

Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 102 (2011)
Heft: 6

Artikel: Tunnelleitsystem des Gotthard-Basistunnels
Autor: Bommer, Christoph
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-856818>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 30.03.2025

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

Tunnelleitsystem des Gotthard-Basistunnels

Überwachung im längsten Eisenbahntunnel der Welt

Zwischen Erstfeld und Bodio entsteht mit 57 km der derzeit längste Eisenbahntunnel der Welt: der Gotthard-Basistunnel. Die kommerzielle Inbetriebnahme des Tunnels ist für Dezember 2016 vorgesehen. Herzstück für die übergeordnete Steuerung der elektromechanischen Anlagen ist die Tunnelleittechnik im Tunnel Control Center, aus dem die Führung und Abwicklung aller betrieblichen Prozesse erfolgt.

Türen und Tore (Querschläge, Spurwechsellöre, Nothaltestellen etc.), die Betriebskommunikationsanlage, die Hebevorrichtung sowie der Tunnelfunk oder die Entwässerung für das Bergwasser. Insgesamt werden 17 verschiedene Typen von elektromechanischen Anlagen laufend zentral von der Tunnelleittechnik überwacht. Damit dies möglich ist, braucht es ein umfassendes Datenkommunikationsnetz, das alle diese Anlagen miteinander verbindet.

Christoph Bommer

Moderne Eisenbahntunnelsysteme sind hochkomplexe Anlagen und weit mehr als einfach nur ein «Loch durch den Berg mit Schienen». Zurzeit entsteht mit dem Gotthard-Basistunnel genau eine solche Anlage.

Der Gotthard-Basistunnel besteht aus zwei einspurigen Tunnelröhren, welche alle 325 m lang, also insgesamt mit 176 Querschlägen verbunden sind (Bild 1). Dazwischen liegen zwei doppelte Spurwechsel, damit die Züge von einer in die andere Röhre wechseln können. Dies ist beispielsweise bei Erhaltungsarbeiten notwendig. Die Spurwechsel sind Teil der beiden Multifunktionsstellen Sedrun und Faido, die neben den Spurwechseln

die beiden Nothaltestellen beheimaten, welche für einen Nothalt eines Zuges gedacht sind. Sie ermöglichen im Ereignisfall die Flucht und Evakuierung von Reisenden.

Elektromechanische Anlagen

Für die volle Funktionstüchtigkeit werden solche umfangreiche Bauten mit diversen elektromechanischen Anlagen ausgestattet. Die bekanntesten Anlagen sind der Fahrstrom (16⅔ Hz), die Beleuchtung oder die generelle Stromversorgung (50 Hz). Weitere Anlagen sind die umfangreiche Belüftung (Zu- und Abluft in den Tunnelröhren, Querschlägen, Nothaltestellen etc.), die verschiedenen

Datenkommunikation

Die von Alcatel-Lucent Schweiz AG bereitgestellte Telekommunikationslösung im Gotthard-Basistunnel setzt sich aus dem Festnetz und dem Tunnelfunksystem zusammen.

Festnetz

Das Festnetz beinhaltet ein IP-MPLS-Datennetz, das aus sicherheitstechnischen Gründen in zwei autonome Tunnelnetzwerke Ost und West getrennt wird. Falls bei einem Ausfall ein Tunnelnetz nicht mehr selber alle Knoten erreicht, wird der Verkehr über das zweite Tunnelnetz geleitet. Somit ist es möglich, jeden Knoten über mindestens zwei Wege zu erreichen und dadurch zu garantieren, dass bei einem Fehlerfall kein Teil des Tunnels abgeschnitten ist. Zusätzlich besteht das Festnetz aus einem Wellenlängen-Multiplex-Netz (WDM) für die Vernetzung der IT-Server. Die WDM-Technologie verwendet Laser verschiedener Wellenlängen, um mehrere Services auf einer Glasfaser zu übertragen. Zum Festnetz gehört neben dem Datennetz, dem Tunnelfunk und der IT-Lösung auch eine Betriebskommunikationsanlage von Ascom (Sublieferant), die auf VoIP-Sprachdiensten basiert und neben den Notrufstellen auch Standardtelefone in den Gebäuden, Sprachaufzeichnung sowie die Beschallung der Seiten- und Fluchttollen unterstützt.

Ein Expertensystem sammelt (auf Basis SNMP) und korreliert alle Alarmer der eingesetzten Network-Management-Systeme (NMS) und leitet die Sammelalarmer über OPC-UA an die Tunnelleittechnik weiter.

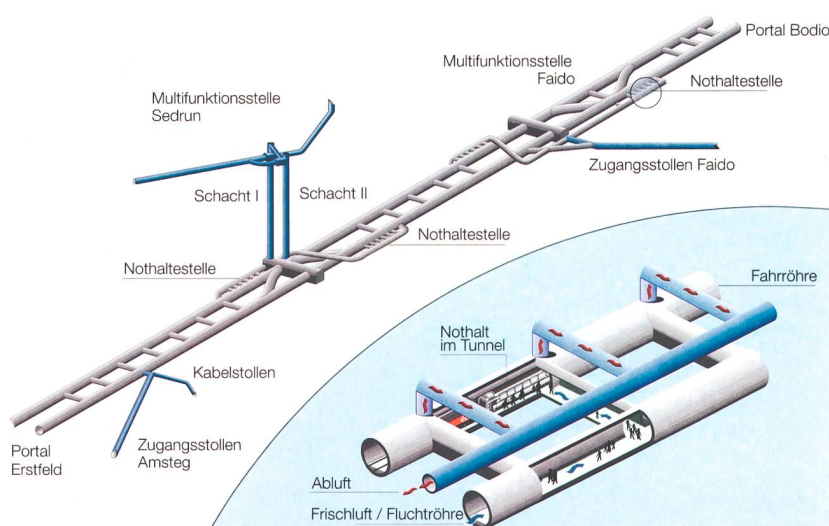


Bild 1 Schema des Gotthard-Basistunnels.



Bild 2 Übersichtsbild der Tunnelleittechnik.

Funksystem

Die Aufgabe des Tunnelfunksystems von Andrew (Sublieferant) besteht im Übertragen von Sprach-/Datendiensten in den verschiedenen geografischen Bereichen des Tunnelperimeters. Es überträgt und verstärkt die Signale der diversen Mobilfunknetze ohne inhaltliche Beeinflussung. Grundsätzlich werden alle mobilen bahnbetrieblichen Kommunikationsbedürfnisse über GSM-Rail abgewickelt. Zusätzlich fungiert das Tunnelfunksystem als Plattform für die öffentlichen Mobilfunkanbieter, die auf der Gotthardachse ihre Dienste über GSM- und UMTS-Netze anbieten möchten und somit die Kommunikationsbedürfnisse der Reisenden abdecken. Für die Interventionskräfte wird das PMR-System Polycom übertragen.

Umfassende Überwachung

Im Endausbau überwacht das Tunnelleitsystem der Siemens Schweiz AG rund 70 000 Datenpunkte (Meldungen und Befehle). Siemens Schweiz AG hat den Auftrag für die Installation und Realisierung des Tunnelleitsystems im Jahr 2009 von Alcatel-Lucent, einem der Unternehmen der Arbeitsgemeinschaft Transtec Gotthard, erhalten.

Damit der Tunnel-Operator jederzeit die Übersicht über dieses grosse Bauwerk und die anfallenden Störungen hat, wurde eine fünfstufige Bildtopologie gewählt. Auf den obersten drei Ebenen erhält man die Übersicht über den gesamten Tunnel und dessen Störungen, auf den Ebenen vier und fünf bedient man einzelne elektromechanische Anlagen.

Auf der Ebene eins ist der gesamte Tunnel sichtbar, aufgeteilt in die fünf Abschnitte Nord, Mitte, Süd und die beiden Multifunktionsstellen Sedrun und Faido (**Bild 2**). Es ist für jeden dieser Abschnitte ersichtlich, ob eine Störung einer der 17 elektromechanischen Anlagen vorliegt. Wählt man einen dieser fünf Abschnitte an, gelangt man auf die zweite Bildebene und sieht den entsprechenden Abschnitt detaillierter, beispielsweise die Multifunktionsstelle (**Bild 3**). Störungen auf dieser Ebene werden sowohl summenhaft wie auch im Bild an der Stelle der Störung angezeigt. Durch eine weitere Anwahl gelangt man auf die dritte Ebene, welche sämtliche Details anzeigt, wie z. B. die einzelnen elektromechanischen Anlagen in einem Querschnitt.

Zur direkten Bedienung bieten die einzelnen elektromechanischen Anlagen ebenfalls eine Oberfläche an, die in die Tunnelleittechnik integriert ist und die Ebenen vier und fünf darstellt. Dank einem gemeinsamen Styleguide ist eine einheitliche Benutzeroberfläche und somit eine einheitliche Bedieneransicht sichergestellt.

Auftretende Störungen an den überwachten Datenpunkten signalisiert das System unmittelbar auf der Bedieneroberfläche. Dank der einfachen Bedienung findet der Tunnel-Operator auf kürzestem Weg zur Quelle der Störung. So kann er beispielsweise diese anwählen und wird sofort an den entsprechenden Ort auf der Ebene drei geführt. Die Störung kann nun als «gesehen» quittiert werden. Dank einem Alarmschirm hat der Tunnel-Operator jederzeit die Übersicht über sämtliche

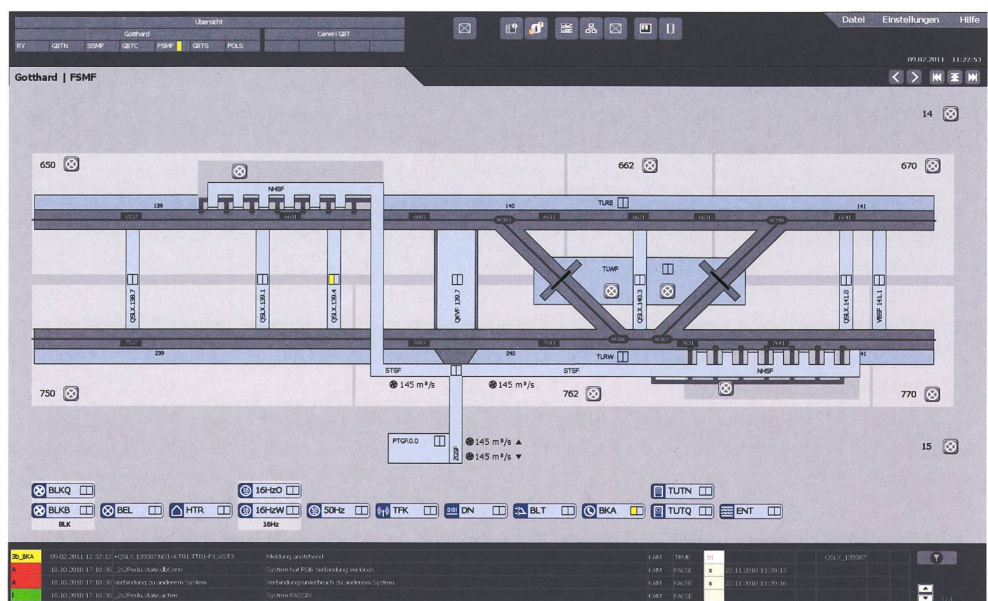


Bild 3 Multifunktionsstelle als Bedienoberfläche des Tunnelleitsystems.

anstehenden sowie quitierten Störungen. Benötigt er für die weitere Behandlung einer Störung Unterstützung, kann er die entsprechende Anweisungsliste anwählen. Dadurch erscheint eine Hilfestellung mit den auszuführenden Arbeiten in Form einer Schritt-für-Schritt-Anleitung inklusive Kontakten für eine mögliche intensivere Störungsbehebung. Die Tunnelleittechnik bietet dem Anwender weitere Werkzeuge wie z. B. ein schwarzes Brett, Objektnotizen, Infocenter oder die Überwachung der Tunnelreflexe.

Die verschiedenen Bilder sind sowohl auf der Grossbildanzeige als auch auf jedem einzelnen Arbeitsplatz abrufbar.

Verfügbarkeit

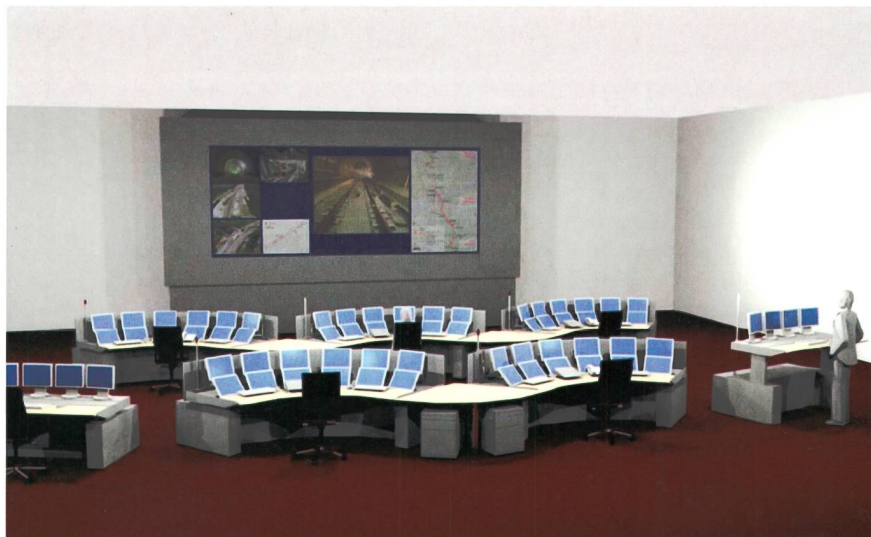
Um den einwandfreien Betrieb der Anlagen sicherzustellen, ist eine permanente Verfügbarkeit des Gesamtsystems unabdingbar. Hierfür erhält der Gotthard-Basistunnel am Süd- und Nordportal je ein in sich redundantes Tunnel-Control-Center (**Bild 4**).

Diese 2x2-Redundanz gewährleistet eine hohe Ausfallsicherheit: Fällt ein Rechner im südlichen Tunnel-Control-Center aus, übernimmt der zweite Rechner im südlichen Tunnel-Control-Center. Fallen beide Rechner im Süden aus, wird automatisch auf die Rechner im Norden umgeschaltet und damit der weitere Betrieb sichergestellt. Auch hier steht wiederum ein redundantes Rechnerpaar. Daher der Begriff 2x2-Redundanz. Natürlich besteht das gesamte Tunnelleitsystem mit seinen vielen Applikationen aus sehr viel mehr Rechnern – obiges Beispiel soll lediglich den Mechanismus der 2x2-Redundanz verdeutlichen.

Da die Redundanz der wichtigsten Systeme essenziell für die Verfügbarkeit des Gesamtsystems ist, beschränkt sich diese nicht auf die einzelnen Rechner, sondern betrifft alle Komponenten in der Kette: Angefangen bei einer doppelten Speisung aller relevanten Geräte, einem hochverfügbaren Datenkommunikationsnetzwerk (LAN, Switch, Router, Firewall etc.) über hochverfügbare Speichersysteme verteilt zwischen Süden und Norden bis hin zu redundanten Datenbanken. Dank diesen aufwendigen Massnahmen können die hohen Anforderungen an die Verfügbarkeit des Gesamtsystems gewährleistet werden.

Notfallszenarien

Eine besondere Bedeutung kommt den Notfallszenarien im Gotthard-Basis-



Siemens Schweiz AG

Bild 4 Vorschlag des künftigen Tunnel-Control-Centers mit Grossbildanzeige.

tunnel zu. Ausgangspunkt hierfür ist die Überwachung des Zugverkehrs durch die Bahnleittechnik.

Auftretende Störungen im Bahnbetrieb werden von der Bahnleittechnik detektiert und per «Tunnelreflex» an die elektromechanischen Anlagen kommuniziert. Diese leiten automatisch alle notwendigen Szenarien zur Ereignisbewältigung ein. So wird zum Beispiel die Ereignislüftung aktiviert, das Licht in der dem Ereigniszug am nächsten liegenden Nothaltestelle eingeschaltet und die Türen der jeweiligen Nothaltestelle geöffnet. Falls nötig sorgen weitere Aktivitäten dafür, dass Wasser aus dem Rückhaltebecken im Norden bzw. Süden entleert wird, um anschliessend verschmutztes Löschwasser aufnehmen zu können. Oder es wird die Belüftung der technischen Räume im Tunnel so umgestellt, dass keine verbrauchte Abluft die Anlagen schädigt. In solchen Notfallszenarien

übernimmt die Tunnelleittechnik die Überwachung der korrekten Abwicklung dieser Notfallprozeduren. Dazu startet sie eine Zeitkontrolle und verfolgt die einzelnen Schritte.

Nach den per Tunnelreflex ausgelösten Massnahmen muss der Notfall bewältigt werden. Dazu wird der Einsatzleiter vom Einsatzleitsystem – ebenfalls Teil des Tunnelleitsystems – unterstützt und geführt. Es ist das Hauptführungsinstrument im Ereignisfall und sorgt dafür, dass das Bedienpersonal durch den Fall geführt und bei der Bewältigung der Notsituation unterstützt wird. So können beispielsweise die richtigen Rettungskräfte, wie Polizei, Feuerwehr oder Sanität, alarmiert werden. Dank hinterlegten Szenarien und Checklisten werden Einsatzvorschläge unterbreitet, die angenommen oder verworfen werden können. Zudem ermöglicht es eine einfache Überwachung der Interventionsbereiche.

Résumé

Système de contrôle-commande des galeries dans le tunnel de base du Saint-Gothard

Surveillance automatisée dans le plus long tunnel ferroviaire du monde

Avec 57 km, le tunnel de base du Saint-Gothard qui est en train de naître entre Erstfeld et Bodio est le plus long tunnel ferroviaire du monde à ce jour. La mise en service commerciale du tunnel est programmée pour décembre 2016. Les systèmes électromécaniques sont pilotés par une commande centralisée, localisée dans le Tunnel Control Center : un poste de commandement depuis lequel sont assurés le contrôle et l'implémentation de tous les processus d'exploitation.

Un concept de maintenance global est nécessaire pour assurer que tous les systèmes soient parfaitement opérationnels en permanence. La planification centralisée des interventions d'entretien est garantie par le « Maintenance Management Tool » – l'un des composants du système de contrôle-commande des tunnels – qui intègre toutes les pièces d'installation montées, soumises à une maintenance, assorties de l'étendue des opérations nécessaires.

No

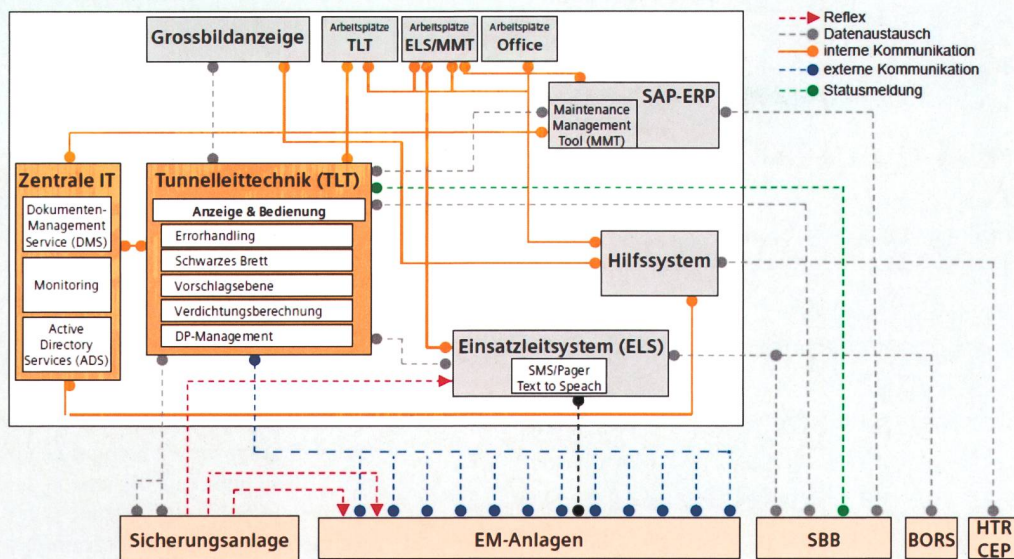


Bild 5 Systemübersicht des Tunnelleit-systems.

Unterhalt

In einem Eisenbahntunnel in der Grösse des Gotthard-Basistunnels werden sehr viele Komponenten von einer grossen Vielzahl von Lieferanten verbaut. Um die einwandfreie Funktionsfähigkeit aller Systeme dauernd sicherzustellen, ist ein weitreichendes Unterhaltskonzept nötig. Zur zentralen Planung der Instandhaltungsarbeiten dient – als weiterer Bestandteil des Tunnelleit-systems – das Maintenance-Management-Tool.

Hier sind alle verbauten Anlagenteile in instandhaltungsrelevanter, erforderlicher Tiefe erfasst. Das System weiss, wer der Lieferant der Bauteile ist, wo entsprechende Ersatzteile gelagert sind, welche Werkzeuge für einen Ersatzteilaustausch benötigt werden oder wo das passende Instandhaltungshandbuch zu finden ist. Treten an den elektromechanischen Anlagen der Tunnelleittechnik

Störungen auf, werden diese automatisch dem Maintenance-Management-Tool gemeldet und dienen als Basis für die Unterhaltsplanung. Nun können mittels des Maintenance-Management-Tools die anstehenden Arbeiten den verschiedenen Teams zugeordnet und deren Einsätze geplant werden. Voraussichtlich finden jedes Wochenende über ein Dutzend solcher Instandhaltungsaktivitäten statt.

Umfangreiche Tests

Das komplexe Tunnelleitsystem, hauptsächlich bestehend aus Tunnelleittechnik, Einsatzleitsystem, Maintenance-Management-Tool, der IT-Infrastruktur und dem umfangreichen Datenkommunikationsnetzwerk, wird frühzeitig und umfassend getestet, u.a. um Aufschluss über getroffene Systementscheide zu erhalten (Bild 5). Diese Tests finden auf verschiedenen Stufen statt:

Angefangen bei Modul- und Systemtests der einzelnen Systeme bei den Lieferanten, späteren Integrationstests mehrerer Systeme im gemeinsamen Labor bis hin zu gemeinsamen Tests vor Ort. Am Schluss findet ab Dezember 2013 ein halbjähriger Versuchsbetrieb in der Weströhre zwischen Faido und Bodio statt. Dafür wird diese Röhre mit sämtlichen notwendigen Anlagen fertig ausgerüstet. In diesem Versuchsbetrieb, in welchem auch mit den Zügen in die Röhre rein und raus gefahren wird, wird sich das Tunnelleitsystem punkto Verfügbarkeit und Bedienbarkeit das erste Mal beweisen müssen.

Angaben zum Autor



Dipl. El.-Ing. FH **Christoph Bommer** ist als technischer Projektleiter für die Umsetzung des Tunnelleitsystems zuständig. Er arbeitet seit 2003 bei der Siemens Schweiz AG Mobility. **Siemens Schweiz AG, 8304 Wallisellen, christoph.bommer@siemens.com**

Anzeige

Ich
erzeuge
Energie.



Wo fliesst Ihre Energie? Finden Sie's raus – Infos zum Einstieg bei der BKW-Gruppe gibt es unter:

www.bkw-fmb.ch/karriere

BKW®