

Hundert Jahre Bahn-Telekommunikation

Rainer Knewitz



Das hundertjährige Jubiläum der Zeitschrift SIGNAL + DRAHT ist Anlass, die Entwicklung der Bahn-Telekommunikation Revue passieren zu lassen. Dabei wird der Gründungszeitpunkt dieser Zeitschrift als Abgrenzung des Berichtszeitraums nicht sehr ernst genommen, zumal sie sich erst ab 1936 auch mit der Telekommunikation befasst.

1 Einführung

Zwar erscheint dieser Beitrag im Rahmen des Jubiläums „100 Jahre SIGNAL + DRAHT“, aber der „Draht“ als Synonym für die Fernmeldetechnik kam erst 1936 dazu. Bis dahin war das Magazin der Signaltechnik ge-

widmet. Das bedeutet aber nicht, dass es bei den Eisenbahnen in Deutschland vorher keine Fernmeldetechnik gab – im Gegenteil: Die Signalordnung von 1875 benannte die Signale noch als Telegrafen. Die Telekommunikation in ihrer heutigen Bedeutung dürfte mit der Einführung der Morse-Telegrafie verbunden sein. Damit war erstmals – lange vor dem kommerziellen

Dipl.-Ing. Rainer Knewitz

Fachredakteur für Telekommunikation,
Informations- und Verkaufstechnik
der Zeitschrift SIGNAL+DRAHT
Anschrift: Appenheimer Straße 46,
55435 Gau-Algesheim
E-Mail: rainerkw@aol.com

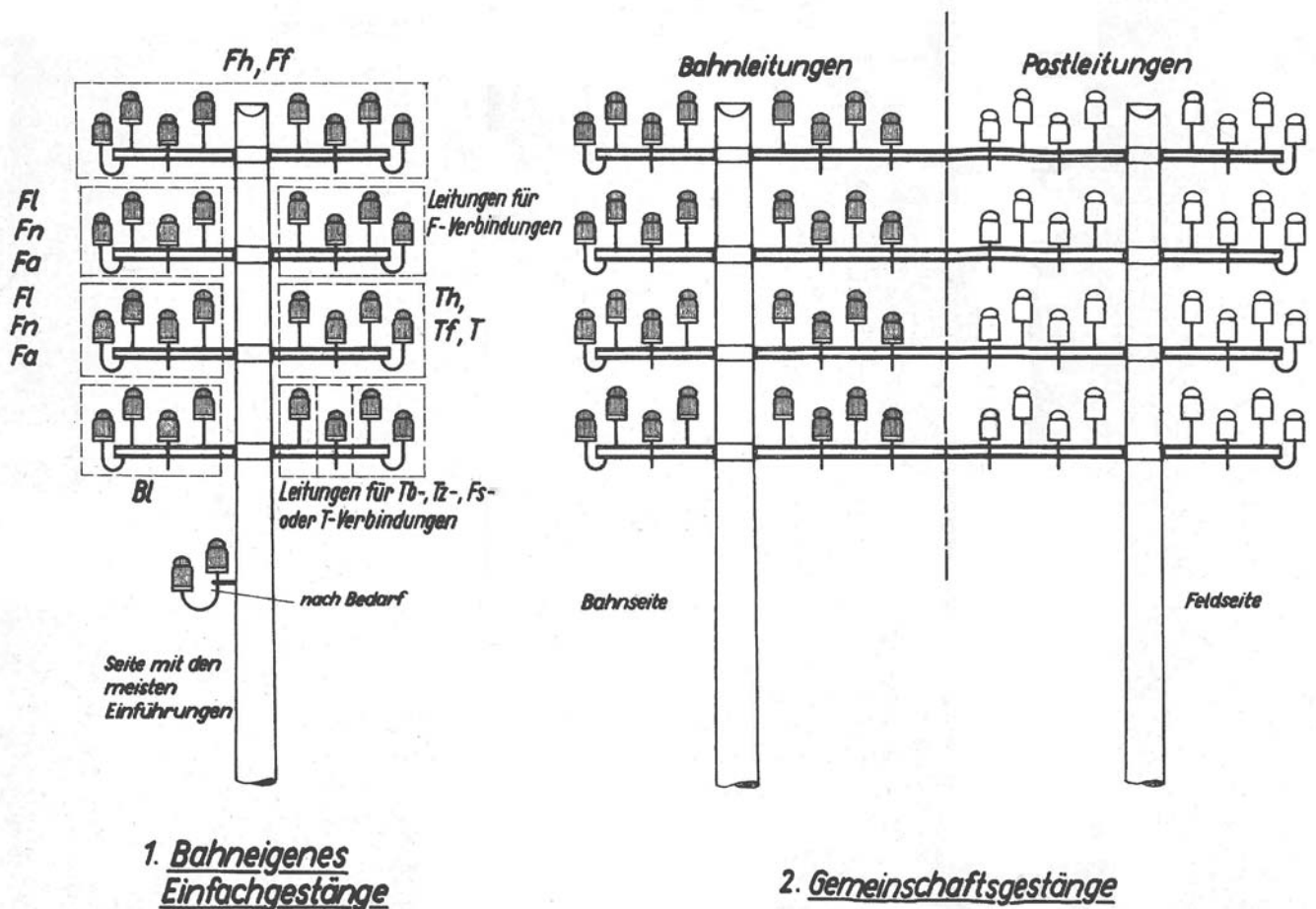


Bild 1: Belegung von Freileitungsgestängen

Einsatz der Fernsprechtechnik – die Kommunikation zwischen den Stationen möglich. Bahn-Fernmeldetechnik war zu allen Zeiten auch der Einsatz vorhandener Technologien für den Bahnbetrieb. Zwar sind im Laufe der Zeit viele Einrichtungen für den Einsatz bei der Bahn entwickelt worden. Oft war die Entwicklung aber nicht ausschließlich auf die Bahn ausgerichtet. Der Fokus dieses Beitrages liegt naturgemäß auf den deutschen Bahnen: Der Deutschen Reichsbahn, der Deutschen Bundesbahn und schließlich der Deutschen Bahn. Naturgemäß deshalb, weil die Zeitschrift über lange Zeit von Eisenbahnern gestaltet wurde. Erst mit der deutschen Bahnreform 1994 verschwand auch die enge Bindung zwischen Bahnverwaltung und Zeitschrift.

2 Von der Freileitung zum Lichtwellenleiter

2.1 Leitungen

Telekommunikation ist stets mit der Verwendung von Übertragungswegen verbunden. Zu Beginn waren das immer Lei-

tungen aus Draht, erst später kamen auch Funkstrecken hinzu.

Für längere Entfernungen wurden zunächst nur Freileitungen verwendet. Sie waren relativ einfach aufgebaut und hatten dennoch gute Übertragungseigenschaften, waren aber empfindlich gegen mechanische Beschädigung und Witterungseinflüsse.

Die im Bahnbereich und die im öffentlichen Bereich anzutreffenden Bauformen unterschieden sich nicht. Es war auch durchaus üblich, dass Leitungen der Bahnverwaltung und Leitungen des öffentlichen Netzes auf gemeinsamen Gestängen geführt wurden (Bild 1). Eine Linie konnte über 60 Leitungen umfassen.

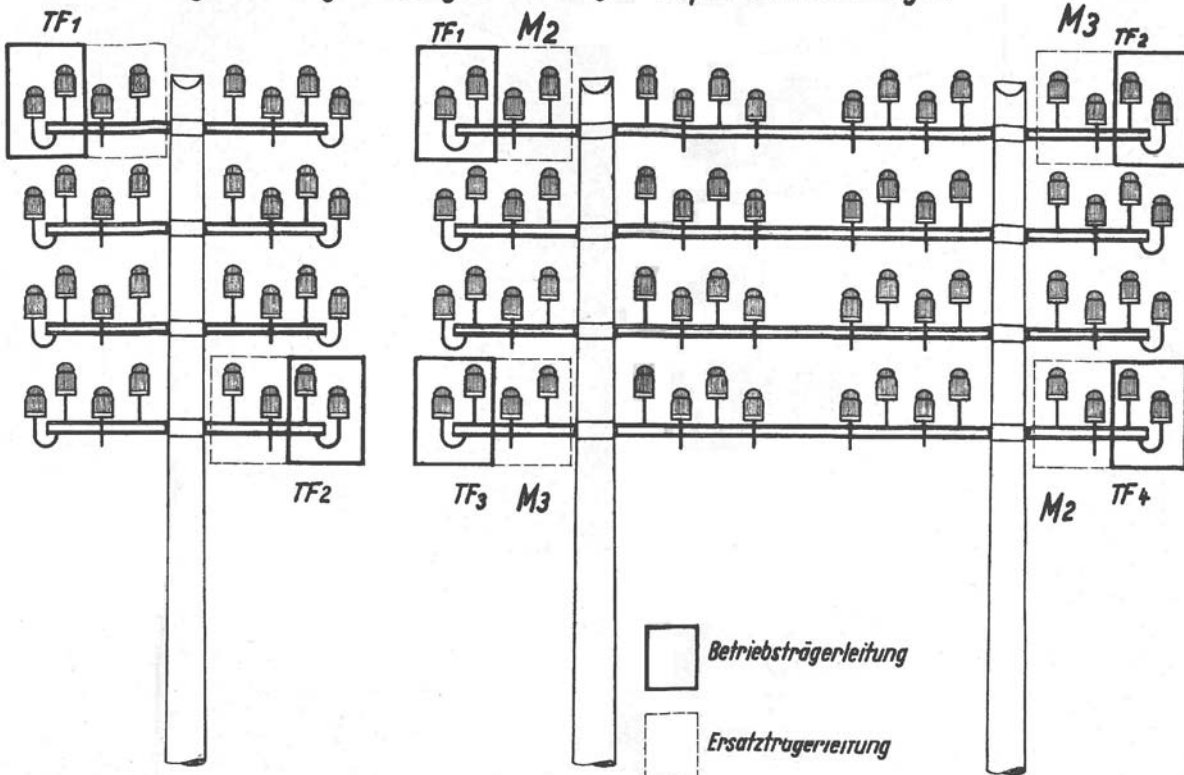
Im Vergleich zu Freileitungen waren Kabel erheblich komplexer aufgebaut. Sie bestanden aus lackierten Kupferdrähten, die mit Papier umwickelt wurden. Je nach Kabelaufbau wurden zwei oder drei dieser umwickelten Drähte verseilt und mit mehreren Seilen zu Bündeln zusammengefasst. Diese Bündel wurden mit einem Mantel (später Aluminium wegen der besseren Reduktionseigenschaften), einer asphaltierten Juteschicht und einer wiederum durch eine asphaltierte Juteschicht geschützte Bewehrung aus Band- oder Rundeisen aufgebaut



Bild 2: Montage einer Verbindungsmuffe an einem Streckenfernmeldekabel

Anlage 66
(§ 9 Abs 5a) 6b)

3. Lage der Trägerleitungen für Trägerfrequenzverbindungen



TF1 und TF2
gleiche oder verschiedene
Trägerfrequenz-Bauformen

bearbeitet	Tag	Name	Reichsbahn-Zentralamt Berlin	Deutsche Reichsbahn
gezeichnet	17.6.14	Pfe	Berlin im März 1941	
geprüft	18.8.14	Ul. Kähler		
normgeprüft	19.8.14	Pfe		
Maßstab	Freileitungsbau Platzwahl			Sflf 2286
				1. Ausgabe vom E Ersatz für ersetzt durch

war [2]. Durch die Verlegung im Erdreich waren diese Kabel gut gegen mechanische Einflüsse und gegen die Witterung geschützt. Wenn jedoch ein Kabel oder eine Verbindungsarmatur beschädigt wurde, dann war durch das in die Papierisolation eindringende Wasser oft ein größerer Kabelabschnitt betroffen.

Der Aufbau der Kabel für Bahnanwendungen unterschied sich ursprünglich nicht wesentlich von den in öffentlichen Netzen eingesetzten. Im Laufe der Zeit spezialisierten sich die Bahnkabel allerdings. Sie bestanden dann je nach Anwendung aus Leitungen unterschiedlichen Durchmessers und unterschiedlicher Isolation. In viele Kabel wurden auch koaxiale Leitungskreise eingebaut. Der Kabelmantel und die Montagegarnituren wurden den aktuellen Anforderungen und Möglichkeiten angepasst (Bild 2).

Die sich aus dem Aufbau der Kabel ergebenden Übertragungseigenschaften waren nur mit erheblichem Aufwand auf das erforderliche Maß zu bringen. Sie resultieren unmittelbar auch aus den mechanischen und elektrischen Eigenschaften der Doppelleitungen (Leitungspaare):

- Die Kapazität wird durch Drahtdurchmesser, Papierdicke, und Dielektrizitätskonstante des Papiers bestimmt,
- die Ableitung ergibt sich aus den Isolations-eigenschaften und der Dicke des Papiers,
- die Induktivität folgt aus dem Drahtdurchmesser und
- der Längswiderstand ergibt sich aus dem Drahtdurchmesser und dem spezifischen Widerstand des Leitungsmaterials.

Daraus folgte nicht nur die Optimierung des Kabels selbst, es wurden auch zusätzliche Maßnahmen für die Verringerung der Dämpfung abgeleitet. Hier hat sich vor allem die „Pupinisierung“ durchgesetzt, die auf dem Einbau punktförmiger Induktivitäten in Form von Spulen basiert und dem Leitungskreis einen Tiefpass-Charakter verleiht. Dass man die geringere Dämpfung mit einer Einschränkung der Bandbreite bezahlt, war anfangs ohne größere Bedeutung. Das änderte sich mit dem Einbau breitbandiger Systeme. Es ist allerdings zu vermerken, dass bereits 1933 eine erste Kabelstrecke mit Endverstärkern ausgestattet wurde. Einen erheblichen Sprung machte die Kabeltechnik mit der Entwicklung der Lichtwellenleiter (LWL), die in den achtziger Jahren des letzten Jahrhunderts kommerziell verfügbar wurden. Die Informationsübertragung erfolgte nun nicht mehr über elektrische Ströme und Spannungen, sondern über Licht. Durch eine haarfeine Glasfaser mit speziellem Aufbau wird das Licht mit relativ geringer Dämpfung und großer Bandbreite übertragen. Diese große Bandbreite gestattet zusammen mit entsprechenden Übertragungssystemen die gleichzeitige Übertragung sehr vieler herkömmlicher NF-Signale. Auch der Aufbau leistungsstarker Datennetze ist ohne Glasfaserkabel undenkbar.

Ende der achtziger Jahre wurden bei der Deutschen Bundesbahn erstmals Lichtwel-

lenleiterkabel mit zwei (!) Gradientenfasern eingesetzt. Diese Dimensionierung ergab sich aus der Überlegung, dass auch zukünftig nicht mehr Verbindungen als bisher benötigt würden. Mit dem zur damaligen Zeit für die eingesetzten LWL-Fasern verfügbaren PCM 480 wäre aber bereits ein Sprung von 60 % gegenüber dem Trägerfrequenzsystem V300 erreicht worden. Es wurde bald erkannt, dass hier Potenzial ungenutzt blieb. In der Folge steigerte sich der Ausbau auf bis zu 192 Monomode-Fasern je Kabel. Zur Minimierung der Verlegekosten wurden selbsttragende metallfreie LWL-Kabel zur Aufhängung an den Oberleitungsmasten entwickelt und in erheblichem Umfang installiert.

2.2 Übertragungstechnik

Leitungen waren schon immer kostbar, weil nur mit großem Aufwand bereitzustellen. Ein wesentliches Ansinnen der Telekommunikation war daher zu allen Zeiten die Mehrfachausnutzung vorhandener Leitungskreise. Die übliche Verwendung von erdfreien Leitungspaaren (Doppeladern) gestattete in gleichstromfreien Anwendungen die Schaltung so genannter Phantomkreise: Über eine Mittelanzapfung an der Sekundärwicklung der Leitungsübertrager zweier Leitungen konnte ein dritter Leitungskreis erzeugt werden. Dies war kein üppiger Zuwachs, konnte aber aus manchem Engpass heraushelfen.

Eine merkliche Verbesserung ergab sich durch die Einführung der Trägerfrequenz-Systeme (Tf-Systeme) in den Dreißigerjahren: Durch Modulation entsprechender Träger mit einer Anzahl von niederfrequenten Signalen konnten diese gemeinsam über einen Leitungskreis entsprechender Bandbreite übermittelt werden. Diese analogen Systeme stellten enorme Anforderungen an die Leitungskreise und an die Instandhaltung.

Hier zeigte sich ein deutliches Auseinanderlaufen der Anwendungen im Bahnbereich und in öffentlichen Netzen: Während bei der Deutschen Bundesbahn nur kleine Systeme (z.B. VZ12) betrieben wurden und der Ausbau des ab etwa 1956 eingesetzten V300 als größtem Tf-System nur ca. 2500 km erreichte, wurden von der Deutschen Bundespost erheblich leistungsstärkere Systeme eingesetzt.

Bei der Deutschen Reichsbahn waren Tf-Systeme Z8/V16 und Z12/V24 im Einsatz. Etwa ab Mitte der Achtzigerjahre eroberten zunehmend digitale Systeme den Markt. Die instandhaltungsintensive Tf-Technik wurde durch Puls-Code-Modulationssysteme (PCM-Systeme) ersetzt. Diese Systeme basieren auf dem Abtasttheorem von Shannon. Es besagt, dass ein Signal einer bestimmten Bandbreite nicht kontinuierlich übertragen werden muss, sondern dass Proben, die mit einer dem doppelten Wert der Bandbreite entsprechenden Abtastfrequenz entnommen werden, zur Wiederherstellung des ursprünglichen Signals aus-

reichen. In den Lücken zwischen den Proben eines Signals können die Proben weiterer Signals übertragen werden, wenn die Trennung auf der Empfangsseite gelingt. Übermittelt man nun nicht die (analogen) Proben der Signale, sondern deren numerische Werte, dann kann die Übertragung digital erfolgen. Sie ist damit über weite Bereiche von den Übertragungseigenschaften der Leitung unabhängig.

Im Rahmen eines Umrüstungsprogramms wurde 1989 die erste V300-Strecke auf PCM 480 umgestellt. Ebenso wurden vorhandene Tf-Systeme mit geringer Kanalzahl auf PCM 30 umgerüstet. Diese Systeme gehörten zur „Plesiochronen Digitalen Hierarchie“ (PDH), die die Synchronität der Datenströme durch so genannte „Stopfbits“ sicherstellt. Im August 1995 ging mit dem Abschnitt Frankfurt/M–Hannover die erste PCM-Strecke der „Synchronen Digitalen Hierarchie“ (SDH) in Betrieb.

Heute sind bei der DB AG keine Trägerfrequenzanlagen mehr in Betrieb.

2.3 Richtfunk

Richtfunk ist eine Möglichkeit zur Nachrichtenübertragung, die ohne eine Leitung auskommt. Insofern hat sie hier eine Sonderstellung.

Bereits um 1930 experimentierte man bei Telefunken mit der Erzeugung von hohen Frequenzen (ca. 600 MHz) und in der Folge mit gerichteten Funkstrecken zur Nachrichtenübertragung. Dabei gelang um 1936 die stabile Übertragung über eine Strecke von 130 km. Man war überzeugt, sichere Verbindungen über Entfernungen von bis zu 50 km bereitstellen zu können. Die Einrichtungen wurden aber zunächst nur militärisch weiter entwickelt und eingesetzt. Immerhin waren aber gegen Ende des Zweiten Weltkrieges ca. 70.000 km Richtfunkstrecken in Betrieb.

Die erste kommerziell genutzte Generation der Telefunken-Systeme stand in den Fünfzigerjahren des letzten Jahrhunderts zur Verfügung. Sie wurde von der Deutschen Bundespost eingesetzt, arbeitete im Bereich 2 GHz und konnte 24 Fernsehkanäle übertragen. Die weitere Entwicklung bis in die Siebzigerjahre galt der analogen Technologie. Dann hielt auch hier die Digitaltechnik Einzug.

Inzwischen wurde eine Kapazität von mehreren zehntausend Fernsprechanälen je Funkstrecke erreicht.

Bei der Bahn wurde Richtfunk nur in geringem Umfang eingesetzt. Dies ist wohl vor allem darin begründet, dass sich die Richtfunkstrecken nur schlecht den Eisenbahnstrecken anpassen lassen. Eine wirtschaftlich vertretbare Installation war nur durch Mitbenutzung von Funktürmen der Deutschen Bundespost bzw. der Deutschen Telekom sowie einiger Rundfunkanstalten möglich. Die analogen Richtfunkanlagen der beiden deutschen Bahnen wurden 1993 digitalisiert und mit 34 Mbit/s-Systemen (PCM 480) ausgerüstet.

3 Vom OB-Fernsprecher zur digitalen Betriebsfernprechanlage

3.1 Fernsprechanlagen

Am Anfang des Einsatzes von Betriebsfernprecheinrichtungen stand der Fernsprecher mit der Ortsbatterie (OB-Fernsprecher). Mit der Rufzeichengabe über den Kurbelinduktor war (und ist) er zumindest für den Verbindungsaufbau vom Vorhandensein einer Energiequelle unabhängig. Lediglich die Speisung des Kohlemikrofons erforderte eine in den Fernsprecher eingebaute Batterie. Das Gerät ist an Robustheit kaum zu überbieten.

Mehrere Teilnehmer konnten in einer gemeinsamen Verbindung zusammengeschaltet werden. Den verschiedenen Teilnehmern wurden unterschiedliche Rufzeichen im Morsecode zugeordnet, so dass sie selektiv angesprochen werden konnten. Ein typisches Beispiel für eine solche Verbindung waren die Streckenfernprecherverbindungen zwischen den Fahrdienstleitern benachbarter Bahnhöfe, in die auch die Schrankenposten sowie die Streckenfernprecher entlang der Strecke eingeschleift waren.

Auch örtliche Fernsprecher innerhalb des Bahnhofs waren in entsprechende Gesellschaftsleitungen eingebunden. Lediglich die Signalfernsprecher hatten wegen der Gefahr der Verwechslung eine eigene Verbindung. Hinzu kam eine Vielzahl regionaler Verbindungen für die unterschiedlichsten Zwecke. Auch für die Kommunikation innerhalb bestimmter Bezirke wurden Verbindungen benötigt. Um möglichst viele Teilnehmer trotz knappem Leitungsangebot verbinden zu können, wurde 1932 die BASA-Bezirkstechnik entwickelt. Alle Teilnehmer dieser Verbindung können sich mittels einer Zifferwahl anwählen. Während einer solchen Verbindung ist anderen Teilnehmern der Zutritt zur Verbindung verwehrt. Es sind jedoch auch Sammelrufe und Übergänge zum BASA-Netz (siehe Abschnitt 4) möglich.

Mit dem Aufbau regionaler Strukturen kamen weitere Fernprecherverbindungen hinzu, z.B. die für die Kommunikation mit der Zugüberwachung oder mit den Unterwerken. Sie verwenden die 1939 entwickelte Wählbefehlsfernprecher-technik, die in Melderichtung (also z.B. vom Fahrdienstleiter zum Zugüberwacher) mit Sprechanruf arbeitete. Der Fahrdienstleiter spricht einfach den Namen seines Bahnhofs in den Fernsprecher und wartet darauf, dass er angesprochen wird. In der Gegenrichtung wird eine Verbindung gezielt aufgebaut. Dazu schickt die zentrale Einrichtung eine Impulsserie auf die Leitung, die von den Einrichtungen bei den Fahrdienstleitern ausgewertet werden. Der Fernsprecher, zu dem das Ruftelegramm passt, signalisiert dem Fahrdienstleiter den Anruf. Eine Weiterentwicklung, der Wählbefehlsfernprecher 61, konnte sogar Verbindungen mit dem Leistungsmerkmal „Geheimsprechen“, d.h. ohne Mithörmöglichkeit für andere Teilnehmer, auf der Gesellschaftsleitung erzeugen und war daher auch für die An-schaltung von Signalfernsprechern verwendbar. Dieses System hat allerdings keine große Verbreitung gefunden.

Mit der steigenden Zahl der Fernsprecher auf dem Fahrdienstleiter-Arbeitsplatz begannen die Probleme: Der Fahrdienstleiter benötigte für jede Verbindung einen eigenen Fernsprecher und er musste die Anrufe richtig zuordnen können. Das ging nur in einfachen Fällen. Ein erster Ausweg waren die Mehrfachfernsprecher, die nur einen Handapparat und einen Kurbelinduktor besaßen, aber für jede Verbindung ein Schanzeichen. 1940 wurden erstmals Einrichtungen mit Lampenanzeige eingeführt: Der Einheits-OB-Befehlschrank und der Einheits-OB-Befehlsfernprecher. Die Situation verschärfte sich nach dem Zweiten Weltkrieg durch den zunehmenden Einsatz von Lautsprecher- und Funktechnik. Eine echte Verbesserung der Fahrdienstleiter-Arbeitsplätze war im Bereich der Deut-



Bild 3: Schaltstelle eines Betriebsfernprechersystems BF 80 / DIKOS 210

schon Bundesbahn der Allfernprecher, der von Siemens in den Fünfzigerjahren entwickelt wurde. Die ab 1953 eingesetzte Einrichtung konnte alle Verbindungsarten auf einer Abfrage- und Sprechrichtung vereinigen. Mit dem Allfernprecher AF 55, der wegen seiner universellen Einsatzmöglichkeit auch an anderen Stellen, z.B. in Lokleitungen und Zugüberwachungsstellen Verwendung fand, stand eine Technologie zur Verfügung, die lange Zeit allen Anforderungen genügte.

Die Deutsche Reichsbahn führte ein vergleichbares System – die Allsprechstelle – um 1975 ein. Bereits ab 1954 wurde hier Streckendispatcheranlagen mit lautsprechenden Endgeräten eingesetzt, die in den Siebzigerjahren durch die mit einem Frequenzcodeverfahren arbeitenden, elektro-

Wir gratulieren **100 JAHRE SIGNAL+DRAHT** zum Jubiläum



funkwerk 
kölleda

A Company of Funkwerk AG

Hörmann Funkwerk Kölleda GmbH
Im Funkwerk 5 • D 99625 Kölleda
Tel. (03635) 458 500 • www.hfwk.de

**Mobile Radio
Systems**

**Management
Systems**

**Video
Systems**

**Information
Systems**

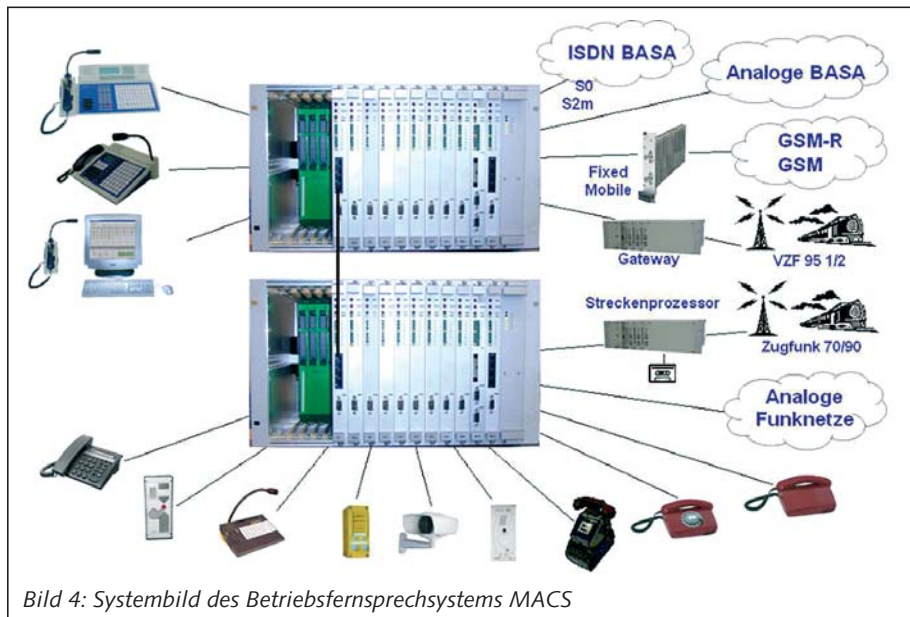


Bild 4: Systembild des Betriebsfernsprechsystems MACS

nisch gesteuerten Streckendispatcheranlagen 74 ersetzt wurden.

Erst in den Achtzigerjahren folgte mit dem von der aus AEG-Telefunken hervorgegangenen Firma ANT entwickelten Betriebsfernmeldesystem BF 80 (auch als DIKOS 210 bekannt) eine neue Technologie (Bild 3). BF 80 besteht im Kern aus einer digitalen Vermittlungseinrichtung. Die unterschiedlichen Verbindungsarten werden über Interface-Baugruppen an diese Vermittlung angepasst. Die Kopplung der Vermittlungsstellen erfolgt über Leitungsbündel und über einen zentralen Zeichenkanal. Heute wird DIKOS 210 vom Funkwerk Kolléda vertrieben. In den Neunzigerjahren kam ein weiteres digitales Betriebsfernmeldesystem dazu: das System MACS (Multifunctional ATM Communication System, Bild 4) der Firma Wenzel.

Die Einführung des neuen Systems verlief nicht ohne Reibung. So wurde der alte Allfernsprecher AF 55 abgekündigt, bevor das BF 80 verfügbar war. Die Folge war, dass an einigen Stellen mit dem Allfernsprecher AF 300 (Bild 5) eine Übergangstechnologie installiert werden musste. Zum anderen wurde das BF 80 für einfache Einsatzfälle als zu teuer angesehen. In diese Lücke stieß der Mehrfachfernsprecher MF 84 der Firma Neumann.

Nicht zuletzt durch die zunehmende Zentralisierung des Betriebes, die im Aufbau der sieben Betriebszentralen gipfelte, führte das Konzept des DIKOS 210/BF 80 und des MACS zum Erfolg. Damit hatte sich die Vermittlungstechnik endgültig im Bereich der Betriebsfernsprecheinrichtungen etabliert. Allerdings waren hier neue Herausforderungen zu meistern: Die Integration der Telekommunikation in die integrierte Bedienoberfläche der BZ-Bedienplätze. Diese Integration erschöpft sich nicht darin, dass ein Monitor, eine Tastatur und eine Maus für die Bedienung der Telekommunikation eingefügt werden. Das Bedienkonzept der BZ sieht vor, dass sich die Bediener ihren Zuständigkeitsbereich aus kleineren Einheiten – Dispositionsteilberei-

che, Anlagenlupen u. ä. – selbst zusammenstellen. Diese Bereichsauswahl muss sich auch in der Bedienoberfläche der Telekommunikation widerspiegeln. Aber auch die Aufschaltung von Zugfunkanrufen muss in das neue Bedienkonzept eingepasst werden. Hierzu muss aus der im Anruftelegramm des Zugfunks enthaltenen Zugnummer der Standort des Zuges und daraus wieder der „örtlich zuständige Fahrdienstleiter“ ermittelt werden. Diese Anforderungen lenken den Blick auch auf weitere Bedürfnisse: Wenn ein Mitarbeiter in der Bahnstromversorgung, im Betriebs- oder im Instandhaltungsdienst den für eine Betriebsstelle zuständigen Fahrdienstleiter anrufen will, dann kennt er in der Regel nicht die aktuelle Zuständigkeitsverteilung in der Betriebszentrale. Hier ist sicher noch ein Konzept funktionaler, über die Arbeitsplatzsteuerung der BZ auswertbarer Rufnummern einzuführen.



Bild 5: Relaisvorrichtung eines Allfernsprechers AF 300

3.2 Lautsprecheranlagen

Unter „Lautsprecheranlagen“ versteht man im Bereich der Eisenbahn nicht nur die Beschallung von Bahnsteigen, Hallen und Wartebereichen, sondern auch die landläufig als Wechselsprechtechnik bekannte Möglichkeit der direkten Kommunikation. Ursprünglich waren Lautsprecheranlagen (einseitig gerichtete Lautsprecheranlagen = EL-Anlagen) eine relativ einfache Angelegenheit: ein Mikrofon, ein Verstärker und eine Anzahl von Lautsprecherkreisen, die einzeln oder in Gruppen an den Verstärker angeschlossen werden konnten. Erst mit der Einführung der Transistortechnik konnte auch die als „wechselseitig gerichtete Lautsprecheranlage“ (WL-Anlage) realisiert werden. Sie hat den Vorteil gegenüber Telefonverbindungen, dass die Verbindung auf Tastendruck bereitgestellt wird.

Anfangs war der Aufbau der WL-Anlagen kompliziert und teuer. Die Zahl der Verstärker sollte möglichst gering bleiben, ohne dass die Verbindungsmöglichkeiten über Gebühr eingeschränkt wurden. Das erforderte eine vorausschauende Projektierung, die später nur mit erheblichem Aufwand zu verändern war.

Eine besonders preisgünstige Variante für einfache Fälle war die ELR-Technik (einseitig gerichtete Lautsprecheranlage mit Rücksprechmöglichkeit) der Firma Wenzel, die den Leistungsverstärker sowohl für die Beschallung als auch für die Kommunikation zwischen Betriebsstellen einsetzte.

Durch den Einsatz elektronischer Vermittlungseinrichtungen erreichten die EL/WL-Anlagen eine hohe Flexibilität bei akzeptablen Preisen.

Heute sind Lautsprecheranlagen nicht mehr nur Durchsageeinrichtungen. Durch Einbindung in automatische Reisendeninformationssysteme werden zunehmend auch die Lautsprecheransagen automatisiert. Dabei wird die Information situationsbezogen aus entsprechenden Bausteinen zusammengesetzt. Dabei stellen zeitkritische Ansagen, wie z. B. Warnansagen bei Einfahrt der Züge, hohe Anforderungen an die Steuerung.

3.3 Funkanlagen

Von den Funkanlagen wird weiter unten noch ausführlich berichtet. Daher sollen sie an dieser Stelle nur als Bestandteil der Betriebsfernsprecheinrichtungen kurze Erwähnung finden.

Aus Sicht des Eisenbahnbetriebs haben Funkanlagen vor allem als Rangierfunk und als Zug(bahn)funk Bedeutung erlangt. Bei dem ab 1959 eingesetzten, überwiegend lokal arbeitenden Rangierfunk wird im Wechselsprechbetrieb gearbeitet, während die ab 1970 entlang der Strecken installierten Zugfunkanlagen in Vollplex (Gegensprechen) betrieben werden.

Aber auch hier verwischen sich die Grenzen: Mit der Verwendung von GSM-R für Rangierfunk- und Zugfunkaufgaben gelten die alten Unterscheidungsmerkmale nicht



Draka

mehr. Was aber wichtiger ist, ist die Tatsache, dass auch diese bahnspezifischen Funkdienste von öffentlicher Technik erbracht werden können.

4 Vom Klappenschrank zu ISDN

Wie in der übrigen Wirtschaft bestand auch in den Bahnverwaltungen ein steigendes Bedürfnis an telefonischer Kommunikation. Allerdings waren die Eisenbahngesellschaften schon immer Unternehmen mit sehr vielen Betriebsstätten, was zu einem noch stärkeren Bedarf führte.

Ausgehend von hausinternen Fernsprechanlagen entstand ein Fernsprechnet, das sich über das gesamte Streckennetz der jeweiligen Eisenbahnverwaltung ausdehnte. Mit der Bildung der Deutschen Reichsbahn wurden auch diese Netze zu einem umfassenden Geschäftsfernprechnet zusammengefasst. Die gesetzliche Legitimierung dieses wohl größten nichtöffentlichen Fernsprechnetes leitete sich aus dem Fernmeldeanlagengesetz ab.

Die Ausprägung der Fernsprechanlagen folgte den technischen Möglichkeiten. Zunächst spielte die handvermittelnde Technik eine dominierende Rolle, blieb jedoch auf einzelne Dienststellen begrenzt. Schon verhältnismäßig früh jedoch hielt die Wählampttechnik Einzug in das Geschäftsnetz der Eisenbahn, wobei die automatische Wahl aber vorerst nicht den Verkehr zu Nachbar-Fernsprechämtern beinhaltete. Hier blieb lange Zeit die Handvermittlung dominierend.

Von der Deutschen Reichsbahn wurde die Entwicklung in Richtung auf die automatische Vermittlung stark gefördert. Sie war in vieler Hinsicht richtungweisend. So konnte 1920 das „alte große Eisenbahnsystem“ als Fernsprechvermittlung für bis zu 10.000 Teilnehmer entwickelt werden. Als Wähler wurde der Strowger-Wähler – ein elektrischer Schrittschalter – verwendet. Für Teilnehmerzahlen bis 100 Teilnehmer kam vier Jahre später das „alte kleine Eisenbahnsystem“ hinzu.

Mit der Entwicklung des auch als „Viereckwähler“ bezeichneten Heb-Dreh-Wählers kam es 1928 zum „neuen großen Eisenbahnsystem“, in dem auch erstmals Flachrelais anstelle der bisher üblichen Rundrelais verwendet wurden. Dieses System wurde 1930 durch das „neue kleine Eisenbahnsystem“ ergänzt.

In der Folge griff die Wähltechnik auch auf die Verbindungen zwischen den Wählämtern über. Ziel war, den Selbstwählverkehr zwischen beliebigen Teilnehmern im gesamten Bahn-Fernsprechnet zu ermöglichen. Neben der Netzgestaltung und der Entwicklung auf dem Gebiet der Übertragungstechnik waren die Wählanlagen aneinander anzupassen, d. h. es mussten Systembedingungen für die Wählämter, die Fernwahl und den Netzaufbau erstellt werden. Dies geschah 1934 mit der Einführung des Einheitswählersystems Eb 5, für das bereits 1933 die Bezeichnung BASA (Bahn-Selbstanschluss-Anlage) gewählt worden war. Diese Einheitsbasa stellte die Weiterentwicklung des „neuen kleinen Eisenbahnsystems“ dar, das die neuen Forderungen bereits weitgehend erfüllte. In diese Zeit fielen auch die Entwicklung der Fernwahl- und der Übertragungstechnik.

Wegen der geringen überbrückbaren Entfernungen und der notwendigen galvanischen Trennung gegen Starkstrombeeinflussungen genügte die Gleichstromwahl schon bald nicht mehr den Anforderungen. Sie wurde 1926 durch die Wechselstromwahl ersetzt, die aber ihrerseits bereits 1930 durch die dann lange vorherrschende Induktivwahl abgelöst wurde.

Eine wesentliche Verbesserung der Übertragungsqualität innerhalb der Wählämter stellte die 1955 im Bereich der Deutschen Bundesbahn eingeführte EMD-Technik dar (Edelmetall-Drehwähler). Diese Technologie ersetzte zunehmend die Heb-Dreh-Wählertechnik. Die Deutsche Reichsbahn führte ein ähnliches System (Motordrehwählersystem) ein.

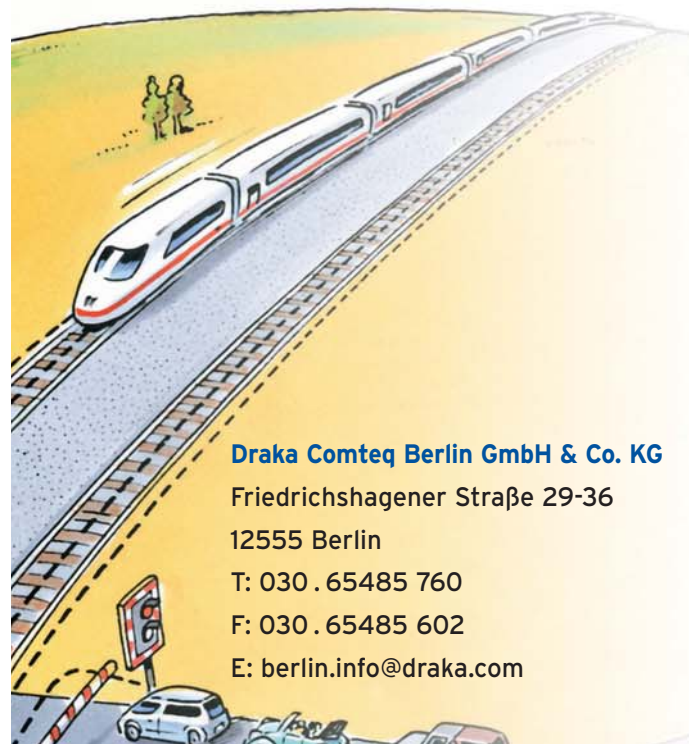
Im Juni 1995 begann mit der Umrüstung der oberen Netzebene die Umstellung des BASA-Netzes auf ISDN. Im Verlauf dieser Umstellung wurden die von elektromechanischen und analogen Komponenten dominierten alten Einrichtungen durch die vollständig elektronische digitale ISDN-Technik ersetzt, nachdem bereits in den Achtzigerjahren erste elektronische Vermittlungsstellen instal-

DIE ZUVERLÄSSIGE VERBINDUNG: KABEL AUS BERLIN

Unsere hochwertigen Signal-, PZB- und LZB-Kabel bestimmen den Standort von Zügen, stellen die Weichen und regeln den Zugverkehr durch entsprechende Signalstellung. Unsere Bahnhoffernmelde-, Weitverkehrs-, und Telekommunikationskabel sorgen dafür, dass Sie den richtigen Anschluss erhalten.

Draka Comteq: Wir sind Ihr Lieferant für hochwertige Signal- und Weitverkehrskabel.

Ein umfassendes Produktsortiment in Kombination mit einem schnellen Logistikkonzept sind nur zwei Gründe warum **Draka Comteq Berlin** Q1-Lieferant der Bahn ist.



Draka Comteq Berlin GmbH & Co. KG

Friedrichshagener Straße 29-36

12555 Berlin

T: 030 . 65485 760

F: 030 . 65485 602

E: berlin.info@draka.com

www.drakact.de

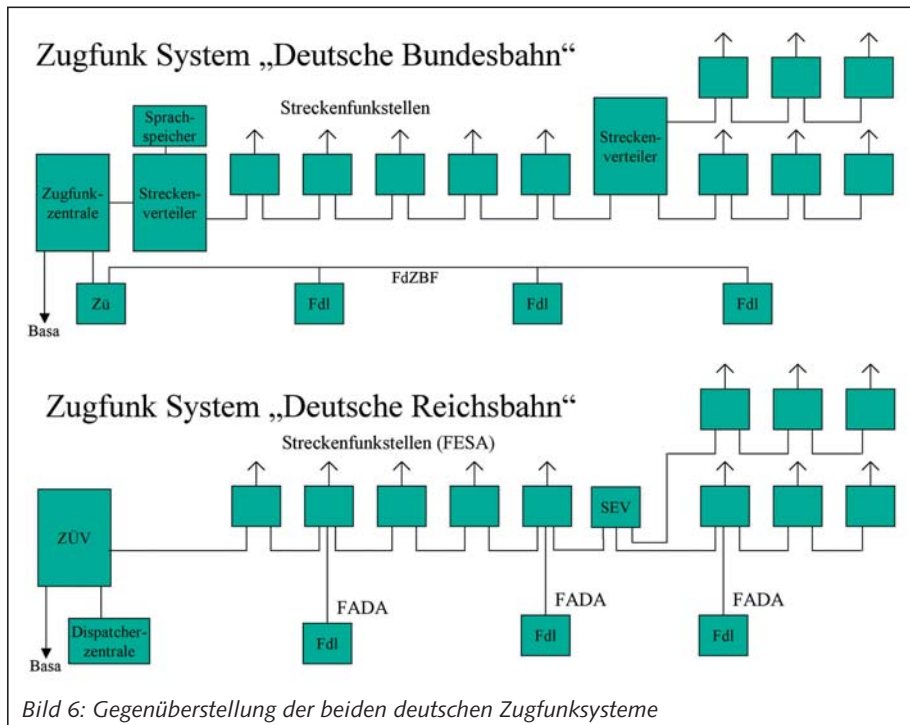


Bild 6: Gegenüberstellung der beiden deutschen Zugfunksysteme

liert wurden. Die neuen Vermittlungsstellen entsprechen weitgehend (wenn auch noch nicht vollständig) weltweit eingesetzter öffentlicher Technik. So ging auch hier die Zeit der bahnspezifischen Systeme zu Ende.

5 Vom Knallfunken zu GSM-R

Natürlich war die Eisenbahn nicht gleich zu Anfang dabei, dieser Vorzug gebührt üblicherweise dem Militär. Aber gleich nach den ersten militärischen Anwendungen etwa um 1900 fanden ab 1906 erste Versuche mit der Funkübertragung in fahrende Eisenbahnfahrzeuge statt. Auf der Strecke Berlin – Zossen wurde auf einem 12 km langen Streckenabschnitt mit Mittelwellen-Zugfunk experimentiert, der damals schon zur Übermittlung von Befehlen genutzt wurde [4]. Danach wurde es allerdings wieder still um dieses Thema, denn das Militär beanspruchte die Funktechnik für seine Zwecke.

Erst nach dem Ersten Weltkrieg waren wieder Zugfunk-Aktivitäten zu verzeichnen. Ein Zugfunkversuch im Voll duplex-Telefonieverkehr zwischen Berlin-Rummelsburg und Oberschöneweide wies 1919 erneut die Brauchbarkeit der drahtlosen Zugtelefonie nach. Ein Zugfunksystem für den öffentlichen Fernsprechverkehr wurde 1926 auf der Strecke Berlin – Hamburg eingerichtet.

In diese Zeit fällt auch die Errichtung einer ersten Rangierfunkanlage in Duisburg-Hochfeld Süd. Hier wurde 1927 – nach unbefriedigenden Ergebnissen im Kurzwellenbereich – erstmals eine einseitige Sprechverbindung im UKW-Bereich eingerichtet. Es handelte sich um ein aus heutiger Sicht kurioses System: Vom Fahrdienstleiter zur Lok wurde per Funk Sprache übertragen.

Der Lokführer quittierte die Befehle per Dampfpeife. Deren Töne wurden von Mikrofonen aufgenommen, die an einer Drahtleitung zum Fahrdienstleiter hingen. Dort wurden die Töne über Lautsprecher hörbar gemacht. Die Anlage soll immerhin 17 Jahre lang einwandfrei gearbeitet haben, bevor sie wegen Mangels an Anodenbatterien für die Lokanlage außer Betrieb genommen werden musste.

Nach der Gründung der Deutschen Bundesbahn wurde im damaligen Bundesbahn-Zentralamt München das Dezernat 65 eingerichtet, das sich mit allen Fragen des Bahnfunks zu befassen hatte. Von diesem Dezernat ging die Initiative zu Musteranlagen für den Rangierfunk aus, die Ende 1949 in Betrieb gingen. Die noch recht umfangreichen Anlagen konnten durch Einsatz neuer Röhrenserien weiter verbessert werden.

Auch das Thema Zugfunk wurde 1951 wieder aufgegriffen. In zahlreichen Versuchen auf der Strecke Regensburg–Nürnberg konnten wertvolle Erkenntnisse zur Funkausbreitung im Eisenbahnumfeld gewonnen werden. Aber die Zeit war noch immer nicht reif für den Zugfunk.

Es war seitens der Bundesbahn bereits früh darauf hingewiesen worden, dass die volle Wirksamkeit des Rangierfunks erst mit „leichten“ Geräten erreicht würde. Unter „leicht“ verstand man damals ein Gewicht von maximal 4 kg, wobei diese Last auf Brust und Rücken verteilt werden sollte, um bei den schweren Rangierarbeiten möglichst wenig zu behindern. Diese Größenordnung wurde etwa Mitte der Fünfzigerjahre durch den Einsatz der Subminiaturröhren erreicht. Das tragbare Funkgerät Teleport IV wurde zum Standard-Rangierfunkgerät.

Zu diesem Zeitpunkt hatte mit dem Aufkommen der Transistortechnik bereits der

Niedergang der Röhrentechnologie eingesetzt. Ab 1970 führte dies dann zu deutlich handlicheren Funkgeräten, die nicht mehr nur für den Rangierfunk, sondern auch für Zwecke der Instandhaltung eingesetzt wurden.

Nun war auch die Zeit des Zugfunks gekommen. Nach erfolgreicher Einführung eines Funksystems zur Unterstützung des Schiebebetriebes auf der Steigungsstrecke zwischen Laufach und Heigenbrücken wurde in einem Betriebsversuch auf dem 100 km langen Abschnitt Würzburg–Nürnberg nachgewiesen, dass Zugfunksysteme über derartige Streckenabschnitte ohne Frequenzumschaltung auf der Lok möglich sind. Nachdem mit diesem System auch eine Reihe von Unfällen vermieden werden konnten, wurde die Einführung des Zugfunks als dringendes Erfordernis angesehen.

Die Forderungen des Pflichtenheftes waren sehr hoch:

- fast lückenlose Funkabdeckung der Strecke,
- feste Kanaleinstellung am Mobilgerät über lange Strecken,
- selektiver Anruf des Zuges mit der am Mobilgerät eingestellten sechsstelligen Zugnummer sowie
- Sperrung des Funkkanals für andere Teilnehmer während einer Sprechverbindung.

Nach Versuchsfahrten unter unterschiedlichen Umgebungsbedingungen wurde auf der Geislinger Steige eine Erprobungsstrecke eingerichtet. Im Dezember 1969 konnte das System in Funktion demonstriert werden.

Zunächst wurde der Zugfunk für den Frequenzbereich 160 MHz entwickelt. Aufgrund internationaler Empfehlungen wurden schließlich der Bereich 450/460 MHz und ein Kanalraster von 25 kHz festgelegt. Auf der Streckenseite konzentrierte sich die Bedienung in erster Linie bei den Zugüberwachungen. Allerdings gab es eine Vermittlungsmöglichkeit in das BASA-Netz sowie einen Zugang der Fahrdienstleiter über eine Bezirksverbindung in BASA-Bezirkstechnik. Die Verbindung wurde in der Regel durch Vermittlung der Zugüberwachung als selektive Verbindung zum gewünschten Zug hergestellt. Es war jedoch mittels eines Notrufs möglich, sich unmittelbar aufzuschalten und dazu ggf. ein bestehendes Gespräch zu verdrängen.

Seine erste Bewährungsprobe bestand der Zugfunk anlässlich der Olympischen Spiele 1972 in München. Das S-Bahn-Netz mit einer Streckenlänge von ca. 400 km wurde rechtzeitig zum Beginn der Spiele fertig gestellt, und der Zugfunk erwies sich als zuverlässiges Hilfsmittel.

In der Folge wurden große Teile des westdeutschen Bahnnetzes mit Zugfunk ausgestattet. Allerdings wurden dabei die Streckenbereiche mit geringem odermäßigem Verkehr ausgespart, denn die Aufwände für die Ausrüstung und für die Instandhaltung waren groß. Auch gelang es nicht, das System als internationalen Standard zu etablieren. Auf UIC-Ebene

wurden lediglich Frequenzbereich, Kanalabstand und einige weitere Parameter standardisiert.

Im Bereich der Deutschen Reichsbahn, d. h. im östlichen Teil Deutschlands, gab es eine ähnliche Entwicklung, die aber wegen der Einbindung in den Eisenbahnverband OSShD und wegen anderer Entwicklungsparameter zu einem etwas anderen Zugfunksystem als dem der Deutschen Bundesbahn führten. Insbesondere war dieses System stärker auf den Anschluss der Fahrdienstleiter zentriert. Dies hatte z. B. eine wesentlich schnellere Durchschaltung von Notrufen zur Folge.

Bild 6 zeigt eine Gegenüberstellung der beiden deutschen Zugfunksysteme.

Die Wiedervereinigung Deutschlands und die darauf folgende Zusammenführung von Deutscher Reichsbahn und Deutscher Bundesbahn erforderten in viel stärkerem Maße als zur Zeit der Trennung kompatible Mobilgeräte, die in beiden Systemen arbeiten können. Diese Anforderung wurde mit

neuen Mobilgeräten, z. B. dem MESA 2002 oder dem ZFM90 erfüllt.

Etwa um 1995 wurde die Forderung erhoben, auch auf den bisher nicht mit Zugfunk ausgestatteten Strecken mit geringem oder mäßigem Verkehr ein Funksystem zu installieren. Die wesentlichen Parameter für die Entwicklung waren:

- Verwendung der vorhandenen Fahrzeuginrichtungen (ZF70, ZFM90),
- Mitbenutzung der vorhandenen Streckenfernsprechverbindung als Modulationsleitung unter Beibehaltung der vorhandenen Fernsprechtechnik (OB-Technik),
- Dokumentation des Funkverkehrs über Sprachaufzeichnungsgeräte sowie
- Einsatz bewährter, bei der DB AG zugelassener Technik.

Als Ergebnis entstanden einfache Zugfunksysteme für das 460 MHz-Band (Frequenzen nach UIC-751-3) mit der Betriebsart Simplex-Wechselsprechen. Die Funkstellen arbeiten im Gleichkanalbetrieb. Durch ent-

sprechende Steuerung wird die Funkstation mit den besten Empfangsbedingungen für die Kommunikation mit dem Mobilgerät ausgewählt. Die Anlage verhält sich damit wie eine Diversity-Anlage.

Es gibt eine Reihe weiterer Funksysteme, die hier nur kurz gestreift werden sollen:

- Der Bahn-Instandhaltungsfunk, der den Arbeitsgruppen im Gleisbereich eine Verbindung zum zuständigen Fahrdienstleiter und zu den Technikräumen bieten soll.
- Der Kraftfahrzeugfunk, der einen flächendeckenden Zugang zum BASA-Netz gestattet. Seinen Namen bezog er von den in die Kraftfahrzeuge eingebauten Mobilfunkanlagen.
- Der Funkrufdienst. Er diente der Alarmierung von Bereitschaftsdiensten der unterschiedlichen Fachbereiche.
- Der Zugpostfunk, der als öffentlicher Mobilfunk die Reisendenkommunikation aus den Zügen heraus ermöglicht. Der Name Zugpostfunk resultiert aus



Institut für Bahntechnik GmbH
Berlin • Dresden • Wildenrath

Zertifiziert nach DIN EN ISO 9001:2000

Seit 20 Jahren gefragter Dienstleister in der Bahntechnik

- Betriebsleitsysteme
- Sicherungstechnik
- Systemtechnik Fahrzeug/Fahrweg
- Bahnenergieversorgung
- Bahntechnik-Software
- Elektrische Antriebstechnik
- Kommunikationstechnik
- Neue Bahnsysteme
- Technologieberatung
- Gutachtertätigkeit ¹⁾

**Führende und neutrale Position bei der Bewertung
von Magnetbahn- und Eisenbahnsystemen**
Technik • Betrieb • Wirtschaftlichkeit

¹⁾ Anerkannte Gutachter des Eisenbahn-Bundesamtes (EBA)

Carnotstraße 6 • D-10587 Berlin • Tel.: (030) 39 99 24 0 • Fax: (030) 39 99 24 90
Mail: ifb-berlin@bahntechnik.de • Internet: www.bahntechnik.de

Zeiten, in denen das damals verwendete B2-Netz von der Deutschen Bundespost betrieben wurde. Die Kommunikation war wegen der Bereitstellung im Zug nicht besonders ansprechend. Mit der Einführung des C-Netzes der aus der Bundespost entstandenen Deutschen Telekom und dem Einbau von öffentlichen Fernsprechern (Kartentelefonen) in den IC- und ICE-Zügen änderte sich das gründlich. Allerdings war der Aufwand hoch. So musste für den Einsatz auf den Hochgeschwindigkeitsstrecken Mannheim–Stuttgart und Hannover–Würzburg mit ihrem hohen Tunnelanteil ein spezielles Tunnelfunksystem entwickelt werden.

Mit dem Siegeszug der GSM-Netze hat sich das Bild total gewandelt. Öffentliche Fernsprecher werden kaum noch genutzt, weil viele Reisende ihr eigenes Mobiltelefon benutzen. Dafür müssen nun die öffentlichen Netze auch in schwach versorgten ländlichen Gebieten an die Bahnstrecken herangeführt werden. Auch in den Zügen müssen technische Einrichtungen eingebaut werden, mit deren Hilfe die schirmende Hülle des Zuges zu überwinden ist.

□ Die tragbare Datenstation. Dies waren Funkgeräte, welche in großen Rangierbahnhöfen zur Wagenaufnahme verwendet wurden. Sie übertrugen die von den Mitarbeitern eingegebenen Wagentypen per Funk an die Ablaufdisposition, die damit die Ablaufsteuerung durchführte.

□ Der Diagnosefunk zur Vormeldung von Diagnosedaten der Züge an die Instandhaltungsstellen. Mit diesem mit der Einführung des ICE-Verkehrs installierten System konnten Probleme in den ICE-Zügen über Funkanlagen an bestimmten Stellen des Netzes an das ICE-Betriebswerk gemeldet werden. Durch entsprechende Vorbereitung sollten die Instandhaltungsarbeiten und damit die Stillstandzeiten der Züge minimiert werden.

Bereits Ende der Achtzigerjahre des letzten Jahrhunderts zeichnete sich ab, dass der analoge Funk in seinen vielfältigen Ausprägungen nicht das Mittel der Zukunft sein konnte. Im Forschungsprojekt DIB-MOF (Dienstintegrierender Bahn-Mobilfunk), im deutsch-französischen Kooperationsprojekt DEUFRAKO sowie in verschiedenen UIC-Gremien wurde der Wechsel zu einem digitalen Basissystem für alle Funkanwendungen und sogar für eine zukünftige funkgestützte linienförmige Zugbeeinflussung untersucht. Dabei sollte möglichst ein öffentlicher Standard verwendet werden, um teure Spezialentwicklungen zu vermeiden. Zur Disposition standen das System GSM (Global System for Mobile Communication), das in Form der beiden öffentlichen D-Netze gerade zu seinem Siegeszug ansetzte, und das Bündelfunksystem TETRA (Terrestrial Truncated Radio), welches erst grob spezifiziert war.

Die zuständigen Gremien der UIC entschie-

den sich 1993 für GSM. Von der internationalen Frequenzverwaltung wurde den Bahnen ein 4 MHz breites Duplexband im Anschluss an das Band der öffentlichen Netzbetreiber (860 MHz) zugewiesen. Damit hielt sich auch der Entwicklungsaufwand auf der Hf-Seite einigermaßen in Grenzen.

Allerdings reichten die Leistungsmerkmale des GSM noch nicht für den Einsatz im Eisenbahnbereich aus. Insbesondere der Rangierfunk stellte erheblich höhere Anforderungen. Die UIC brachte diese Anforderungen in die für GSM zuständigen Standardisierungsgremien des europäischen Standardisierungsinstituts für Telekommunikation ETSI ein, die mit der Standardisierungsphase GSM 2+ die entsprechende Erweiterung schufen. Mit den „Advanced Speech Call Items“ wurden zusätzliche Leistungsmerkmale, wie z. B. Gruppen- und Sammelruf, ermöglicht. Daneben waren noch weitere Funktionen zu realisieren:

- Funktionale Adressierung,
- Anzeige funktionaler Rufnummern,
- ortsabhängige Adressierung und
- Verdrängung von Verbindungen durch Anrufe hoher Priorität.

Inzwischen ist der Aufbau des als GSM-R (GSM for Railways) bezeichneten Systems im Gange. In Deutschland sind die ersten Netzbereiche umgestellt. GSM-R ersetzt neben dem Zugfunk und dem Rangierfunk auch den Instandhaltungsfunk. Darüber hinaus findet das Netz Anwendung im System „Cargo Digitale Datenkommunikation“ (CDD) als Nachfolger der Tragbaren Datenstation sowie zur Datenversorgung der EBULA-Fahrzeuganlagen.

Damit geht die Zeit der bahnspezifischen Funkeinrichtungen langsam, aber unaufhaltbar dem Ende entgegen.

6 Vom Morsetelegraphen zum Datennetz

Der Eisenbahnbetrieb benötigte schon früh Kommunikationsmittel, über die sich die Stationen über den Zuglauf verständigen konnten. Dem Stand der Technik nach konnte die Aufgabe nur von der Morsetelegrafie gelöst werden. Das 1875 eingeführte Verfahren war einfach, aber wirkungsvoll und konnte sich für den Austausch von Zugmeldungen bis zum Ende des Zweiten Weltkrieges halten. Erst 1952 wurde auf die fernschriftliche Zugmeldung mittels Morse-Fernschreiber verzichtet und das fernmündliche Zugmeldeverfahren über die Streckenfernsprecherverbindung eingeführt. In anderen Bereichen wurde dagegen schon früher auf aktuelle Technik umgeschwenkt. Anfang der Dreißigerjahre wurde mit der Fernschreibtechnik eine komfortablere Technik für den Austausch größerer Informationsmengen eingeführt. Sie bestand aus Fernschreibern, die Tasteneingaben in einen 5 bit-Code umsetzten und per Linienstromtastung sendeten bzw. entsprechende ankommende Signale dekodierten und ausdrückten. Weiter wurde ein spezi-

elles Wählnetz für die benötigten Verbindungen aufgebaut. Die Einrichtungen waren komplex und teuer und kamen daher nur für die Kommunikation auf Verwaltungsebene und für internationalen Informationsaustausch zum Einsatz.

Für die betriebliche Kommunikation mit sehr vielen Teilnehmern baute man so genannte Hellschreibnetze auf, die ihre Bezeichnung von der nach ihrem Erfinder Rudolf Hell benannten Fernschreibtechnik ableiteten. Diese Technik ist vergleichsweise einfach: An einer mit einer spiralförmigen Kante versehenen Walze wird ein Papierstreifen und ein Farbband vorbeigeführt. Vor dieser Anordnung befindet sich eine gerade Kante, die mit einem Magneten in Richtung Walze bewegt werden kann. Wenn der Magnet kurzzeitig erregt wird, dann schlägt die gerade Kante das Farbband und das Papier gegen den Wendel auf der Walze und auf dem Papier entsteht ein Punkt. Wird der Magnet mit einem entsprechenden Impulsmuster versorgt, dann werden die Einzelpunkte zu Schriftzeichen. Die Kunst der Hellschreibtechnik bestand also in der Erzeugung des Impulsmusters auf der Sendeseite und im synchronen Lauf der Schreibwalze auf der Empfangsseite. Dabei waren geringe Abweichungen vom Synchronlauf tolerierbar, denn sie äußerten sich lediglich darin, dass die Schrift nicht exakt parallel zum Papierstreifen verlief, sondern schräg dazu. Durch Verwendung einer Spirale mit zwei Windungen konnte erreicht werden, dass auch bei eingeschränkter Synchronität keine Zeichen verloren gingen.

Der Informationsaustausch erfolgte in Bezirksverbindungen, in die die Fahrdienstleitstellwerke und die Fernschreibstelle des Bezirks eingebunden waren. Die Fernschreibstelle empfing Anweisungen per Telex und setzte sie in Telegramme für die Hellschreiber um.

Die Hellschreibtechnik war bis in die Achtzigerjahre im Einsatz. Danach wurde sie von der inzwischen allgemein angewendeten Fax-Technik abgelöst. Diese benötigte keine eigenen Netze, sondern bediente sich der Fernsprechnetze. So löste öffentliche Technik bahnspezifische Einrichtungen ab.

Auch die Einführung der Datenverarbeitung zeigte ihre Spuren in der Telekommunikation. In der Geschäfts-EDV waren Terminals an die zunächst noch wenigen zentralen Großrechner anzuschließen. Dies erfolgte über dauerhaft geschaltete Modemverbindungen. Mit zunehmender Durchdringung der Geschäftsprozesse durch die Datenverarbeitung entstand das Bedürfnis nach einem Datennetz. So wurde Mitte der Achtzigerjahre das Integrierte Text- und Datennetz (IN) auf der Basis der Datenpaketvermittlungstechnik nach dem internationalen Standard X.25 installiert.

Auf dieser Basis entstand unter der Regie der UIC auch das internationale Datennetz HERMES (Handling Through European Railways Message Electronic System), über das die Bahnverwaltungen ab 1984 Informationen der Bereiche Produktion, Absatz und Finanzen austauschten.

Nach dem Siegeszug des Internets konnten auch die Bahnen nicht bei der eingeführten Netztechnologie stehen bleiben. So entstand das TCP/IP-Netz der Deutschen Bahn. Es löste die noch verbliebenen bahnspezifischen Datennetze weitgehend ab, zumal auch die Technik nicht weiter gepflegt wurde. Das TCP/IP-Netz war die Basis für die Einführung der modernen Bürokommunikation.

In den sicherheitsrelevanten Bereichen der Bahn, also vor allem in der Signaltechnik, konnten sich moderne Netze zunächst nicht etablieren, weil sie einem Sicherheitsnachweis entgegenstanden. Daraus ergab sich, dass für die Kommunikation verschiedener Systeme eigene Leitungen oder LWL-Fasern vorgehalten werden mussten, die bei weitem nicht ausgelastet waren. Aufgabe des Forschungsvorhabens CIR-net (Computer Aided Railroading – Network) war es, dieses Hindernis zu beseitigen. Die relativ einfache Lösung bestand darin, dass um die sicherheitsrelevante Übertragung eine Sicherheitsschale gelegt wird, deren Funktion überwacht und auch in einem signaltechnischen Sicherheitsnachweis in Ansatz gebracht werden kann. Da der Nachrichteninhalt nicht vertraulich ist, muss lediglich seine Integrität und die des Absenders nachgewiesen werden. Aufwändig sind Erzeugung und Verteilung der notwendigen Schlüssel.

Mit diesem Ansatz ist grundsätzlich die Nutzung öffentlicher Netze für sicherheitsrelevante Übertragungen möglich.

Einmal mehr brauchen keine bahnspezifischen Technologien eingesetzt werden.

7 Vom Klappentableau zur Betrieblichen Gefahrenmeldeanlage

Eine besondere Stellung nehmen die Meldeanlagen ein, handelt es sich dabei doch um eine „nach oben offene“ Sammlung der unterschiedlichsten Einrichtungen mit und ohne betriebliche Bedeutung. Diese Einrichtungen entziehen sich weitgehend einer Systematik, weil sie aus teilweise örtlichen Bedürfnissen resultieren. Es handelt sich auch regelmäßig nicht um ausgesprochene Fernmeldeanlagen. Dass sie hier aufgeführt werden, ergibt sich aus ihrer willkürlichen Zuordnung zum Fernmeldedienst der Eisenbahn. Richtige „Fernmeldeanlagen“ waren sie nicht.

In vielen Fällen werden die Anlagen durch einige wenige Informationen (Meldungen) charakterisiert. Dafür lohnten keine eigenständigen Meldeeinrichtungen. In den Stellwerken gab es mehr oder weniger umfangreiche Anzeigeeinrichtungen, auf die die Meldungen aufgeschaltet wurden. Das Stellwerkpersonal hatte entsprechende Anweisungen für die Behandlung der Meldungen.

7.1 Zeitdienstanlagen

Zeitdienstanlagen sind eine natürliche Folge der Anwendung von Fahrplänen. Ohne eine für alle am Betriebsgeschehen betei-

ligten Mitarbeiter verfügbare Zeitbasis aus synchron laufenden Uhren ist die Umsetzung von Fahrplänen undenkbar.

Die Synchronisierung der Uhren war eine technische Herausforderung. Es reichte ja nicht aus, innerhalb einer Station gleichlaufende Uhren zu haben, sondern die Uhren im gesamten Bahnnetz sollten synchron laufen. Bereits 1927 berichtete diese Zeitschrift über die selbstständige Zeiteinstellung der Bahnuhren.

Über lange Zeit war das über Impulse wechselnder Polarität gesteuerte Schaltwerk die Basis der Bahnuhr. Von einer Uhrzentrale wurde jede Minute ein Impuls in die angeschlossenen Uhrenlinien eingespeist, der die angeschlossenen Uhren eine Minute weiter schaltete. Diese Technik bescherte der Eisenbahn den „Zeigersprung“, der in vielen Pünktlichkeitsinitiativen als Synonym für Pünktlichkeit herhalten musste. An der Uhrzentrale gab es Einrichtungen, um einzelne Linien abzutrennen und um zusätzliche Impulse zur Einstellung der Uhren einzuspeisen.

Die Uhrzentralen der einzelnen Bahnhöfe waren über Bezirksverbindungen mit regionalen Einrichtungen verbunden, die ihrerseits von einer zentralen Stelle – dem Deutschen Hydrographischen Institut in Hamburg für den Bereich der Deutschen Bundesbahn – gesteuert wurden.

Die Einführung des S-Bahn-Verkehrs mit seinen kurzen Taktzeiten erforderte zusätzlich eine Sekundenanzeige. Sie hätte eine vollständige Umsetzung des Uhrensystems



Infrastruktur Betrieb

ÖBB-Infrastruktur Betrieb AG

Wir setzen höchste Standards in der Abwicklung eines leistungsfähigen und effizienten Personen- und Güterverkehrs. Die laufende Entwicklung innovativer High-Tech-Systeme ist Voraussetzung für zukünftige Herausforderungen. Oberste Priorität hat die Sicherheit. Sie garantiert unseren Kunden Qualität auf höchstem Niveau.

Sichere Steuerung, modernste Stellwerkstechnik

Unsere Betriebsleit- und Sicherheitssysteme im Stellwerksbereich bilden die Grundlage für die sichere und wirtschaftliche Betriebsführung. Bereits 40% aller fernbedienten Weichen werden mittels modernster elektronischer Stellwerkstechnik gesteuert.

Technologie-, System- und Produktentwicklung

Wir setzen auf erfolgreiche Zusammenarbeit mit der Wirtschaft und wissenschaftlichen Forschungseinrichtungen. Die Nutzung von Synergien ist dabei von besonderer

Bedeutung. Vom Weichenantriebssystem bis zum Zug-sicherungssystem entwickeln wir maßgeschneiderte Lösungen. Dies macht uns zu einem einzigartigen und unverzichtbaren Partner der Industrie und schafft Wettbewerbsvorteile für Sie und Ihre Kunden.

Bau-, Montage- und Werkstättenleistung

Von der Planung über den Bau bis zu Reparaturen. Unsere technische Betreuung der Stellwerke und Signalanlagen erfordert kreative Prozesse bei der Konzeption, Errichtung und Erhaltung.

Inspektion, Wartung, Entstörung

Unsere Kompetenz und Innovation gewährleisten höchste Standards bei der Instandhaltung, Erneuerung und Störungsbehebung der Infrastrukturanlagen. Mit unserem hochprofessionellen technischen Know-how servizieren wir Drahtzüge ebenso wie Mikroprozessoren.

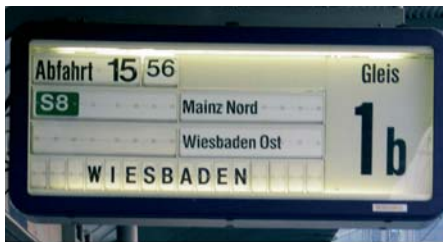


Bild 7: Zuganzeiger in Palettentechnik (oben) und in LCD-Technik (unten)



Bild 8: Informationstafel in Palettentechnik (oben) und in LCD-Technik (unten)

erfordert, wenn man sie in die Impulssteuerung integriert hätte. Stattdessen griff man zu einem technischen Trick: Durch einen Synchronmotor ließ man den Sekundenzeiger in 58 Sekunden einmal umlaufen. Am Ende dieses Umlaufs wurde er mechanisch angehalten und durch den nächsten Minutenimpuls wieder freigegeben. Damit fand der Zeigersprung des Minutenzeigers immer dann statt, wenn der Sekundenzeiger auf die „12“ zeigte. Die Sekundenanzeige erforderte auf diese Weise nur einen zusätzlichen (ungeschalteten) Netzstromkreis zur Versorgung des Synchronmotors, aber keine Änderungen an der Uhrenfernsteuerung.

Etwa Mitte der Siebzigerjahre entstand mit dem Zeiteichensender DCF 77 der Physikalisch-technischen Bundesanstalt die Basis für die Funkfernsteuerung von Uhren. In der Folge wurden auch die Bahnhuhren und ihre Impuls-Fernsteuerung durch Funkuhren ersetzt. Obwohl es technisch nicht notwendig war, hat man in den modernen

Bahnhofsuhren sogar den alten Zeigersprung nachgebildet.

7.2 Reisendeninformationsanlagen

Mit steigender Zugdichte entstand zunächst in großen Knotenbahnhöfen das Bedürfnis, an den Gleisen eine Information zum nächsten abfahrenden Zug zur Verfügung zu haben. Aus einer einfachen Tafel, auf der handschriftlich der nächste Zug beschrieben war, wurden bald fest beschriftete Schilder, die mit einer Mechanik ausgeklappt werden konnten. Alle diese Anlagen erforderten Personal auf dem Bahnsteig. Mit dem Einbau ferngesteuerter Bandanzeiger konnte die Steuerung vom Ansager im Stellwerk vorgenommen werden. Wesentliches Element dieser Anzeiger war ein weißes Kunststoffband in der Breite des Anzeigefensters, das in festen Abschnitten mit Zuglauf und Zugziel beschriftet war. Durch Umspulen von einer auf die andere Walze konnte die passende Anzeige in das Sichtfenster bewegt werden. Diese Konstruktion war sehr instandhaltungsintensiv, musste doch praktisch bei jedem Fahrplanwechsel ein neues Band bedruckt und eingelegt werden, weil sich fast immer irgendetwas an der Anzeige änderte.

Eine Verbesserung wurde mit der Einführung der Fallblatttechnik erreicht. Sie verwendete bedruckte Kunststoffblätter in unterschiedlicher Breite mit unterschiedlichen Beschriftungen, die über eine entsprechende Steuerung umgeblättert werden konnten. Die Gesamtanzeige wurde aus mehreren solcher Fallblattelemente gebildet. Durch die Kombination verschiedener Einstellungen ließen sich mit wenigen Beschriftungen viele Kombinationen erzeugen. Dennoch erreicht man auch mit dieser Technik den Punkt, ab dem häufige Beschriftungsänderungen erforderlich werden. Die aktuelle Anzeigetechnik verwendet LCD-Elemente. Mit dem Punktraster und der Anreihbarkeit dieser Elemente kann man praktisch jede beliebige Information darstellen. Die Elemente haben inzwischen einen genügend hohen Kontrast und eine ausreichende Helligkeit für die Anwendung bei wechselnden Lichtverhältnissen erreicht (Bild 7).

Die Lenkung der Verkehrsströme in großen Bahnhöfen erfordert mehr als die Anzeiger am Gleis. Es ist vielmehr notwendig, bereits im Vorlauf Informationen über den aktuellen Zuglauf und über von der Planung abweichende Gleisbelegung zu geben. Hierzu werden seit langer Zeit Informationstafeln eingesetzt. Zunächst verwendete man Monitoranlagen, später kamen Tafeln in größeren Abmessungen in Fallblatt- oder LCD-Technik hinzu (Bild 8).

Eine große Herausforderung ist nach wie vor die Automatisierung der Reisendeninformation. Dabei unterscheiden sich Anlagen für den reinen Nahverkehr, z.B. in S-Bahn-Stationen, stark von denen für den Fernverkehr. Der wesentliche Unterschied liegt im zeitlichen Vorlauf der Anzeigen. Heute wird in der Regel mit einer fahr-

planbasierten Steuerung gearbeitet, die mit aktuellen Informationen über den Zuglauf auf die jeweilige Betriebssituation reagiert.

7.3 Heißläufer- und Festbremsortungsanlagen

Heißgelaufene Achslager von Eisenbahnfahrzeugen haben immer wieder zu schweren Unfällen geführt. Die Überhitzung des Lagers führt dazu, dass die Achse ihre Festigkeit verliert und bricht. Das führt dann zur Entgleisung des entsprechenden Fahrzeuges mit dramatischen Folgen für den restlichen Zug und oft auch für andere Züge. Die Antwort auf diese Herausforderung waren Heißläuferortungsanlagen, die die Lager der Eisenbahnfahrzeuge im Vorbeifahren abtasteten und die gemessenen Temperaturen mit zwei Referenzwerten verglichen. Blieben die Temperaturen unterhalb des ersten Schwellwertes, dann war die Lagertemperatur im zulässigen Bereich. Lag sie zwischen den beiden Referenzwerten, dann war ein so genannter „Warmläufer“ detektiert, der zwar noch keine unmittelbare Gefahr darstellte, aber auf ein aufkommendes Problem schließen ließ. Der entsprechende Zug konnte an einer günstigen Stelle angehalten und untersucht werden.

Das Überschreiten des oberen Schwellwertes signalisierte einen „Heißläufer“, der mit äußerster Vorsicht zu behandeln war. Der Zug durfte nicht mehr über eine abzweigende Weichenverbindung fahren und war durch eine vorsichtige Bremsung anzuhalten. Da jederzeit die Gefahr des Achsbruchs bestand, wurde auch das Gegengleis gesperrt.

Im Einsatz der Heißläuferortungsanlagen zeigte sich häufig, dass nicht nur heißgelaufene Achslager, sondern auch feste Bremsen Alarme auslösten. Zwar ist eine feste Bremse etwas weniger dramatisch als ein versagendes Achslager, aber auch hier können Brände entstehen oder Radreifen können sich lösen. Ein betriebliches Problem war aber die Notwendigkeit, auch auf die von festen Bremsen ausgelösten Alarme mit den für Heißläufer vorgesehenen Mitteln zu reagieren. Diese Umstände machten die Entwicklung von Festbremsortungsanlagen erforderlich. Sie wurden erstmals Mitte der Achtzigerjahre eingesetzt.

Das Prinzip der Festbremsortung entspricht weitgehend dem der Heißläuferortung: Infrarotabtaster werden so am Gleis montiert, dass sie die Radaußenseite in Höhe von wenigen Zentimetern über der Radlauffläche erfassen. Durch einen geeigneten Blickwinkel kann erreicht werden, dass mit einem Sensor sowohl Räder als auch Bremscheiben abgetastet werden können. Wegen ihrer Gleichartigkeit werden Festbremsortungsanlagen immer zusammen mit Heißläuferortungsanlagen eingesetzt.

Die Infrarot-Temperaturmessung an mit hoher Geschwindigkeit an der Messstelle vorbeifahrenden Eisenbahnfahrzeugen verlangt höchste Präzision und muss mit vielen Widrigkeiten, wie z.B. unterschiedliche

Lager- und Radgeometrien, Erschütterungen, Sonneneinstrahlung oder stark variierende Umgebungstemperaturen, fertig werden. Die ersten Anlagen hatten sehr mit der Genauigkeit der Montage zu kämpfen. Dieses Problem wurde durch Einbau der Abtaster in Stahl-Hohlschwellen weitgehend gelöst. Durch Vernetzung der Anlagen konnte neben der Prüfung auf feste Grenzwerte für Warm- und Heißläufer auch eine Trendüberwachung eingeführt werden. Mit der Einführung des Hochgeschwindigkeitsverkehrs wurden die Heißläuferanlagen als sicherheitsrelevant eingestuft, d.h. bei Ausfall von zwei benachbarten Anlagen muss die Streckengeschwindigkeit auf 200 km/h herabgesetzt werden.

7.4 Tunnelnotrufanlagen

Im Zusammenhang mit der Entwicklung des Rettungskonzeptes für die Schnellfahrstrecken Hannover–Würzburg und Mannheim–Stuttgart mit ihrem hohen Tunnelanteil musste auch eine Möglichkeit gefunden werden, Reisenden bei einem Unfall im Tunnel einen Notruf zu einer besetzten Betriebsstelle zu ermöglichen. Die einzige für Reisende erreichbare Kommunikationseinrichtung, die im maximalen Abstand von 600 m installierten Streckenfernsprecher, waren wegen ihrer spezifischen Rufzeichengabe dafür kaum geeignet. Es wurde daher ein Rufsystem als Ergänzung der Streckenfernsprecher entwickelt, welches durch einfachen Tastendruck zu bedienen war. Dieses System ist nach wie vor in Betrieb.

Wird die Taste betätigt, dann wird auf der Streckenfernsprecherverbindung ein Telegramm zu einer Zentrale geschickt, aus dessen Inhalt die Position der Notrufeinrichtung erkennbar ist.

Für den Betrieb ist davon auszugehen, dass bei einem Unfall auch das Streckenfernmeldekabel zerstört sein kann. Daher trennt die Notrufeinrichtung die Streckenfernsprechleitung auf und schickt das Telegramm zunächst in die Vorzugsrichtung, d.h. zu dem für den entsprechenden Streckenabschnitt zuständigen Fahrdienstleiter. Wird das Telegramm auf diesem Abschnitt nicht von der Zentrale bestätigt, dann wird ein weiteres Telegramm in die andere Richtung (Nebenrichtung) geschickt, wo am Ende der Streckenfernsprecherverbindung ebenfalls eine Notrufzentrale installiert ist. Im Falle eines Notrufs hat sich der Fahrdienstleiter in die Streckenfernsprecherverbindung einzuschalten und mit dem Anrufer Kontakt aufzunehmen. Dabei ist es wegen des möglicherweise zerstörten Kabels wichtig, dass diese Kontaktaufnahme von der richtigen Seite aus erfolgt.

Das Tunnelnotrufsystem verfügt auch über eine periodische Prüfung der Funktionsfähigkeit. Da die Streckenfernsprecher auf beiden Seiten der Strecke angeordnet sind, wurde auf einer Seite (auf der des Streckenfernmeldekabels) eine aktive und auf der anderen Seite eine passive Einrichtung,



Verkehrs- und Kommunikationssysteme



- **Planung und Consulting**
- **Projektierung**
- **Prüfung und Begutachtung**
- **Inspektionsstelle**
- **Telekommunikation**

Wir sind ein Team aus hochqualifizierten Spezialisten mit internationaler Erfahrung. Ob neue Systeme geplant und projektiert werden sollen oder die Modifizierung bestehender Anlagen vorgesehen ist – wir sind Ihr Partner für praxisorientierte und wirtschaftlich optimale Lösungen.

Für Telekommunikation, Signaltechnik, ETCS, Betriebszentralen, Bahnübergänge und Stromversorgung bieten wir umfassende Konzepte und eine durchgängige Projektrealisierung.

Ingenieurgesellschaft für
Schienenverkehrstechnik mbH
Torstraße 6-8
D-10119 Berlin
Tel. +49 (0)30 · 24 73 87-12
Fax +49 (0)30 · 24 73 87-11
Mail contact@isv-berlin.de
Web www.isv-berlin.de

nur aus einem Taster bestehende Einrichtung eingebaut.

7.5 Luftströmungsmeldeanlagen

Bei einem Brand in einem Eisenbahntunnel ist davon auszugehen, dass sich die Rauchgase in einer Richtung durch den Tunnel bewegen. Es ist daher zweckmäßig, die Rettungskräfte von der entgegengesetzten Seite in den Tunnel eindringen zu lassen, damit sie durch den Rauch möglichst wenig behindert werden. Die langen Tunnel (ab 1500 m Länge) der Schnellfahrstrecken Hannover–Würzburg und Mannheim–Stuttgart wurden daher mit Luftströmungsmeldeanlagen ausgestattet, die sowohl Richtung als auch Stärke der Luftströmung erfassen und melden.

Der Detektor besteht aus zwei beheizten Halbleitersensoren, die in bestimmter Weise der Luftströmung ausgesetzt sind. Die Temperaturdifferenz zwischen den beiden Sensoren ist ein Maß für Richtung und Intensität der Strömung.

Inzwischen wurde die Sensorik der Luftströmungsmeldeanlagen weiter verbessert. Ein neuerdings eingesetztes Prinzip basiert auf der Beeinflussung der Schallausbreitung durch die Luftströmung.

7.6 Windmeldeanlagen

Auch die Windmeldeanlagen verdanken ihren Einsatz der Einführung des Hochgeschwindigkeitsverkehrs, wengleich der Bedarf auch im konventionellen Netz besteht. Auf hohen Talbrücken kann bei Seitenwind die Gefahr der Ladungsverschiebung entstehen. Diese Gefahr wächst natürlich mit der gefährten Geschwindigkeit. Daher installierte man an besonders exponierten Stellen Anemometer zur Windmessung. Die Windstufen werden dem Betriebspersonal angezeigt. Abhängig von der Windstärke sind betriebliche Maßnahmen bis hin zur Sperrung des betroffenen Streckenabschnitts für Güterzüge zu ergreifen.

7.7 Überwachung der Tunnel-Notbeleuchtung

In die Tunnel der Schnellfahrstrecken wurden Notbeleuchtungen als Teil des Selbstrettungskonzeptes eingebaut. Die einzelnen Leuchten müssen auf Funktionsfähigkeit überwacht werden. Bei Ausfall zweier benachbarter Leuchten müssen betriebliche Maßnahmen eingeleitet werden.

7.8 Weitere Meldeanlagen

Das Spektrum der meldenden bzw. zu steuernden Einrichtungen ist recht groß. Es umfasst neben den schon beschriebenen Einrichtungen auch

- Wehrkammertor-Überwachungs- und -Steuerungsanlagen (bei Flussunterquerungen),

- Pumpensumpf-Überwachung (z. B. im Zusammenhang mit Wehrkammertor-Anlagen),
- Einbruchmeldeanlagen,
- Brandmeldeanlagen,
- Löschbrunnenüberwachungen,
- Steuerung und Überwachung von Weichenheizungsanlagen sowie
- Weiterleitung von diversen Meldungen technischer Einrichtungen, z.B. Funkstellenüberwachung, Stromversorgungsüberwachung, Alarmer von Übertragungstechnischen Anlagen.

Diese Auflistung kann nicht als vollständig angesehen werden, denn es kommen und gehen Anlagen, die überwacht werden müssen. Waren es in der Vergangenheit z. B. Kesselüberwachungsanlagen oder Wärterkontrollenrichtungen, so könnten es in der Zukunft Gleiswaagen oder Steinschlagüberwachungseinrichtungen sein.

Manchmal wandern Anlagen auch in andere Bereiche ab und verlassen so den Bereich der Telekommunikationstechnik. Ein Beispiel sind die Fahrkartenautomaten, die früher ihren Betriebszustand über Kontakte signalisierten und so z.B. durch FÜSTE überwacht werden konnten. Heute haben die Automaten ihre eigene Betriebsführung, zu der auch die für den Meldungsempfang und die Fernwartung notwendige DV-Infrastruktur umfasst.

7.9 Von FÜSTE zu MAS90

Die Aufschaltung von Meldungen auf eine Anzeigeeinrichtung im Stellwerk war bei Meldungen ohne betriebliche Relevanz immer eine Notlösung. Mit dem Aufkommen von Fernwirkanlagen wurde daher auch über die Zentralisierung der Meldungsanzeige nachgedacht. So entstand Anfang der Siebzigerjahre das Konzept der „Fernüberwachung und Steuerung technischer Einrichtungen“ (FÜSTE). Sein Ziel war



Bild 9: Zentrale Steuereinheit MAS90 und zugehörige Netzwerkeinrichtungen

- der Transport von Meldungen und Steuerungsbefehlen über eine Fernwirkanlage,
- die Visualisierung der Meldungen über Terminals und Drucker,
- die Eingabe von Kommandos über Terminals sowie
- die Steuerung des Gesamtsystems über Prozessrechner.

Durch den Einsatz der Prozessrechner konnten die Bedarfsstellen spezifisch versorgt werden. Dieses Konzept war zwar zukunftsweisend, konnte sich aber dennoch nicht durchsetzen und wurde nur in wenigen Bereichen installiert.

Mit dem Bau der Schnellfahrstrecken Hannover–Würzburg und Mannheim–Stuttgart trat das Grundproblem des Transportes und der Visualisierung erneut und massiv auf. Hier gab es zunächst zwei konkurrierende Entwicklungslinien:

- Der Aufbau von Fernwirklinien und PC-basierten Bedieneinrichtungen für die einfacheren Einrichtungen, wie z. B. Brand- und Einbruchmeldeanlagen oder Kontaktmeldungen technischer Einrichtungen sowie
- die Installation eines Paket-Datennetzes für die komplexen Anlagen, wie Heißläufer- und Festbremsortungsanlagen oder Wind- und Luftströmungsmeldeanlagen.

Dies hätte nicht nur zu parallelen Übertragungssystemen geführt, sondern auch die Arbeitsplätze in den Stellwerken unnötig belastet. Daher wurden die beiden Linien zu einem System vereinigt: dem „Meldeanlagen-system 90“ (MAS90, Bild 9). Es besteht aus

- einem geschlossenen ringförmigen X.25-Datennetz,
- den über entsprechende Steuerungseinrichtungen angeschlossenen komplexen Anlagen,
- den aus der Fernwirktechnik übernommenen und als „Anschaltbaugruppen“ bezeichneten Ein-/Ausgabebaugruppen,
- einer „Zentralen Steuereinheit“ (ZSE) als zentraler Verarbeitungsinstanz,
- den aus einem PC und einem Drucker bestehenden „Melde- und Registriereinrichtungen“ (MRE) als Bedienoberfläche des Betriebspersonals sowie
- der Managementstation zur Darstellung technischer Meldungen und zur Administration des Systems.

MAS90 hat nicht nur an den Schnellfahrstrecken Bedeutung erlangt, es wurde überall dort eingesetzt, wo komplexe Betriebliche Gefahrenmeldeanlagen installiert wurden.

Im Zusammenhang mit dem Aufbau der Betriebszentralen stellte sich auch für MAS90 eine neue Herausforderung. Die systemeigene Melde- und Registriereinheit war nur für eine feste Zuordnung zu einem Betriebsbereich (Stellwerksbereich) vorgesehen. Eine dynamische Bereichszuordnung ist damit nicht möglich.

Zur Lösung dieses Problems wurde – als Ergänzung der BZ-Systeme – das „Leitsystem der Betriebsführung zur Fahrwegüberwachung – Betriebliche Gefahrenmeldeanlagen“ (LeiTFÜ-G) entwickelt. LeiTFÜ-G schließt sich an die MRE-Schnittstelle des

MAS90 an, wobei auch mehrere MAS90-Systeme angekoppelt werden können. Durch entsprechende Projektierung ist LeiTFÜ-G in der Lage, die bereichsweise Anmeldung eines Bedieners an einem BZ-Arbeitsplatz so umzusetzen, dass dieser Mitarbeiter die ihm zustehenden Meldungen und Steuerungsmöglichkeiten erhält (Bilder 10 und 11).

Wegen der Sicherheitsrelevanz der betrieblichen Gefahrenmeldeanlagen waren auch besondere Maßnahmen zur zwangsweisen Zuordnung von Bereichen und zur Weiterleitung von Meldungen, die der zuständige Mitarbeiter aus irgendwelchen Gründen nicht entgegennimmt, zu ergreifen. Hierzu wurde ein Weiterleitungskonzept geschaffen. Inzwischen ist auch MAS90 in die Jahre gekommen. An manchen Stellen wünscht man sich mehr Flexibilität. Dies betrifft vor allem die Anschaltung weiterer Einrichtungen und die Verteilung der Meldungen bzw. die Bereitstellung der Steuerungsfunktionen nicht nur an betriebliche Stellen. In dem neuen Konzept MAS DB tauchen Elemente des alten FÜSTE wieder auf.

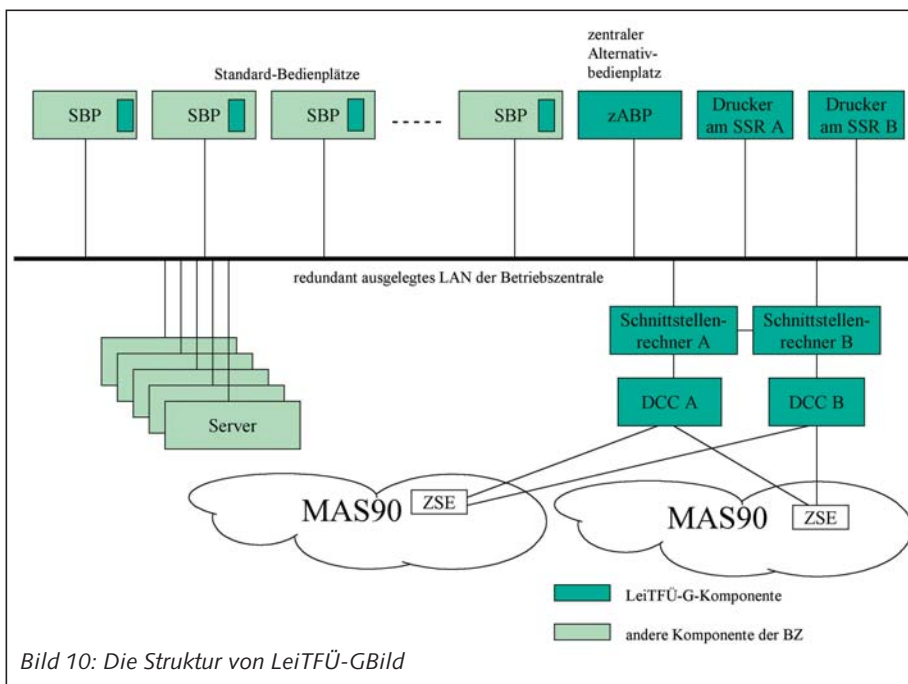
8 Vom Schalterdrucker zur modernen Verkaufstechnik

Mit der Verkaufstechnik – genau genommen der Büro- und Verkaufstechnik – verhielt es sich ähnlich wie mit den Meldeanlagen: Sie war eigentlich keine „richtige“ Fernmeldetechnik, sondern etwas, was sonst keiner haben wollte. Aus diesem Grunde wurde die Büro- und Verkaufstechnik auch als „FM II“ bezeichnet. Sie umfasste u.a.

- Schreibmaschinen,
- Rechenmaschinen,
- Schließfächer,
- Fahrkartenautomaten,
- Wertmarkendrucker und
- Schalterdrucker.

Die Entwicklung der Datenverarbeitung, insbesondere der Personal Computer, hat diese Einrichtungen weitgehend überflüssig gemacht. Die Bürotechnik wurde durch die „Bürokommunikation unternehmensweit“ (BKU) abgelöst und in die Zuständigkeit der Datenverarbeitung überführt. Die Verkaufstechnik für den personenbedienten Verkauf (Schalterverkauf) ging den gleichen Weg. Zunächst wurden im Rahmen des Projektes MOFA (Modernisierter Fahrausweisverkauf) die ca. 2000 elektromechanischen Schalterdrucker durch etwa 1000 Datenstationen abgelöst und damit sowohl flexiblere Verkaufsprozesse als auch kostengünstigere Instandhaltung erreicht. Als Ende der Achtzigerjahre mit dem Projekt KURS90 ein modernes Verkaufssystem mit zentralem Rechnersystem und Terminals an den Verkaufsschaltern installiert wurde, entschwand die personalbediente Verkaufstechnik aus dem Wirkungsbereich der Fernmeldetechnik.

Lediglich die Fahrkartenautomaten blieben etwas länger „Fernmeldeanlagen“. Ab 1974 wurden bei der Deutschen Bun-



desbahn die ersten mikroprozessorgesteuerten Fahrkartenautomaten eingesetzt. Trotz der begrenzten Fähigkeiten eines 4 Bit-Mikroprozessors vom Typ Intel 4004 konnten damit wesentliche Verbesserungen erreicht werden:

- Selbstauffüllende Restgeldeinheiten zur Minimierung des Wechselgeldbedarfs,
- leichte Tarifänderung durch Austausch von EPROM sowie
- Speicherung von Verkaufsdaten zur Unterstützung der Abrechnung.

Warnung vor Hochspannung!



Laufflicht-Warnanlage mit Lichtschlangen für Werkstätten von Verkehrsbetrieben

Eingeschaltete Fahrleitungen in Werkstätten von Bahnen, Strassenbahnen und Oberleitungsbussen sind eine hohe potentielle Gefahr für das Betriebspersonal.

Verbesserung der Arbeitssicherheit
Hohe Produktivität, kurze Wartezeiten und optimierte Betriebsabläufe stellen sehr hohe Anforderungen an die Sicherheitssysteme im Bereich des Personenschutzes. Insbesondere bei Wartungsarbeiten im Bereich der Dachaufbauten ist eine klare und gut sichtbare Signalisation über den Betriebszustand der Fahrleitung eine wichtige Information für die Sicherheit des Wartungspersonals.

Vorteile des FLC-Systems
Dort wo es gefährlich ist, genau dort soll auch gewarnt werden. Deshalb sind die Lichtschlangen des FLC-Systems direkt über der Fahrleitung angebracht. Mit wandernden Lichtpunkten über den gesamten Fahrleitungsabschnitt wird wirkungsvoll angezeigt, dass dieser unter Spannung steht. Der konsequent in Sicherheitstechnik konzipierte Systemaufbau ergibt einen sehr zuverlässigen Betrieb. Dank verschiedenen Ein- und Ausgängen kann das FLC-System optimal in ein gesamtes Sicherheitssystem integriert werden.

Im Einsatz bei: SBB, DB AG, BLS, RhB, ASm, VBZ, BVB usw.

telma ag • Gewerbeweg 10 • CH-3662 Seftigen
Tel. +41 (0)33 359 30 50 • Fax +41 (0)33 356 30 47 • www.telma.ch



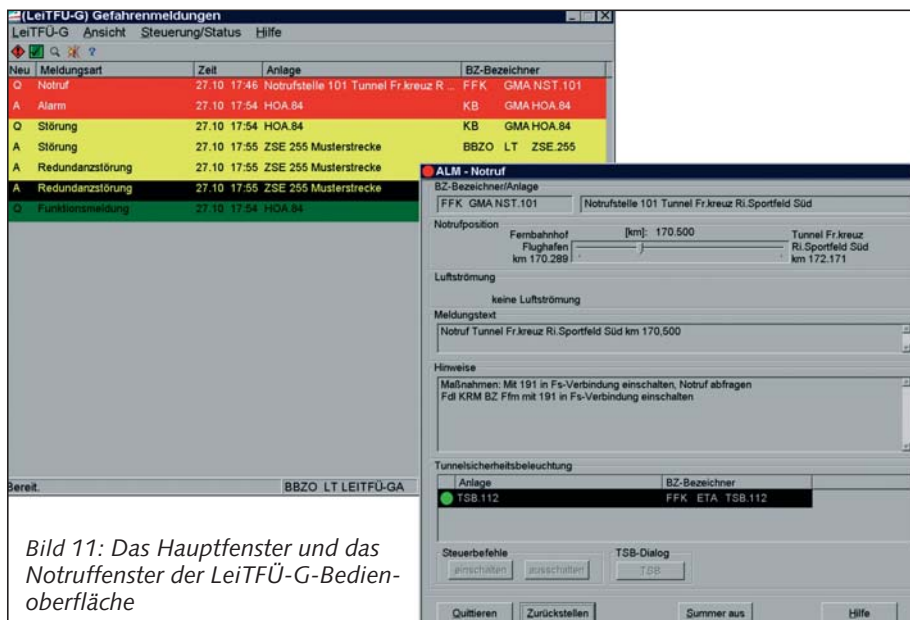


Bild 11: Das Hauptfenster und das Notrufterfenster der LeiTÜ-G-Bedienoberfläche

Immerhin kam der Mikrorechner mit weniger als 4 kByte Programmcode für die gesamte Automatensteuerung aus.

Die Deutsche Reichsbahn begann Ende der Siebzigerjahre mit der Entwicklung rechnergesteuerter Fahrkartenautomaten sowie der mit Bildschirm ausgestatteten Fahrkarten-Dialog-Automaten.

Die folgende Generation der MOFA-Automaten brachte um 1980 mit fortgeschrittener Mikroprozessortechnik bereits eine deutliche Steigerung der Fähigkeiten. Erstmals steuerte eine modulare Software auf der Basis eines Betriebssystems die Automaten. In den ab den Neunzigerjahren eingesetzten Automaten der Typen B8070 und B8080 der Firma Autelca werkelt bereits ein Industrie-PC mit dem UNIX-ähnlichen Betriebssystem iRMX. Der Leistungsumfang hatte sich beträchtlich erweitert. Die Bedienoberfläche auf der Basis von Funktionsknöpfen und numerischer Tastatur konnte fast alle Tarifwünsche im Nahverkehr unterstützen. Die Versionshaltung war in der Lage, neue Programm- und Tarifversionen vorbereitend zu installieren und zu einem bestimmten Zeitpunkt ohne personelle Unterstützung zu aktivieren. Die Erfassung

der Verkaufs- und Abrechnungsdaten entsprach weitgehend den Erfordernissen moderner Finanzbuchhaltung.

Um 1996 wurde mit der Entwicklung einer neuen Generation von Fahrkartenautomaten begonnen: den „Neuen Ticketautomaten“ (NTA). Aufbauend auf den bisherigen Erfahrungen mit der Tastenbedienung sollte im Nahverkehrsbereich diese bewährte und standardisierte Bedienoberfläche beibehalten werden. Gleichzeitig sollte eine neue Automatenlinie aufgebaut werden, die zunächst nur für den Fernverkehr vorgesehen war. Im Gegensatz zu den Nahverkehrsautomaten hatten die Fernverkehrsautomaten eine auf Touch-Screentechnologie aufbauende Bedienoberfläche und waren ausschließlich für bargeldlose Zahlung vorgesehen. Mit Ausnahme der unterschiedlichen Bedienoberflächen waren die Automaten der beiden Linien gleich (Bild 12).

Ein Novum war auch die Zusammenarbeit zwischen den beiden Lieferanten Scheidt & Bachmann sowie Höft & Wessel und der Deutschen Bahn. Während die beiden Automatenhersteller die Hardware und die hardwarenahe Software lieferten, war die

Bahntochter TLC (heute DB Systems) für die Entwicklung der Anwendungssoftware zuständig. Die „Generelle Automaten-schnittstelle“ (GAUSS) sorgte für eine definierte Kommunikation zwischen beiden Bereichen.

Für die Betriebsführung der Automaten wurde eine umfangreiche Infrastruktur aufgebaut, die

- die Meldungen der Automaten empfängt und visualisiert,
- die Fernwartung ermöglicht,
- die automatisierte Versorgung mit neuen Software- und Datenversionen durchführt und
- die Verkaufs-, Abrechnungs- und Kassendaten einsammelt und an die nachgelagerten Verfahren weiterleitet.

Zu diesem Zweck wurden die Automaten und die Betriebsführungseinrichtungen in das TCP/IP-Netz der DB AG eingebunden. Da an den Automatenstandorten zunächst keine LAN-Zugänge zur Verfügung standen, wurden die Automaten mit ISDN-Anschlüssen versehen, über die sie sich in das Datennetz einwählen konnten.

In der Folge verwischten sich die Grenzen zwischen Nah- und Fernverkehrsautomaten: Es wurden Nahverkehrsautomaten mit Touch-Screen-Bedienung ausgestattet und die Fernverkehrsautomaten konnten auch Nahverkehrsleistungen verkaufen. Es wurden weitere Linien entwickelt, wie z. B. die „Automaten im Zug“ oder die Verkaufseinrichtungen für Agenturen.

Aus der Sicht der Telekommunikation ist aber besonders bemerkenswert: Mit dieser Automaten-Generation verließ die Verkaufstechnik endgültig den Zuständigkeitsbereich der Telekommunikation, in dem sie lange Zeit eher widerwillig geduldet war.

9 Vom Fernmeldedienst zum öffentlichen Anbieter von Telekommunikationsleistungen – und wieder zurück

Mit den Fernmeldeanlagen im Bereich der Eisenbahn wuchs auch die Organisation, die für Entwicklung, Aufbau, Betrieb und Instandhaltung der Einrichtungen zu sorgen hatte. Sie bestand aus Einheiten in der Hauptverwaltung der Reichsbahn und in den Reichsbahndirektionen sowie aus den Fernmeldemeistereien. Das Reichsbahn-Zentralamt in Berlin hatte zentrale Funktionen im Bereich der Fernmeldetechnik.

Die Folge des Zweiten Weltkrieges waren zwei deutsche Staaten mit ihren Eisenbahnen, der Deutschen Reichsbahn im Osten und der Deutschen Bundesbahn im Westen. Beide komplettierten die aus dem Vorläufer – der Deutschen Reichsbahn als Eisenbahn des Deutschen Reichs – verbliebenen Teile des Fernmeldedienstes zu vollständigen Organisationen.

Bei der Deutschen Reichsbahn war die Fernmeldetechnik eine Teilaufgabe des Dienstzweiges Sicherungs-, Fernmelde- und Prozessautomatisierungstechnik. Die DR wurde von einem Generaldirektor ge-



Bild 12: Fahrkartenautomaten (links: NTA für den Nahverkehr, Mitte: B8080, rechts: NTA für den Fernverkehr)

leitet, der meist auch Verkehrsminister der DDR war. Der 1. Stellvertreter des Ministers war dabei ausschließlich für die Eisenbahn zuständig. In acht Reichsbahndirektionen gab es Organisationseinheiten für die Fernmeldetechnik. Die Betreuung der Anlagen oblag den Fernmeldemeistereien bzw. ab 1987 den Instandhaltungswerken Sicherungs-, Fernmelde- und Prozessautomatisierungstechnik (3...4 Werke je Reichsbahndirektion).

Daneben gab es die Zentralstelle für Sicherungs- und Telekommunikationstechnik sowie die Signal- und Fernmeldewerkstätten, die 1965 zum „Signal- und Fernmeldewerk der Deutschen Reichsbahn“ zusammengeschlossen wurden. 1980 kamen Aufgaben aus dem Bereich der Prozessautomatisierung hinzu. 1987 erfolgte die Umbenennung in „Automatisierungswerk für Sicherungs-, Fernmelde- und Prozessautomatisierung“ (ASFP). Das Werk bestand aus einer Zentrale in Berlin und je einem Werk am Sitz der Reichsbahndirektionen.

Bei der Deutschen Bundesbahn gliederte sich die Fernmeldetechnik in

- das Referat 39 (Signal- und Fernmeldetechnik) der Hauptverwaltung der DB,
- die Dezernate 40 (Fernmeldetechnik) der Bundesbahndirektionen und
- die Fernmeldemeistereien (eine je Direktion).

Weitere zentrale Einrichtungen waren die fernmeldetechnischen Dezernate des Bundesbahn-Zentralamtes München und die Fernmeldewerkstatt München-Aubing.

Die Fusion der beiden deutschen Bahnen zur Deutschen Bahn AG im Jahre 1994 brachte auch die Wiedervereinigung der beiden bis dahin selbstständigen Fernmeldeorganisationen mit ihren vor allem für die Mitarbeiter der ehemaligen Reichsbahn schmerzlichen Konzentrationsprozessen. In diese Zeit fällt auch die Trennung des früheren Referates 39 in die zwei Hauptabteilungen Signaltechnik und Telekommunikation.

Nach einigen Versuchen, dem Fernmeldedienst die Vermarktung seiner Fähigkeiten und Kapazitäten zu ermöglichen, erfolgte am 1. Juli 1996 die Ausgründung in die „DBKom Gesellschaft für Telekommunikation mbH & Co KG.“. Mit 6.500 Mitarbeitern und der vollständigen Telekommunikationsinfrastruktur der Deutschen Bahn nahm das neue Unternehmen seine Arbeit als konzerneigener Telekommunikationsdienstleister auf.

Im Januar 1997 gründete die DBAG zusammen mit der Firma Mannesmann das Telekommunikationsunternehmen Mannesmann Arcor, in das sie die DBKom einbrachte. Mannesmann steuerte seine Tochter „CNI Communications Network International GmbH“ bei. Damit stand der ehemalige Fernmeldedienst erstmals außerhalb der DB AG, die 51 % an der gemeinsamen Firma Arcor hielt. Bereits ein Jahr später startete Arcor nach der Liberalisierung des deutschen Telekommunikationsmarktes in das Privatkundengeschäft. Die Fernmeldewerkstatt München-Aubing wurde am 1.4.2001 als eigenständige Ge-

sellschaft „Fernmeldewerk München-Aubing“ aus der Deutschen Bahn AG ausgegründet. Sie hat ihren Sitz heute in Fürstenfeldbruck und bietet in den Bereichen Betriebsinformation, Funktechnik, Kunden- und Reisendeninformation sowie Verkaufstechnik Projektierungsleistungen, Produktion, Umrüstung und Instandsetzung an. Im April 2002 wurden die bahnspezifischen Telekommunikationsdienstleistungen in die „Arcor DB-Telematik GmbH“ ausgegliedert, an der die Deutsche Bahn mit 49,9 % beteiligt war. Im Mai 2005 beschloss der Vorstand der DB AG die Neuordnung der Telekommunikationsaktivitäten im Konzern. Entsprechend diesem Beschluss übernahm das Ressort Technik die Federführung bei allen bahnbetriebsrelevanten Entwicklungen im Bereich der Telekommunikationstechnik. Die DB Netz AG bekam die Anlagenverantwortung sowie die damit verbundenen Besteller-, Abnahme- und Bauherrenfunktion. Als Dienstleister für die Bereitstellung von Telekommunikationsleistungen wurde die im Juli 2002 aus der Arcor ausgegründete DB Telematik GmbH als direkt geführtes Geschäftsfeld positioniert. Die DB Telematik sollte zu einem konzerninternen TK-Dienstleister entwickelt werden, der die im Kerngeschäft benötigten Telekommunikationsnetze und -dienste effizient und zu geringst möglichen Kosten bereitstellt, betreibt, instand hält und weiterentwickelt. Durch sukzessive Vermarktung freier Kapazitäten sollte die DB Telematik darüber hinaus weitere Ertragspotentiale erschließen.

Als Folge dieser Organisationsänderung kamen die Streckenfernmeldekabel, die Betriebsfernmeldeanlagen, das im Aufbau befindliche GSM-R-Netz und die Gefahrenmeldeanlagen zurück zu DB Netz. Das LWL-Kabelnetz, die Übertragungssysteme, das BASA- und das Datennetz verblieben bei Arcor, an der die Deutsche Bahn AG heute ein Anteil von 18,17 % hält. Die Reisendeninformationsanlagen und die Uhren in den Bahnhöfen sowie ein Teil der Lautsprecheranlagen und weitere Einrichtungen gehören DB Station&Service. Die Betreuung der Büro- und Verkaufstechnik hat DB Kommunikationstechnik übernommen. Der Produktbereich „Elektrotechnik, Telekommunikation, Leit- & Sicherungstechnik“ ist für die Spezifikation und die Beschaffung von Telekommunikationseinrichtungen zuständig.

Damit existiert der Fernmeldedienst als durchgängige Organisation nicht mehr.

10 Ausblick

Hundert Jahre Bahn-Telekommunikation sind hundert Jahre auf dem Weg von der bahnspezifischen Lösung bahnspezifischer Probleme hin zum Einsatz marktgängiger Technologie. Die Vorteile dieser Strategie liegen auf der Hand: Einrichtungen, die nur für den Einsatz bei der Bahn – womöglich nur bei der Deutschen Bahn – entwickelt und gefertigt werden, sind teuer. Darum

werden auch Verbesserungen nur zögerlich durchgeführt. Marktgängige Systeme werden für den allgemeinen Markt und nicht (nur) für die Bahn entwickelt. Die Bahn spart die Entwicklungskosten bzw. sie zahlt sie nur anteilig. Diese Strategie verfolgte man insbesondere in der jüngsten Vergangenheit, indem man sich auf funktionale Ausschreibungen zurückzog und technische Forderungen weitgehend zurückdrängte. Aber auch diese Vorgehensweise hat ihre Schattenseiten: Marktgängige Produkte haben in der Regel einen viel kürzeren Lebenszyklus als die speziell für den Bahneinsatz entwickelten. Schon wegen der Ersatzteilversorgung und wegen der nicht langfristig vorgehaltenen Einsatz- und Instandhaltungskompetenz der Hersteller müssen die Einrichtungen häufiger ausgetauscht werden.

Dennoch scheint der eingeschlagene Weg hin zu marktgängiger Technologie richtig – wenn er im Rahmen einer umfassenden Strategie erfolgt. Es bleibt zu hoffen, dass die zuständigen Organisationseinheiten in der Lage sind, diesen Weg zu gehen.

Literatur

- [1] Fernmelde-Bauvorschrift, I. Leitungstechnik, A. Freileitungsbau (Freileitungsbauvorschrift), Deutsche Reichsbahn, gültig ab 1. August 1942
- [2] Anleitung zum Bau von Schwachstromanlagen, Jubiläumsausgabe der Fa. Mix & Genest AG, Berlin (1928)
- [3] Von 600 MHz bis 18 GHz – Ein Unternehmen schreibt Richtfunkgeschichte, Schrift der Fa ANT aus dem Jahre 1987
- [4] Alfred Engelmann: Vom Knallfunk zum Datenfunk, ein Beitrag zur Geschichte der Telefunken-Kleinfunkgeräte
- [5] Eisenbahningenieurkalender 2005, Tetzlaff-Verlag Hamburg
- [6] www.fw-muenchen.de, Internetauftritt der FW München-Aubing GmbH
- [7] www.arcor.de, Internetauftritt der Arcor AG & Co. KG

SUMMARY

One Hundred Years of Railway Telecommunication

The one hundredth anniversary of the magazine SIGNAL + DRAHT offers an occasion for a review of the development of railway telecommunication. However, the article does not exactly take the magazine's founding moment as its point of reference, as SIGNAL + DRAHT has only been involved in telecommunication since the year 1936.