

Tunnel-Leitsystem Lötschberg-Basistunnel

Ernst W. Haltiner*

Sicher durch den Tunnel geleitet

Für den Reisenden unsichtbar, sorgt ein umfassendes, in seiner Art einmaliges Tunnelleitsystem im Lötschberg-Basistunnel für höchste Betriebssicherheit sowohl bei Normalbetrieb als auch im Störfall. Mit dem Leitsystem werden die gesamten technischen Anlagen der neuen Basislinie überwacht und dem Tunneloperator in der übergeordneten Leitstelle der BLS in Spiez bei Ereignissen und Störungen die notwendigen Informationen und Reaktionsvorschläge auf dem Bildschirm des «Mensch-Maschine-Interface» (MMI) dargestellt.

Nebst der Planung und dem Bau der Anlagen stellte das systematische Austesten, von der einzelnen Anlagensteuerung vor Ort bis zum übergreifenden Betrieb des Gesamtsystems, höchste Anforderungen an die Testorganisation und die notwendigen Verfahren und Szenarien.

Lückenlos überwacht

Die Lötschberg-Basislinie mit einer Streckenlänge von 41 km, wovon 35 km im Basistunnel, stellte mit ihrer komplexen technischen Ausrüstung höchste Anforderungen an Planung, Material und Systemausrüstung. Im Betrieb müssen die Zustände, Abläufe und Ereignisse sämtlicher Systeme, vom Brandmelder bis zum Tunnelfunk, von der Klimatisation bis zur Bahnsicherheitsanlage lückenlos überwacht und im Falle von Ereignissen auf deren Relevanz beurteilt und entsprechende Massnahmen eingeleitet

werden. Dies erfolgt im Normalfalle in der übergeordneten Leitstelle «DOLS» (Dispositiv-Operative Leitstelle in Spiez), allenfalls in den Vorort-Leitstellen (VOLS) an den nördlichen und südlichen Tunnelportalen mit Hilfe eines umfassenden Tunnelleitsystems TLS.

Die 21 Betriebszentralen, verteilt in Tunnelkavernen, sind über ein redundantes «Ethernet-S-Net» mit zwei unabhängigen sekundären Ethernetringen mit den Vorort-Leitstellen und der DOLS in Spiez verbunden. Ein weiterer Primärring vernetzt die Leitstellen, Tunnel-Leitsysteme, Technikzentralen, Funkstationen und Telefonsysteme.

Verschiedene Sicherheitssysteme zusammen verbunden

Das Tunnelleitsystem TLS ermöglicht dem Tunneloperator in der Leitstelle die Bedienung und Überwachung des Lötsch-

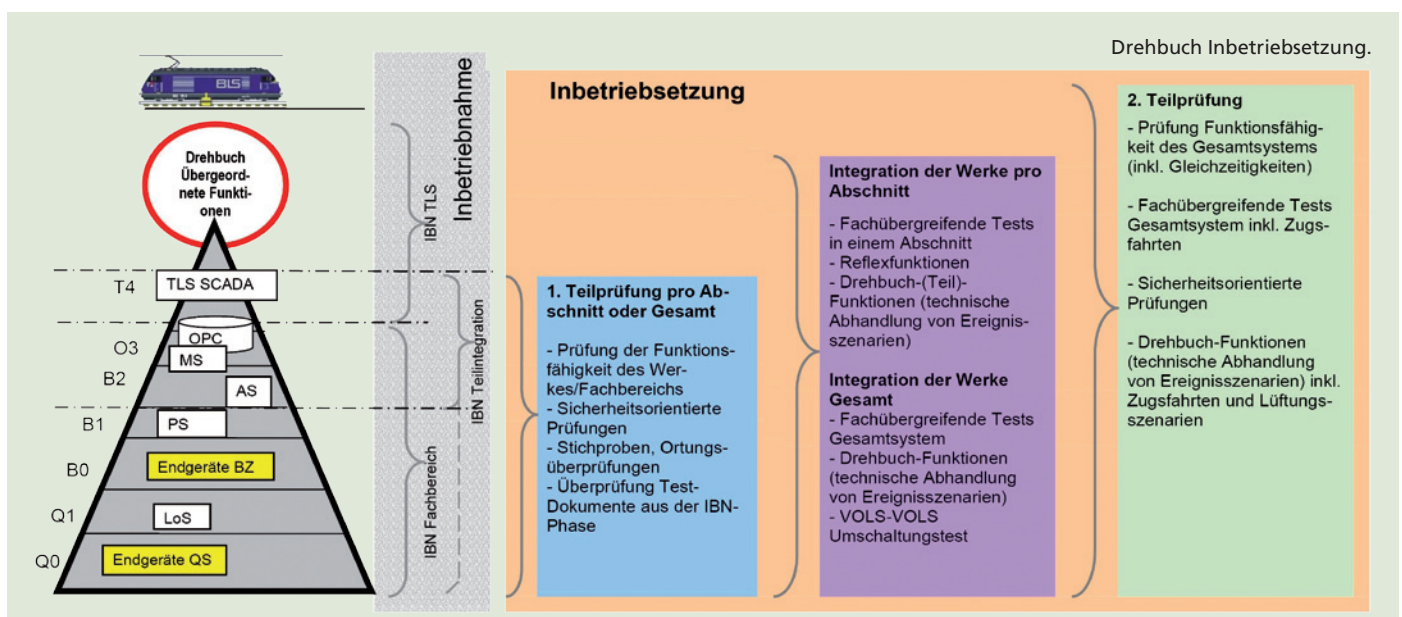
Übergreifende Technik und Fachgebiete

Die Lötschberg-Basislinie mit dem über 35 km langen Tunnel umfasst verschiedenste Fachgebiete der Technik. Es sind diese unter anderem:

- Fahrbahn,
- Fahrleitung,
- Hochspannungsanlagen,
- Niederspannungsanlagen,
- Sicherheitsanlagen,
- Kommunikationsanlagen für Telecom und Daten,
- Tunnel-Leitsystem,
- Kabelanlagen,
- Lüftung für Gebäude, Kavernen und Tunnel,
- Türen und Tore,
- Schaltanlagen, Ausrüstungscontainer,
- Wasserversorgung und Tunnelentwässerung.

berg-Basistunnels und die Aufrechterhaltung in betriebsfähigem Zustand. Die Funktionen des TLS sind Teil des Tunnelbetriebes in den verschiedensten Betriebsarten wie Normalbetrieb, gestörter Betrieb, Ereignisbetrieb oder Erhaltungsbetrieb. Das TLS ist ein zentraler Teil der Anlagen zur Gewährleistung der «Leittechnik» der gesamten Basislinie. Neben dem Leitsystem für den Tunnel bestehen besondere Leitsysteme für die Sicherungs-/Stellwerkanlagen (ILTIS), die Bahnstromversorgung, für die Zuglaufverfolgung und Zugkontrolleinrichtung (ZKE).

Hierzu kommt das elektronische Zug-sicherungs-system ETCS Level 2, das die notwendigen Daten, wie Fahrplanlage, Fahrgeschwindigkeit per Funk direkt auf den Führerstand übermittelt. Die Basis- und Bergstrecke mit der operativen und dispositiven Steuerung des Zugverkehrs und der Überwachung der Sicherheitssysteme wird von der BLS-Betriebszentrale Spiez aus geführt.



Zielsetzungen und Funktionen des Tunnelleitsystems

Im Normalfall arbeiten der Fahrdienstoperator und der Tunneloperator in der DOLS in Spiez Seite an Seite. Dabei bietet das Tunnelleitsystem unmittelbar und in Detailansicht auf den Bildschirmen des MMI (Mensch-Maschine-Interface) homogene Ansichten und Überblick zu Ereignissen und Vorkommnissen, die den normalen Zugverkehr beeinträchtigen oder stören könnten.

Der Tunneloperator hat die Möglichkeit, Informationen über den Zugverkehr (Standort und Zusammensetzung der Züge) identisch zu denen des Fahrdienstoperators einzusehen.

Bei einem Vorkommnis oder Ereignis ermöglicht das TLS dem Tunneloperator in einem Drehbuch vordefinierte Aktionen einzuleiten und die Anlage so zu beeinflussen, dass die Sicherheit der sich im Tunnel befindlichen Personen gewährleistet ist, und Güter geschützt werden.

Weiträumig vernetzte Hardware-Architektur

In der DOLS in Spiez befinden sich lediglich die Server für das MMI, der Darstellung auf den Bildschirmen. Diese Server sind über den Primärring des Intranet des TLS angeschlossen. Die verschiedenen Hauptrechner befinden sich in den beiden Vorortleitstellen VOLS Süd und Nord. Vier Real-Time-Server (RTS) verwalten dort in redundantem Betrieb die beiden Tunnelröhren, aufgeteilt in Süd- und Nordabschnitte. Nebst dem Server für die Bedienstation (SINTRA) sind in den VOLS je ein Server für «Referenz-History» (RHS), «Domaine-Archivierung» (DAS) und Drehbuchanwendung (DREAN) installiert.

Das TLS selbst ist mit keinem Objekt vor Ort direkt verbunden. Es bietet jedoch die jeweils notwendigen Schnittstellen zu den technischen Tunnelinstallationen, mit deren Anlagensteuerung und auch dem Zugsicherungssystem, allenfalls unter Zwischenschaltung von geeigneten proprietären Managementsystemen.

Als Kommunikationssoftware findet OPC (OLE for Process Control) über entsprechende Gateways und Server Einsatz.

Zustand oder Alarm?

Eine zentrale Aufgabe des TLS ist die Datenerfassung aus den entsprechenden Fachbereichen, das heisst Zustände und Messwerte zu empfangen, Daten zusammenzufassen, Werte zu speichern und zu datieren. Neue, veränderte Zustände/Messwerte sind dem Operator über das MMI in geeigneter Form und Priorisierung bekannt zu geben, so dass dieser in der Folge stufengerecht reagieren kann. Keinesfalls darf eine «Lawine» von Daten oder Meldungen den Operator über-



Tunneloperateur im Einsatz.

schwemmen und damit die sich aufdrängenden Massnahmen verspäten oder gar verunmöglichen. Das TLS unterscheidet dabei die verschiedenen Stufen eines Ereignisses, von der reinen Information einer Zustandsänderung über eine Anzeige einer Behinderung, blossen Warnung bis hin zur Störungsmeldung oder gar Alarm.

Deshalb werden die empfangenen, elementaren Informationen von verschiedenen Quellen im Real-Time-Server der jeweiligen Tunnelröhre zusammengefasst und als Syntheseinformation an das TLS und den Tunneloperator weiter geleitet und angezeigt.

MMI als Brücke zum Benutzer

Der Tunneloperator und die Fahrdienstleitung kommunizieren mit dem Tunnelleitsystem über die MMI-Ebene (Mensch-Maschine-Interface) und entsprechende Bildschirme.

Übersichtsbilder fassen Objekte zusammen, die für bestimmte Funktionsbereiche wichtig sind, wie zum Beispiel Energie, Daten/Prozesse, Wasser, Kommunikation, Bahntechnik oder Tunnelkavernen.

Vor festem Hintergrund werden dynamisch Objekte mit ihrem jeweiligen Zustand im Tunnel geografisch und technisch unmittelbar, praktisch verzögerungsfrei, aufgezeigt.

Dem TLS-Systembenutzer stehen drei Anwendungsbereiche am MMI zur Verfügung:

- Betrieb und Wartung zur Steuerung des Tunnels;
- Parametrisierung des Systems;
- Abfrage historischer Daten und deren Analyse.

Drehbuch und Wissenssammlung

Für die Arbeit des Tunneloperators, besonders bei Vorfällen und Ereignissen, die den Tunnelbetrieb stören oder gefährden können, bietet die Drehbuch-Anwendung (DreAn) des TLS eine wichtige Hilfe.

Darin sind verschiedenste Szenarien von Vorkommnissen oder Ereignissen und sich deshalb aufdrängenden oder möglichen Reaktionen des Tunneloperators vorprogrammiert.

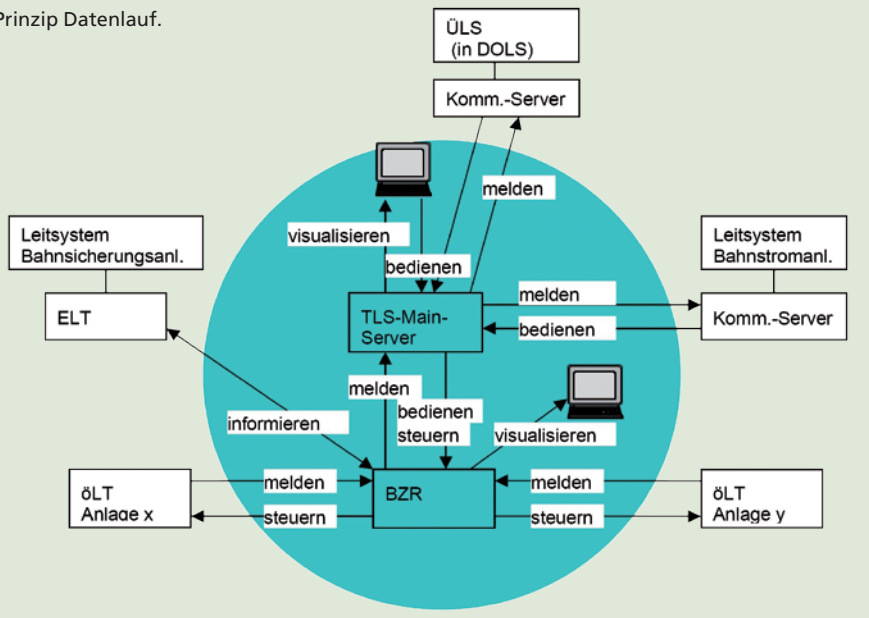
In einer Krisensituation hängt die richtige Entscheidung von der engen Kooperation des Fahrdienstleiters und des Tunneloperators ab. Innerhalb der Funktionsarchitektur können vom TLS selbständige Reflexaktionen ohne Eingriff des Tunneloperators ausgelöst und deren Verlauf überwacht werden, unter gleichzeitiger Meldung an den Tunnelbetreiber. Reflexaktionen werden in einem Verzeichnis im Voraus definiert. Sie veranlassen Befehle oder Einstellungen in verschiedenen Objekten übergreifend zu den unterschiedlichen Fachbereichen, sogar in verschiedenen Tunnelröhren. Reflexaktionen entlasten den Tunneloperator in heiklen, gefahrenträchtigen Situationen. Die Szenarien reichen von der Alarmierung, Einschaltung des Grundlüftungs-Szenarios, Hochfahren der Beleuchtung bis zur Alarmierung der Sicherheitsdienste und der Polizei. Das «DreAn» greift auf vordefinierte Regeln zurück, welche in einer periodisch nachgeführten Wissensdatenbank gesammelt sind.

Auf Herz und Nieren getestet

Die klimatischen Bedingungen im Tunnel mit Temperaturen bis über 35°C und Luftfeuchte über 75% erforderten den Einbau der Steuerungsanlagen für die 17 Betriebs- und Lüftungszentralen in den Tunnelquerstellen in 136 klimatisierte Edelstahlcontainer.

Diese wurden ausserhalb des Tunnels ausgerüstet und aufgrund umfangreicher Prüfzenarien unter Betriebsbedingungen vor deren Einbringen im Basistunnel getestet. Als weiterer Schritt wurde im betriebsbereiten Tunnel die Funktionsfähigkeit des gesamten Systems «Basistunnel» mit fachübergreifenden und sicherheitsrelevanten Vorgaben unter Einbezug des Tunnelleitsystems und

Prinzip Datenlauf.



Aufgaben und Funktion des Tunnelleitsystem

Das Tunnelleitsystem TLS stellt dem Tunneloperator die Mittel zur Steuerung, Überwachung und Wartung des Basistunnels zur Verfügung. Dabei werden drei Hauptfunktionsgruppen übernommen respektive sichergestellt:

- **Überwachung und Steuerung des Tunnels:** Datenerfassung, Behandlung der Alarme, Störungen und Zustände, Alarmierung und Dialog mit Tunneloperator, Steuerung eines Objektes, Ausführung von Reflexaktionen.
- **Datenanalyse:** Historisierung der Daten, Abfrage historisierter Daten, Leitfunktionen sowie Parametrierungs-, Journal- und Statistikaufgaben.
- **Systemwartung des TLS;** Uhrzeitsynchronisierung, Parametrierung des TLS-Systems, Unterdrückung von Objekten, Verwaltung der Betriebsarten, Sichern, Archivieren, Löschen, Wiederherstellen von historischen Daten.

dessen Verknüpfung mit den übrigen Bereichen der Bahnstromversorgung, Sicherheitsanlagen und Zugführungssystem ETCS unter realen Bedingungen überprüft. Bei Testfahrten mit hohen Geschwindigkeiten wurden Fahrbahn, Fahrleitung, Tunnellüftung überprüft. Gleichzeitige Fahrten mit bis 30 Lokomotiven erlaubten den Nachweis der Belastbarkeit des RBC (Radio-Blockcenter, Rechner des Tunnelleitsystems).

Für die Ingenieure der Fachdienstkoordination stellte das Austesten der Anlagenteile vor dem Einbau in den Tunnel und die Inbetriebsetzung in Stufen unter dem Regime des Tunnelleitsystems eine anspruchsvolle, nicht alltägliche Herausforderung dar, wie Thomas Fuchs von IUB Bern hervorhebt. Die Erstellung eines umfangreichen Testhandbuchs mit den einzelnen Teststufen, Testorganisation, Dokumentation, Konfiguration war dabei eine unabdingbare Voraussetzung.

Test, live miterlebt

Wir haben den Prüfindingenieuren beim Testen eines der insgesamt zwölf Ereignissenzenarien mit bis zu sechs Testzügen «live» über die Schulter geblickt: Mit Peter von Arb und Peter Wüthrich von IUB-Bern stehen zwei Fachmänner des FDK (Fachdienstkoordinator), die für diese Tests und bei der Inbetriebnahme des Leitsystems federführend waren, im Einsatz sowie Red und Antwort.

«Diese Testserie gilt als eigentlicher Prüfstein für das Tunnelleitsystem, in dem

mittlerweile über 100 000 Datenpunkte aufgeteilt in Alarm-, Störungs-Zustands- und Befehlsmeldungen in zirka 750 Bedien- und Übersichtsbilder integriert sind», erklärt uns der Dienst tuende Testleiter Peter von Arb. «Nun zeigt sich, ob alle Systeme über das Leitsystem richtig kommunizieren».

Das Prüfzenario wird gestartet. Das Ereignis «Grossbrand» soll getestet werden. Mit 160 km/h ist der Testzug in den Basistunnel eingefahren. Mit Spannung erwartet die Testcrew in der Vorortleitstelle Nord die (simulierte) Brandmeldung des Lokführers auf seiner fahrenden Komposition. Nach dem sekundengenau abgesprochenen Eingang über das Telefon des Lokführers werden vom Fahrdienstleiter die erforderlichen Schritte für ein Alarmgrossereignis ausgelöst. Zugleich erscheinen die abzuarbeitenden Drehbucheinträge. Alle, sich im vom TLS erfassten Bereich befindlichen Züge erhalten via TLS-Rechner neue Fahrstrassen mit auf 80 km/h reduzierter Geschwindigkeit zugewiesen. Danach erst werden die verschiedenen Lüftungszenarien hochgefahren. Nebst dem Einschalten der Tunnelbeleuchtung im Bereich des brennenden Zuges werden auch die Schiebetore entlang dieses Abschnitts blockiert. Die Position aller Züge wird dem TLS übermittelt.

Der vom Ereignis betroffene Zug kommt an der Nothaltestelle zum Stillstand, wonach das TLS ein neues Alarmgrossereignis generiert. Nun erfolgt die automatische Aufschaltung der Videoüberwachung mit Bildübertragung in die Leitstelle. Das TLS

schlägt dem Tunneloperator zu treffende Massnahmen vor, wie Alarmierung der Polizei mittels Alarmlink und Umschaltung der Lüftung. Schritt für Schritt kontrolliert und verifiziert Peter Wüthrich von IUB den Ablauf des Anlagentests anhand der Vorgaben und des Testprotokolls. Mittlerweile haben alle übrigen, sich bei

Eintritt des Ereignisses im Tunnelsystem noch fahrenden Züge die Tunnelröhren verlassen. Nun fahren die Lösch- und Rettungszüge von Frutigen und Visp in den Tunnel ein. Während dem Ablauf befindet sich ein Testteam mit Messeinrichtungen im Bereich der Nothaltestelle und misst die Luftströmungen. Rauchgeneratoren werden eingesetzt, um mögliche Verwirbelungen festzustellen.

«Heute läuft alles perfekt, der heutige Test gilt als erfolgreich bestanden», kann der Testleiter von IUB und Verfasser der Testszenarien, Peter von Arb, feststellen. Und noch etwas fügt er, nicht ohne Stolz bei: «Leitsysteme kommen heute überall im Verkehrsbereich zum Einsatz. Die Anbindung an die Bahnsicherungsanlagen hingegen, wie hier im Lötschberg-Basistunnel ist eine Weltpremiere».

Der sicheren, kommerziellen Inbetriebnahme der Basislinie zum Fahrplanwechsel im Dezember 2007 steht nichts mehr im Weg. ■

* Ernst W. Haltiner, Dipl. Ing. HTL, 9450 Altstätten.

Quellenangabe: Projektverfasser und Gesamtunternehmer TLS: Cegelec Centre Est, Miribel Cedex (France). Fachkoordination: IUB – Ingenieurunternehmung AG, Bern.