

**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:** 68 (1990)

**Heft:** 12

**Artikel:** Die synchrone digitale Hierarchie : Grundlagen und Anwendungen

**Autor:** Bosshard, Hans Jakob

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-876225>

### **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:** 29.04.2026

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

# Die Synchroner Digitale Hierarchie, Grundlagen und Anwendungen

Hans Jakob BOSSHARD, Bern

Zusammenfassung. Das Konzept der Synchronen Digitalen Hierarchie (SDH) stösst heute weltweit auf das Interesse der Netzbetreiber und Hersteller. Aufgrund wesentlicher Vorteile hinsichtlich hoher Übertragungskapazitäten und Flexibilität des Netzwerkmanagements, die z. B. die Einführung künftiger Breitbanddienste erleichtern, wird die SDH die heutige Plesiochrone Digitale Hierarchie (PDH) in den nächsten Jahren mehr und mehr verdrängen. Im vorliegenden Beitrag vermittelt der Autor einen Überblick über das Konzept, die Funktionsbausteine und typische Anwendungsbeispiele der Synchronen Digitalen Hierarchie. Weiter wird der Stand der internationalen Normierung bezüglich der relevanten Empfehlungen festgehalten.

## La hiérarchie numérique synchrone, bases et applications

Résumé. Le concept de la hiérarchie numérique synchrone intéresse aujourd'hui à l'échelle mondiale tant les exploitants de réseau que les fabricants. C'est pourquoi la hiérarchie numérique synchrone supplantera de plus en plus ces prochaines années l'actuelle hiérarchie numérique plésiochrone; elle offre de grands avantages, notamment une haute capacité de transmission et une gestion des réseaux souple, qui faciliteront entre autres l'introduction des services à large bande. L'auteur présente ci-après un aperçu du concept, les modules de fonctions et des exemples d'application typiques de la hiérarchie numérique synchrone. Il donne en outre un aperçu de la normalisation sur le plan international en ce qui concerne les Recommandations déterminantes.

## La gerarchia digitale sincrona, basi e applicazioni

Riassunto. Il concetto della gerarchia digitale sincrona (SDH) suscita in tutto il mondo l'interesse dei gestori di reti e dei fabbricanti. Grazie ai notevoli vantaggi che comportano la sua grande capacità trasmissiva e la flessibilità della gestione della rete, la gerarchia SDH sostituirà mano mano nei prossimi anni l'attuale gerarchia digitale plésiocrona (PDH). Nel presente articolo l'autore descrive brevemente il concetto, i moduli funzionali e alcuni esempi tipici di applicazioni della gerarchia digitale sincrona. Inoltre fa il punto sulla situazione della normazione internazionale relativa alle raccomandazioni in merito.

## 1 Einleitung

Es ist zu erwarten, dass in den nächsten Jahren weltweit das bestehende plesiochrone digitale Übertragungsnetz durch ein synchrones Netz (SDH Synchroner Digitale Hierarchie) abgelöst wird. Durch die Einführung von Ausrüstungen der Synchronen Digitalen Hierarchie erwartet man Vorteile hinsichtlich Netzwerkmanagement-Funktionen, z. B. die automatische Pfad-Steuerung und -Überwachung, erhöhte Flexibilität in der Multiplexierung, normierte optische Schnittstellen und hohe Übertragungskapazitäten, die eine Einführung von Breitbanddiensten erlauben. Der vorliegende Beitrag soll einen Überblick bezüglich Standardisierung, Konzept und Funktionsbausteinen der synchronen digitalen Hierarchie vermitteln. Im Anschluss an diese Abschnitte, die die Grundlagen der synchronen digitalen Hierarchie beleuchten, werden Anwendungsmöglichkeiten im Übertragungsnetz diskutiert.

## 2 Entwicklungsgeschichte

Im Jahre 1984 schlug die *Bell Communications Research* ein Synchrones Optisches Netzwerk (SONET) vor. Plesiochrone Bitströme von 1,5 bis 45 Mbit/s werden dabei mit einem Stopfverfahren in Synchroner Transport-Signale erster Ordnung (STS-1) mit einer Übertragungsrate von etwa 50 Mbit/s multiplexiert. Synchroner Transportsignale höherer Ordnung (STS-N) werden durch synchrones byteweises Verschachteln (byte-interleaving method) erzeugt. STS-48, d. h. 2,4 Gbit/s waren als obere Grenze vorgesehen. Die Rahmenstruktur der synchronen Transportsignale enthalten neben den Nutzbitraten einen beträchtlichen Anteil an Zusatzkapazität (Overhead), die der Netzwerkverwaltung, der Qualitätsüberwachung und Kanalidentifizierung usw. dient.

Im Jahre 1985 begann in den USA das T1-Komitee der ECSA (Exchange Carriers Standard Association) mit der

Ausarbeitung von nationalen Normenentwürfen, die sich auf SONET stützten. Hinzu kamen auch Normenentwürfe für optische Schnittstellen auf der Fernleitung zwischen den Übertragungsendstellen. Für die Netzbetreiber in den USA ist dieser Punkt von grossem Interesse, da eine diesbezügliche Normierung den Einsatz von Ausrüstungen verschiedener Hersteller erlaubt.

In der Folge wurde SONET aufgrund folgender Eigenschaften in den USA sehr stark gefördert:

- einfache Multiplexierung/Demultiplexierung (besonders bei Bitraten oberhalb STS-1)
- einfache Abzweig-(Drop/Insert-) und Durchschaltfunktionen (Cross-Connect)
- Einführungsmöglichkeiten von Breitbanddiensten aufgrund der hohen Übertragungsbitraten
- genormte optische Schnittstellen
- Qualitätsüberwachungsmöglichkeiten von Abschnitten (Sections) und End-zu-End (Path) dank der reservierten Übertragungskapazität (Section and Path Overhead) für diese Funktionen
- integrierte Datenkommunikationskanäle für den Netzbetreiber
- eingebaute Steuerungsfunktionen für eine Übertragungsnetzwerkverwaltung.

Das CCITT begann im Jahre 1986 mit der Ausarbeitung von Empfehlungen bezüglich der synchronen digitalen Hierarchie (SDH). Im Unterschied zu SONET beträgt die Grundbitrate des synchronen Transportmoduls erster Ordnung (STM-1) der SDH 155,52 Mbit/s. Dies entspricht einer Erhöhung um den Faktor 3. Auf diese Weise ist es möglich, Kanäle mit einer Bitrate von 140 Mbit/s innerhalb eines Moduls erster Ordnung zu übertragen.

Anlässlich der CCITT-Plenarsitzung im November 1988 wurde der erste Satz von Empfehlungen für die syn-

chrone digitale Hierarchie genehmigt. Dies betraf die Empfehlungen G.707, G.708 und G.709.

### 3 Stand der internationalen Normierung

Ohne auf Einzelheiten einzugehen, soll in diesem Abschnitt der Stand der für die synchrone digitale Hierarchie wichtigen Empfehlungen und Entwürfe in CCITT und ETSI angegeben werden.

### 31 Netzwerkaspekte

CCITT SG XVIII [1]:

Rec.: G.707 SDH-Bitraten

Rec.: G.708 SDH-Network Node Interface

Rec.: G.709 SDH-Multiplexierungsstruktur

Stand: Genehmigung der überarbeiteten Empfehlungen gemäss Resolution 2 (beschleunigte Prozedur) anlässlich der Sitzung in Japan vom November 1990.

### 32 Multiplexausrüstungen und Management

CCITT SG XV [3]:

Rec.: G.781 SDH-Multiplexausrüstungen (Struktur der Empfehlungen, früher G.smux-1)

Rec.: G.782 SDH-Multiplexausrüstungstypen und allgemeine Eigenschaften (früher G.smux-2)

Rec.: G.783 Eigenschaften der Funktionsblöcke der SDH-Multiplexausrüstungen (früher G.smux-3)

Rec.: G.784 SDH-Management (stellt eine Norm der Phase 1 mit vielen offenen Punkten dar) (früher G.smux-4)

Stand: Genehmigung gemäss Resolution 2 (beschleunigte Prozedur) Ende 1990.

### 33 Durchschalteausrüstungen (Cross-Connect)

CCITT SG XV:

Draft: G.sdx-1 SDH-Cross-Connect-Ausrüstungen (Struktur der Empfehlungen)

Draft: G.sdx-2 SDH-Cross-Connect-Ausrüstungstypen und allgemeine Eigenschaften

Draft: G.sdx-3 Eigenschaften der Funktionsblöcke der SDH-Cross-Connect-Ausrüstungen

Zu bemerken ist, dass diese Entwürfe verhältnismässig noch wenig Angaben enthalten.

Stand: Es ist vorgesehen, die Entwürfe am Ende der Studienperiode 1992 zur Genehmigung vorzulegen.

### 34 Optische Schnittstellen und Leitungssysteme

CCITT SG XV:

Rec.: G.957 (früher G.opt). Optische Schnittstellen der SDH

Rec.: G.958 (früher G.sls) SDH-Leitungssysteme

Stand: Genehmigung gemäss Resolution 2 (beschleunigte Prozedur) Ende 1990.

### 35 Netzwerkanwendungen

CCITT SG XVIII [2]:

Draft: G.sna-1 SDH-Netzwerkarchitekturen

Draft: G.sna-2 Performance, Management-Möglichkeiten von SDH-Netzwerken

Stand: Die Genehmigung ist am Ende der Studienperiode 1992 vorgesehen.

### 36 ETSI – Multiplexierungsstruktur

ETSI STC TM 3:

Draft ETS: Nr. TM-301 Synchrone Digitale Hierarchie Multiplexierungs-Struktur (siehe Abschnitt 62).

Stand: Schriftliche Umfrage (Indicative Voting by Correspondence) bis 14. September 1990. Öffentliche Auflage (Public Enquiry) nach diesem Datum, wenn keine wesentlichen Einwände vorliegen.

### 4 Konzept der Synchronen Digitalen Hierarchie

Bei der Erläuterung der synchronen digitalen Hierarchie wird vorerst der Schwerpunkt auf die Übertragung von plesiochronen Kanälen mit einer Bitrate von 140 Mbit/s gelegt.

### 41 Rahmenstruktur

Das Konzept der synchronen digitalen Hierarchie lässt sich am besten mit der Rahmenstruktur eines synchronen Transportmoduls erster Ordnung (STM-1) verdeutlichen. Die Rahmenstruktur ist in *Figur 1* dargestellt. Der gezeigte Rahmen wird in neun Zeilen von je 270 Bytes zeilenweise übertragen. Die Bitrate des Grundelementes der SDH, des STM-1, beträgt 155,52 Mbit/s. Die Wiederholfrequenz des Rahmens beträgt 8 kHz. Zudem ist ersichtlich, dass der «Section Overhead» (SOH), «Path Overhead» (POH) und der Zeiger (Pointer)  $10 \times 9$  Bytes der Rahmenstruktur belegt. Dies entspricht etwa 5,8 Mbit/s, da ein Byte einer Rate von 64 kbit/s entspricht. Auf die Bedeutung des Zeigers wird in den Abschnitten 46 und 411 eingegangen. Für den Nutzkanalinhalt von STM-1 (Payload), in dem die verschiedenen Ka-

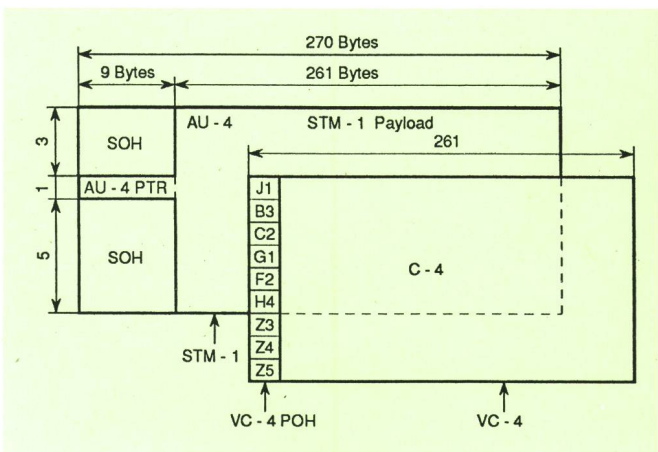


Fig. 1  
STM-1-Rahmenstruktur

AU-4 PTR AU-4-Zeiger  
POH Path Overhead  
SOH Section Overhead

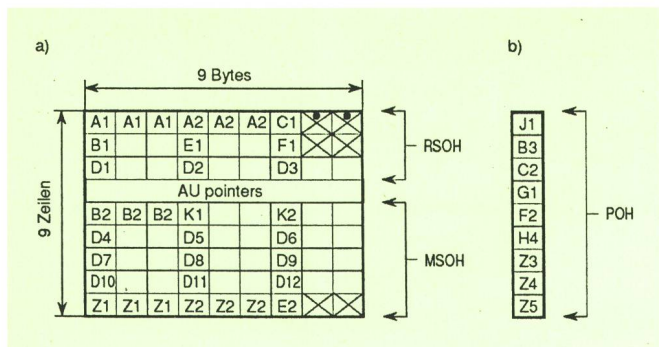


Fig. 2 Section und Path Overhead (SOH, POH) des Synchronen Transportmoduls STM-1

- A1, A2 Rahmensynchronwort
- B1, B2, B3 Byteweise verschachtelter Paritäts-Code (Byte Interleaved Parity, BIP) für die Fehlerüberwachung in Regenerator-Sektionen, Multiplexer-Sektionen und Pfaden (Ende-zu-Ende)
- C1, C2 STM-Identifikation, VC-Payload-Identifikation
- D1...D12 Datenkommunikationskanäle (DCC)
- E1, E2 Orderwire (Sprachkanäle)
- F1, F2 Benutzerkanäle
- G1 Pfad-Status (z.B. AIS)
- H4 Überrahmen-Indikator
- J1 Pfad-Information
- K1, K2 APS-Kanal (Automatic Protection Switching)
- Z1...Z5 Reserve-Kanäle
- RSOH Regenerator Section Overhead
- MSOH Multiplexer Section Overhead
- POH Path Overhead
- X Reservierte Kanäle für nationalen Gebrauch
- \* Nicht verwürfelte (unscrambled) Bytes, daher Vorsicht bei deren Benützung

Bem.: Alle unmarkierten Bytes sind reserviert für die künftige internationale Normierung (für Übertragungs-Medium und nationale Bedürfnisse u. a.)

nalkapazitäten einschliesslich Zusatzinformationen und Stopfbits enthalten sind, verbleiben somit etwa 150 Mbit/s. Die Stopfbits werden bei der Übertragung von plesiochronen Kanälen mit Hilfe von synchronen Transportmodulen benötigt.

### 42 «Section Overhead» (SOH)

Die Lage der *Section Overhead Bytes* im synchronen Transportmodul STM-1 ist der Figur 1 zu entnehmen. Diese Bytes enthalten Information für die Rahmensynchronisation, Datenkommunikationskanäle, Überwachungsfunktionen für eine Sektion, Identifikations-Parameter, Steuerfunktionen für die Ersatzschaltungen usw. In *Figur 2a* sind die verschiedenen Funktionen für jedes Byte dargestellt. An dieser Stelle sei festgehalten, dass die Funktionen einer grossen Anzahl SOH-Bytes noch nicht genormt sind.

### 43 «Path Overhead (POH)»

Die *Path Overhead Bytes* enthalten Funktionen, die sich auf einzelne Pfade beziehen. Sie dienen der Qualitätsüberwachung von Pfaden, der Identifizierung usw. Die Bedeutung dieser Bytes ist in *Figur 2b* festgehalten.

### 44 Container (C)

Der *Container* stellt in der synchronen digitalen Hierarchie die Grundverpackungseinheit für die verschiedenen zu übertragenden Kanalkapazitäten (Tributaries) dar. In den Container C-4 (Fig. 1) kann ein Datenstrom der ple-

siochronen Hierarchie mit einer Bitrate von 140 Mbit/s multiplexiert werden.

### 45 Virtueller Container (VC)

In der SDH bezeichnet man die Kombination eines Containers mit dem dazugehörigen Path Overhead (POH) als *Virtuellen Container VC*. Der Container C-4 und der POH bilden den Virtuellen Container VC-4 (Fig. 1). In der CCITT-Empfehlung G.709 wird das Abbildungsschema bezüglich plesiochroner Kanäle mit einer Bitrate von 140 Mbit/s beschrieben. Der *Figur 3* kann entnommen werden, dass eine Zeile des virtuellen Containers VC-4 neben dem Path Overhead Byte 1935 Datenbits einschliesslich eines Stopfbits S enthält. Dieses wird für ein positives Stopfverfahren benützt. Bei nominellen Übertragungsraten des STM-1 und dem plesiochronen 140-Mbit/s-Signal werden je Zeile im Mittel nur 1934,22 Bits benötigt. So tragen im Durchschnitt 0,77 S-Bits in einer Zeile keine Information und das nominelle Stopfverhältnis beträgt 7/9. Mit diesem Verfahren wird die Bitrate des plesiochronen Kanals an die Bitrate des virtuellen Containers (nominell synchron zum STM-1) angepasst. Die Bitrate des virtuellen Containers beträgt etwa 150 Mbit/s. Bei der Übertragung von Kanälen mit einer Bitrate von 140 Mbit/s wird also neben dem SOH ein Overhead von etwa 10 Mbit/s mitgeführt. Ein Teil davon ist für künftige Anwendungen reserviert und der übrige Anteil liegt in der Entwicklungsgeschichte der SDH begründet. SONET mit einem Synchronen Transportsignal STS-1 mit einer Übertragungsraten von 51,84 Mbit/s wurde mit Blick auf eine Übertragung von 45 Mbit/s ausgelegt. Das STM-1 der SDH besitzt eine dreimal höhere Übertragungsraten. Dies erhöht natürlich den Overhead. So weist z. B. auch der SOH des SONET nur drei Byte-Spalten auf, anstelle der neun Byte-Spalten der SDH.

### 46 Pointer (PTR)

Um Phasenschwankungen im Übertragungsnetz ausgleichen zu können, wird in der SDH ein *Pointer* (Zeiger) benützt, der die relative Lage des ersten Bytes des virtuellen Containers innerhalb der STM-1-Rahmenstruktur

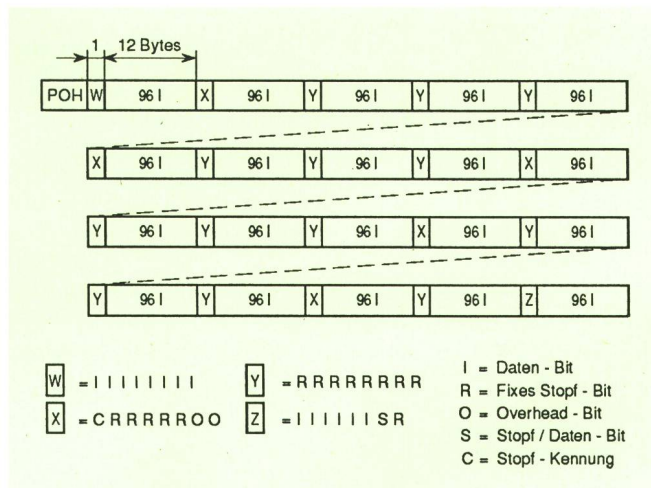


Fig. 3 Abbildung eines 140-Mbit/s-Kanals in den virtuellen Container VC-4 (eine Rahmenzeile)

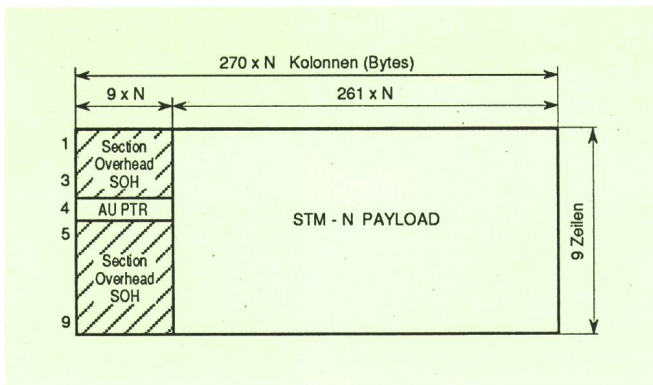


Fig. 4  
STM-N-Rahmenstruktur

angibt. Ein Vergleich mit den Bibliotheksverzeichnissen von Datenstrukturen auf verschiedenen Speichermedien der Computertechnik drängt sich auf. Für den betrachteten VC-4 ist die Position des Pointers der Figur 1 zu entnehmen. Seine Funktionsweise ist in Abschnitt 411 bezüglich der Aspekte der Synchronisation beschrieben.

#### 47 Administrative Unit (AU)

Die Kombination des Pointer mit dem betrachteten virtuellen Container VC-4 wird als *Administrative Unit* AU-4 (Fig. 1) bezeichnet. Diese Bezeichnung nimmt einerseits Rücksicht auf die verschiedenen Plesiochronen Digitalen Hierarchien PDH in Europa und USA, und andererseits wird sie im künftigen Management des Übertragungsnetzes (z. B. bei Ersatzschaltungen) als verwaltungstechnische Einheit eine Rolle spielen.

#### 48 Synchrone Transportmodule höherer Ordnung (STM-N)

Höhere Übertragungsraten bis 2,4 Gbit/s werden durch byteweises Verschachteln (Byte Interleaving) von mehreren synchronen Transportmodulen STM-1 erzeugt. Synchrone Transportmodule der Ordnung N werden als STM-N bezeichnet. N gibt den ganzzahligen Multiplikationsfaktor bezüglich der Grundbitrate von 155,52 Mbit/s an. In der CCITT-Empfehlung G.707 sind folgende synchrone Transportmodule definiert:

- STM-1: 155,52 Mbit/s, wobei  $N = 1$
- STM-4: 622,08 Mbit/s, wobei  $N = 4$
- STM-16: 2488,32 Mbit/s, wobei  $N = 16$

Prinzipiell sind aber noch höhere Übertragungsraten denkbar. Dieser Aspekt wird im CCITT studiert.

In *Figur 4* ist die Rahmenstruktur eines synchronen Transportmoduls der Ordnung N, d. h. STM-N, angegeben. Die Figur zeigt, dass die Section Overheads SOH aller N STM-1 zu einem Block zusammengefasst sind. Die restlichen Daten (Payload) aller STM-1-Kanäle sind byteweise verschachtelt in einem zweiten Block zusammengefasst. Diese Methode der Multiplexierung erlaubt es auch sehr hohe Übertragungsraten zu erzeugen. Der bei plesiochronen Hierarchien nötige Prozess des Stopfens bzw. Entstopfens entfällt oberhalb der STM-1-Übertragungsrate von 155,52 Mbit/s. Die Auswertung

der SOH-Bytes und Pointer für die Administrative Units AU-4 hingegen bleibt.

Für die Übertragung wird ausser der ersten Zeile des Section Overhead STM-N (entspricht  $N \times 9$  Bytes) das STM-N-Signal mit einem 7stufigen Scrambler verwürfelt.

#### 49 Multiplexierungsstruktur

In der CCITT-Empfehlung G.709 wird eine Multiplexierungsstruktur definiert, die es erlaubt, Kanäle der heutigen Plesiochronen Digitalen Hierarchie (PDH) in der SDH zu übertragen und in Abzweig- bzw. Durchschalt-ausrüstungen zu verarbeiten. Die revidierte Empfehlung G.709 berücksichtigt den ETS-Entwurf (European Telecommunications Standard) Nr. TM-301 für eine europäische Multiplexierungsstruktur, wie sie in *Figur 5* abgebildet ist.

Diese Struktur enthält zwei neue Multiplexelemente, nämlich die *Tributary Unit* (TU) und die *Tributary Unit Group* (TUG):

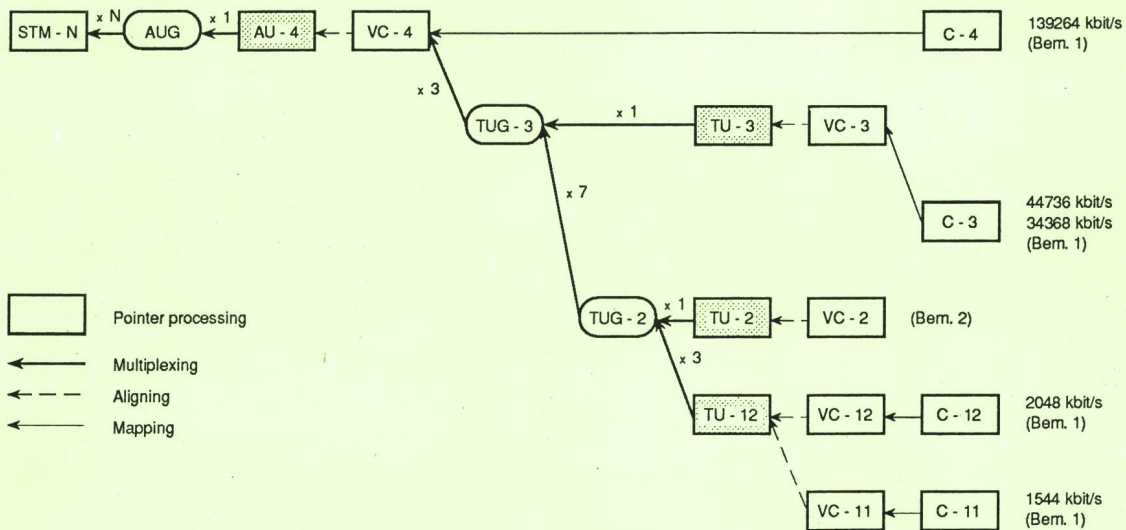
Die Tributary Unit TU besteht analog zur Administrative Unit AU aus der Kombination von virtuellem Container VC mit einem Pointer. Der TU-Pointer gibt die relative Lage des betrachteten VC gegenüber dem übergeordneten virtuellen Container an.

Die Tributary Unit Group TUG entsteht durch die Verket-tung von mehreren Tributary Unit TU.

Figur 5 stellt alle möglichen Multiplexierungswege dar, über die Container mit Kanälen der plesiochronen digitalen Hierarchie in synchrone Transportmodule abgebildet werden können. Der Multiplexierungsstruktur kann also entnommen werden, welche virtuellen Container (VC), Tributary Units (TU), Tributary-Unit-Gruppen (TUG) und Administrative Unit (AU) für die Übertragung in einem synchronen Transportmodul (STM-1 bzw. STM-N) benützt werden können.

Der ETS-Entwurf für diese der Multiplexierungsstruktur, auf die man sich nach langen Diskussionen innerhalb des Komitees ETSI TM 3 einigen konnte, ist eine Kompromisslösung, die die verschiedenen Interessen in Europa widerspiegelt, und weist folgende Eigenschaften auf:

- 1,5-Mbit/s-Kanäle werden in Europa in 2-Mbit/s-Kanäle abgebildet. Dies wird den Aufbau künftiger Durchschalt-ausrüstungen vereinfachen.
- 1,5- und 2-Mbit/s-Kanäle werden in 6-Mbit/s-Einheiten mit den dazugehörigen Pfadinformationen (TUG-2) transportiert. Dies hat aber den Nachteil, dass in einem synchronen Transportmodul nur 63 2-Mbit/s-Kanäle übertragen werden können. Bestehende 140-Mbit/s-Kanäle mit 64 2-Mbit/s-Datenströmen müssen auf zwei STM-1 aufgeteilt werden.
- Kanäle mit einer Bitrate von 34 Mbit/s werden in Kanäle mit einer Kapazität von 45 Mbit/s abgebildet. In Durchschalt-ausrüstungen können sie daher gleich behandelt werden. Dies bringt natürlich eine Verminderung der Bandbreiteneffizienz mit sich. Es ist aber festzuhalten, dass 34-Mbit/s-Kanäle, die sich auf eine 2-Mbit/s-Struktur stützen, mit Vorteil vor dem Transport durch das synchrone Netz in die einzelnen



**Fig. 5**  
**Multiplexierungsstruktur nach ETS DE/TM-301**  
 Bem. 1: Es sind G-702-Tributary Units in Verbindung mit den Containern C-x gezeigt. Andere Signale wie ATM können auch übertragen werden.

Bem. 2: Die virtuelle Verkettung von VC-2 könnte für den Transport von neuen Diensten mit nichthierarchischen Bitraten verwendet werden.

2-Mbit/s-Kanäle demultiplexiert werden. Nur dieses Vorgehen erlaubt einen direkten Zugriff auf die einzelnen 2-Mbit/s-Kanäle innerhalb der SDH. Auf diese Weise wird die Einführung des künftigen SDH-Netzes erleichtert. Nur Breitbandkanäle mit Übertragungsraten von 34, 45 und 140 Mbit/s (z. B. digitale TV-Signale) sollen direkt durch das synchrone Netz transportiert werden.

- Für künftige Dienste kann die *virtuelle Verkettung* (Concatenation) von 6-Mbit/s-Kanälen und den dazugehörigen Pfadinformationen (VC-2) verwendet werden. Dies bedeutet, dass mehrere 6-Mbit/s-Einheiten mit Hilfe des Netzmanagements über denselben Weg innerhalb des SDH-Übertragungsnetzes geleitet werden können.

schaltet werden soll. Dabei soll der Zwischenspeicher minimal sein. Zwischen den beiden STM-1-Kanälen bestehe aufgrund von Laufzeitunterschieden eine Phasendifferenz. In *Figur 7* ist die angenommene Situation schematisch dargestellt. Der Zeiger im STM-1 Kanal 1 zeigt auf das erste Byte des virtuellen Containers VC-4. Da die Lage des Section Overhead des STM-1-Kanals 2 aufgrund der Phasendifferenz zeitlich verschoben ist, muss bei der Umsetzung des VC-4 der Wert des Zeigers verändert werden.

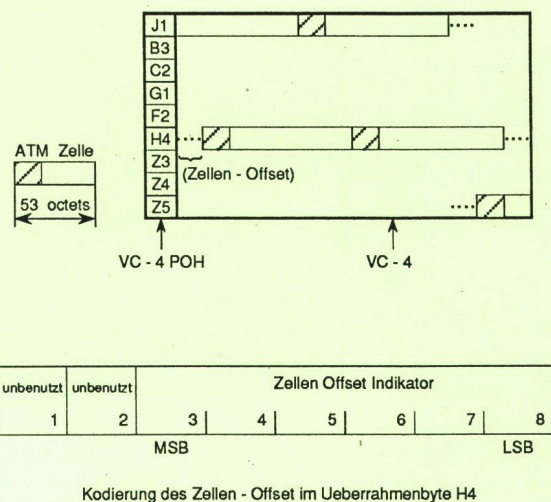
Da in einem realen Übertragungsnetz die Phasenlage aufgrund von Frequenzdrift (Wander) und Frequenz-

#### 410 Übertragung von Zellen des Asynchronen Transfer Mode (ATM)

Für die künftige Übertragung von ATM-Signalen wird in der revidierten CCITT-Empfehlung G.709 neu eine Abbildungsvorschrift definiert. Die Abbildung der ATM-Zellen in den virtuellen Container VC-4 ist in *Figur 6* gezeigt. Die Abbildungen in VC mit tieferen Bitraten befinden sich noch im Studium.

#### 411 Aspekte der Synchronisation

In diesem Abschnitt soll auf den wichtigen Aspekt des Zeiger-Mechanismus in der synchronen digitalen Hierarchie eingegangen werden. Als Beispiel sei der Fall angenommen, dass ein virtueller Container VC-4 in einer Durchschalteinheit vom synchronen Transportmodul STM-1 des Kanals 1 auf den STM-1 des Kanals 2 ge-



**Fig. 6**  
 Abbildung von ATM-Zellen in den virtuellen Container VC-4 eines STM-1

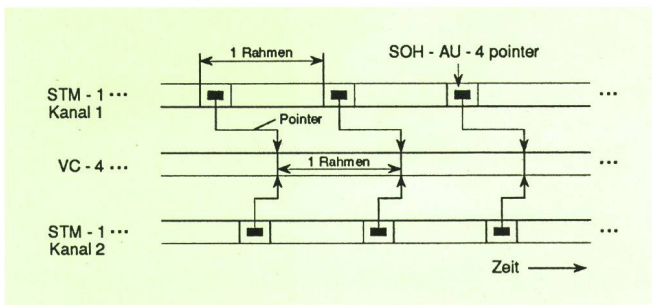


Fig. 7  
Wertänderung des AU-4-Zeigers

differenzen nicht konstant bleibt, müssen die Werte der Zeiger angepasst, d. h. geregelt werden. Zusätzlich soll ein Datenverlust vermieden werden.

Wird nun die Rahmenrate des STM-1 Nr. 1 höher als jene des STM-1 Nr. 2, so muss der Wert des Zeigers (H1- und H2-Byte) des Kanals Nr. 2 aufgrund der verkürzten Rahmendauer vermindert werden. Für virtuelle Container VC-4 geschieht dies in Stufen von drei Bytes. Um einen Datenverlust zu verhindern, werden die drei H3-Bytes für die Datenübertragung benützt [1, 4], wie in *Figur 8* dargestellt. Dieser Vorgang (negative justification) kann sich frühestens in jedem vierten Rahmen wiederholen.

Wird die Rahmenrate des Kanals Nr. 1 kleiner als die Rate des Kanals Nr. 2, so muss der in den Bytes H1 und H2 kodierte Wert des Zeigers aufgrund der verlängerten

Rahmendauer erhöht werden. Die drei Bytes (positive justification bytes) nach dem letzten H3-Byte werden nicht für die Datenübertragung benützt. Auch dieser Vorgang kann sich frühestens in jedem vierten Rahmen wiederholen (*Fig. 9*).

Der beschriebene Mechanismus entspricht einem Positiv/Null/Negativ-Stopfverfahren. Aufgrund der Zeigeränderungen in Stufen von drei Bytes für virtuelle Container VC-4 entstehen beim Übergang von 140-Mbit/s-Kanälen von der SDH in die plesiochrone Hierarchie Phasensprünge von 24 Bitzeiten. Um die Anforderungen hinsichtlich Jitter in einem Netzwerk erfüllen zu können, muss dieser hohe Jitter entsprechend gefiltert werden [4].

Für tiefere Bitraten der PDH sind Zeigeranpassungen (pointer adjustments) in Stufen von einem Byte vorgesehen.

## 5 Funktionsbausteine der SDH

Plesiochrone Kanäle können gemäss der CCITT-Empfehlung G. 703 auf den in Abschnitt 49 gezeigten Multiplexierungswegen in die synchronen Transportmodule (STM-1) abgebildet werden. Dabei kennzeichnen Zeiger deren Lage im synchronen Bitstrom. Synchroner Transportmodule höherer Ordnung (STM-N) werden gemäss Abschnitt 48 mit einer Byte-Verschachtelungsmethode erzeugt. Es besteht also eine enge Zuordnung zwischen den zu übertragenden Nutzkanälen und dem Transportträger-Bitstrom. Der Section- und Path Overhead (SOH,

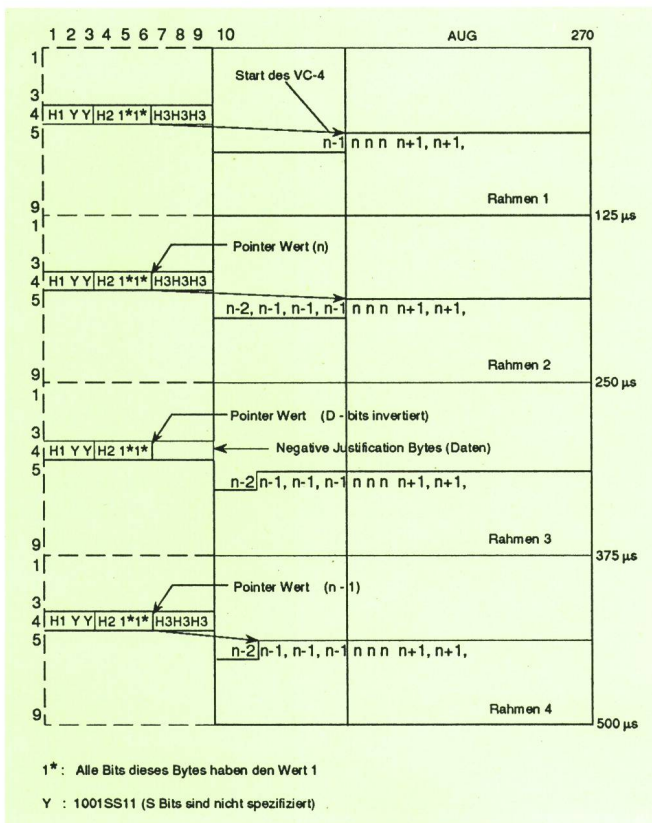


Fig. 8  
AU-4-Zeiger-Anpassung (negative justification)  
1\*: Alle Bits dieses Bytes haben den Wert 1  
Y: 1001SS11 (S: Bits sind nicht spezifiziert)

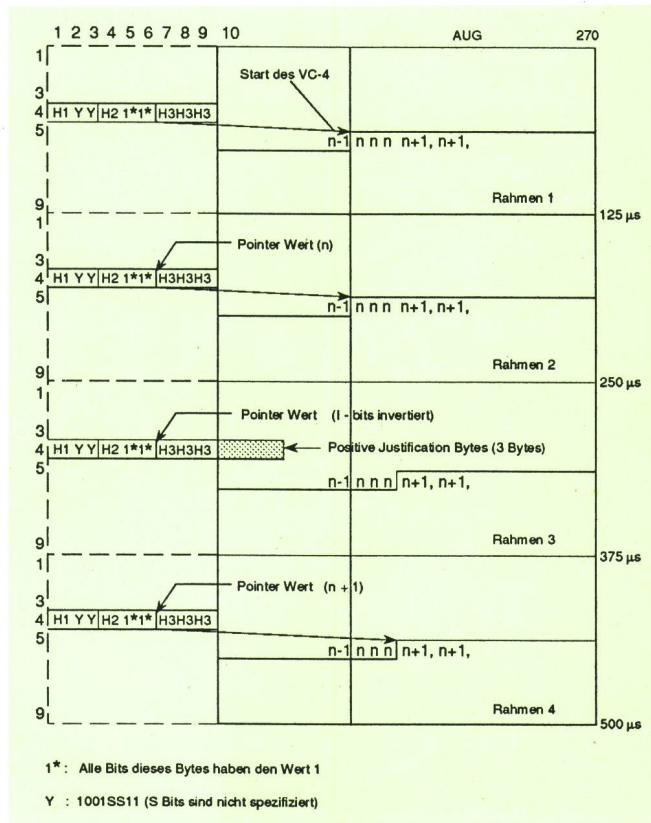


Fig. 9  
AU-4-Zeiger-Anpassung (positive justification)  
1\*: Alle Bits dieses Bytes haben den Wert 1  
Y: 1001SS11 (S: Bits sind nicht spezifiziert)

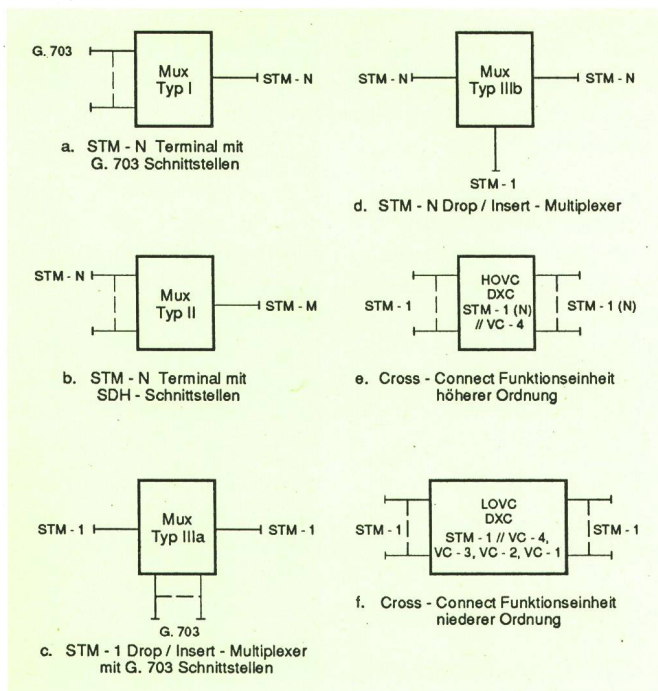


Fig. 10 Funktionsbausteine der Synchronen Digitalen Hierarchie (SDH)

POH) enthalten eine Bitfehlerüberwachung, Pfadidentifikations-Parameter, Steuerfunktionen für Schutz- und Ersatzschaltungen usw.

Auf die besonderen Funktionalitäten von SDH-Leitungs-ausrüstungen und -Regeneratoren soll in diesem Beitrag nicht eingegangen werden.

Die in den Abschnitten 51 bis 56 beschriebenen Funktionsbausteine lassen sich aufgrund der Konzepte der synchronen digitalen Hierarchie definieren. Der Schwerpunkt liegt in den übertragungstechnischen Aspekten, und die Liste ist nicht abschliessend. Zusätzlich ist festzuhalten, dass künftige Ausrüstungseinheiten nicht unbedingt mit den Funktionseinheiten identisch sein müssen.

Die Multiplexausrüstungen sind in den CCITT-Empfehlungen G.781, G.782 und G.783 beschrieben. Empfehlungen für Durchschalte-ausrüstungen (G.sdx-1, 2, 3) sind in Arbeit und werden vermutlich am Ende der Studienperiode, d. h. 1992, zur Verfügung stehen.

### 51 STM-N-Terminals mit G.703-Schnittstellen

Im CCITT werden Multiplexer vom Typ I bezeichnet. Ihre Funktion besteht darin, Kanäle der plesiochronen Digitalen Hierarchie in STM-N-Kanäle abzubilden. Diese Funktionseinheit ist in *Figur 10a* schematisch dargestellt.

### 52 STM-N-Terminals mit SDH-Schnittstellen

Ausrüstungen mit diesen Funktionen werden im CCITT als Multiplexer vom Typ II bezeichnet. Sie fassen mehrere synchrone Transportmodule STM-N zu einem STM-M-Kanal zusammen. In *Figur 10b* ist diese Funktionseinheit schematisch dargestellt.

### 53 STM-1 Abzweig-Multiplexer (Drop/Insert)

Aufgrund der Kennzeichnung der Nutzkanäle mit Hilfe von Zeigern (Pointer) und Pathoverhead (POH) ist es möglich, mit einem Drop/Insert-Multiplexer einen spezifischen Kanal von einem STM-1 abzuzweigen (drop) oder einzufügen (insert). Gegenüber der plesiochronen Hierarchie hat man den Vorteil, dass z. B. 2-Mbit/s-Kanäle direkt, also ohne eine ganze Kette von asynchronen Multiplexstufen zu durchlaufen, von einem durchgehenden STM-1 abgezweigt bzw. eingefügt werden können. Auf diese Weise hofft man, kostengünstige Netzwerke (möglicherweise bis zu Grosskunden) mit hoher Flexibilität aufbauen zu können. Im CCITT bezeichnet man Ausrüstungen mit Drop/Insert-Funktionen und G.703-Zugriffsterminals als Multiplexer vom Typ IIIa. Diese Funktionseinheit ist in *Figur 10c* schematisch dargestellt.

### 54 STM-N-Abzweig-Multiplexer

Die Funktionseinheit des Abzweig-Multiplexers vom Typ IIIb ist in *Figur 10d* schematisch gezeigt. Die Funktion ist die gleiche wie in Abschnitt 53 beschrieben. Der Unterschied liegt in den STM-Zugriffsschnittstellen.

### 55 Durchschalte-Funktionseinheit höherer Ordnung

Die Durchschalte-Funktionseinheiten höherer Ordnung (HOVC DXC = Higher Order VC Digital Cross-Connect) weisen eine VC-4-Schaltebene auf. Sie können für die Lenkung (Routing), für Ersatz- und Schutzschaltungen des gesamten Nutzkanalinhaltes (Payload) von STM-1-Kanälen verwendet werden. Es sind STM-1 bzw. STM-N-Schnittstellen vorgesehen. Virtuelle Container VC-4 können zwischen diesen STM-1 bzw. STM-N eingefügt werden. Funktionell wird der Cross-Connect mit den Zugriffsschnittstellen und den möglichen Schalteebenen beschrieben, d. h. STM-1, STM-N // VC-4.

In *Figur 10e* ist diese Einheit schematisch dargestellt.

### 56 Durchschalte-Funktionseinheit niederer Ordnung

Die Durchschalte-Funktionseinheiten niederer Ordnung (LOVC DXC = Lower Order VC Digital Cross-Connect) können auch Kanäle mit tieferen Bitraten mit den zugehörigen Pfadinformationen (POH) schalten. Als Schalteebenen sind also folgende virtuellen Container denkbar: VC-4 (140 Mbit/s + POH), VC-3 (34, 45 Mbit/s + POH),

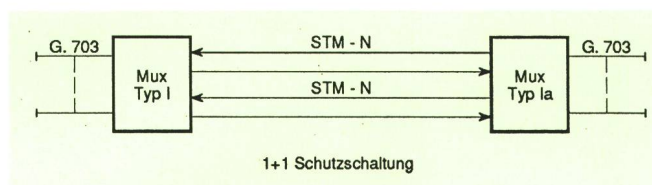


Fig. 11 Verbindung von zwei STM-N-Terminals mit G.703-Schnittstellen

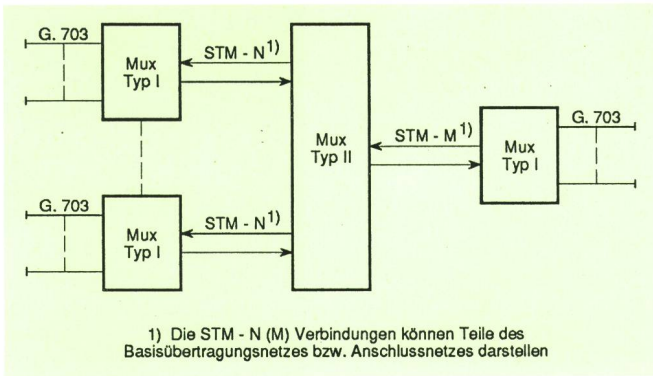


Fig. 12  
Anwendung eines STM-N-Terminals mit SDH-Schnittstellen

VC-2 (6 Mbit/s + POH), VC-1 (1,5, 2 Mbit/s + POH). Im Extremfall könnten in Zukunft auch 64-kbit/s-Kanäle geschaltet werden, wenn 2-Mbit/s-Datenströme im byte-synchronen Modus in die SDH abgebildet werden. Diese optionale Abbildung ist in der CCITT Empfehlung G.709 beschrieben.

In *Figur 10f* ist die Funktionseinheit des Cross-Connect tieferer Ordnung mit STM-1-Zugriffsschnittstellen und den Schaltebenen VC-4, VC-3, VC-2 und VC-1 schematisch dargestellt.

## 6 Anwendungen

In *Figur 11* werden zwei STM-N-Terminals mit Schnittstellen gemäss Empfehlung G.703 (Multiplexer Typ I) über eine 1 + 1-Schutzschaltung verbunden.

In *Figur 12* ist der Einsatz eines Multiplexers vom Typ II gezeigt, der mehrere STM-1- bzw. STM-N-Kanäle zu einem synchronen Transportmodul STM-M zusammenfasst. Neben dem Einsatz im Fern- und Bezirksnetz kann diese Anordnung auch im lokalen Bereich für den Anschluss mehrerer Kunden verwendet werden.

*Figur 13* zeigt die Anwendung von Drop/Insert-Multiplexern vom Typ IIIa für einen Zugriff auf einen durchgehenden STM-1-Kanal über plesiochrone Schnittstellen.

Die Anordnung in *Figur 14* zeigt eine Verwendung von Drop/Insert-Multiplexern vom Typ IIIb mit STM-N-Schnittstellen.

Mit Drop/Insert-Multiplexern der Typen IIIa, b lassen sich auch, wie in *Figur 15* gezeigt, Ringstrukturen aufbauen. Aufgrund der möglichen Zweiwegführung in Ringen kann die Verfügbarkeit von Verbindungen erhöht werden.

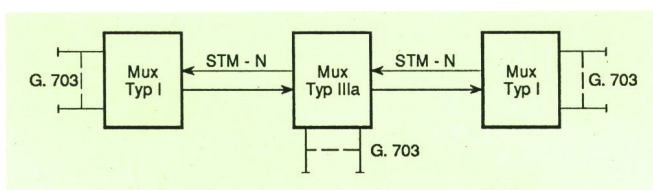


Fig. 13  
Drop/Insert-Multiplexer-Anwendung

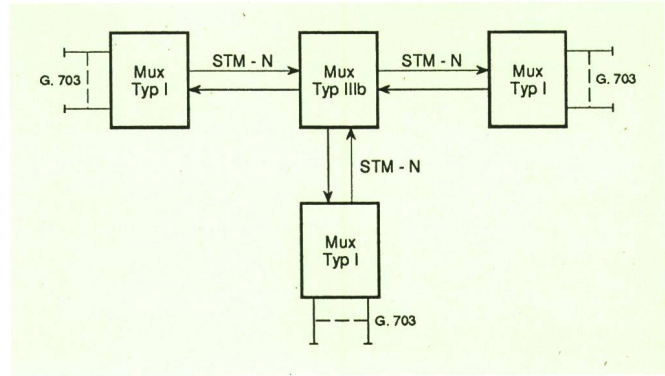


Fig. 14  
Verwendung eines Drop/Insert-Multiplexers mit SDH-Schnittstellen

In *Figur 16* sind zwei Durchschalte-Funktionseinheiten höherer Ordnung (HOVC DXC) über zwei Optische Regeneratoren (OR) und Optische Leitungsausrüstungen (OLT) verbunden. Hier ist die Lage des Network Node Interface (NNI) zusammen mit der Multiplex Section (MS), Regenerator Section (RS) und der Intra-Office Section (IOS) angegeben. Die Verbindung zwischen den Durchschalte-Funktionseinheiten kann auch über Digitale Richtstrahl-Systeme (DRS) geführt werden.

## 7 Ausblick

Das Konzept der synchronen digitalen Hierarchie und deren Funktionsbausteine wurden vorgestellt und der Stand der entsprechenden Empfehlungen angegeben. Abschliessend wurde anhand typischer Anwendungen der mögliche Einsatz der SDH-Funktionsbausteine gezeigt. Die Netz- und Knotenstruktur, Funktionsweisen der Netzwerkelemente, Aspekte des SDH-Management und mögliche Übergangsszenarien vom heutigen plesiochrone Netz zum synchronen Übertragungsnetzwerk befinden sich im Studium. Über diese Aspekte wird später berichtet.

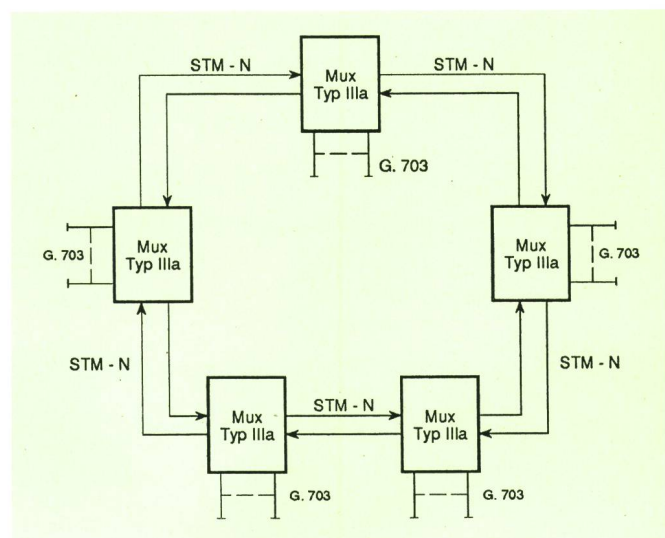


Fig. 15  
Verwendung von Drop/Insert-Multiplexern in der Ringstruktur

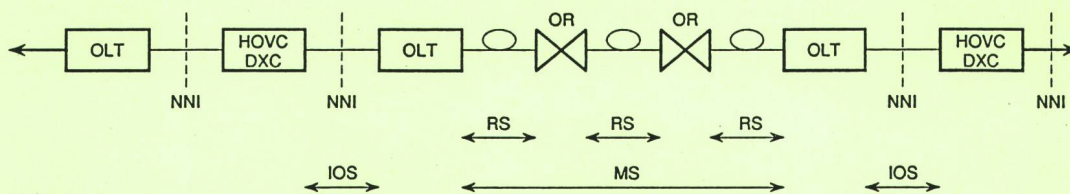


Fig. 16

**Optische Verbindung zwischen Cross-Connect-Funktionseinheiten**

HOVC DXC Cross-Connect-Funktionseinheit höherer Ordnung

OLT Optische Leitungsterminalausrüstung

OR Optischer Regenerator

NNI Network Node Interface

MS Multiplex Section

IOS Intra-Office Section

RS Regenerator Section

**Bibliographie**

- [1] CCITT SG XVIII. Report R 33 der Sitzungen in Genf, 23.–25. Mai 1990.
- [2] CCITT SG XVIII. Report R 43 der Sitzungen in Genf, 23.–25. Mai 1990.

- [3] CCITT SG XV. Report der Q.19/XV Core and Information Group vom 8. August 1990.
- [4] *Bosshard H. J.* und *Probst P.-A.* Synchronization of Telecommunication Networks Proceedings EFTF 90, Fourth European Frequency and Time Forum, 13–15 March 1990.