

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Band:** 109 (1991)  
**Heft:** 29: S-Bahn Zürich

**Artikel:** Telekommunikationsanlagen  
**Autor:** Pellegrini, L. / Schönenberger, K.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-85985>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 23.11.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Telekommunikationsanlagen

**Nebst vielen klassischen Kommunikationseinrichtungen würden im Zusammenhang mit dem Neubau der S-Bahn Zürich neue Systeme sowohl für die Kundeninformation als auch für die innerbetriebliche Kommunikation gebaut. Diese Anlagen werden nachfolgend beschrieben.**

## Zugfunk

### Systemaufbau

Um der von der Betriebsabteilung gestellten Forderung für eine bestmögliche Erreichbarkeit der Züge auf dem

VON L. PELLEGRINI UND  
K. SCHÖNENBERGER,  
ZÜRICH

gesamten Netz der S-Bahn zu entsprechen, bei gleichzeitiger Minimierung der Kosten, wurde ein streckenbezogenes Funknetz gewählt, d.h. sämtliche Sende- und Empfangsstationen sind entlang der Strecke eingebaut. Gegenüber einem z.B. bei NATEL eingesetzten Zellularsystem können dadurch vorhandene Bahninfrastrukturen wie Räume, Energieversorgung, Kabelanlagen und Antennenmasten mitbenützt werden. Die Verbindung zwischen den Streckenfunktstellen und zu den zentralen Einrichtungen erfolgt über das SBB-Strecken-kabel. Das Herzstück des gesamten Netzes befindet sich in der Betriebsleitzentrale in Zürich. Von hier aus wird das ganze Funknetz überwacht und gesteuert. Die Funkversorgung auf den Bahnstrecken ist durchgehend, Tunnels und unterirdische Bahnhöfe sind ebenfalls erschlossen.

Eine wichtige Funktion im Eisenbahnbetrieb erfüllen auch die in der Fläche angesiedelten Fernsteuerzentren. Ihr Zugriff zum Zugfunknetz beschränkt sich aber auf die ihnen zugeteilten Strecken. Im Notbetrieb, d.h. bei Ausfall der Zentralsteuerung in der Betriebsleitzentrale, übernehmen sie auch die Steuerfunktion für ihren Abschnitt. Das Prinzip des Netzaufbaues ist in Bild 1 ersichtlich.

### Funknetzteilnehmer und Verbindungsmöglichkeiten

Das Zugfunksystem schliesst eine Lücke im innerbetrieblichen Kommunikationsnetz, indem zwischen ortsfesten Sprechstellen und Triebfahrzeugen auf der Strecke jederzeit Verbindungen stattfinden können. Die sich dadurch anbietende Möglichkeit zur Verständigung der Reisenden bei Betriebsstörun-

gen ist aber keineswegs ein Abfallprodukt des Zugfunksystems, sondern eine mit höchster Priorität behandelte Forderung unserer Unternehmungsführung. Eine Zusammenstellung der Teilnehmer und ihrer Verbindungsmöglichkeiten zeigt Bild 2. Mit Ausnahme des Notrufs «an alle» erfolgt der Verbindungsaufbau selektiv, gekennzeichnet durch die Nummer des Zuges bzw. der Dienstnummer bei den Fernsteuerzentren. Die Betriebsleitzentrale in Zürich wird von allen Funkabschnitten aus mit dem Code «A» gerufen. Verbindungen von und zu sämtlichen Teilnehmern im Bahntelefonnetz sind ebenfalls möglich, wobei hier eine manuelle Vermittlung in der Betriebsleitzentrale oder in einem Fernsteuerzentrum stattfinden muss. Einzelne Teilnehmer auf der Strecke sind mit Handfunkgeräten ausgerüstet.

Eine systementscheidende Unbekannte bei der Planung eines Zugfunknetzes ist die zu erwartende Belastung des Netzes durch den Verbindungsverkehr. Wenn der Zugverkehr normal, d.h. fahrplanmässig läuft, ist sie sehr gering. Bei Betriebsstörungen muss hingegen mit einer grossen Zahl von Meldungen gerechnet werden, und gerade dann ist das Zustandekommen der Verbindungen besonders wichtig. Die Lösung des Problems wurde in der Beschränkung des Sprechverkehrs durch die Übermittlung von codierten Meldungen gesucht. Sie werden in ortsfesten Bedienststellen auf einem Bildschirm, auf der Lok auf dem Display des Bediengeräts angezeigt. Leider war es aus finan-

ziellen und frequenzökonomischen Gründen nicht möglich, hierfür einen besonderen Datenkanal zu realisieren. So wurde eine etwas langsamere Inbandübertragung gewählt (zwischen 2800 und 3400 Hz).

### Systemeigenschaften

Mit den von der PTT zugeteilten, international koordinierten Duplex-Zugfunkfrequenzen im 457-458- bzw. 467-468-MHz-Band wurden sogenannte Quadrupel gebildet. Die ersten 3 Frequenzen eines Quadrupels werden auf der Strecke sequenziell den Basisstellen zugeteilt, auf der 4. Frequenz sendet das Mobilgerät auf dem Triebfahrzeug. Alle Basisstationen stehen auf dieser Frequenz auf Empfang. Die Zentralsteuerung, ein von der Lieferfirma entwickeltes Leitsystem «Rancos», sorgt für die Auswertung und Weiterleitung des besten Signals.

Die Linienstruktur des Funknetzes erlaubt die Bildung von Abschnitten. In jedem einzelnen Abschnitt sind gleichzeitig Verbindungen zu den operativen Führungszentren (Fernsteuerzentrum) möglich. Von der Betriebsleitstelle A in Zürich können sowohl einzelne als auch zusammenhängende Abschnitte besprochen werden. Alle Verbindungen zwischen den festen Anlagen - Basisstationen und Bedienststellen - laufen über 4-Draht-Leitungen im SBB-eigenen Streckenkabel. Im Funknetz läuft ein kontinuierlicher Datenverkehr. Rufe und Gesprächsanforderungen werden jederzeit übertragen. Dringliche Verbindungsaufforderungen werden prioritär behandelt. Der Sprechverkehr zwischen den ortsfesten Sprechstellen und den Lokomotiv- und Zugführern erfolgt im Gegensprechverfahren, zwischen den Lokführern und zu Handfunkgeräten wird Simplexverkehr angewendet.

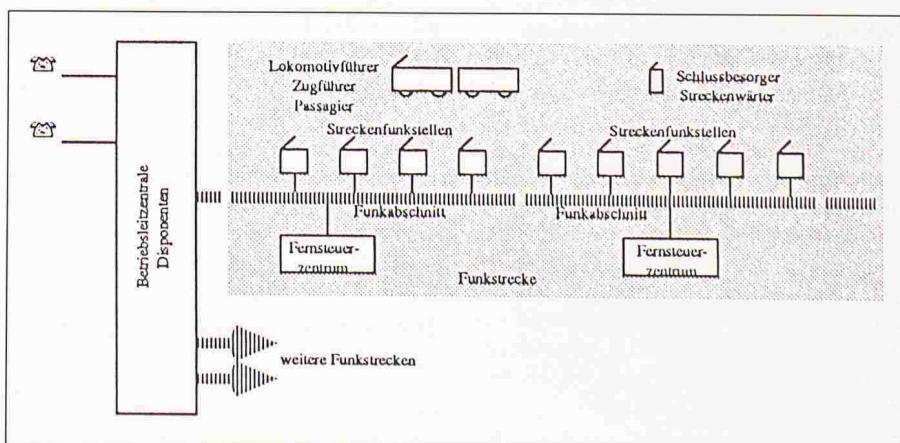


Bild 1. Zugfunk, Netzaufbau

von	nach							
		Disponent/Betriebsleitzentrale	Fahrdienstbeamter/Fernsteuerzentrum	Lokomotivführer	Zugführer	Schlußbesorger/Streckenwärter	Bahnleiterteilnehmer	Passagier
Disponent/Betriebsleitzentrale				●	●	●	●	●
Fahrdienstbeamter/Fernsteuerzentrum				●	●	●	●	●
Lokomotivführer		●	●	●	●	●	●	●
Zugführer		●	●	●			●	●
Schlußbesorger/Streckenwärter		●	●	●		●	●	
Bahnleiterteilnehmer		●	●	●	●			
Passagier								

Gleis 16	7. 08	Intercity IC	ohne Halt bis Zug
	Zug	Göschenen	Bellinzona
	Lugano	Chiasso	Milano
	GENOVA / VENEZIA		
Zugformation			
Sektor A		Sektor B	Sektor C
Venezia		Genova	Genova
			Sektor D
			Chiasso

Bild 3. Abfahrtsanzeiger Zürich HB Gleis 3 bis 18

Bild 2. Zugfunk, Verbindungsmatrix

### Erfahrungen aus dem Betrieb

Auf den Inbetriebnahmetermin der S-Bahn Zürich konnte der Zugfunk nur in ungenügender Qualität den Benutzern übergeben werden. Die erforderliche Zeit für Entwicklung und Bau eines derart komplexen Systems wurde unterschätzt. Nach der Aufnahme des S-Bahn-Betriebs mussten am Steuersystem und bei den Funkanlagen noch verschiedene Anpassungen vorgenommen werden. Auch heute sind die Arbeiten noch nicht abgeschlossen. In der Betriebsleitzentrale Zürich funktioniert die Integration der Funkbedienung in die Leitebene der Betriebsüberwachung noch nicht netzweit, und für eine durchgehende HF-Erschliessung der Funkstrecken sind zusätzliche Send-/Empfangsstellen nötig. Es darf heute aber festgehalten werden, dass das Konzept der Anlage richtig gewählt wurde.

### Fahrgastinformativsystem

Das Fahrgastinformativsystem vermittelt visuelle Informationen. Die Anzeige der Zugsabfahrten dient der Orientierung und Lenkung der Reisenden und bildet ein wichtiges Glied in der Informationskette. Die klare Verständigung der Fahrgäste über Standort, Destination und Abfahrtszeit der Züge ist von besonderer Bedeutung in grossen Bahnhöfen, im Umsteigeverkehr sowie bei S-Bahnen mit dichter Zugfolge.

Das System soll dem Kunden das sichere Auffinden seines Zuges auch bei ge-

störter Betriebslage erleichtern. Gleisbezogene Anzeiger stellen die Abfahrt des nächsten Zuges dar. Sie sind jeweils bei den Perronzugängen plaziert. Informationen über mehrere Züge sowie Abweichungen zum Regelverkehr (Verspätungen, Betriebsstörungen usw.) vermitteln an ausgewählten Standorten Generalanzeiger oder Monitore.

Im Fernsteuerbereich Zürich sind 11 Bahnhöfe mit insgesamt 250 Anzeigegeräten ausgerüstet, weitere Monitore werden Ende 1991 in Betrieb genommen. Mit der eingesetzten, bewährten Fallblattechnik ist eine gute Lesbarkeit auch bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen gewährleistet.

Die Anlage wird von einem Mehrrechnersystem im Hotstandby-Betrieb gesteuert. Über ein lokales Netzwerk erfolgt der Datenaustausch mit den anderen Systemen. Die Informationen für die Anzeige erhält das Fahrgastinformativsystem zweimal täglich von der gemeinsamen Zuglenk-Datenbank. Laufend sendet das Zugnummernsystem die Daten über die aktuelle Zuglage für das Löschen und Kontrollieren der Anzeiger.

Der Bediener kann über die integrierten Arbeitsplätze im Zentralstellwerk Zürich manuell eingreifen, um vorzeitig bekannte Gleisänderungen oder Bemerkungen zu definieren. Bei normalem Betriebsablauf arbeitet das System automatisch, der Bediener übt lediglich Kontrollfunktionen aus.

Die einzelnen Stationen sind sternförmig mit dem zentralen Rechnersystem verbunden. Der Anschluss erfolgt mittels Terminalserver ebenfalls über das Netzwerk. Die einzelnen Geräte auf den Stationen sind über ein Bussystem

angeschlossen. Die Datenübertragung basiert auf einem normierten HDLC-Protokoll.

### Lautsprecheranlagen

Als Ergänzung zur visuellen Information sind die öffentlichen Bereiche mit Lautsprecheranlagen ausgerüstet. Die Beschallungsanlagen der kommerziell genutzten Flächen sind mit Prioritätszugriff für Evakuationsmeldungen versehen.

Mit der Integration der Lautsprecher in das normierte Leuchtenband im Perronbereich reduzierte sich der sonst übliche Installationsaufwand. Aus Sicherheitsgründen wird jede Gruppe über mindestens 2 Verstärker beschallt. Die Lautsprechergruppen sind Teilnehmer der SBB-spezifischen Laut-Wechselsprech-Funkzentrale.

### Die Info-Notrufsäulen

Die Info-Notrufsäulen erfüllen folgende Zielsetzungen:

- Stelle für persönliche Auskünfte der Reisenden über Bahnbelange, vorwiegend bei nicht besetzten Stationen,
- Anlaufstelle bei Notfällen (Unfall, Brand, Überfall).

Die Ansprechstelle ist immer der Überwacher Publikumsverkehr in der Betriebsleitzentrale. Diese Stelle ist die Drehscheibe, welche je nach Anforderung Auskünfte erteilt, Massnahmen organisiert oder das Gespräch direkt an den zuständigen Posten der Kantonspo-

lizei weiterschaltet. Die Bedienstation zeigt den Anrufort an, gleichzeitig erfolgt eine automatische Anschaltung der zugeordneten Videokamera.

Vier Stationen sind mit total 24 Säulen ausgerüstet. Pro Monat werden im Durchschnitt 300-400 Gespräche registriert.

**TV-Anlage**

Mit Hilfe der Videoanlage überblickt der Überwacher Publikumsverkehr auf 16 Monitoren die Perronbereiche und trifft bei aussergewöhnlichen Fällen die nötigen Massnahmen. Jedes Gleis wird mit 8 CCD-Kameras überwacht. Der Bildwechsel erfolgt zyklisch.

In Stadelhofen werden die Bilder für die Abfertigung der Züge auf zwei Monitorstützpunkte je Gleis übertragen. Bilder der Fussgängerebene Zürich HB können im Bedarfsfall manuell angeschaltet werden. Die lokale Übertragung Kamera-Videokreuzschiene basiert auf Multimode-Lichtwellenleiter, für die Streckenübertragung sind 8 Videokanäle auf eine Monomodefaser des genormten Streckenkabels geschaltet. Die Steuerung der Videoanlage ist mit dem Leitsystem Publikumsanlagen realisiert.

**Leitsystem Publikumsanlagen**

Ein übergeordnetes Leitsystem erfasst die technischen Störungsmeldungen und Brandalarme und gibt die Meldungen an die zuständige Stelle ab. Das System nimmt auch Steuerfunktionen, wie die Betriebsart von Rolltreppen oder Liften, Steuerung der Videokreuzschienen usw., wahr.

Das System soll den Benutzern ein komfortable Bedienoberfläche zur Verfügung stellen. Alle sicherheitstechnische Schaltungen, wie Brandfallsteuerungen, funktionieren unabhängig von diesem Leitsystem. Das System verwaltet 4 Bedienplätze. Es sind 5 Unterzentralen angeschlossen, welche gesamthaft etwa 5000 Ein- und Ausgänge bearbeiten. Eine Erweiterung für die Erfassung der Störungsmeldungen von 24 Aussenstationen ist geplant. Mit den Brandmeldeanlagen erfolgt der Datenaustausch seriell.

**DIFONET - Digitales Faser-optisches Netz**

Auf der Neubaustrecke der S-Bahn Zürich wurde anstelle des bisher üblichen Fernmelde-Streckenkabels mit Kupfer-

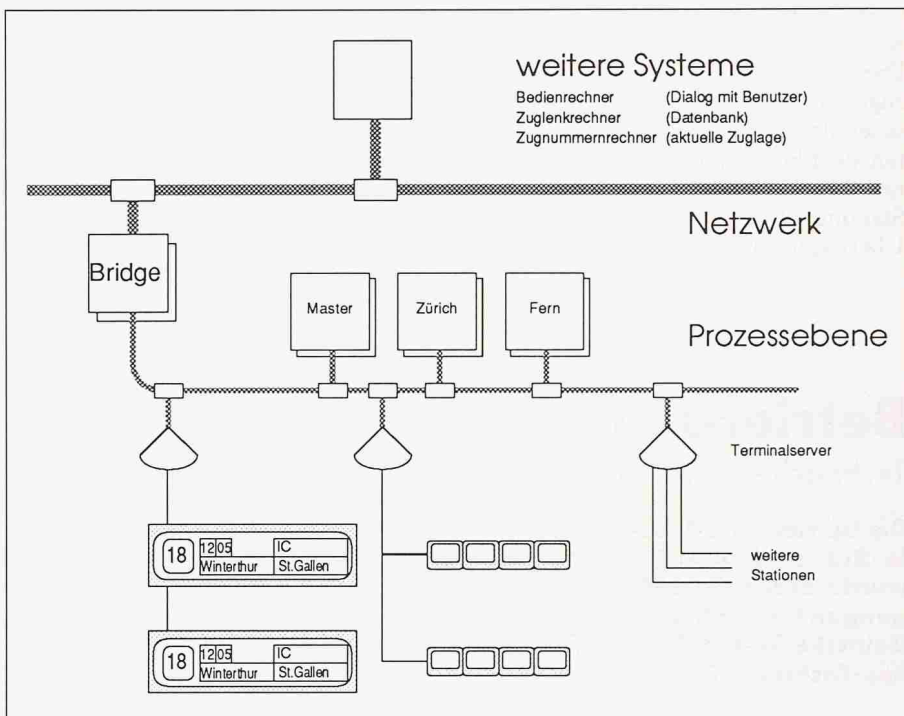


Bild 4. Blockschaltbild Fahrgastinformationsanlage

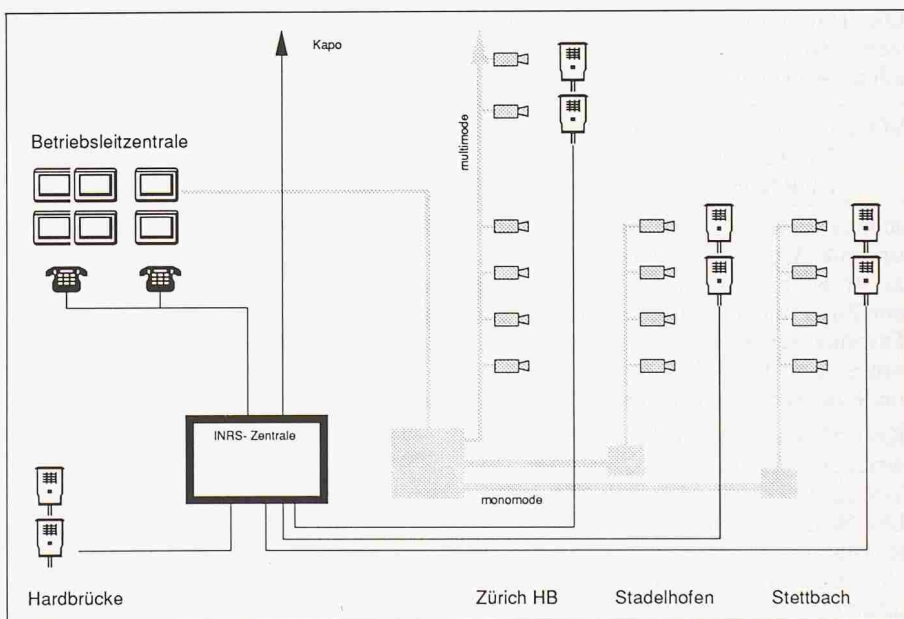


Bild 5. Blockschaltbild Info-Notrufsäulen und Videoanlage

adern ein Glasfaserkabel mit Monomodefasern verlegt. Der Entscheid zugunsten der Glasfasertechnik wurde aufgrund von physikalischen und wirtschaftlichen Überlegungen getroffen, die in den vorangegangenen Jahren im Zusammenhang mit der systematischen Erneuerung der zum Teil über 50jährigen Kabel aus der Zeit der Elektrifikation der Bahnen angestellt wurden. Bei der Übertragung von Sprache und Daten auf den Kupferkabeln machen sich die mit zunehmenden Traktionsströmen erhöhten induzierten Längs- und Querspannungen störend bemerkbar, dies trotz verbessertem Reduktionsfaktor bei neuesten Kabeltypen. Demge-

genüber sind Lichtwellenleiter gegenüber elektromagnetischen Feldern immun. Die Wahl zugunsten der Monomodefaser geschah im Hinblick auf eine grösstmögliche Kapazitätsreserve für künftige Datenübertragungen mit hoher Geschwindigkeit und die tendenziell fallenden Preise für diese Fasern. Die Faserspezifikationen entsprechen denjenigen der schweizerischen PTT, der Kabelaufbau hingegen ist zur Vermeidung von Induktionsspannungen vollkommen metallfrei. Die Zugelemente bestehen aus Aramidfasern (Kevlar). Das Übertragungsnetz ist mit einem System von  $n \times 2$ -Mbit/s-Bündeln zwi-

schen den Stationen aufgebaut und wird in 3 Netzebenen gegliedert. Die Ebenen 1 und 2 werden der Fernebene zugeordnet, d.h. für Verbindungen zwischen den Haupt- bzw. einfachen Knoten, die Ebene 3 umfasst die Bezirksebene, d.h. Verbindungen zwischen den Stationen. In der Fernebene beträgt die Übertragungsrate in der Regel 34

Mbit/s, in der Bezirksebene 4×2 Mbit/s. Fern- und Bezirksebene werden in getrennten Faserpaaren geführt.

Weil auch ein Glasfaserkabel nicht vor Beschädigungen absolut sicher ist, andererseits aber im Eisenbahnbetrieb die Verbindungen möglichst unterbrechungsfrei funktionieren sollten, sieht das

Netzkonzept zur Erhöhung der Verfügbarkeit eine automatische Umgeschaltung im Störfall vor.

Adresse der Verfasser: L. Pellegrini, Bereichsleiter Telecom, und K. Schönenberger, Ing. HTL, Bereich Signalanlagen und Telekommunikation, Kreisdirektion III, SBB, 8021 Zürich.

## Betriebsleitzentrale

### Technische Einrichtungen

**Die betriebliche Arbeitsweise und die Aufgaben der Betriebsleitzentrale (BLZ) sind im Artikel Betriebslenkung beschrieben. Das Pflichtenheft wurde durch die SBB ausgearbeitet und legt die betrieblichen Bedingungen für die BLZ fest. Für die technische Realisierung wurde die DST, Deutsche System Technik GmbH, in Kiel verpflichtet, die ehemalige Philips-Tochter PST.**

#### Grundlagen und Datenquellen

Die Hauptaufgabe des Betriebsleitsystems (BLS) ist die Ermittlung der aktuellen Abweichungen des Betriebsge-

VON GUIDO FREUDIGER UND  
EWALD KOLLER,  
ZÜRICH

schehens vom publizierten Fahrplan und die Anzeige der daraus in der Zukunft zu erwartenden Verkehrszeiten der Züge und Konflikte. Es ist für den Disponent ein dispositives Planungsmittel, um die Stabilität des Fahrplans im Stundenbereich zu beeinflussen.

Kernstück ist der Soll-Ist-Vergleich, aus welchem ersichtlich ist, mit welcher Verspätung der einzelne Zug verkehrt. Die Basisinformationen der Ist-Daten stammen von den im ganzen Überwachungsbereich verteilten Zugstandortfassungsanlagen. Es handelt sich dabei um Zugnummernmeldeanlagen im Bereich von Fernsteuerzentren und um manuelle Zugstandortwahlgeräte auf autonomen Stationen. Diese liefern den genauen Standort durch die Übermittlung der Zugnummer (ein- bis fünfstellig, die jedem geplanten oder verkehrenden Zug zugeordnet ist), verknüpft mit der Gleis- und Stationsangabe. Über die Zugnummer werden die Daten im gesamten Rechnersystem einander zugeordnet und verwaltet. Die Soll-Daten sind die Fahrplandaten der Züge (vgl. Bild 1), so wie sie von den Fahrplanbüros und den Anordnungsstellen des täglichen Verkehrs im System Fahrplan (SYFA) der SBB eingegeben wurden.

Im SYFA sind in einer zentralen Fahrplandatenbank alle im Einzugsbereich

der SBB und einiger konzessionierter Transportunternehmungen in Fahrplänen publizierten oder für kommende Fahrpläne geplante Zugleistungen vereinigt. Das Betriebsleitsystem erhält daraus die für dessen Überwachungsbereich relevanten Fahrplandaten auf dem Datenweg übermittelt. Aus dem Soll-Ist-Vergleich abgeleitet entstehen, basierend auf den bekannten Fahrzeiten zwischen den Stationen, die Prognosewerte für den in der Zukunft liegenden Zuglauf. Auf den Bildschirmen wird dem Disponenten im Streckenspiegel die Betriebssituation gleisgenau auf einem schematisierten Gleisabbild dargestellt. Er erhält die Information, welcher Zug sich gegenwärtig in welchem Strecken- oder Bahnhofsgleis befindet. Die Zeit-Weg-Linien-Darstellung entspricht mit den Stationen in der Horizontalen und der Zeitachse in der Vertikalen dem grafischen Fahrplan, wie ihn die Bahn sei jeher kennt. Ihm kann im Vergangenheitsbereich die erfolgte Fortbewegung jedes Zuges und im Zukunftsbereich die hochgerechnete und mit allergrösster Wahrscheinlichkeit erwartete Entwicklung jedes Zuglaufes entnommen werden.

Da die vielen im Überwachungsbereich gleichzeitig verkehrenden Züge nie auf einen Blick überschaubar bleiben, braucht der Disponent Überwachungshilfen. Mit der individuellen Festlegung eines Überwachungsbandes für jeden Zug, dem sogenannten Grünband, gewährt man einen Freiraum, innerhalb desselben der Disponent keine Aktivitäten zu entwickeln braucht. Verlässt ein Zug diesen Freiraum, so wird er in der Tabelle Soll-Ist-Vergleich dargestellt und erhält damit besondere Aufmerksamkeit. Andere Grafiken

und Tabellen zeigen die Anschlussverhältnisse auf grossen Eisenbahnknoten oder dienen zur rationalen Aufbereitung der Fahrplandaten.

Die Grundlage für zuverlässige Darstellungen und Prognoserechnungen ist eine Vielzahl von Anlagedaten. Sie reichen von der zugrunde gelegten Topografie des Überwachungsbereiches über die Fahrzeiten der Züge bis zu den zugelassenen Benutzernamen oder den Maximalgeschwindigkeiten der einzelnen Zugskategorien. Deren Pflege ist bedeutend, daher bedingen allfällige Änderungen der Weichen, Gleise usw. zeitgerechte Korrekturen. Der Disponent hat auch die Möglichkeit, kurzfristig angeordnete Züge oder besondere Ereignisse, wie Streckensperrungen, direkt ins BLS einzugeben. Als Ausgabe erhält er diese in verschiedenen Darstellungen zusammen mit den Angaben über den aktuellen Zuglauf, den Soll-Ist-Vergleich und die Zukunft, die Zuglaufprognose. Ebenfalls über das BLS laufen die Verbindungen des Zugfunkes. Für die Ausgabe der Statistikdaten ist ein separater Arbeitsplatz vorgesehen. Die einzelnen Schnittstellen sind separat beschrieben. Über den Dialog kann der Disponent den Zugfunk bedienen und kann so mit jedem Zug Kontakt aufnehmen und Reisende über Verspätungen orientieren. Dank des integrierten Arbeitsplatzes ist es möglich, mit verschiedenen Systemen immer über die gleiche Tastatur zu arbeiten.

#### Hardware

Grundsätzlich sind für das BLS im Pflichtenheft moderne und leistungsfähige DEC-Rechner der VAX-Familie von Digital Equipment Corporation (DEC) vorgeschrieben. Ausgewählt wurden auf Grund der hohen Verarbeitungsgeschwindigkeit und der Hauptspeicherkapazität für die Arbeitsplatz-, Mehrplatz- und Zugdatenrechner (total 13 Stück) die VAXstation 3500. Als Bedienrechner wird die VAXstation 2000 (VS 2000) mit 19"-monochromatischem Monitor und ohne Harddisk verwendet. Sie sind mit je einer VAXstation