

**Zeitschrift:** bulletin.ch / Electrosuisse

**Herausgeber:** Electrosuisse

**Band:** 102 (2011)

**Heft:** 1

**Artikel:** Neue Kommunikationstechnik für EVUs

**Autor:** Graf, Markus

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-856773>

### 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:** 17.02.2026

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

# Neue Kommunikationstechnik für EVUs

## Möglichkeiten und Herausforderungen von MPLS-Kommunikationsnetzen

Kommunikationsnetze spielen bei EVUs eine zentrale Rolle, denn seit Jahrzehnten setzen diese für die Übertragung ihrer betriebsnotwendigen Dienste wie Zählung, Schutz, Fernwirkechnik eigene Kommunikationssysteme ein. Lichtwellenleiter eröffnen EVUs neue Möglichkeiten: Beispielsweise lassen sich heute Kommunikationsnetze basierend auf MPLS-Technologie realisieren. Diese bieten zwar Herausforderungen, können aber auch grossen Nutzen bringen.

Darum müssen alle Punkte beim Aufbau, bei der Einführung und des Betriebs eines EVU-Kommunikationstransportnetzes analysiert und entsprechend bewertet werden. Eine abschliessende Aussage betreffend die Bereitstellung von Diensten kann nicht gemacht werden, da sich die Modelle stetig ändern und auf neue Situationen ausrichten.

### Grundprinzipien der Transporttechnologie

Grundsätzlich müssen für die Wahl der zukünftigen Transporttechnologie eines Kommunikationsnetzes die folgenden Überlegungen gemacht werden:

### TDM versus paketvermittelte Technologien

Die Migration von einem konventionellen TDM-(Time Division Multiplexing)-Netzwerk, wie es PDH und SDH darstellt, zu einem paketorientierten Netz (Ethernet und IP), erfordert eine beträchtliche Zunahme an Bandbreiteffizienz innerhalb des Netzwerks, da ungenutzte Bandbreite zur Verfügung gestellt werden muss und daneben Flexibilität (Netzwerkschnittstellen, Routing) und Sicherheitsmechanismen gefordert werden. Das Hauptinteresse liegt in der Steuerung des Zeitverhaltens. Die Datenpakete werden dabei zwischengespeichert und wieder weitergegeben, wobei durch jedes dazwischenliegende Netzelement zusätzliche Laufzeitverzögerungen resultieren und mit der Paketlänge sogar erhöht werden. Daneben erzeugen die dynamischen Datenrouting-Mechanismen Veränderungen der Latenzzeit. Ein rein deterministisches System, wie es TDM darstellt, wird zu einem System, das durch sein statistisches Verhalten gekennzeichnet ist.

### Multiservice-Integration

Um die Effizienz der bestehenden Bandbreite zu verbessern, versucht man in paketorientierten Netzwerken, unterschiedliche Datenströme (traffic streams) zu vereinen. Dabei kommen Prioritätsmechanismen zum Einsatz, um das Zeitverhalten und die Performance von kritischen Diensten zu optimieren.

### Markus Graf

Wurden früher für die Daten- und Sprachkommunikation analoge Technologien eingesetzt, kamen Anfang der 1990er-Jahre zunehmend digitale Systeme zum Einsatz. Mit dem Aufbau der Lichtwellenleiter-Infrastruktur (LWL) Ende der 1990er-Jahre, welche aufgrund der Liberalisierung des Telekommunikationsmarkts in der Schweiz stattgefunden hatte, eröffneten sich den EVUs plötzlich neue technische Kommunikationsmöglichkeiten.

LWL ermöglichen einen Quantensprung bezüglich der Überwindung von geografischen Distanzen; bisher unvorstellbare Datenraten wurden erreicht. Das Kommunikationsnetz konnte in Netztopologien mit einer höheren Verfügbarkeit überführt werden. Die Kehrseite davon waren höhere Anforderungen an ein solches Netz und an dessen Betrieb.

Die verwendete Übertragungstechnik basierte dabei auf reinen PDH<sup>1)</sup>- und parallel dazu auf SDH<sup>2)</sup>-Multiplexer-Infrastrukturen, welche die geforderte Kapazität, Datenrate und Antwortzeiten gemäss den Anforderungen an die betrieblichen Dienste der EVUs zur Verfügung stellten. Diese Systeme wurden dabei mittels zentralen Managementsystemen überwacht und fernkonfiguriert.

### Herausforderungen

Mit der Wandlung des Elektrizitätsmarkts entwickelten sich in den letzten Jahren neue businessorientierte Kommunikationsdienste. Diese Dienste erfordern höhere Bandbreiten und andere Übertragungsmechanismen.

Daneben setzte die Industrie, die Systeme für EVUs entwickelt und liefert, vermehrt auf Ethernet- und IP-Kommunikationstechnologien. Der Trend, auch in Unterwerken oder Kraftwerken IP-Verbindungen für das operationelle Umfeld bereitzustellen, ist sichtbar. Für diese zeitkritischen Anwendungen braucht es neue Kommunikationstechnologien. Für diese Dienste können neben den traditionellen SDH-Technologien auch sogenannte MPLS<sup>3)</sup>-basierende Transportplattformen bzw. Weitverkehrsnetze (WAN) eingesetzt werden.

Zusätzlich wurde mit der Liberalisierung des Telekommunikationsmarkts die Konkurrenz zwischen den Providern grösser. Diese haben das Kosten-Nutzen-Verhältnis und den Dienstleistungsqualitätsgedanken in ihren Produkten aufgezeigt. Die wirtschaftliche Komponente und der damit verbundene Service (SLA) sind massgebend und werden weiterhin an Bedeutung gewinnen.

Dennoch sind die EVUs zunehmend abhängig von schnellen, sicheren und zuverlässigen Kommunikationsdiensten. Diese Dienste verbinden dabei die Teilnehmer, Plattformen und Systeme, welche dem technischen und geschäftlichen Zweck der EVUs dienen. Diese Dienste werden unterschiedlich implementiert, überwacht und betrieben – abhängig von Qualität, Kosten und den Sicherheitsanforderungen. Diese Dienste können zusammen auf einer gemeinsamen Transportplattform oder über separate, komplett getrennte Kommunikationsnetze zur Verfügung gestellt werden.

### Network Resilience versus fixes Routing

Network Resilience stellt sicher, dass die Datenströme auch bei Netzstörungen übertragen werden. In diesen Fällen ist die Wegdefinition und somit auch das Zeitverhalten der Daten unbestimmt. Auf Laufzeitverzögerungen empfindlich reagierende Dienste müssen deshalb speziell behandelt werden.

### Topologie und Design

Um einerseits ein optimiertes Zeitverhalten der kritischen Dienste zu erzielen und andererseits die Vorteile der Bandbreite und Flexibilität eines paketorientierten Netzes zu erhalten, ist es erforderlich, die Topologie anhand des OSI-Modells Layer 1-3 (physical, link und network layer) zu entwerfen. Die folgenden Kategorien umschreiben dabei die wesentlichen drei Charakteristiken von Diensten:

- TDM-Verbindungen für Dienste, welche ein gutes Zeitverhalten, aber eine niedrige Bandbreite voraussetzen.
- Ethernet Switching mit virtuellen Netzwerken (VLAN) und Prioritätssteuerungsmechanismen für schnellen Datentransfer von Paketen (frames).
- IP-Routing für ein Maximum an Ausfallsicherheit und Übertragung von Multi-Service-Diensten.

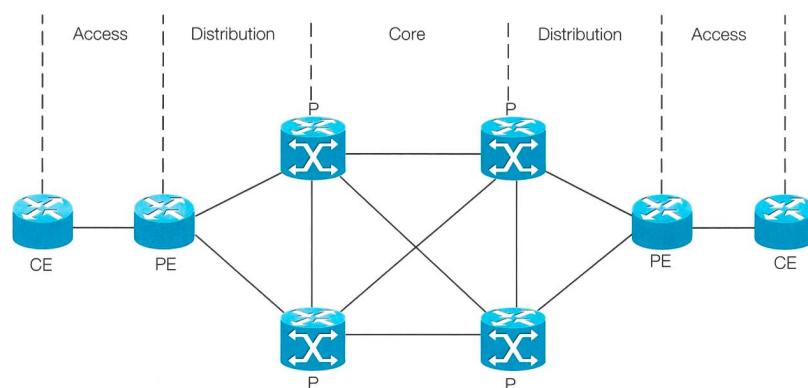
### Service-Kategorien

Die Vielfalt der Dienste im Bereich der EVUs lassen sich prinzipiell in die folgenden vier Kategorien unterteilen: Unternehmensnetzwerk (betriebliche und prozessführende Dienste), kommerzielle Telekomdienste, High Speed Data Service (IP Data) sowie Schutzapplikationen.

### Transportnetz der Axpo

Vor gut drei Jahren hat sich die Axpo AG (damals Nordostschweizerische Kraftwerke AG) entschlossen, neben dem bereits bestehenden PDH/SDH-Netz ein modernes IP-basierendes Kommunikationsnetz aufzubauen. Es gab viele Gründe für diesen Schritt:

- Mittelfristige, altersbedingte Ablösung der reinen SDH-Plattform und Migration der Dienste auf das neue Transportnetz.
- Wachsender Bedarf an Bandbreite. Bei SDH-Systemen war die Wirtschaftlichkeit in den geplanten Ausbauszenarien nicht mehr gegeben.
- Einsatz einer Carrier/Provider-Technologie auf der einen Seite und einer TDM-basierenden Technologie auf der



**Bild 1** MPLS-Architektur (schematisch).

**Provider-Router P** (alle Netzknoten des MPLS-Netzes ohne direkte Verbindung zu CE-Router);  
**Provider Edge Router PE** (der PE bindet die CE an den MPLS-Core an; an einem PE werden meist mehrere CE unterschiedlicher Kunden-VPN angebunden);

**Customer Edge Router CE** (der CE bietet die Anschluss-Schnittstelle für die Kunden und wird üblicherweise am Kundenstandort betrieben).

anderen Seite. Zusätzlich sollen diese beiden Netze für wichtige Dienste redundante Plattformen darstellen.

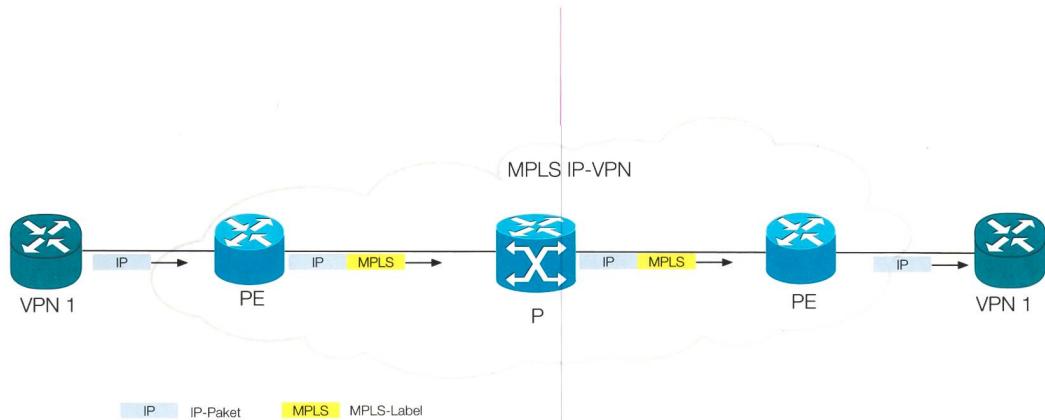
- Investitionsschutz. Das Netzwerk soll erweitert werden können, um zukünftigen Anforderungen gerecht zu werden.
- Geografische Ausdehnung des Axpo-Versorgungsgebiets: Angebot an unterschiedlichen Diensten an den diversen Standorten wie Unterwerken und Kraftwerken.
- Getrennte Übertragung diverser Dienste über ein Transportnetz.
- Getrennte Vernetzung von Kunden über ein Transportnetz.
- Interoperabilität zu Systemen unterschiedlicher Lieferanten.
- Standardisierung.
- Quality of Service (QoS). Die Netzressourcen sollen für Verbindungen fest reserviert und definierte Parameter wie Bandbreite und Latenzzeit erfüllt werden können.
- Datenverkehrswägen sollen beeinflussbar, statt nur von den Routing-Algorithmen bestimmt sein.

Mittels dieser Kriterien wurde ein Multiservice-Backbone-Netz auf der Basis der MPLS-Technologie evaluiert, welches die unterschiedlichen fiberoptischen Transportnetze zusammenfasst. MPLS ist ein verbindungsorientiertes Verfahren, das QoS gewährleistet und somit als Technik für ein Multiservice-Netz gut geeignet ist. Die Technologie ermöglicht u.a. den Einsatz kostengünstiger optischer Ethernet-Interfaces und die Differenzierung unterschiedlicher Dienste und SLAs.

Mithilfe des Traffic Engineering (TE) kann der Datenverkehr gleichmäßig auf die vorhandenen Netzressourcen verteilt werden, damit das Internetprotokoll (IP) quasi verbindungsorientiert gemacht werden kann. Mit der gezielten «Wegevorgabe», wie man sie von den TDM-Systemen her kennt, können gezielte Backup-Verbindungen konfiguriert werden. Dies hat den Vorteil, dass bei Leitungsausfällen nicht auf ein Umroute und ein Neusignalisieren der Verbindung gewartet werden muss.

### MPLS-Technik

Multi Protocol Label Switching (kurz MPLS) ist eine Label-Switching-Technologie. Sie ermöglicht die verbindungsorientierte Übertragung von Datenpaketen in einem verbindungslosen Netz entlang eines zuvor aufgebauten («signalisierten») Pfades. MPLS wurde eingeführt, um verschiedene Vorteile verbindungsorientierter Vermittlung in ansonsten verbindungslosen Netzen nutzen zu können. Hierzu gehört einerseits die Ermöglichung einer schnelleren Verarbeitung eines Pakets durch eine vereinfachte Adressierung mithilfe sogenannter Labels. Andererseits ermöglicht MPLS dem Netzbetreiber die Vorgabe beliebiger Pfade in seinem Netz, was mit traditionellen Routingprotokollen nicht möglich ist. Mit der Weiterentwicklung der bekannten IP-Protokolle mit Traffic-Engineering (TE) ist es möglich, dass die Router nicht nur Topologie-Informationen austauschen, sondern auch die Auslastungszustände der einzelnen Links.



**Bild 2** Funktion: IP-Datagramme werden am Ingress-Router (links) mit einem MPLS-Label versehen, das am Egress-Router (rechts) wieder entfernt wird.

## Architektur

Die Architektur von MPLS-Netzen ist hierarchisch angelegt (**Bild 1**) und enthält die folgenden drei Ebenen: Access (Netzzugang), Distribution (Verteilung) und Core (Kerntransportnetz).

## Funktionsweise

Die Idee ist es, Datenpakete nicht mehr von einem Router zum nächsten weiterzuleiten, und in jedem Router aufs Neue die Entscheidung für den günstigsten Weg zu treffen, sondern diese an einem Eingangspunkt (Ingress-Router) auf einem vorsignalisierten Datenpfad zu senden und erst wieder am Ausgangspunkt (Egress-Router) die herkömmliche Hop-by-Hop-Weiterleitung von IP zu nutzen (**Bild 2**). Die IP-Datagramme werden am Ingress-Router erstmalig mit einem MPLS-Label (Header) versehen (Encapsulation), das am Egress-Router wieder entfernt wird. Auf allen MPLS-fähigen Zwischenstationen, sogenannten Label-Switched-Routern (LSR), werden lediglich die den MPLS-Paketen vorgesetzten Labels ausgewertet.

Alle LSR im MPLS-Netz kommunizieren über das Label Distribution Protocol

(LDP) miteinander. Über LDP werden die im Netz konfigurierten, für jedes Kunden-VPN einmal existierenden MPLS-Label zu allen Routern propagiert. Die MPLS-Router speichern diese Informationen in ihrer LSP-Tabelle. Beim Eintritt eines Datagramms in einen MPLS-Knoten wird das ursprüngliche Label entfernt und ein neues Label, entsprechend der LSP-Tabelle des Routers, vor das IP-Datagramm gesetzt. Das Schalten der LSPs kann vollständig manuell, halbautomatisch oder vollautomatisch erfolgen.

Der Weg, den Datenpakete zwischen zwei Standorten durch das MPLS-Netz zurücklegen, wird als Label Switched Path (LSP) bezeichnet (**Bild 3**).

## MPLS-Services

Der Vorteil von MPLS zeigt sich erst, wenn zusätzliche Services, basierend auf der MPLS-Technologie, zum Einsatz kommen. Solche mittlerweile weitestgehend standardisierten MPLS-Dienste umfassen:

### Traffic Engineering (TE)

Diese Anwendung ermöglicht z.B. einem Netzbetreiber gezielt, seinen Kunden besonders breitbandige und verzö-

gerungsarme (vordefinierte) Datenwege anzubieten.

### Virtuelle private Netze auf OSI-Schicht 2 (Layer-2-VPN)

Diese ermöglichen es, z.B. ATM-Verbindungen (VPI/VCI), Ethernet-VLANs oder Frame-Relay-Pfade (VCs=Virtual Circuits) unterschiedlicher Netze direkt über ein IP-MPLS-Netz miteinander zu verbinden. Es wird dem Kunden am Übergabepunkt ein Anschluss auf Schicht 2 des OSI-Modells übergeben. Man spricht hier auch von Pseudo-Wire-Emulation. Es werden also Leitungen/Pfade emuliert.

### Virtuelle private Netze auf OSI-Schicht 3 (Layer-3-VPN)

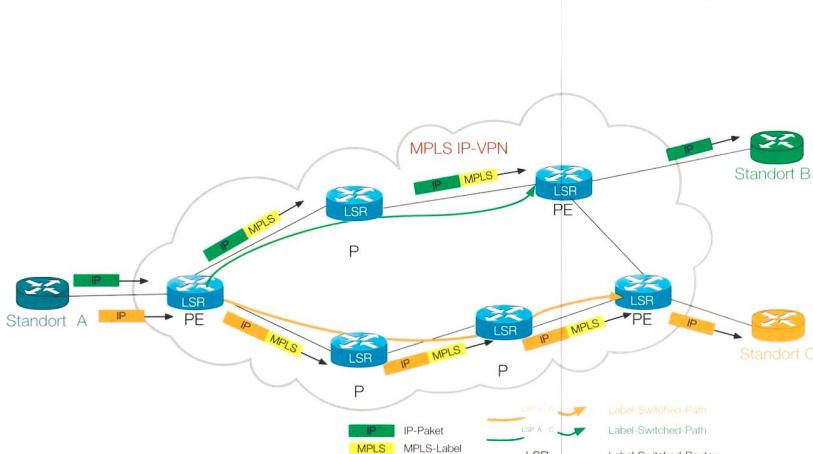
Diese ermöglichen es, komplett geroutete Netzinfrastrukturen von Kunden transparent über ein Provider-MPLS-Transportnetz abzubilden. Es wird dem Kunden am Übergabepunkt ein Anschluss auf Schicht 3 des OSI-Modells übergeben, also ein gerouteter Anschluss. Ein Layer-3-VPN stellt sich wie ein virtueller IP-Router dar.

### Virtuelle Private LAN Services (VPLS)

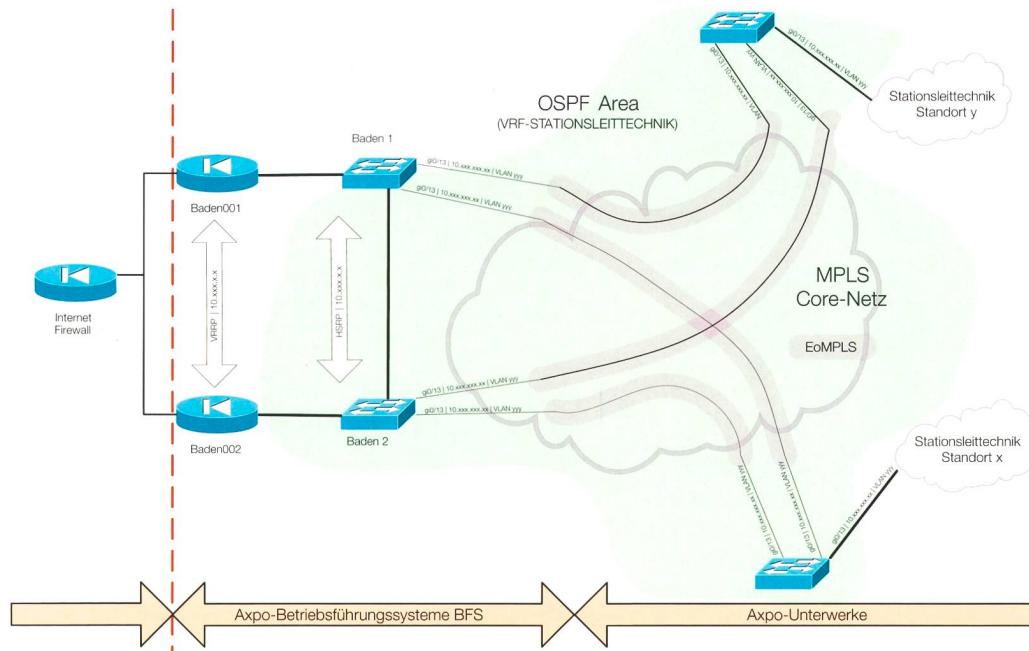
Dies ist eine Variante der Layer-2-VPNs mit Fokussierung auf ethernetbasierte Infrastrukturen, also Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindungen, was dem Broadcast-Verhalten von Ethernet Rechnung trägt. Als Signalisierungsprotokolle kommen überwiegend LDP zum Einsatz. Am Übergabepunkt bekommt der Kunde einen gebridgten LAN-Port zur Verfügung gestellt. Eine VPLS-Instanz stellt sich wie ein virtueller LAN-Switch dar.

## MPLS-Haupteigenschaften

Die MPLS-Technik kombiniert die positiven Eigenschaften von Layer-2-Switching mit Routing auf Layer 3 und ist somit im OSI-Schichtenmodell eine Zwischenschicht (Layer 2,5).



**Bild 3** Der Label Switched Path (LSP) ergibt sich aus der CE-CE-Strecke über den Label Switched Router (LSR).



MPLS eignet sich, um Datenpakete in einem IP-Netz priorisiert zu routen. Mittels QoS können Bandbreiten und Transportklassen garantiert werden.

Mittels Traffic Engineering (TE) können spezielle Pfade für einen definierten Datenstrom reserviert werden. Die MPLS-Technologie ist aufgrund ihrer Funktionen und Umschaltmechanismen, wie Fast Re-Route oder Aktiv/Stand-by-Pfadshaltungen, annähernd identisch mit einer deterministischen Kommunikationstechnologie.

Mittels VPN können mehrere Kunden (interne Abteilungen oder Dienste) bzw. virtuelle Netze getrennt auf der gleichen Infrastruktur zusammengefasst werden.

Transparente Layer-2-VPNs (Punkt-zu-Punkt-Virtual-Leased-Line (VLL) oder auch Punkt-zu-Mehrpunkt-VPLS-Virtual-Private-LAN-Service) ermöglichen den Service-Providern, ihren Kunden SDH-ähnliche Dienste bzw. Ethernetdienste auf der gleichen Infrastruktur anzubieten.

### Implementation und Erfahrungen Aufbau und Migration

Mit dem Aufbau des MPLS-Transportnetzes der Axpo wurde im Jahre 2008 begonnen. Die Inbetriebnahme und Fertigstellung fand rund ein halbes Jahr später statt. In dieser Phase bestand das MPLS-Core-Netz aus fünf LSR an fünf unterschiedlichen Standorten innerhalb des Versorgungsgebiets der Axpo. Zu-

sätzlich wurden Verbindungen realisiert, welche die Transportnetze der Kantonswerke der Nordostschweiz mit dem Netz der Axpo koppelten. Allmählich wurden die Ethernetdienste, welche bis anhin auf dem SDH-Netz übertragen wurden, auf die neu erstellte Infrastruktur migriert. In dieser Zeit wurden auch vermehrt Dienste mit höheren Bandbreiten angefragt, sodass auf einigen Backbone-Verbindungen die Kapazität von ursprünglich 1 Gbit/s auf 10 Gbit/s ausgebaut werden musste.

### Erweiterung und Anpassung der Netzstruktur

Mit der Ablösung bzw. dem Ersatz von Systemen und Endgeräten an den Unterwerks-Kraftwerkstandorten und der damit verbundenen Anpassung an Ethernetschnittstellen und IP-Kommunikation wurden vermehrt sogenannte Metro-Ethernet-Switches als Netzzugangselemente bzw. als Customer-Edge-Router (CE) an diesen Standorten platziert. Diese CE wurden dann physisch direkt an das MPLS-Core-Netz angebunden. Schnell entstanden in gewissen Regionen Topologiestrukturen, welche den Betrieb des Netzes aufwendiger machten und dadurch die Systemverfügbarkeit negativ beeinträchtigten. So entschied man sich, das Transportnetz um weitere LSR-Netzknoten zu erweitern. Damit konnte eine Zwischen-ebene, welche nun die Aufgabe eines Verteilnetzes (Distribution) wahrnahm, hinzugefügt werden.

**Bild 4** Ein bei Axpo eingesetztes Netz.

Das hierarchische Architekturmödell von MPLS lässt sich sehr gut in die Systemumgebung der EVUs integrieren. So mit entsteht eine für den Betrieb eines solchen Netzes überschaubare Struktur.

### Dienste

Heute werden L2-VPN- und L3-Dienste auf der Basis von VRF (Virtual Routing and Forwarding) eingesetzt. **Bild 4** zeigt ein aktuelles Anwendungsbeispiel.

Um eine kurze Ausfallzeit der Dienste bei einem Fehler im Backbone zu garantieren, wurde die Funktion des Fast Re-

<b>Résumé</b>	<b>Nouvelle communication pour EAE</b>
Perspectives et challenges des réseaux de communication MPLS	
Les réseaux de communication jouent un rôle central au sein des EAE (entreprises d'approvisionnement en électricité). En effet, celles-ci font appel depuis des décennies à leurs propres systèmes de communication pour la transmission des services nécessaires à leur fonctionnement, notamment le comptage, la protection ou la technique de commande à distance. La fibre optique ouvre de nouvelles perspectives aux EAE: aujourd'hui, il est possible par exemple de réaliser des réseaux de communication basés sur la technologie MPLS. Cet article examine les défis à relever et les avantages offerts.	

No

route (FRR) implementiert, welche Umschaltzeiten von 50 ms auf einen Backup-Pfad (Tunnel) erreicht.

### Konzepte

Es ist essenziell, dass vor der Einführung und dem Aufbau eines MPLS-Netzes die folgenden Aspekte definiert und in Konzepten beschrieben werden.

- Beschriftung und Nomenklatur (z. B. Beschriftung/Namen der Netzelemente).
- IP-Adressierung (Einteilung der IP-Adressbereiche).
- Definition der VLANs (z. B. Management-VLANs, Service-VLANs und Inter-VLANs).
- QoS-Schemen und Services.
- OAM (Operation, Administration und Management), welche u.a. die Funktionen Fault Management und Link Monitoring beinhalten.
- Sicherheitstechnische Überlegungen (z. B. Zugriff auf Netzelemente, Policies).
- Betrieb und Schulung.

### Zusammenfassung und Ausblick

Rückblickend kann festgestellt werden, dass sich der Aufbau eines Transportnetzes auf Basis der MPLS-Technik für die Axpo in mancherlei Hinsicht positiv entwickelte. Viele technische Unwegsamkeiten, welche man ohne die Existenz dieses Netzes sicherlich gehabt hätte, konnten elegant gelöst werden. Das Netz ist auch gewappnet, zukünftige Herausforderungen anzunehmen.

Die gemachten Erfahrungen sollen aber nicht über die Komplexität im Aufbau und Betrieb solch eines Kommunikationsnetzes hinwegtäuschen. Es ist definitiv nicht mit einem traditionellen PDH- oder SDH-Netz zu vergleichen und stellt hohe Anforderungen an das Fachwissen der Mitarbeitenden.

Die Planung und Strukturierung solcher Systeme ist von immenser Bedeutung. Eine Koordination und Abstimmung mit anderen Transportnetzen bei netzübergreifenden Diensten ist zwingend.

Es ist jedoch zu betonen, dass der Entschluss, ein solches Netz aufzubauen und zu betreiben, wie in den vorangegangen Kapiteln beschrieben, von vielen Kriterien abhängig ist. Das Wissen der Mitarbeitenden und die damit zusammenhängende Betriebsorganisation stellt dabei einen der wesentlichsten Schlüsselfaktoren dar. Eine allgemeingültige Empfehlung für den Einsatz eines solchen Netzes im EVU-Bereich ist daher nicht möglich. Eine Auseinandersetzung mit der Thematik ist aber über kurz oder lang wichtig, um den neuen kommunikationstechnischen Herausforderungen der EVUs (z. B. Smart Grid/Smart Metering) kompetent begegnen zu können.

### Angaben zum Autor

**Markus Graf**, dipl. El.-Ing. FH, Ressortleiter Nachrichtennetze bei der Axpo Netze AG.  
Axpo AG, 5401 Baden, markus.graf@axpo.ch

- 1) Plesiochrone digitale Hierarchie
- 2) Sychrone digitale Hierarchie
- 3) Multiprotocol Label Switching
- 4) Asynchronous Transfer Mode
- 5) Label Distribution Protocol

Anzeige



## Ausschreibung Innovationspreis 2011

2 Fachrichtungen:

- Energietechnik
- Informationstechnik

Machen Sie mit! Frist: 31. März 2011  
Mehr auf [www.electrosuisse.ch](http://www.electrosuisse.ch) (unter ETG/ITG)

## Mise au concours du Prix Innovation 2011

2 spécialisations:

- techniques de l'énergie
- techniques de l'information

Participez! Délai: 31 mars 2011  
Plus d'information sur : [www.electrosuisse.ch](http://www.electrosuisse.ch) (ETG/ITG)

[www.electrosuisse.ch](http://www.electrosuisse.ch)

electro **suisse** >

## LANZ moderne Kabelführung aus **rostfreiem Stahl A4**

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>● Kabelschonend</li> <li>● Funktionserhalt E30</li> <li>● Sofort lieferbar</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Korrosionsbeständig</li> <li>● Preisgünstig</li> </ul> |
|--|---|



**LANZ fabrikt** für die Lebensmittelindustrie, chem. Industrie, Abwasserreinigungs- und Kehrichtverbrennungsanlagen, unterirdische Bauten, Bahntunnels und Strassentunnel:

- Multibahnen\*- und Weitspann-Mb 100 mm – 400 mm 6 m lang, mit verzahntem MULTIFIX-Trägermaterial
  - LANZ Gitterbahnen 100 mm – 400 mm Breite
  - LANZ C- und G-Kanäle\* 50 × 50 mm bis 75 × 100 mm
  - ESTA Elektro-Installationsrohre Ø M16 – M63
  - LANZ Rohrschellen für koordinierbare Installationen
- Stahl A4 WN 1.4571 und 1.4539 max. korrosionsresistent  
→ Schockgeprüft 3 bar und Basisschutz  
→ \*Geprüft für Funktionserhalt im Brandfall E 30 / E 90

Mich interessieren .....

..... Bitte senden Sie Unterlagen.

Könnten Sie mich besuchen? Bitte tel. Voranmeldung!

Name / Adresse / Tel. ....

K2



**lanz oensingen ag**

CH-4702 Oensingen  
Telefon 062 388 21 21  
[www.lanz-oens.com](http://www.lanz-oens.com)

Südringstrasse 2  
Fax 062 388 24 24  
[info@lanz-oens.com](mailto:info@lanz-oens.com)