

Weitverkehrsnetze

1 Einführung

1.1 Einordnung des Stoffgebietes, Voraussetzungen

1.2 Netze – Beispiele und Sichtweisen

1.3 Schichtenmodell

1.4 Topologien

1 Einführung

1.1 Einordnung des Stoffgebietes, Voraussetzungen (1)

- Womit beschäftigen wir uns in diesem Modul?
- Schwerpunkt sind Geräte und Netze und die dafür verwendeten Technologien
- Am nächsten zu praktisch aufgebauten Systemen und behandelt auch solche
- Pendant zu „LAN“ - aber auch mehr!!!
 - Weitverkehrsnetze gibt es für (fast) alle Arten von Telekommunikation.
 - wenn schon „WAN“, dann bitte nicht nur an Rechnerdaten denken!

1 Einführung

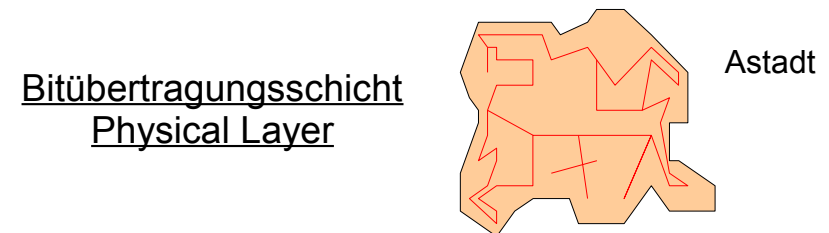
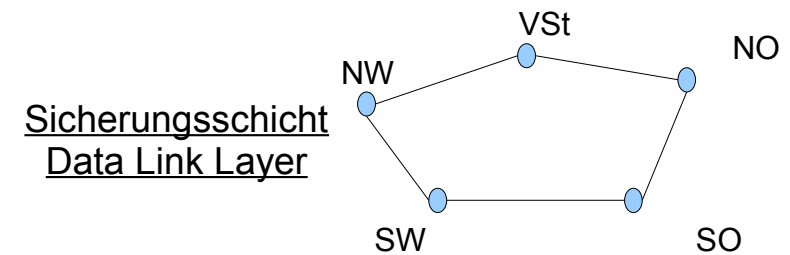
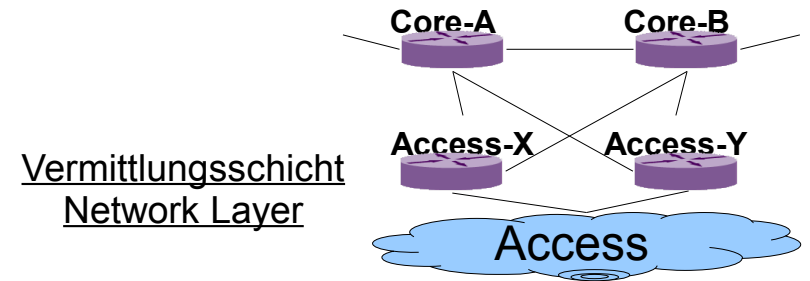
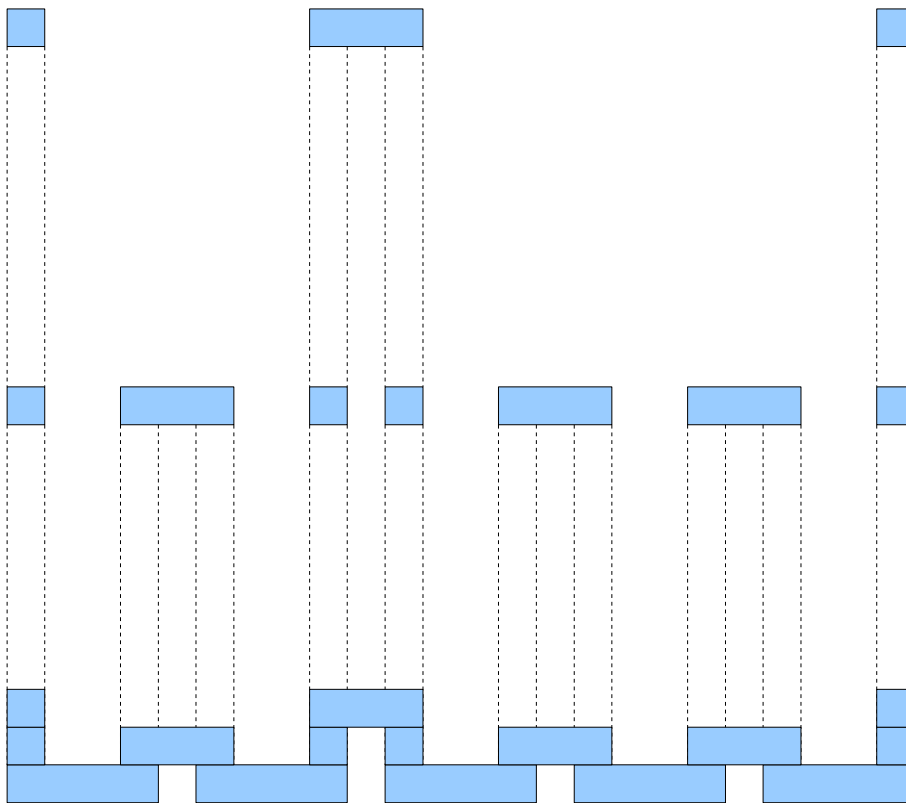
1.1 Einordnung des Stoffgebietes, Voraussetzungen (2)

- Voraussetzung ist „Einführung in die Nachrichtentechnik“

1.2 Netze - Beispiele und Sichtweisen (1)

| | lokales Netz LAN | Stadtnetz MAN | Access- Netz | Weitverkehrsnetz |
|----------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| Ausdehnung | mehrere 10...100m | mehrere km ... 10 km | mehrere km | x km ... Welt |
| Anzahl Endstellen | einige ... einige 100 | einige 1000 | einige 1000 | >>1000 ... x Mio |
| Ursprung | Datenwelt | Datenwelt | Telefonwelt TK-Welt | Telefonwelt (Telegrafie) |
| Beginn | ca. 1970 | ca. 2000 | (ca. 1980) vorher einfach Cu | ca. 1876 (ca. 1835) |

1.2 Netze - Beispiele und Sichtweisen (2)



1.3 Schichtenmodell (1)

| OSI-Modell | |
|------------|---|
| 7 | Anwendungsschicht Application Layer |
| 6 | Darstellungsschicht Presentation Layer |
| 5 | Sitzungsschicht Session Layer |
| 4 | Transportschicht Transport Layer |
| 3 | Vermittlungsschicht Network Layer |
| 2 | Sicherungsschicht Data Link Layer |
| 1 | Bitübertragungsschicht Physical Layer |

Beispiele

Email, Bilddienst, Textdienst

Zeichensatz, Formatierung, Umwandlung Bild - Datei

Datenverbindung während der Anwendung,
Wiederaufnahme nach Abbruch

Datentransport von Endstelle zu Endstelle

Datentransport Endstelle – Vermittlungsknoten - ...
- Vermittlungsknoten - Endstelle

Datentransport von Knoten zu Knoten

Zugang zum physikalischen Medium,
physikalisches Medium

1.3 Schichtenmodell (2) (protocol stack)

1 Stack für Nutzdaten
- user plane

1 Stack für Zeichengabe
- control plane

1 Stack für Management
- Management plane

| OSI-Modell | |
|------------|---|
| 7 | Anwendungsschicht Application Layer |
| 6 | Darstellungsschicht Presentation Layer |
| 5 | Sitzungsschicht Session Layer |
| 4 | Transportschicht Transport Layer |
| 3 | Vermittlungsschicht Network Layer |
| 2 | Sicherungsschicht Data Link Layer |
| 1 | Bitübertragungsschicht Physical Layer |

| OSI-Modell | |
|------------|---|
| 7 | Anwendungsschicht Application Layer |
| 6 | Darstellungsschicht Presentation Layer |
| 5 | Sitzungsschicht Session Layer |
| 4 | Transportschicht Transport Layer |
| 3 | Vermittlungsschicht Network Layer |
| 2 | Sicherungsschicht Data Link Layer |
| 1 | Bitübertragungsschicht Physical Layer |

| OSI-Modell | |
|------------|---|
| 7 | Anwendungsschicht Application Layer |
| 6 | Darstellungsschicht Presentation Layer |
| 5 | Sitzungsschicht Session Layer |
| 4 | Transportschicht Transport Layer |
| 3 | Vermittlungsschicht Network Layer |
| 2 | Sicherungsschicht Data Link Layer |
| 1 | Bitübertragungsschicht Physical Layer |

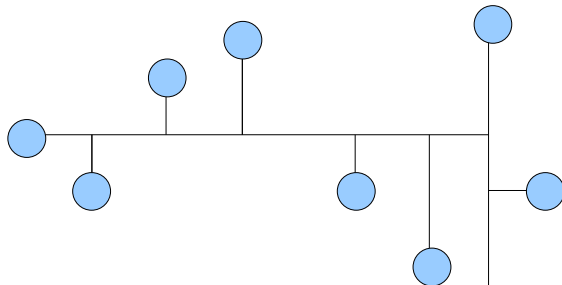
1.4 Topologien (1)

Netz(werk): n Knoten $n > 2$

n Kanten $n > 1$

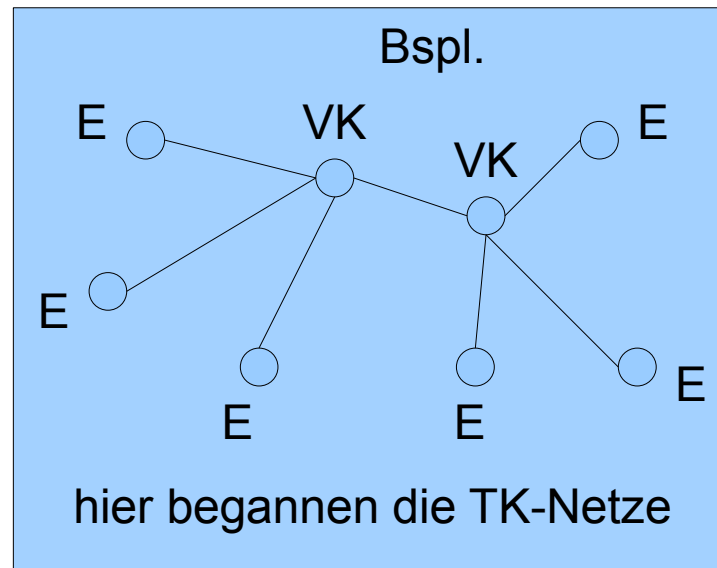
Topologie: Bus und Ähnliche
(shared medium)

Bspl.



Punkt-zu-Punkt

Bspl.



1.4 Topologien (2)

Topologie:
Linie, Bus

Stern

Ring

Maschen

Zelle

Weitverkehrsnetze

2 PDH - Plesiochronous Digital Hierarchy

2.1 PCM 30

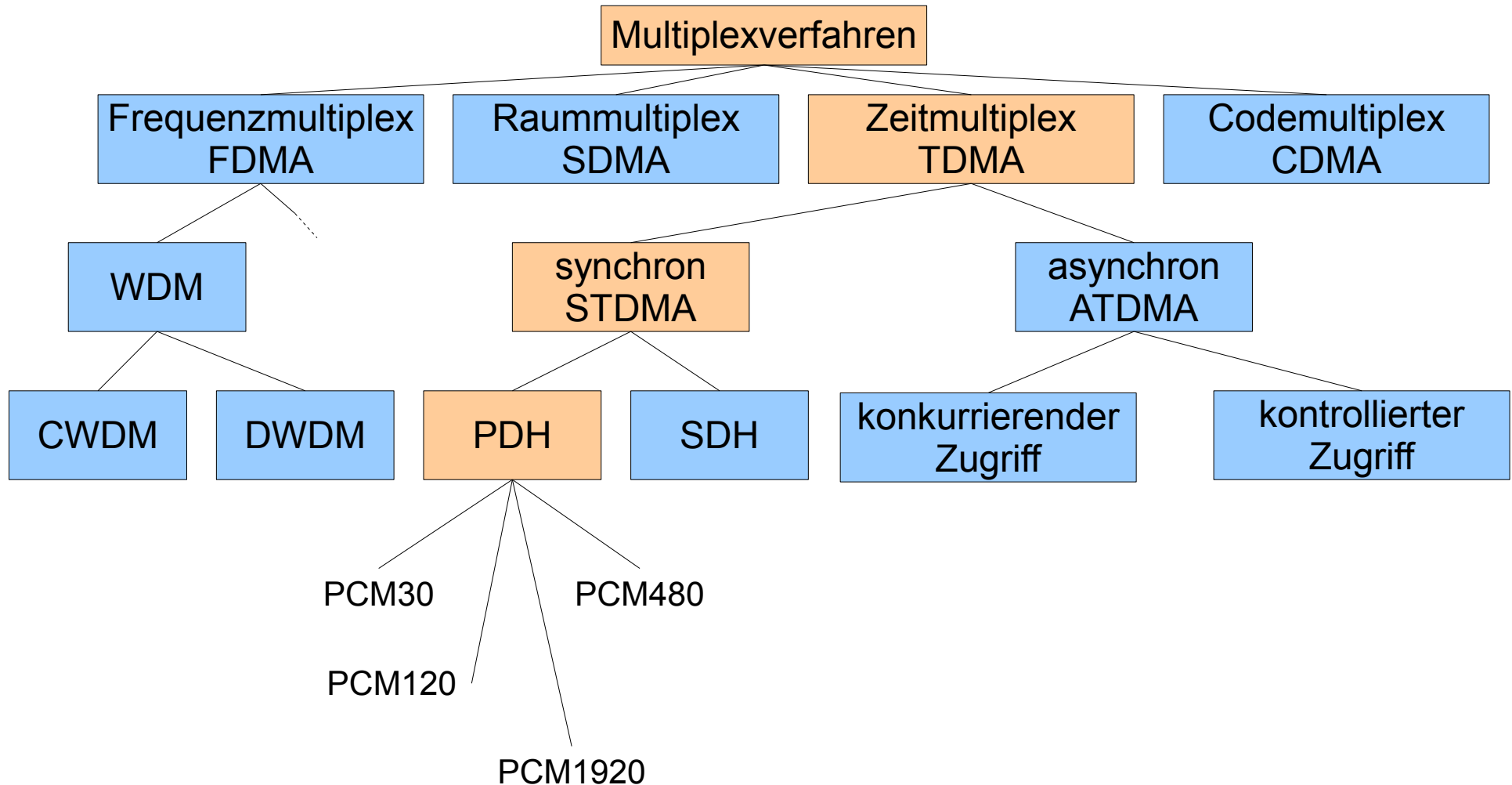
2.2 Hierarchiestufen der PDH

2.3 Eigenheiten der PDH

2.4 Einordnung von Richtfunk

2 PDH - Plesiochronous Digital Hierarchy

2.1 PCM 30 (1)



- Zeitmultiplexverfahren zur Mehrfachnutzung von Übertragungsstrecken

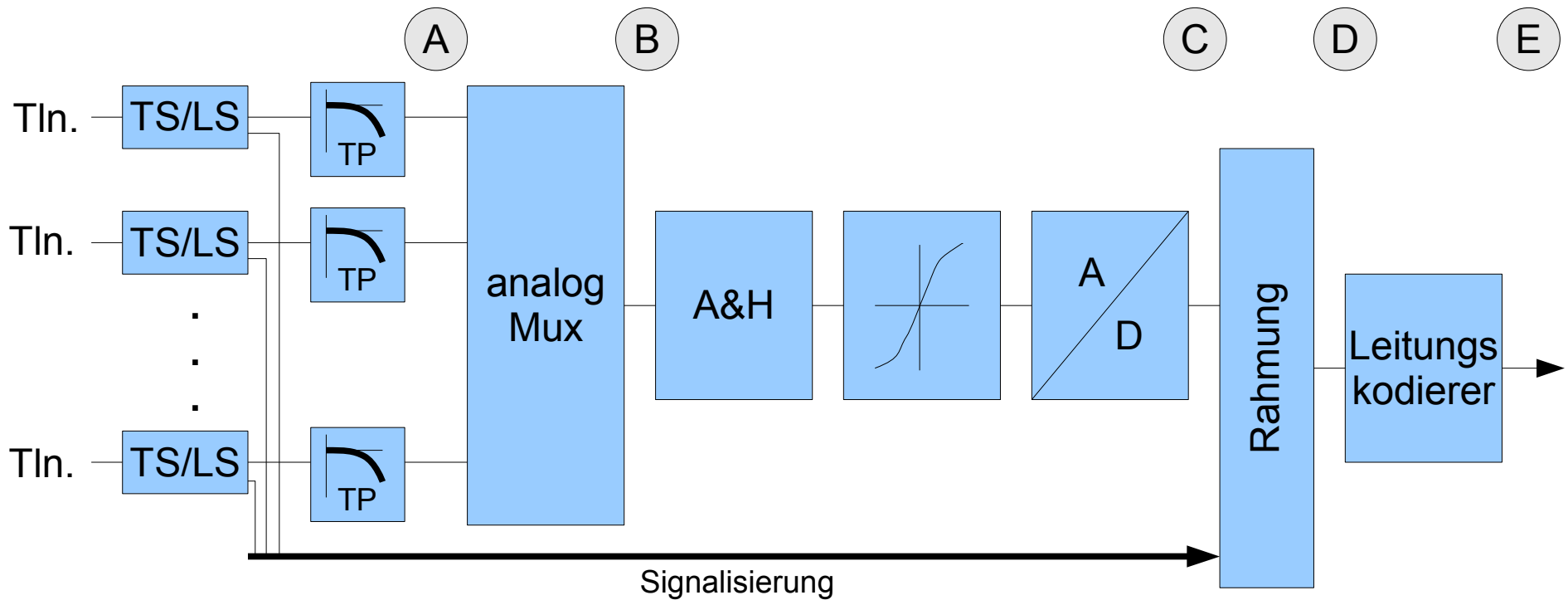
2.1 PCM 30 (2)

Warum jetzt noch PDH?

Bild: Signalverläufe an verschiedenen Stellen der Verarbeitung

2.1 PCM 30 (3)

Funktionsblöcke, Sendezweig

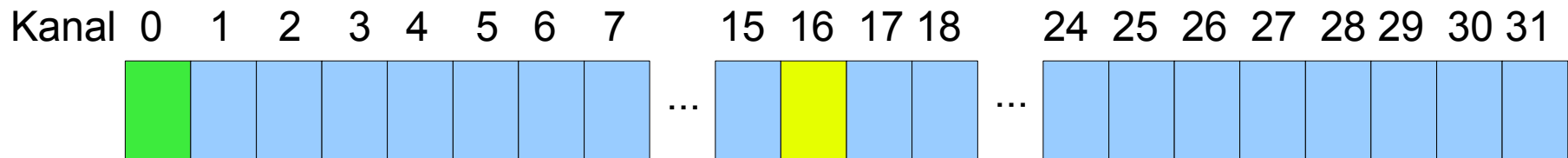


TS (SLIC)/LS: TP:

A&H (S&H): A/D:

2.1 PCM 30 (4)

D Rahmenaufbau



jeder Abschnitt ein Zeitschlitz mit 8 bit → je Zeitschlitz ein Kanal

K1...15, K17 – K31: 30 Kanäle Nutzdaten
K0, K16: 2 Kanäle Steuerdaten

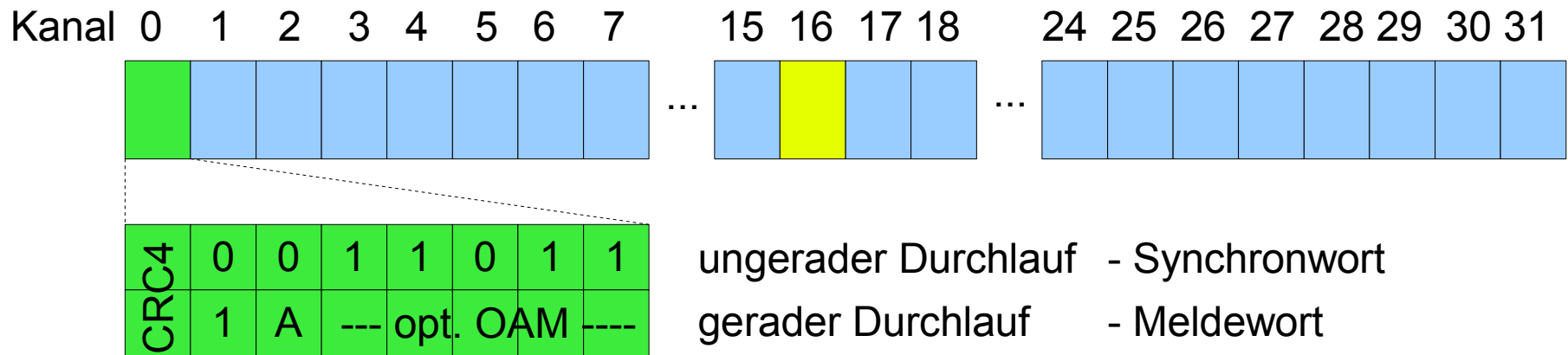
8000 Werte je Kundenkanal / Sekunde → 8000 Rahmen / Sekunde
→ Rahmendauer = 125 μ s

32 Kanäle / Rahmen * 8 bit / Kanal = 256 bit / Rahmen

256 bit / Rahmen * 8000 Rahmen / s = 2.048.000 bit / s = 2,048 Mbit/s
Achtung!!! 1 Mbit = 10⁶ bit

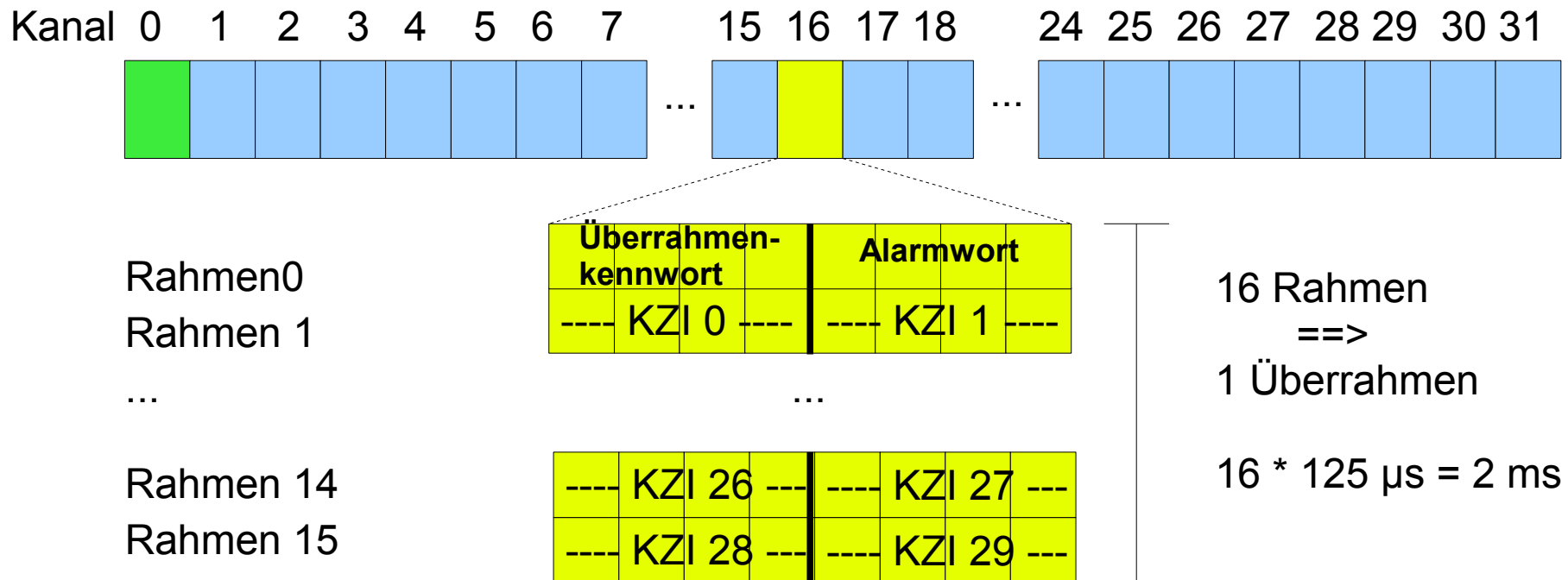
2.1 PCM 30 (5)

D Rahmenaufbau – Kanal 0



2.1 PCM 30 (6)

D Rahmenaufbau – Kanal 16

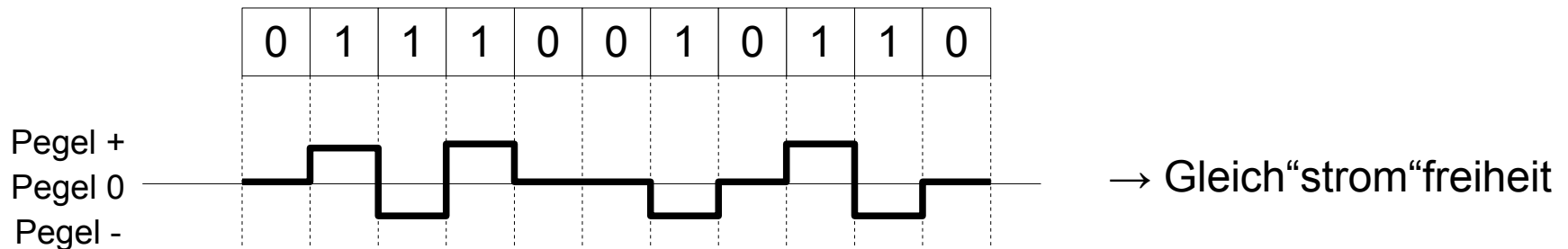


KZI n - Kennzeicheninformation des Kanals n

2.1 PCM 30 (7)

E Leitungskodierung

AMI – Alternated Mark Inversion - „Zwischenstufe“



HDB3 – High Density Bipolar, max. 3 Nullen in Folge

- Wenn nach drei mal 0 eine weitere 0 folgt, so wird eine 1 mit der falschen Polarität gesendet. → genug Taktinformation
- Unterbestimmten Bedingungen wird unter Verletzung obiger Regel eine weitere 0 erkennbar als 1 gesendet. → Gleichstromfreiheit

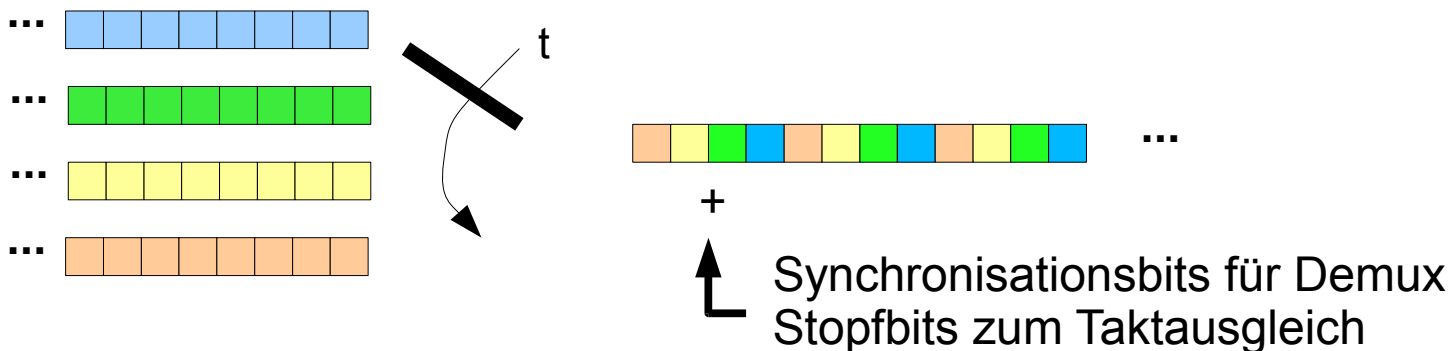
2.1 PCM 30 (8)

Bild: Empfangszweig, im Wesentlichen Umkehr Sendezweig

2.2 Hierarchiestufen der PDH

| Europa | | | Nordamerika | | | Japan | | |
|--------------|----------------------------|---------------------|-------------|----------------------------|---------------------|-------|----------------------------|---------------------|
| Stufe | Bitrate | Kanäle je 64 kbit/s | Stufe | Bitrate | Kanäle je 64 kbit/s | Stufe | Bitrate | Kanäle je 64 kbit/s |
| E1, PCM 30 | 2,048 Mbit/s ± 50 ppm | 30 | T1 | 1,544 Mbit/s ± xx ppm | 24 | J1 | 1,544 Mbit/s ± xx ppm | 24 |
| E2, PCM 120 | 8,448 Mbit/s ± 30 ppm | 120 (4 * 30) | T2 | 6,312 Mbit/s ± xx ppm | 96 (4 * 24) | J2 | 6,312 Mbit/s ± xx ppm | 96 (4 * 24) |
| E3, PCM 480 | 34,368 Mbit/s ± 20 ppm | 480 (4*120) | T3 | 44,736 Mbit/s ± xx ppm | 672 (7 * 96) | J3 | 32,064 Mbit/s ± xx ppm | 480 |
| E4, PCM 1920 | 139,264 Mbit/s ± 15 ppm | 1920 (4*480) | T4 | 274,176 Mbit/s ± xx ppm | 4032 (6 * 672) | J4 | 97,728 Mbit/s ± xx ppm | 1440 |
| E5, PCM 7680 | 564,992 Mbit/s ± 15 ppm | 7680 (4*1920) | T5 | 400,352 Mbit/s ± xx ppm | 5760 (60 * 96) | J5 | 564,992 Mbit/s ± xx ppm | 7680 |

Beispiel: 4 + E1 → E2

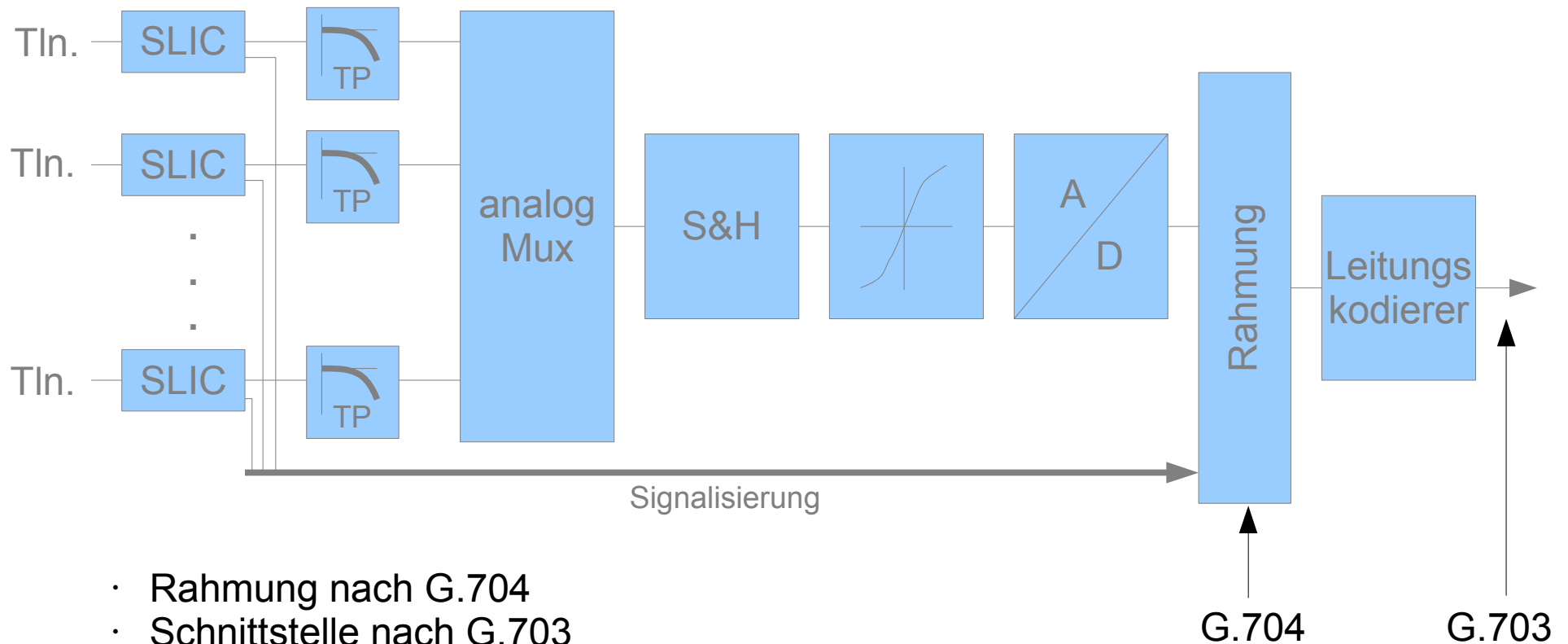


2.3 Eigenheiten der PDH (1)

- Jede Strecke nur in sich synchron:
- Zum Ein- / Ausstieg „unterwegs“ kompletten Durchlauf der Hierarchiestufen:
- eingeschränkte Fernüberwachung und eingeschränktes Management über das Leitungssignal:

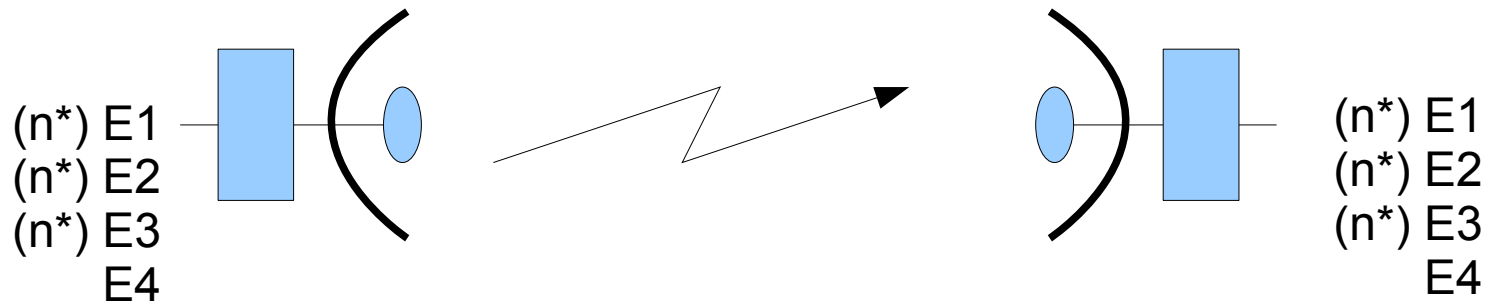
2.3 Eigenheiten der PDH (2)

Was ist heute noch aktuell?



- Rahmung nach G.704
- Schnittstelle nach G.703
- Kanäle mit 64 kbit/s
- A-Kennlinie (13 Segment-Kennlinie)
- und ..., wie man so etwas auch mit einfachen Mitteln machen kann

2.4 Einordnung von Richtfunk



Weitverkehrsnetze

3 SDH - Synchronous Digital Hierarchy

3.1 Grundgedanken und Entwicklungsziel

3.2 Grundstruktur Netz und Taktung

3.3 Hauptfunktionen und Geräte

3.4 Rahmenstruktur

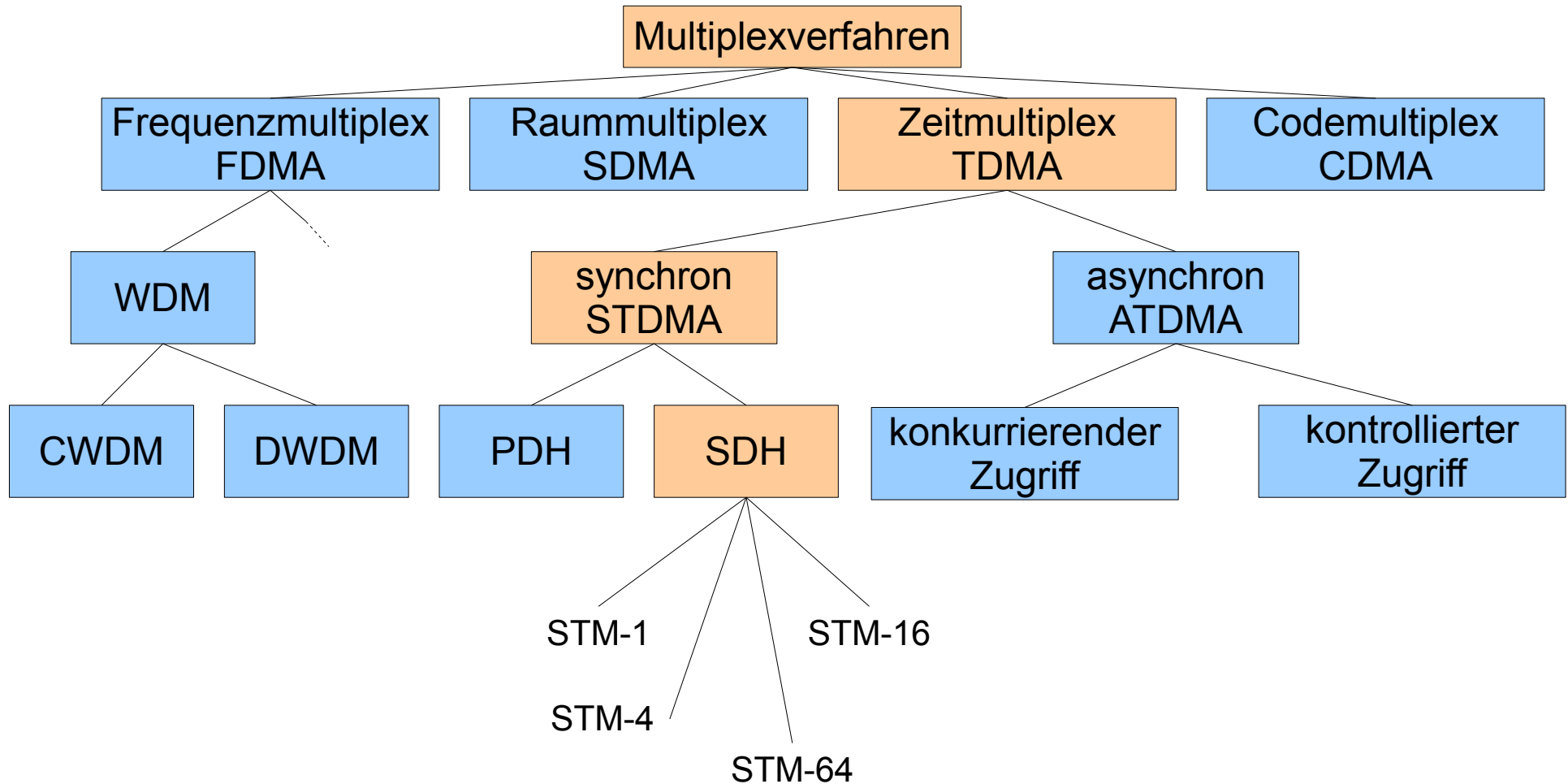
3.5 Einbindung anderer Protokolle

3.6 typische Netzstrukturen

3.7 Management

3 SDH - Synchronous Digital Hierarchy

3.1 Grundgedanken und Entwicklungsziel (1)



- Zeitmultiplexverfahren zur Mehrfachnutzung von Übertragungsstrecken

3.1 Grundgedanken und Entwicklungsziel (2)

Nachteil PDH:

- nur plesiochron → begrenztes Kaskadieren von Strecken
 - Multiplexen mit Stopfbits → Jitter → begrenztes Kaskadieren bei Multiplexen
 - Multiplexen mit Stopfbits → Ein-/ Ausstieg unterwegs nur über Durchlauf durch Demultiplexer und Multiplexer

Anforderungen an besseres System:

- synchron
- keine Stopfbits



SDH - synchrone digitale Hierarchie

3.1 Grundgedanken und Entwicklungsziel (3)

- SDH zuerst für Hauptstrecken vorgesehen → Auswirkung auf Entwurf
 - große Datenraten
 - Erzeugen von „schmalen“ multiplexten Datenströmen andersweitig
 - nur Multiplex von fertigen PCM-Datenströmen oder andersweitig erzeugten „dickeren“ digitalen Datenströmen

von Hause aus große Datenraten

- genug Platz für OAM-Daten

moderne Gerätetechnik

- lokal im Gerät genug Kapazität für OAM-Funktionen
- Management lokal über temporär angeschlossenen PC und / oder
- Management remote über Managementsystem

Synchronität und moderne Gerätetechnik

- leistungsfähige Schutzmechanismen gegen Ausfälle

3.1 Grundgedanken und Entwicklungsziel (4)

- SDH – Daten zur Geschichte der Entwicklung und Einführung

1985 Beginn der Entwicklung SONET → ANSI-SONET

1986/ 88 Beginn der Entwicklung u. Normung SONET / SDH weltweit → ITU-T

1988/ 90 Beginn der Entwicklung u. Normung SDH in Europa ^{*)} → ETSI

*) Teilmenge der weltweiten Normung

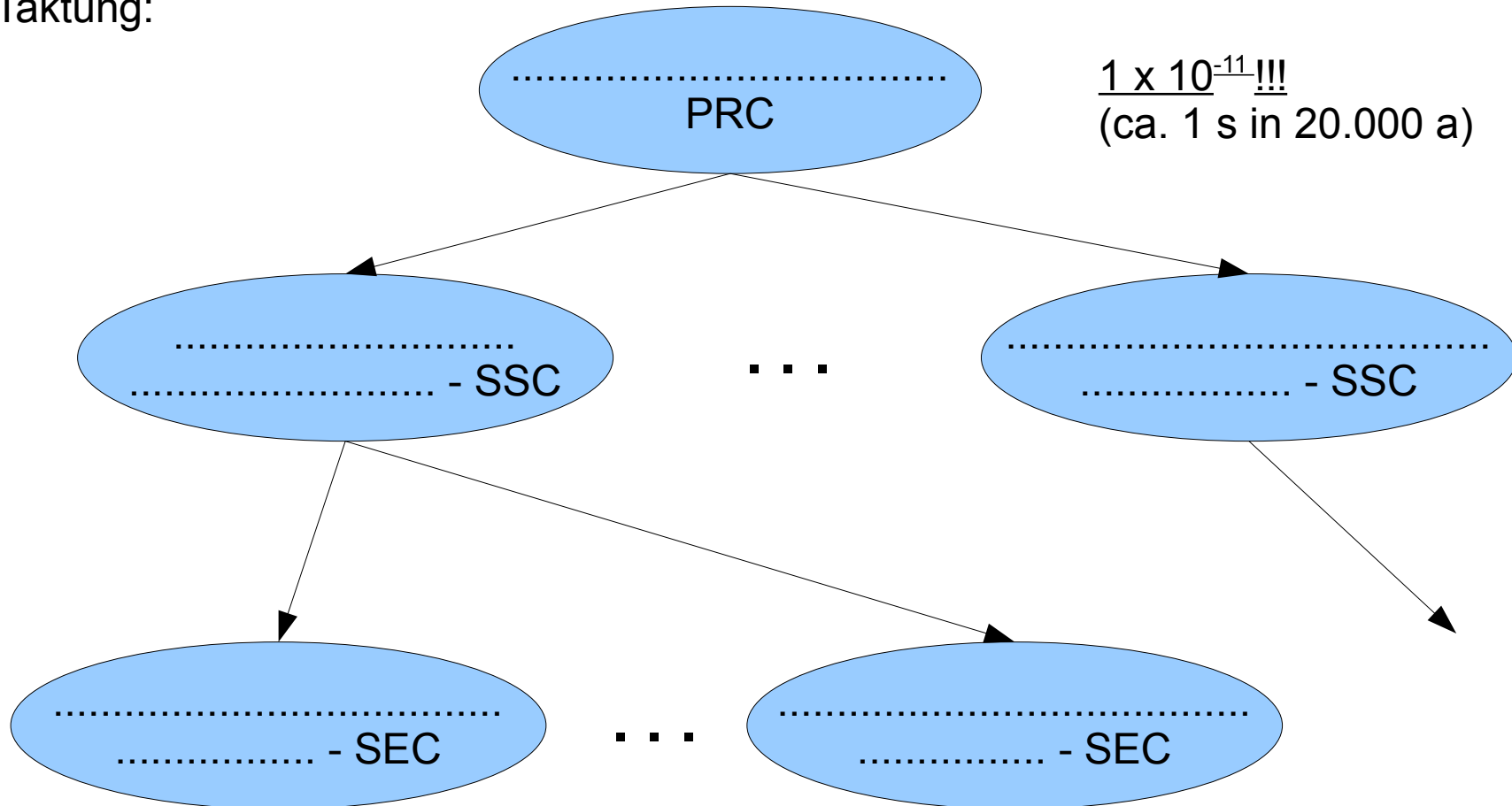
1991/ 92 Beginn des breiteren Einsatzes in den Netzen

1996 bei Neuinvestitionen weltweit überwiegt SONET/ SDH gegenüber
herkömmlichen Techniken

2000 rund 10,8 Mrd. \$ Investition in SONET/ SDH weltweit stehen rund
2,2 Mrd. \$ Investition in herkömmliche Technik gegenüber.

3.2 Grundstruktur Netz und Taktung (1)

Taktung:



Bedeutung Takt !!!

3.2 Grundstruktur Netz und Taktung (2)

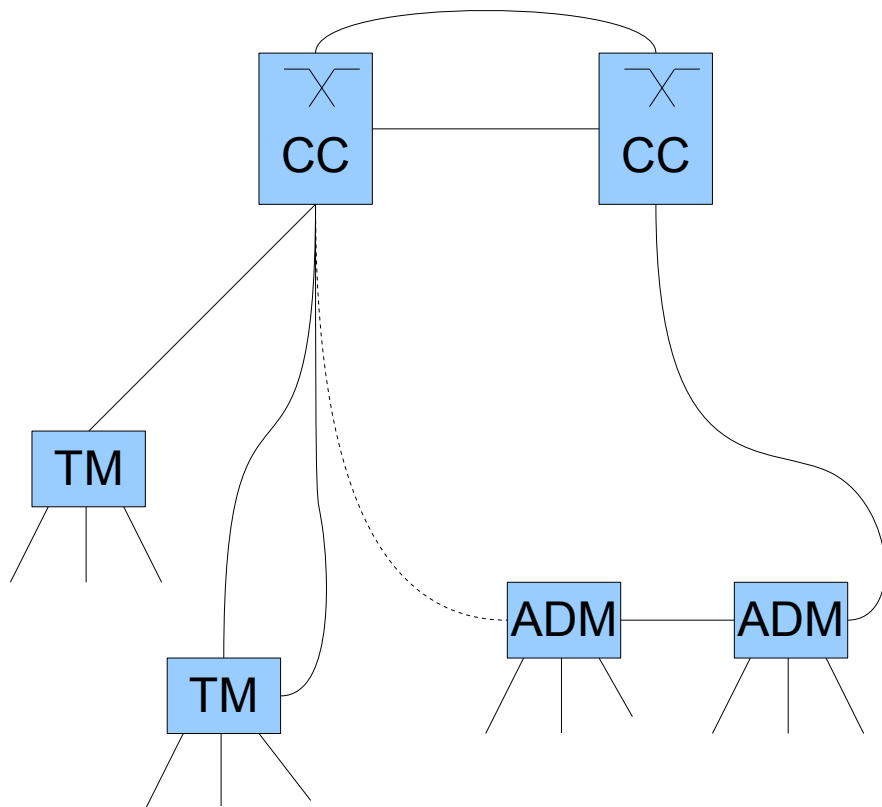
Bild Taktung: Taktverteilung im Netz
Zusammenschaltung mehrerer Netze

Methoden, Wege

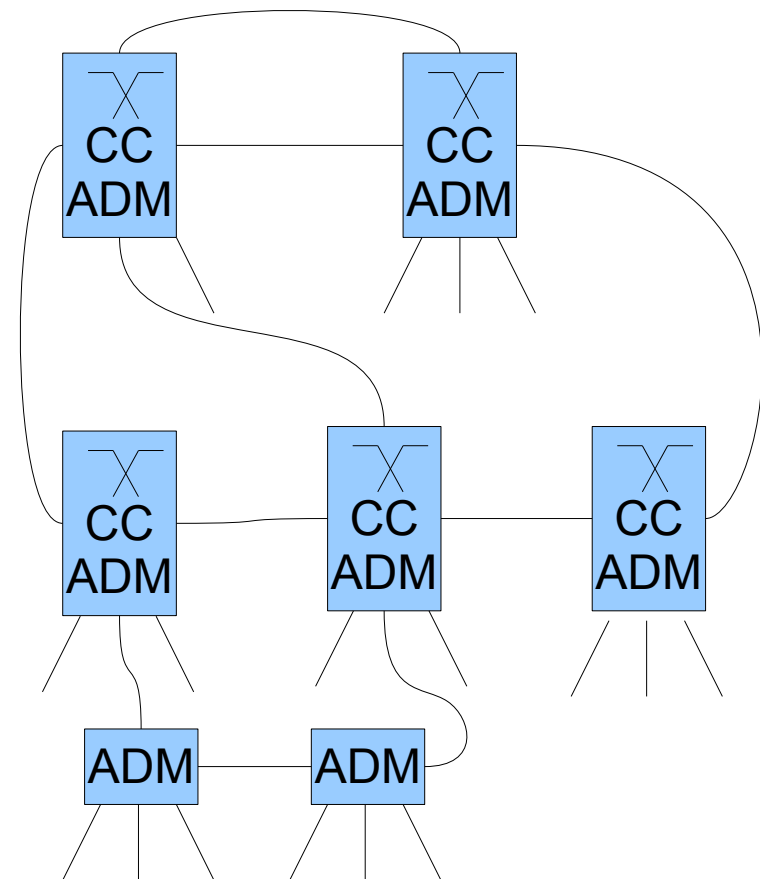
3.2 Grundstruktur Netz und Taktung (3)

Netzstruktur

klassisch



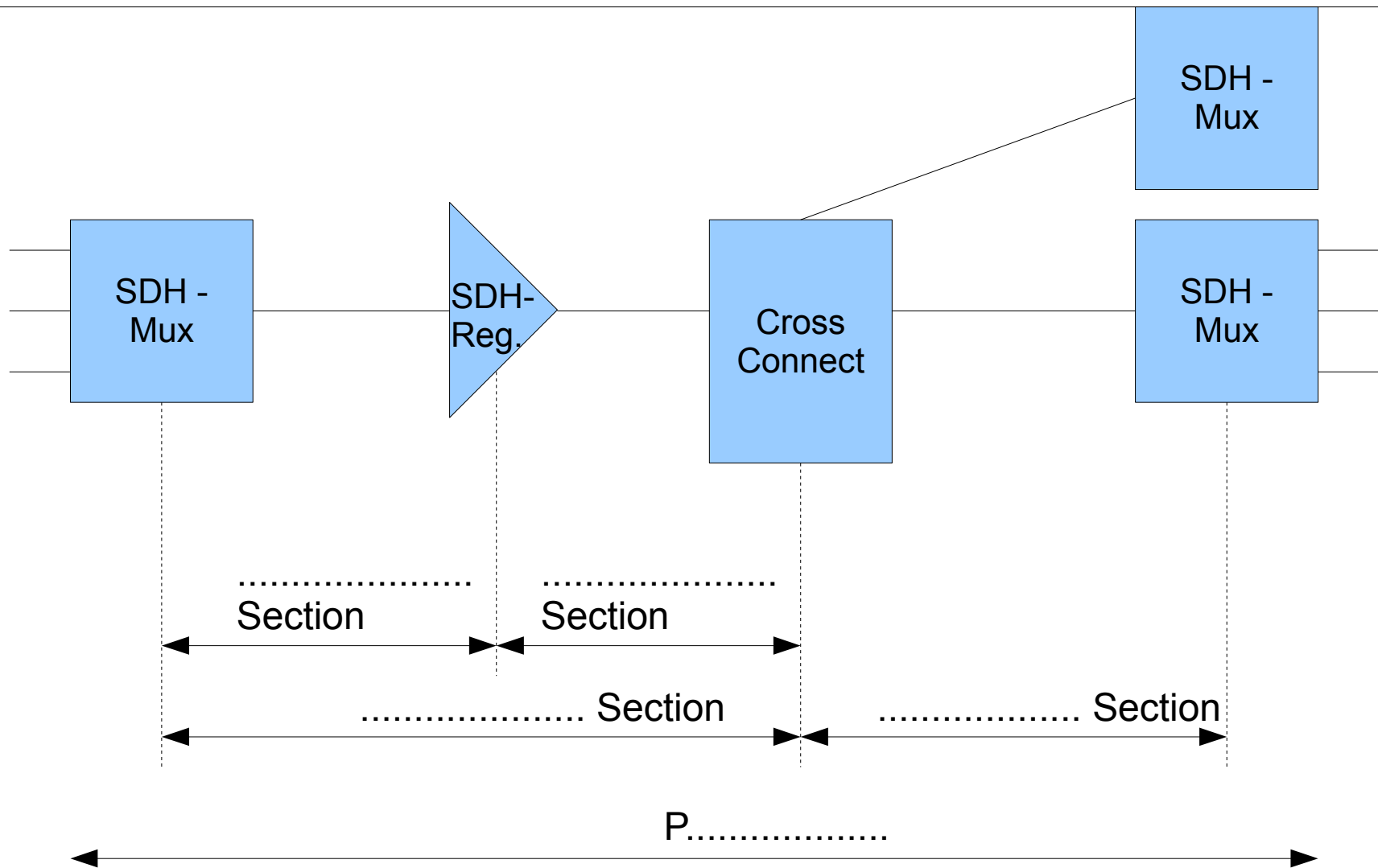
aktuell



CC:

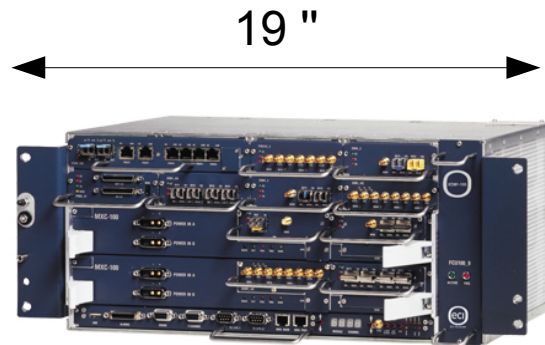
ADM: **TM:**

3.3 Hauptfunktionen und Geräte (1)



(Erklärung der einzelnen Netzelemente, Aufteilung „früher“ und heute)

3.3 Hauptfunktionen und Geräte (2)



- ECI XDM-100
 - STM-1 / STM-4 / STM-16
 - OC-3 / OC-12 / OC-48
 - OTN G.709
 - E1, E3
 - FE / GE / 10GE



- ECI XDM-2000
(Daten im Moment nicht verfügbar)

Quelle: <http://www.ecitele.com/Products/NG-SDHSONET/Pages/default.aspx> 2.9.2011

3.3 Hauptfunktionen und Geräte (3)



- hiT 7020

- STM-1
- STM-4
- E1, Ethernet

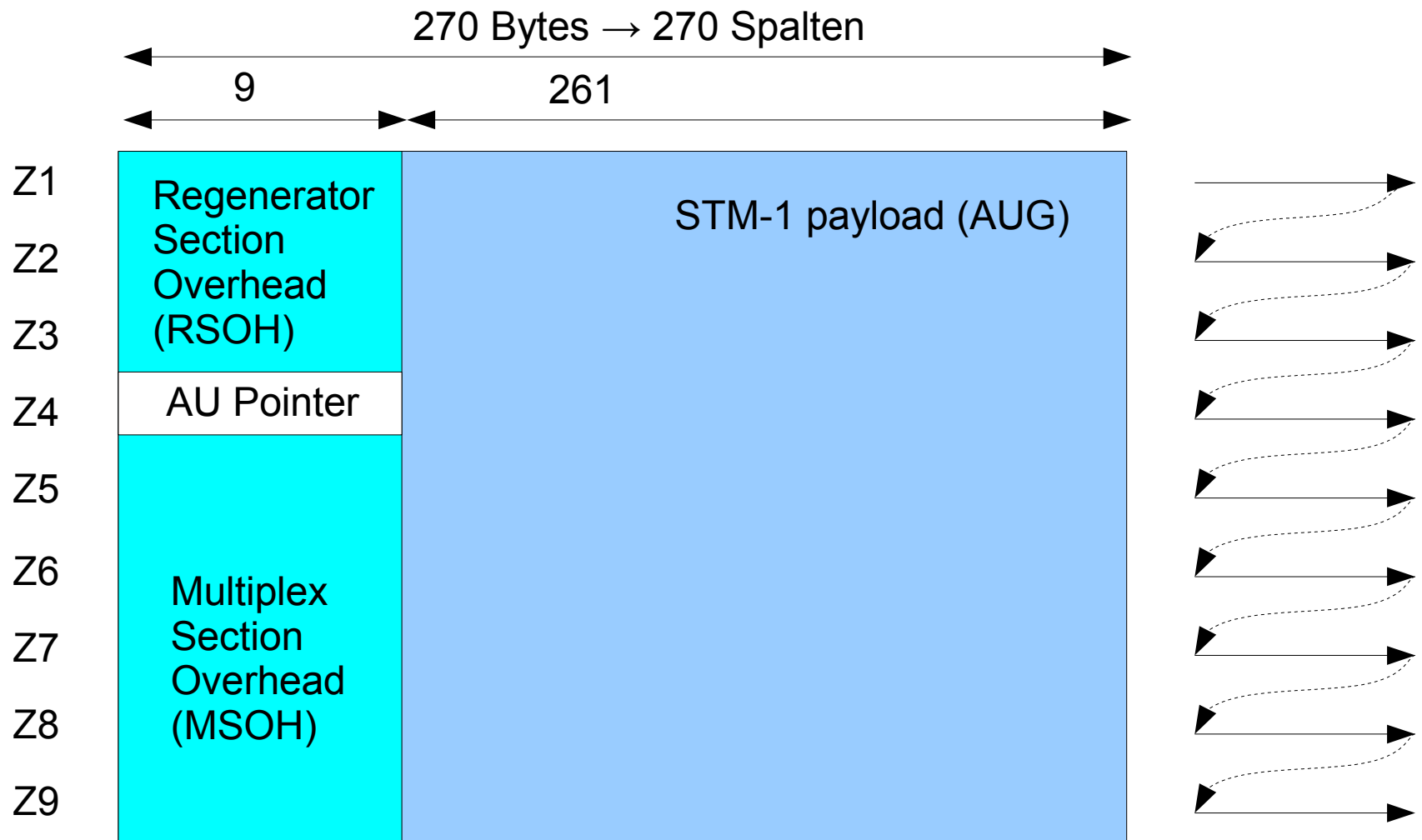
- hiT 7070

- STM-1 ... STM-64
- E1, Ethernet

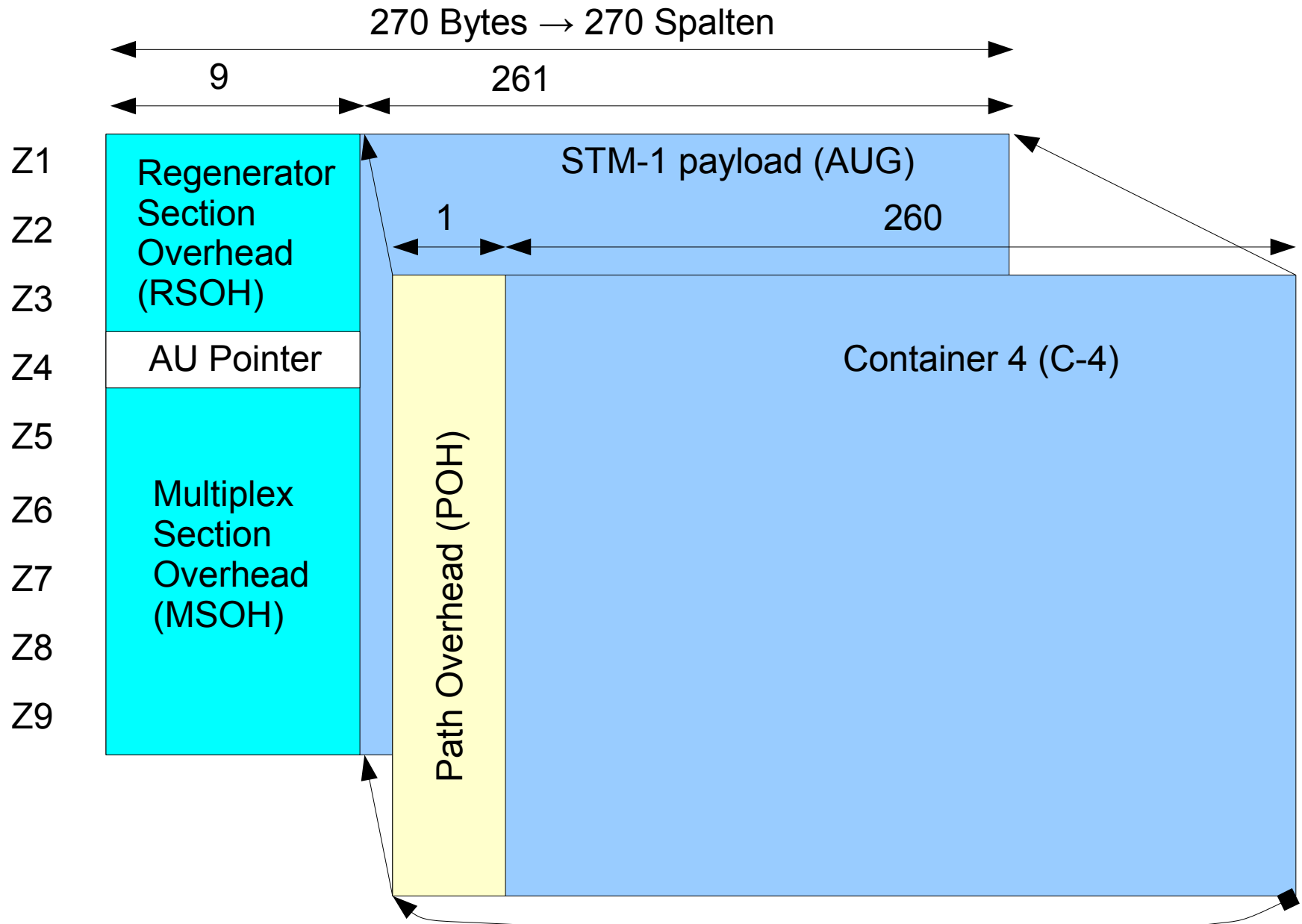
Quelle: https://www.energy-portal.siemens.com/static/de/de/products_solutions/13593_112059_sdh.html 16.10.2008

3.4 Rahmenstruktur (1)

- Der STM-1-Rahmen (Synchronous Transport Module 1)
 - Die 8000 / Sekunde bleiben uns erhalten!

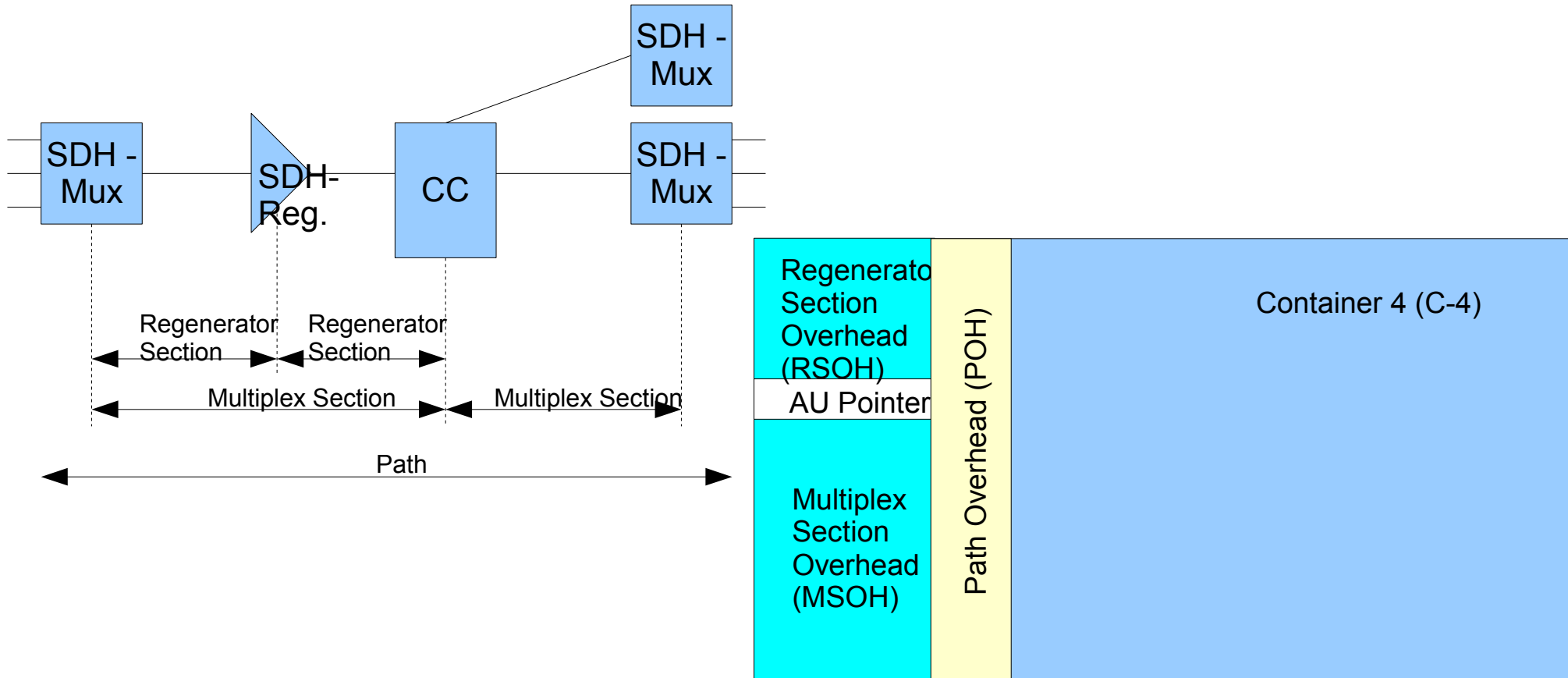


3.4 Rahmenstruktur (2)



3.3 Rahmenstruktur (3)

Bezüge der Gerätefunktionen zu den Rahmenteilen

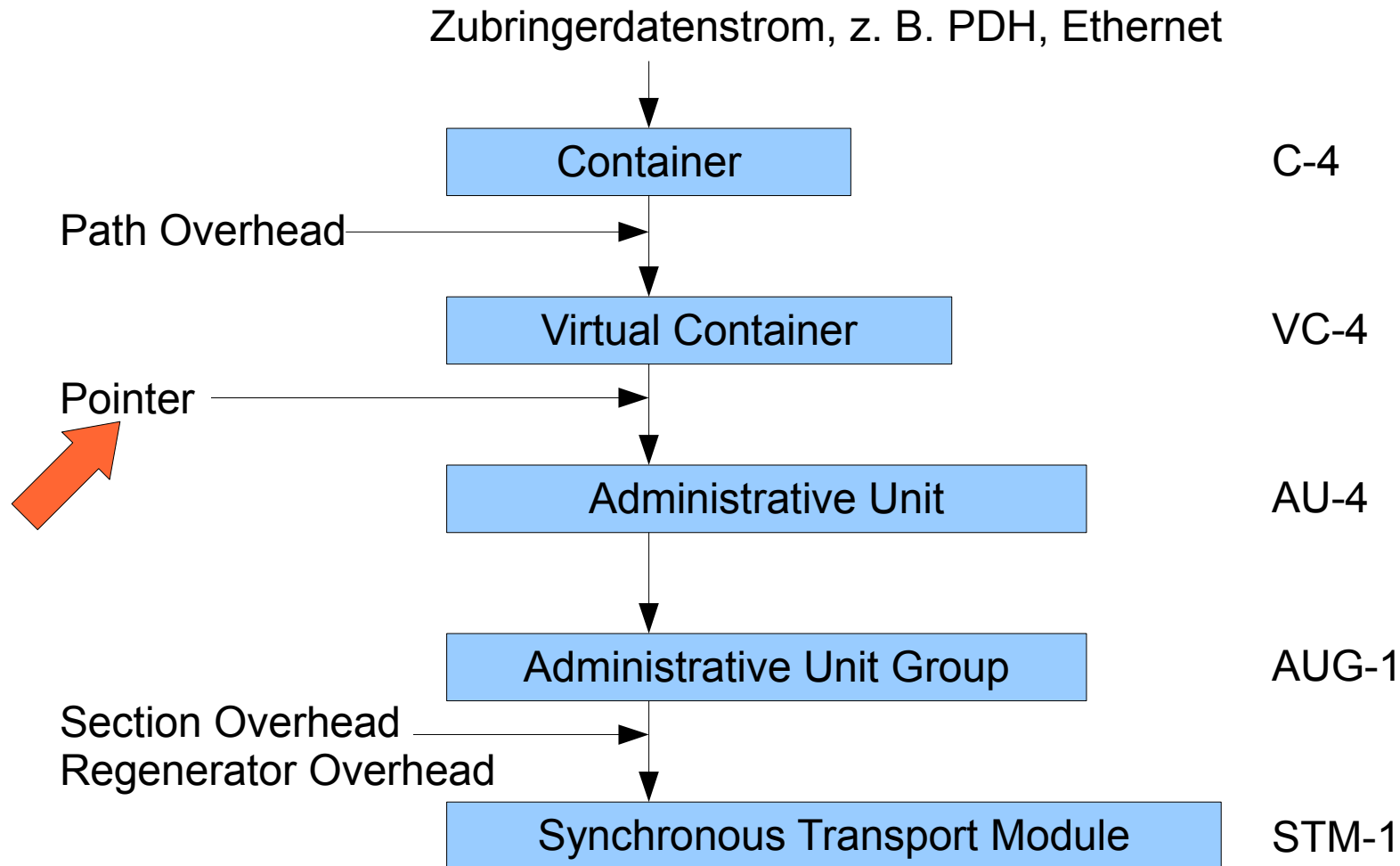


3.4 Rahmenstruktur (4)

- Der STM-1-Rahmen ist die Basiseinheit der SDH. Er enthält einen Container 4.
- Zubringerdatenströme können im Container 4 (C-4) untergebracht werden.
 $260 * 9 \text{ Byte} * 8 \text{ Bit/Byte} * 8000/\text{s} = \dots * 8000/\text{s} = \dots$
- Größere Zubringerdatenströme → Aufteilung auf mehrere STM-1-Rahmen, gleichzeitig „parallel“ übertragen (siehe nächster Punkt).
concatenated Mode – logische Verbindung mehrerer Container
- Mehrere STM-1-Datenströme können zu einem STM-n-Datenstrom zusammengefasst werden ($n = 4, 16, 64, 256$). Das wird allgemein zur Erhöhung der Übertragungskapazität einer Leitung genutzt, nicht nur für den concatenated Mode.
- Die einzelnen STM-1-Datenströme werden byteweise zu STM-n multiplext. Die Rahmenanfänge sind synchron zueinander ausgerichtet.
- Einfügen nach unterschiedlicher Laufzeit:

3.4 Rahmenstruktur (5)

- Entstehung des STM-Rahmens



3.4 Rahmenstruktur (6)

- Verwendung der Overhead-Bereiche
 - Section Overhead – Multiplex Section Overhead (MSOH)
 - Nur Multiplexern und CC zugänglich
MUX – MUX; MUX – CC; CC - CC
 - $5 \times 9 \text{ Byte} \times 64 \text{ kBit/s} = 2,8 \text{ MBit/s}$
 - Prüfinformation (Fehlererkennung)
 - Steuerung Redundanzschaltung
 - Datenkanal für Management, 576 kBit/s
 - Kennzeichen Taktqualität
 - Dienstsprachkanal, 64 kBit/s
 - (Reserve)

3.4 Rahmenstruktur (7)

- Verwendung der Overhead-Bereiche
 - Section Overhead – Regenerator Section Overhead (MSOH)
 - Allen Geräten zugänglich
 - $3 \times 9 \text{ Byte} \times 64 \text{ kBit/s} = 1,7 \text{ Mbit/s}$
 - Rahmensynchronisation
 - Übertragungsüberwachung (Section Trace)
 - Prüfinformation (Fehlererkennung)
 - Wartungskanal (ID; Fehlerrate)
 - Management- und Statusinformationen
 - Dienstsprachkanal für Regeneratoren, 64 kBit/s

3.4 Rahmenstruktur (8)

- Verwendung der Overhead-Bereiche
 - Path Overhead (POH)
 - beim Mapper zum VC, mit dem VC bis zum Demapper (SDH-Endstelle zu SDH-Endstelle)
Informationen, die zur SDH – Ende – Ende – Verbindung gehören
 - Prüfinformation (Fehlererkennung)
 - Information über Zusammensetzung Container
 - Rückmeldung der Übertragungsfehler
 - Wartungskanal
 - Positionsanzeiger für Nutzlast
 - Steuerung Redundanzschaltung

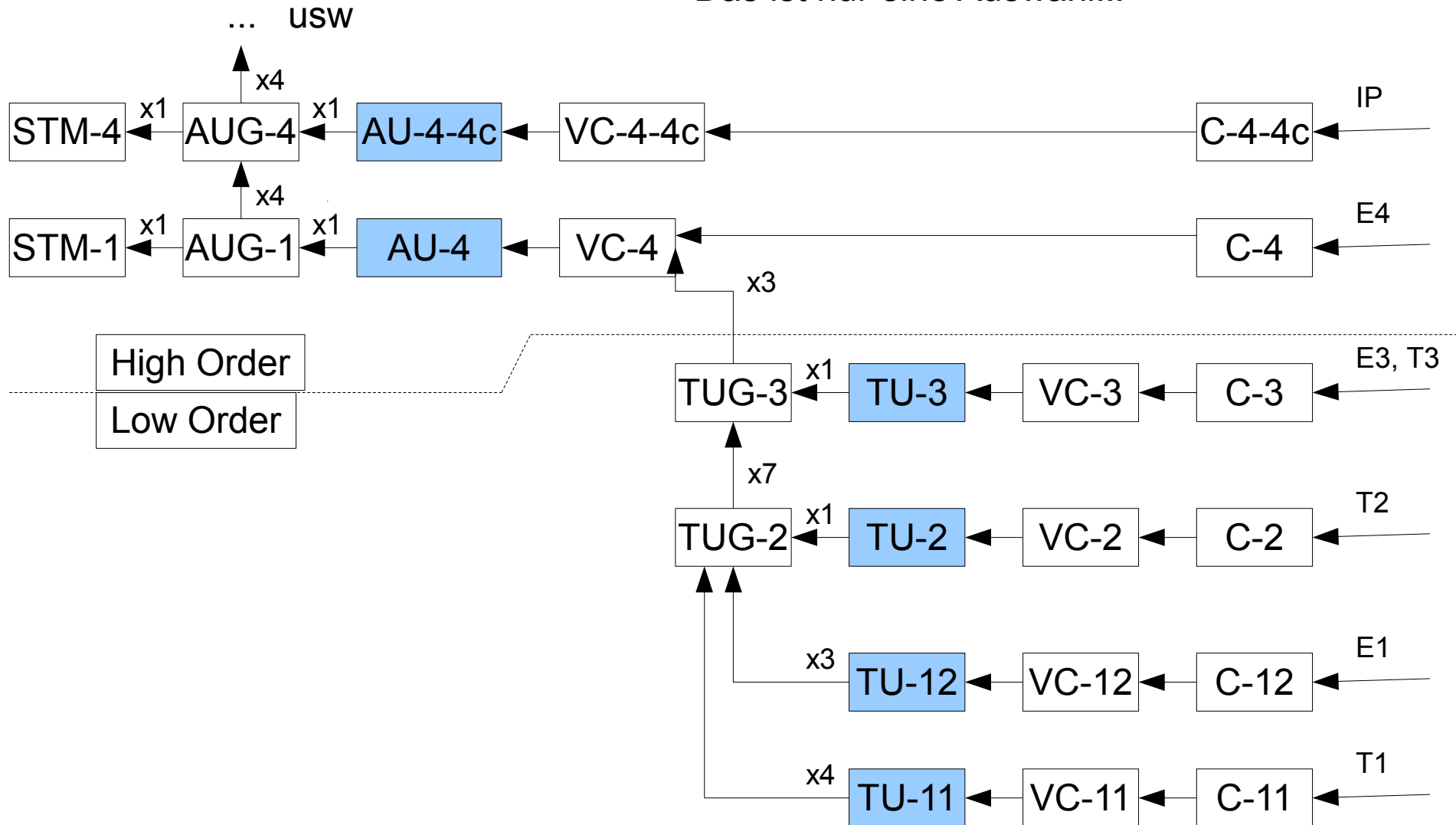
3.5 Einbindung anderer Protokolle (1)

- Was ist, wenn der Container mit einem Rahmen der Zubringerdaten nicht voll wird?
Sind Stopfbits hier weniger gefährlich als bei der PDH?

- Wie bekommen wir noch kleinere Rahmen von Zubringerdaten im Container unter?
V1 - noch mehr Stopfbits ?
V2 – Unterteilung des Platzes ?

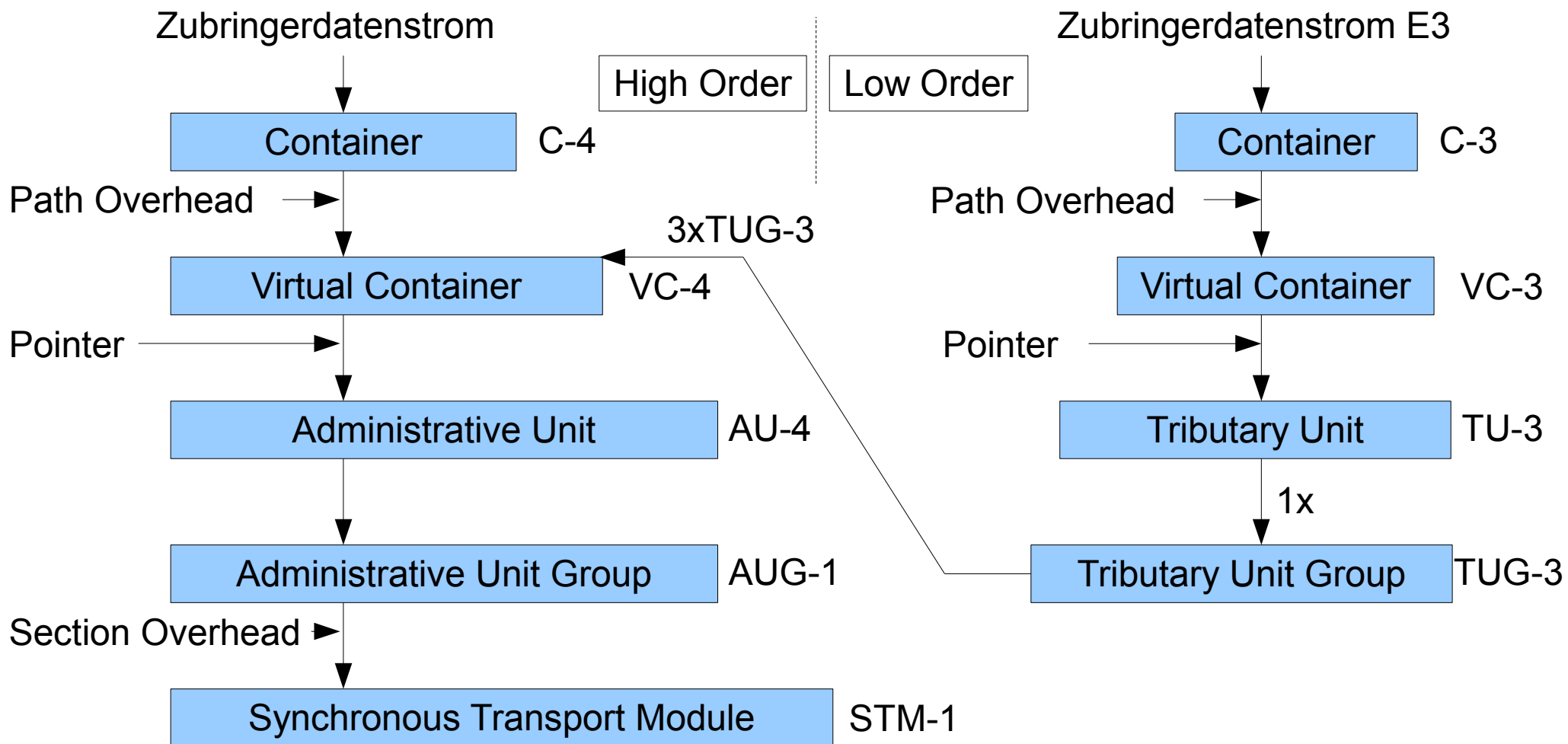
3.5 Einbindung anderer Protokolle (2)

Das ist nur eine Auswahl!!!



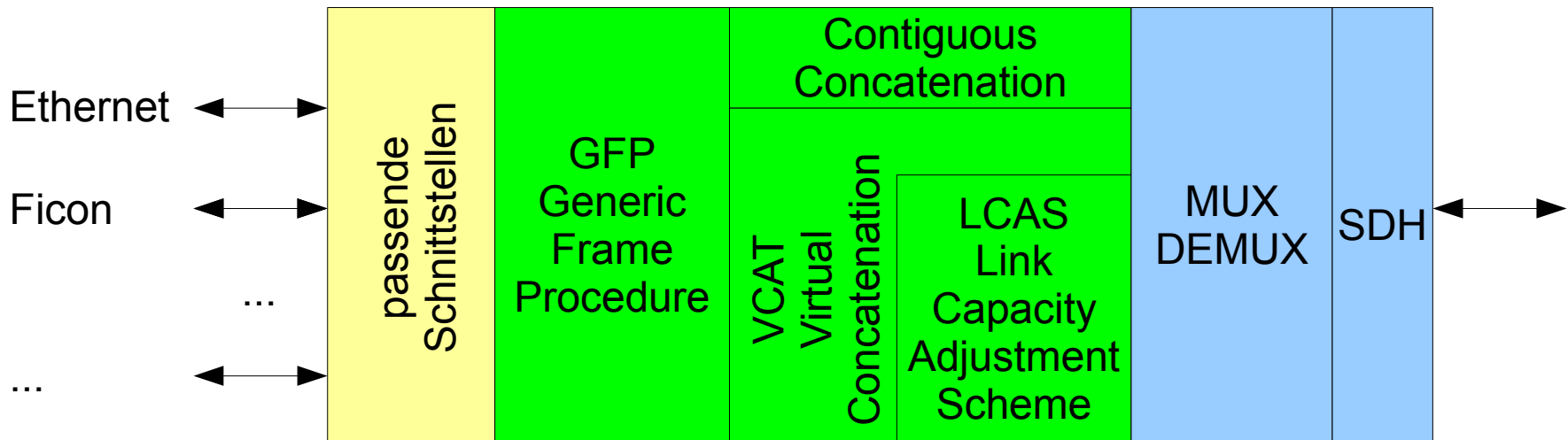
3.5 Einbindung anderer Protokolle (3)

- Das bewährte der Kapselung in den „höheren“ Bereichen wird für die unteren Kapazitätsbereiche analog angewandt. Beispiel ist E3



3.5 Einbindung anderer Protokolle (4)

- Ethernet over SDH - EoSDH / auch Ficon, Escon, Fiber channel



3.5 Einbindung anderer Protokolle (5)

- Ethernet over SDH - EoSDH / auch Ficon, Escon, Fiber channel
 - 1. Aufgabe: Anpassen und Einpacken → Generic Framing Procedure GFP
 - Asynchrone Daten mit Burstcharakter empfangen
 - Daten mit allgemeinem Rahmen versehen



- Daten auf synchronen Kanal geben → Geschwindigkeitsanpassung, ggf. Stopfbits
- alternativ zu GFP können noch LAPS oder HDLC vorkommen

3.5 Einbindung anderer Protokolle (6)

- Ethernet over SDH - EoSDH / auch Ficon, Escon, Fiber channel
 - 2. Aufgabe: benötigte Kapazität durch ein oder mehrere Container bereitstellen, Bei mehr als ca. 140 Mbit/s reicht ein C-4 nicht aus (G-Ethernet).
→ Concatenation: mehrere Container werden verbunden
 - Contiguous Concatenation – feste, starr Verbindung; alle beteiligten Knoten müssen das beherrschen; feste „Schrittweiten“
z. B. 1G Ethernet → VC-4-16C
 - Virtual Concatenation VCAT– Daten werden auf mehrere, formal selbständige V-Container verteilt; unterwegs einfache Behandlung, Kapazität besser anpaßbar, auch kleine VC wie z.B. VC-12
z. B. 1G Ethernet → VC-4-7v
aber auch < 100 oder 1000 MBit/s!!

Steuerdaten in den Bereichen des Path Overhead

Problem der unterschiedlichen Wege! Pufferung → Verzögerung
Kompensation bis 512 ms

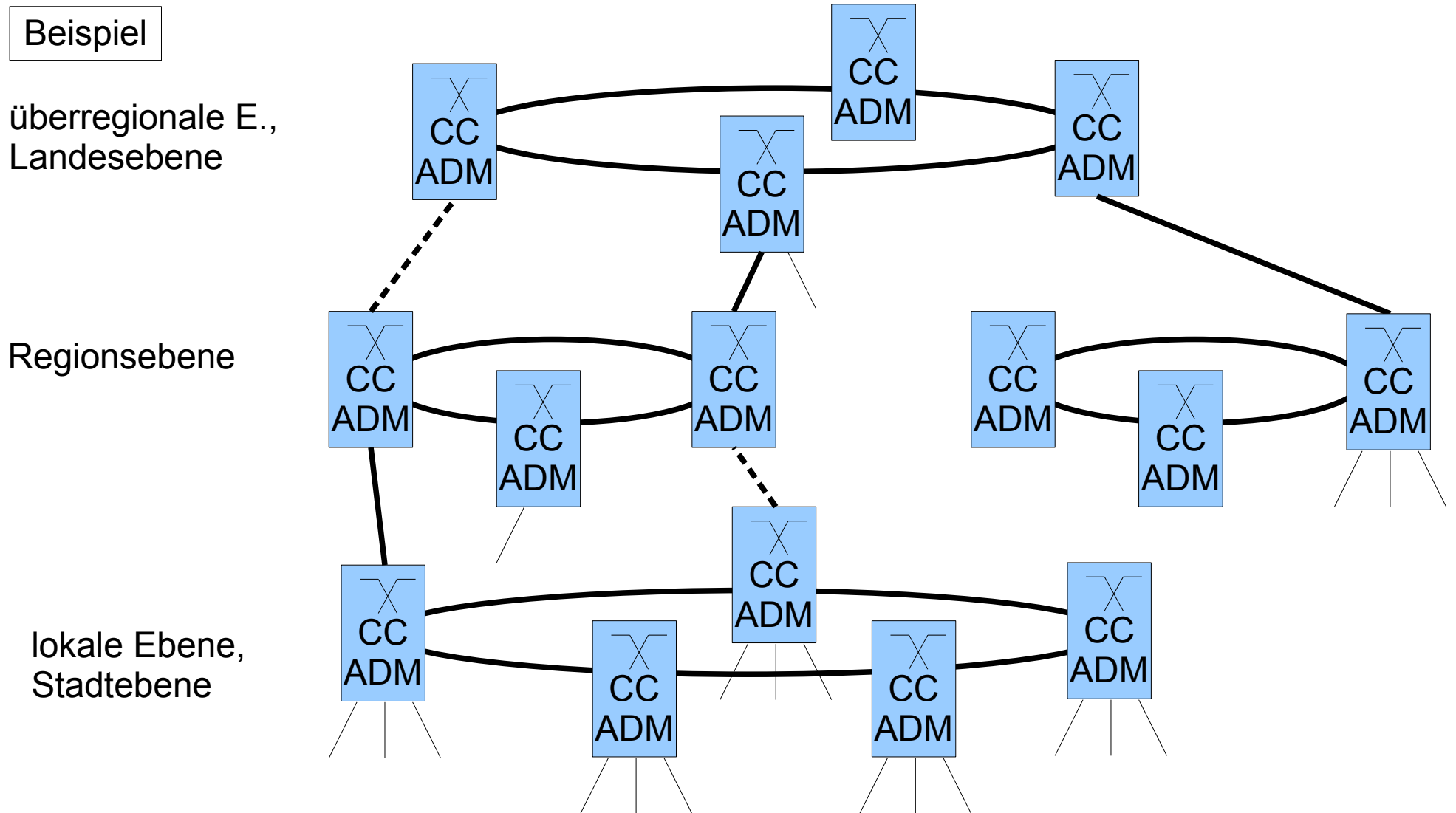
3.5 Einbindung anderer Protokolle (7)

- Ethernet over SDH - EoSDH / auch Ficon, Escon, Fiber channel
 - 3. Aufgabe: Übertragungskapazität flexibel anpassen – LCAS:
Link Capacity Adjustment Scheme
 - Ende-zu-Ende, d. h., Abstimmung zwischen den beiden Multiplexern, die den Zubringerverkehr ankoppeln
 - Aus einem Vorrat an freien Containern können quasi-dynamisch welche einem Link hinzugefügt und wieder entfernt werden.
 - Auslösung kann automatisch erfolgen oder auch von Hand gesteuert.

3.6 typische Netzstrukturen (1)

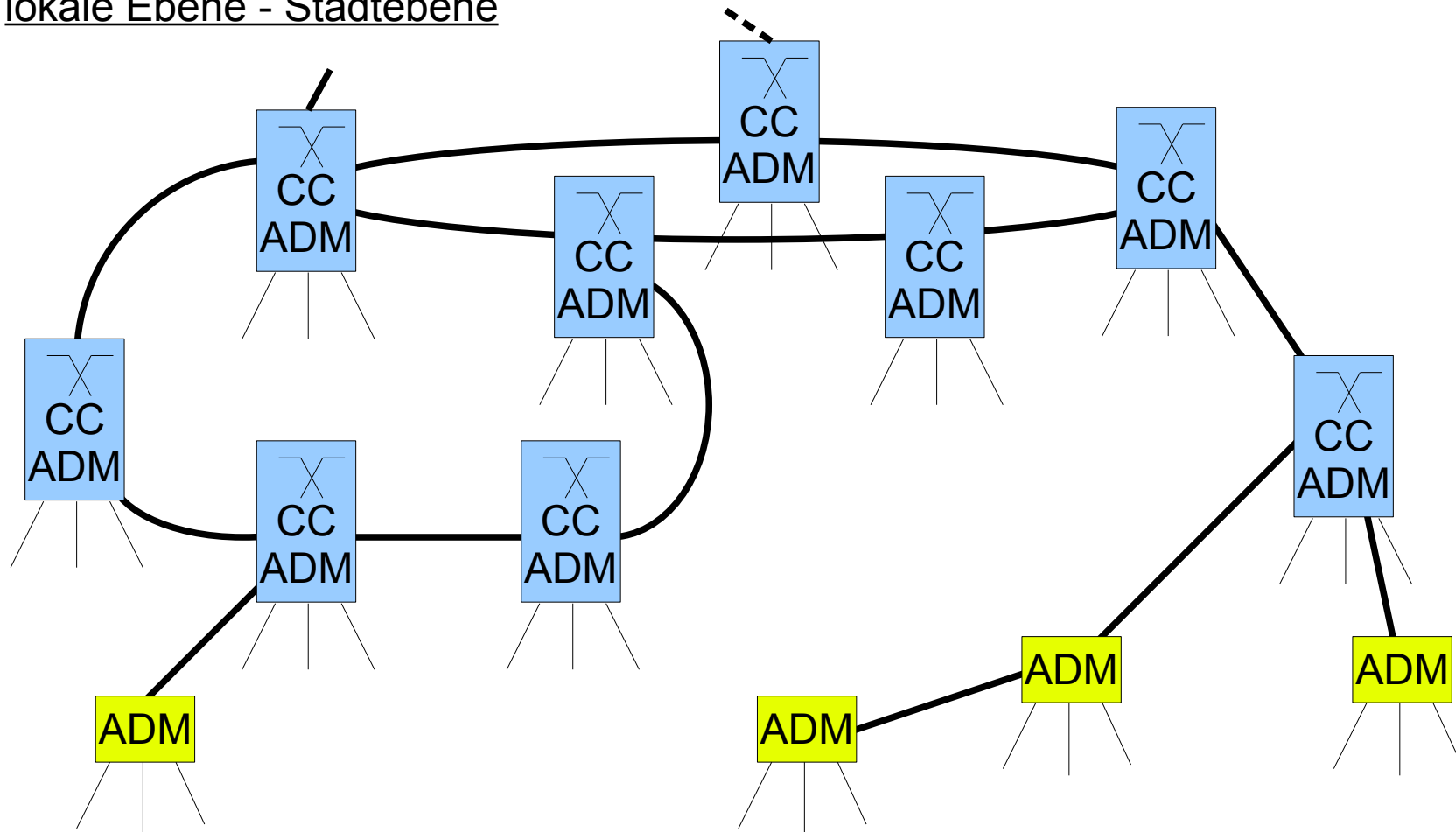
mehrere Ebenen – hierarchische Strukturen
Anzahl der Ebenen nicht direkt vorgeschrieben

Beispiel



3.6 typische Netzstrukturen (2)

lokale Ebene - Stadtebene



 große Knoten von Zubringernetzen,
große Technikstandorte,
Kopplung zu anderen Netzebenen

 kleine Knoten von Zubringernetzen,
Technikstandorte,
Kundenstandorte

3.6 typische Netzstrukturen (3)

- Hierarchische Strukturen – mehrere Ebenen
 - Vorteile gegenüber flachen Strukturen:
 - lokaler Verkehr bleibt im jeweiligen lokalen Netzbereich (auch im Fehlerfall)
 - bei nicht lokalem Verkehr geringere maximale Anzahl zu durchlaufender Netzelemente – technische Begrenzungen
 - geringere Anzahl von Netzelementen und Verbindungen im jeweiligen Ring bringt geringeres Risiko von Doppelfehlern
 - paßt zum Prinzip der Taktverteilung

(Beispiele hierarchisch - flach)

3.7 Management (1)

- Management – hier allgemein kontrollieren und beeinflussen
- für TK genauer nach CCITT (ITU-T):
Telecommunications Management Network – TNM

Funktion ist OAM&P

- (Betrieb)
- (Verwaltung, Steuerung, nicht Provisioning)
- (Wartung)
- (Einrichten, ändern und Ausrichten von Nutzerdiensten)

Beispiele

3.7 Management (2)

- Aufgaben aus verschiedenen Perspektiven gesehen:

| Aufgabe | Standpunkt ist das einzelne Gerät | Standpunkt ist das Netz - „von oben gesehen“ |
|-----------------------------------|-----------------------------------|---|
| A betrifft nur einzelnes NE | paßt | paßt über Schritt zum NE |
| B betrifft mehrere NE zusammen | viele Einzelaktionen | paßt |

- Beispiele für

- A:

- B:

- Für A reicht Local Craft Terminal, aber Anwesenheit vor Ort!!!
- für B bedarf es eines zentralen Managementsystems, A-Aufgaben meist gleich mit

3.7 Management (3)

- nach CCITT (ITU-T)

