

Historie der Synchronen Digitalen Hierarchie - SDH

Im Jahr 1985 wurde von Bellcore¹ und AT&T das „**SONET**“ (**S**ynchronous **O**ptical **N**etwork) vorgeschlagen.

Wichtigste Charakteristika des „SONET“ sind:

- direkter Zugriff auf tieferliegende Teilströme ohne Demultiplexen
- Vermeidung aufwendiger Stopftechnik durch gemeinsamen, zentralen Takt
- direkte Anpassung an Lichtwellenleiter
- besseres Netzmanagement als bei PDH

„**SONET**“ ist der **Vorläufer von SDH** und wurde bei ANSI² standardisiert (siehe T1.105/106). Aus SONET entwickelte CCITT (heute ITU-T) ab 1988 den heutigen **SDH-Standard**, siehe **Empfehlungen G.707, G.708 und G.709**.

Die **Grund-Datenrate von „SONET“** ist **51,84 Mbit/s** und beträgt damit **ein Drittel der Grund-Datenrate von „SDH“**, nämlich **155,52 Mbit/s** für STM³-1.

Zum Zwecke eines SONET-SDH-Interworking sind die SONET-Datenraten in der „SDH-Spinne“ (s.u.) berücksichtigt.

¹ Bellcore = US-Pendant zum deutschen FTZ

² American National Standard Institute

³ STM = Synchronous Transport Module

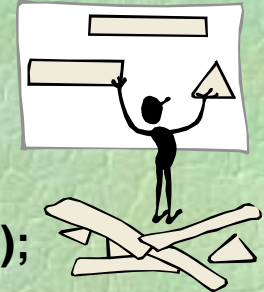
SDH im Vergleich zu PDH

Die **Plesiochrone Digitale Hierarchie** basiert darauf, **Übertragungssysteme mit einer festen Bitrate** in eine Anzahl von **Zeitkanälen mit ebenfalls fester Bitrate** zu unterteilen.

Höhere Bitraten lassen sich **durch Multiplexbildung mehrerer PCM-Systeme** bilden, z.B. $4 \times \text{PCM } 30 \Rightarrow \text{PCM } 120$. Dabei sind alle Kanäle einem starren Zeitraster zugeordnet. Die einzelnen PCM-30-Systeme arbeiten unabhängig voneinander, sodaß trotz hochgenauer Synchronisation **geringe Taktabweichungen unvermeidbar** sind (zur Erinnerung: „plesiochron“ = quasi synchron). Diese Taktabweichungen werden in den oberen Hierarchiestufen durch „Stopfbits“ zwecks Taktanpassung ausgeglichen.

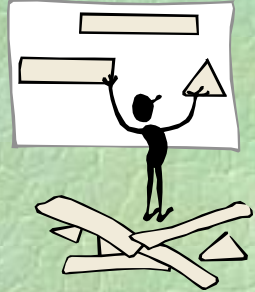
Die **Synchrone Digitale Hierarchie** (SDH) kennt dagegen nur noch **einen einheitlichen zentral erzeugten Netztakt**. Auf ihn werden alle Einrichtungen des Netzes synchronisiert. Damit eröffnet sich die Möglichkeit, **direkt auf einzelne tiefer liegende Hierarchieebenen zuzugreifen**, ohne daß zuvor jedesmal alle Demultiplexstufen durchlaufen werden müssen!

Die SDH-Technik arbeitet zu diesem Zweck mit „**STM-Transporteinheiten**“, die flexibel zwischen den Netzknoten transportiert werden können.



Die Besonderheiten von SDH im Vergleich zu PDH (1 von 2)

- die **Verschachtelung erfolgt byteweise** (nicht bitweise, wie bei PDH!);
- durch Hinzufügung von Kennungsdaten (POH = Path Overhead) können **neue Rahmen** (C = Container und VC = Virtuelle Container) gebildet werden. Ferner werden „**Pointer**“ (Zeiger) **zugefügt, die den Beginn eines Unterrahmens adressieren**. Dieser kann dann in sogenannten „Add-and-Drop-Multiplexern“ (ADM) **direkt** abgezweigt („drop“) bzw, hinzugefügt („add“) werden, ohne (wie bei PDH) das Gesamtsignal sofort demultiplexen zu müssen, bis auf das gewünschte Teilsignal (z.B. PCM 30) zugegriffen werden kann;
- in der „Section Overhead“ (SOH) liegen zahlreiche Zusatz-, Service- und Kennungskanäle, die **bei Störungen ein rechnergesteuertes oder automatisches Ersatzschalten** ermöglichen. Dies gilt auch für „selbstheilende STM-Ringe“ (DTAG: „VISION“ für MAN und WAN);
- durch ein **6 Byte langes Rahmenkennungswort** (je 3 Byte **A1** und **A2**) ist eine **gute Rahmensynchronität** gewährleistet. **Mit Ausnahme der 1. Zeile des SOH** (in dem u.a. das Rahmenkennungswort liegt) **werden die Daten im Rahmen „verwürfelt“**. Dadurch werden lange Null- und Einsfolgen nahezu vermieden, es liegen ständig Signalwechsel **zwecks guter Synchronisierung und Takt-rückgewinnung des Empfängers** vor;



Die Besonderheiten von SDH im Vergleich zu PDH (2 von 2)

- das „**Verwürfeln**“ – engl. „**Scrambeln**“ – erfolgt durch sogenannte „**Scrambler**¹“, die über ein rückgekoppeltes Schieberegister eine **definierte Pseudozufallsfolge** zu dem Eingangssignal addieren, die hinter dem Demodulator – engl. „**Descrambler**“ – wieder subtrahiert wird. Scrambler und Decrambler werden am Beginn des STM-1-Rahmens zurückgesetzt;
- durch die „Verwürfelung“ sind **bei SDH besondere Leitungscodes** wie bei der PDH **nicht erforderlich**, es kann ein NRZ²-Code eingesetzt werden. Die **Ausgangsdaten der SDH** sind damit **direkt für optische Strecken einsetzbar**;
- **einheitliches Multiplexschema bei SDH durch weltweite Normung:**

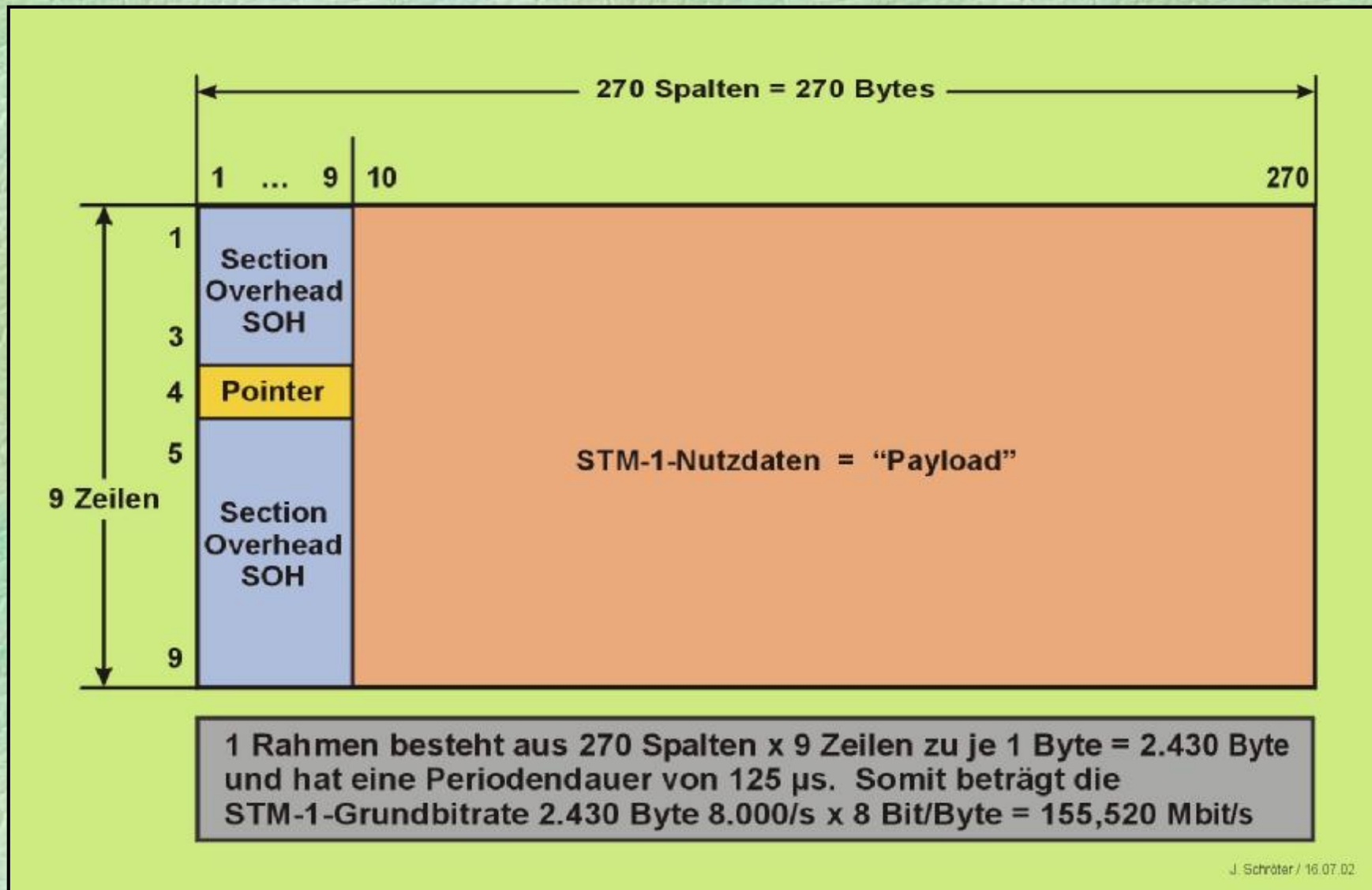
STM-1 = 155 Mbit/s	umgangssprachlich, exakt:	155,52 Mbit/s	
STM-4 = 622 Mbit/s	umgangssprachlich, exakt:	622,08 Mbit/s	4 x STM-1
STM-16 = 2,5 Gbit/s	umgangssprachlich, exakt:	2.488,32 Mbit/s	16 x STM-1
STM-64 = 10 Gbit/s	umgangssprachlich, exakt:	9.953,28 Mbit/s	64 x STM-1

Hierin können niedrigere Datenraten der europäischen, nordamerikanischen und japanischen Hierarchie eingefügt werden!

¹ Scrambler = Einrichtung zur Verschlüsselung von Informationen

² NRZ = Non Return to Zero, gleichstrombehaftetes Binärsignal

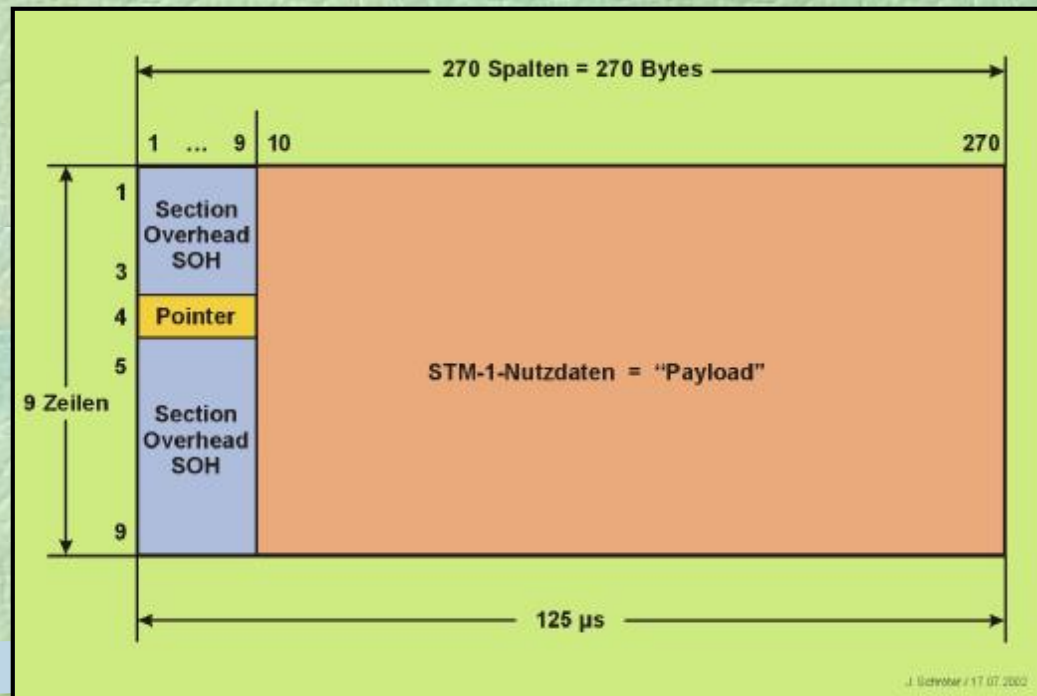
Die STM-1-Rahmenstruktur



Synchrone Digitale Hierarchie - SDH

Die einzelnen Bytes des STM-1-Rahmens werden **zeilenweise** übertragen, **beginnend mit Zeile 1 / Spalte 1**.

Es werden **abwechselnd je 9 Byte SOH (bzw. „Pointer“)**, gefolgt von **261 Byte Nutzinformation** übertragen.



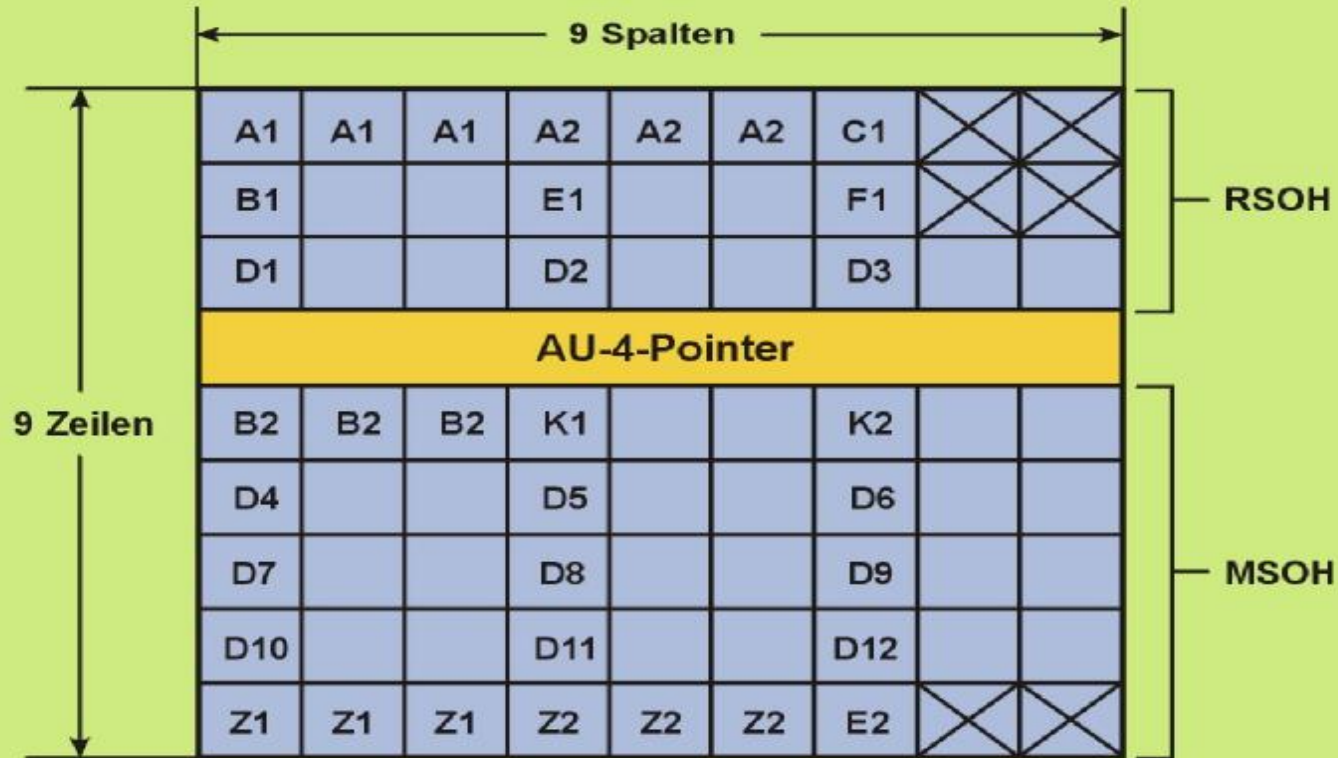
J. Schwan / 17.07.2002

Der Block „**Section Overhead**“ (**SOH**) enthält

- das „Rahmensynchronisationskennungsword“,
- Fehlerkennungsbytes und
- Bytes für Steuerungs- und Wartungsfunktionen

Der Block „**STM-1-Nutzdaten**“ – auch „**Payload**“ genannt – hat eine **Größe** von **9 x 261 Byte = 2.349 Byte** und kann Signale der plesiochronen Technik von 2 bis 140 Mbit/s enthalten, die in sogenannten „**Containern**“ eingebettet sind.

STM-1 Section Overhead



- | | |
|--|---|
| <p>A1, A2: Rahmensynchronisation (Framing)
 C1: STM-1-Kennzeichen in STM-N
 E1, E2: Dienstkanäle für Sprachübertragung
 K1, K2: Steuerung von Ersatzschaltungen
 RSOH: Repeater Section Overhead
 AU: Administrative Unit
 leere Flächen: Bytes sind frei für zukünftige internationale Standardisierung</p> | <p>B1, B2: Paritätswörter zur Bitfehlerermittlung
 D1 .. D12: Datenkanäle für Inservice-Überwachung
 F1: Benutzerkanal
 Z1, Z2: Reservekanäle
 MSOH: Multiplexer Section Overhead
 X: Bytes frei für nationale Verwendung</p> |
|--|---|

J. Schröter / 17.7.2002

Aufbau der SOH (1 von 2)

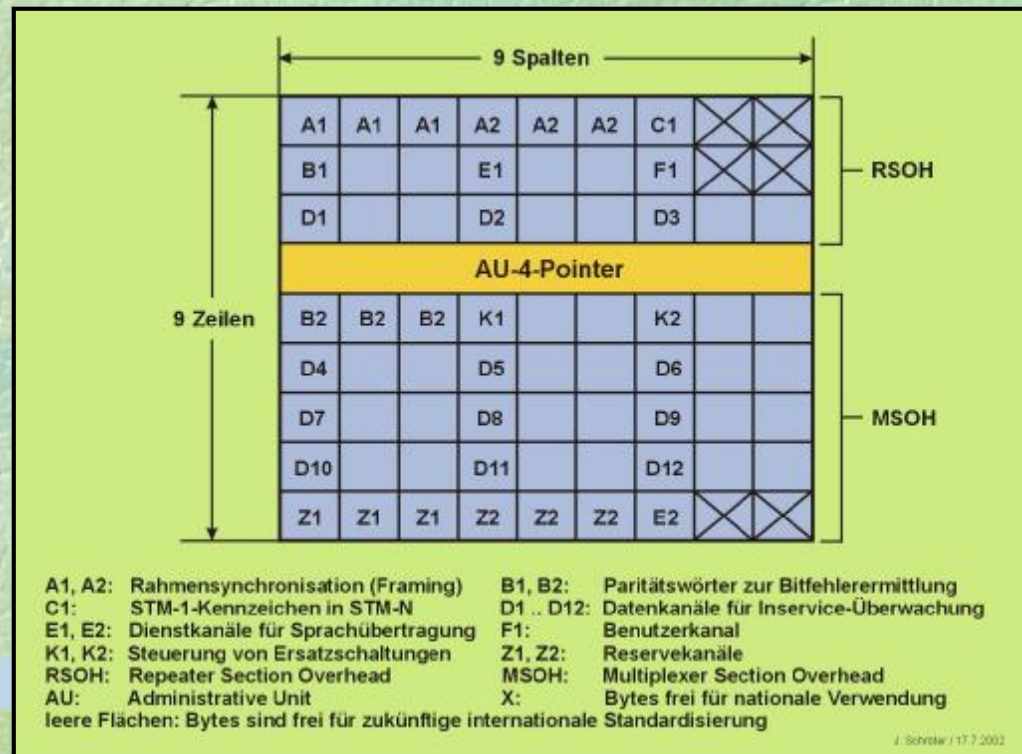
Jeder STM-1-Rahmen enthält eine SOH, bestehend aus **zwei Bereichen**, getrennt durch die Zeile des AU-4-Pointer:

- 1) Repeater-Abschnitt (RSOH)
- 2) Multiplexer-Abschnitt (MSOH)

Repeater-Abschnitt (RSOH)

enthält

- das **Rahmenkennungswort** (6 Byte, je 3 Byte **A1 = 1111 0110** und **A2 = 0010 1000**),
- **Paritätsbyte B1** (BIP-8 = Bit Interleaved Parity) zur Fehlerprüfung; gestattet eine detaillierte Überwachung der Strecke bzw. einzelner Abschnitte,
- **Datenkanäle** (D1 .. D3) zur Datenkommunikation zwischen den SDH-Funktionseinheiten und dem SDH-Netzmanagement,
- **Dienstkanal für Sprachverbindungen** (E1) zwischen den Regeneratoren,
- **Benutzerkanal des Netzbetreibers** (F1) zur Prüfung von Netzfunktionen, z.B. „B1-Fehlerquote unter/über Grenzwert“? oder „Loss of Frame“?.



Synchrone Digitale Hierarchie - SDH

Aufbau der SOH (2 von 2)

Multiplexer-Abschnitt (MSOH)

enthält

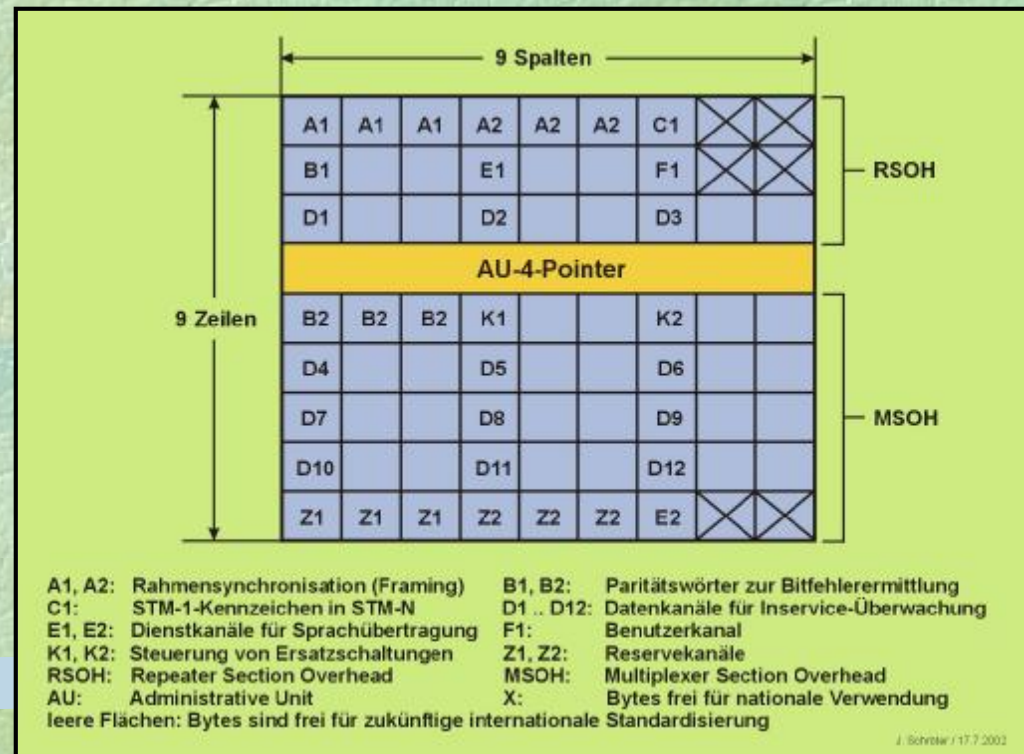
- **Paritätsbytes B2** (BIP-24 = Bit Interleaved Parity über 3 Byte) zur Fehlerprüfung (analog der BIP-8 im RSOH),
- **Datenkanäle (D4 .. D12)** zur Datenkommunikation zwischen den SDH-Funktionseinheiten und dem SDH-Netzmanagement,
- **Steuerung von Ersatzschaltungen** (K1, K2 = APS Channel¹), entweder zur Einschalten einer Ersatzschaltung oder Rückschaltung auf den Normalweg,
- **Dienstkanal für Sprachverbindungen** (E2) zwischen Multiplexeinrichtungen.

Die 4. Zeile kann einen „**AU-4-Pointer**“ enthalten, der auf den Beginn des Unterrahmens („J1“-Byte im POH² des VC-4³) verweist.

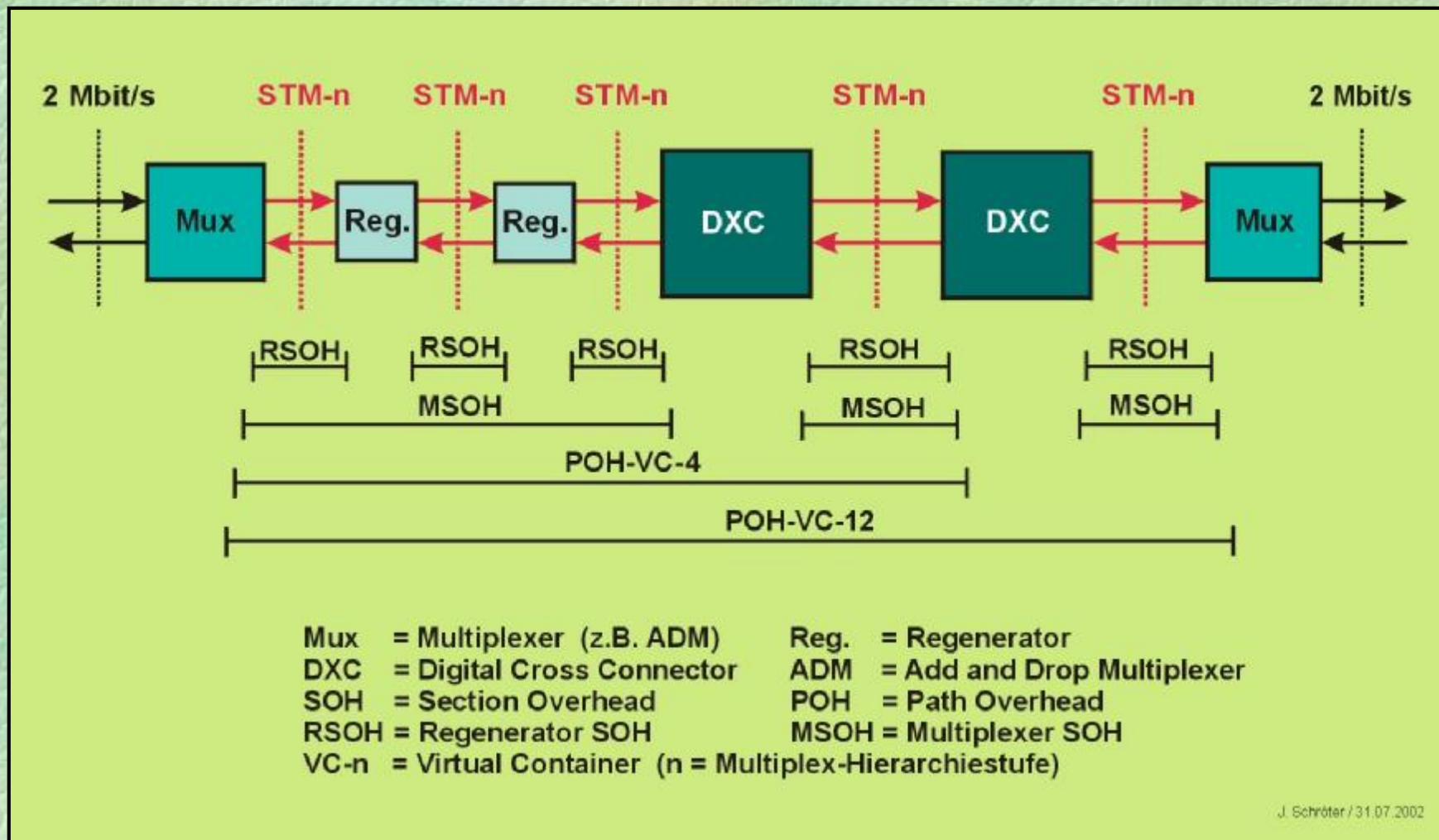
¹ APS = Automatic Protection Switching

² POH = Path Overhead

³ VC-4 = Virtueller Container mit einer Bitrate von 150,336 Mbit/s (entspricht der 4. PDH-Hierarchie)



Die Auswertung der Overhead-Abschnitte



Begriffe der Synchronen Digitalen Hierarchie (1 von 2)

Ein „**Container**“ (**C**) = „Behälter“ entsteht aus der **Eingangsdatenrate** (z.B. ein plesiochrones **E1-Signal**) **plus** „**Stopfbits**“ (\Rightarrow **C-12**).

Ein „**Virtual Container**“ (**VC**) entsteht aus einem **Container** **plus** dem „**Path Overhead**“ (**POH**). Der **POH** enthält Zusatzinformationen zur Überwachung und Wartung des Übertragungsweges.

Beispiel: **C-12 + POH \Rightarrow VC-12**.

Den Vorgang der **POH-Zufügung** nennt man „**Mapping**“ („**Abbildung**“).

Eine „**Tributary Unit**“ (**TU**) = „Untereinheit“ entsteht aus einem **VC** **plus** einem „**Pointer**“. Der „**Pointer**“ („Zeiger“) weist auf den aktuellen Anfang des **VC**, damit dieser zwecks Ausgleich geringer Frequenzschwankungen im übergeordneten Rahmen „floaten“ („gleiten“) kann.

Beispiel: **VC-12 + Pointer \Rightarrow TU-12**.

Begriffe der Synchronen Digitalen Hierarchie (2 von 2)

Den Vorgang der Pointer-Zufügung nennt man „**Aligning**“ („Ausrichten“ bzw. „Angleichen“).

Mehrere TU bildet eine „**Tributary Unit Group**“ (**TUG**). Die TUG enthält die **Summe von n gemultiplexten Datenströmen**.

Beispiel: **3 x TU-12 => TUG-2**.

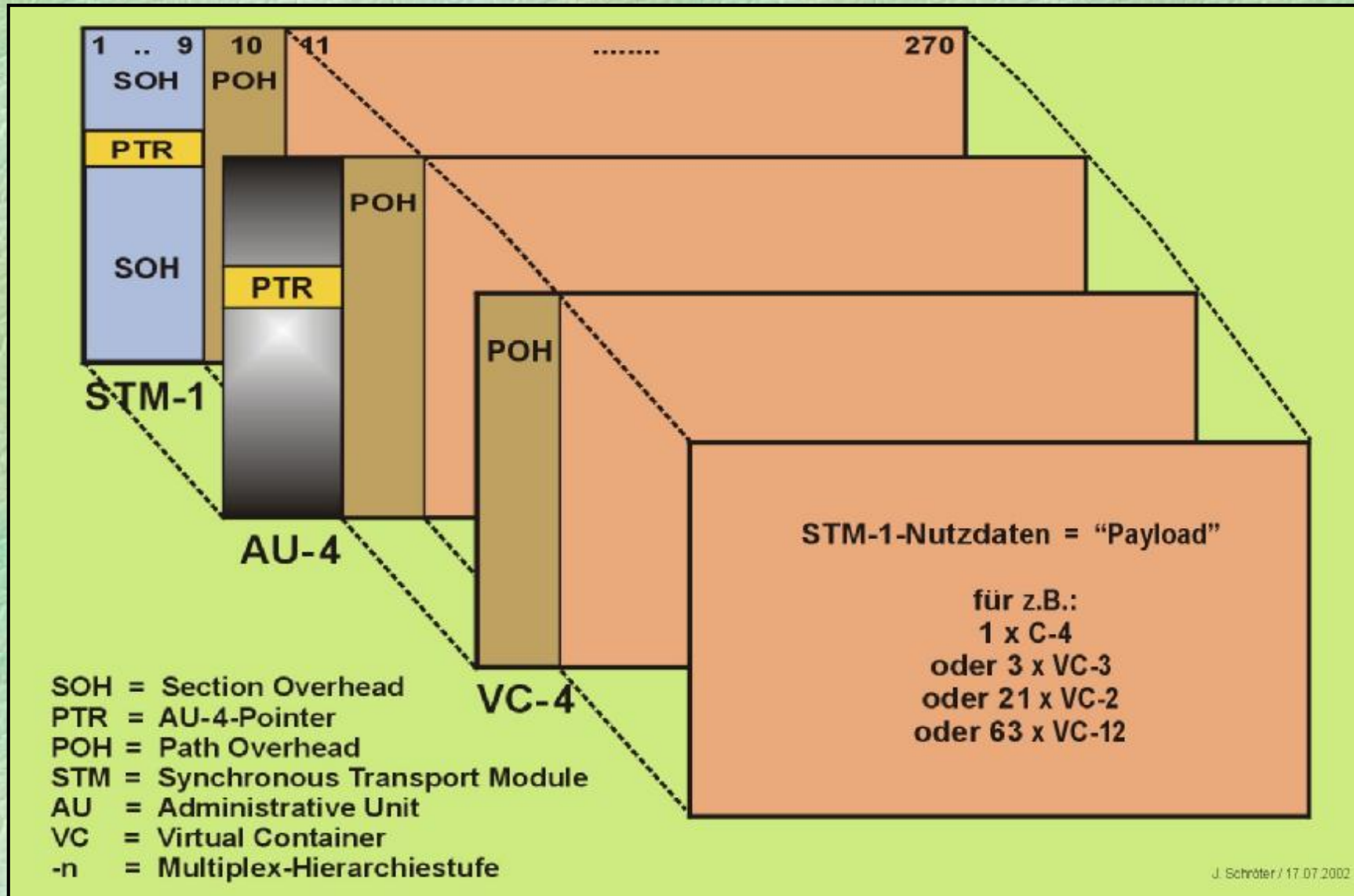
Eine „**Administrative Unit**“ (**AU**) = „Verwaltungseinheit“ **fügt** (ähnlich der TU) **dem VC einen Pointer zu**, jedoch auf höherer Multiplex-Stufe als die TU. So **fügt die AU-4 dem VC-4 den „AU-4-Pointer“ zu**.

Beispiel: **VC-4 + AU-4-Pointer => AU-4**.

Eine „**Administrative Unit Group**“ (**AUG**) = hat gleiche Aufgaben wie eine TUG, sie **enthält (bei TUG-3/AU-3) die Summe von n gemultiplexten Datenströmen**:

AU-4/AUG + SOH => STM-1.

Aufbauprinzip eines STM-1 Transport Moduls



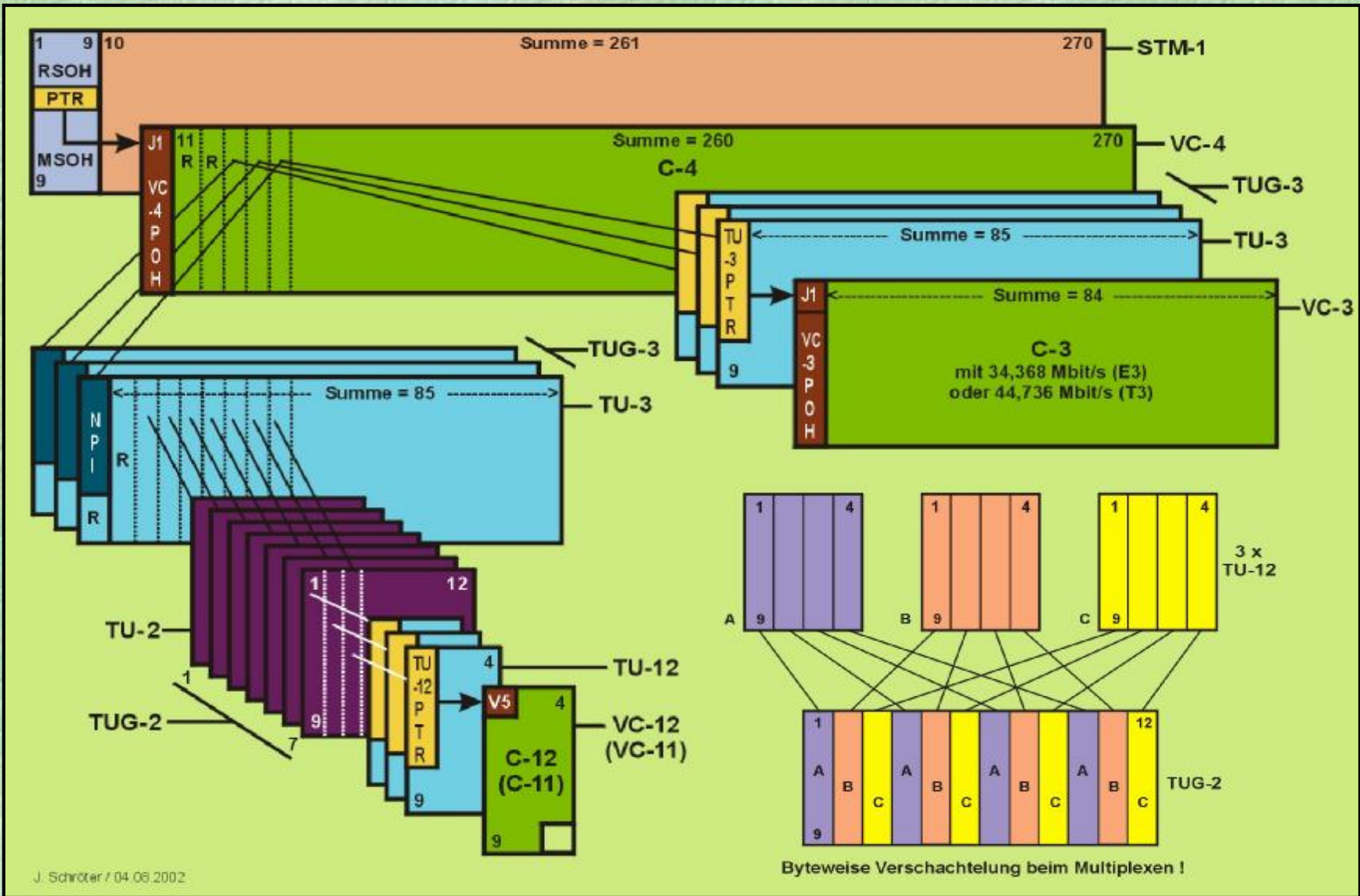
Containergrößen und ihre Bitraten

Container	C-11	C-12	C-2	C-3	C-4
Größe (Bytes) in 125 μ s	25	34	106	756	2.340
Bitrate (Mbit/s)	1,600	2,176	6,784	48,384	149,760
Virtual Container	VC-11	VC-12	VC-2	VC-3	VC-4
Größe (Bytes) in 125 μ s	26	35	107	765	2.349
Bitrate (Mbit/s)	1,664	2,240	6,848	48,960	150,336
Tributary Unit	TU-11	TU-12	TU-2	TU-3	
Größe (Bytes) in 125 μ s	27	36	108	768	
Bitrate (Mbit/s)	1,728	2,304	6,912	49,152	
Tributary Unit Group			TUG-2	TUG-3	
Größe (Bytes) in 125 μ s			108	774	
Bitrate (Mbit/s)			6,912	49,536	
Administrative Unit				AU-3	AU-4
Größe (Bytes) in 125 μ s				786	2.358
Bitrate (Mbit/s)				50,304	150,912
Administrative Unit Group					AUG
Größe (Bytes) in 125 μ s					2.358
Bitrate (Mbit/s)					150,912

Aufbau des Path Overhead (POH)

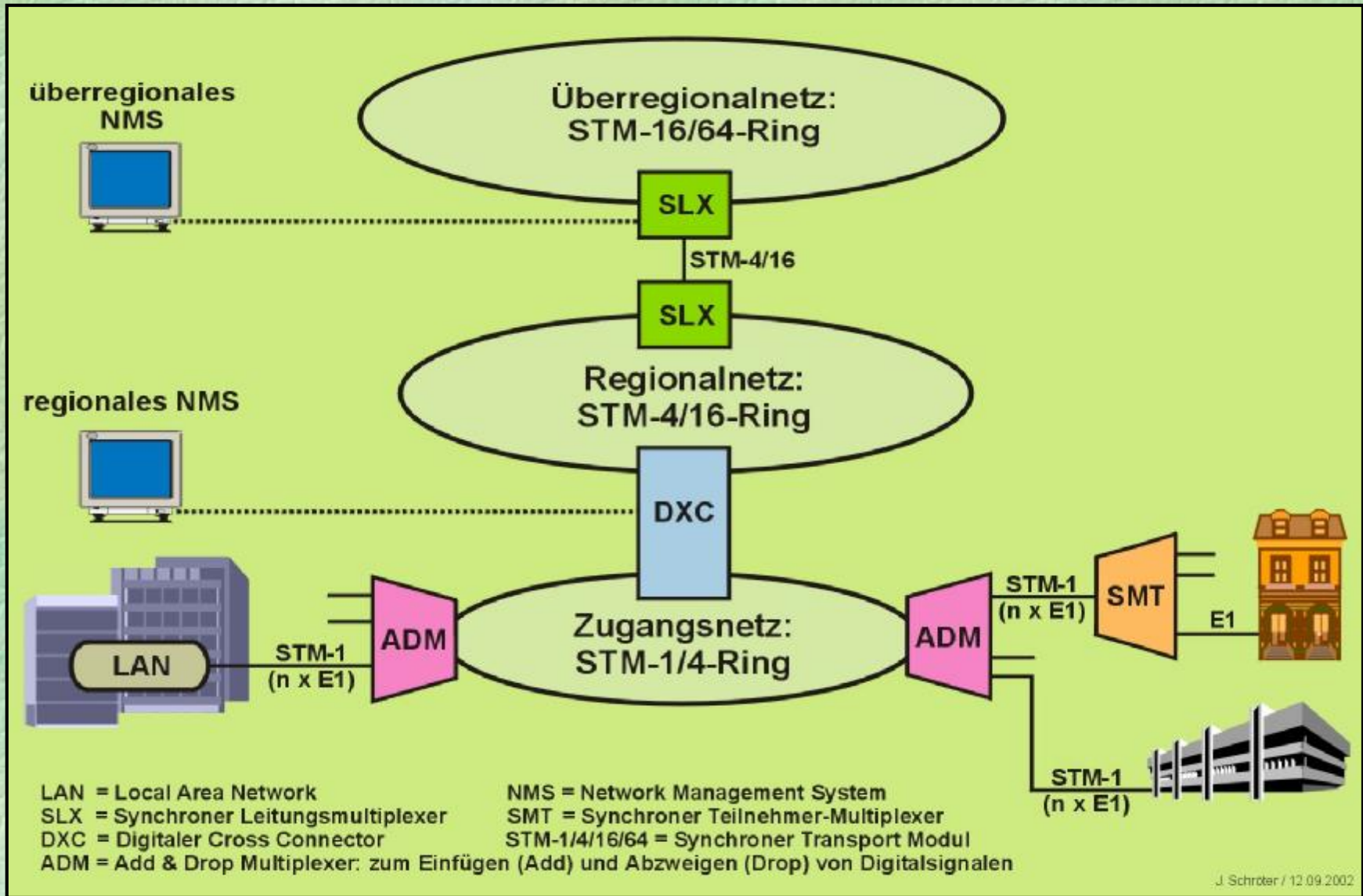
Zeilen-Nr.	Spaltennummer des STM-1	
	10	Jedem Container wird eine POH zugefügt, daraus entsteht ein VC (z.B. C-4 + POH => VC-4). Jede POH enthält u.a. Angaben zur Bitfehlerprüfung des Containers (BIP-8 oder BIP-2), Aussagen über den Pfadzustand und Ende-zu-Ende-Kennungen.
1	J1	J1 : VC-n Path trace: Pfad-Kennung, die in einer Länge von 64 Byte oder 16 Byte in aufeinanderfolgenden Containern übertragen wird. Diese Bytes werden am Anfangspunkt der Verbindung eingespeist und am Endpunkt wird kontrolliert, ob die Pfaddurchschaltung durch alle SDH-Geräte korrekt erfolgte.
2	B3	B3 : Path BIP-8: Prüfwort zur Bitfehlerermittlung mit Bit-Interleaved Parity 8 mit einem Byte. Das BIP-8 wird beim vorhergehenden Container durchgeführt und in den augenblicklichen Container <u>vor</u> dem Verwürfeln eingesetzt.
3	C2	C2 : Signal Label: Payload-Kennung. Dieses Byte kennzeichnet die Zusammensetzung von VC-Signalen. Es gibt an, welcher Inhalt übertragen wird (256 Möglichkeiten).
4	G1	G1 : Path Status: Pfad-Status. Dieses Byte überträgt den Verbindungszustand des Pfades. Bit 1 .. 4 bilden den Remote Error Indicator (REI), Bit 5 .. 7 den Remote Defect Indicator (RDI), Bit 8 ist dzt. ungenutzt.
5	F2	F2, F3 : VC-n Path User Channel: Mit Hilfe dieses Pfad-Benutzerkanals ist eine Kommunikation mit dem Netzbetreiber auf der Pfadebene möglich.
6	H4	
7	F3	H4 : Multiframe Indicator: Überrahmenkennung für VC-12. Es werden 4 VC-12-Unterrahmen zu einem Überrahmen ($T_U = 500 \mu s$) zusammen und ein einziges POH-Byte (V5-Byte) zugefügt. Beim 1. Unterrahmen ist H4 = '00', beim 2. = '01', beim 3. = '10' und beim 4. = '11' usw.
8	K3	K3 : Die Bits 1 .. 4 sind für automatische Ersatzschaltungen vorgesehen, die Bits 5 .. 8 stehen für zukünftige Anwendungen zur Verfügung.
9	N1	N1: High Order Tandem Connection Monitoring, Fehlerüberwachung einer Kette von Strecken mit 76-Byte-Mehrfachrahmen. Die Bytes F3, K3 und N1 kommen nur in der POH des VC-4 vor, nicht in der des VC-3. Beim VC-11 und VC-12 ist die POH nur <u>ein</u> Byte V5. Der Pointer weist immer auf das 1. Byte J1 der POH (bzw. bei VC-11 und VC-12 auf V5).

SDH-Multiplex- und Pointer-Struktur



J. Schröter / 04.08.2002

MAN und WAN durch „VISYON“ (Variable Intelligente Synchrone ON der DTAG)



Synchrone Digitale Hierarchie - SDH

Hierarchiestufen, Geräte und Leitungen der PDH und SDH

