Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse
Band: 95 (2004)
Heft: 1

Artikel: Sicherheit in Strassentunnels
Autor: Haltiner, Ernst W.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-857898

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: 14.09.2025

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

Sicherheit in Strassentunnels

Neuste Richtlinien erfordern den Einsatz von auf ATM-Plattformen basierenden Kommunikationsnetzen

Die verschiedenen Katastrophen in Tunnels der letzten Jahre führten zu massiven Verschärfungen der Tunnelausrüstungsrichtlinien und zum Einbau von wirkungsvollen Überwachungs-, Alarm- und Leitsystemen. Betroffen davon sind Beleuchtung, Lüftung, Video- und Ereignisdetektion, Verkehrsführung, Energieversorgung und unterbrechungsfreie Stromversorgung, aber auch Funk-, Notruftelefon- und Brandmeldeanlagen. Die stark gestiegenen Anforderungen können nur dank leistungsfähiger Breitbandkommunikationsplattform mit übergeordnetem Leitsystem bewältigt werden. Im vorliegenden Beitrag werden die nötigen Massnahmen am Beispiel des Autobahntunnels Girsberg/TG[1] vorgestellt.

Der Autobahntunnel Girsberg auf der Strecke Frauenfeld–Kreuzlingen–Landesgrenze wurde im November 2003 dem

Ernst W. Haltiner

Verkehr übergeben. Seine Ausrüstungen entsprechen den neuesten Standards, weshalb er heute zu den sichersten Strassentunnels der Schweiz zählt (Bild 1).

Gemäss Vorgaben müssen alle Daten und Betriebszustände des Girsbergtunnels in der kantonalen Einsatz- und Meldezentrale der Polizei in Frauenfeld sowie im Unterhaltungszentrum des Werkhofes der A7 zur Verfügung stehen. Für die Steuerung und Überwachung der Anlage wurde ein über 24 km langes Glasfasernetz gebaut, worüber LAN-Verbindungen[2] und TCP/IP[3] für ein übergeordnetes Leitsystem zur Verkehrsleitzentrale geführt werden. Für die Vernetzung der LAN-Verbindungen, aber auch der Telefonsysteme und der Videoüberwachung musste eine passende Kommunikationsplattform definiert werden. Die Wahl fiel dabei auf ATM (Asynchronous Transfer Mode), da damit der Transport von Daten, Sprache und Video auf einer gemeinsamen Plattform realisiert werden kann. Somit muss nur in eine Netztechnologie investiert werden.

Der Videomanagementserver (VMS[4]) konnte zudem zusammen mit dem ATM-Server integral realisiert werden. ATM ist skalierbar und für zukünftige Netzerweiterungen ein sicherer Standard. Zudem konnte mit ATM eine Netzstruktur von hoher Verfügbarkeit erstellt werden und die Netzressourcen werden optimal genutzt. Die in einem ATM-Netz definierten Schnittstellen und Subnetze können transparent[5] und voneinander getrennt konfiguriert werden, was im Falle des Projektes Girsbergtunnel/A7 von Wichtigkeit für den Planer[6] war (Bild 2).

Schnittstellen als Schlüsselstellen

Das Kommunikationsnetz muss einerseits das Videomanagement ermöglichen und die Codec-Schaltbefehle[7] des übergeordneten Leitsystems und der technischen Anlagen im Tunnel entgegennehmen können und andererseits in der Lage sein, Meldungen über den technischen Zustand der Anlagen und den Vollzug von Schaltaufträgen an das übergeordnete Leitsystem zu übermitteln. Zu diesem Zweck müssen geeignete leistungsfähige Schnittstellen vorgesehen werden.

Technisch gesehen handelt es sich dabei um TCP/IP-Schnittstellen – funktional werden Telegramme von und zum übergeordneten Leitsystem übertragen. Bild 1 zeigt die generelle Anlagenkonfiguration. Dabei lassen sich grundsätzlich drei verschiedene Schnittstellentypen definieren, nämlich LAN-Schnittstellen, Videoschnittstellen und E1-Schnittstellen[8] zur Nottelefonzentrale.

Im Falle der Girsberg-Tunnelanlage wurde eine Ethernet-10/100-Base-T-Schnittstelle[9] nach IEEE 802.3[10] gefor-

Quelle: IUB Ingenieurunternehmen, Bern.

Bild 1 Detailaufnahme Bildschirm mit Tunnelstreckenausschnitt

Breitbandkommunikationsnetz über Glasfaserkabel

Das Breitbandkommunikationsnetz vernetzt Anlagen und Dienste und stellt die ATM-Plattform für das Videomanagementsystem zur Verfügung:

- Technologie: ATM (Asynchron Transfer Mode)
- ATM-Dienste: native ATM, LAN, Voice, Video
- Knoten: 3
- Kontrollräume: 1 Unterhalt, 1 Polizei
- Videocoder: 36
- Videodecoder: 13
- Monitore: 2 bei Unterhalt, 15 bei der Polizei
- Vernetzungsart: Einfacher Ring

Hardware und Software:

- ATM Backbone: ASX 1000 von FORE Systems
- Ethernet interfaces: EdgeSwitches ES3810 von FORE
- NMS: PC-CSR für Codec
- Videocodec: CellStack Aurora
- Videokompression: MPEG-2
- VMS: Eigenentwicklung Steria

dert, um virtuelle LAN auf den ATM-Switchs[11] zu gewährleisten (siehe Kasten).

Um die Bandbreite im ATM-Netz effizient nutzen zu können, werden die Videosignale im Codec auf 11 Mbit/s komprimiert. Die Videoqualität muss mindestens einem Live-Video-Broadcastsignal – also einem PAL-Signal[12] mit 25 Bildern/s oder MP@ML 4:2:0 gemäss MPEG[13] – entsprechen. Als Komprimieralgorithmus wurden MPEG-2[13] vorgeschrieben. Bei Netzunterbruch darf die Konfiguration nicht verloren gehen und die selbständige Synchronisation der Codec innerhalb von zwei Sekunden zurück zum Betriebszustand ist gewährleistet.

Für die Sprachverbindungen der Nottelefonzentralen über das ATM-Netz stehen synchrone E1-Schnittstellen zur Verfügung, wobei zusätzlich der externe Clock[14] des 2-Mbit-Signals als Referenz übernommen wird.

Netzdimensionierung und Netzaufbau

Für das System A7/Girsbergtunnel wurden Trunkverbindungen[15] Tx/Rx STM-410[16] (2-Fasern), mit Ringstruktur, mit einer maximalen Übertragungskapazität von 650 MBit/s pro Ringseite definiert (Bild 3).

Momentan werden noch beide Ringseiten auf derselben Glasfaserstrecke geführt. Mit dieser Ausführung werden Ausfälle einer Trunkverbindung infolge Modulfehler verhindert. Unterbrüche der Glasfaserkabel haben jedoch den Gesamtausfall der betroffenen Strecke zur Folge. Sobald örtlich getrennte Glasfasertrecken zur Verfügung stehen, wird dieser Ring deshalb später «geöffnet», also örtlich getrennt geführt.

Massgeblich für die Netzdimensionierung waren in erster Linie die Anzahl Videosenken[17] im betroffenen Netz.

Für den gesamten Telegrammverkehr der angeschlossenen Anlagen ist ein VLAN mit 10 MBit/s ausreichend. In Bezug auf die Reaktionszeiten sind keine Probleme zu erwarten. Die Sprachverbindungen wurden mit E1-Verbindungen (2 MBit/s) realisiert. Mit den heute insgesamt vorhandenen 17 Videosenken wäre die Kapazität von STM-1 (OC3[18]) nicht ausreichend, so dass ein Netz mit STM-4 (650 MBit/s, OC12) gebaut wurde. Infolge der Ringstruktur stehen insgesamt 1,3 GBit/s Übertragungskapazität zur Verfügung, die jedoch beim Ausfall einer Ringseite (z.B. infolge Kabelriss, Moduldefekt) auf 650 MBit/s zurückfallen können. Der bestehende STM-4 Ring könnte bei entsprechendem Bedarf später sogar auf STM-16 erweitert werden.

Alternativ oder zusätzlich könnten auch die Videokanäle mit einer niedrigeren Priorität konfiguriert werden, so dass im Störungsfall (Unterbruch einer Glasfaser) die TCP/IP-Verbindungen bestehen bleiben und nur einzelne Videoanzeigen ausfallen.

Von den Planern des ATM-Netzes wurde gefordert, dass der Hersteller die Verfügbarkeit von mindestens 0,995 für die gesamte Anlage[19] folgendermassen garantieren können muss:

- Verfügbarkeit der Netzschnittstellen
- Verfügbarkeit der transparenten Übertragung auf der ATM-Plattform
- Verfügbarkeit der Funktion Videomanagementserver
- Verfügbarkeit Coder–Übertragung–Decoder (über die gesamte Strecke).

Die Verfügbarkeit einer Glasfaser kann dabei mit einem Tag Ausfall innerhalb von sechs Jahren angenommen werden, wobei insbesondere Beschädigungen durch äussere mechanische Einflüsse im Vordergrund stehen.

Videomanagementsystem

Mit dem Videomanagementsystem werden im ATM-Kommunikationsnetz Videoverbindungen von Quellen (Kameras, Speichermedien) zu Senken (TV-Bildschirm, PC-Monitore) geschaltet.

Die Schaltungen werden entweder vom übergeordneten Leitsystem (mittels Browser) oder von einer Tunnelanlage (mittels Telegramm) ausgelöst. Zusätzlich können auch direkt mit dem VMS-Terminal Schaltungen durchgeführt werden. Bei direkten Schaltungen mit dem VMS geschieht die Befehlseingabe über die Tastatur. Im VMS ist eine Matrix abgelegt, in der die gemäss eingetroffenem Telegramm auszuführende nützliche oder

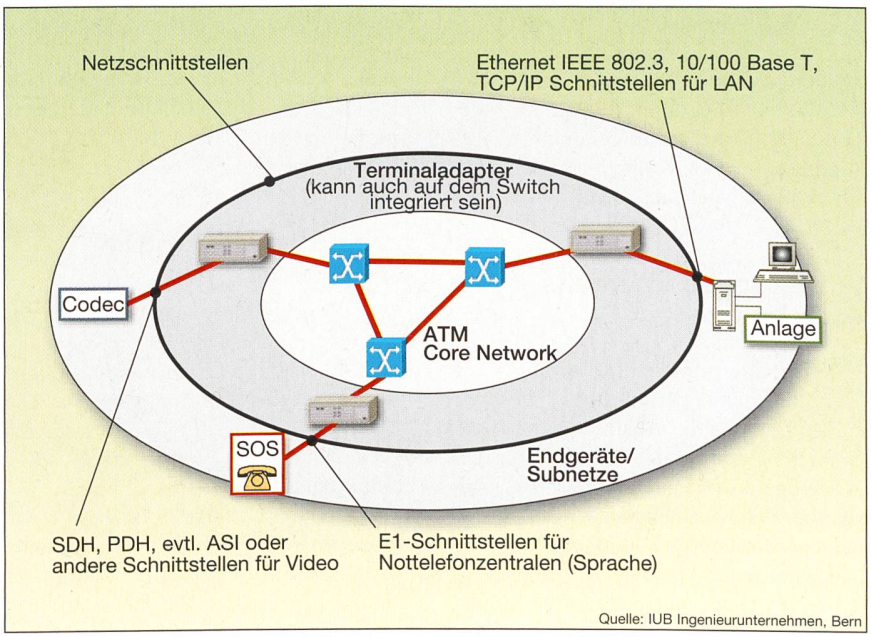

Bild 2 Einsatzzentrale Autobahnnetz Thurgau mit Streckenschema und Videokameras

erforderliche Videoschaltung zugewiesen und abgespeichert werden kann. Diese Video-Schaltmatrix ist über die Browserschnittstelle vom übergeordneten Leitsystem aus frei konfigurierbar. Es sind Einzelschaltungen (Punkt-Punkt, beispielsweise von einer Kamera zu einem Kontroll-Bildschirm), Gruppenschaltungen (Punkt-Mehrpunkt, wie etwa von einer Kamera an Bildschirme in verschiedenen Räumen) und Sequenzen (gleichzeitige Darstellung zeitlicher Abfolgen von Vorgängen auf verschieden Videosignalempfängern) konfigurierbar (Bild 1).

- Bei einer Branddetektion wird beispielsweise von der Brandmeldeanlage ein Telegramm an den VMS geschickt. In diesem Telegramm wird angegeben, in welchem Bereich der Brand detektiert wird. In der im VMS abgelegten Matrix ist definiert, welche Kameras den betroffenen Bereich abdecken und auf welche Monitore diese Kameras zu schalten sind. Die ATM-Schaltbefehle werden von der Matrix ausgelöst und dem übergeordneten Leitsystem anschliessend bestätigt.
- Wird etwa ein Feuerlöscher aus der Halterung entfernt, wird von der Sicherheits- und Nebenanlage ein Telegramm an den VMS geschickt. In diesem Telegramm wird angegeben, welcher Feuerlöscher entnommen wurde. In der Matrix im VMS ist festgelegt, welche Kameras den betroffenen Bereich abdecken und auf welche Monitore diese Kameras zu schalten sind.
- Schliesslich können auch Ereignisse wie beispielsweise stehende Fahrzeuge, Rauch oder Brand durch die Videozentrale detektiert werden. Von der Tunnel-Videozentrale (eine zweite Zentrale befindet sich in der Überwachungszentrale in Frauenfeld) wird dann ein Telegramm an den VMS geschickt. In diesem Telegramm ist angegeben, welche Kamera das Ereignis detektiert hat.

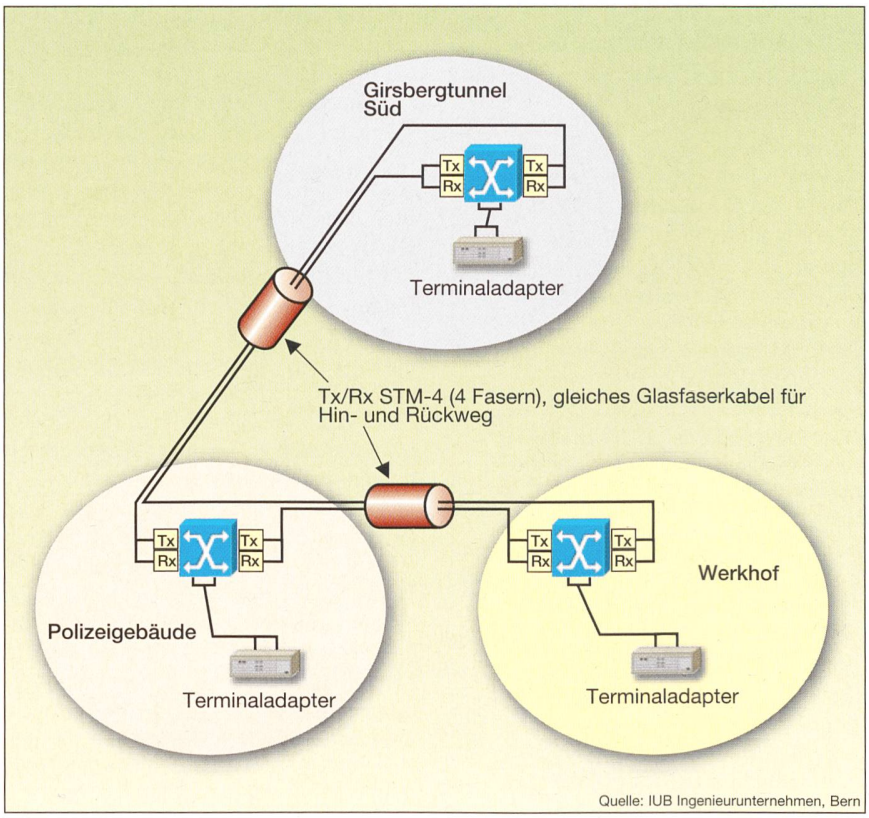

Bild 3 Netzstruktur für die Datenübertragung
Für die beiden Ringseiten Polizeigebäude–Girsbergtunnel Süd und Polizeigebäude–Werkhof wird zurzeit das gleiche Glasfaserkabel verwendet

Umfassende Sicherheitsvorkehrungen

Neben der Verkehrssteuerung, den Brandmeldeanlagen und der Belüftungsanlage mit Strahlventilatoren verfügt der Girsbergtunnel der A7 auch über tief liegende und nachleuchtende Fluchtwegsignale, Brandnotleuchten und Leiteinrichtungen mit Leuchtdioden beidseits der Fahrbahn. Die Löschwasserversorgung ist durch Hydranten gewährleistet, die sich im Abstand von jeweils 150 m befinden. Ebenfalls alle 150 m sind SOS-Nischen. In ihnen und in den alle 300 m eingerichteten Fluchtstollen sind Notruftelefonanlagen installiert.

Stehende Fahrzeuge, Rauch und Brand werden durch die Video-Überwachungsanlage detektiert, die diese Ereignisse automatisch in die Notzentrale meldet. Sämtliche Daten, Bilder und Signale werden über Glasfaser-Kabel in die kantonale Notrufzentrale in Frauenfeld übertragen. Erwähnenswert ist schliesslich auch die Tunnelbesprechungsanlage via Autoradio, über welche die Polizei verfügt.

Anspruchsvolle Projektplanung

Die Projektierung von ATM-Kommunikationsnetzen mit übergeordnetem Leitsystem stellt eine anforderungsreiche Aufgabe für den beauftragten Planer dar. Nebst den generellen Anforderungen über Sicherheit, Verfügbarkeit, Gebrauchstauglichkeit und Lebensdauer müssen anspruchsvolle Teilbereiche wie Netzschnittstellen, Netzdimensionierung, Hardwaremodule, Standards, Adressverwaltung, Schulung, Betrieb und Wartungsbereiche eindeutig definiert bzw. vorgeschrieben werden.

Bei dem in diesem Beitrag vorgestellten Projekt des A7/Girsbergtunnel stand zudem nicht viel Zeit zur Verfügung: die Vorprojektarbeiten begannen im Juli 2001 und die Eröffnung der Autobahntunnelstrecke war auf November 2002 geplant. Erschwerend kam hinzu, dass bei Beginn der Planung keine Kommunikationsplattform verwendet werden konnte, die den gestellten Anforderungen gerecht wurde. Der seit November 2002 durch den Tunnel rollende Verkehr wird über das übergeordnete Leitsystem im Zentrum Frauenfeld überwacht.

Angaben zum Autor

Ernst W. Haltiner, El.-Ing. HTL, war unter anderem in leitenden Funktionen in der Eisenbahntechnik und in Energie- und Versorgungsunternehmen tätig. Seit 15 Jahren ist er selbständiger, beratender Ingenieur in Energie- und Umweltfragen.
9450 Altstätten, ernst@haltiner.ch

[1] Letztes Teilstück der Autobahn A7 von Kreuzlingen (Schwaderloh) bis zur deutschen Grenze. Der Girsbergtunnel besteht aus 2 Röhren von je 1,750 km Länge (Lichtraumprofil: 7,75 m × 4,50 m Höhe). Das Längsgefälle liegt zwischen 3,2% und 5,5%. Die Bauzeit lag zwischen Mai 1998 und November 2002. Die Gesamtkosten für den Tunnel belaufen sich auf etwa 111 Mio. Franken.
[2] LAN: Local Area Network
[3] TCP/IP: Transmission Control Protocol/Internet Protocol. Seine wichtigsten Eigenschaften: zuverlässige

Übertragung (vollständig, korrekt und sequenzgerecht) erstellt; Verbindung für den Anwender transparent und «gleichzeitig» in beide Richtungen aktiv; gleichzeitig parallel laufende Verbindungen möglich; Übertragung ist verbindungsorientiert: die Verbindung muss zuerst aufgebaut und am Schluss wieder abgebaut werden; Verbindung wird von TCP überwacht; Fehlerhafte Pakete werden solange wiederholt, bis sie korrekt angekommen sind; Störungen werden der Anwendung gemeldet; der Anwendung werden nicht nur einzelne Pakete, sondern der vollständige Datensatz übergeben.

[4] Videomanagementserver (VMS): Dieser Server verwaltet und konfiguriert das gesamte Videomanagementsystem samt der zugehörigen Software.

[5] Transparent: das Signal (Audio- oder Videosignale) erreicht das Streckenende unverfälscht und in jeder Beziehung unverändert.

[6] Die Planungen wurden durch die IUB Ingenieur-Unternehmung AG Bern, 3005 Bern, www.iub-bern.ch, durchgeführt.

[7] Codec: Ein Coder-Decoder wandelt und komprimiert Video «analog-digital-analog».

[8] E1: Schnittstelle mit 2,048 MBit/s. Entsprechend gelten für E2 8,448 MBit/s und für E3 34,368 MBit/s.

[9] Ethernet: Protokoll für LAN 10/100 Mbps

[10] IEEE 802.3: Dieser Standard spezifiziert Netze mit Bustopologie, CSMA/CD-Zugriffsverfahren und Übertragungsgeschwindigkeiten zwischen 1 und 100 MBit/s.

[11] ATM-Switch: Knotenpunkt für den ATM; regelt den Daten-Netzverkehr.

[12] PAL: Phase Alternation Line. Deutsche Videonorm, 768 × 576 Punkte.

[13] MPEG: Motion Picture Experts Group. Komprimierverfahren für Video. MPEG-2 kann gegenüber MPEG-1 besser mit dem beim Fernsehen eingesetzten Zeilensprungverfahren (Interlace) umgehen. MPEG-2 etablierte sich zu einem Broadcast-Standard. «MP@ML 4:2:0» bedeutet: Main Profil Main Level als genormte Definition der Komprimierqualität.

[14] Clock: der Zeitgeber sorgt für einen über die ganze Anlage einschliesslich des anschliessenden Netzes einheitlichen Systemtakt und zeitliche Synchronisation der Signale.

[15] Teilnehmeranschlussleitungen am Switch werden als Lines bezeichnet, die Verbindungen zwischen den Switches als Trunks. Trunks weisen mit üblicherweise 2 MBit/s (dies entspricht etwa 30 Sprachkanälen) höhere Kapazitäten auf als Lines (z.B. 64 kBit/s). Zwischen zwei Switches können ganze Trunkbündel geschaltet sein.

[16] STM-4: Synchronous Transport Module (im Normalfall STM-1, STM-4, STM-16 und STM-64). 4,4 x STM-1 = 620 MBit/s. Die Buchstaben T und R bedeuten Transmitter (T) und Receiver (R). Die Zahlenangabe bezieht sich auf die Bit-Rate. Synchrone digitale Hierarchie (SDH):
– 51,84 Mbit/s
STM-1: 155,52 Mbit/s
STM-4: 622,06 Mbit/s
STM-16: 2488,32 Mbit/s
STM-64: 9953,28 Mbit/s.

[17] Senke: geläufiger Ausdruck in der Videobranche für die Auskupplungsstelle des Videosignals (nicht zu verwechseln mit «Empfänger»).

[18] OC3: Optical Carrier Level 3. Spezifikation für ein 155-MBit/s-Datenmedium im Rahmen des internationalen Hochgeschwindigkeits-Netzstandards SONET (Synchronous Optical Network) für Übertragungen ab 44 Mbit/s. Detailangaben über Level, die sich auf die Bit-Raten beziehen, sind den entsprechenden Normen zu entnehmen. Beispielsweise Level 1: 44 Mbit/s.

[19] Die Verfügbarkeit bezieht sich auf das ganze System. Die Verfügbarkeiten der einzelnen seriellen Komponenten sind definitionsgemäss entsprechend höher.

Sécurité des tunnels routiers

Les directives les plus récentes exigent l'utilisation de réseaux de communication à base de plates-formes ATM

Les diverses catastrophes survenues ces dernières années dans les tunnels ont fait apparaître de nouvelles directives beaucoup plus rigoureuses sur les équipements de tunnels et ont abouti à l'installation de systèmes efficaces de surveillance, d'alarme et de contrôle-commande. Ceci concerne l'éclairage, la ventilation, la surveillance vidéo, la détection d'événements, la gestion du trafic, l'alimentation en énergie et l'alimentation sans coupure mais aussi les installations radio, de téléphone d'urgence et de détection incendie. Ces exigences fortement accrues ne peuvent être satisfaites qu'au moyen d'une plate-forme performante de communication à large bande avec système supérieur de contrôle-commande. L'article présente les mesures nécessaires à l'exemple du tunnel autoroutier de Girsberg en Thurgovie.