

Zeitschrift:	Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber:	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band:	114 (1996)
Heft:	51/52
Artikel:	Vom Semaphor-Signal zur Euro-Führerstandsignalisierung: Entwicklung der Signal- und Betriebsleittechnik, ein Ausblick
Autor:	Winter, Peter
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-79095

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 22.02.2026

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

Peter Winter, Bern

Vom Semaphor-Signal zur Euro-Führerstandssignalisierung

Entwicklung der Signal- und Betriebsleittechnik, ein Ausblick

Mit einer neuen Richtlinie «über die Interoperabilität des transeuropäischen Hochgeschwindigkeitsystems» sowie mit F+E-Projekten und Infrastruktur-Investitionsbeiträgen fördert die EU-Kommission die Bereitstellung eines neuen einheitlichen Eisenbahnzugsicherungs- und Steuersystems, European Train Control System (ETCS). Die SBB beabsichtigen, diese Norm sowohl beim Weiterausbau der Zugsicherung als auch bei der Einführung einer Führerstandssignalisierung für Neu- und Ausbaustrecken im Rahmen von Bahn 2000 und AlpTransit anzuwenden.

Für die Regelung des Zugverkehrs werden bei den SBB auf allen Ebenen neueste Betriebsleit- und Sicherungsanlagen verwendet. Eine Lücke besteht bis heute im Bereich der Zugbeeinflussung, welche die Verbindung zwischen dem Boden und den fahrenden Zügen herstellt. Da in diesem, für den freizügigen Verkehr der Züge massgebenden Bereich bis heute einheitliche europäische Normen fehlten, besteht heute in Europa ein Wildwuchs an technisch grundverschiedenen Systemen:

hat. Um zu verhindern, dass gleichzeitig von mehreren Stationen aus Züge in die gleichen Streckenabschnitte geschickt wurden, ergänzte man die Stellwerke mit Streckenblockeinrichtungen. Während früher die Hauptverantwortung für die Einhaltung der Sicherheit bei den Menschen lag, die diese Einrichtungen zu bedienen hatten, übernahm im Laufe der Zeit die Technik immer mehr Sicherheitsverantwortung.

In Bild 2 ist der technische Aufbau des heutigen Betriebsführungssystems bei den SBB vereinfacht dargestellt. Auf der hierarchisch höchsten Ebene befinden sich drei sogenannte Betriebsleitzentralen, von denen aus der Eisenbahnverkehr weitläufig disponiert wird. Der Kreis III hat in Zürich mit der Eröffnung der S-Bahn eine neue rechnergestützte Anlage erhalten; in diesem Herbst sind auch in den Kreisen I (Lausanne) und II (Luzern) modernste Anlagen mit papierlosen Bildschirmarbeitsplätzen eingerichtet worden. Für die Übertragung der umfangreichen Daten von und zu diesen Zentralen ist in den letz-

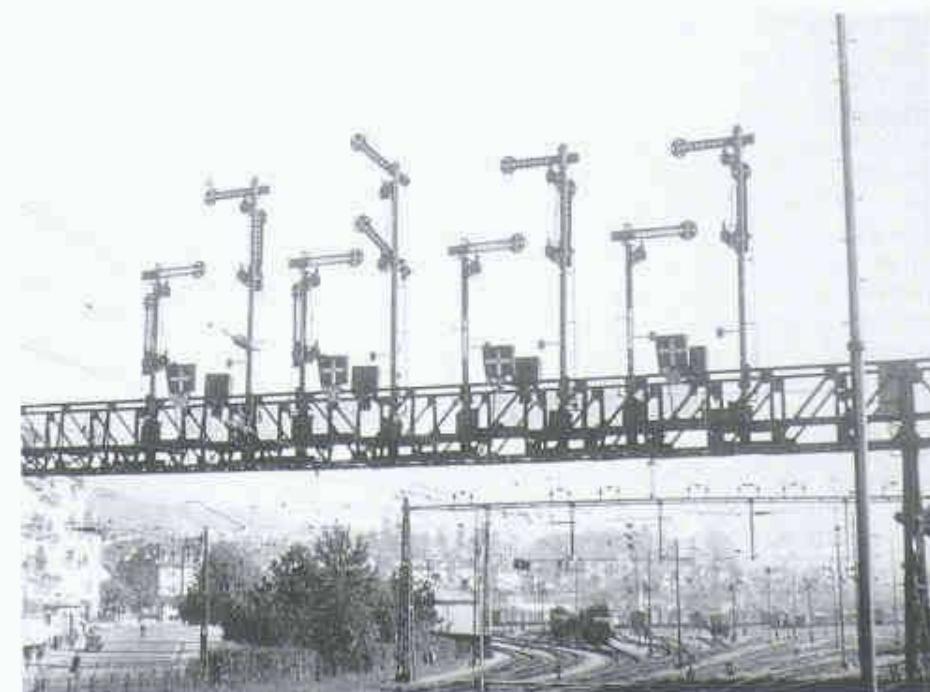
ten Jahren ein völlig neues, auf Glasfasersträngen basierendes Übertragungsnetz aufgebaut worden; heute sind zwei Drittel der Netzlänge, d.h. rund 2000 km, mit diesen modernen Einrichtungen ausgestattet. Die nächsthöhere Bedienungsebene für die operative Betriebsführung stellen die sogenannten Fernsteuerer, oder je länger je mehr, Automatisierungszentren dar. Im Endausbau sind für das Netz der SBB etwa 30 derartige Anlagen geplant. Mit dem System Itis, das erstmals in vollem Umfang in Bellinzona angewendet wird, verfügen die SBB auch für diese Ebene über ein sehr leistungsfähiges Betriebsleitsystem, mit dem sich der Lauf der Züge auf Grund einer automatischen Erfassung der Zugnummer in hohem Maße automatisch lenken lässt.

Die eigentliche Fahrwegsteuerung erfolgt über die Stellwerke. Entsprechend der Altersstruktur sind im Netz der SBB Repräsentanten verschiedener technischer Epochen vertreten: der Fächer reicht von rein mechanischen Anlagen über elektrische Schalter- sowie Relaisstellwerke in grosser Zahl bis hin zu vollelektronisch rechnergesteuerten Stellwerken der neuesten Bauart. Zuunterst in dieser Darstellung des SBB-Betriebsführungssystems finden wir die Züge. Auch hier sind für die Regelung der Geschwindigkeit und der Zugkraft verschiedene Systeme im Gebrauch. Die neueste Lokomotive 2000 weist ein rechnergesteuertes Geschwindigkeitsregelungssystem auf, bei dem der

1
Signalbrücke mit Semaphor-Hauptsignalen.
(Foto: A. Vogt)

Betriebsführungssystem der SBB

Die Eisenbahn als spurgeführtes System benötigt spezifische Einrichtungen, um den Zugverkehr flüssig und konfliktfrei zu regeln. Schon in der Vergangenheit machte man zu diesem Zweck von den neuesten Möglichkeiten der Nachrichten- und Signaltechnik Gebrauch. Nicht zufällig fanden zuerst der Telegraf und später die Telefone bei den Bahnen sehr früh Verwendung. Um dem Lokführer die Fahrerlaubnis und z.T. die zulässige Geschwindigkeit mitzuteilen, wurden Signale aufgestellt, die anfänglich von Hand und später - gemeinsam mit den Weichen - über immer raffinierter gebaute Stellwerke angesteuert wurden. Die historische Aufnahme einer Signalbrücke mit Semaphor-Hauptsignalen in Bild 1 zeigt, wie sehr die Signalechnik das Gesicht der Eisenbahn geprägt



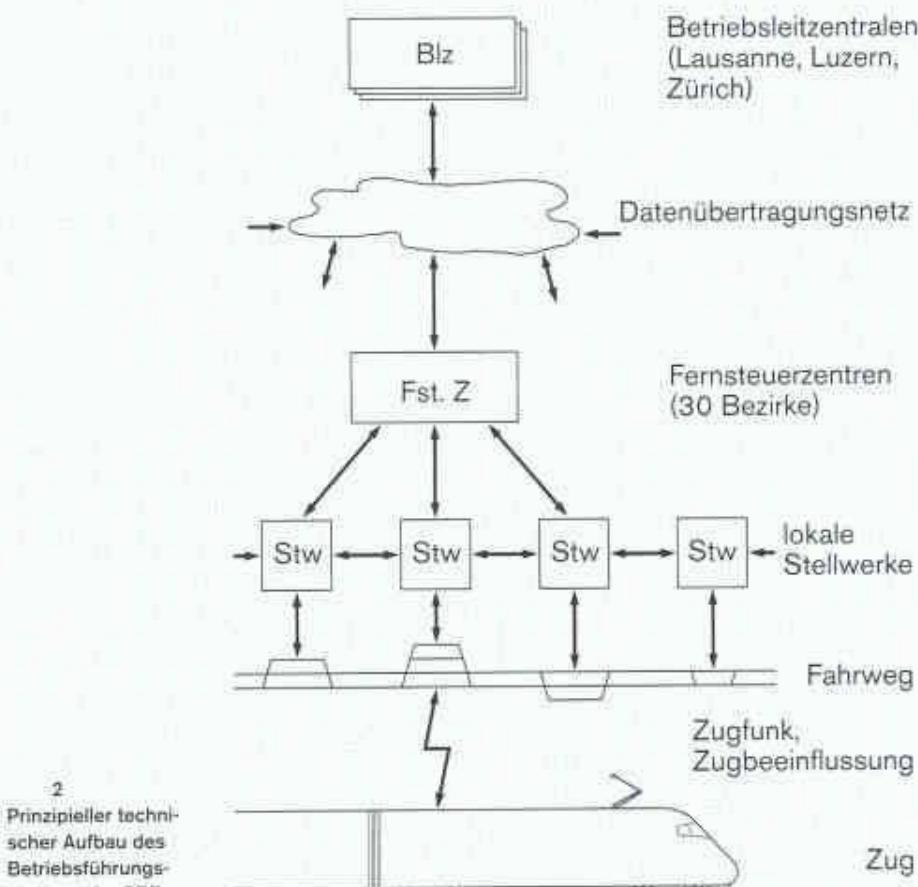
Lokführer die gewünschte Geschwindigkeit direkt vorgeben kann.

Für all die vorgenannten Teilsysteme verfügen die SBB somit über Produkte, die auch weltweit gesehen Spitzenanforderungen genügen. Infolge der langen Nutzungsdauer und der hohen Kosten dieser Anlagen ist der Ausstattungsstand allerdings wie erwähnt nicht einheitlich, sondern es gibt zum Teil ein Nebeneinander von neuesten und älteren Ausstattungen. Ein konzeptioneller Engpass besteht bis heute bei den Einrichtungen, die die Verbindungen zwischen den Zügen und dem Boden herstellen. Es handelt sich einerseits um reine Informationsmittel wie Signale und Funk. Immer bedeutsamer wird die im folgenden beschriebene Zugbeeinflussung, die entweder als Zugsicherung mit reiner Überwachungsfunktion oder als Zugsteuerung mit Führerstandssignalisierung ausgebildet werden kann.

Bedeutung der Zugbeeinflussung

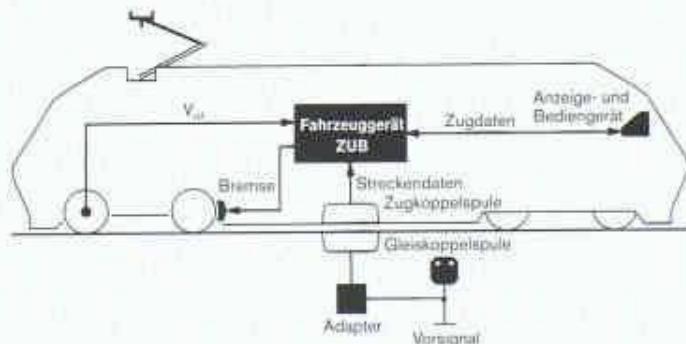
Zur Unterstützung der Lokführer beim Beobachten der Signale wurde in den vierziger Jahren das punktförmige Überwachungssystem Signum eingeführt, das die Übertragung der Informationen „Halt“ und „Warnung“ ermöglicht. Ein grosser Nachteil dieser Zugsicherung ist, dass der Lokführer zwar auf ein in Warnung stehendes Signal aufmerksam gemacht wird, der Bremsvorgang jedoch nicht überwacht werden kann. Das System bietet deshalb nur einen beschränkten Schutz vor Fehlhandlungen des Lokführers. Diese Zugsicherung wird heute in der Schweiz praktisch flächendeckend eingesetzt. Insgesamt sind rund 12 000 Signale und alle Fahrzeuge mit Führerständen inklusive der Bauzüge damit ausgerüstet.

Bei sehr hoher Geschwindigkeit kann der Lokführer die Aussensignale nicht mehr genügend sicher beobachten. Die zulässige Geschwindigkeit muss ihm deshalb im Führerstand über ein Instrument angezeigt werden, und es ist auch mit einem geeigneten Steuersystem sicherzustellen, dass der Zug in keinem Moment die von der Trassierung und von der Betriebssituation her gegebene Höchstgeschwindigkeit überschreitet. Bereits in den siebziger Jahren, als der Bau und die Inbetriebnahme von neuen Haupttransversalen in greifbarer Nähe schien, ergriffen die SBB die Initiative für einen grossen Entwicklungsschritt. In Zusammenarbeit mit schweizerischen und deutschen Firmen wurde das System LZB (Linietrugbeeinflussung) entwickelt und auf zwei Versuchsstrecken erprobt. Das sichere Funktionieren des Systems auf einigen Pro-

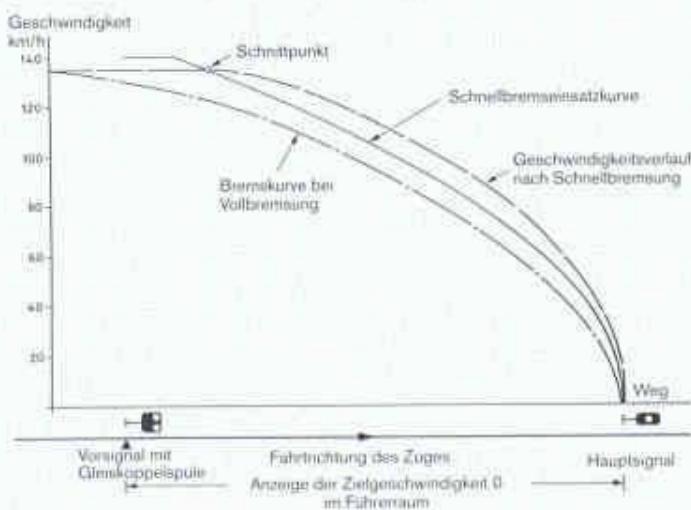


2 Prinzipieller technischer Aufbau des Betriebsführungs- systems der SBB

3 Prinzipaufbau der Zugsicherung ZUB



4 Wirkungsweise der Zugsicherung ZUB nach dem Überfahren eines Signals bei Warnung



totyp-Lokomotiven und -Triebwagen konnte nachgewiesen werden. Dennoch mussten die Versuche 1982 abgebrochen werden, da damals der Bau von Neubaustrecken mit Geschwindigkeiten von über 160 km/h in unbestimmte Ferne rückte. In technischer Hinsicht zeigte sich, dass das System für eine Serienanwendung noch einmal vollständig hätte überarbeitet werden müssen.

Das System LZB ist in der Folge bei der Deutschen Bahn weiterentwickelt und auf Hochgeschwindigkeitsstrecken in Betrieb genommen worden. Gleichzeitig führten aber die französischen Bahnen für ihre TGV-Strecken ein technisch völlig unterschiedliches System ein. Eine dritte, technisch grundverschiedene Version einer Führerstandsignalisierung wurde in Italien auf der Hochgeschwindigkeitsstrecke zwischen Florenz und Rom eingerichtet. Aufgrund dieser Situation ergab sich für die SBB keine Möglichkeit einer einheitlichen Fahrzeugausrüstung für das Befahren der Netze der angrenzenden Nachbarbahnen.

Aus all den genannten Gründen konzentrierten die SBB ihre Mittel für die Steigerung der Streckenleistungs-Fähigkeit und zur Erhöhung der Sicherheit in den letzten fünfzehn Jahren auf die Einführung eines neuen Geschwindigkeitssignal-systems mit Ziffern sowie auf die Ergänzung der alten Zugsicherung Signum mit einem modernen Geschwindigkeitsüberwachungssystem. Der Aufbau und die Wirkungsweise des von den SBB gewählten Produkts mit der Bezeichnung ZUB 121 geht aus den Bildern 3 und 4 hervor. Das System basiert auf einer sogenannt punktförmigen Datenübertragung, die - wo nötig - mit linienförmigen Schleifen von einigen hundert Metern Länge ergänzt werden kann. Bild 5 zeigt neben einem Einfahrsignal die beiden Gleismagnete der Signum sowie die Gleiskoppelpule (rechts) des ZUB. Ende Jahr werden sämtliche Streckentreibfahrzeuge und Steuerwagen der SBB mit der ZUB-Ausrüstung ausgestattet sein. Vorerst wurden die gefährlichsten Abschnitte im Bereich der S-Bahn Zürich und anschliessend die kritischsten Stellen im ganzen SBB-Netz mit ZUB-Gleisausrüstungen ortsfest abgesichert.

Interoperabilität im transeuropäischen Hochgeschwindigkeitssystem

Mit einer am 23. Juli 1996 – nach über fünfjähriger Vorarbeit – herausgegebenen Richtlinie will die EU den Bau und den Betrieb eines transeuropäischen Hochgeschwindigkeitsnetzes fördern. Die Richt-

linie ist auch für die Schweiz von Bedeutung, weil verschiedene Aus- und Neubaustrecken von Bahn 2000 und Alp-Transit Teil des übergeordneten transeuropäischen Hochgeschwindigkeitsnetzes sind.

Die neue europäische «Eisenbahn-Verordnung» legt fest, dass in Zukunft bei Anlagen und Fahrzeugen all jene Parameter technisch aufeinander abgestimmt werden müssen, welche Voraussetzung für ein frei-zügiges Befahren der Netze sind. Im weiteren regelt die Direktive den Zulassungsmodus für die einzelnen Komponenten des Eisenbahnsystems und die Überprüfung aller kritischen Systemteile hinsichtlich der Betriebstauglichkeit. Damit werden wichtige Voraussetzungen für die Offnung der Beschaffungsmärkte geschaffen, da die in irgendeinem EU-Land erfolgte Zertifizierung von allen übrigen Mitgliedstaaten ebenfalls anerkannt werden muss.

Die künftige gesetzliche Grundlage der EU für die Eisenbahntechnik wird drei Stufen aufweisen. Der eigentlichen Richtlinie sind sogenannte Technische Spezifikationen für die Interoperabilität (TSI) nachgelagert und diesen wiederum allgemeine europäische Spezifikationen und Standards. Die Erarbeitung der TSI durch Vertreter der Industrie und der Bahnen ist in vollem Gang. So liegt heute u.a. für den Bereich Signalisierung und Zugbeeinflussung ein Dokument im Entwurf vor, das für künftige Netzausbauten oder Erneue-

rungen die Anwendung eines neuen einheitlichen Zugbeeinflussungssystems vorschreibt. Für die bisher gebauten Infrastruktur-Anlagen ist die technische Entwicklung der heute im Gebrauch stehenden Systeme einzufrieren. Neu zu bauende Triebfahrzeuge und Steuerwagen sind auf das neue Zugbeeinflussungssystem auszurichten; für das Befahren der bestehenden Strecken und Bahnhöfe sind entsprechende Zusatzeinrichtungen vorzusehen. Im Sinne dieser Philosophie legt die TSI alle für die Interoperabilität massgebenden Schnittstellen zwischen den festen Anlagen und den Fahrzeugen sowie für die Anzeige, Bedienung und Störmelderegistrierung einheitlich fest.

Zugbeeinflussungssystem ETCS

1990 erkannte die Union Internationale des Chemins de Fer (UIC), dass die europäischen Bahnen im Hinblick auf die kommenden Industrieentwicklungen rechtzeitig die Benutzeranforderungen an ein neues einheitliches Zugbeeinflussungssystem ETCS definieren müssten. Sie übertrug diese Aufgabe dem European Rail Research Institute (ERRI). Für das komplexe, von einem eigenen Steuerungsausschuss geleitete Vorhaben sind bis heute rund 15 Mio. Ecu aufgewendet worden. Während der über fünfjährigen Projektlaufzeit hat die EU-Kommission immer



5
Gleisausrüstung für die Systeme Signum und ZUB

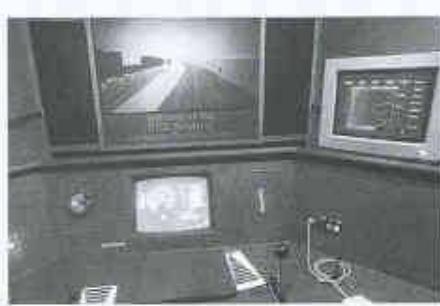
mehr Interesse für das entstehende Spezifikationswerk gezeigt und sich durch finanzielle Beteiligung die Verwendungsrechte mitgesichert. Grundlage der Arbeiten des ERRI ist eine sogenannte Projektdeklaration mit Umschreibung der Ziele, Abgrenzungen und Grundsätze für das ETCS-Projekt. Wichtige Postulate neben der Interoperabilität sind das Streben nach kostengünstigen Lösungen sowie das Erarbeiten von Voraussetzungen für Beschaffungen unter internationaler Konkurrenz. Heute liegen folgende Pflichtenhefte vor:

- Funktionelles Lastenheft mit Kurzfassung
- Systemlastenheft mit Kurzfassung
- Teilsystemlastenheft für Eurobalise und ETCS-Funkschaltstelle
- Anforderungen für Sicherheit, Umwelt, Zuverlässigkeit usw.

Für die Vorführung und Nachbildung der zahlreichen Funktionen steht ein rechnergesteuerter Simulator zur Verfügung (Bild 6).

Bereits zu Beginn der ETCS-Spezifikationsarbeit stand fest, dass für die punktförmige Datenübertragung neue sogenannte Eurobalisen, mit wesentlich höherer Datenübertragungsrate in beiden Richtungen als bei heutigen Produkten, benötigt werden. Auf Grund des von den Bahnen erstellten Pflichtenheftentwurfs legten die Firmen verschiedene Vorschläge zur technologischen Umsetzung vor. In zähen Auseinandersetzungen konnten sich alle Beteiligten auf das Konzept einer „magnetischen“ Balise, mit der sich Telegramme von 1023 Bits bei Geschwindigkeiten bis 500 km/h übertragen lassen, einigen, womit im Vergleich zu den heute verwendeten Produkten die Leistungsfähigkeit mehr als verzehnfacht wird. Von Industrieseite wurden entsprechende detaillierte Spezifikationen erstellt, und auf die im letzten Jahr durch das ERRI gestartete Ausschreibung zur Lieferung von Prototypen haben vier Firmen geantwortet. Diese stellen unterschiedliche Produkte zur Verfügung, die zur Zeit bezüglich Interoperabilität und Zuverlässigkeit getestet werden. Bild 7 zeigt mehrere im Gleis des Versuchsrings bei Velim (Tschechien) montierte Eurobalisen. Damit steht fest, dass ab nächstem Jahr die Bahnen von mehreren Lieferanten unter Konkurrenz Balisenprodukte kaufen können, die gegenseitig interoperabel sind.

Für die ETCS-Schleife bestand bis vor kurzem die Meinung, dass diese auf dem Konzept mit einem Leiter in Gleismitte beruhen soll, das dem System LZB zugrunde liegt. Zu Beginn dieses Jahres hat eine Firma einen innovativen Ansatz vorgestellt, der auf grosses Interesse stösst. Dem-



6
ETCS-Simulator



7
Versuche mit Eurobalisen (erkennbar als Platten zwischen den Schienen), oben und Eurobalisen-Antennen verschiedener Hersteller am Messwagen, unten



nach wird für die linienförmige Datenübertragung ein Leckkabel verwendet, das an der Schienenkehle befestigt wird. Ein Rückleiter in der Mitte des Gleises ist nicht mehr notwendig. Diese Lösung hat den grossen Vorteil, dass sich bei den Fahrzeugen weitgehend die gleiche Antennenübertragungseinrichtung verwenden lässt

wie für die Eurobalise, und dass der Gleisunterhalt durch die Schleife kaum mehr beeinträchtigt wird. Eine andere zur Diskussion stehende Variante beruht auf der Verwendung einer Mikrowellen-Funkverbindung.

Digitales Zugfunksystem EIRENE

Eine der wichtigsten Neuerungen im Konzept ETCS ist die Datenübertragung mittels Funk. Dabei war allen Beteiligten von Anfang an klar, dass sich die heutigen technisch überholten Analogfunksysteme für die künftigen Anforderungen nicht mehr eignen würden. 1992/93 hat die UIC deshalb mit einer Machbarkeitsstudie verschiedene Optionen prüfen lassen. Die Untersuchungen führten zum Schluss, dass künftig soweit wie möglich öffentliche Standards anzuwenden sind. In der Folge wurde beschlossen, dass auf dem GSM-Standard (Global System for Mobile Communications) aufzubauen ist. Für die Spezifikation der bahnspezifischen Anforderungen wickelt die UIC zur Zeit das Projekt EIRENE (European Integrated Railway Enhanced Network) ab. Mit der normensetzenden Stelle ETSI wurde vereinbart, dass für die Bedürfnisse der Eisenbahn bestimmte zusätzliche Leistungsmerkmale in den GSM-Standard einzbezogen werden sollen, wie z.B. Gruppenaufrufe oder kurze Gesprächsaufbauzeiten. Damit eröffnet sich den Bahnen die Möglichkeit, öffentliche GSM-Dienste in den heute schon verfügbaren Frequenzbereichen zu benutzen. Für jene Bahnen, die ein eigenes GSM-System benötigen, sind in der Zwischenzeit mit der Frequenzzuteilungsbehörde Frequenzen ausgehandelt und gesichert worden. Für das künftige Eisenbahnzugfunksystem wird ETCS nur eine Teilanwendung neben anderen darstellen.

Seit einem Jahr wird die Entwicklung von Pilotanlagen entsprechend der EIRENE-Norm von der EU mitfinanziert. Mehrere Firmen und Bahnen haben hierfür ein Konsortium MORANE (Mobile Radio for Railway Networks in Europe) gebildet.

Das Projekt ERTMS

In den letzten Jahren hat die EU-Kommission die europäische Signalbauindustrie in den F+E-Vorbereitungsarbeiten für ein European Rail Traffic Management System (ERTMS) namhaft unterstützt. Zu Beginn dieses Jahres wurde ein umfassendes Projekt gestartet, mit dem die Anwendbarkeit des ETCS bei jenen drei Bahnen erprobt werden soll, die schon heute

Führerstandsignalisierungssysteme für Hochgeschwindigkeitsstrecken verwenden. Da es sich dabei um die Nachbarbahnen in Deutschland, Frankreich und Italien handelt, ist dieses Projekt auch für die SBB von grosstem Interesse. Das Zusammenwirken von ETCS mit diesen noch für viele Jahre im Gebrauch verbleibenden Systemen ist besonders anspruchsvoll und soll im direkten gegenseitigen Kontakt der Fachleute der betreffenden Bahnen erprobt werden. Es wurde deshalb in Form einer europäischen wirtschaftlichen Interessengemeinschaft eine gemeinsame Projektleitung gebildet, die auch ERTMS-users-group genannt wird. Das Gegenstück ist ein Konsortium von europäischen Signalbaufirmen, genannt Eurosig, in der gleichen Zusammensetzung wie schon für die früheren Forschungsprogramme. Ein weiterer wichtiger Mitspieler in diesem Gesamtprojekt ist das erwähnte Konsortium MORANE, das die Bereitstellung eines neuen digitalen Funksystems aufgrund der EIRENE-Spezifikation verfolgt. Mitbeteiligt am Projekt ist ferner die spanische Bahn mit der staatlichen Infrastruktur-Gesellschaft, denn es ist beabsichtigt, auf der bestehenden Schnellfahrtstrecke Madrid-Sevilla die Komponenten der künftigen ERTMS/ETCS-Fahrzeugausrüstung zu erproben.

Die Deutsche Bahn beabsichtigt, als Teststrecke einen Teil der Hochgeschwindigkeitsstrecke Stuttgart-Mannheim zu verwenden, wobei auch noch eine weitere Strecke mit Nebenliniencharakter einzogen werden soll. Fahrzeugseitig soll das neue System auf ausgewählten Lokomotiven und Triebzügen sowohl für Schnellverkehr als auch für normalen Verkehr eingebaut werden. In Italien sind drei Möglichkeiten für Testanwendungen ermittelt worden: Die Linie Rom-Florenz (sowohl Neubau- als auch bestehende Strecke), die Linie Turin-Modan und die Linie Mailand-Chiasso. Es sollen sechs verschiedene Fahrzeugtypen mit dem neuen System versehen werden. In Frankreich wurden Abschnitte der TGV-Verbindungsstrecke bei Paris und der klassischen Vorortslinie Paris-Tourane für die Versuche ausgewählt. Es sollen fünf TGV-Züge mit dem neuen System ausgerüstet werden.

Seitens der EU sind alle diese Teileprojekte in ein straff geführtes Gesamtprojekt mit einem umfassenden Masterplan eingebunden worden. Die öffentliche Ausschreibung für die Versuchsanlagen ist plangemäss im letzten Oktober gestartet worden; der Abschluss des Projekts mit Abschluss der Versuche und Eröffnung eines normalen Betriebs auf den Pilotstrecken ist für Ende 1999 vorgesehen.

Die Anwendung von ETCS für neue oder auszubauende Strecken verspricht finanziell derart interessant zu sein, dass bereits weitere Projekte außerhalb des ERTMS-Masterplanes bekanntgegeben worden sind. Es handelt sich um den Neubau oder die Modernisierung der Linien:

- London-Glasgow/Edinburgh (West Coast Mainline)
- Madrid-Barcelona
- Betuwe-Linie Rotterdam-Emmerich
- Wien-Budapest
- (Berlin-)Kunowize-Warschau
- Dresden-Prag

Auf die Absichten der SBB wird im folgenden näher eingegangen.

Fahrzeuge können künftig mit diesen Bahnen und Schleifen ohne Zusatzeinrichtung kommunizieren.

Die neue ETCS-Ausrüstung ermöglicht im Gegensatz zu den ZUB-Komponenten eine signaltechnisch sichere Erfassung, Übertragung und Verarbeitung der Daten und kann somit auch in ein Führerstandsignalisierungssystem integriert werden.

Spürbar niedrigere Kosten für Beschaffung, Installation und Unterhalt der streckenseitigen Ausrüstung.

In technischer Hinsicht geht es darum, sowohl auf den Fahrzeugen als auch im Gleis möglichst standardisierte ETCS-Geräte einzusetzen und diese mit speziellen Schnittstellen unter minimalem Aufwand mit dem ZUB-Fahrzeuggerät bzw. mit der Signalausrüstung zu verbinden. Dieses Konzept soll vorerst auf einer Versuchsstrecke mit rund 30 Eurobalisen und fünf Versuchsfahrzeugen erprobt werden. Auf eine entsprechende Ausschreibung unter den Eurosig-Firmen haben drei renommierte Firmen mit Angeboten reagiert. Die Auswertungen und Verhandlungen sind noch im Gang. Es zeichnet sich ab, dass:

die Eurobalisen- bzw. ETCS-Schleifen bis 40% billiger sein werden als die bisher verwendeten ZUB-Komponenten,

die Kosten für die Migration der Fahrzeuge nach der Beschaffung von weiteren rund 1500 Eurobalisen und ETCS-Schleifen anstelle von entsprechenden ZUB-Komponenten kompensiert sind, und dass

die Ausrüstung der ganzen Fahrzeugflotte bei baldiger Bestellung bis Ende 1999 abgeschlossen werden kann.

Abkürzungen

EIRENE	European Integrated Railway Radio Enhanced Network
ERRI	European Rail Research Institute
ERTMS	European Rail Traffic Management System
ETCS	European Train Control System
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
EU	Europäische Union
FSS	Führerstandsignalisierung
GSM	Global System for Mobile Communications
LZB	Linienzugbeeinflussung
MORANE	Mobile Radio for Railway Networks in Europe
SBB	Schweizerische Bundesbahnen
TGV	Train à Grande Vitesse
TSI	Technische Spezifikationen für Interoperabilität
UIC	Union Internationale des Chemins de Fer
ZUB i21	Neues Zugsicherungssystem der SBB

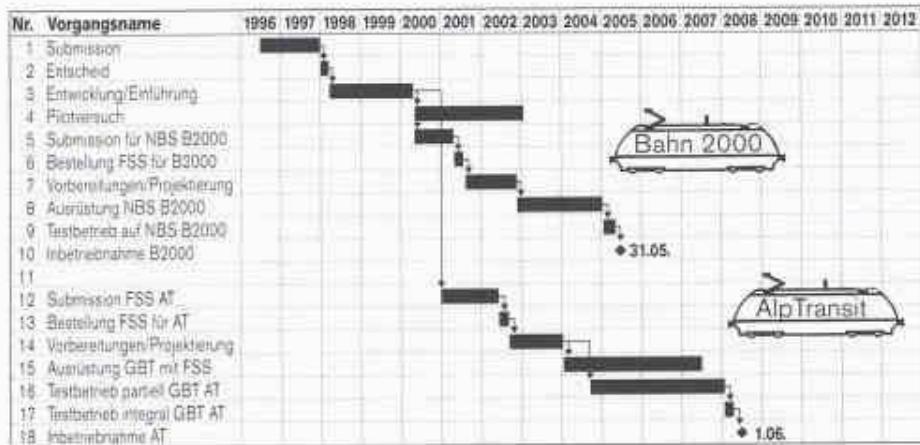
Migration der ZUB-Zugsicherung der SBB in die ETCS-Konzeption

Wie einleitend erwähnt, werden bis Ende Jahr sämtliche Streckentriebfahrzeuge und Steuerwagen der SBB mit ZUB-Geräten ausgerüstet sein. In einem nächsten Schritt gilt es, diese mit einem Zusatzgerät für die Eurobalisen-Datenübertragung nach ETCS-Norm nachzurüsten. Damit wird die Voraussetzung geschaffen, dass ortsfest zukünftig nicht mehr ZUB-Gleiskoppelspulen und -schleifen, sondern Eurobalisen und ETCS-Schleifen installiert werden können, die gleichzeitig Telegramme in ZUB- und ETCS-Sprache übertragen. Die erwarteten Vorteile sind:

ETCS-gerechte Schnittstelle zwischen Boden und Zug, d.h. in- und ausländische

Einführung der Führerstandsignalisierung bei den SBB

Der künftige Betrieb auf den Aus- und Neubaustrecken und deren zahlreichen Verknüpfungen mit dichten Zugfolgen und Mischverkehr stellt höchste Anforderungen an die Sicherheit und an die Betriebsführung. Die einkanalige Zugsicherung ZUB i21 genügt dafür nicht. Die Erfahrungen ausländischer Bahnen zeigen generell, dass bei hohen Geschwindigkeiten kein sicheres Beobachten von Aussensignalen mehr möglich ist und dem Lokführer deshalb die zulässige Geschwindigkeit laufend im Führerstand anzeigen muss. So fordern denn auch die Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung für Geschwindigkeiten über



8
Zeitplan für die Einführung der Führerstandsignalisierung bei den SBB (AT: AlpTransit, GBT: Gotthard-Basisstunnel, NBS: Neubaustrecke)

160 km/h eine Führerstandsignalisierung (FSS).

Von besonderem Interesse ist natürlich die Frage, ob und in welchem Ausmass mit modernen Zugbeeinflussungssystemen die Streckenleistungsfähigkeit in hochbelasteten Netzteilen weiter angehoben werden kann. Mit deren Klärung wurde vor zwei Jahren das Verkehrswissenschaftliche Institut der RWTH Aachen beauftragt. Dieses hat in einem Gutachten die Anwendung verschiedener Systeme auf konkreten Strecken der SBB mit Simulationsrechnungen dargestellt. Es wird deutlich, dass beim Betrieb im heutigen Geschwindigkeitsbereich durch den Einsatz moderner Zugbeeinflussungssysteme Gewinne an Leistungsfähigkeit in der Größenordnung von 10 bis 20% möglich sind. Dabei zeigt sich, dass Leistungssteigerungen nicht ausschliesslich durch die Signal- und Zugbeeinflussungssysteme, sondern durch eine Vielzahl anderer Faktoren wie Fahrplan, Betriebsqualität und hautechnische Infrastruktur bestimmt werden. Das Gutachten attestiert, dass die SBB bereits heute dank Mehrabschnitts signalisierungen mittels Ziffernsignalen in zentralen Netzteilen sehr hohe Zugdichten bewältigen. Sobald die Geschwindigkeit einzelner Züge deutlich angehoben wird (z.B. v_m = 200 km/h), droht die Streckenleistungsfähigkeit bei Mischbetrieb abzusinken. Die Führerstandsignalisierung ist deshalb für Geschwindigkeiten über 160 km/h auch im Hinblick auf dichte Zugfolgen unerlässlich.

Ende 1994 wurde eine breit abgestützte SBB-interne Arbeitsgruppe damit beauftragt, die Machbarkeit einer Führerstandsignalisierung abzuklären. Die Frage wurde umfassend abgeklärt und mit drei Berichten dokumentiert. Die wichtigsten Erkenntnisse sind:

Ein baldiger Systementscheid und die zügige Einführung eines FSS-Systems drängt sich in erster Priorität im Hinblick auf die

Neu- und Ausbaustrecken auf, die mit über 160 km/h befahren werden. Längerfristig ist es wirtschaftlich, das System ohne optische Aussensignale auch im übrigen Netz anzuwenden.

Die neue FSS muss Interoperabilität sowohl mit dem künftigen transeuropäischen Netz als auch - im Inland - mit konventionell ausgerüsteten Strecken und Knoten gewährleisten.

Die Einführung der FSS stellt eine tiefgreifende Veränderung in der Betriebsführung dar, die mit technischen und betrieblichen Risiken verbunden ist. In betrieblicher Hinsicht stellen sich neue Anforderungen an die Benutzer. Neben neuen Notverfahren im Falle von Systemausfällen bieten auch Einschränkungen beim Einsatz der Fahrzeugflotte auf den Aus- und Neubaustrecken ohne Aussensignale gewisse Probleme. Letztere könnten wohl mit der Weiterverwendung von Aussensignalen parallel zur FSS gelöst werden, doch sollte dieser Weg vor allem aus Kostengründen wenn immer möglich vermieden werden.

Die heute von unseren Nachbarbahnen verwendeten FSS-Systeme sind technisch grundverschieden und sollten nur als Rückfallposition für den Fall, dass sich die ETCS-Konzeption wider Erwarten nicht durchsetzt, in Betracht gezogen werden. Technisch kritisch erscheint bei der letzten vor allem die Funk-Datenübertragung; als Alternative bieten sich die im ETCS-Konzept geplanten Schleifen an, die zur Zeit spezifiziert werden. Vor einem Betriebseinsatz ist die FSS in jedem Fall eingehend zu erproben.

Für diese technische Erprobung eignet sich - neben Versuchsstrecken im Ausland - der Grauholztunnel; als erste betrieblich nutzbare Pilotstrecke wird der Abschnitt Brittnau-Sempach auf der Strecke Olten-Luzern vorgeschlagen, wo die Stellwerke zur Erneuerung anstehen.

Terminkritisch ist die Einführung der FSS auf die Inbetriebnahme der Neubaustrecke Mattstetten-Rothrist. Es wurde deshalb der in Bild 8 dargestellte Zeitplan mit messbaren Meilensteinen erstellt. Inzwischen ist dieses Projekt unter Leitung des Chefs des Departements Infrastruktur gestartet worden.

Schlussbemerkung

Der vorliegende Beitrag will zeigen, dass grosse Anstrengungen unternommen werden, um bei den SBB auch im Bereich der Zugbeeinflussung und des Zugfunks zukunftsweisende technische Lösungen einzuführen. Der Entwicklungsumfang für diese Vorhaben sprengt bei weitem die Möglichkeiten einer einzelnen Bahn wie auch von einzelnen Firmen. Eine grundle- gend neue Voraussetzung besteht heute darin, dass die EU-Kommission das Projekt einer einheitlichen Führerstandsignalisierung auf gesetzgeberischer Ebene, mit F+E-Förderprogrammen und mit finanzieller Beteiligung an Infrastruktur-Ausbau- ten nachhaltig unterstützt.

Den SBB ist es bis heute gelungen, sich an den vorangehend beschriebenen Prozessen mit aktiven Beiträgen zu beteiligen. Dank dem Vorhandensein gemeinsamer Interessen mit der EU bestehen auf diesem Gebiet gute Chancen, dass die Schweiz aus der umfangreichen europäischen Grundlagenarbeit direkten Nutzen für die Umgestaltung ihres Eisenbahnsteuer- und -sicherungssystems ziehen kann. Es ist damit absehbar, dass sich das Bild unserer Eisenbahn in den nächsten Jahren durch die Abkehr von den altvertrauten Aussensignalen grundlegend verändern wird.

Adresse des Verfassers:

Peter Winter, Dr. sc. techn., dipl. Elektro-Ing.
ETH, Direktor Baudirektion SBB, Mittelstrasse
45, 3030 Bern