

An lange Bahntunnel werden hohe Sicherheitsanforderungen gestellt. Als neue Lösung wurde im Gotthard-Basistunnel (57 km – längster Tunnel der Welt) die Tunnelleittechnik direkt mit der Bahnsteuerung verknüpft. Die Brückenfunktion wird dabei vom neuartigen System Tunnelautomatik Gotthard (TAG) übernommen. Dabei realisiert das neuartige System Tunnelautomatik Gotthard spezifische Funktionen zur Erfüllung der Sicherheitsanforderungen. Diese stammen aus den Bereichen Prävention, Früherkennung, Sofortmassnahmen und Ereignisbeherrschung.

1. Sicherheitskonzepte für lange Eisenbahntunnel

Die Eisenbahn ist generell ein sehr sicheres System. In langen Tunnel sind die Risiken im Vergleich zur offenen Strecke bedeutend höher, wie die tragischen Beispiele der Grossbrände im Mont-Blanc-Tunnel (1999), im Gotthard-Strassentunnel (2001) und im Simplon-Bahntunnel (2011) zeigen. Für den Gotthard-Basistunnel (GBT) wurde ein sehr hoher Aufwand betrieben, um die verlangte und erwartete Sicherheit zu garantieren. Die Topologie besteht aus zwei getrennten Einspurröhren, welche nach 1/3 bzw. 2/3 der Länge mittels Spurwechseln verbunden sind, und wo sich auch auf jeder Seite eine Nothaltestelle befindet.

Für die sichere Abwicklung des Betriebes im GBT wurden folgende fünf Grundprinzipien erarbeitet:

1. **Ereignisverhinderung (Prävention)**
Vermeiden von Unfällen, Störungen und Unregelmässigkeiten.
2. **Früherkennung**
Möglichst sofortiges Erkennen von Störungen und Unregelmässigkeiten, bereits bevor sie Schaden produzieren.
3. **Ausnahmемinderung**
Reduzieren der Auswirkungen von eingetretenen Ereignissen
4. **Selbstrettung**
Sicherstellen, dass bei einem Unfall oder im Gefahrenfall Personen rasch und selbständig an sichere Orte flüchten können.
5. **Fremdrettung**
Unterstützen bei der Evakuierung oder Rettung durch spezifische Dienste im Unglücksfall.

Basierend auf diesen Grundsätzen wurden Sicherheitsmassnahmen definiert, die in der TSI Safety in railway tunnels [SRT-TSI] festgehalten wurden. Diese teilen sich in 4 Bereiche auf:

- **Infrastruktur:** Getrennte Röhren; Beleuchtung und Markierungen für den Flucht- und Evakuationsfall; Sicherung der Kommunikationsinfrastruktur; erhöhte Anforderungen an Verfügbarkeit der Infrastruktur.
- **Rollmaterial:** Brandschutzmassnahmen; Überbrückung der Notbremse; Notlauf Eigenschaften.
- **Betriebliche Massnahmen:** Betriebsregeln bei Unregelmässigkeiten; Sicherungssystem inklusive Geschwindigkeitsüberwachung; spezielle Behandlung von Gefahrgütern.
- **Personal:** Regelmässige Schulungen und Übungen von Unfällen.

Mit diesen Grundsätzen und Massnahmen können die Sicherheitsstandards für den Eisenbahnbetrieb im GBT erreicht werden.

2. Rolle der IT-Systeme und deren Vernetzung

Aus diesen Grundsätzen und Massnahmen folgen in allen Bereichen der Betriebsabwicklung – sowohl im Normal- wie auch Ereignisbetrieb – spezifische Anforderungen wie die vollständige Prozesserfassung, die permanente Überwachung des Gesamtsystems oder die automatische Abwicklung der Sofortmassnahmen.

Diese Anforderungen sind nur mit massiver Unterstützung durch IT-Systeme umsetzbar. Auf offenen Bahnstrecken und in bestehenden Bahntunneln ohne erhöhte Sicherheitsanforderungen sind die sogenannten Sicherungs- und Automatisierungsanlagen im Einsatz. Die erhöhten Sicherheitsanforderungen in sehr langen Tunnel sind hingegen nur mit bidirektionalen Datenflüssen zwischen dem Bahnleitsystem und der Tunnelleittechnik zu erfüllen.

Das Bahnleitsystem (bestehend aus TAG und Ittis) steuert wie auf der offenen Strecke die Züge mittels der sicherheitskritischen Systeme. Zusätzlich besteht eine direkte Prozessschnittstelle zum übergeordneten Dispositionssystem.

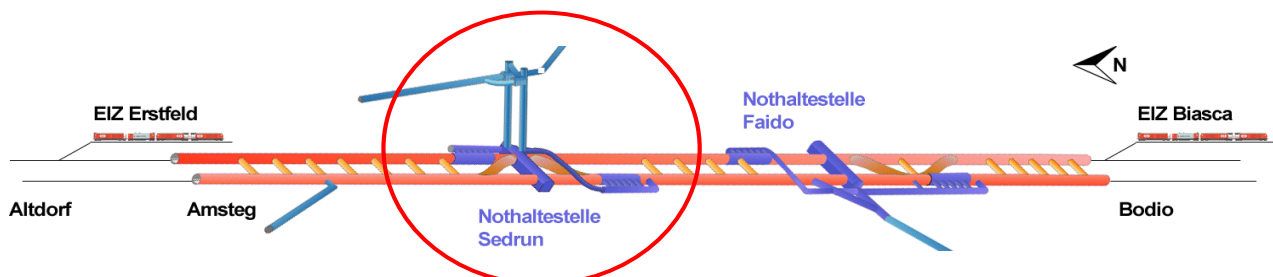


Abb 1 Gleistopologie des GBT mit Nothaltestellen

Zudem bestehen Schnittstellen zum Bahnstromleitsystem, zum Einsatzleitsystem (ELS) für den Ereignisfall, zu Telekom-Systemen für automatische Kommunikationsfunktionen und zur Einsatzzentrale des Zugkontrollenrichtungssystems (ZKE), um Heissläuferalarme und dergleichen in die Entscheidungsfindung im Ereignisfall mit einzubeziehen.

Mit dem Datenaustausch alleine lassen sich jedoch die hohen Sicherheitsanforderungen noch nicht erfüllen. Dafür ist eine neue Familie von Funktionen notwendig, welche mit diesem Gesamtsystem erst ermöglicht werden. Um dem Grundsatz der Früherkennung gerecht zu werden, ist die Überwachung des Zugverkehrs und aller beteiligter Systeme bedeutend ausgeprägter. Zusätzlich existieren spezielle Einschränkungen der betrieblichen Freiheitsgrade, um präventiv gar nicht erst in die Nähe heikler Situationen zu kommen.

Im Ereignisfall kann der Fahrdienstleiter korrekte und abgestimmte Massnahmen zur Evakuierung automatisch einleiten. Zudem versorgt TAG die Leitsysteme der Tunnelleittechnik mit Daten, so dass diese ihre eigenen, fachspezifischen Massnahmen ergreifen können; wie zum Beispiel das Einschalten eines bestimmten Lüftungsszenarios im Brandfall basierend auf der herrschenden Konstellation der Züge im Tunnel.

3. Beispiel der präventiven Anforderungen: Fahrweg-Konflikterkennung

Ein Beispiel einer präventiven Anforderung, das die Verwendung der umfangreichen Systemarchitektur aufzeigt, ist die sogenannte Fahrweg-Konflikterkennung (FWKE) mit Stopp vor Hindernissen. Die FWKE ist eine neuartige Funktion, welche die Steuerung der Züge direkt und systematisch mit Zuständen aus der Welt der Tunnelleittechnik verknüpft, und die wesent-

lich mithilfe die gestellten Sicherheitsanforderungen im GBT zu erfüllen.

Eine bekannte Vorstufe der FWKE ist die Überfüllverhinderung, welche dazu dient keine Situationen entstehen zu lassen, in denen kein Zug mehr vorwärts bewegt werden kann, weil zwei oder mehrere Züge sich gegenseitig blockieren. Dies wird als Deadlock bezeichnet. Während die Deadlock-Verhinderung für einfache Fälle bereits auf Stellwerkebene realisiert werden kann und hinreichend bekannt ist, vervielfachen sich im langen Tunnel die Schwierigkeiten.

Um Deadlocks im gesamten Tunnel wirksam zu verhindern, müssen sowohl Produktionsplan, Prozessabbild und Funktionsfähigkeit der Infrastruktur berücksichtigt werden. Damit der Fahrdienstleiter nicht unabsichtlich einen Deadlock produzieren kann, werden die geplanten Fahrwege der Züge mittels sogenannter richtungsabhängiger Sperren (RiAbhSp) vor dem Einstellen anderer Fahrstrassen geschützt. Dabei wird die Ablauffolge der Züge berücksichtigt.

Zu den kritischen und zu überwachenden Infrastrukturelementen zählen nicht nur direkt befahrene Elemente (Gleise und Weichen), sondern auch andere vitale Systeme, wie Stellwerk oder RBC, und deren Kommunikation dazwischen.

Sicherheit dank integrierten Systemen

Pro Zugfahrt durch den Tunnel werden zwischen den hier beschriebenen Teilsystemen tausende Daten von insgesamt hunderten Megabytes ausgetauscht. Dies unterstreicht den enormen Aufwand, der zur Erreichung der Sicherheitsziele unternommen wurde. Dank der modernen IT-Lösung kann der Bahnkunde die Fahrt durch den rekordlangen Gotthard-Basistunnel entspannt genießen.

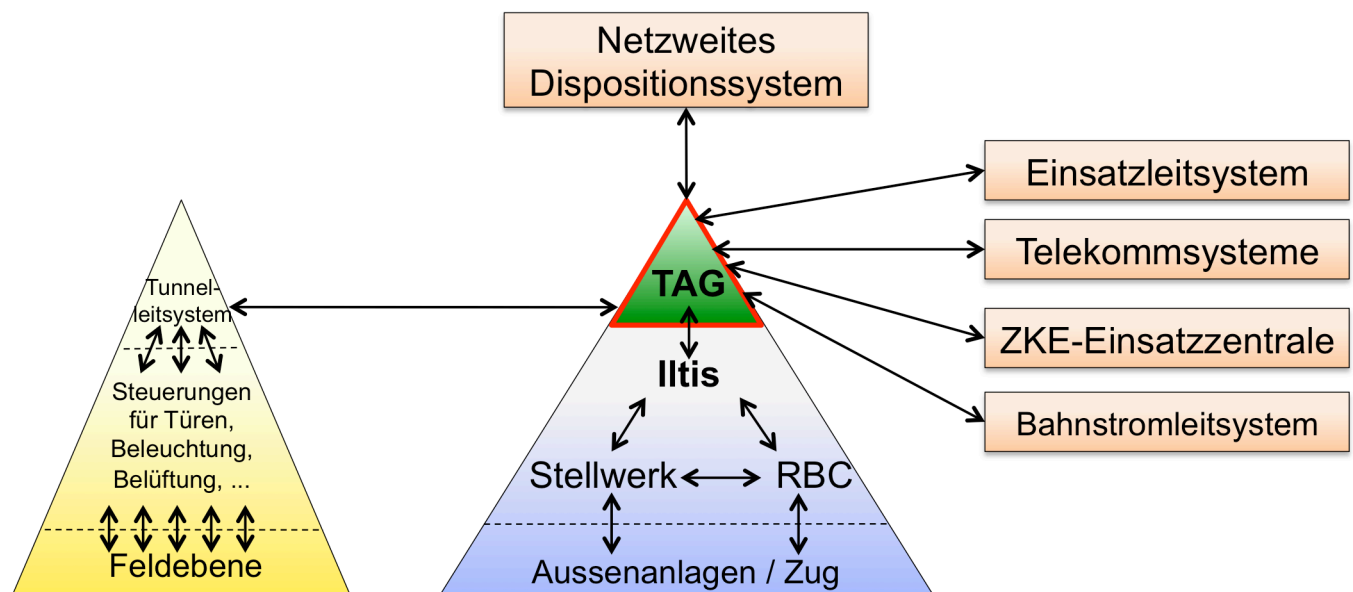


Abb 2 Systemarchitektur IT-Systeme GBT