

# Betriebslenkung

Autor(en): **Sturzenegger, Rudolf**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **109 (1991)**

Heft 29: **S-Bahn Zürich**

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-85976>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Betriebslenkung

Die heutige Form der 1957 eingeführten, zentralen Betriebslenkung wurde seither nie wesentlich geändert und führte zu nicht mehr optimal gelösten Arbeitsweisen insbesondere der Zugüberwachung. Das Vorbereiten des aktuellen Sollfahrplans, das Erfassen der Standorte der Züge und das manuelle Nachführen des grafischen Fahrplanes beschäftigte den Disponenten so stark, dass ihm für die rein gedankliche Arbeit des Disponierens die erforderliche Zeit nicht mehr zur Verfügung stand. Solche Anforderungen können heute und künftig nur noch mit Hilfe einer automatischen Zugstandorterfassung und einem rechnerunterstützten Soll-Ist-Vergleich bewältigt werden.

## Zielsetzungen des neuen Betriebsleitsystems

Das neue Betriebsleitsystem verfolgt die folgenden Hauptziele:

VON RUDOLF STURZENEGGER,  
ZÜRICH

- Es stellt ein *betriebliches Führungsinstrument* zur Wahrung einer hohen Leistungsqualität und Fahrplanstabilität dar. Es gewährleistet eine optimale Ausnutzung von Anlagen, Fahrzeugen und Personal.
- Als *Instrument des Kundendienstes* soll damit ein hoher Stand der Pünktlichkeit im Reise- und Güterverkehr erreicht werden. Bei Störungen sind die Auswirkungen in engen Grenzen zu halten, eine zeitgerechte und klare Information der Kunden im Reise- und Güterverkehr ist sicherzustellen.
- Die Erfahrungen aus der Betriebslenkung müssen durch *Analyse der aufgezeichneten Ist-Daten* und Umsetzung in möglichst konfliktfreie neue Soll-Vorgaben in die Betriebsplanung einfließen.
- Eine *klare Aufgabenteilung zwischen der Betriebsleitzentrale und den Fernsteuerzentralen* sichert einen optimalen Arbeitsablauf auch bei gestörter Betriebslage.

## Betriebliches Konzept der Betriebslenkung

Die ganze Betriebsorganisation kann in die zwei Bereiche *Betriebsplanung* und *Betriebsführung* aufgeteilt werden. Diese Bereiche lassen sich wiederum in Teilbereiche auflösen: auf Seite der Betriebsplanung in mittel- und langfristige Planung (Jahresfahrplan, Planung von Extraleistungen bis 2 Tage vor Ausführung) sowie kurzfristige Planung

(Planung für Ausführungstag bzw. Folgetag), auf Seite der Betriebsführung in Betriebssteuerung und Betriebslenkung.

Das Betriebsleitsystem umfasst alle Stellen innerhalb der Betriebsorganisation, die einzelne Aufgaben der Betriebslenkung ausführen. In diesem Sinne übernimmt das Betriebsleitsystem nur dispositive Aufgaben und ist somit von der operativen Steuerebene klar getrennt. Hingegen übernehmen Stellen der operativen Ebene ebenfalls dispositive Aufgaben, jedoch nur soweit die getroffenen Dispositionen bzw. Massnahmen zur Verbesserung einer Situation keine negativen Auswirkungen über den eigenen Stellbereich hinaus verursachen.

Auf der Ebene der zentralen Betriebslenkung kommt ein neues rechnerunterstütztes Betriebsleitsystem zum Einsatz. Es entlastet den Disponenten weitgehendst von Routinearbeiten. Die Soll-Fahrplandaten aller Züge werden vom System Fahrplan (SYFA) bezogen, während die Ist-Fahrplanzeiten von den Zugnummernmeldeanlagen in den Fernsteuerzentren über ein spezielles Prozessinformations-Datennetz (PIDN) dem Rechner übermittelt werden. Der Betriebsleitrechner bereitet die Daten auf und stellt sie dem Disponenten in verschiedenen Bildern und Tabellen zur Verfügung.

## Betriebsleitsystem

Ausgehend von den steigenden Anforderungen der Kunden an die Pünktlichkeit der Züge im Reiseverkehr und an immer kürzere Transportzeiten im Güterverkehr, wurde bei den SBB schon in den fünfziger Jahren das Leitsystem der Zugleitungen geschaffen. Es hat zum Ziel, den Zugverkehr so zu koordinieren, dass ein höchstmöglicher Grad an Planmässigkeit in der Betriebsabwicklung erreicht werden kann. Verantwortlich für diese Aufgabe ist die Betriebsleitzentrale der Sektion Produktionslenkung der Kreisdirektionen Lausanne, Luzern und Zürich.

Mit zunehmendem Verkehr, als Folge der Einführung der S-Bahn Zürich, genügte die bisherige, weitgehend auf manuellen Aufzeichnungen beruhende Arbeitsweise nicht mehr. Die SBB nehmen daher eine schrittweise Neugestaltung ihrer Produktionslenkung mit rechnerunterstützten Betriebsleitsystemen vor. Am 27. Mai 1990 wurde bei der Kreisdirektion Zürich die Betriebsleitzentrale in Betrieb genommen.

## Betriebsführung im Kreis III

Für die Betriebsführung ist nicht allein nur die Hauptabteilung Betrieb zuständig. Auch die Hauptabteilungen Bau und Zugförderung erbringen ihren Anteil in diesem komplizierten Räderwerk. Unter diesem Gesichtspunkt wurden für die Betriebsleitzentrale Zürich verschiedene Standorte evaluiert. Einerseits sollte die Hauptabteilung Betrieb nicht in verschiedene Standorte auseinandergerissen werden, andererseits muss aber auch die optimale Zusammenarbeit mit den Hauptabteilungen Bau und vor allem Zugförderung (Lokleitung) einwandfrei gewährleistet sein. Unter dem Termindruck der Fertigstel-

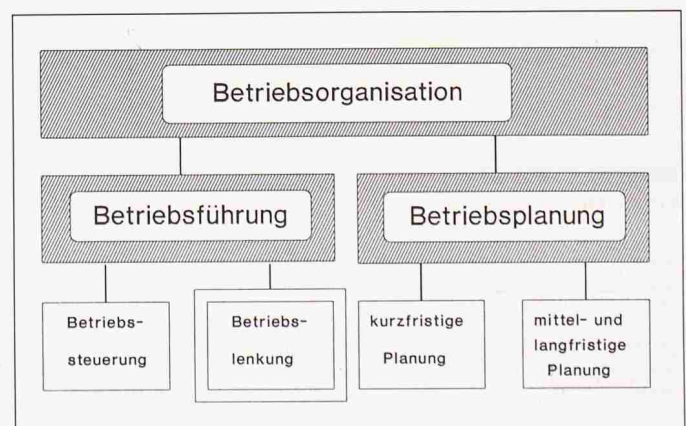


Bild 1. Betriebslenkung innerhalb der Betriebsorganisation



lung auf den 27. Mai 1990 und unter Berücksichtigung der verschiedensten Anforderungen einigte man sich auf den Standort Dienstgebäude Langstrasse. Es musste total erneuert werden, zusätzlich wurde daran angelehnt ein Neubau in gleicher Grösse erstellt. Die Erschliessung des Neubaus erfolgte über den Treppenhausturm des umgebauten Altbaus. Auch die sanitären Einrichtungen konzentrieren sich auf den modernisierten alten Teil.

### Aufgaben der Kreisleitstelle

Zur Sicherstellung einer genügend verfügbaren Bahnstromversorgung muss beim heute stark angestiegenen Bahnverkehr das ganze Fahrleitungsnetz von einer zentralen Leitstelle aus im durchgehenden 24-Stunden-Betrieb betrieben werden. In einem ersten Schritt wurde, gestützt auf die Erfahrungen mit der Pilotanlage Puidoux, die Kreisleitstelle Zürich erstellt. Sie hat am 4. März 1991 den Betrieb aufgenommen und umfasst vorerst einmal die den Fernsteuerbereich der FL-Anlagen des Umformerwerkes Seebach [1]. Die Rechnerunterstützung ermöglicht eine optimale Betriebsführung der Bahnstromversorgung auf der 15-kV-Ebene, folgende Aufgaben werden wahrgenommen:

- Prüfung und Koordination der Schaltaufträge, die von den verschiedensten Diensten beantragt werden;
- Kontrolle der beantragten Schaltungen in Bezug auf Versorgungssicherheit;
- Koordination der Schaltungen mit den betroffenen Stellen des Betriebes und der Kraftwerkabteilung;
- Systematische und schnelle Fehlersuche bei Störungen;
- Verbesserung der Verfügbarkeit der Fahrleitungsanlagen durch zentrale Störungsprotokollierung und -auswertung;
- termingerechte Ausführung der Schaltungen;
- erhöhter Schutz von Personen durch bessere Übersicht über den Schaltzustand von Anlageteilen;
- Erhöhung der Versorgungszuverlässigkeit durch besseren Überblick über das laufende Betriebsgeschehen;
- Koordinationsstelle bei abnormalen Betriebszuständen;
- zentrale Ansprechstelle für andere Dienste und Dritte (z.B. Feuerwehr bei Einsätzen im Bereich der elektrischen Anlagen).

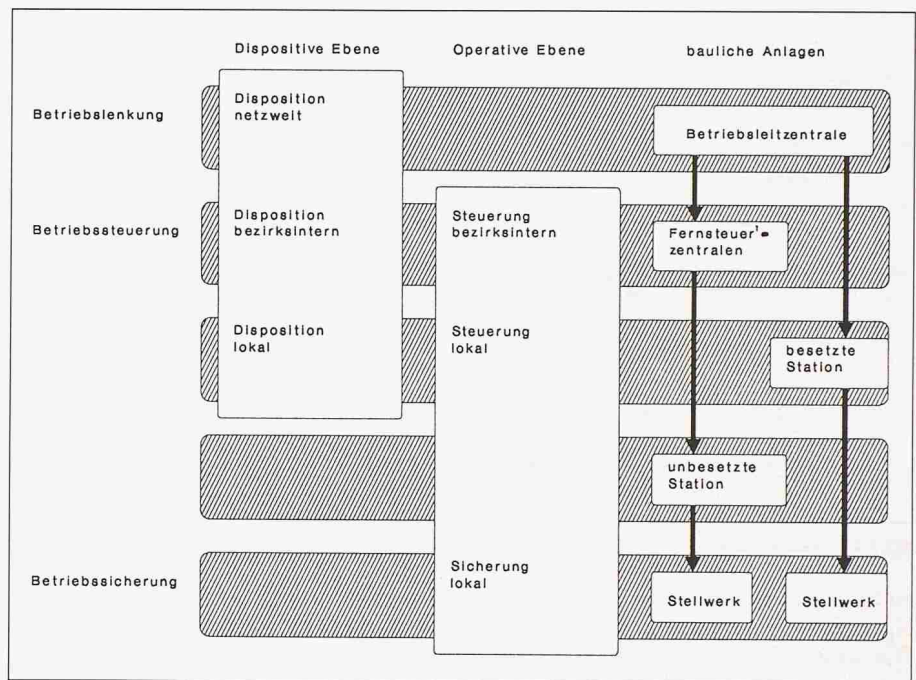


Bild 2. Aufgabenteilung zwischen Betriebslenkung und Betriebssteuerung

### Aufgaben der Lokleitung

Die Lokleitung plant den mittel- und kurzfristigen Einsatz der Streckentriebfahrzeuge, Vorortstriebezüge, Pendelzüge und Steuerwagen unter Beachtung der Bedürfnisse des Verkehrsaufkommens, der Lokleitungen der anderen Kreise sowie der Privatbahnen. Sie ordnet die notwendigen Änderungen und Ergänzungen gegenüber dem Jahreslokdiens an und bestellt bei der Betriebsabteilung die notwendigen betrieblichen Anordnungen.

Mittelfristig achtet sie besonders auf einen wirtschaftlichen und bedürfnisgerechten Einsatz unter Berücksichtigung des Unterhaltes und eines optimalen Lokpersonaleinsatzes.

Kurzfristig disponiert sie die verfügbaren Lokomotiven aufgrund von Bestellungen der Produktionslenkung. Nach Betriebsstörungen ist die möglichst rasche Wiederherstellung des Sollzustandes oberstes Ziel.

Mit Inbetriebnahme des S-Bahn Zürich wurde auch die Einsatzstelle für die kurzfristige Disposition des Lokpersonals der Depotinspektion Zürich in den gleichen Raum wie die Lokleitung verlegt.

### Betriebsleitzentrale Zürich

Die S-Bahn Zürich führt - im Unterschied zu den meisten anderen vergleichbaren Nahverkehrssystemen im Ausland - kein Eigenleben. Sie rollt, abgesehen von zwölf Kilometern Neubaustrecke, über die gleichen SBB-Li-

nien wie die Intercitys, die Schnellzüge sowie die Post- und die Güterzüge. Es verkehren also viele Züge mit unterschiedlichsten Aufgaben auf komplexen Gleisanlagen, auf ein- und mehrspurigen Strecken. Die S-Bahn Zürich bietet jedoch nicht nur ein gutes Zugangebot mit Anschlüssen in den Verknüpfungspunkten, sondern setzt sich auch das anspruchsvolle Ziel einer exakten Einhaltung des Fahrplanes. Das Ziel, einen hohen Pünktlichkeitsgrad aller Züge zu erreichen, kann jedoch wegen der vielfältigen Einflüsse auf das tägliche Betriebsgeschehen, wie Bauarbeiten, technische Störungen oder das Verkehren zusätzlicher Züge, nicht immer voll erreicht werden. Um dennoch ein flüssige Betriebsabwicklung zu gewährleisten, sind netz- und streckenbezogene dispositive Entscheidungen unerlässlich. Diese Aufgaben obliegen der Betriebsleitzentrale Zürich.

### Rechnerunterstützte Arbeitsplätze

Die Betriebsleitzentrale hat die Aufgabe, Informationen über das Verkehrsgeschehen, die von den Zugnummernmeldeanlagen oder über manuelle Eingabegeräte vom Betriebspersonal übermittelt werden, aufzunehmen. In einer für den Betriebsablauf geeigneten Form werden diese Informationen über ein computergesteuertes System verarbeitet. Somit wird der Disponent von der klassischen Art der Disposition, namentlich dem Sammeln und Auswerten von Meldungen und Informationen,



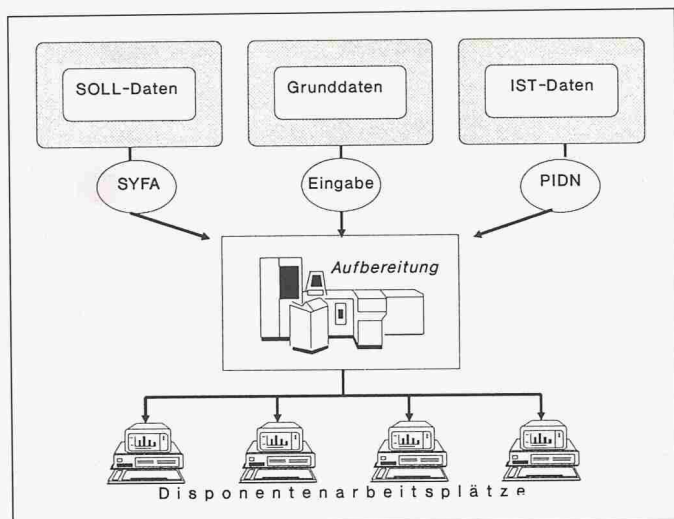


Bild 3. Prinzipschema rechnerunterstützte Betriebslenkung

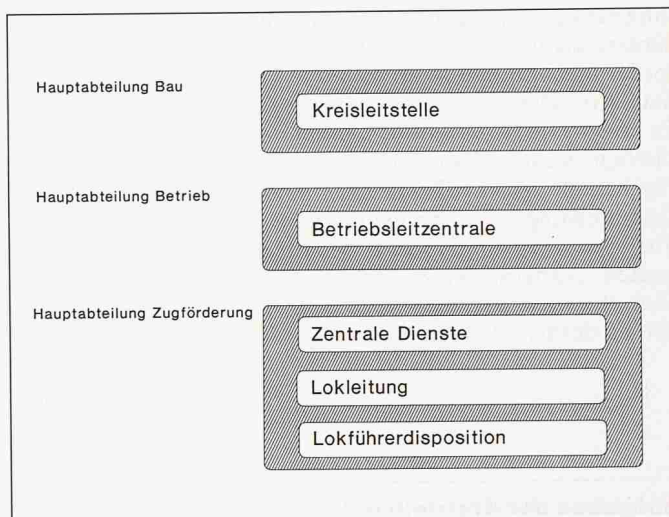


Bild 4. Beteiligte Dienste an der Betriebsführung

entbunden und kann sich voll auf seine eigentliche Aufgaben konzentrieren. Die wesentlichen Aufgaben der Rechnerunterstützung der Anlage sind:

- sinnvolle Unterstützung der Disponenten durch eine automatische Datenerfassung, Aufbereitung und Darstellung der Fahrplanzeiten aller verkehrenden Züge;
- ständiger Vergleich der Verkehrszeiten der Züge mit dem Fahrplan und Erstellen von Prognosen mit dem Ziel, Konfliktsituationen frühzeitig erkennen zu können;
- automatische Übernahme von zusätzlichen Zugfahrten aus dem System Fahrplan in den Bildfahrplan zur Erkennung von Konfliktsituationen;
- unterschiedliche Darstellung der bereits gefahrenen und nicht gefahrenen Wegstrecken, getrennt durch eine «Ist-Zeit-Linie»;

- Archivierung des Betriebsgeschehens zur nachträglichen Auswertung und Einleitung von Korrekturmaßnahmen.

Im Kommandoraum stehen sechs Arbeitsplätze zur Verfügung, die nach neuesten Erkenntnissen aufgebaut sind. Ein wichtiges Element in der Überwachung des Betriebsablaufs bildet das rechnergesteuerte Erfassen von Daten aus dem aktuellen Zugverkehr mit automatischem Soll-Ist-Vergleich. Zu diesem Zweck sind an jedem Arbeitsplatz vier Monitore vorhanden, welche die notwendigen Informationen übermitteln. Im sogenannten Zeit-Weg-Diagramm sind die einzelnen Streckenabschnitte grafisch dargestellt. In der Bereichsübersicht lassen sich mit Zugnummernbildern die Gleis- und Streckenbelegungen beurteilen, und bei der Knotenübersicht werden die An-

schlussverhältnisse in bestimmten Bahnhöfen aufgelistet.

Ein weiterer Bildschirm ist als Schwarzweiss-Sichtgerät ausgebildet und dient der Kommunikation mit dem Rechner. Alle Arbeitsplätze sind ausserdem mit den nötigen Einrichtungen ausgerüstet, wie Bedienkonsolen für das Rechnersystem, automatisches Telefon (Dienst und PTT), Überwachungstelefon, Zugfunk und Wechselsprechverbindungen. Der Disponent erstellt sich aufgrund von Anzeigen ein Bild über die Gesamtlage in dem ihm zugeordneten Bereich und entscheidet über das Herstellen von Anschlussverbindungen, Verlegen von Kreuzungen auf einspurigen Strecken sowie die Reihenfolge der Züge. Bei Bedarf kann er auf dem Netz der S-Bahn Zürich auch einmal einen verspäteten Zug durch eine Ersatzkomposition ersetzen lassen oder vor dem Erreichen des Endbahnhofes wenden, um die fahrplanmässige Rückfahrt zu ermöglichen.

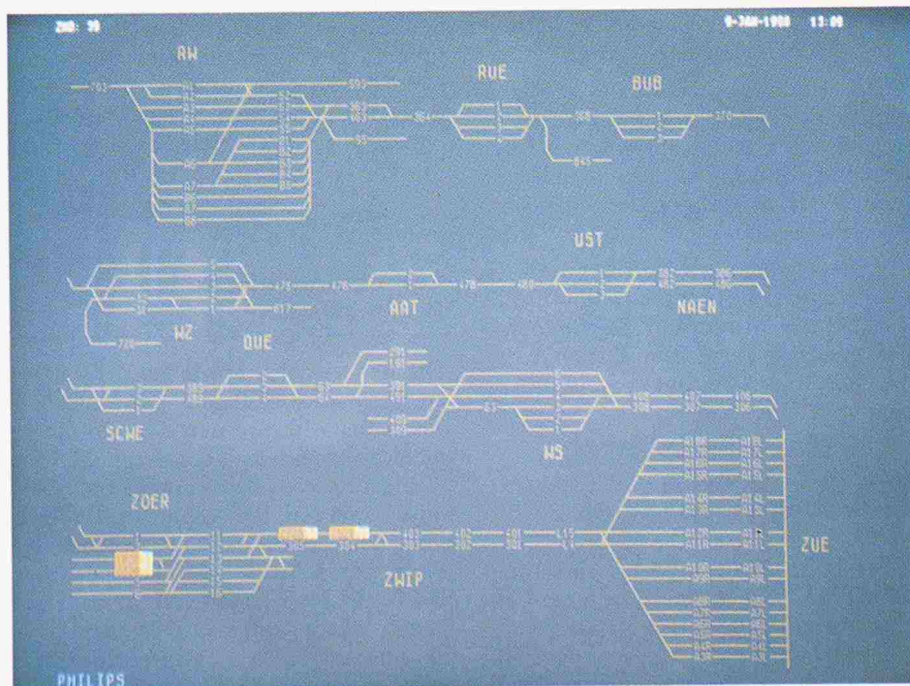


Bild 5. Bildschirm mit Bereichsübersicht

### Überwachung rund um die Uhr

Von den insgesamt sechs Arbeitsplätzen werden vier im Normalbetrieb täglich bedient, zwei sind als Reservearbeitsplätze im Störfall vorgesehen. Alle Arbeitsplätze sind gleich ausgerüstet, das heisst, von jedem Standort aus kann jeder Bereich disponiert werden. Der Disponent stellt sich seinen Bereich zusammen. In der Regel hat jeder Disponent etwa 200 Kilometer zu überwachen. In den Randstunden kann je nach Verkehrsaufkommen die Mannschaft reduziert werden. In den Nachtstunden von null bis vier Uhr und zum Teil über das Wochenende ist die Betriebslenkung von einem einzigen Arbeitsplatz aus angeordnet.

Im Normalfall sind Dispositionen durch den Disponenten nicht nötig. Die



Ist-Fahrplanlage wird automatisch aufgezeichnet und kann später jederzeit wieder abgerufen werden. Der Disponent kann sich Planungsaufgaben widmen. Sobald sich irgendwo in seinem Überwachungsbereich eine Störung abzeichnet, wird er über den Rechner, den Zugfunk oder über die betreffende Fernsteuerzentrale darauf aufmerksam gemacht. Allein im Gebiet der Kreisdirektion III verkehren täglich etwa 2500 Züge. Bei dieser grossen Zahl können täglich kleinere und grössere Pannen eintreten. Aber auch durch planmässige Bau- und Unterhaltsarbeiten werden täglich Eingriffe in den Fahrplan nötig. Viele dieser Störungen wurden schon einmal in Ruhe durchgespielt, und die zu treffenden Massnahmen sind auf ungefähr 1000 Checklisten festgehalten. Ziel jeder Disposition im Störfall ist, die Situation so lokal wie möglich zu halten und deren Ausbreitung auf das Netz unter allen Umständen zu verhindern.

**Dispositionszüge**

Der Disponent hat unter anderem die Aufgabe, Abweichungen im Betriebsablauf zu erkennen und geeignete Abwehrmassnahmen einzuleiten. Er muss in der Lage sein, Störungen vorbeugend zu bekämpfen. Speziell für die S-Bahn Zürich stehen im als Mittel dazu täglich von 5.30 bis 21.30 Uhr vollständig bemannte Reservezüge (sogenannte Dispozüge) mit einer Kapazität von je 500 Sitzplätzen (1. und 2. Klasse) zur Verfügung, die auf allen S-Bahn-Linien einsetzbar sind und über Zugfunk erreichbar sind. Die Gliederung des Hauptbahnhofes Zürich mit den Hallengleisen Nr. 3-18 und den Gleisen Nr. 21-24 im Tiefbahnhof Museumstrasse sowie deren unterschiedliche Belastung mit S-Bahn-Zügen, die dichte Zugfolge auf der Stammstrecke und die grossen Frequenzen in Stadelhofen erfordern den Einsatz von zwei Dispozügen - je an einem Ende der Stammstrecke. Der an der Seite Hardbrücke bereitgestellte Zug muss die bestehende Halle mit den Gleisen 3-18 erreichen können. Sein Standort ist beim Lokomotivdepot an der Geroldstrasse. Auf der anderen Seite der Stammstrecke muss der Bahnhof Stadelhofen erreicht werden können. Die nächstgelegene Möglichkeit ist damit der Bahnhof Zürich Tiefenbrunnen.

Der Dispozug wird über Zugfunk direkt von der Betriebsleitzentrale eingesetzt. Wesentliches Merkmal der Dispozüge ist ihre rasche Einsatzbereitschaft. Die Vorwarnzeit hängt ab von

- der Übermittlungszeit (inklusive al-

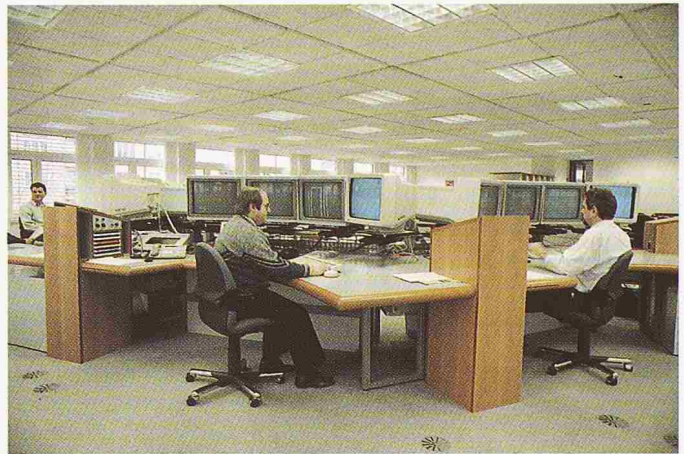


Bild 6. Disponentenarbeitsplatz

ler Vorbereitungsarbeiten des Lokführers zur Erstellung der Abfahrbereitschaft)

- der Zufahrtszeit
- der Zufahrmöglichkeiten und
- der Beschilderung.

Daraus resultiert ein Zeitbedarf von etwa zehn Minuten vom Entscheid des Disponenten bis zur Abfahrt des Dispozuges im Bahnhof Stadelhofen oder in Zürich HB. In Abhängigkeit von der Betriebslage kann der Einsatz eines Dispozuges aber auch bei Ereignissen innerhalb der «Vorwarnzone» sinnvoll sein, beispielsweise bei einem Zugsausfall.

Im schlimmsten Fall dauert der Einsatz eines Dispozuges bis zu zwei Stunden (entsprechend der Fahrplanzeit für einen Umlauf von/nach Zürich). Entsprechend der momentanen Betriebslage kann der Disponent einen Dispozug aber auch früher zurückrufen oder direkt zu einem neuen Einsatz lenken.

Die Erfahrungen der ersten Betriebszeiten zeigen, dass bei Störungen mit diesen Dispozügen der Fahrplan in der Regel innerhalb einer Stunde wieder reguliert werden kann. Wohl mussten die Reisenden in den von der Störung

direkt betroffenen Zügen in den meisten Fällen mit einer Verspätung von 10 bis 30 Minuten rechnen, die Störung hat sich aber nie auf das ganze S-Bahn-Netz und schon gar nicht auf das weitere Netz der SBB ausgebreitet. In dieser Hinsicht darf das «Störungsmanagement» als gelungen betrachtet werden. Das Betriebsleitsystem hat seine Feuerprobe in mehrfacher Hinsicht bestanden.

**Zugfunk**

Mit dem Zugfunk steht und fällt das ganze Betriebsleitsystem. Diese neue drahtlose Verbindung zu allen Zügen im überwachten Raum entspricht übrigens den internationalen Normen. Das neue Zugfunksystem wurde im Hinblick auf zwei Hauptzielsetzungen konzipiert:

- Verbesserung des Dienstes am Kunden: Die Information des Passagiers soll im Falle von speziellen Vorkommnissen, z.B. Verspätungen infolge von Betriebsstörungen, durch direkte Ansagen der Betriebsleitzentrale in den Zug geschehen.

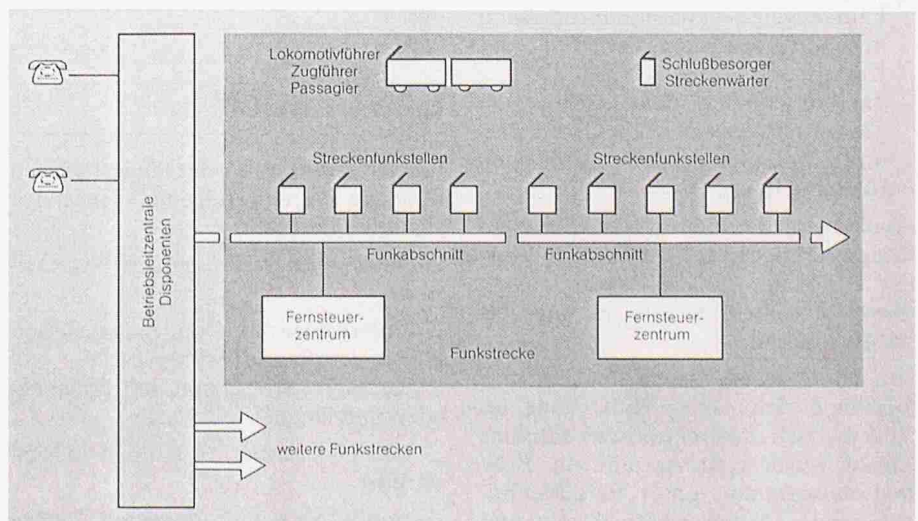


Bild 7. Netzaufbau Zugfunk



- Verbesserung der betrieblichen Abläufe: Vor allem soll der Verkehrsfluss verbessert werden, direkte Verbindungen unter allen Beteiligten sollen im Falle von Störungen deren Behebung beschleunigen.

Im Zugfunksystem gibt es folgende Teilnehmer:

- Disponenten in der Betriebsleitzentrale
- Fahrdienstleiter in den Fernsteuerzentren
- Lokomotivführer in den Führerständen

- Zugführer in den Kabinen der Gepäckwagen
- Passagiere, die mittels der Wagenlautsprecher erreicht werden
- diverse Teilnehmer mit Handfunkgeräten auf Baustellen, beim Schienenunterhalt und auf Kontrollgängen
- Teilnehmer des Bahntelefonnetzes, die mittels Handvermittlung verbunden werden.

Vorerst ist der Zugfunk für das Netz der S-Bahn Zürich realisiert. Die Einführung über das ganze Netz der SBB beansprucht total ungefähr 10 Jahre. Der ge-

samte Umfang beträgt: 2200 Kilometer Hauptlinie mit rund 320 Streckenfunktstellen; 800 Kilometer Nebenlinien mit rund 100 Streckenfunktstellen; 180 Kilometer Tunnel; 900 Lokomotiven und Triebwagen; 3 Betriebsleitzentren und rund 50 Fernsteuerzentren.

Adresse des Verfassers: *Rudolf Sturzenegger*, Sektionschef Produktionslenkung SBB, Hauptabteilung Betrieb Kreis III, 8021 Zürich.

## Fahrzeuge

### Wahl der Fahrzeuge

Die S-Bahn Zürich zeichnet sich im Unterschied zu verschiedenen S-Bahn-Systemen im Ausland durch einen «Mischbetrieb» aus.

VON BERTRAND SCHNEIDER,  
ZÜRICH

Schon von Anfang an wurde bei der Konzipierung und Planung der S-Bahn durch dieses Systemmerkmal «Mischbetrieb» ein hoher Kostendeckungsgrad angestrebt, insbesondere durch:

- die Anpassung der Fahrplandichte an die tageszeitlichen Nachfrageschwankungen mit Hilfe von Zusatzzügen statt mit Intervallhalbierungen
- die Ausrüstung dieser Zusatzzüge mit vorhandenen, polyvalenten Fahrzeugen (Verbundproduktion mit entsprechender Verteilung der Kosten) und
- die konsequente Beibehaltung von Mehrzweckperrons für Grundtakt- und Zusatzzüge der S-Bahn wie auch für Schnellzüge

Auch beim Erarbeiten von Entscheidungsgrundlagen für die Bereitstellung der Fahrzeuge für die S-Bahn musste dieser Mischbetrieb stets im Auge behalten werden.

In der Arbeitsgruppe «Fahrzeuge S-Bahn Zürich» unter Mitwirkung der Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Zürich wurde eine Vielzahl von Rollmaterialvarianten unter Berücksichtigung einer Nutzwertbetrachtung und Kostenvergleichsrechnung bewertet.

Die Varianten unterschieden sich in deutlich verschiedenen Hauptvarianten, die mit Untervarianten im Zusammenhang mit Einstiegsanordnungen gemischt wurden.

Gestützt auf dieses Evaluationsverfahren einigten sich die Generaldirektion SBB und der Regierungsrat des Kantons Zürich auf die Fahrzeugvariante D2, d.h. eine Grundeinheit mit automatischer Kupplung als 100-Meter-Doppelstockpendelzug mit Lok in Umrichtertechnik und Normaleinstieg bei den Wagen (Einstieg über den Drehgestellen).

Diese Variante zeichnete sich gegenüber anderen Varianten durch

- bessere Wirtschaftlichkeit
- höheres Platzangebot pro Einheit
- bessere Verteilung der Sitzplätze auf beiden Stockwerken und
- bessere Übersicht für den Passagier über die Belegungsverhältnisse in beiden Stockwerken

aus.

### Einsatzvarianten

Für die Bestimmung der längerfristigen Strategie wurden folgende Einsatzvarianten untersucht:

- Betrieb «artrein» (ganzes Netz artrein)

*Grundtaktzüge:* mit Doppelstockeinheiten auf dem ganzen S-Bahn-Netz  
*Zusatzzüge:* lokbespannt, mit Einstock- oder/und Doppelstockwagen

- Betrieb «gemischt» (Linien in sich artrein)

*Grundtaktzüge:* auf einzelnen Linien ausschliesslich Doppelstockeinheiten

(abhängig von der Nachfrageprognose).  
Übrige Linien mit Einstockpendelzügen in gleicher Art unter sich

*Zusatzzüge:* analog Betrieb «artrein»

- Betrieb «gemischt/gemischt» (Doppelstockeinheiten nur wo nötig, Linien in sich gemischt)

*Grundtaktzüge:* Doppelstockeinheiten auf allen Linien, jedoch nur für diejenigen Züge, die dies aus Kapazitätsgründen erfordern. Die übrigen Züge werden als Einstockpendelzüge ausgerüstet  
*Zusatzzüge:* analog Betrieb «artrein»

Bei allen Varianten richtet sich die Anzahl Einheiten pro Zug nach der Nachfrage, d.h. in den Spitzenzeiten sind mehrere Einheiten gekuppelt (max. Zuglänge 300 Meter), in den übrigen Zeiten verkehrt nur eine Einheit. Die dadurch anfallenden Fahrzeugstillager können für die Fahrzeugbehandlung genutzt werden.

Die Beurteilung dieser drei Einsatzstrategien ergab folgendes Bild:

- Der Betrieb «gemischt/gemischt», d.h. Doppelstockrollmaterial nur wo nötig, ist längerfristig eindeutig am teuersten und deshalb zu vermeiden.
- Der «artreine» Betrieb mit Doppelstockrollmaterial auf dem ganzen Netz ist langfristig am wirtschaftlichsten.
- Die Strategie «gemischt», welche die einzelnen Linien in sich artrein (je nach Nachfrage jedoch mit Einstock- oder Doppelstockrollmaterial) betreibt, ist mittelfristig am wirtschaftlichsten. Dies erklärt sich daraus, dass sie bei den gegebenen Nachfrageverhältnissen selbst bei pessimistischer Prognose für die nächsten Jahre zu einem überwiegend doppelstöckigen Betrieb führt. Der verbleiben-