander gänzlich unabhängigen Kabeln erschlossen. Netzausfälle im Versorgungsgebiet können jedoch nie ganz ausgeschlossen werden. Stell- und Pumpwerke werden daher redundant aus einem zweiten, unabhängigen Netz versorgt. Die Telekommunikationsanlagen (Bild 11) können dank einer modular aufgebauten, batteriegestützten Stromversorgung DC48V über mindestens 10h netz-unabhängig weiter betrieben werden. Alle anderen betriebswichtigen Anlagekomponenten sowie die in den Tunnel beidseitig der Gleise installierten Tunnelnotbeleuchtungen werden über insgesamt 14 unabhängige aus dem Ortsnetz gespeisten, unterbrechungslosen Stromversorgungen (USV) bei Netzunterbruch weiter in Funktion gehalten.

Eine netzautonome Versorgung über Batterieanlagen kann nur über eine zeitlich beschränkte Dauer gewährleistet werden. Die Erkennung und Behebung von Störungen muss innerhalb dieser relativ kurzen Autonomiezeit durchgeführt werden können. Eine rasche Erkennung von abnormen Anlagezuständen auch in abgelegenen Winkeln der Anlage ist erforderlich. Dies ist eine der

Kernaufgaben des lokalen Leitsystems: Permanent werden alle relevanten Parameter der Stromversorgung überwacht. Allein zur Erkennung von Netzunterbrechungen sind rund 85 Unterspannungsrelais angeschlossen. Im Weiteren werden Isolationsfehler in Versorgungsleitung, ausgelöste Leitungsschutzschalter, Batteriestörungen, usw. sofort durch die Leitebene erfasst, auf lokalen LCD-Displays dargestellt und gleichzeitig dem übergeordneten Leit- und Störmeldesystem übermittelt. Zu den weiteren Aufgaben dieser Leitebene gehört die Übertragung und Überwachung von Schalt- und Steuerbefehlen zu Pumpwerken und Tunnelkammern sowie die flächendeckende Schaltung verschiedener Systeme. In elf Knotenpunkten der lokalen Leitebene werden die zugehörigen Datenpunkte, rund 5000 im ganzen System, erfasst und dem übergeordneten Leit- und Störmeldesystem (LSS) übergeben, das im Abschnitt 2.6 weiter beschrieben wird.

2.5 Kabelanlagen

Kabelanlagen großer bahntechnischer Einrichtungen sind in der Gesamtschau komplexer und vielfältiger als man vordergründig annehmen würde. Im Endzustand – kaum sicht- und wahrnehmbar – ist das System Kabelanlagen ein wichtiges Element einer komplexen Bahntechnikanlage. Insbesondere auch die neuen Sicherungsanlagen mit ECTS Level 2 und GSM-R benötigen eine Kabelanlage mit großem Umfang und hoher Zuverlässigkeit.

Alle beteiligten Fachdisziplinen stellen zum Teil sehr unterschiedliche Ansprüche und Anforderungen an das Verbindungsglied Kabel. So muss das System Kabelanlagen in seiner Gesamtheit einerseits als Element des Tief- und Trassebaues und andererseits der Elektrotechnik verstanden werden (Bild 12). Als Ergebnis dieser integralen Planung sind neben dem Kanalisations- und Trassekonzept (als Bestandteil des Rohbau- und Fahrbahnkonzepts) die folgenden Unterlagen der Ausführung zu Grunde gelegt worden wie Normalienkataloge, Material-



Bild 12: Kabelrohrblock Wanzwil für die spätere Aufnahme der 30/18-kV-Einspeisekabel ab Unterwerk Wanzwil. Im Hintergrund rechts späteres Kabelaufstiegsgerüst (Aufnahmerichtung entgegen Bild 2).

- regionaler Datenkonzentrator (RDK), bestehend aus jeweils einem redundanten Webserver und dem redundanten Leitsystem im Hot-Standby, das bei Ausfall automatisch unterbrechungsfrei auf den zweiten Server umschaltet
- dezentral platzierte Industrie-PC (IPC), die sich bezüglich der Funktionalität vom RDK nicht unterscheiden. Nicht jeder IPC verfügt über das konsolidierte Abbild der gesamten Strecke, sondern lediglich über das Abbild des Standorts mit dem zugehörigem Abschnitt der Strecke
- oben genannte Anlagen und die zugehörige Automatisierung entlang der Bahnstrecke (Bild 14)

Die Daten des Masters werden an dezentral platzierte IPCs der lokalen Leitebene weitergegeben. Über diese dezentralen Standorte kann das Wartungspersonal vor Ort den Zustand der Anlagen einsehen und das Ergebnis ihrer Arbeiten an den Anlagen mitverfolgen. Zudem dienen diese Komponenten als Rückfallebene, auf die über das vorhandene Datennetz der SBB von den Arbeitsplätzen in verschiedenen Leitstellen direkt zugegriffen werden kann.

Gleichzeitig zur Übertragung zu den IPC werden die Daten von der Master-SPS zum Herzstück des LSS, dem RDK, transferiert. Aus Gründen der Verfügbarkeit des Systems ist der RDK als redundant aufgebautes System im Hot-Standby ausgelegt. Zudem ermöglicht dieser Aufbau Arbeiten wie Einspielen von Software-Updates oder Datenpflege auch während des laufenden Betriebs. Jeder RDK ist unterteilt in einen Webserver mit der Aufgabe der Präsentation der Daten des Leitsystems für die Benutzer und in das eigentliche Leitsystem mit der Aufgabe, die Daten aus den unteren Ebenen entgegen zu nehmen und die Meldungen anhand vordefinierter Kriterien den zuständigen Benutzern weiter zu leiten. Auf das Leitsystem wird in der Regel von bestehenden Arbeitsplätzen verschiedener Leitstellen über eine browserbasierte Benutzeroberfläche auf einen der Webserver der RDK zugegriffen.

Die Benutzeroberfläche bietet einerseits eine geographische, streckenorientierte Ansicht, zum anderen eine anlagenspezifische Ansicht entlang der Strecke.

Sowohl die Visualisierung der Meldungen als auch die Alarmierung wurde in Abhängigkeit der Bedürfnisse der beteiligten Benutzergruppen implementiert. Die Benutzer der Gruppen Technik haben eine Sicht auf alle vorhandenen Datenpunkte des LSS. Die Benutzergruppe Betriebsführung sieht lediglich einen Ausschnitt der für die Bahnführung relevanten Datenpunkte. Ebenso sehen die Benutzergruppen Telekommunikation nur den für die 50-

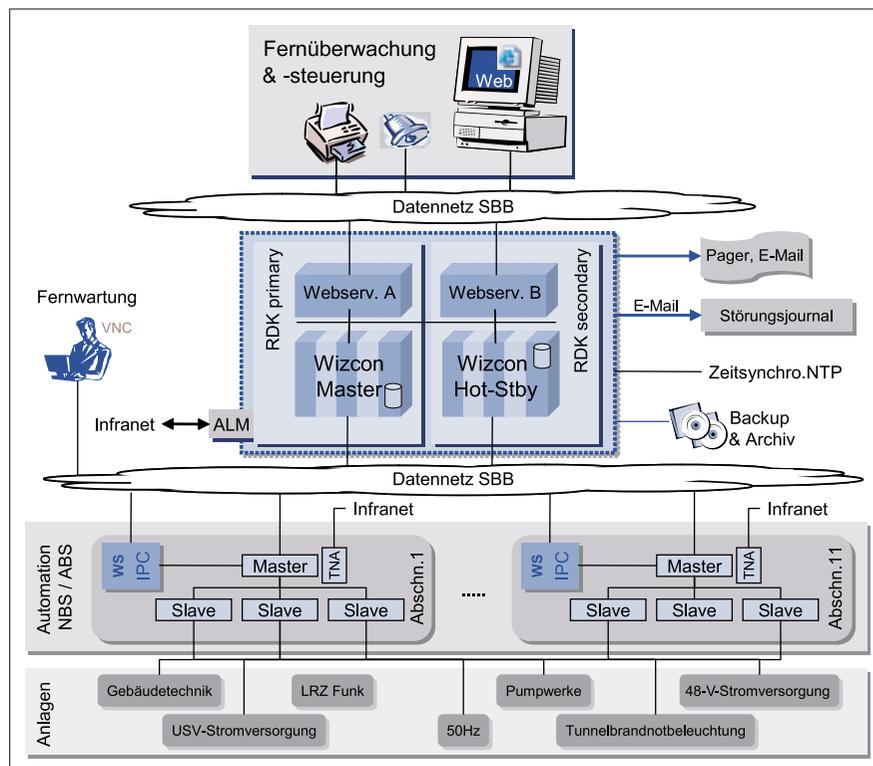


Bild 14: Aufbau des Leit- und Störmeldesystems LSS NBS/ABS.

Hz-Versorgung relevanten Ausschnitt an Datenpunkten.

Zur Unterstützung des Bedienpersonals im Interventionsfall stehen pro Benutzergruppe und Datenpunkt Checklisten zur Verfügung, die via Mausclick bei Auftreten einer Meldung aus dem Leit- und Störmeldesystem aufgerufen werden können. Aus den Checklisten gehen Angaben hervor zu Herkunft der Meldung, Art und Dringlichkeit der Meldung sowie einzuleitende Maßnahmen. Die Checklisten werden durch die Benutzer selbst erstellt und anschließend in Form von html-Files dem Leitsystem hinterlegt. Die Checklisten stehen systemweit zur Verfügung, so dass auch auf der Rückfallebene darauf zugegriffen werden kann.

Die Anlagenkennzeichnung im LSS NBS/ABS wurde im Hinblick auf ein gesamtschweizerisches LSS gestaltet und implementiert. Dieser Code basiert auf innerhalb der SBB einheitlichen Bezeichnungen für Standorte, Anlagen etc. und wurde für die Programmierung der Datenpunkte verwendet. Er bildet die Basis für die Zuordnung zwischen Meldung und zugehöriger Checkliste sowie für den Datenaustausch mit anderen Applikationen.

Für die möglichst gute Integration des LSS NBS/ABS in die bestehende und komplexe IT-Landschaft der SBB sind Schnittstellen zu bestehenden Systemen erforderlich:

- Die Anbindung an die zentrale Benutzerverwaltung ist vorbereitet und kann in einer weiteren Phase umgesetzt werden.
- Eine erste Anbindung an das Störungsjournal ist als Dokumentationssystem bei der Störungsbehebung in Betrieb. Weitere Schritte für eine noch bedienerfreundlichere Lösung aus Sicht des Benutzers sind in die Wege geleitet.

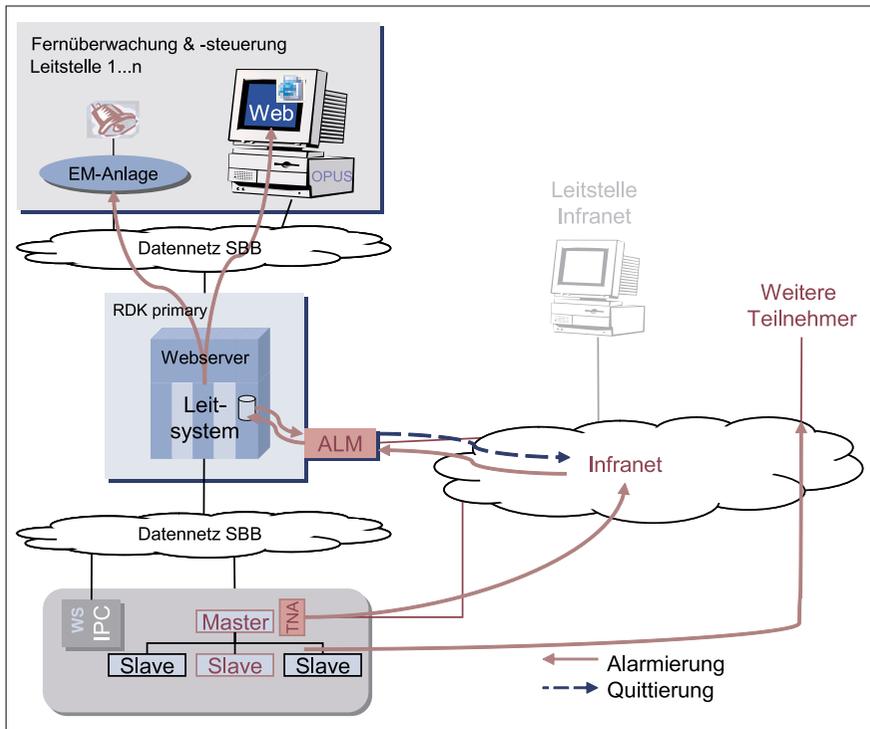


Bild 15: Reguläre Mechanismen der Alarmierung unter Verwendung LSS und Infranet.

• Das Infranet wird als sicherer Übertragungskanal insbesondere dafür verwendet, externe Stellen wie zum Beispiel die Feuerwehr bei einem Brandalarm zu alarmieren. Die Schnittstelle zum Infranet besteht auf zwei Ebenen:

- Lokale Leitebene beim Master: Auf dieser Ebene werden Meldungen dem Infranet als potentialfreier Kontakt übergeben.
- Übergeordnete Leitebene beim RDK: Auf dieser Ebene verhindert ein entsprechendes Modul seitens LSS die doppelte Alarmierung via Bildschirm LSS und Bildschirm Infranet in den Leitstellen innerhalb der SBB (Bild 15).

Sofern der RDK nicht zur Verfügung steht, greifen die Mechanismen des Infranet und die Leitstellen der SBB werden in diesem Fall nicht über das LSS, sondern über die Bildschirme des Infranet alarmiert.



Fahrleitungsanlage Neubaustrecke SBB Mattstetten-Rothrist

Beim Herzstück der Bahn 2000 – der Strecke Mattstetten-Rothrist – waren wir verantwortlich für die seriöse Planung und den termingerechten Bau der Fahrleitungsanlage.

Unsere umfassenden Dienstleistungen im Bereich der Fahrleitungstechnik:

- Projektierung/Studien
- Fahrleitungsmaterial/-systeme
- Montage, Unterhalt

Kummler+Matter AG
Hohlstrasse 176
CH-8026 Zürich
Telefon +41 1 247 47 47
Telefax +41 1 247 47 77
kuma@kuma.ch
www.kuma.ch
www.group-ait.com



Mit dem LSS wurde erstmals konsequent gezeigt, wie die Automatisierung eines Streckenabschnittes im Bereich der Automation der elektromechanischen Anlagen zukünftig aussehen kann. Insbesondere wurden die Prozesse der technischen Fachbereiche mit denen der Betriebsführung über ein einheitliches Leitsystem miteinander verknüpft. Mit dem LSS sollen nun Erfahrungen mit einem integrierenden System gesammelt werden. Das LSS soll aber auch die Basis für ein schweizweites Leit- und Störmeldesystem der SBB bilden.

2.7 Telekommunikationsanlagen

Die Telekommunikationsanlagen wurden außerhalb des Totalunternehmerauftrags durch den SBB-Bereich Infrastruktur Telecom erstellt (Tabelle 7). Dieser Bereich ist auch für den Betrieb und die Wartung verantwortlich. Telekommunikationsnetze gewinnen mit fortschreitender Automatisierung und der Einführung von Standards wie GSM-R bei der operativen Betriebsführung an Bedeutung. Daher muss ein hochverfügbares Datenkommunikationsnetz zur Verfügung stehen. Die Basis dafür bilden Lichtwellenleiterkabel (LWL) und Kupferkabel, die alle Gebäude mit Technikanlagen und Stationen mit Ringstrukturen verbinden. Daher hat eine einzelne Kabelstörung bei dieser Topologie keinen Verbindungsunterbruch zur Folge. Die verschiedenen Signale von Sicherungstechnik, Telefonie, Daten, Funk und anderen werden in einem Multiplexer zu einem konzentrierten Signal zusammengefasst. Die nationale und lokale Dateninfrastruktur basiert auf bahneigenen, geschlossenen Internetnetzen, aufgeteilt in ein Bahntechnik- und in ein Office-Netz, welche ausschließlich Eisenbahnbedürfnissen dienen. Datenkonzentratoren ermöglichen die Datenkommunikation und bilden die Schnittstellen zu den Multiplexern.

Weiterhin wird auch über das Festnetz telefoniert, welches ebenfalls die vorgängig beschriebene Kommunikationsstruktur benutzt. Die Festnetztelefonie wird zur



Bild 16: Tunnelportal mit Telefon, Fluchtwegbeleuchtung und Hydrant.

Kommunikation aus Bereichen eingesetzt, in denen keine oder nur beschränkt Mobiltelefone verwendet werden können. Für den Notfall stehen spezielle Telefone, die an den Tunnelportalen und in den Tunnelnischen montiert sind, für die Kommunikation zur Verfügung (Bild 16).

Das Kommunikationsmittel der künftigen Bahn ist das *Global System for Mobile Communications Railway* (GSM-R). GSM-R basiert auf der bekannten GSM-Technologie, ergänzt mit bahnspezifischen Zusatzfunktionen. SBB Telecom betreibt das Mobilnetz zusammen mit dem Systemlieferanten für alle Bahnen in der Schweiz. Entlang der NBS stehen 18 und an der ABS 3 GSM-R-Antennen. Auf den Zufahrtstrecken zur NBS und ABS sind weitere zwölf Basisstationen installiert. Bei jeder Antenne steht eine GSM-R-Basisstation (BTS), die die GSM-R-Antennen mit den Funksignalen ansteuert. Die BTS sind dann wiederum über das beschriebene Kommunikationsnetz mit der GSM-R-Zentrale verbunden.

Die Bahnlinien Bern – Wanzwil – Olten (NBS) sowie Wanzwil – Solothurn (ABS) verlaufen durch viele Tunnel

Tabelle 7: Mengengerüst Bereich Telecom.

Anlage / Plattform	Produkt	Anzahl	Bemerkungen
Transmission (DIFONET)	SDH Multiplexer UMUX 1500	27	für Netzzugriff mit einheitlichen Schnittstellenkarten, mengenmäßig jedoch unterschiedlich pro Standort unterschiedlich bestückt
Transmission	TUNOL / TUNOR 4x2 MBit	13	letzte Meile Erschließung ohne Multiplexer
Datennetz WAN / LAN Standardnetz	Router PP 2430	16	Office-Bahnanwendungen
	Switch BS420	16	
	Ethernet Port	46	
Datennetz WAN / LAN geschlossenes Netz	Router PP 2430	6	Übertragung Rail-spezifische Anwendungen
	Switch BS420	5	
	Ethernet Port	24	
Mobilfunknetze GSM-R	Basisstationen BTS 240	34	inkl. Versorgung der Tunnelfunkstrecken
Mobilfunknetze PMR Funk	Basis Station 770	29	getrennte Versorgung der Tunnel als Relaisbetrieb für den Lösch- und Rettungsfunk
	Leitungskonzentrator LK 31	5	
Festnetz Telefonie	Vermittlungsknoten	1	Meridian Option 11
	Analoge Anschlüsse	73	
	Digitale Anschlüsse	9	

(Tabelle 1). Dort sind strahlende Kabel an der Tunneldecke montiert. Diese Tunnelfunkkommunikation (TFK) benötigt ein System, das die verschiedenen Funkanwendungen wie GSM-R oder GSM-Public, Löschi- und Rettungszug zusammenfasst und mit einem Gesamtsignal das strahlende Kabel einspeist.

3 Überdeckung Rüttlingen – ein besonderes Bauwerk

Wie in Bild 17 ersichtlich, wurde vor der Unterquerung des Flusses Emme fast kein Platz für die Trasse zwischen dem bereits bestehenden Gebäude eines Käselagers und der Autobahn gefunden. Im Rahmen des Plangenehmigungsverfahrens haben die Betreiber des Käselagers Einspruch erhoben und besondere Maßnahmen zum Schutz ihres Betriebes verlangt. Die Schutzmaßnahmen betreffen die Luftreinhaltung und die elektromagnetische Strahlung. Um das ganze NBS-Projekt nicht zu verzögern, wurde schließlich die ebenerdige Überdeckung Rüttlingen (im Volksmund „Emmi-Käsetunnel“ genannt) erstellt. Damit konnten mögliche Luftverunreinigungen vom Betrieb ferngehalten werden. Durch eine besondere, einseitig für das Käselager orientierte Rückstromführung konnten die Magnetfelder auch bei den entsprechenden Betriebsströmen so reduziert werden, dass der Anlagegrenzwert eingehalten werden kann [4].

4 Elektrische Sicherheitsmaßnahmen

4.1 Erdungskonzept

Die bahntechnischen Ausrüstungen werden nach [13] geerdet. Die entsprechenden Einzelheiten bei der Ausführung sind bei den SBB weitgehend standardisiert und in einem Regelwerk festgehalten. Die Einflüsse der näheren und weiteren Umgebung auf das Bahnerdesystem müssen jedoch stets projektspezifisch geklärt werden.



Bild 17: Überdeckung Rüttlingen (Emmi-Tunnel), rechts Autobahn A1, links zu schützendes Gebäude.

Folgende drei Punkte sind dabei von zentraler Bedeutung:

- Das Einschleppen von Gleichströmen der kreuzenden oder parallel verlaufenden Gleichstrombahnen ins SBB-Netz soll so gut verhindert werden, dass für die Bahninfrastruktur keine Beeinträchtigungen entstehen können (Gleichstromkorrosion, Beeinflussung der Signaltechnik).
- Die Traktionsströme sollen zum überwiegenden Prozentsatz (über 80%) in definierten Leitern entlang der Bahntrasse rückgeleitet werden. Das heißt, dass diese Rückströme möglichst nicht in bahnfremde Anlagen abgeleitet werden dürfen.
- Die Anschlüsse der Traktionsstrom-Rückleiter im Bereich des Unterwerkes sind so auszuführen, dass den Rückströmen auf dem direkten Weg zum Trafo genügend große Leiterquerschnitte zur Verfügung stehen.

Die ersten konkreten Erdungsfragen stellten sich auf der Neubaustrecke, als die Erdungsmaßnahmen an den Kunstbauten, zum Beispiel Tunnel, Brücken, Stützmauern und Wannen, definiert werden mussten. Die SBB verfasste dazu für die Neubaustrecke eine Erdungsrichtlinie. Für die Erarbeitung dieser Richtlinie überprüften Fachexperten der SBB die erdungsspezifischen örtlichen Verhältnisse im Raum Bern – Solothurn – Olten. Zu berücksichtigende Einflüsse aus dem Umfeld wurden in der Richtlinie dokumentiert. Daraus wurden die Erdungsmaßnahmen festgelegt.

4.2 Schutz vor elektrischem Schlag

Obwohl die Neubaustrecke nicht direkt Orte mit großen Publikumsansammlungen berührt, waren die Schutzmaßnahmen sorgfältig zu definieren. Der eine Problemkreis war, die Berührung spannungsführender Teile zu verhindern. Unter Berücksichtigung der verschiedenen Interessen (Architekten, Anwohner, Behörden, Wartungsdienste) wurden ortsspezifische Schutzmaßnahmen definiert (Bild 18).



Bild 18: Überführung mit Schutzmaßnahmen: Schutzdach nach [13] von Bauwerk isoliert montiert, direkt an den Erdseilen der beiden Gleise geerdet.

Der zweite Problemkreis entsteht durch gefährliche Potenzialdifferenzen zwischen verschiedenen Anlagen im Betriebs- und Kurzschlussfall. Deshalb wurde auf eine gute Vermaschung der Bahnrückleiter, speziell im Bereich des Unterwerks geachtet.

Um das Verschleppen des Bahnpotenzials zu verhindern, wurden folgende Maßnahmen getroffen:

- Die Erdleitungen der Elektrizitätswerke wurden in den Verteilungen von der Bahnerde getrennt.
- Metallene Teile mit einer großen Längsausdehnung, beispielsweise Zäune und Geländer, wurden gezielt elektrisch unterteilt.

5 Nachweise und Prüfungen

Einerseits hatte der Totalunternehmer dem Bauherrn SBB auf Grund der funktionalen Ausschreibung für die Bahntechnik aus dem Jahr 2000 die Gebrauchstauglichkeit der fertig gestellten Anlagen nachzuweisen. Andererseits mussten die SBB selber eine große Anzahl Auflagen aus den Plangenehmigungsverfahren durch Nachweise an den verschiedenen Anlagen der Aufsichtsbehörde vorlegen, um schließlich eine Betriebsbewilligung zu erhalten [12]. Zusätzlich hat die Aufsichtsbehörde gezielt weitere Sicherheitsnachweise im Rahmen der Abnahme und Inbetriebnahmetätigkeiten verlangt. Eine große Anzahl der Sicherheitsnachweise lag bereits Ende Juni 2004 nach der eigentlichen Bauwerksabnahme durch die SBB vor. Ende August fehlten nur noch wenige sicherheitsrelevante Unterlagen. Da aber die letzten Unterlagen erst Anfangs November eingereicht wurden, entstand bis zur Erteilung der Betriebsbewilligung gegen Ende November eine gewisse allgemeine Hektik und Unruhe im sonst ruhig abgelaufenen Projekt. Immerhin konnten die SBB vor dem Fahrplanwechsel am 12. Dezember 2004 sämtliche sicherheitsrelevanten Auflagen erfüllen.

Über einen großen Teil der Nachweise und insbesondere über die EG-Prüfung des Teilsystems Energie wird in [4] im vorliegenden Heft berichtet.

6 Zusammenfassung

Ein Totalunternehmer hat nach einer funktionalen Ausschreibung im Jahr 2000 für die Bahntechnik, ohne Sicherungs- und Telekommunikationsanlagen, die Anlagen auf den neuen Strecken termingerecht bis zum 7. Juni 2004 erstellt. Umfangreiche Abnahmefahrten und Messungen, die in [4] weiter erläutert werden, haben gezeigt, dass die verschiedenen Funktionalitäten erbracht werden und die Gebrauchstauglichkeit nachgewiesen werden konnte. Die teilweise völlig neuen Rollen der unterschiedlichen Beteiligten wie Bund als Besteller, Bauherr und Ersteller SBB, Totalunternehmer, Aufsichtsbehörden, späterer Infrastrukturbetreiber, nicht identisch mit dem Ersteller, waren sehr gewöhnungsbedürftig. Das Projekt konnte dank guter und enger Zusammenarbeit aller Beteiligten schließlich zu einem guten Ende geführt

werden. Ob die in der funktionalen Ausschreibung geforderten LCC-Werte erreicht werden können, wird nun der aufgenommene Betrieb zeigen. Die Inbetriebnahmefahrten für die Führerstandsignalisierung (FSS) nach ETCS Level 2 werden bis 2006 außerhalb der Betriebszeiten vorwiegend nachts durchgeführt.

Literatur und Links

- [1] Von Arx, J.; Nussbaumer, H.R.: Komplette Bahntechnik aus der Hand eines Totalunternehmers. In: Der Eisenbahningenieur 55 (2004), H. 4, S. 32–39.
- [2] Ruedlinger, P.; et al.: Bahntechnische Ausrüstung der NBS Mattstetten – Rothrist – Besonderheiten aus Sicht der Planung. In: Der Eisenbahningenieur 55 (2004), H. 7, S. 26–40.
- [3] Beginn der Testfahrten auf der Bahn-2000-Neubaustrecke der SBB. In: Elektrische Bahnen 101 (2003), H. 8, S. 393.
- [4] Lörtscher, M.; Hayoz, P.; Lauber, J.; Schwendimann, M.; Voegeli, H.; Wüest, O.: EG-Prüfung nach TSI Energie und weitere Sicherheitsnachweise auf der Neubaustrecke (NBS) Mattstetten – Rothrist der SBB. In: Elektrische Bahnen 102 (2004), H. 12, S. 532–546.
- [5] Eisenbahn-Netzzugangsverordnung (NZV) vom 25. November 1998 (Stand am 12. August 2003). SR 742.122, www.bk.admin.ch
- [6] Eggimann, A.; Fasel, N.; Guillelmon, B.; Marti, A.; Riatsch, J.: Geschäftseinheit Energie und Bahnstromversorgung der SBB AG – Teil 2. In: Elektrische Bahnen 102 (2004), H. 3, S. 123–133.
- [7] Basler, E.: Schaltungsaufbau im 16,7-Hz-Oberleitungsnetz der SBB. In: Elektrische Bahnen 102 (2004), H. 4, S. 164–173.
- [8] Lörtscher, M.: Neues Bahnstromunterwerk Zürich. In: Elektrische Bahnen 97 (1999), H. 11, S. 369–379.
- [9] Lörtscher, M.; Voegeli, H.: Bahnrückstromführung und Erdung beim Unterwerk Zürich. In: Elektrische Bahnen 99 (2001), H. 1-2, S. 51–63.
- [10] Technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Energie“ des transeuropäischen Hochgeschwindigkeitssystems vom 30. Mai 2002 (TSI Energie).
- [11] Gruber, A.; Punz, G.: Elektrischer Betrieb bei den Österreichischen Bundesbahnen in den Jahren 2002 und 2003. In: Elektrische Bahnen 102 (2004), H. 1-2, S. 40–49.
- [12] Verordnung über Bau und Betrieb der Eisenbahnen (Eisenbahnverordnung [EBV]) vom 23. November 1983 (Stand am 9. Dezember 2003). SR 742.141.1, www.bk.admin.ch
- [13] Verordnung über elektrische Anlagen von Bahnen (VEAB) vom 5. Dezember 1994 (Stand am 28. März 2000). SR 734.42, www.bk.admin.ch

Die Literaturstellen [5; 12; 13] können unter www.bk.admin.ch (SR) eingesehen und bei Bedarf herunter geladen werden.



Dipl. El.-Ing. ETHZ Manfred Lörtscher (57), Studium Elektrotechnik an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich bis 1971; 1985 bis 2000 Leiter Elektrische Anlagen bei den Schweizerischen Bundesbahnen in Zürich; seit 2000 Leiter Zulassung Anlagen beim Bundesamt für Verkehr (BAV).

Adresse: Bundesamt für Verkehr, Bollwerk 27, CH-3003 Bern;
Fon: +41 31 3235504, Fax: +41 31 3220898;
E-Mail: manfred.loertscher@bav.admin.ch



Dipl. Elektrotechniker TS ITA **Hans-Peter Baier** (55), Studium Elektrotechnik am Institut für Technische Ausbildung (ITA) in Zürich; 1981 bis 1990 Bezirkstechniker Kabelanlagen bei der SBB EA in Zürich; 1990–1997 selbständiger Unternehmer, Seit 1997 Mitinhaber der Baier+Büchler GmbH.

Adresse: Baier + Büchler GmbH, Seestr.76, CH-8703 Erlenbach; Fon: +41 1 9148812, Fax: +41 1 9148818, E-Mail: baier@baier-buechler.ch

ohne Foto

Jürg Lauber, Projektleiter Telecomanlagen, Schweizerische Bundesbahnen AG, SBB, Luzern.



Eidg. dipl. El. Inst. **Marco Meuli** (43), 1987 eidg. Fachausweis Kontrolleur, 1989 eidg. dipl. El. Inst., 1992 Abschluss Betriebsführung an der SIU Zürich, 1992 – 2003 Technischer Leiter der Gehr & Meuli AG, seit 1998 Inhaber der epag engineering.

Adresse: epag engineering AG, Tumigerstr. 71, CH-8606 Greifensee; Fon: +41 43 3059393, Fax: +41 43 3059494; E-Mail: marco.meuli@e-pag.ch



Dipl. Bau-Ing. **Martina Münster** (31), Studium Bauingenieurwesen an der TU Kaiserslautern bis 1998, Diplomarbeit (1999) an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich, Seit 2000 tätig bei AWK Group, seit Januar 2004 als Senior Consultant.

Adresse: AWK Group, Leutschenbachstr. 45, CH-8050 Zürich; Fon: +41 1 3059633, Fax: +41 1 3059619; E-Mail: martina.muenster@awkgroup.com



Elektroing. HTL **René Schwander** (38); Elektromechaniker bei Von Moos Stahl in Emmenbrücke, Studium Elektrotechnik an der HTL Zentralschweiz in Horw, seit 1992 bei SBB Projektleiter Fahrleitungsanlagen.

Adresse: Schweizerische Bundesbahnen AG, SBB, Infrastruktur, Projektmanagement Filiale Olten, Tannwaldstr. 2, CH-4601 Olten; Fon +41 512 296471, Fax: +41 512 295600; E-Mail: rene.schwander@sbb.ch



Elektroing. HTL **Hubert Winter** (42), Studium Elektrotechnik an der HTL Kapfenberg(Ö), seit 1983 bei VA TECH T&D GmbH (vormals ELIN) als Projektleiter Fahrleitungsanlagen, ab 1992 zuständig für Entwicklung und Einführung neuer Technologien im Fahrleitungsbau.

Adresse: VA TECH T&D GmbH, AL-FL, Penzingertr. 76, A-1141 Wien; Fon +43 664 6154370, Fax: +43 1 89100193; E-Mail: hubert.winter@vatech.elin.at

Ihr Partner für die Planung komplexer bahntechnischer Anlagen **ingenieurgemeinschaft matro**

IG MATRO c/o Basler & Hofmann, Ingenieure und Planer AG, Forchstrasse 395, CH-8029 Zürich, Tel. +41 1 387 11 22, Fax +41 1 387 15 00, basler-hofmann@bhz.ch, www.bhz.ch

www.matro.ch



Rutishauser Ingenieurbüro für Bau, Verkehr und Umwelt GmbH



BAIER+BÜCHLER GMBH
INGENIEURBÜRO FÜR ELEKTROANLAGEN

