

Anwenderbericht



Funk- und Datenverbindungen zwischen den Stellwerken des Schienennetzes der Matterhorn Gotthard Bahn.





Ein mit Leitungskarten bestückter Baugruppenträger UMUX 1500 (Hintergrund Riehlerenbrücke Andermatt-Realp, Quelle: Matterhorn Gotthard Bahn)

Mit Sicherheit in der Spur

Mit Systemtechnik von KEYMILE steuert und überwacht die Matterhorn Gotthard Bahn die Funk- und Datenverbindungen zwischen den Stellwerken ihres Schienennetzes. Eine zentrale Rahmenbedingung: Die dazu eingesetzten Produkte müssen alle Vorgaben der anspruchsvollen Sicherheitsanforderungen des Schweizer Bundesamtes für Verkehr erfüllen.

Wie aus dem Bilderbuch verkehren die Meter-spurzüge der Matterhorn Gotthard Bahn durch die Berglandschaften der Schweiz. Ausgangspunkt ist Zermatt. Von Matterhorndorf aus führt die Strecke durch das Mattertal und anschließend durch das Rhonetal nach Brig. Weiter geht es durch Goms in den Kanton Uri. Auf dem Oberalppass, 2033 Meter über dem Meeresspiegel, erreicht die Bahnlinie den höchsten Trassenpunkt. Die Endstation der Matterhorn Gotthard Bahn wird in Disentis mit direktem Anschluss an die Rhätische Bahn erreicht. Die Züge legen eine Strecke von rund 144 Kilometern zurück, fahren durch 29 Tunnel, 20 Galerien und über 60 Brücken.



Auf einen Blick: Der Streckenplan der Matterhorn Gotthard Bahn. (Quelle: Matterhorn Gotthard Bahn)

Von Visp nach Zermatt: So begann Ende des 19. Jahrhunderts mit vier Dampflokomotiven, zehn Personen- und neun Güterwagen die Erfolgsgeschichte der Zermatt-Schmalspurbahn. Die heutige Matterhorn Gotthard Bahn entstand im Jahr 2003. Damals schlossen sich die BVZ Zermatt-Bahn AG und die Furka Oberalp Bahn AG zu einem gemeinsamen Bahnunternehmen zusammen.

Unter dem Dach der Matterhorn Gotthard Bahn arbeiten drei Gesellschaften: Die Matterhorn Gotthard Verkehrs AG (zuständig für den gesamten Bahnbetrieb), die Matterhorn Gotthard Infrastruktur AG (Fahrbahn und Fahrleitungen, Betriebsleitstellen, Bahnhofanlagen und die Werkstätten für technische Dienste) sowie die Matterhorn Gotthard Managementgesellschaft als Arbeitgeber für die rund 530 Mitarbeitenden. Das Bahnunternehmen betreibt heute Züge zwischen Zermatt-Brig-Disentis und Andermatt-Göschenen. Die Züge legen eine Strecke von rund 144 Kilometern zurück, fahren durch 29 Tunnel und 20 Galerien und überqueren 60 Brücken. Es befördert pro Jahr rund 6,5 Millionen Fahrgäste und 100000 Tonnen Güter mit 462 Schienenfahrzeugen durch 47 Bahnhöfe und Haltestellen.

Kommunikationstechnologie überwacht das Schienennetz

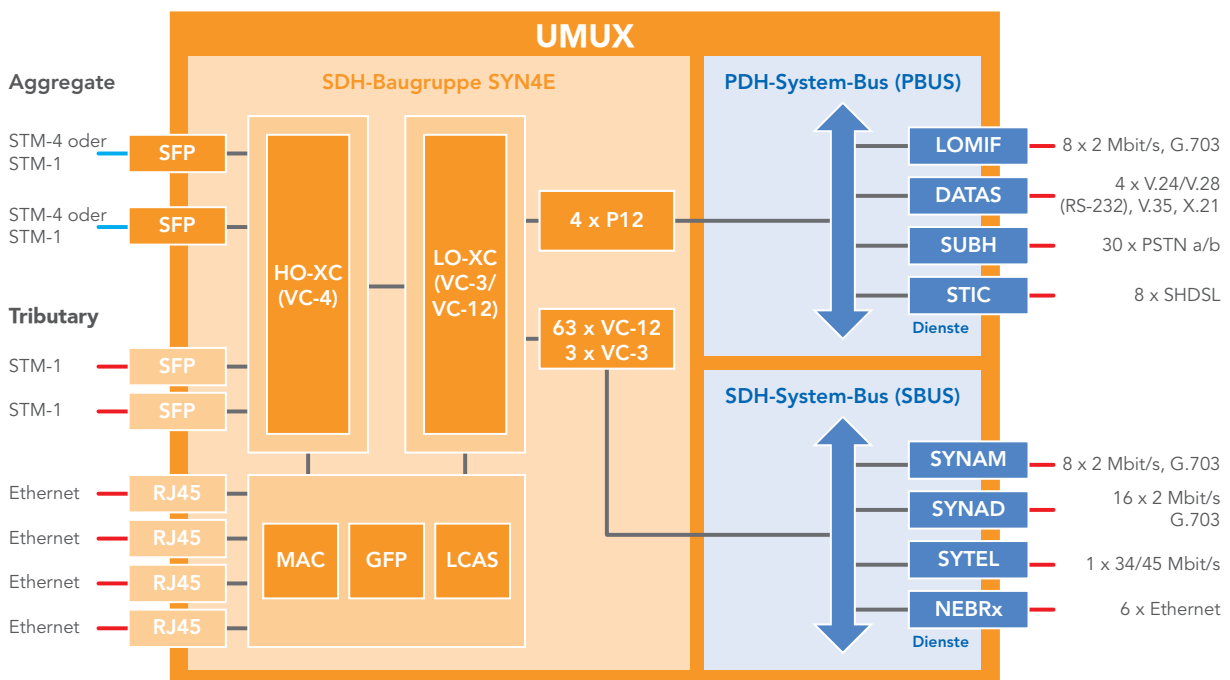
Durch eine kontinuierliche betriebswirtschaftliche Optimierung ist bei der Matterhorn Gotthard Bahn in den letzten Jahren der Bedarf an Automatisierung und damit der Fernsteuerung von Stellwerken ständig gestiegen. Für diese Aufgabe werden Datenübertragungs-Plattformen benötigt, die alle Vorgaben und Sicher-

heitsanforderungen der Aufsichtsbehörde – in der Schweiz: Bundesamt für Verkehr (BAV) – erfüllen müssen.

Für ihre Telekommunikations-Dienste nutzt die Matterhorn Gotthard Bahn die UMUX-Plattform von KEYMILE. UMUX ist ein Multi-Service-Zugangssystem, das umfangreiche Datendienste zur Verfügung stellt. Über 60 dieser Systeme sind im Einsatz und werden für eine Vielzahl an Telefonie, Funk- und Datenverbindungen eingesetzt. Eine zentrale Netzmanagementlösung überwacht proaktiv alle eingesetzten Systeme. Jede Störung kann somit rasch lokalisiert, die Ursache eingegrenzt und die zielführenden Maßnahmen zur Störungsbehebung eingeleitet werden. Wird zusätzliche Unterstützung benötigt, kann die Matterhorn Gotthard Bahn auf den Remote-Support von KEYMILE zurückgreifen, der im Bedarfsfall Zugang zum Netzwerkmanagement-System vor Ort hat.

dem Lieferanten des Leitsystems durchgeführt. Die Entscheidung für das UMUX-Netz erfolgte, gemäß den Spezifikationen des Leitsystem-Herstellers Siemens, direkt durch die Matterhorn Gotthard Bahn.

Das Release ILTIS R40 setzt auf der Ebene der Vernetzung der Stellwerke auf reine Internet-Protokoll (IP)-Verbindungen auf. Jedes Stellwerk ist mit je zwei 4-Mbit/s-Ethernet-Verbindungen im Punkt-zu-Punkt-Betrieb mit dem zentralen Stellwerk-Rechner in Brig-Glis verbunden. Diese Verbindungen sind durch einen redundanten Pfad geschützt. Im Fehlerfall, zum Beispiel bei Glasfaserausfall, wird innerhalb von Millisekunden auf den zweiten Pfad umgeschaltet. Für diese Art von Verbindungen sind die Richtlinien des „geschlossenen Datenübertragungsnetzes“ gemäß der europäischen Norm EN 50159-1 einzuhalten. Zentraler Punkt dabei ist die Rückwirkungsfreiheit: Es muss nachgewiesen werden, dass innerhalb des Datenüber-



Das Blockdiagramm der UMUX SYN4E-Baugruppe.

Die Planungen für die Glasfaservernetzung erster Stellwerke mit dem neuen Release R40 des Integrierten Leit- und Informations-Systems (ILTIS) von Siemens begannen 2007. Dabei ging es darum, die Stellwerke Andermatt und Göschenen mit dem Stellwerk-Rechner in Brig-Glis zu verbinden. Das Plangenehmigungs-Verfahren wurde durch die Matterhorn Gotthard Bahn in enger Zusammenarbeit mit

tragungssystems benachbarte Datenleitungen keinen Einfluss auf die ILTIS-Verbindungen nehmen. Durch diese Maßnahme und Fehlerkorrektur-Mechanismen auf höheren Layern kann ausgeschlossen werden, dass im ungünstigsten Fall ein fehlerhaftes Bit zum Beispiel ein Signal von rot auf grün umstellen könnte.

KEYMILE implementierte diese Anwendung mit der SDH-Technologie (Synchronous Digital



Matterhorn Gotthard Bahn beim Nättschen, Andermatt-Oberalp pass (Quelle: Matterhorn Gotthard Bahn)

Hierarchy). In fest verschalteter, leitungsvermittelter Art (Virtueller Container VC) werden die Pfade mit zweimal 2 Mbit/s (zweimal VC-12 pro Verbindung) realisiert. In der SDH-Datenstruktur werden dazu zweimal VC-12 virtuell miteinander verbunden, so dass insgesamt eine Datenrate von 4 Mbit/s vorhanden ist. Diese Datenrate übertrifft deutlich die für diese Kommunikation benötigte Datenübertragungskapazität, da für die ILTIS-Anwendung nur einige 100 kbit/s übertragen werden.

Die realisierte Datenübertragungskapazität von 622 Mbit/s wird dabei von ILTIS nur im Promille-Bereich belegt. Durch die Zulassung EN 50159-1 ist es möglich, die freien Übertragungskapazitäten für weitere Datenverbindungen – sicherheitsrelevant oder nicht-sicherheitsrelevant – zu nutzen. Aus funktionaler Sicht wird die Time-Division-Technik (PDH/SDH) wie viele einzelne, unabhängige Datenverbindungen betrachtet. Bahnbetreiber schätzen es sehr, wenn das „knappe und kostbare Gut“ Glasfaser für möglichst viele Verbindungen verwendet werden kann. Die einzige Alternative wäre der Einsatz von vielen Glasfaser- und Kupferverbindungen im Punkt-zu-Punkt-Betrieb.

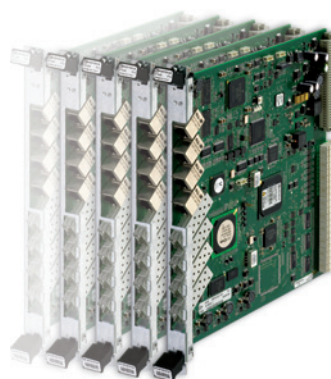
Ein weiteres Merkmal kennzeichnet die Datenübertragungsplattform UMUX: Sie bietet aus einer System-Einheit neben den Transport-Schnittstellen auch alle Benutzer-Schnittstellen an, wie Analog-Funk (2-/4-Draht mit E&M-Signalisierung, digitale Funksysteme (GSM-R, Ethernet/IP), Datenschnittstellen (alle V- und X-Schnittstellen), Bus-Systeme (Ethernet, RS-485), Sprach-Schnittstellen (analog, ISDN, VoIP) und alle weiteren Ethernet/IP basierten Systeme (Kunden-Info-Systeme, Billetautomaten, etc.).

Andere Lösungsansätze verwenden für den gleichen Einsatz drei oder mehr Systemtechniken: SDH-Datentransport-Plattform, Switch/Router-IP-Plattform und Konverter für klassische

Schnittstellen (oder auch UMUX mit reduzierter Bestückung für diese Schnittstellen-Wandlung) mit entsprechend höherer Komplexität für den Betrieb.

IP-Datenübertragung auf der Strecke ohne Router und Switches

Schlüsselement ist die speziell für diese Anwendung entwickelte Datenübertragungsbaugruppe SYN4E. Bewusst wurde auf den Einbau von Switches/Routern verzichtet, um den Nachweis der Rückwirkungsfreiheit erbringen zu können. SYN4E steht für SDH-Übertragung mit STM-4 inklusive eingebauten Punkt-zu-Punkt-Ethernet-Schnittstellen (STM: Synchronous Transport Module).



Die Baugruppe SYN4E bietet neben den SDH-Schnittstellen vier elektrische Ethernet-Ports (10/100/1000BaseT), die mit Ethernet-over-SDH direkt auf SDH gemappt werden.

Diese eingesetzte Baugruppe bietet neben den SDH-Schnittstellen auch gleich vier elektrische Ethernet-Ports (10/100/1000BaseT), die mit Ethernet-over-SDH direkt auf SDH gemappt werden. Zur Umsetzung von SDH auf Ethernet kommen die neuen Generic-Framing-Procedure (GFP)- und Link-Capacity-Adjustment-Scheme (LCAS)-Protokolle zum Einsatz, die im

Markt auch als „Next Generation SDH“ bezeichnet werden. Dadurch ist ein effizientes Mapping der Ethernet-Frames möglich und gleichzeitig können die geschätzten schnellen Umschaltzeiten im Fehlerfall auf den redundanten Pfad der SDH-Technik genutzt werden. Die Matterhorn Gotthard Bahn kommt so auf den teilweise über 100 km langen Verbindungen ohne Router und Switches aus, und die Anforderungen der Nichtbeeinflussung anderer Daten sind vollständig umgesetzt.

Eine zusätzliche Herausforderung für diese Netzwerkverbindungen war der temporäre Glasfaser-Engpass im Furkatunnel. Für den Hauptpfad und den zweiten Pfad konnte nur je eine Glasfaser (nicht ein Glasfaser-Paar) zur Verfügung gestellt werden. Erschwerend kam hinzu, dass ein einzelner Streckenabschnitt über 40 km lang ist. Um diese Strecke zu überbrücken, wurde die STM-4-Datenübertragung mit leistungsfähigen Small-Form-Factor-Pluggable (SFP)-Modulen realisiert, die Senden und Empfangen über eine einzige Glasfaser ermöglichen. Diese so genannten Bi-directional SFP's (Bidi-SFP) verwenden nur eine Glasfaser und senden/empfangen die Daten in unterschiedlichen Wellenlängen.



Die Bi-directional SFPs verwenden nur eine Glasfaser und senden/empfangen die Daten in unterschiedlichen Wellenlängen.

Für Senden (Tx) wird 1310 nm verwendet, für Empfangen (Rx) wird 1550 nm eingesetzt (in Gegenrichtung entsprechend umgekehrt). Mehrjährige Erfahrungen aus anderen Netzen zeigen, dass diese Bidi-SFP-Technologie auch für solch hochverfügbare Datenkommunikation eingesetzt werden kann und dadurch die Glasfaser-Ressourcen optimiert werden können.

Ein Manko, mit dem die derzeitige Implementation leben muss: Der Hauptpfad und der redundante Pfad müssen auf einem bestimmten Streckenabschnitt im gleichen Kabelkanal

geführt werden. Eine Alternative wäre das Verwenden einer Glasfaser oder einer transparenten Punkt-zu-Punkt-Datenverbindung (zum Beispiel STM-1, 155 Mbit/s) eines anderen Netzbetreibers, um den Umweg über einen vollständig unabhängigen Pfad realisieren zu können. Bis jedoch eine solche Variante implementiert werden kann, weist die realisierte Lösung durch den redundanten Pfad dennoch eine höhere Gesamtverfügbarkeit als eine reine Stichenbindung ohne redundanten Pfad auf.



Matterhorn Gotthard Bahn beim Oberalpee
(Quelle: Matterhorn Gotthard Bahn)

Die Matterhorn Gotthard Bahn erteilte den Auftrag für das geschlossene Datenübertragungsnetz im Mai 2008. Nach der Installation im Juli 2008 konnte im August 2008 das Netz für das Aufsetzen der Applikation an den Stellwerk-Lieferanten und den Bahnbetreiber übergeben werden. Die gesamte Stellwerkverbindung wurde im November 2008 in Betrieb genommen. In diesem rund einjährigen Betrieb wurde bisher keine Unterbrechung der Datenübertragung registriert und die Matterhorn Gotthard Bahn ist mit der eingesetzten Lösung sehr zufrieden. In den nächsten Jahren wird die Matterhorn Gotthard Bahn kontinuierlich weitere Stellwerke auf Fernsteuerung umstellen. Zusätzliche Stationen können mit UMUX nachgerüstet respektive die bereits bestehende UMUX-Baugruppe nachbestückt werden und so mit wenig Aufwand in die gesamte Stellwerk-Kommunikation integriert werden.

Herausgeber

KEYMILE GmbH
Wohlenbergstraße 3
30179 Hannover, Deutschland

Telefon +49 511 6747-0
Fax +49 511 6747-450
Internet www.keymile.com
E-Mail info@keymile.com