

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 72 (1994)

Heft: 9

Artikel: Grundlagen für die Modellierung von Übertragungsnetzen der synchronen digitalen Hierarchie (SDH) : Teil 1

Autor: Kohler, Roland

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-874730>

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: 12.01.2026

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

Grundlagen für die Modellierung von Übertragungsnetzen der synchronen digitalen Hierarchie (SDH), Teil 1

Roland KOHLER, Bern

Zusammenfassung *Résumé*

Grundlagen für die Modellierung von Übertragungsnetzen der synchronen digitalen Hierarchie (SDH), Teil 1

Die Technik der synchronen digitalen Hierarchie hält schrittweise Einzug in die Telekommunikationsnetze. Für die Planung werden Modelle eingesetzt, die sich auf weltweit anerkannte Normen stützen. Der Autor vermittelt in diesem ersten Teil des Artikels die Hintergründe von der Entwicklungsgeschichte über die technischen Grundlagen zur Architektur von SDH-Netzen und geht dann auf die Modellierung ein. Ein zweiter Teil wird den ebenso wichtigen Telekommunikations-Management-Netzen gewidmet sein.

Principes de modélisation des réseaux de transmission de la hiérarchie numérique synchrone (SDH), 1^{re} partie

La technique de la hiérarchie numérique synchrone s'introduit peu à peu dans les réseaux de télécommunication. La planification recourt à des modèles fondés sur des normes internationales. L'auteur consacre la première partie de cet article à l'historique de l'évolution des bases techniques de l'architecture des réseaux SDH avant d'aborder le domaine de la modélisation. La seconde partie traite des réseaux de gestion des télécommunications, non moins importants.

Riassunto

Basi per la creazione di modelli di reti di trasmissione della gerarchia sincrona digitale (SDH), 1^a parte

La tecnica della gerarchia sincrona digitale fa gradualmente il suo ingresso nelle reti di telecomunicazione. I modelli impiegati per la pianificazione si basano su norme riconosciute a livello mondiale. In questa prima parte dell'articolo, l'autore spiega lo sviluppo, le basi tecniche e l'architettura delle reti SDH e informa sulla creazione di modelli di reti. La seconda parte dell'articolo sarà dedicata alle altrettanto importanti reti di management delle telecomunicazioni.

Summary

Bases for the Modelling of Transmission Networks in Synchronous Digital Hierarchy (SDH), Part 1

The technology of the synchronous digital hierarchy makes its appearance in telecommunications networks step by step. The models used for planning are based on standards recognized worldwide. In this first part of the article, the author imparts background information from the history of development over the technical bases to the architecture of SDH networks and then explains the modelling. A second part will be devoted to telecommunications management networks, which are important, too.

1 Von der plesiochronen zur synchronen digitalen Hierarchie

1.1 Die heutige Situation

In den nächsten Jahren wird in den öffentlichen Übertragungsnetzen vieler Länder die neue Technik der synchronen digitalen Hierarchie (SDH) Einzug halten und die bestehenden plesiochronen Netze (PDH = plesiochrone digitale Hierarchie) ablösen. Diese Umstellung ist durchaus vergleichbar mit dem Umbruch Mitte der siebziger Jahre, als die analoge Trägerfrequenztechnik, als Folge der Pulsmodulation (PCM), durch digitale Übertragungsmethoden ersetzt wurde. Im folgenden soll ein Einblick in einige wesentliche Aspekte dieser neuen Übertragungstechnik gegeben werden.

Zur Vermeidung begrifflicher Unklarheiten wird im Text für englische Begriffe mit streng definierter Semantik die englische Bezeichnung weiterverwendet, wenn kein entsprechender, klar definierter und üblicher deutscher Begriff vorhanden ist.

Das in Betrieb stehende öffentliche Telekommunikationsnetz (TCN) besteht aus zwei Hauptbereichen, der *Vermittlung* und der *Übertragung*. Wenn ein Informationsaustausch über ein vermitteltes System eingeleitet wird, muss auch immer die Adresse der Destination mitgeliefert werden, z. B. als Signalisierinformation in der Telefonie oder als Adressblock in der Paketvermittlung. Auf Grund dieser Angaben ist eine Vermittlungszentrale in der Lage, ankommende Daten den richtigen Ausgängen zuzuführen. Die Aufgabe der Übertragung bzw. des Transportnetzes besteht nun darin, die an den Ausgängen anstehenden Daten bis zur nächsten Vermittlungszentrale weiterzuleiten. Die Übertragung ist dabei an den dynamischen Vorgängen im Netz, wie Wegleitungen oder flexibler Kapazitätszuweisung, nur unwesentlich beteiligt. Konfigurationsänderungen im Transportnetz müssen meist noch immer in mühsamer Handarbeit an den Verteilern vorgenommen werden. Auch die Sicherung des Datentransportes oder die Möglichkeit, eine Verbindung nach Unterbrüchen automatisch wieder aufzubauen, ist heute weitgehend eine Sache der Vermitt-

lung und nicht der Übertragung. Die Flexibilität und Intelligenz im Telekommunikationsnetz ist somit fast ausschliesslich in der Vermittlung konzentriert.

Ein Grund für diese Tatsache liegt darin, dass es wesentlich einfacher ist, Intelligenz und Flexibilität in einzelnen unabhängigen Netzelementen (NE) zu konzentrieren und zu verwalten, wie dies in der Vermittlung der Fall ist, als sie in einem ganzen Netz verteilt betreiben zu müssen. (Unter einem Netzelement versteht man eine einzelne örtlich konzentrierte Ausrüstung mit abgeschlossener Funktionalität und definierten Schnittstellen. Beispiele: Vermittlungszentrale, Multiplexer.) Es fehlen heute in der Übertragung die technischen Mittel und Strukturen für ein umfassendes Netzmanagement (NM), wie es für den Betrieb eines integrierten, automatisierten und flexiblen Transportnetzes unerlässlich ist.

12 Bezeichnungen für die verschiedenen «Netze»

Für die folgenden Ausführungen ist es wichtig, den Unterschied zwischen dem Telekommunikationsnetz (TCN = Telecommunication Network), dem Telekommunikations-Managementnetz (TMN = Telecommunications Management Network) und dem Übertragungs- oder Transportnetz (TN = Transport Network) zu kennen.

Unter dem *Telekommunikationsnetz* wird das gesamte öffentliche Telekommunikationsnetz verstanden, mit dem Sprache und Daten zwischen Telekommunikations-Kunden (Endbenutzern) vermittelt und übertragen werden.

Mit *Telekommunikations-Managementnetz* werden die genormten Einrichtungen eines Hilfsnetzes bezeichnet, das für das Management eines Telekommunikationsnetzes benötigt wird. Es ist ein Spezialfall eines allgemeinen Netzmanagements (NM), indem seine Aufgabe ausschliesslich im Management von Telekommunikationsnetzen besteht.

Mit *Transportnetz* wird das öffentliche Übertragungsnetz bezeichnet, aus den Übertragungsausrüstungen, Kabeln, Richtstrahlanlagen usw. bestehend. Es ist jener Teilbereich eines Telekommunikationsnetzes, der für den Transport der Daten zuständig ist.

13 Antriebskräfte für ein neues Transportnetz

Einerseits haben technologische Fortschritte die Voraussetzungen für eine Erneuerung des heutigen, nach der plesiochronen digitalen Hierarchie orientierten Transportnetzes geschaffen, wie:

- der möglich gewordene Übergang von klassischen, an einem Ort konzentrierten Prozessoren mit «*Von-Neumann-Architektur*» zu verteilten Prozessorstrukturen
- die gewaltig gesteigerte Integration der Halbleiter, die sehr komplexe Prozesse und grosse Datenmengen in kleinen Ausrüstungseinheiten verarbeiten

- die Einführung der Lichtleitertechnik, die erlaubt, grosse Übertragungsdistanzen (über 40 km) bei gleichzeitig erhöhter Bandbreite (2,5 Gbit/s) ohne Regeneratoren zu überbrücken

Neue Impulse kamen andererseits auch von der Betreiber- und Benutzerseite:

- Die Betreiber beklagten den Mangel an automatisierten Hilfsmitteln für ein rationelles Management der Transportnetze.
- Von den Benutzern kam der Druck, die Flexibilität auch der nichtvermittelten Netze, z. B. des Mietleitungsnetzes, zu verbessern, und die Übertragung durch effizientere Ausnutzung der Netze zu verbilligen.

Diese Anstösse führten zu einem neuen Konzept für Transportnetze, das in den USA bereits 1984 als Sonet (Synchronous Optical Network) vorgestellt wurde. Ein Transportnetz muss grossräumig, grundsätzlich sogar weltweit konzipiert werden, und es muss damit gerechnet werden, dass verschiedene Hersteller und viele Betreiber daran beteiligt sind. Ein Zusammenwirken vieler Beteiligten erfordert jedoch Übereinstimmung in den technischen und operativen Merkmalen, das heisst, es müssen anerkannte Normen geschaffen werden. Deshalb spielten die Normierungsarbeiten bei der Entwicklung der neuen Technik, ähnlich wie beim dienstintegrierenden Digitalnetz ISDN, eine grosse Rolle. In den Gremien der Internationalen Fernmeldeunion ITU und später des Europäischen Instituts für Telekommunikationsnormen ETSI [4] wurde das Sonet-Konzept zu einem weltweiten Standard, der synchronen digitalen Hierarchie (SDH), ausgebaut.

Für die Normierungsarbeiten von komplexen Systemen sind allgemeingültige und möglichst technologieunabhängige Funktionsmodelle sehr nützlich. Anhand dieser Modelle können dann die Normen für Systemfunktionen aufgestellt werden. Sie werden auf der Grundlage von *Architekturen* aufgebaut, in denen die Grundbausteine für die Funktionsmodelle definiert sind.

2 Synchrone digitale Hierarchie

21 Multiplexschema

Das SDH-Multiplexschema, wie es in Europa vom ETSI normiert worden ist, ist in *Figur 1* dargestellt. Einige Erklärungen dazu werden im *Anhang I (Teil 2)* gegeben. Gegenüber der in der plesiochronen digitalen Hierarchie angewendeten Multiplexierung sind folgende Hauptunterschiede hervorzuheben (s. auch *Fig. 2*):

- Es besteht nur ein einziger Grundrahmen, genannt STM-1 (Synchronous Transport Modul). Dieser hat eine Übertragungsrate von 155,52 Mbit/s. Alle Zubringersignale werden in einem Adaptionsprozess an diese Bitrate angepasst.
- Die übrigen Multiplexierungs-Schritte bestehen im Zusammenfügen der zu diesem Grundrahmen synchronisierten Signale. Gegebenenfalls werden

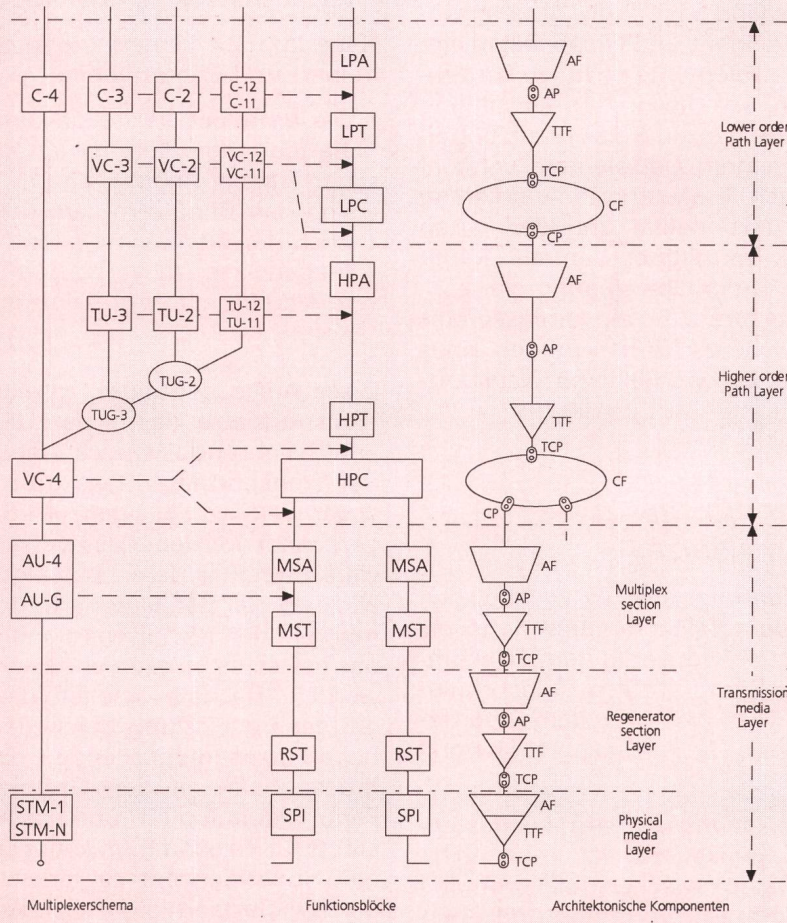
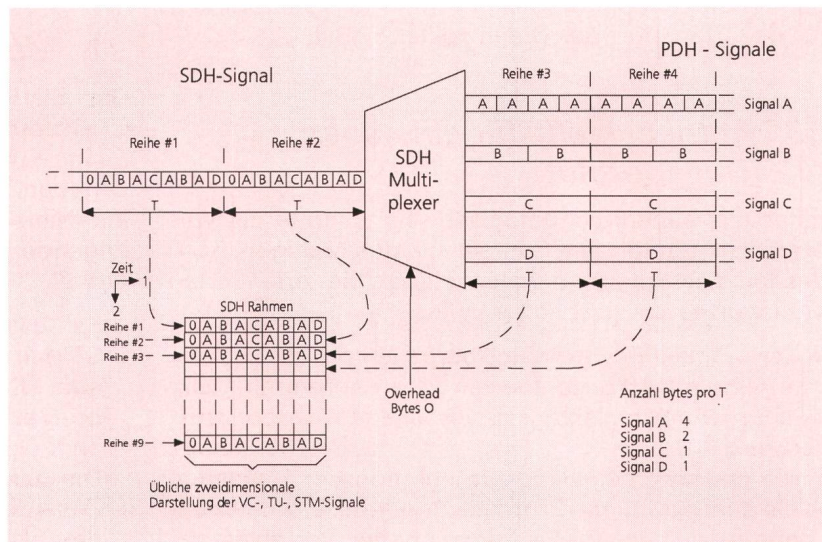


Fig. 1 SDH-Multiplexerschema mit zugehörigen Funktionsblöcken und architektonischen Komponenten

- | | | | |
|---------|---|-------|---|
| LPA/HPA | Lower/Higher Order Path Adaptation | TTF | Trail Termination Function |
| LPT/HPT | Lower/Higher Order Path Termination | CF | Connection Function |
| LPC/HPC | Lower/Higher Order Path Connection | AP | Access Point |
| MSA | Multiplex-Section Adaptation | TCP | Termination Connection Point |
| MST/RST | Multiplex/Regenerator Section Termination | CP | Connection Point |
| SPI | SDH Physical Interface | Anm.: | Section Protection im MS-Layer nicht gezeichnet |
| AF | Adaptation Function | | |

Fig. 2 Prinzip des Einfügens und Darstellens von PDH-Signalen mit den Frequenzen 4, 2, 1 in einen SDH-Rahmen



mehrere, ebenfalls synchrone STM-1-Rahmen zu einem Rahmen höherer Ordnung (STM-N) byteweise multiplexiert.

- Mit den verschiedenen Containern können Signale verschiedener Bitraten direkt in den STM-1 Rahmen eingefügt werden.

22 Die drei funktionellen Schichten im Telekommunikationsnetz

In der Internationalen Fernmeldeunion wurde der Bereich der Telekommunikationsnetze in drei funktionelle «Schichten» (Layer) unterteilt, wobei immer die untere Schicht der oberen ihre Dienste zur Verfügung stellt (Kunden-Dienstleistungs-Verhältnis, Client-Server Relationship).

Der obersten Schicht, der «Stromkreis-Schicht» (Circuit Layer), werden die Telekommunikationsdienste wie Telefonie, ISDN, X.25-Datenübertragungsdienste usw. zugewiesen, die dem Endbenutzer beispielsweise als vermittelte Dienste angeboten werden. In der mittleren Schicht, der «Pfadsschicht» (Path Layer), befinden sich die Übertragungsausrüstungen der synchronen und der plesiochronen digitalen Hierarchie. Deren Aufgabe besteht darin, die aus dem Circuit Layer stammenden Signale für den Transport aufzubereiten. Hier ist auch die neue Flexibilität des SDH-Transportnetzes angesiedelt. Für den eigentlichen Transport auf dem physikalischen Netz ist dann als unterste die Schicht der «Übertragungsmedien» (Transmission Media Layer) zuständig (Fig. 1). Im Abschnitt 321 wird das Schichtungskonzept nochmals ausführlich besprochen.

23 Funktionsblöcke und Netzelement-Typen

Dem Multiplexierungsvorgang, d. h. dem stufenweisen Einfügen der Daten in die SDH-Rahmenstruktur, können Funktionsblöcke zugewiesen werden. Diese sind in der Mitte der Figur 1 dargestellt. Mit ihnen lassen sich die Funktionalitäten der Netzelemente im Transportnetz derart definieren, dass lieferantenunabhängige Normen für Übertragungssysteme aufgestellt werden können. In jedem Block sind auch die für das Management benötigten Kriterien festgelegt. Die eingezeichneten Blöcke entsprechen den Funktionsblöcken in den ITU-Empfehlungen G.782 und G.783.

Je nach der Anordnung dieser Funktionsblöcke entstehen verschiedene Netzelement-Typen, wobei es zwei Hauptgruppen gibt, die Multiplexer und die Cross-Connects (Querverbindungseinrichtungen).

Der wichtigste Vertreter der Multiplexer ist der Add-Drop Multiplexer (ADM), dessen Hauptaufgabe das Einfügen und Auskoppeln von Zubringersignalen aus dem SDH-Rahmen ist. Dies geschieht beispielsweise bei jeder Telefonzentrale, wo eine Aus- bzw. Einkopplung der Telefonsignale zwecks Vermittlung erforderlich ist. Dank der synchronen Struktur der einzelnen Container ist dies, im Vergleich zur plesiochronen di-

gitalen Hierarchie, ein einfacher Vorgang. Die Funktionsblöcke in der Mitte von Figur 1 stellen einen solchen Add-Drop Multiplexer dar.

Hauptaufgabe der *Cross-Connects* (DXC) ist die flexible Rangierung der virtuellen Container (VC) zwischen Ein- und Ausgängen. Damit können vor allem die heutigen, manuell bedienten Verteiler ersetzt werden. Cross-Connects sind besonders für grosse Netzknoten vorgesehen. In den Netzknoten in der Nähe von Transitzentralen müssen z. B. die Telefonverbindungen einer ganzen Netzgruppe zu den anderen Netzgruppen verteilt werden. Diese Verteilerfunktion, soll in Zukunft mit Cross-Connects erreicht werden. Typische Durchschaltkapazitäten von DXC liegen zwischen 64 und 256 STM-1-Ports. (Ein STM-1 enthält etwa 2000 Telefonkanäle zu 64 kbit/s.)

Bei der Untersuchung praktischer Einsatzfälle hat sich gezeigt, dass im öffentlichen Übertragungsnetz auch für Add-Drop Multiplexer beträchtliche Cross-Connect-Funktionen erforderlich sind. Meistens treffen in den SDH-Knoten mehrere Signalströme zusammen, und es sollte die Möglichkeit bestehen, diese miteinander zu verknüpfen. Ein einfaches Ein- und Auskoppeln genügt hier nicht. Dies erfordert Multiplexer mit Durchschaltfunktionen von typischerweise 10 bis 20 STM-1-Ports, die bis auf die 2-Mbit/s-Ebene (VC-12) beliebig durchschaltbar sein müssen. Ein solches Netzelement wird oft als *Mini-Cross-Connect* bezeichnet.

24 Routing und Vermittlung

Es muss beachtet werden, dass die Flexibilität der Cross-Connects von jener der Vermittlungssysteme verschieden ist. In den Netzelementen der Vermittlung (Zentralen) wird ein Vermittlungsvorgang mit Hilfe der den Daten beigegebenen Adresseninformationen selbständig durchgeführt.

Die Flexibilität in den Cross-Connects, meist als «Routing» bezeichnet, wird demgegenüber von einem übergeordneten, oft weit entfernten Managementsystem aus kontrolliert. Ein Routing-Prozess wird durch das Netzmanagement (TMN) z. B. auf Grund genereller Verkehrsbedürfnisse vorgenommen und umfasst üblicherweise die Aktivierung der Verbindungsfunktionen (Connection Functions, s. Abschnitt 331) mehrerer Netzelemente. Die Bereitstellung von Zeitleitungen (Semi Permanent Leased Lines) auf Kundenwunsch ist auch möglich. In diesem Fall muss das Telekommunikations-Managementnetz rechtzeitig informiert werden, damit es zu gegebener Zeit das Routing durchführen kann (Reservationssystem).

In den SDH-Netzelementen sind noch weitere flexible Operationen zur Verkehrslenkung möglich. Sehr wichtig sind beispielsweise die schnellen Schutzschaltmechanismen zur Erhöhung der Verfügbarkeit der Verbindungen im Transportnetz. Sie treten bei Unterbrüchen oder Ausfällen in Aktion und werden meist direkt von den Netzelementen gesteuert, d. h., sie funktionieren ohne Einwirken des Managementnetzes.

3 Architektur für das Transportnetz

31 Architektonischer Ansatz

Für das Modellieren von Übertragungssystemen ist eine allgemeingültige Basis in Form geeigneter Architekturen nötig. Modelle sind auch nützlich, um «Managed Objects» zu identifizieren, die als Grundelemente für den Aufbau von Netzmanagement-Systemen gebraucht werden (s. Abschnitt 421).

Es zeigte sich, dass eine Normierung auf Grund der in der Mitte von Figur 1 sichtbaren Funktionsblöcke konventioneller Art [ITU-Empfehlungen G.782/783] wesentliche Nachteile aufweist. Zwar können damit die Funktionen einzelner Netzelemente in konventioneller Weise beschrieben werden. Schwierigkeiten ergeben sich jedoch, wenn Sachverhalte definiert werden müssen, die ein ganzes Netz betreffen, z. B. eine Verbindung von Punkt A nach Punkt B. Deshalb wurde in der ITU eine grundlegend neue Architektur für SDH-Transportnetze entwickelt. Diese besteht aus einem Satz architektonischer Komponenten (Architectural Components) sowie zwei Konzepten zum Aufteilen von Transportnetzen.

Der Blickwinkel, unter dem diese Architektur entstand, berücksichtigt vor allem die *Bedürfnisse der Netzbetreiber* und weniger die Interessen der Entwicklungsingenieure. Im besonderen aber wurde sie mit Blick auf den Einsatz von Netzmanagement-Systemen geschaffen.

Die Architektur wurde unter dem Titel «Transport functional architecture of SDH-based networks» in der ITU-Empfehlung G.803 veröffentlicht. Leider sind die darin verwendeten Begriffe ziemlich abstrakt und deshalb oft nicht leicht verständlich. An Hand eines Analogons wird versucht, ihnen etwas Anschaulichkeit zu verleihen. Bevor die einzelnen Komponenten beschrieben werden, sollen noch die zwei zur Architektur gehörenden Unterteilungskonzepte vorgestellt werden.

32 Konzepte der Schichtung (Layering) und Unterteilung (Partitioning)

Mit diesen beiden Konzepten kann das komplexe Gebilde eines ganzen Telekommunikationsnetzes in überschaubare und operativ beherrschbare Bereiche unterteilt werden (Fig. 3, s. auch ITU-Empfehlung G.803).

32.1 Konzept der Schichtung

Die in 22 kurz vorgestellten Schichten (Layer) bestehen aus operativen bzw. funktionellen Bereichen, die unter Beachtung folgender allgemeiner Kriterien definiert wurden:

- Die untere Schicht steht mit der oberen in einem Kunden-Dienstleistungs-Verhältnis (Client-Server Relationship), d. h., sie erbringt Dienstleistungen für diese.
- Jede Schicht hat eine möglichst grosse operative Eigenständigkeit mit gut definierten Schnittstellen.

Dieses Konzept ist nicht neu und ist in vielen Organisationsstrukturen zu finden, wie dies als Beispiel die Abwicklung von Postsendungen aus einer Firma illustrieren soll («Postdienst-Analogon»):

Eine solche «Organisation» kann in die Schichten: Firmenabteilungen, firmeninterner Postdienst, PTT-Postdienst, Bahn unterteilt werden. Die Organisationsstruktur erfüllt die zwei Kriterien der oben definierten Schichtbildung.

Die Abwicklung von Sendungen geschieht «schichtweise», d. h., eine Postsendung aus einer Firmenabteilung wird in bestimmter Art und an einem bestimmten Ort (Interface) der Firmenpost-(Schicht) übergeben. Diese wiederum leitet sie an die PTT-Postdienst-(Schicht) weiter usw., wobei jede Schicht ihre wohldefinierte und eigenständige Aufgabe für den Transport hat.

Die drei Hauptschichten im SDH-Telekommunikationsnetz sind wie in Abschnitt 22 erwähnt: 1. Circuit Layer, 2. Path Layer, 3. Transmission Media Layer.

- In der obersten Schicht, dem *Circuit Layer*, befinden sich die Telekommunikationsdienste: Telefonie, Paketvermittlung, in Zukunft auch ATM usw.

- Im Postdienst-Analogon kann der Circuit Layer mit der «Firmenpost-Schicht» verglichen werden, wo die Sendungen entgegengenommen, frankiert und weitergeleitet werden.

- Der *Path Layer* wirkt als Dienstleistungs-Schicht (Server Layer) für den Circuit Layer. Hier ist die Übertragung mit ihren Multiplexer-Leitungs- und Verteilerausrichtungen angesiedelt. Dabei wird, als Konsequenz aus dem Multiplexerschema, noch unterschieden zwischen dem Path Layer tieferer und höherer Ordnung (*Lower Order* bzw. *Higher Order Path Layer*). Die 1,5- bis 45-Mbit/s-PDH-Zubringersignale werden zuerst dem Lower Order Path Layer zugewiesen, wo sie zu *Tributary Unit Groups (TUG, «Zubringerguppen»)* zusammengefasst werden,

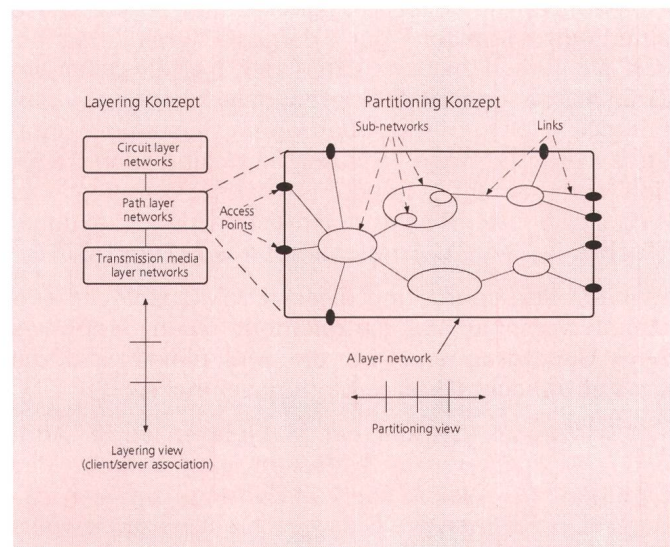


Fig. 3 Orthogonale Sicht des Schichtungs- und Unterteilungskonzeptes (Layering und Partitioning)

die dann, gleich wie die 140-Mbit/s-PDH-Signale, dem Higher Order Path Layer zugeführt werden.

- Im Postdienst-Analogon würde der Path Layer der «PTT-Post-Schicht» entsprechen. Die von der Firmenpost erhaltene kleine Briefpost wird in Bündel zusammengefasst (= Lower Order Virtual Container), die dann zusammen mit Paketen in Postsäcke abgefüllt werden. Ein solcher Postsack entspricht einem virtuellen Container VC-4, der dem Higher Order Path Layer angehört.
- Im *Transmission Media Layer*, der als Dienstleistungsschicht für den Path Layer dient, werden die VC-4 über die Zugangseinheiten (Access Unit, AU) in den STM-1-Grundrahmen eingefügt. Bei Bedarf werden mehrere synchrone Transportmodule STM-1 zu einem höheren Modul STM-N multiplexiert. Hier gibt es noch die Unterteilung in die Unterschichten (Sub-Layer): Multiplex Layer, Regenerator Section Layer und Physical Layer. Diese unterscheiden sich bezüglich der Überwachungs- und Betriebsmöglichkeiten und der entsprechenden Zusatzinformationen (Overheads). Der Transport auf einer Sektion geschieht immer als STM-N-Rahmen (N=1, 4, 16) und ist eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung, d. h., es sind unterwegs keine Routingfunktionen vorhanden.
- Im Postdienst-Analogon entspricht diese Schicht der «Bahn-Schicht», die ihrerseits auch gewisse «Unterschichten» (z. B. Gepäckannahme, Bahntransport) aufweist. Der STM-1-Rahmen entspricht einem Bahn-Postwagen, in dem die Postsäcke (VC-4) transportiert werden. Bei Bedarf braucht es mehrere Wagen (STM-N). Eine Sektion entspricht einer Bahnstrecke ohne Abzweigmöglichkeiten, d. h. ohne Weichen.

Jede Schicht erstreckt sich grundsätzlich über das gesamte Transportnetz und wird durch ein bestimmtes Datenformat gekennzeichnet, das als *charakteristische Information* bezeichnet wird.

322 Konzept der Unterteilung

Der Zweck der Unterteilung (Partitioning) ist das Aufteilen des weltweiten Telekommunikationsnetzes in kleinere und überblickbare operative oder geographische Teilbereiche. Diese können rekursiv immer weiter unterteilt werden. Der kleinste interessierende Bereich ist meist ein einzelnes Netzelement. Dazu werden zwei topologische architektonische Komponenten verwendet (s. Abschnitt 333). Einerseits sind dies die Unternetze (Sub-Network), definiert als Bereiche, in denen ein Datenfluss gelenkt werden kann. Andererseits sind es die «Verbindungen» (Link), die die festen Beziehungen zwischen diesen Unternetzen beschreiben (Fig. 4).

Das heutige vermittelte Telefonnetz ist übrigens nach ähnlichen Gesichtspunkten aufgebaut. Hier gibt es die Unternetze: Länder (internationales Netz), Netzgruppen (Fernnetz), Knoten (Bezirksnetz) usw.

33 Die architektonischen Komponenten

Figur 1 zeigt rechts die den konventionellen Funktionsblöcken entsprechenden architektonischen Komponenten [ITU-Empfehlung G.803]. Man darf daraus jedoch nicht schliessen, dass es sich bei diesen einfach um eine andere Darstellung der üblichen Funktionsblöcke handelt. Dies trifft nur für die nachfolgend unter Gruppe 1 besprochenen Komponenten bis zu einem gewissen Grad zu. Der Datenfluss durch die Komponente ist normalerweise *bidirektional* zu verstehen. Dieser Datenfluss kann auch als *unidirektionaler* Fluss definiert werden. Dann müssen die Verbindungslinien mit entsprechenden Pfeilen versehen sein. In *Figur 5* sind einige wichtige Komponenten in einer Schicht dargestellt. Dabei werden rechts und links zwei getrennte NE angenommen, so dass auch die im Netzbereich erforderlichen Komponenten dargestellt werden können.

1. In jeder Schicht sind drei *Verarbeitungsfunktionen* (Transport Processing Functions) normiert.
2. Sie werden getrennt durch die *Referenzpunkte* (Reference Points).
3. Zwischen den Referenzpunkten von meist getrennten Netzelementen sind die *Transportgrößen* (Transport Entities) definiert.
4. Die *topologischen Komponenten* (Topological Components) sind im unteren Bereich der Schichten zu finden.

Mit den Komponenten der Gruppen 1 und 2 werden die Funktionen der einzelnen Netzelemente beschrieben. Die Gruppen 3 und 4 umfassen die Komponenten, die die Beziehungen in einem ganzen Netzbereich definieren.

331 Verarbeitungsfunktionen

Damit Daten über längere Strecken übertragen werden können, müssen sie in geeigneter Weise aufbereitet werden. Diese Aufbereitungsprozesse werden in den Multiplexer- und Übertragungsausrüstungen vorgenommen und sind, je nach verwendeter Übertragungstechnik, verschieden. Es ist aber möglich, bestimmte Grundfunktionen zu identifizieren, die allen diesen Aufbereitungsarten gemeinsam sind. Diese werden durch die Verarbeitungsfunktionen modelliert. Es sind dies:

- Adaptation Function (AF)
- Trail Termination Function (TTF)
- Connection Function (CF)

Sie müssen in obiger hierarchischen Reihenfolge angeordnet werden. Beispielsweise darf eine Connection Function nicht im Bereich der Access Points zwischen einer Adaptation Function und einer Trail Termination Function liegen. Eine Verarbeitungsfunktion wird durch Referenzpunkte begrenzt.

In der *Adaptation Function (AF)* wird die Information eines Server Layer in das Format des darüber liegenden Client Layer umgewandelt und umgekehrt. Sie bildet somit den Übergang zwischen zwei Schichten.

bindet diese mit einer Connection Function bzw. einem Sub-Network oder direkt mit der darunter liegenden Adaptation Function, sofern letztere beide nicht vorhanden sind. Er ist ein Spezialfall eines Connection Point, in dem Sinn, dass er immer nur am Ausgang einer Trail Termination Function vorkommt. Das Datenformat in einem Termination Connection Point (und auch im Connection Point) ist die «Charakteristische Information».

Connection Points (CP) befinden sich am Rand von Connection Functions bzw. Unternetzen. Sie bilden dort Endpunkte der Transportgrößen Sub-Network Connections oder Link Connections (s. Abschnitt 333) und sind auch Trennpunkte zwischen Connection Functions bzw. Unternetzen und Adaptation Functions.

Die Referenzpunkte können zeichnerisch auf verschiedene Arten dargestellt werden ([3], Abschn. 5). Wird auf eine genaue topologische Darstellung Wert gelegt, werden zwei Punkte gezeichnet.

333 Transportgrößen und topologische Komponenten

Ähnlich wie die Signalaufbereitungsprozesse in den Netzelementen durch die architektonischen Komponenten der Gruppe 1 und 2 dargestellt werden, können die *netzweit* bedeutungsvollen Größen durch *topologische Komponenten* und durch *Transportgrößen* beschrieben werden. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass jede dieser Komponenten nur innerhalb *einer Schicht* definiert werden kann. Beispielsweise sind keine Network Connections zwischen Termination Connection Points erlaubt, die sich in verschiedenen Schichten befinden. Beide Gruppen werden zusammen betrachtet, weil die Transportgrößen jeweils einer entsprechenden topologischen Komponente zugeordnet werden können. Im weiteren ist zu betonen, dass die unter Transportgrößen aufgeführten «Verbindungen» im allgemeinen als logische und nicht als physikalische Größen aufzufassen sind. Erst in der untersten Schicht, dem Physical Media Layer, entsprechen sie einer physikalischen Verbindung.

Als topologische Komponenten gelten:

- Layer Network
- Sub-Network
- Link

Transportgrößen sind:

- Network Connection
- Sub-Network Connection
- Link Connection
- Trail

Bereits im Abschnitt 321 wurde die Aufteilung des Netzwerkes in verschiedene operative Schichten beschrieben. Ein Teil einer Schicht wird als *Layer Network* bezeichnet (Fig. 5), wobei besonders zu beachten ist, dass die Komponente «Layer Network» nicht identisch mit einem «Layer» ist. Die Adaptation Function wird nicht zur Komponente Layer Network gezählt, gehört aber zum Layer. Etwas abstrakter formu-

liert, wird ein Layer Network auch als Bereich definiert, in dem sich gleichartige Access Points befinden. Das wiederum bedeutet, dass für ein Layer Network der Grad der Multiplexierung bzw. die Datenstruktur charakteristisch ist. Ein Layer Network kann in Sub-Networks und Links unterteilt werden (Fig. 4).

Bei einer *Network Connection* handelt es sich um eine logische Verbindung in einem Layer Network. Sie liegt zwischen zwei Termination Connection Points und überträgt transparent die für diesen Layer «charakteristische Information». Sie kann sich über beliebig viele Sub-Network Connections und Link Connections erstrecken, endet aber immer, sobald sie einen Termination Connection Point im gleichen Layer erreicht.

- Im Postdienst-Analogon kann das Layer Network in der «Bahn-Schicht» mit dem weltweiten Eisenbahnnetz verglichen werden.

Ein *Sub-Network* ist als Teilbereich in einem Layer Network definiert, dadurch gekennzeichnet, dass in diesem Teilbereich die «charakteristische Information» durch operative Massnahmen geroutet bzw. geschaltet werden kann. Zur praktischen Durchführung der Routing- und Schaltfunktionen werden die Connection Functions der Netzelemente verwendet. Durch wiederholtes Aufteilen (Partitioning) kann das Sub-Network bis auf eine solche einzelne Connection Function reduziert werden. Deshalb kann die letztere als Untermenge eines Sub-Network aufgefasst werden. Ein Sub-Network kann zwischen denselben Verarbeitungsfunktionen liegen wie eine Connection Function.

Die *Sub-Network Connection* ist die entsprechende einzelne logische Verbindung, mit der Daten transparent durch ein Sub-Network transportiert werden. Begrenzt wird sie durch Connection Points am Rande eines Sub-Network. Eine Sub-Network Connection kann auch aus mehreren Sub-Network Connections und Link Connections zusammengesetzt sein, die sich aus einem Prozess (Partitioning) ergeben haben (Fig. 4). Eine Sub-Network Connection in einer Connection Function mit definierter Matrix wird als Matrix Connection bezeichnet und entspricht z. B. einer bestimmten Querverbindung.

- Im Postdienst-Analogon entspricht ein Sub-Network in der «PTT-Post-Schicht» z. B. dem PTT-Post-Bereich einer ganzen Stadt mit möglicherweise vielen Postämtern (Sub Sub-Network). Postsäcke können in diesem Bereich dem Bahntransport übergeben oder auch intern verschoben werden.

Ein *Link* umfasst die Gesamtheit der festen Verbindungen (Link Connections) zwischen zwei Sub-Networks in einem Layer Network. Er ist definiert durch die Art der Beziehungen zwischen den Sub-Networks. Eine solche Beziehung ist z. B. die verfügbare Transportkapazität. Kennzeichnend für den Link ist, dass seine Beziehungen in einem Layer durch Managementeinwirkungen nicht verändert werden können. Im untersten Layer entspricht ein Link dem physikalischen Übertragungsnetz, z. B. der Gesamtheit der optischen Fasern zwischen zwei Sub-Networks.

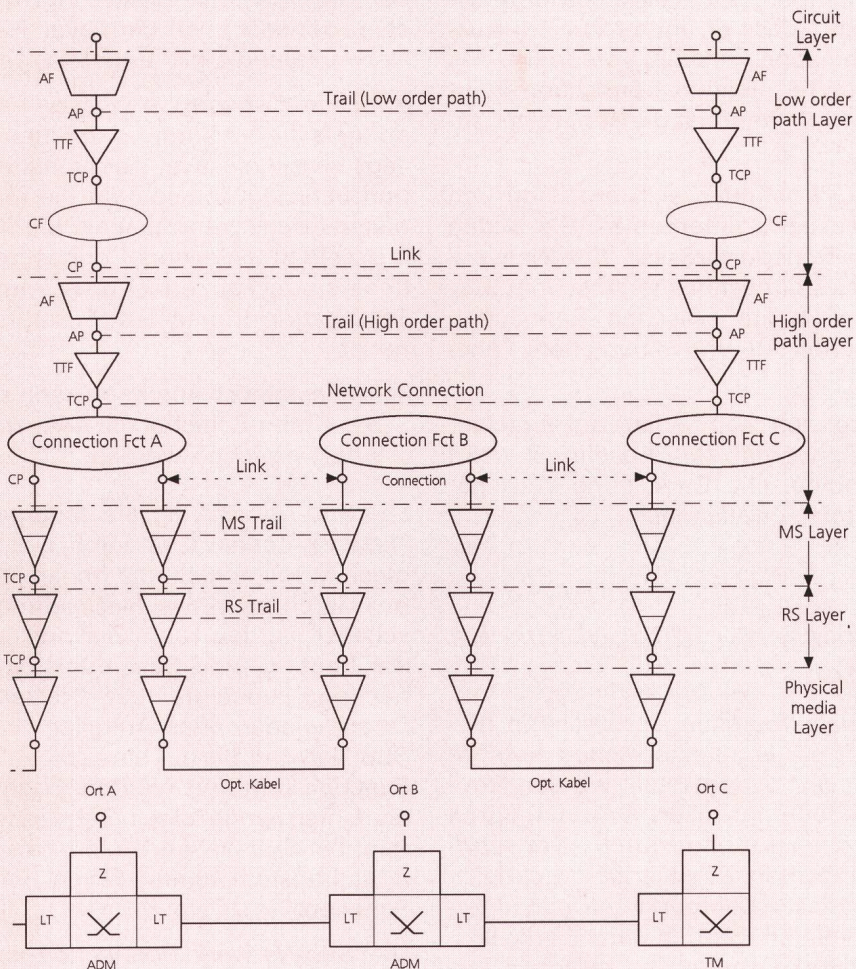


Fig. 6 Beispiel einer modellierten SDH-Strecke mit zwei Add-Drop-Multiplexern und einem Terminal-Multiplexer

MS Multiplex Section
 RS Regenerator Section
 TM Terminal Multiplexer
 ADM Add-Drop Multiplexer

LT Line Terminal
 Z Zubringer
 Siehe auch Figur 5

Als *Link Connection* wird eine einzelne, feste, d. h. nicht veränderbare logische Verbindung in einem Link bezeichnet. Sie verbindet entweder einen Termination Connection Point mit einem Connection Point oder liegt zwischen zwei Connection Points. Eine Link Connection kann jedoch in einer darunter liegenden Server-Schicht sehr wohl umgeleitet (geroutet) werden. Diese Routingfunktion ist aber für die jeweilige Schicht nicht zugänglich. Deshalb erscheint sie hier als feste Verbindung. (Das Layering bezweckt ja die Schaffung von operativ unabhängigen Bereichen.)

– Postdienst-Analogon: Der Bahntransport ist für die PTT nicht zugänglich und steuerbar. Mit der Übergabe an die Bahn wird der Transport der Postsäcke für die PTT zu einem Link. Die Bahn hat jedoch die Möglichkeit, den Transport über verschiedene Routen zu leiten.

Unter einem *Trail* (Spur, Fährte) versteht man eine logische Verbindung für einen überwachten Daten-transport von Access Point zu Access Point. Er kann als verantwortliche Transportgröße für Datentransporte aus dem Client Layer definiert werden. Obwohl der Definition des Trail oft etwas Abstraktes anhaftet, repräsentiert er am ehesten das, was man sich unter einer End-zu-End-«Verbindung» vorstellen kann. Im Circuit Layer wird der Trail als «Circuit» bezeichnet, im Path Layer als «Path» und im Section Layer als «Section».

– Im Postdienst-Analogon könnte man in der «PTT-Post-Schicht» von einer «eingeschriebenen Sendung» sprechen. Die assoziierte Trail Termination Function repräsentiert den Vorgang des Einschreibens und Verifizierens am andern Ende.

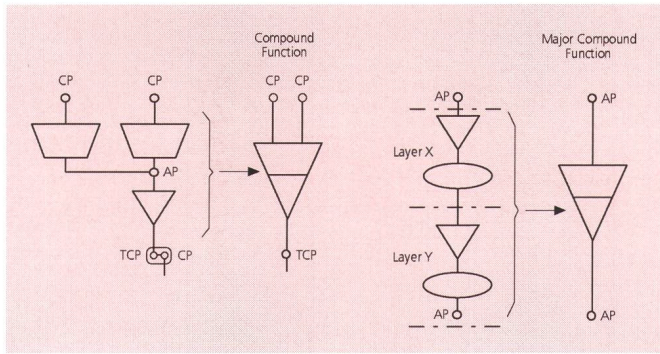


Fig. 7 Beispiel für die Bildung von Compound und Major-Compound Functions

Als Oberbegriff für die Transportgrößen wird auch der Begriff der *Connection* verwendet. Sie ist definiert als Verbindung zwischen Connection Points.

Damit sind die wichtigsten architektonischen Komponenten beschrieben. In den Normen werden noch einige weitere abgeleitete Funktionen wie «Tandem Link Connection» oder «Tandem Connection» erwähnt. Sie sind im wesentlichen definiert als mehrere in Serie geschaltete entsprechende Komponenten.

Zur Illustration der architektonischen Komponenten wird ein Ausschnitt aus einer SDH-Strecke mit zwei Add-Drop-Multiplexern (ADM) und einem Terminal Multiplexer (TM) modelliert (Fig. 6). Beim ADM am Ort B wurde die Auskopplung bzw. die Durchschaltung von Signalen tieferer Ordnung aus Platzgründen nicht modelliert.

34 Zusammengefasste Funktionen (Compound Functions) und Zusatzschichten (Layer Generation)

Compound Functions entstehen durch Zusammenfassen von einzelnen Grundfunktionen (Atomic Functions). Dies betrifft meist die architektonischen Komponenten der Gruppe 1 und 2.

Wenn ein Vorgang in einem Netzwerk nicht bis in alle Einzelheiten beschrieben werden soll, können aus den Atomic Functions *Compound Functions* gebildet werden, wie dies in Fig. 7 als Beispiel gezeigt ist. Dies erleichtert in vielen Fällen die Darstellung und Beschreibung von Vorgängen in bestimmten Schichten, wobei weniger interessierende Schichten ohne unnötige Details skizziert werden können.

Als *Major-Compound Function* wird eine zusammengefasste Funktion bezeichnet, die sich über mehr als eine Schicht erstreckt.

Ein in gewisser Beziehung umgekehrter Vorgang ist die *Layer Generation*. Hier werden die Access oder Connection Points aufgetrennt und zusätzliche Schichten eingefügt. Die Regeln zur Modellierung der Schichten müssen natürlich eingehalten werden. Damit lassen sich z. B. funktionelle Vorgänge modellieren, die in einer allgemeinen Darstellung nicht von besonderem Interesse sind oder nur teilweise in Netz-

elementen enthalten sind. In Fig. 8 ist das Einfügen einer Schicht prinzipiell dargestellt.

Mit den architektonischen Komponenten, den zusammengefassten Funktionen und dem Prinzip der Zusatzschichten können jetzt die Funktionen beliebiger Netzelemente im Transportnetz modelliert werden. Solche Modelle werden als Transportnetz-Funktionsmodelle bezeichnet.

Fig. 9 zeigt als Beispiel die Modellierung eines Add-Drop-Multiplexers mit ausgewählten PDH- und ATM-Zubringern sowie einigen Management- und Benutzersignalen. Sie umfasst drei Bereiche, den SDH, den PDH und einen nicht näher bezeichneten Bereich für die übrigen im STM-N-Rahmen eingefügten Signale.

35 Spezifikationen der Funktionalitäten

Mit der Architektur wurde ein unerlässliches Gerüst für die Ausarbeitung der Normen geschaffen. Jetzt müssen aber noch konkrete Definitionen für die Funktionalitäten der Netzelemente ausgearbeitet werden, beispielsweise genaue Angaben zu den Prozessen in den Verarbeitungsfunktionen jeder Schicht. Mit diesen aufwendigen Arbeiten befassen sich die Normierungs-Organisationen [6].

351 Beispiel einer Spezifikation

In Fig. 10 ist zur Illustration ein etwas vereinfachter Ausschnitt einer Spezifikation [6, part 4, sect. 5] für die VC-3-Schicht dargestellt.

In dieser Spezifikation werden beispielsweise definiert:

- die Prozesse in der Adaptation Function und Trail Termination Function
- die Schnittstellensignale und die Informationsstrukturen in den Referenzpunkten
- Filterfunktionen, d. h. Definitionen für Defekte, Leistungsmessung, Sofortmassnahmen usw.

352 Filterfunktionen

Ein besonders interessanter Teil der Spezifikationen sind die *Filterfunktionen*. Darunter versteht man Ope-

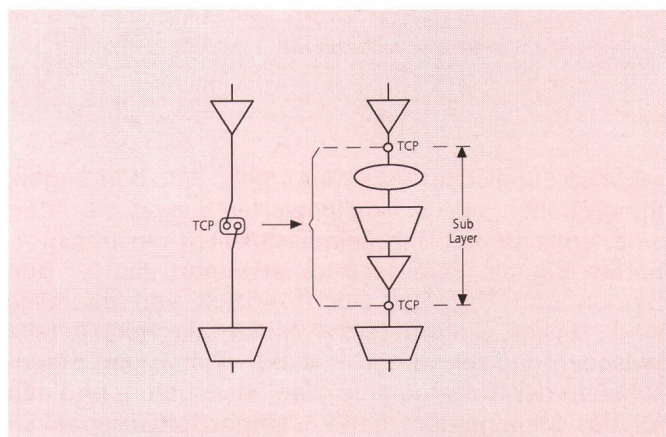


Fig. 8 Beispiel für die Bildung eines Sub-Layer

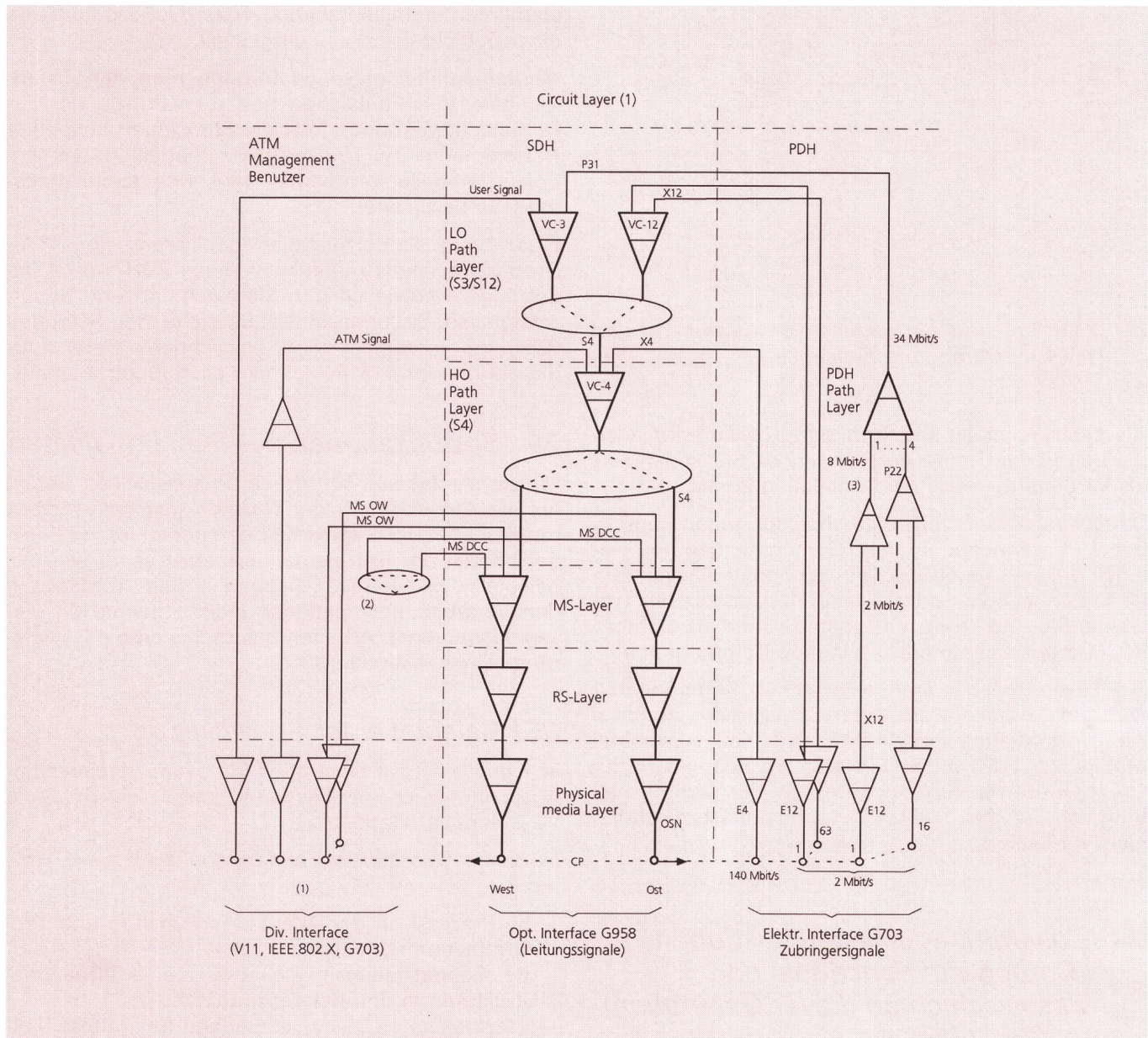


Fig. 9 Modellierung eines Add-Drop-Multiplexers (vereinfacht)

- MS/RS Multiplexer/Regenerator Section (1)
- HO/LO Higher/Lower Order
- DCC Data Communication Channel
- E12, E4 Elektr. Interface-Signale
- S4, S3 SDH-Layer-Signale
- P22, P31 PDH-Path-Signale
- X12, X4 Interne Signale
- OSN Optical Section Signal STM-N
- Signalbezeichnungen gemäss [6]
- Alle Signale sind bidirektional

- (1) Der Circuit Layer kann nicht direkt vom SDH oder PDH Path Layer erreicht werden. Es ist ein «Umweg» über den Physical Layer nötig
- (2) Der DCC (Data Communication Channel) ist ein Datenübertragungskanal für Management-Signale und gehört zum integrierten Steuerkanal ECC (Embedded Control Channel, s. Abschnitt 423). Die Connection Function symbolisiert hier eine Routingfunktion, die im Management Layer angesiedelt ist
- (3) Es wird ein mit 16×2 Mbit/s multiplexiertes 34 Mbit/s PDH-Signal in zwei Stufen (de)multiplexiert (beachte: Symbolspitze entspricht der höheren Multiplexierung)

rationen (logische Verknüpfungen, Verzögerungen, Integrationen mit Schwellenwerten usw.), die nötig sind, um z. B. aus Unregelmässigkeiten der transportierten Signale Parameter zu erzeugen, die für den Betrieb und Unterhalt auch wirklich von Interesse sind. Dieser «Filterbereich» bildet die Schnittstelle zwischen den relevanten Funktionalitäten und Eigenschaften der Netzelemente (den Ressourcen) und den für das Management bedeutsamen Softwaredarstellungen dieser Ressourcen, den «verwalteten Objekten» (Managed Objects, s. Abschnitt 421). Die Filter-

funktionen sind teils in den Verarbeitungsfunktionen, teils in den zum Managementbereich gehörenden Prozessoren enthalten. Figur 11 zeigt eine stark vereinfachte Darstellung der Filterprozesse gemäss [6] mit den Filtern f_x und der Bezeichnung der gefilterten Signale.

Die Eingangssignale für die Filter werden als «Anomalies», Unregelmässigkeiten, bezeichnet. Sie werden vor allem aus den für diesen Zweck besonders zugefügten Zusatzbits (Overhead) und Bytes (z. B. Jx,

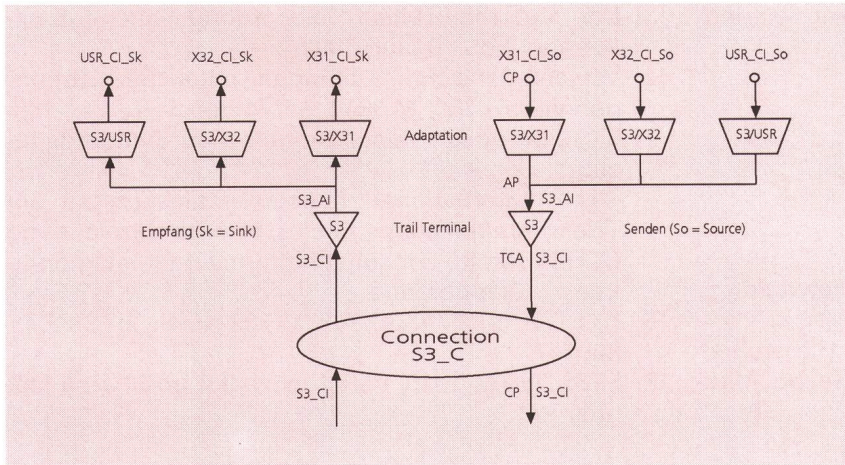


Fig. 10 Modellierung des VC-3 Path Layer in den Spezifikationen (vereinfacht)

CI	Caracteristic Information
AI	Adapted Information
USR	Benützer-Information
S3	VC-2 Path-Layer Signal
X31	34 Mbit/s PDH-Signal
X32	45 Mbit/s PDH-Signal

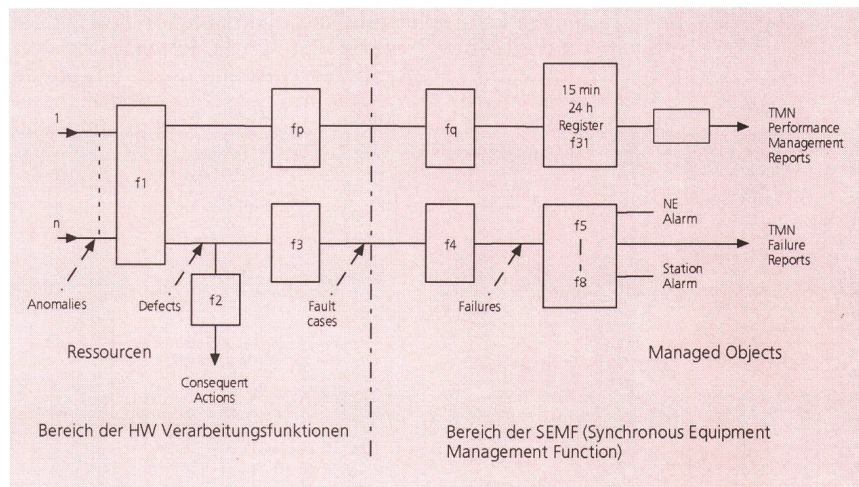


Fig. 11 Schematische Darstellung der Filterfunktionen zwischen Ressourcen und Managed Objects
Fx Filterfunktionen

Bx, Cx) gewonnen. Daneben liefert auch die Überwachung der Prozesse in den Verarbeitungsfunktionen wichtige Informationen wie Zeiger- oder Rahmenverluste. Daraus werden schrittweise «gefilterte» Signale erzeugt. Auf Grund dieser gefilterten Signale werden bei Unregelmässigkeiten wenn nötig auch Sofortmassnahmen (Consequent Actions), wie Ersatzschaltungen ohne Telekommunikations-Managementnetz-Einwirkung, ergriffen. Die Ergebnisse dieser Filterfunktionen stehen dem Telekommunikations-Managementnetz, als Eigenschaften der «Managed-Objects», zur Verfügung.

Beispiel: In den Overheads werden sog. Bx (x = 1...4) Bytes übertragen, mit deren Hilfe Übertragungsfehler festgestellt werden können. Für das Betriebspersonal eines Managementnetzes ist es jedoch nicht sinnvoll, jeden einzelnen Übertragungsfehler angezeigt zu bekommen. Ihn interessieren nur die mit Filterfunktionen gewichteten und bedeutungsvollen Grössen wie fehlerhafte Sekunden, stark gestörte Zeitabschnitte usw. Erst auf Grund solcher aussagekräftiger Angaben können sinnvolle Management-Entscheidungen getroffen werden.
(Teil 2 folgt)

Adresse des Autors:

Ascom Ericsson Transmission AG
Belpstrasse 37
CH-3000 Bern 14

Abkürzungen

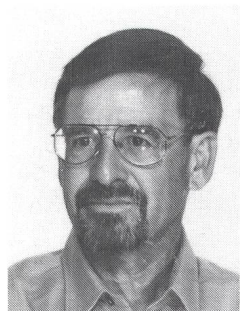
ADM	Add-Drop Multiplexer
AF	Adaptation Function
AP	Access Point
ATM	Asynchronous Transfer Mode
CF	Connection Function
CP	Connection Point
CTP	Connection Termination Point
DCC	Data Communication Channel
DXC	Cross-Connects
ECC	Embedded Control Channel
Im	Informationsmodell
MIB	Management Information Base
MO	Managed Objects
MSOH	Multiplexer Section Overhead
NE	Netzelement
NM	Netzmanagement
PCM	Pulscodemodulation
PDH	Plesiochrone digitale Hierarchie
RSOH	Regenerator Section Overhead
SDH	Synchrone digitale Hierarchie
Sonet	Synchronous Optical Network
STM	Synchronous Transport Modul
TCN	Telecommunication Network (öffentliches Telekommunikationsnetz)
TCP	Termination Connection Point
TM	Terminal Multiplexer
TMN	Telecommunications Management Networks

TN Transport Network (Übertragungs- und Transportnetz)
TTF Trail Termination Function
TUG Transport Unit Groups
VC Virtueller Container

- [3] Div. Autoren, British Telecommunications Engineering, Vol. 10, Juli 1991.
- [4] Verschiedene Empfehlungen unter Bezeichnungen wie: G.708, M.3010, X.774 von: ETSI, European Telecommunication Standards Institute
ITU-T, International Telecommunication Union/Telecommunications Sector, frühere Bezeichnung CCITT, Comité consultatif international télégraphique et téléphonique.
- [5] ITU-T Rec. G.707, G.708, G.709 sowie ETSI: ETS 300147.
- [6] ETSI DE/TM 1015, Part 1 (Nov. 93) und Part 4 (Januar 94).

Bibliographie

- [1] *Sexton M. and Reid A.* Transmission Networking, London, 1992 Artech House.
- [2] *Bosshard H.J.* Die Synchroner Digitale Hierarchie, Grundlagen und Anwendungen. Bern, Techn. Mitt. PTT, 68 (1990) 12, S. 442.



Roland Kohler, 1935, Dipl. El.-Ing. ETH, beschäftigte sich nach dem Studium in der Stiftung Hasler-Werke mit Konzepten für Fernsehverteilungs-Systeme. Nach dem Übertritt in die Hasler AG im Jahre 1968 war er bis 1985 für die Entwicklung von 2-Mbit/s-PCM-Leitungsausrüstungen verantwortlich. Es folgte die Entwicklung einer 140-Mbit/s-Leitungsausrüstung. Seit 1990 ist er im Geschäftsbereich Übertragung des Konzernbereiches Public Networks vorwiegend als Systemingenieur im SDH-Bereich tätig. Dieser Geschäftsbereich ist seit Mitte 1992 Teil der Ascom Ericsson Transmission AG (AET).