

Vorlesung Kommunikationstechnik

Übertragungstechnik

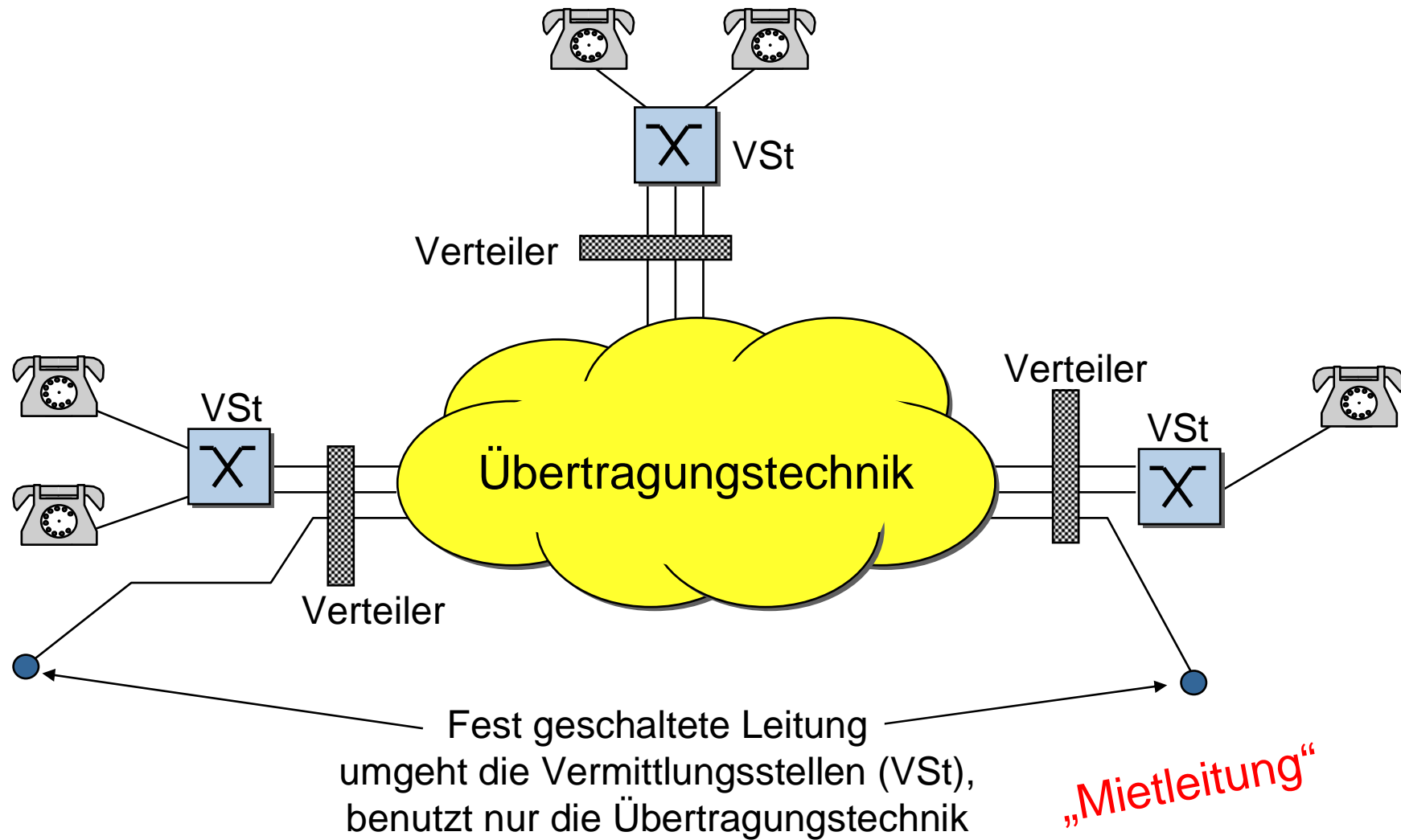
Harald Orlamünder

SS 2014

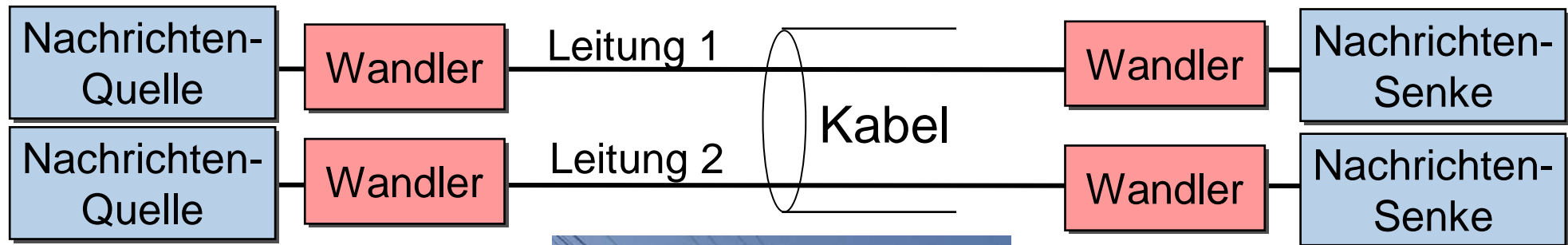
Inhalt

- Grundlagen Übertragungstechnik
 - Übertragungsmedien – Kabel und Glasfaser
 - Frequenzmultiplex-Systeme (TF-Systeme)
 - Leitungscodierung
 - Plesiochrone Digitale Hierarchie (PDH)
 - Synchrone Digitale Hierarchie (SDH)
 - Wellenlängenmultiplex (WDM)
 - Optische Transport Hierarchie (OTH)

Übertragungstechnik - Traditionelle Trennung

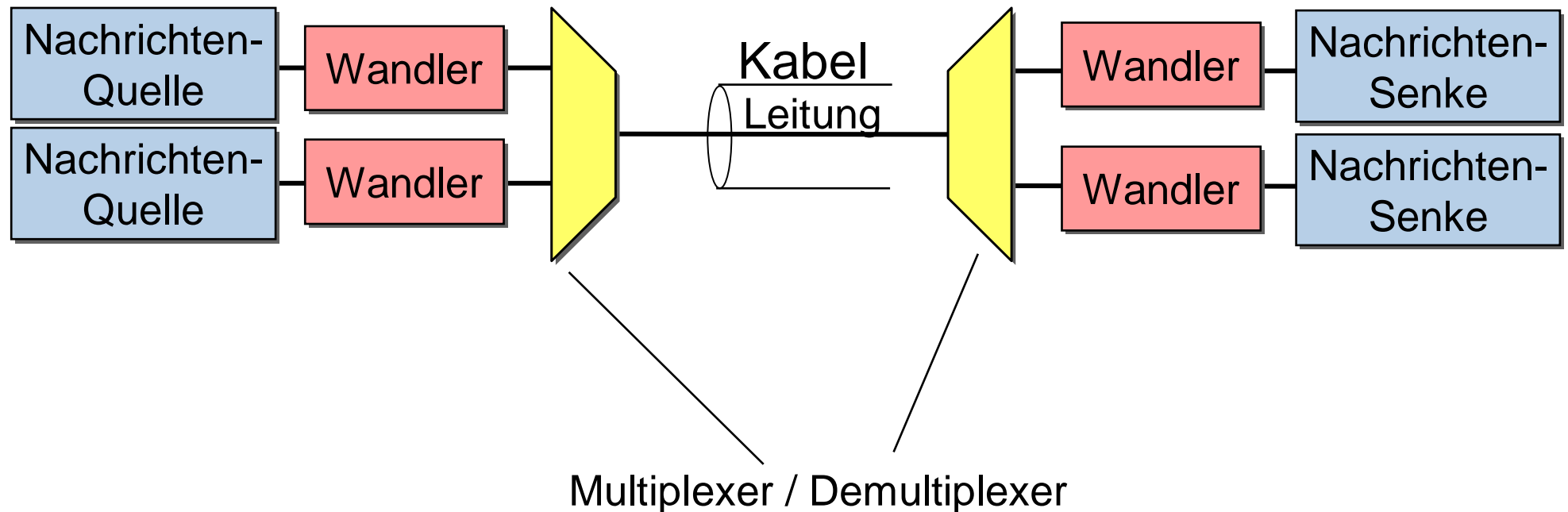


Mehrfache Übertragung



Mehrfachausnutzung einer Leitung

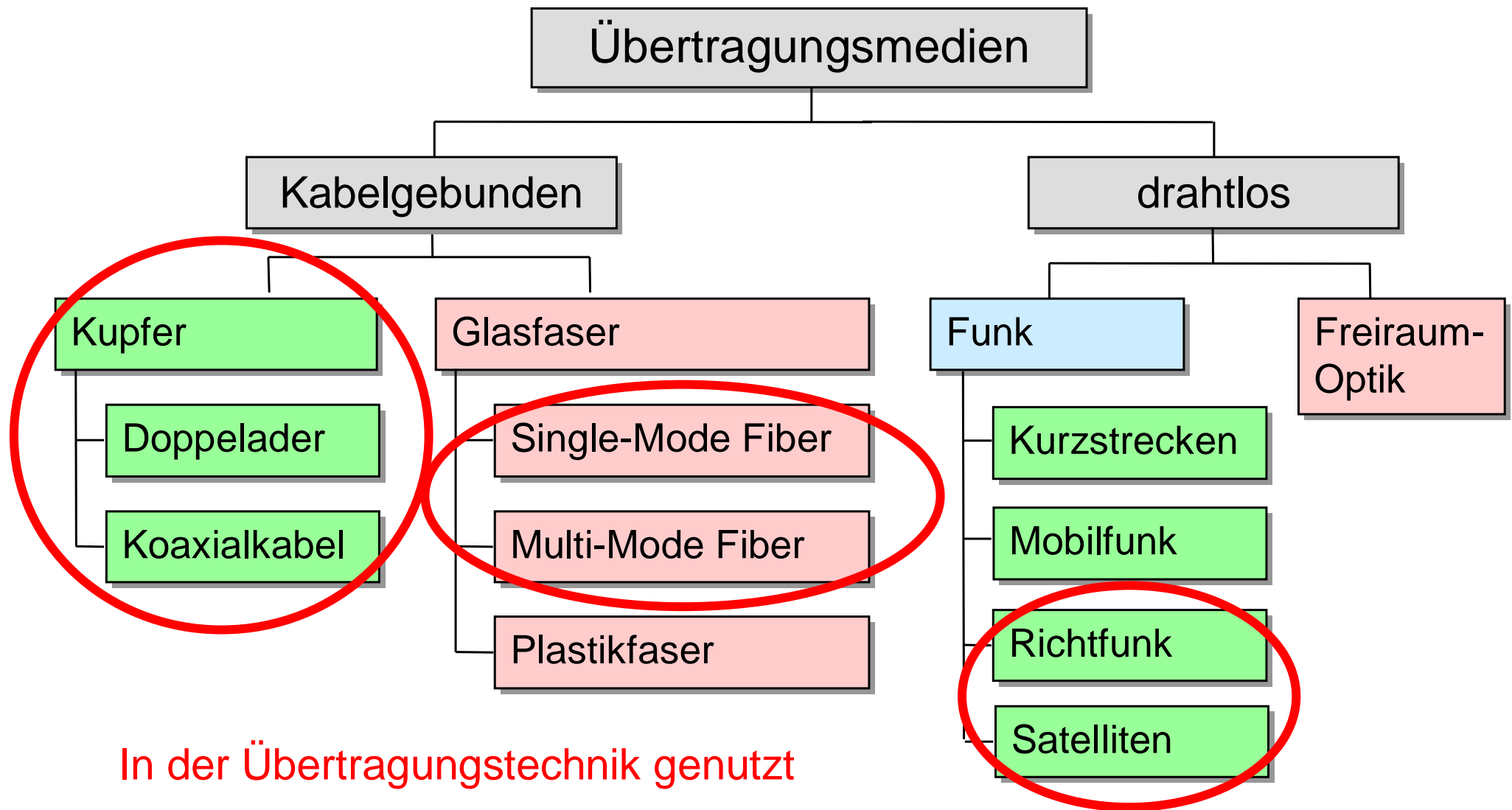
Ziel: Mehrfachausnutzung einer Leitung



Inhalt

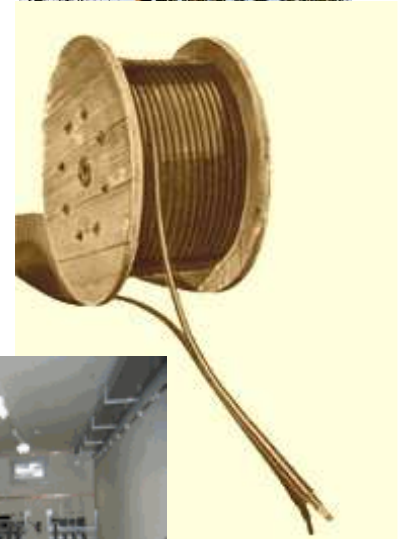
- Grundlagen Übertragungstechnik
- Übertragungsmedien – Kabel und Glasfaser
- Frequenzmultiplex-Systeme (TF-Systeme)
- Leitungscodierung
- Plesiochrone Digitale Hierarchie (PDH)
- Synchrone Digitale Hierarchie (SDH)
- Wellenlängenmultiplex (WDM)
- Optische Transport Hierarchie (OTH)

Übertragungsmedien



Elektrische Nachrichtenkabel - Allgemeines

- Den Anfang der Drahtgebundenen Kommunikation bildete die Freileitung.
- Erste Kabel wurden Mitte des 19. Jahrhunderts verlegt.
- Das erste transatlantische Kabel 1875.
- Nachrichtenkabel unterschieden sich von Kabeln zur Energieübertragung, denn das Nachrichtensignal hat eine geringe Energie.
- Wichtige Parameter sind:
 - Dämpfung
 - Wellenwiderstand
 - Elektrische Kopplung zwischen den Leitern



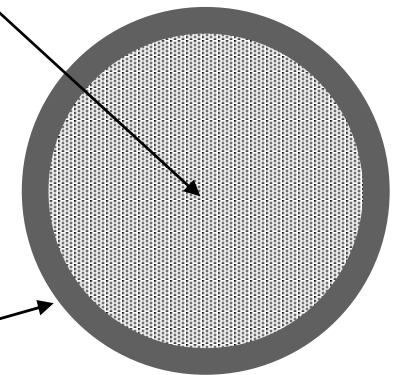
Elektrische Nachrichtenkabel - Aufbau

■ Die **Seele** enthält:

- die Leiter
- ihre Isolierung
- Werkstoffe zur Füllung der Hohlräume ("Zwickel")
- Bewicklungsfolien (optional)
- metallische Schirmungen (optional)
- Kennzeichnungsbänder oder -fäden (optional)

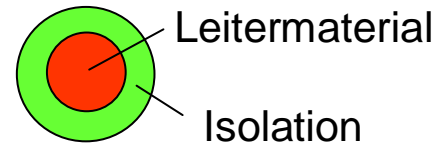
■ Der **Mantel** bietet Schutz gegen

- mechanische Belastungen bei Verlegung und Installation
- Beständigkeit gegen äußere Einflüsse während des Betriebs.

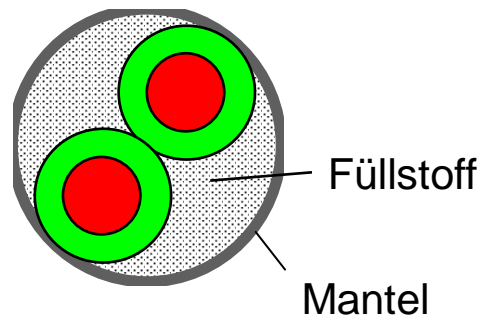


Elektrische Nachrichtenkabel – Typen (1)

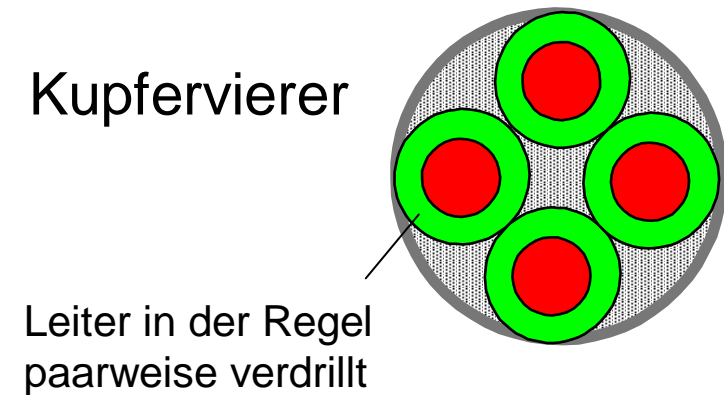
Einzelner Leiter



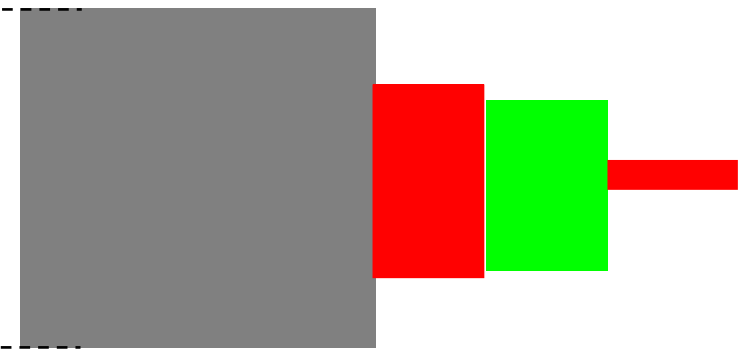
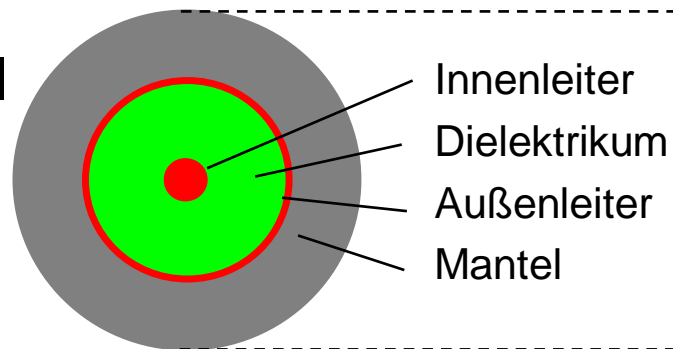
Kupferpaar



Kupfervierer

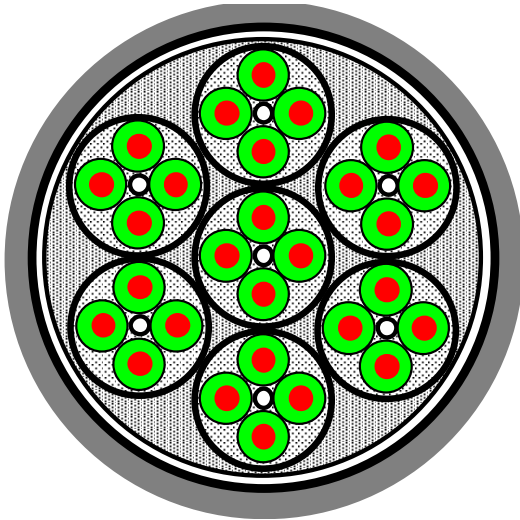


Koaxialkabel

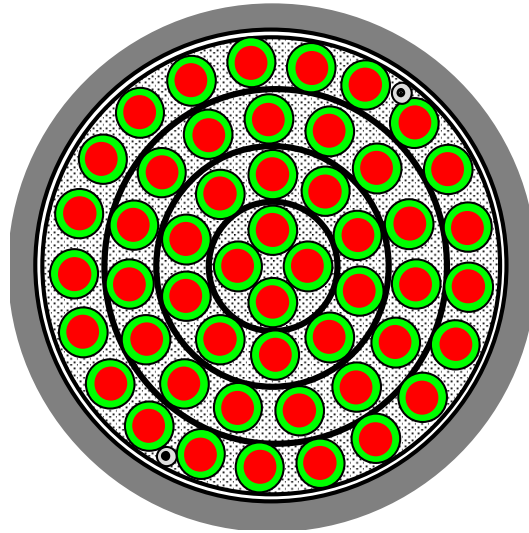


Elektrische Nachrichtenkabel – Typen (2)

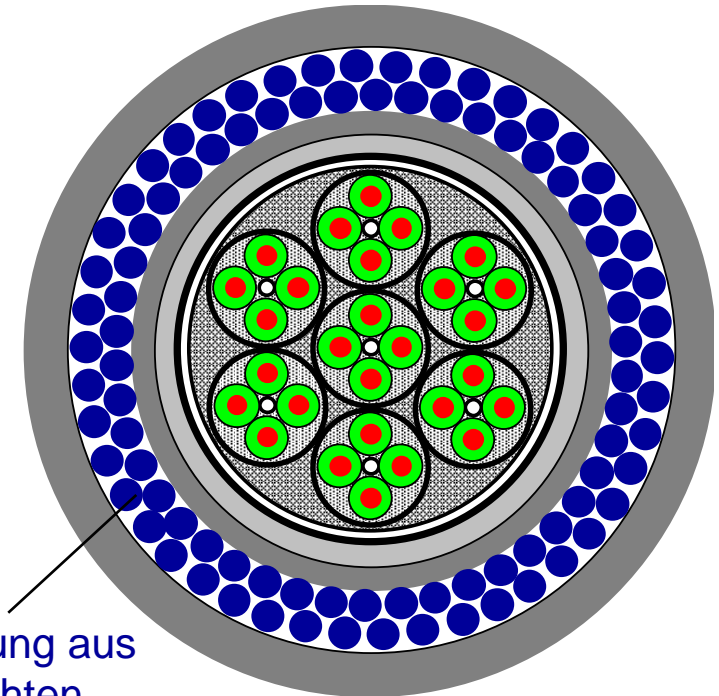
Kabel mit Vierern und Schichtenmantel



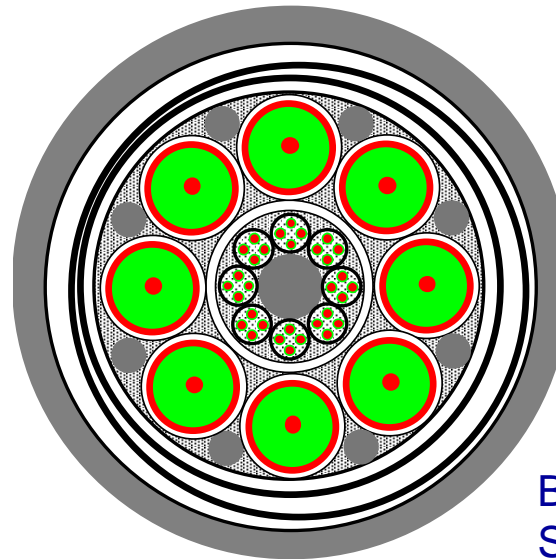
Kabel mit in mehreren Lagen verseilten Einzeladern



Seekabel



Kabel mit verseilten Koaxialpaaren und einem Aluminium-Wellmantel



Bewehrung aus Stahldrähten

Dämpfung - Kabel

Beispiel für Kabeldämpfungen

- **Kupferdoppelader** mit verschiedenen Aderdurchmessern, jeweils bei 800Hz

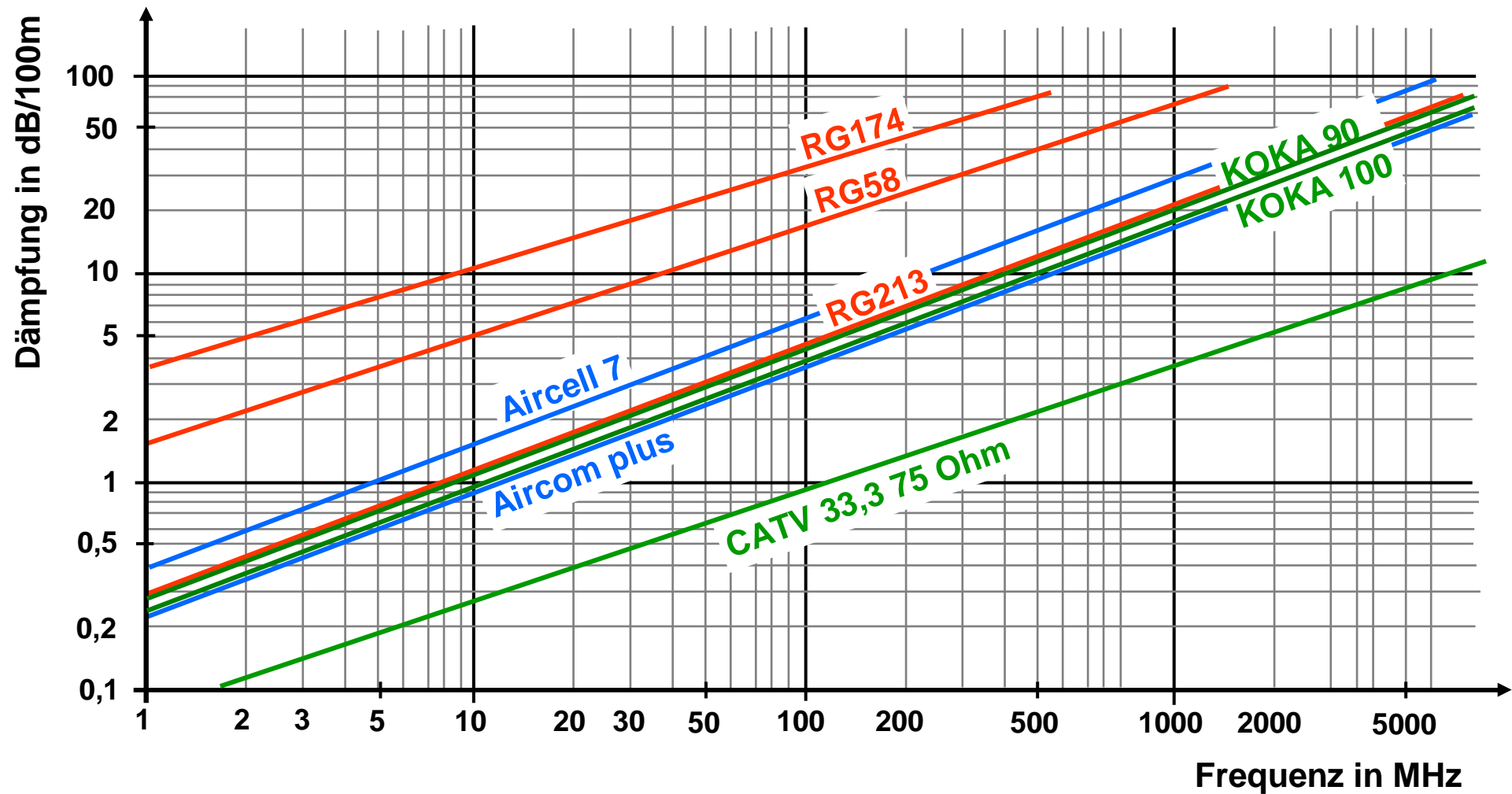
Ø in mm	0,4	0,6	0,8	1,2
a in dB/km	1,31	0,87	0,65	0,46

- **Koaxialkabel**

Angaben immer auf 100 m Leitungslänge bezogen.
(Siehe Diagramm nächste Seite.)

- Bei einer **Glasfaser** herrschen andere Verhältnisse, Ihre Dämpfung liegt bei ca. 0,1 0,5 dB/km.

Dämpfung - Koaxialkabel



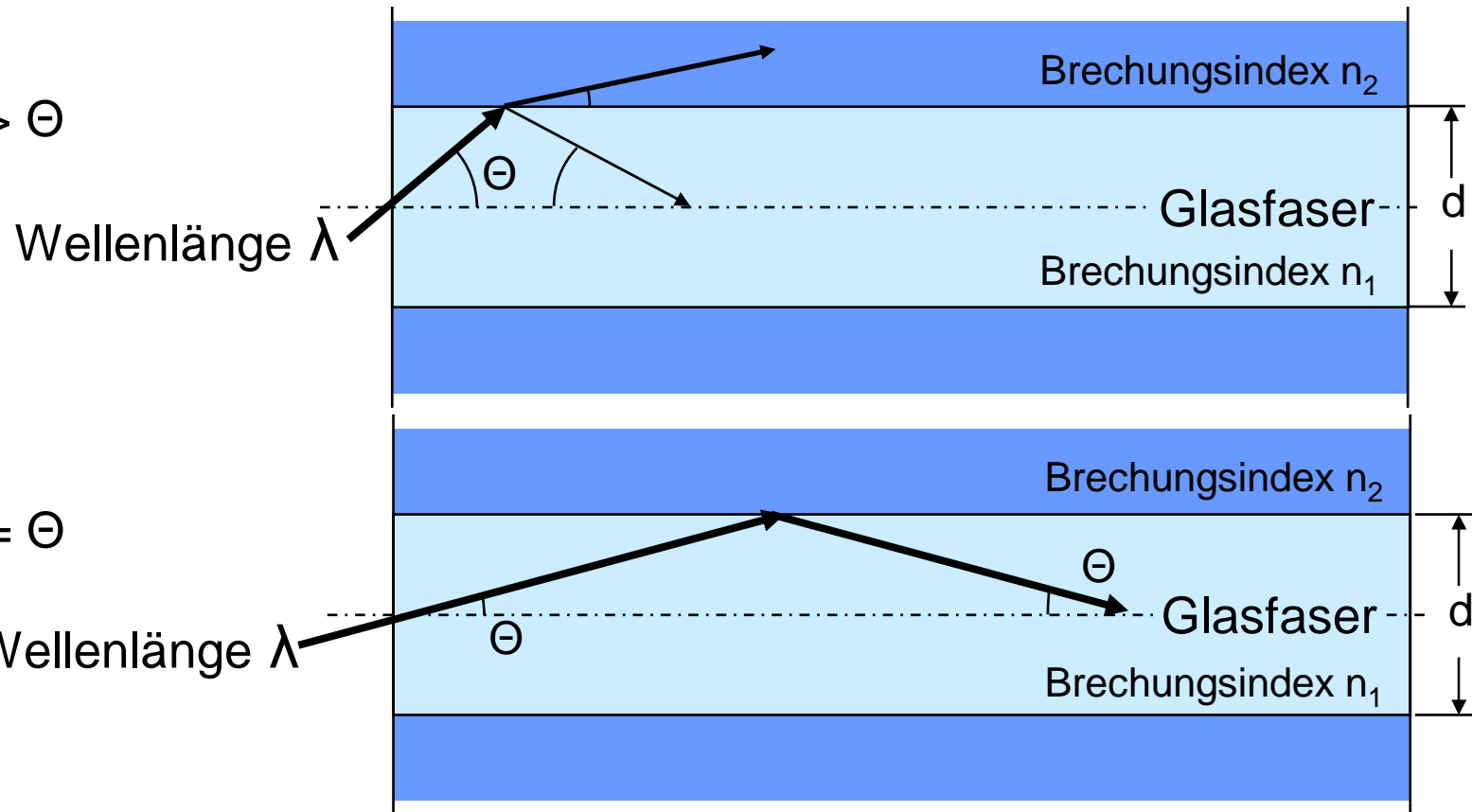
Einkopplung von Licht in eine Glasfaser

Brechung

Ausfallswinkel $> \Theta$

$$n_2 < n_1$$

Wellenlänge λ



Reflexion

Ausfallswinkel $= \Theta$

$$n_2 < n_1$$

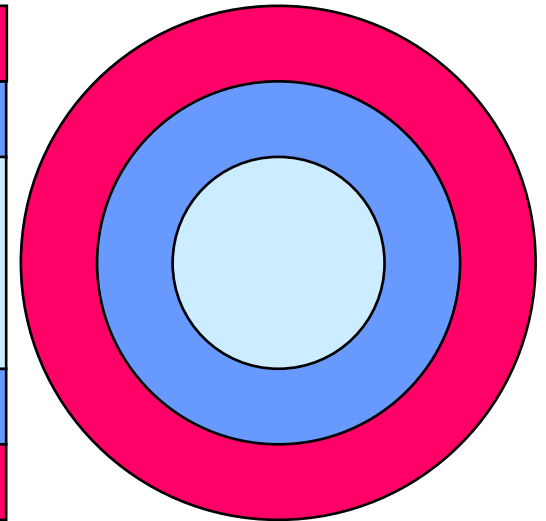
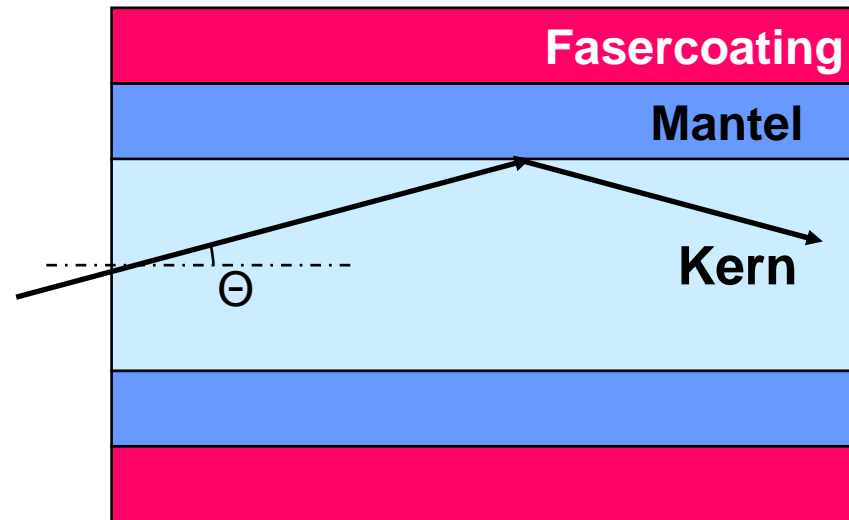
Wellenlänge λ

- Ab einem Grenzwinkel Θ_G geht der Lichtstrahl in vollständige Reflexion über.
- Es gibt nur diskrete Winkel, unter denen das Licht weiter geleitet wird. Man nennt das „Moden“. (Abhängig von λ , d , n_1/n_2)

Fasertypen (1)

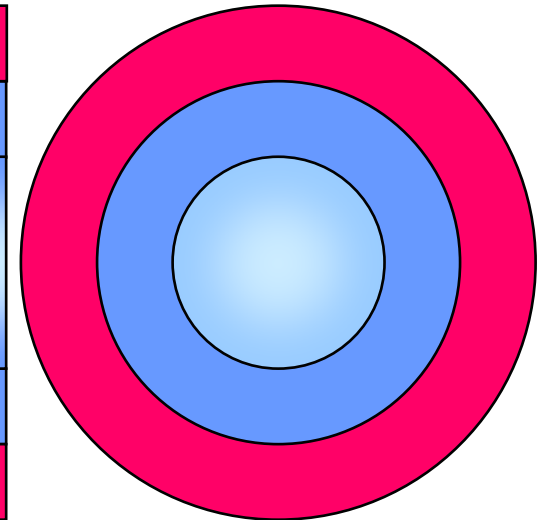
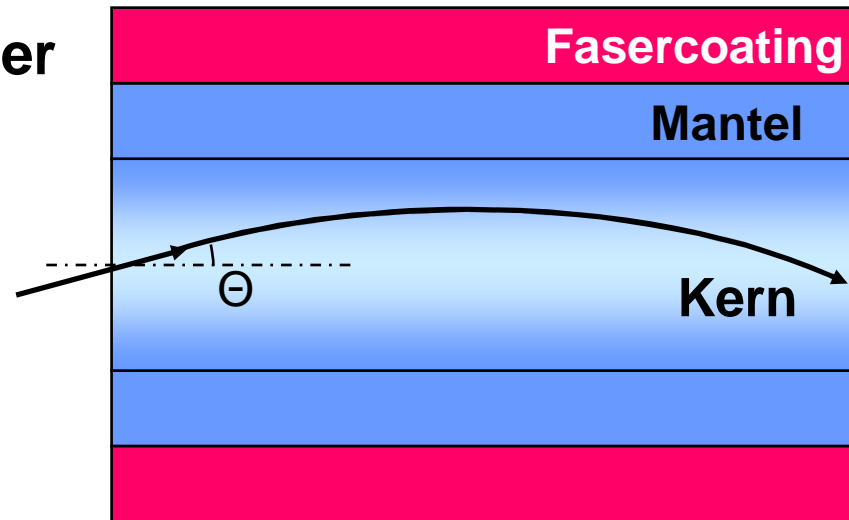
Stufenindex-Faser

festе Brechungs-
indizes von Kern und
Mantel

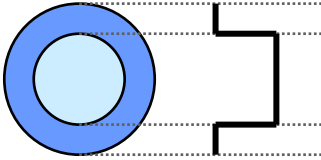
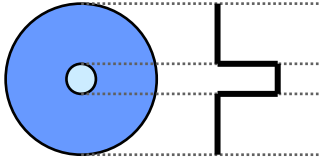
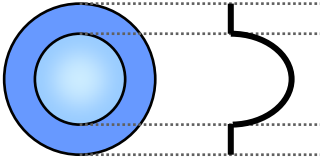


Gradientenindex-Faser

kontinuierlicher Verlauf
des Brechungsindexes,
im Kern

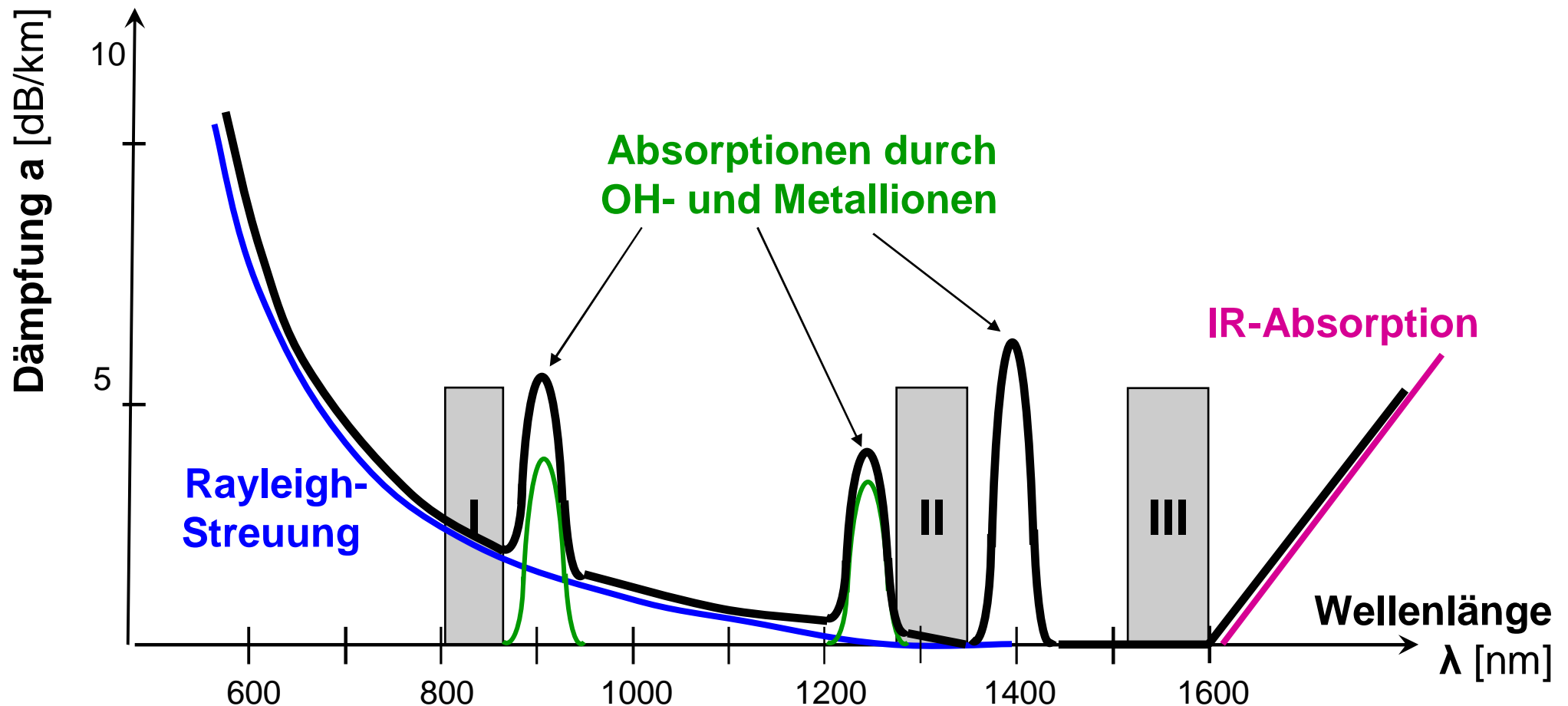


Fasertypen (2)

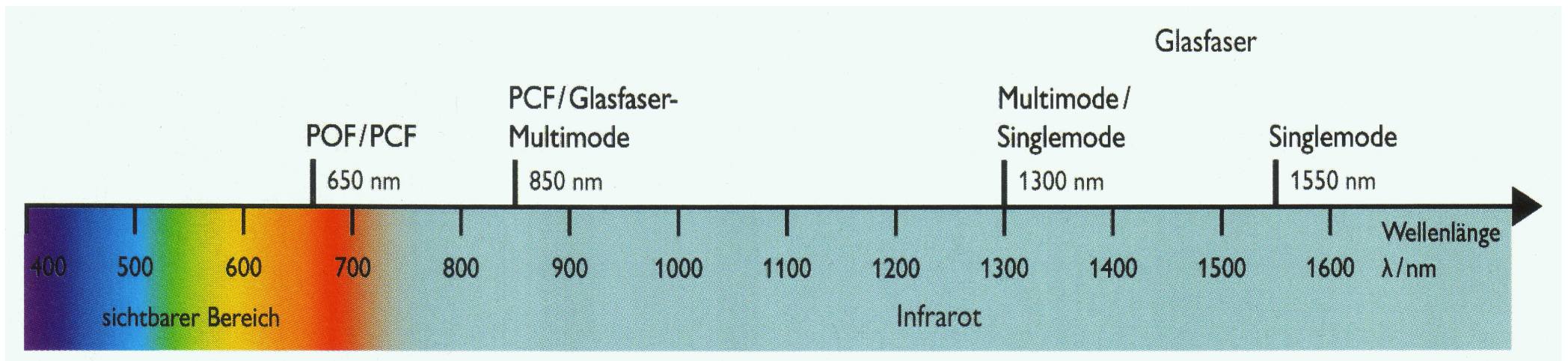
Fasertyp	Stufenindex-Faser	Monomode-Faser	Gradientenindex-Faser
Brechzahlprofil			
Grenzwinkel Θ_G	17°	6°	13°
Moden	2000	1	500
Ø Faser	125 µm	125 µm	125 µm
Ø Kern	100 µm	4...9 µm	50 µm
Modendispersion	50 ns/km	0	0,1...1 ns/km
Bemerkung		Geringer Brechzahl-unterschied und kleiner Kern: nur ein Mode	Strahl in der Mitte: kürzester Weg, aber hoher Brechungsindex = geringste Geschwindigkeit.

Wellenlängen

- Nicht jede Wellenlänge ist geeignet.
- Durch Absorptionen bleiben drei „optische Fenster“



Nutzung der Wellenlängen



Quelle: Phönix-Kontakt

Probleme bei der Glasfaserübertragung

■ Dämpfung

abhängig von der Wellenlänge ergeben sich verschiedene Dämpfungswerte der Faser:

- 850 nm → 2...3 dB/km
- 1300 nm → 0,3...0,5 dB/km
- 1550 nm → >0,2 dB/km
- Dazu kommen Dämpfungen für Steckverbinder (0,5...1 dB) und Spleiße (0,1...0,3 dB).

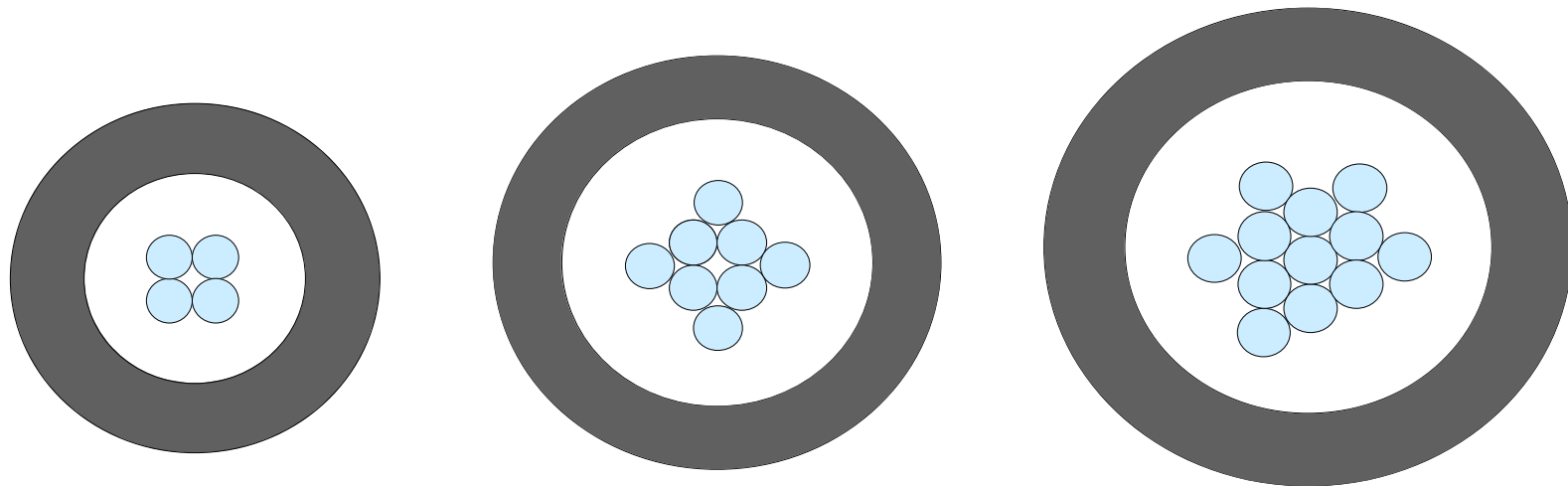
■ Dispersion

bezeichnet die Aufweitung eines Impulses, Gründe dafür:

- Modendispersion (unterschiedliche Moden kommen zu unterschiedlichen Zeiten beim Empfänger an);
- Chromatische Dispersion (die Brechzahl ist von der Wellenlänge abhängig);
- Wellenleiterdispersion.

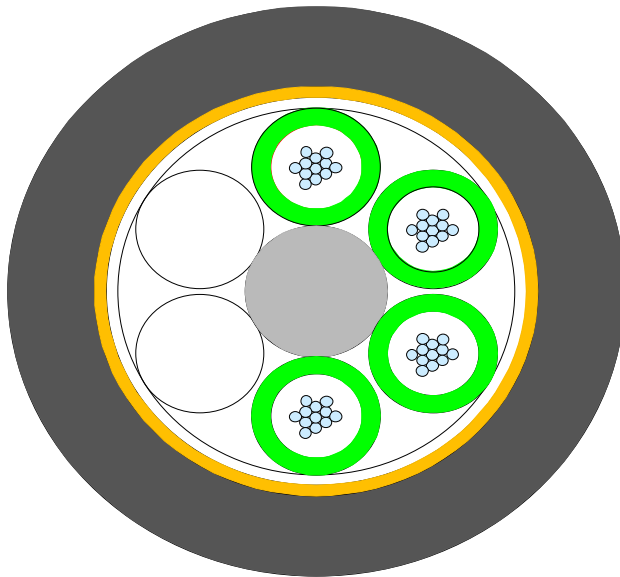
Grundtypen der Glasfaserbündeladern

- Bündeladertechnik: bis zu 12 Fasern (bis 48 schon realisiert, möglich bis zu 144 Fasern)
- Für die Standardadern sind drei Basisadertypen eingeführt, üblicherweise für 2 bis 4, 6 bis 8 und 12 Fasern.
- Kabeldurchmesser in der Regel zwischen 10 und 25 mm, abhängig vom Faserinhalt und Kabelkonstruktion.

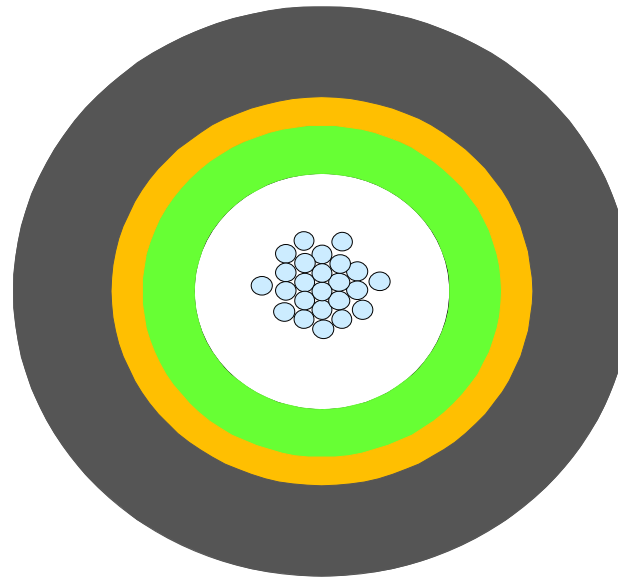


Grundtypen der Glasfaserkabel

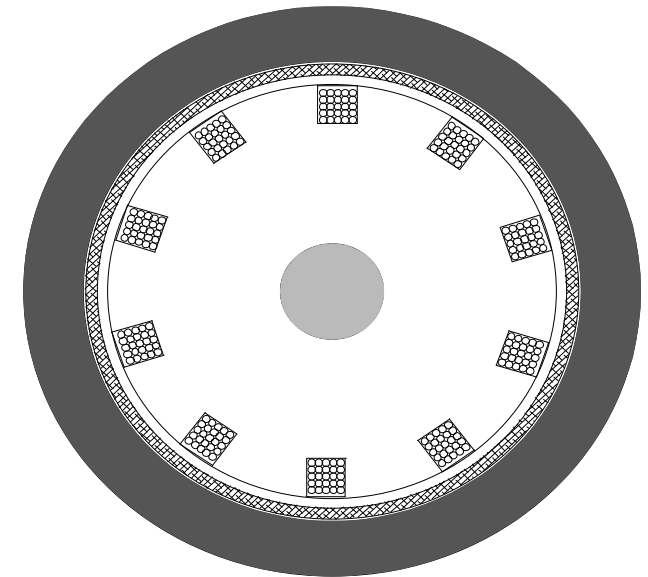
Kabel mit verseilten
Bündeladern



Zentraladerkabel



Slotted
Core Kabel



Fasern jeweils als Einzelfasern oder als Faserbündchen

Sonderformen von der Glasfaserkabeln

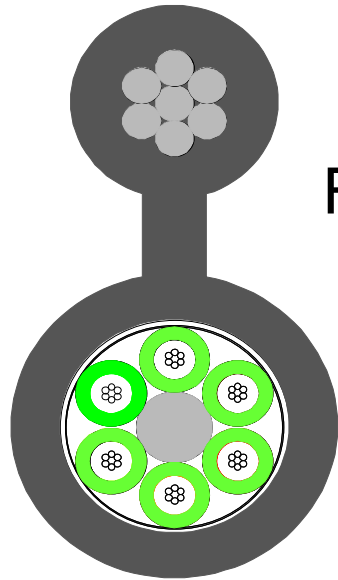
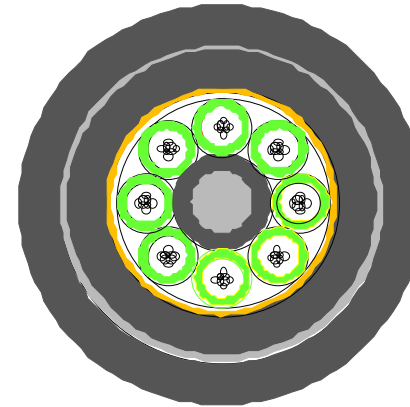
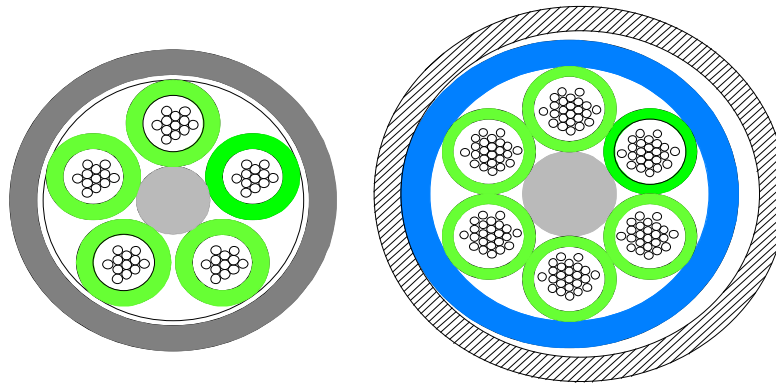
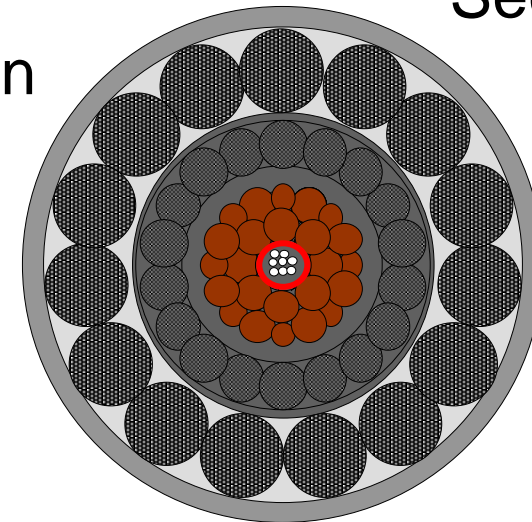


Figure-8-Kabel
(mit Tragseil)

Kabel zur Verlegung in
Leerrohren in Abwasserkanälen



armiertes
Kabel



Seekabel

Lichtquellen

Fasertyp	Ligh Emitting Diode (LED)	Laser
Abstrahlwinkel	180°	30...40°
Eingekoppelte Leistung	40...50 μ W	4...5 mW (Multimode-Faser) 0,5...1 mW (Monomode-faser)
Spektrale Breite	40 nm (bei 850 nm) 100 nm (bei 1300 nm)	4 nm (bei 850 nm und 1300 nm)
Grenzfrequenz für Modulation	einige 100 MHz	>1 GHz
Anmerkung	Die LED ist ein „spontaner Strahler“ (Kantenemitter)	Der Laser arbeitet unter einem Schwellstrom wie eine LED, darüber mit nur einer oder wenigen Spektrallinien

Laser

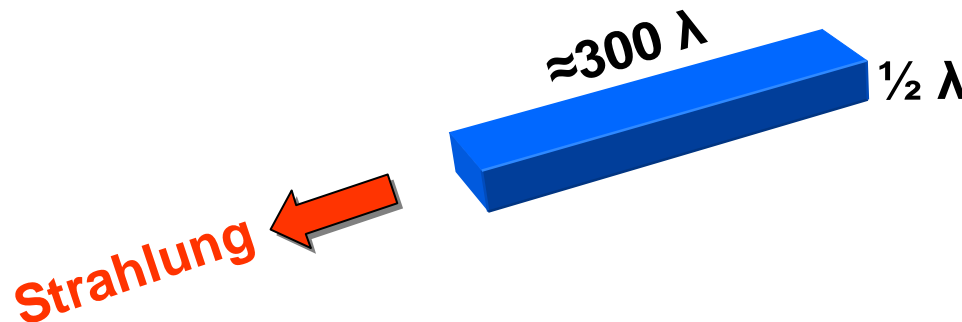
BH-Laser:

Buried Heterostructure, normaler Laser, erzeugt ca. 5 Moden.

DFB-Laser:

Distributed Feedback Buried Heterostructure

Durch ein optisches Gitter im Rückkopplungsweg ergibt sich eine eindeutige Rückkopplung, dadurch wird nur ein Mode erzeugt.



Empfänger

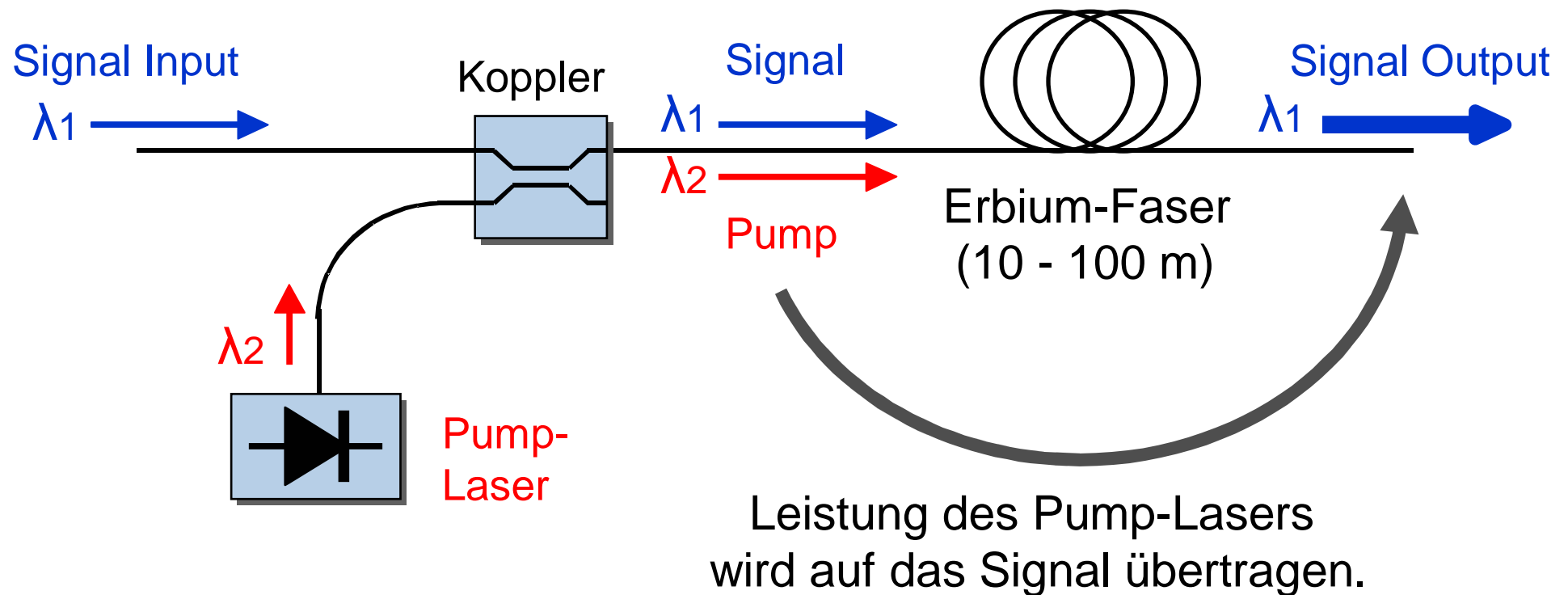
Zwei Typen von Empfängern sind in Gebrauch:

- normale Photodioden
- Avalanche-Photodioden

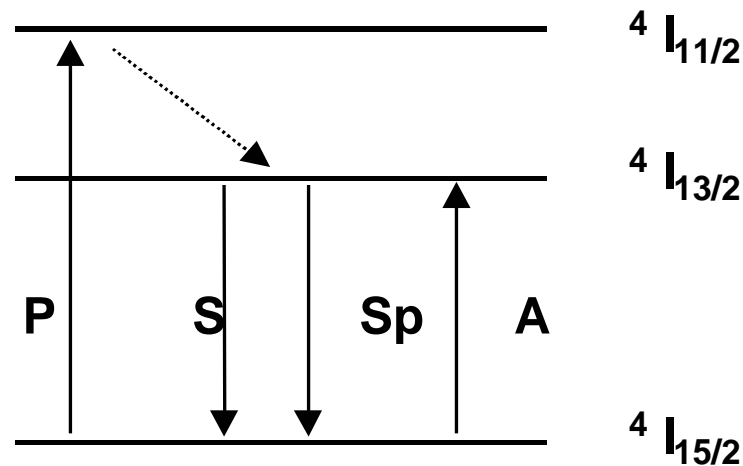
letztere sind besser, schneller, aber auch teurer

- Geometrie:
 - Die lichtempfindliche Fläche einer Photodiode liegt bei ca. 100 μm . Das passt mit der Geometrie der Glasfaser zusammen.
- Probleme sind:
 - Rauschen,
 - Sperrschichtkapazität.

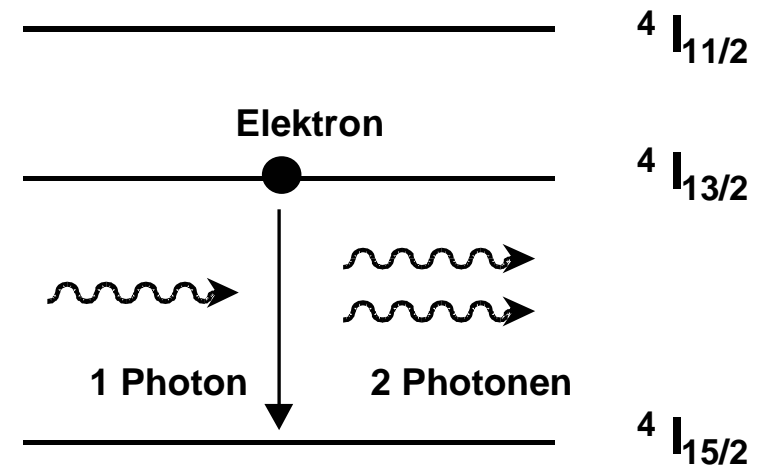
Faseroptischer Verstärker - Prinzip



- Energie-Niveau-Schema und elektronische Übergänge im Er^{3+} -Ion



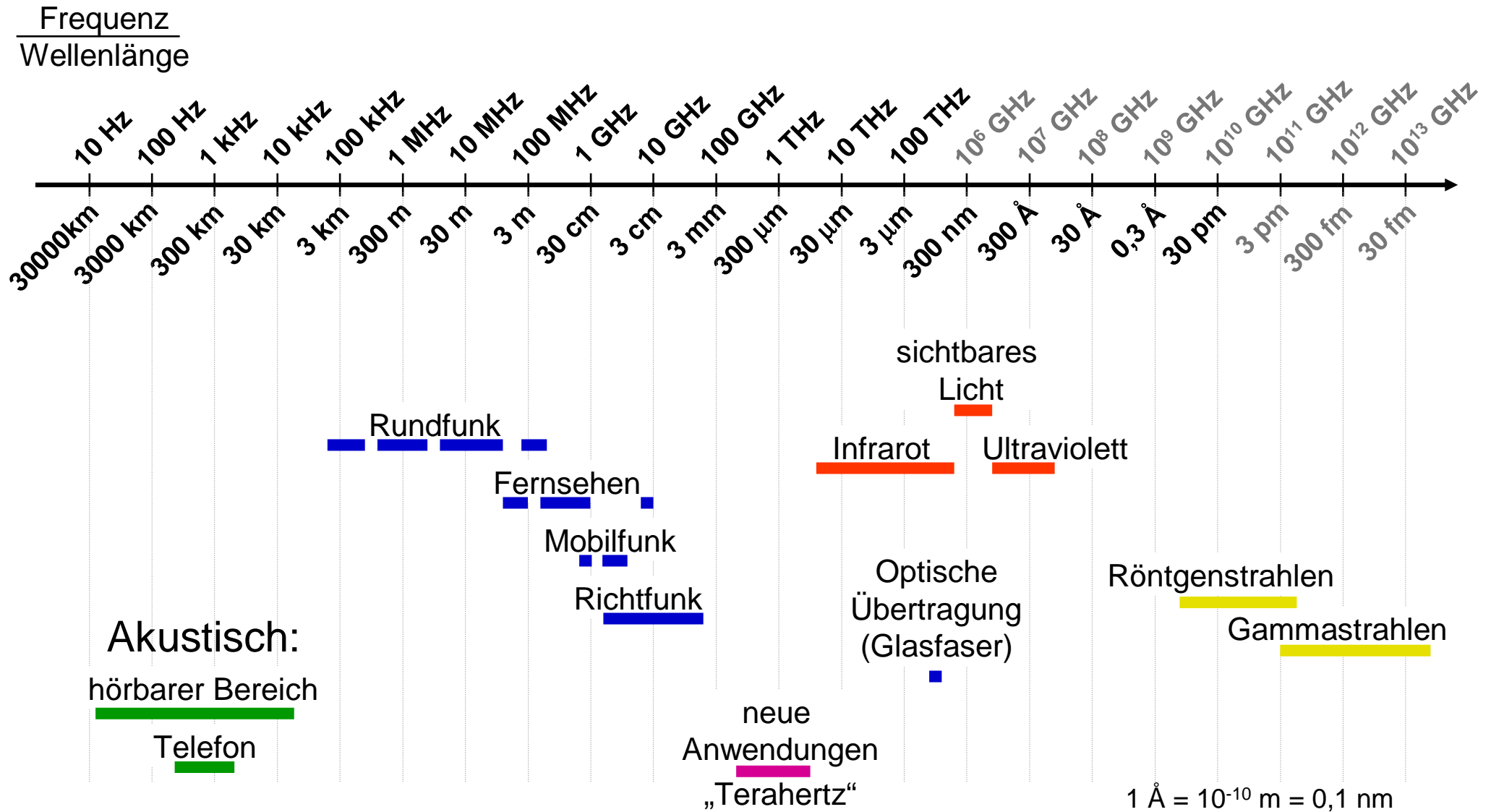
- Signal-Verstärkung durch stimulierte Emission eines zusätzlichen Photons



Inhalt

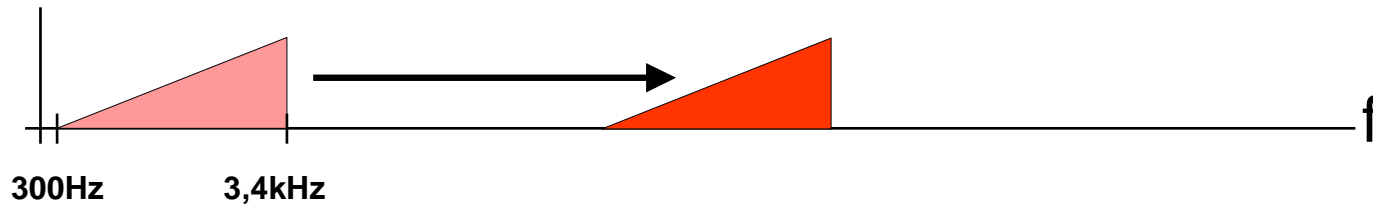
- Grundlagen Übertragungstechnik
- Übertragungsmedien – Kabel und Glasfaser
- Frequenzmultiplex-Systeme (TF-Systeme)
- Leitungscodierung
- Plesiochrone Digitale Hierarchie (PDH)
- Synchrone Digitale Hierarchie (SDH)
- Wellenlängenmultiplex (WDM)
- Optische Transport Hierarchie (OTH)

Frequenzbereiche

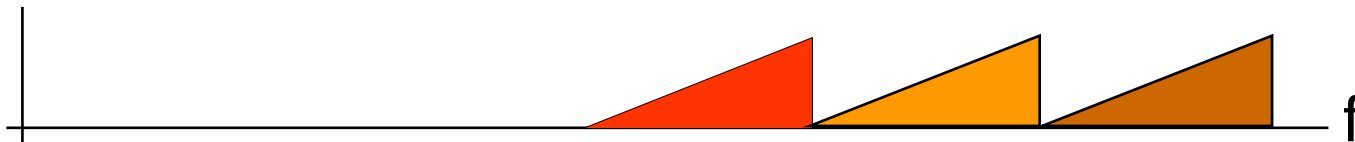


Frequenzmultiplex-Übertragung

- **Ziel:** Viele Sprachkanäle über eine Leitung übertragen.
- **Lösung:** Verschieben des Sprachbandes in eine höherfrequente Lage und ...

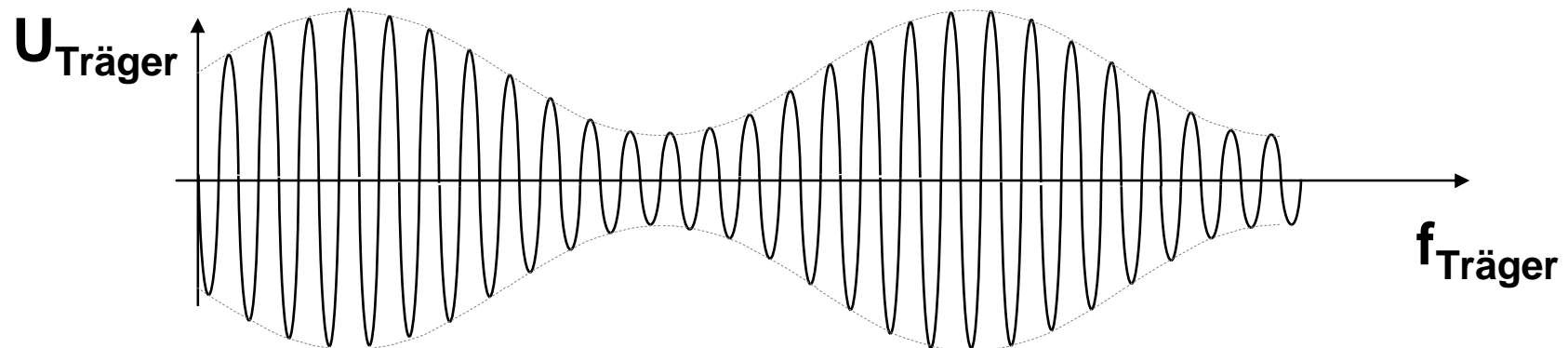
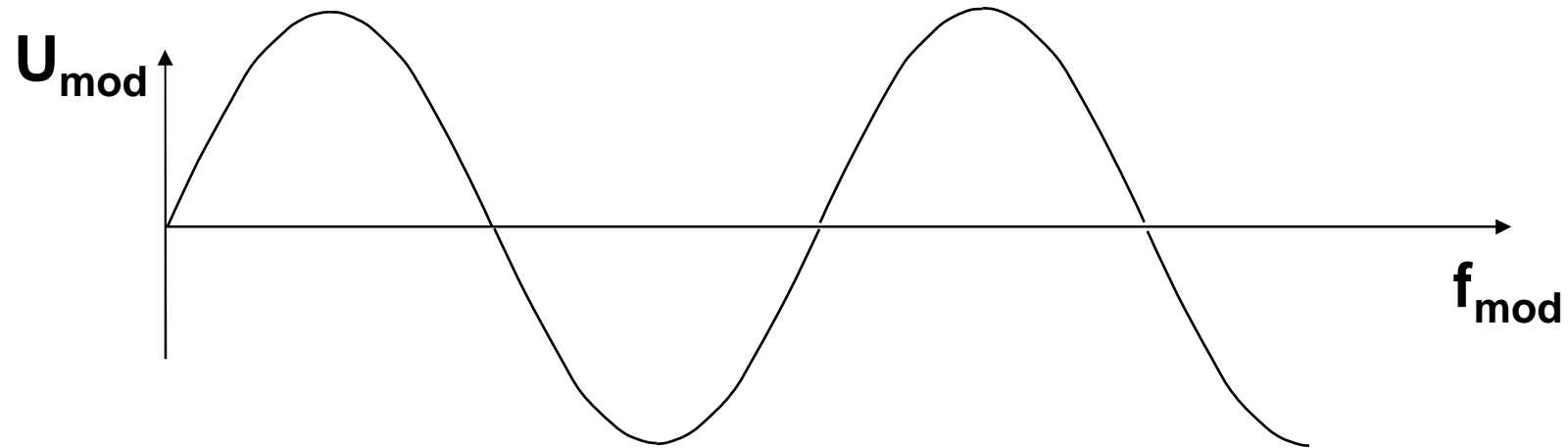


- ... aneinanderreihen mehrere Sprachkanäle, die jeweils um einen anderen Betrag verschoben wurden.



- Die Technik dazu: Amplitudenmodulation (genauer: Einseitenbandmodulation)

Amplitudenmodulation

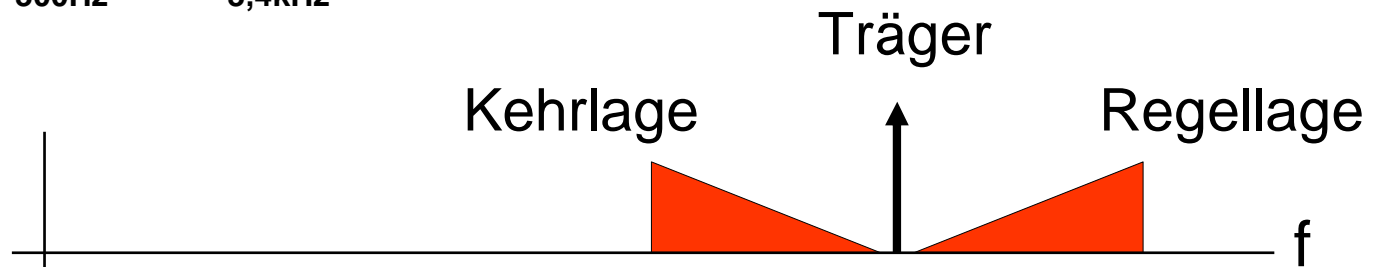


Amplitudenmodulation

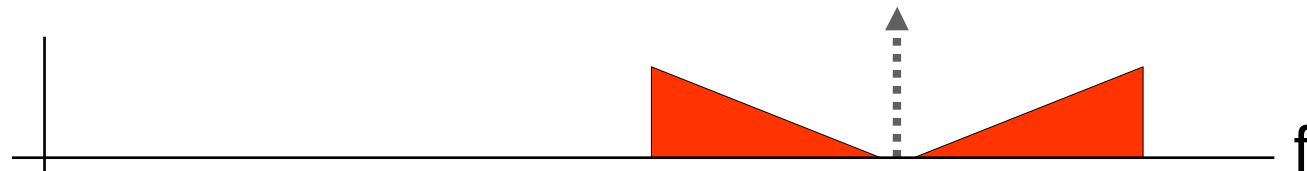
Basisband



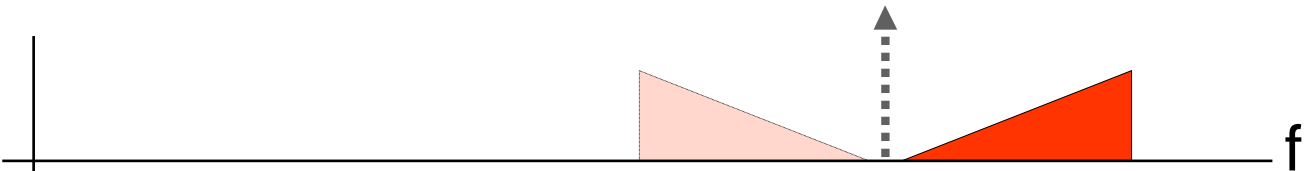
Amplituden-
moduliert



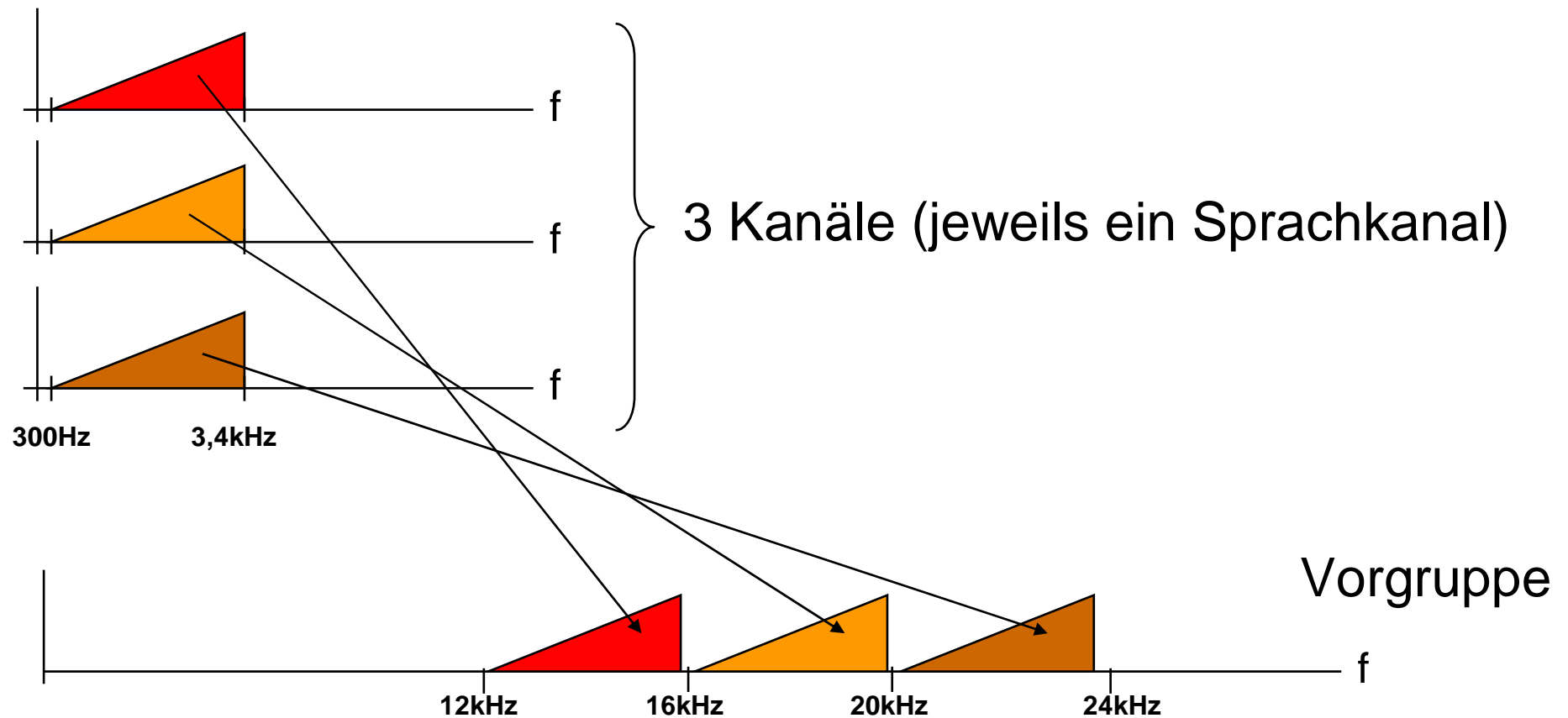
.. und Träger
unterdrückt



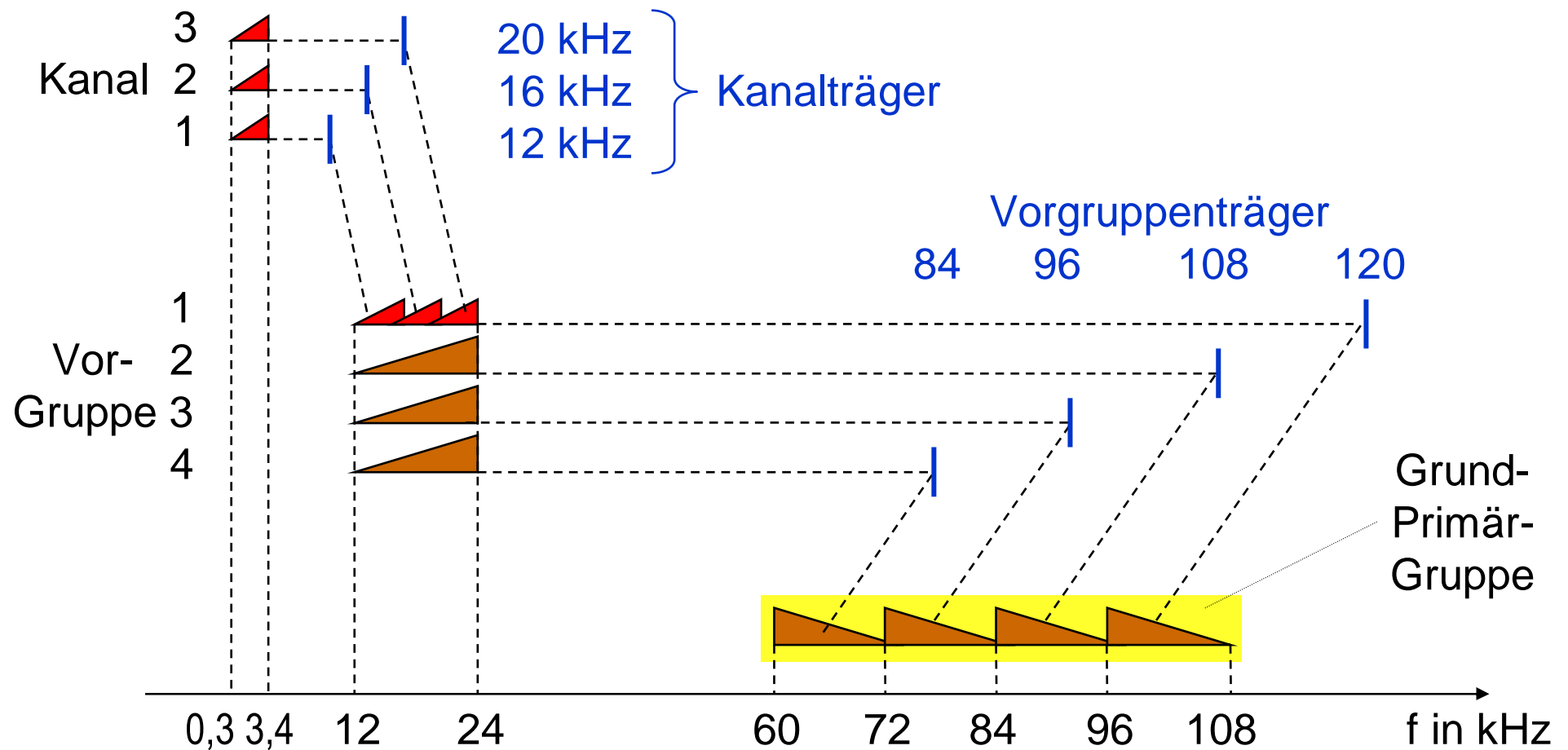
.. und Seitenband
unterdrückt



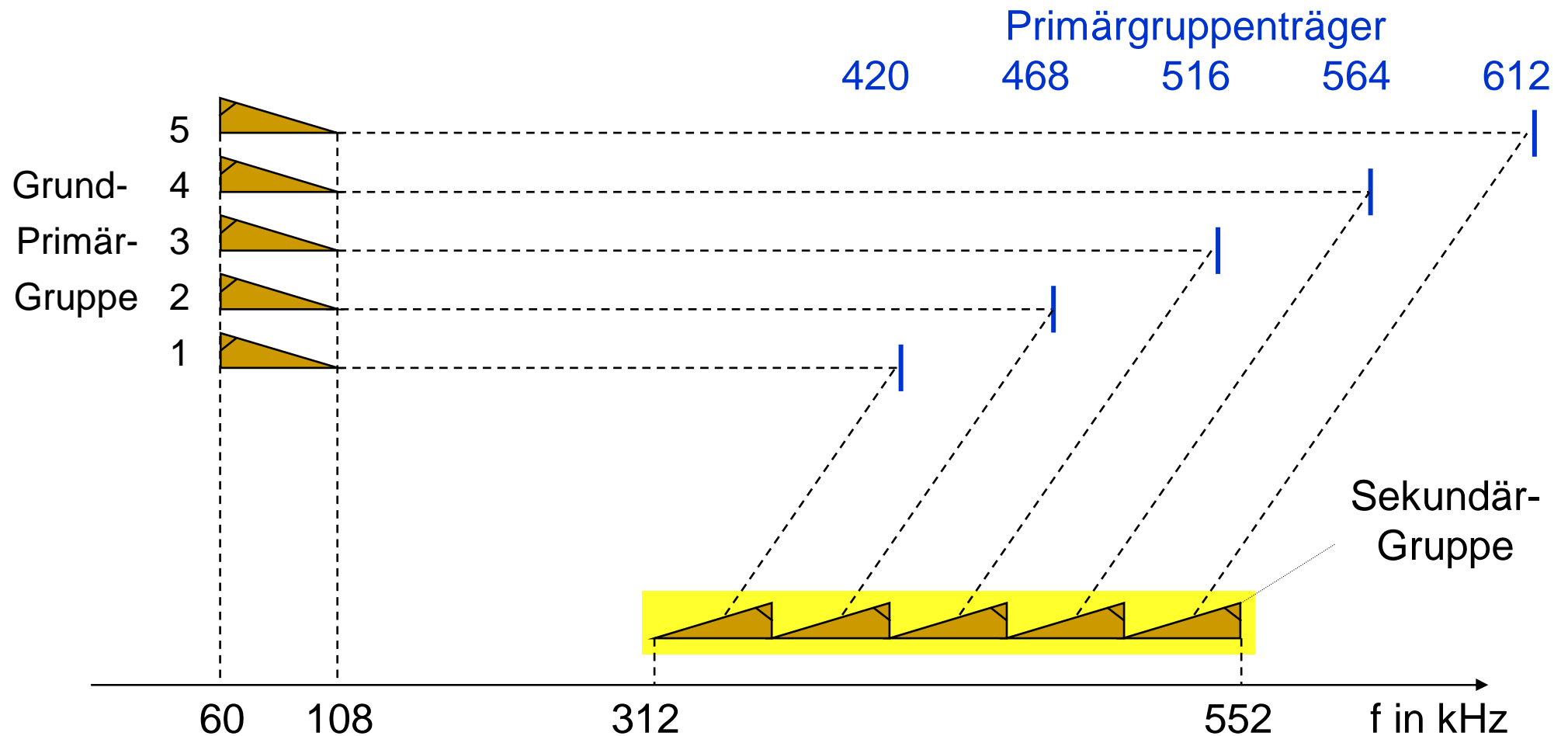
Frequenzmultiplex (1)



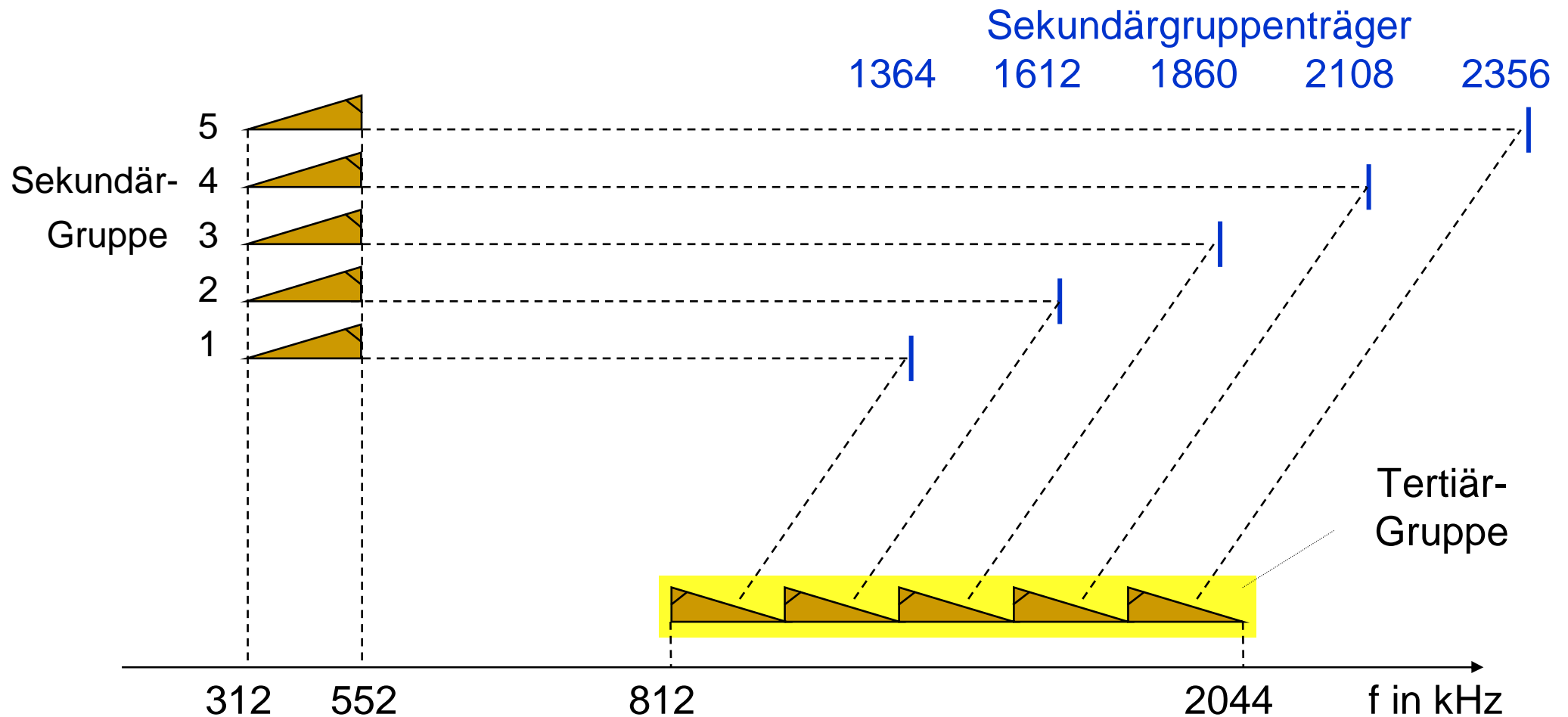
Kanalumsetzung mit Vormodulation



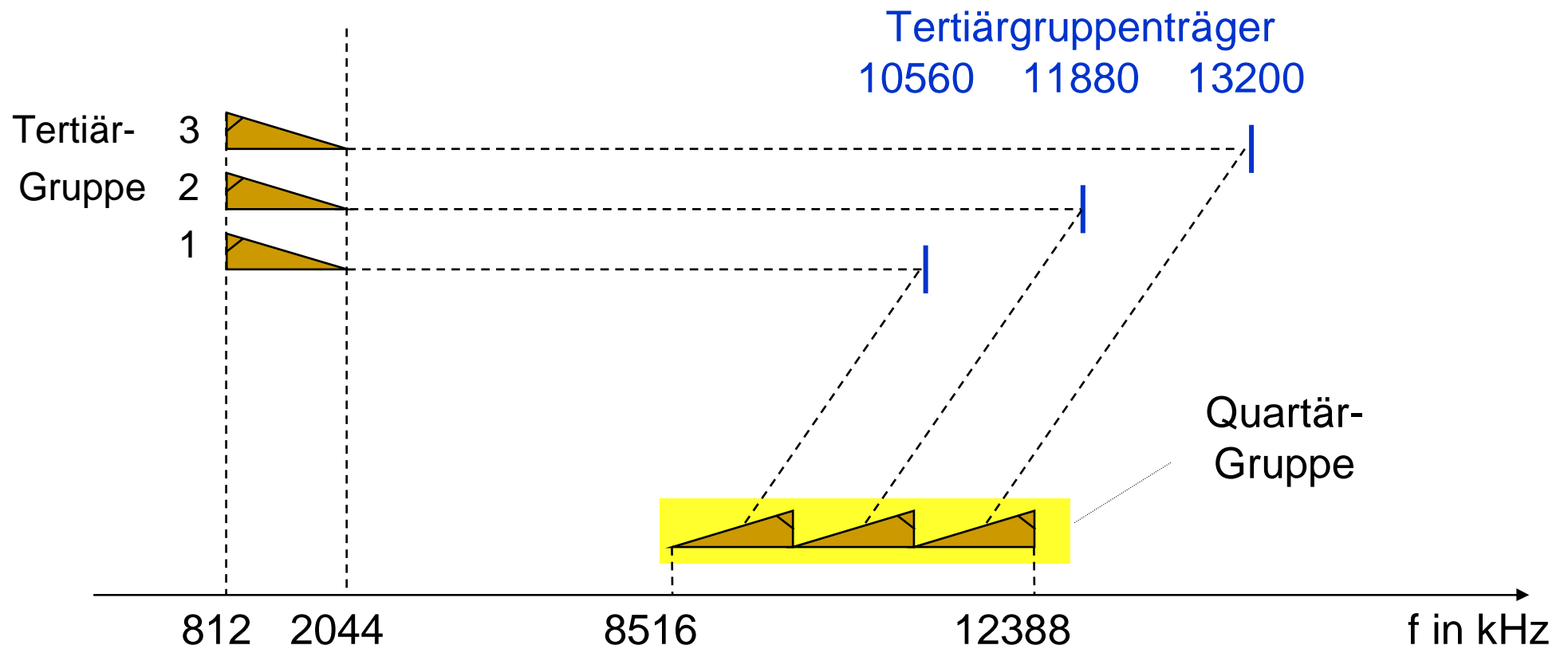
Primärgruppenumsetzung



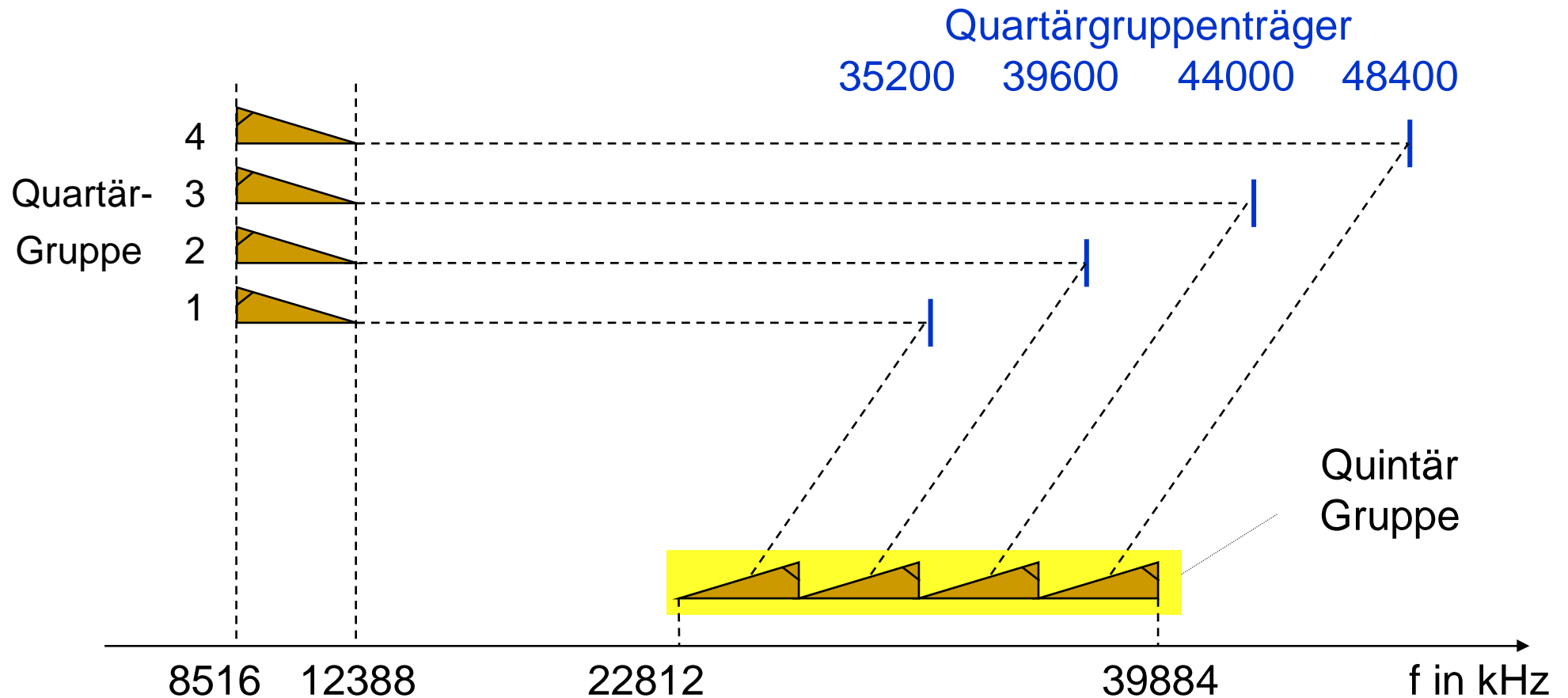
Sekundärgruppenumsetzung



Tertiärgruppenumsetzung



Quartärgruppenumsetzung



Kanalzahlen der TF-Systeme

	Quartärgr.	Tertiärgr.	Sekundärgr.	Primärgr.	Vorguppe	Kanäle
Vorgruppe	-	-	-	-	-	3
Primärgruppe	-	-	-	-	4	12
Sekundärgruppe	-	-	-	5	20	60
Tertiärgruppe	-	-	5	25	100	300
Quartärgruppe	-	3	15	75	300	900
Quintärgruppe	4	12	60	300	1200	3600
V 10 800	-	-	-	-	-	10800

Inhalt

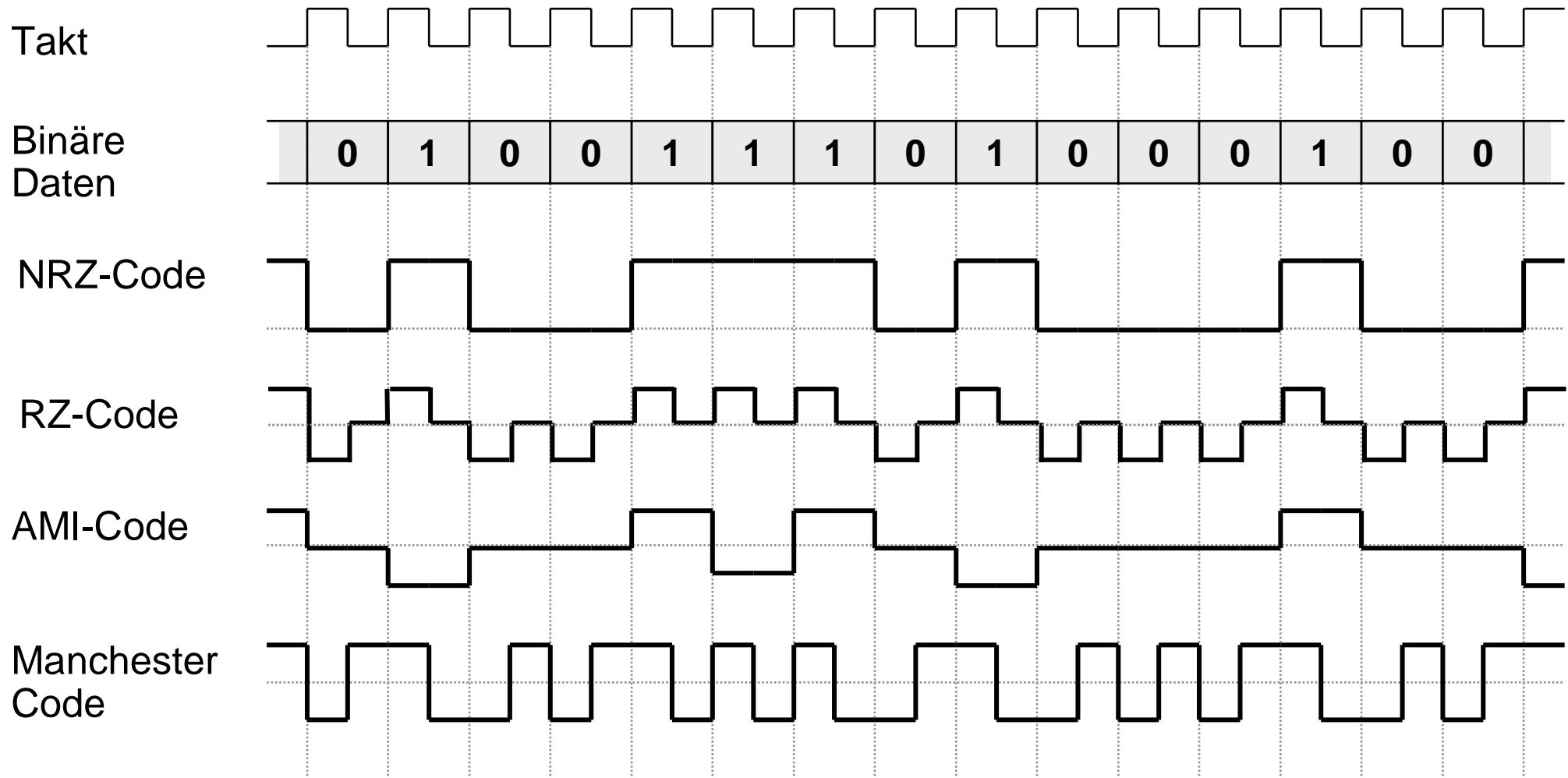
- Grundlagen Übertragungstechnik
- Übertragungsmedien – Kabel und Glasfaser
- Frequenzmultiplex-Systeme (TF-Systeme)
- Leitungscodierung
 - Plesiochrone Digitale Hierarchie (PDH)
 - Synchrone Digitale Hierarchie (SDH)
 - Wellenlängenmultiplex (WDM)
 - Optische Transport Hierarchie (OTH)

Kanal- bzw. Leitungscodierung

Die Auswahl des geeigneten Leitungscodes wird durch verschiedene Faktoren bestimmt, hierzu gehören:

- Einfache **Taktrückgewinnung**
- **Gleichstromfreiheit** (das Spektrum soll bei 0 keine oder nur kleine Anteile haben)
- Das **Spektrum** soll bei tiefen Frequenzen wenig Anteile haben, um dort Überwachungs- und sonstige Signale unterzubringen.
- Reduktion der **Schrittgeschwindigkeit** (Verminderung der Symbolrate durch einen mehrstufigen Code)
- **Robustheit** gegen Störungen
- **Redundanz**
- **Hardware-Realisierbarkeit** (Stand der Technik)

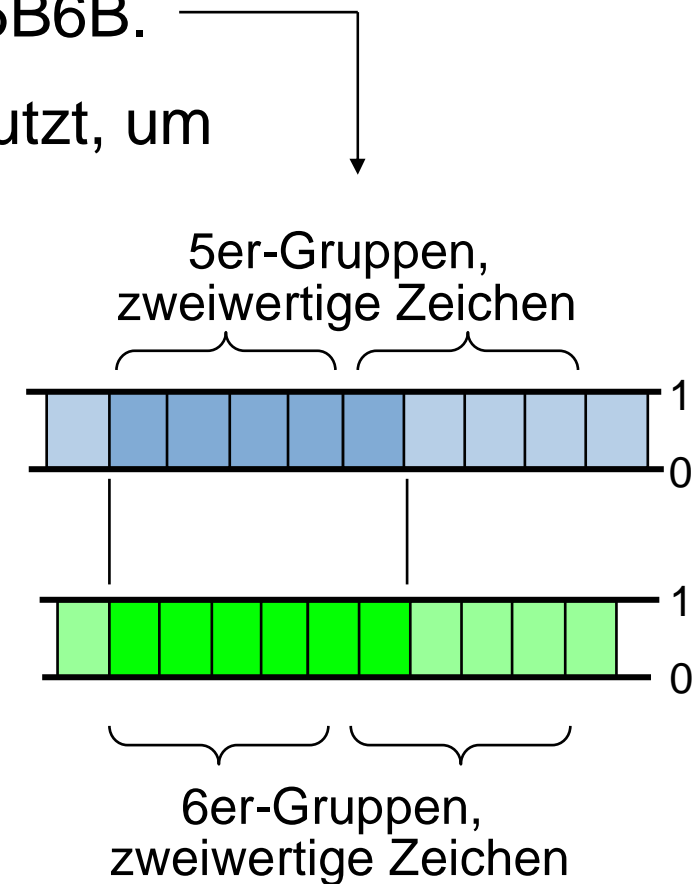
Leitungscode (Auswahl)



AMI Alternate Mark Inversion; RZ Return-to-Zero; NRZ Non Return-to-Zero

Blockcodes

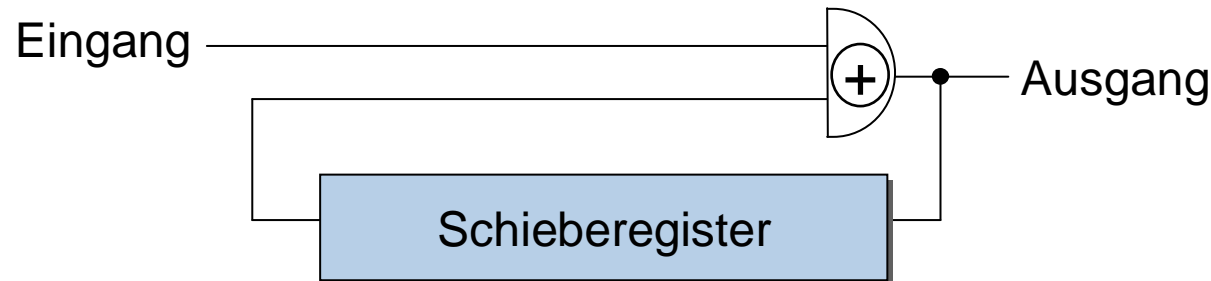
- Bei einem Blockcode werden **m** binäre Symbole werden auf **n** binäre Symbole abgebildet.
- Geschrieben wird das als $n\mathbf{B}m\mathbf{B}$, z.B. 5B6B.
- Die redundanten Gruppen können benutzt, um
 - den Gleichspannungsanteil auszugleichen,
 - Redundanz einzufügen, oder
 - zusätzliche Informationen einzufügen (z.B. für Maintenance oder Management) .



Scrambler

Eine Alternative zur Leitungscodierung bietet der Scrambler.

- Der Scrambler erzeugt eine **Pseudo-Zufallsfolge**. Dazu wird das Originalsignal über ein rückgekoppeltes Schieberegister mit dem Ausgang verknüpft.



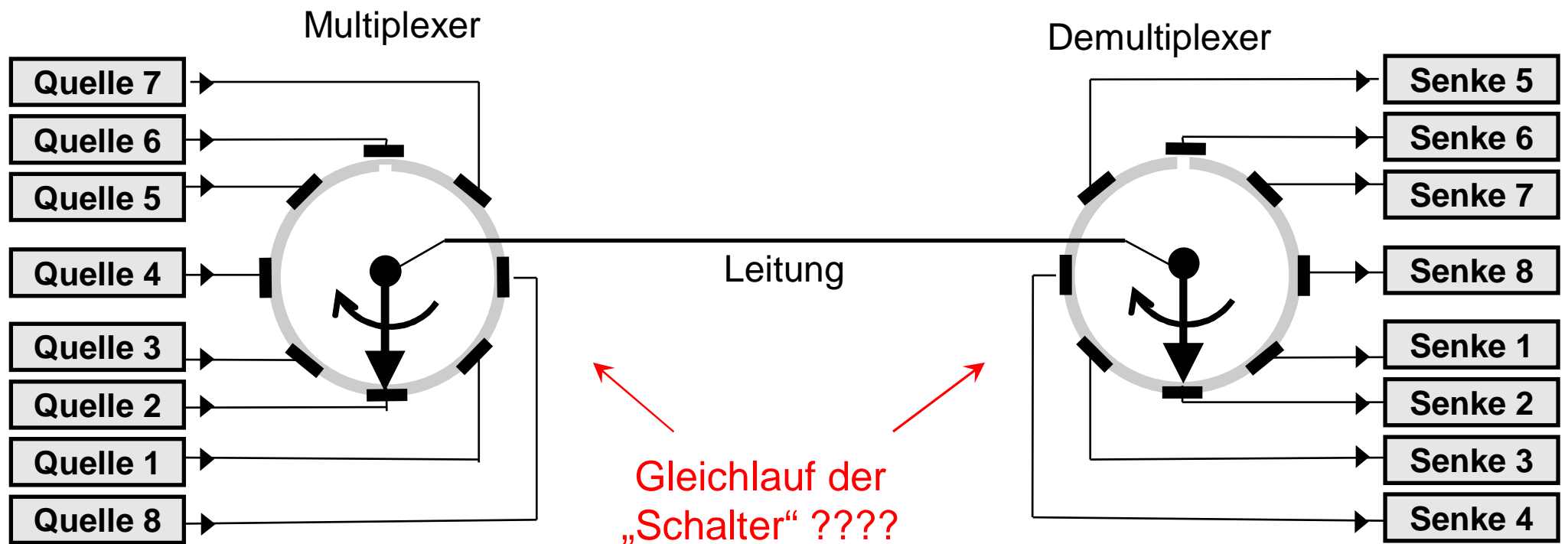
- Zwei Scrambler-Typen können unterschieden werden:
 - Selbst-synchronisierender Scrambler (hat den Nachteil, dass Bitfehler vervielfacht werden).
 - Reset-Scrambler (wird mit einem externen Signal, z.B. der Rahmenkennung, synchronisiert)

Inhalt

- Grundlagen Übertragungstechnik
- Übertragungsmedien – Kabel und Glasfaser
- Frequenzmultiplex-Systeme (TF-Systeme)
- Leitungscodierung
- Plesiochrone Digitale Hierarchie (PDH)
- Synchrone Digitale Hierarchie (SDH)
- Wellenlängenmultiplex (WDM)
- Optische Transport Hierarchie (OTH)

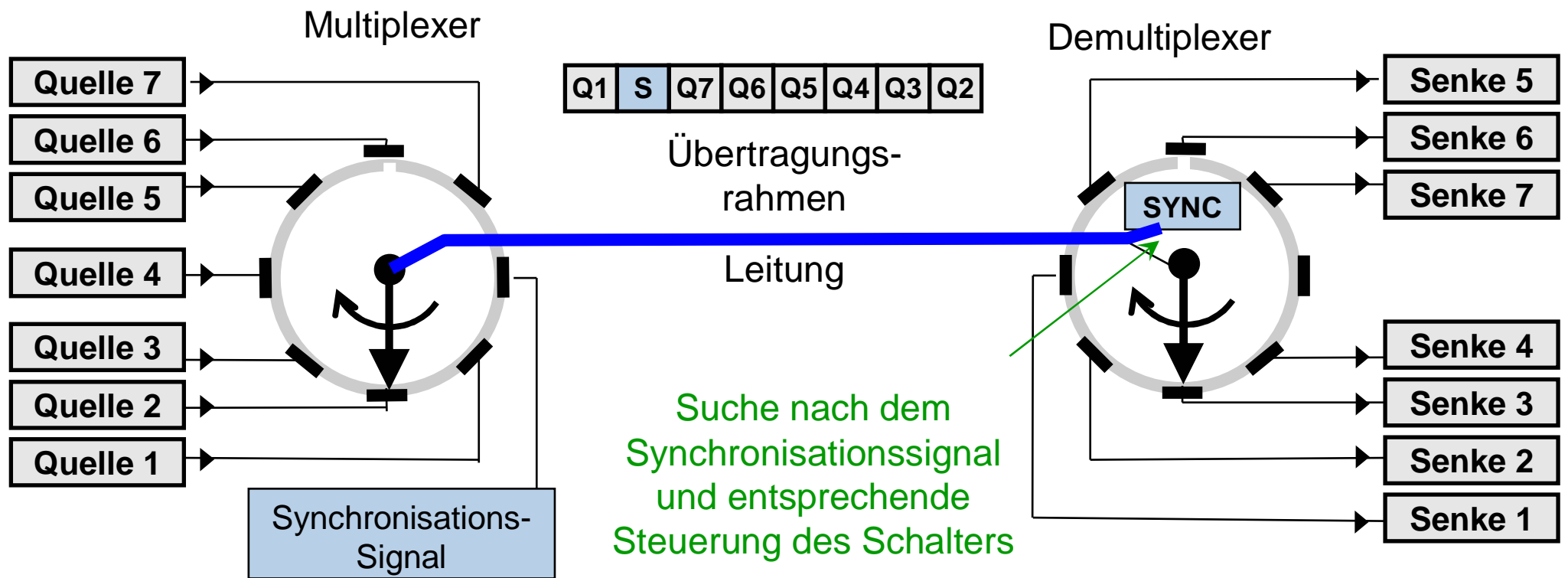
Zeitmultiplex (1)

- Multiplexer und Demultiplexer arbeiten im Prinzip wie umlaufende Schalter. Jeder Kanal erhält eine „Zeitscheibe“ (time slot).
- n Digitalsignale am Eingang ergeben 1 Digitalsignal mit n -facher Übertragungsgeschwindigkeit am Ausgang

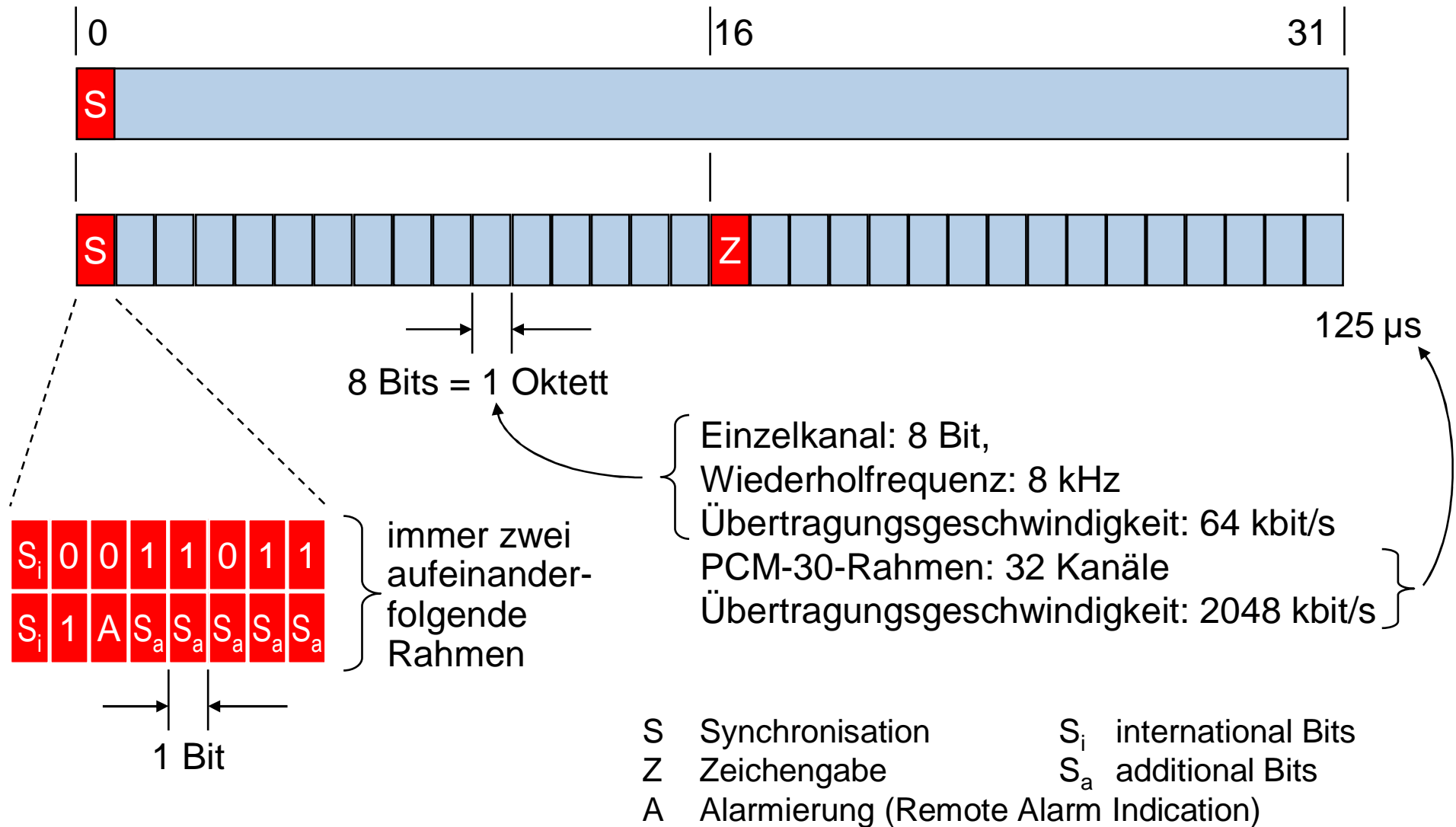


Zeitmultiplex (2)

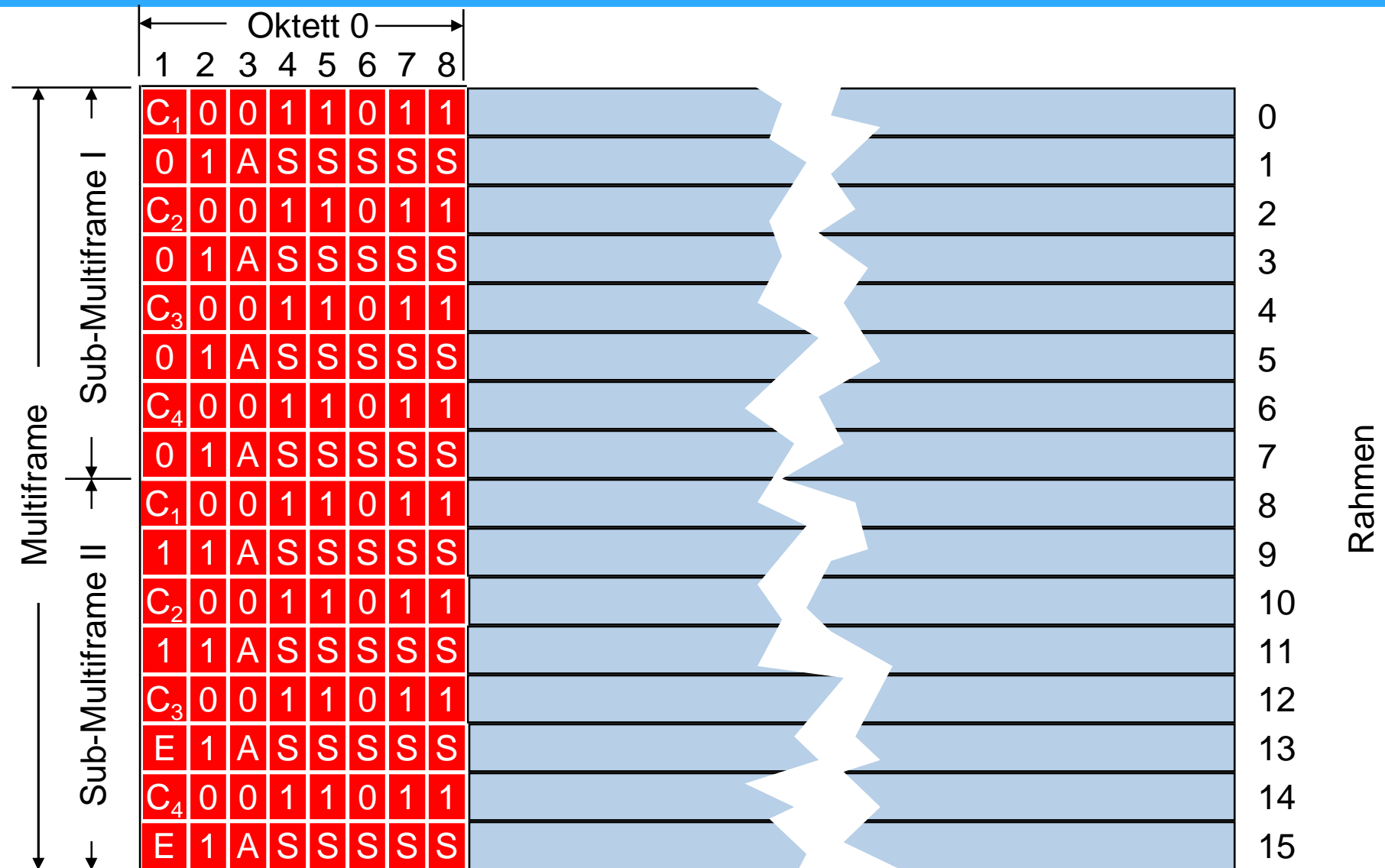
- Synchronisation zwischen Multiplexer und Demultiplexer durch Einfügung Synchronisationssignal und Auswertung beim Demultiplexer
- Dadurch ein Kanal weniger



PCM-30-Rahmen



Bildung eines Über-Rahmens bei PCM-30

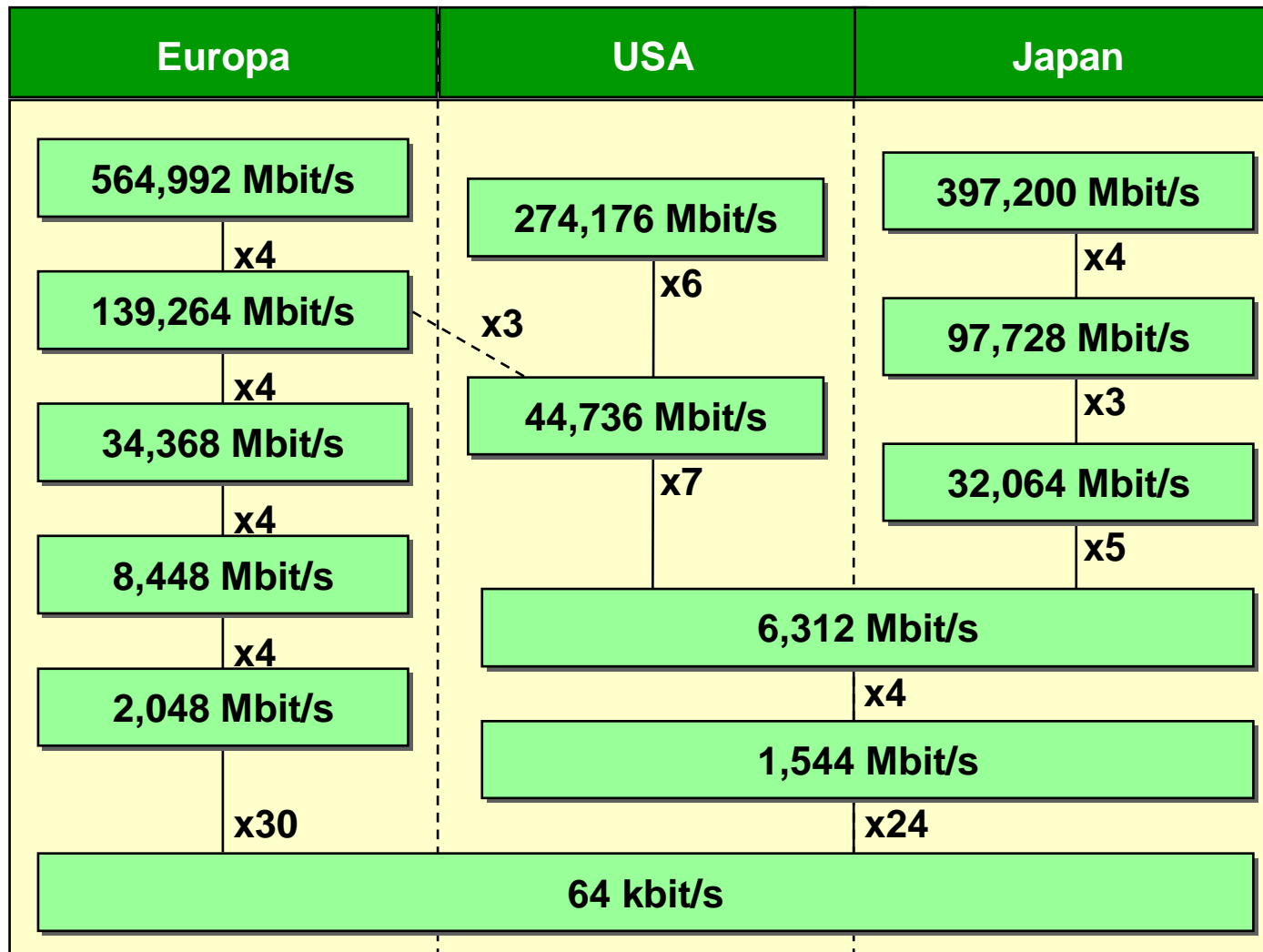


Overhead-Bits des PCM-30-Rahmens

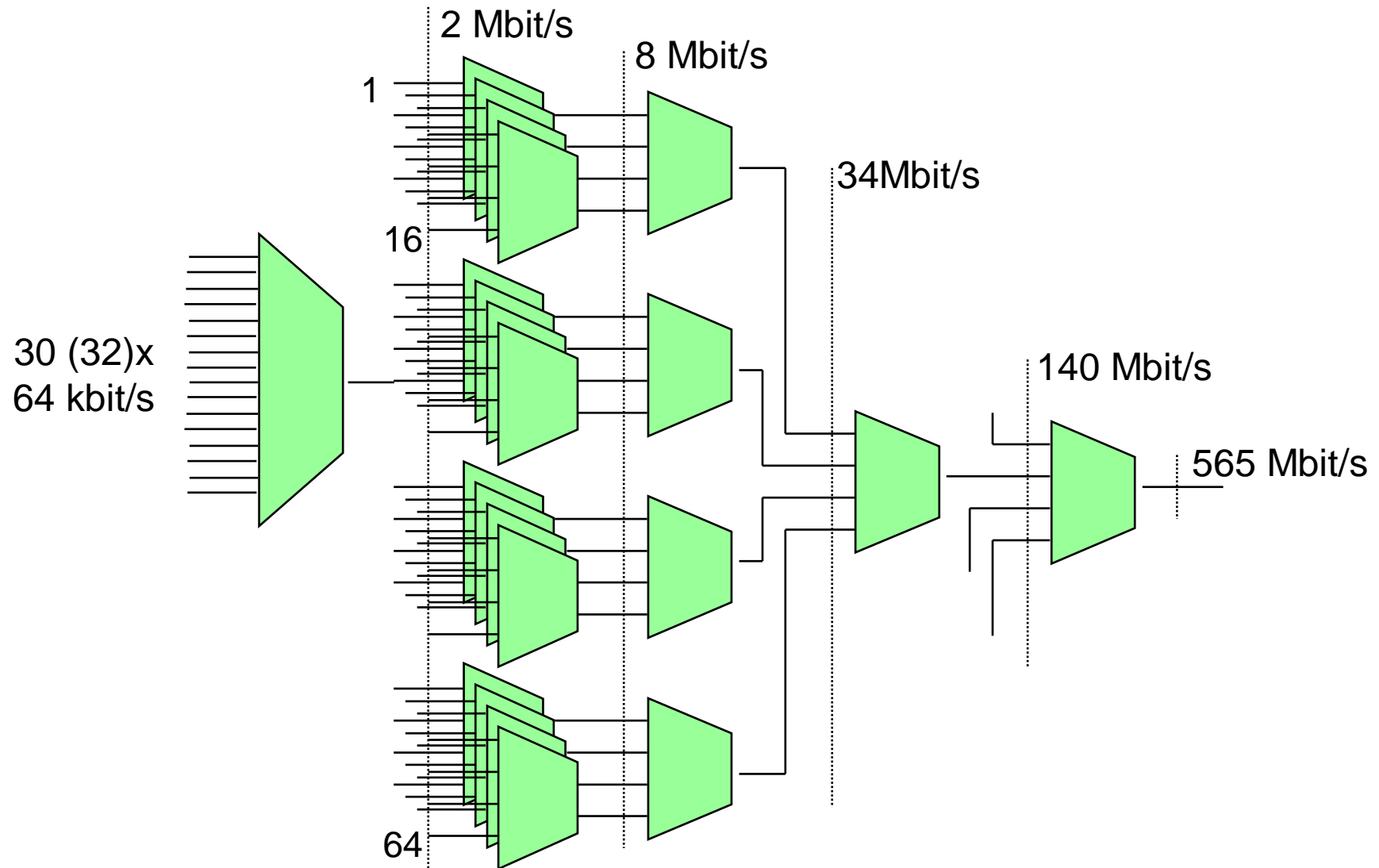
Bits	Bedeutung
$C_1 \dots C_4$	Fehlererkennung (CRC-4)
E	Error Indication (zum CRC-4 gehörend)
A	Alarmierung (Remote Alarm Indication, aktiv = „1“)
S_x	freie Bits, können benutzt werden für z.B.: <ul style="list-style-type: none">▪ Steuerung von Transcodern▪ Status der Synchronisation▪ nationale Benutzung

CRC Cyclic Redundancy Check (Prüfsumme zur Fehlererkennung)

Plesiochrone Digitale Hierarchie (PDH)

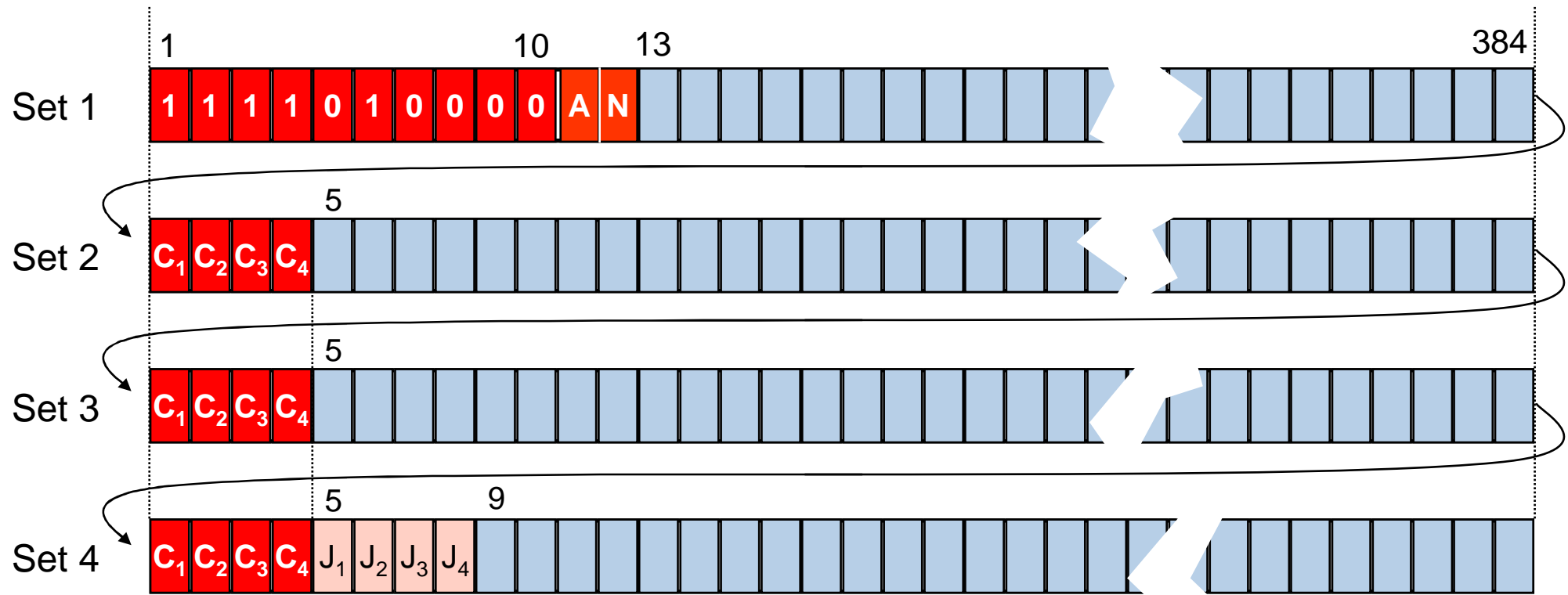


Multiplexen in PDH (Europa)



PDH Rahmenstruktur bei 34 Mbit/s

Dargestellt ist EIN Rahmen



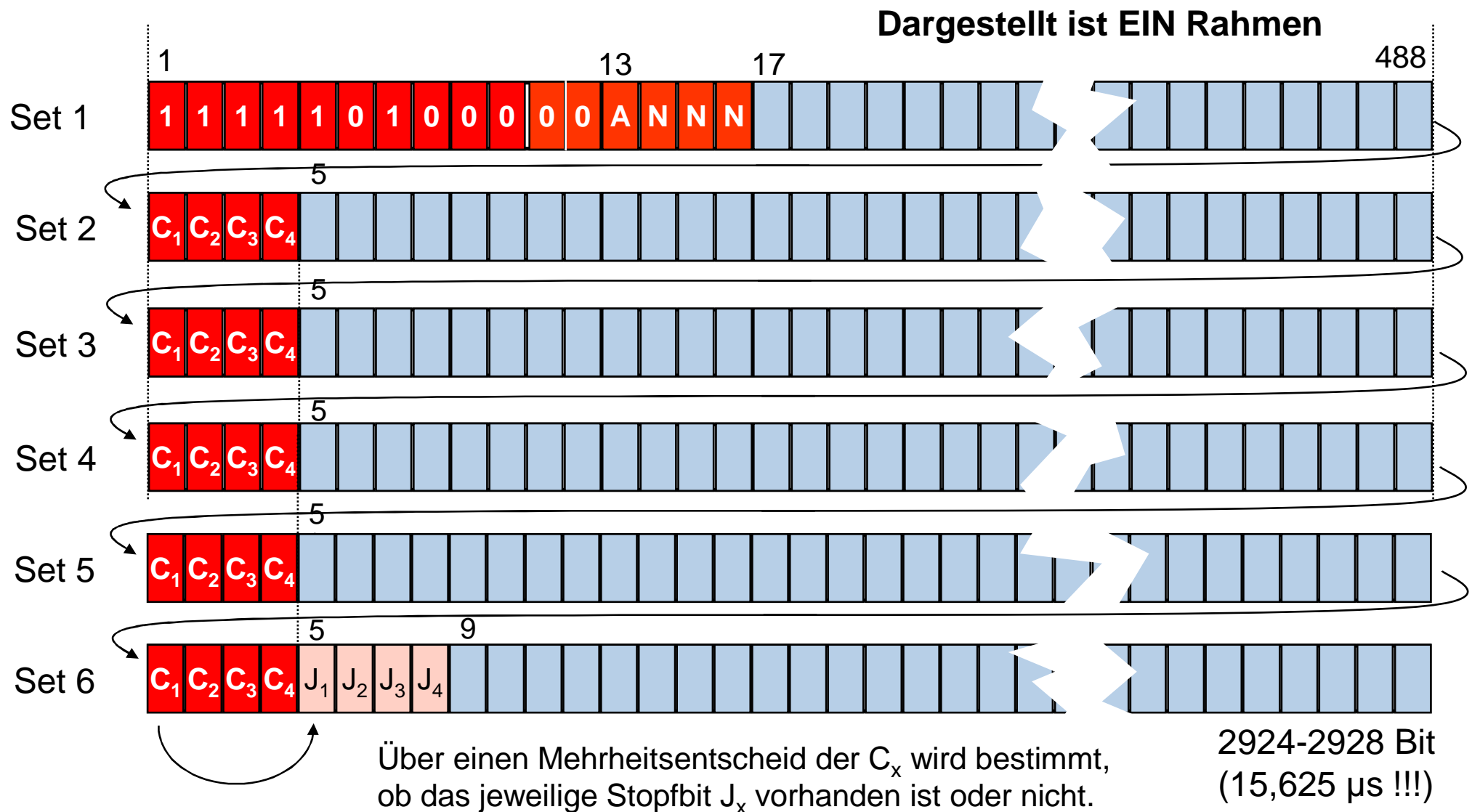
Über einen Mehrheitsentscheid der C_x wird bestimmt, ob das jeweilige Stopfbit J_x vorhanden ist oder nicht.

1532-1536 Bit
(62,5 μ s !!!)

Overhead-Bits 34 MBit/s

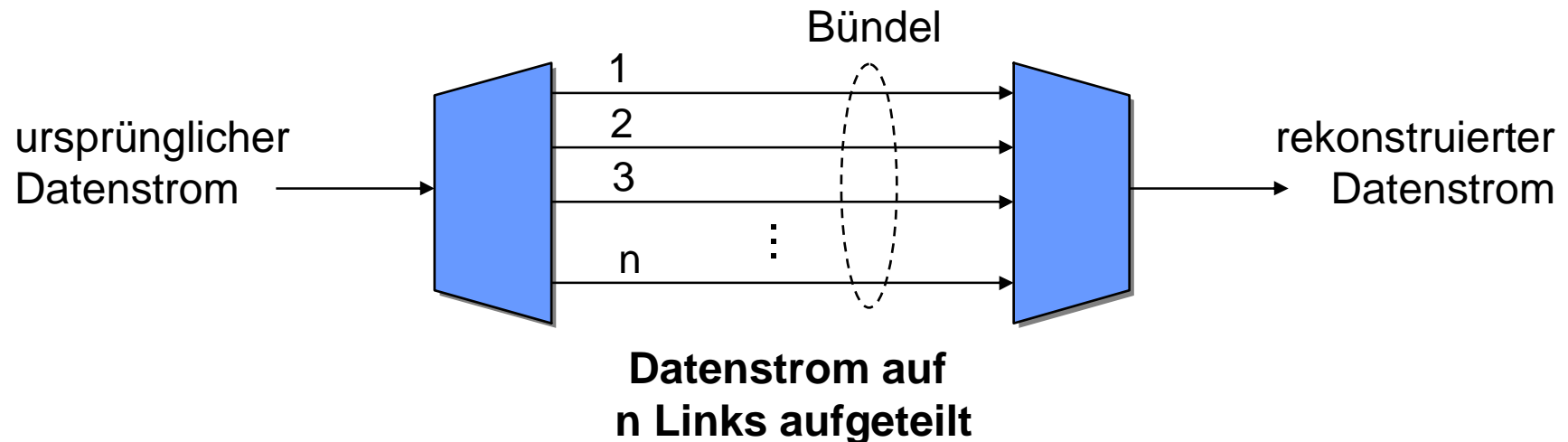
Bits	Bedeutung
A	Alarmierung
N	Reserviert für nationale Benutzung
C_n	Stopfkennung (zeigt ein eventuelles Stopfen in den J_n -Bits an), dabei wird aus den jeweils 3 Bits mit gleichem n ein Mehrheitsentscheid gefällt.
J_n	Stopfbit für das 8-Mbit/s-System der Nummer n

PDH Rahmenstruktur bei 140 Mbit/s



Inverses Multiplexen

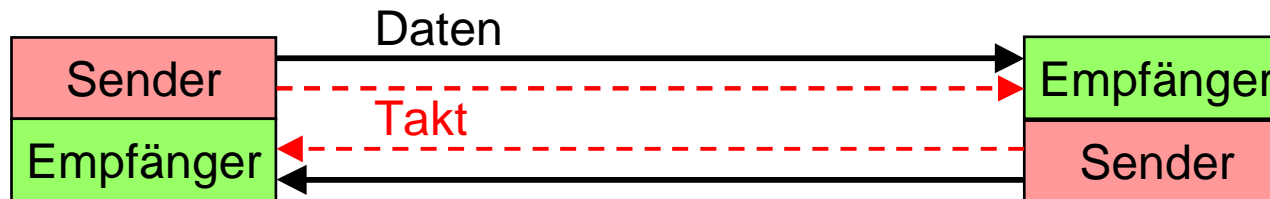
- Sollte die zu übertragende Kapazität weit unterhalb der nächsten Hierarchiestufe liegen, dann bietet sich inverses Multiplexen an.



- Da auf der Empfangsseite der Bitstrom wieder hergestellt werden muss, ist eine auf Bitebene wirkende Steuerung notwendig.

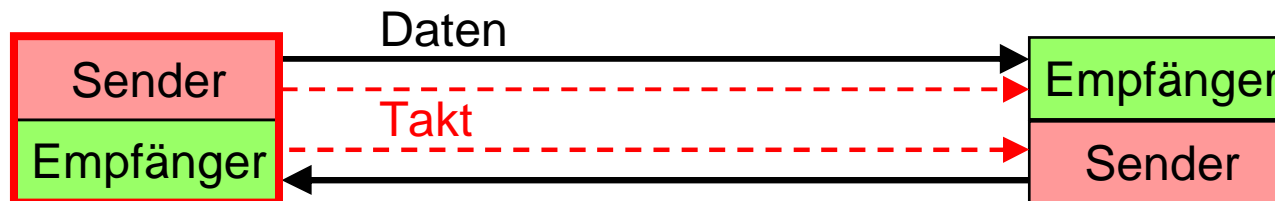
Taktversorgung

■ Codirectional interface



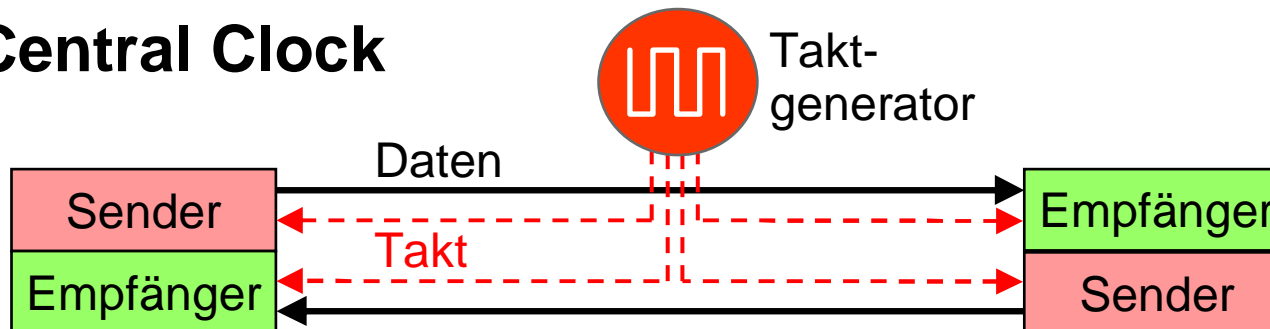
Jeder Empfänger synchronisiert sich auf das empfangene Signal.

■ Contradirectional Interface



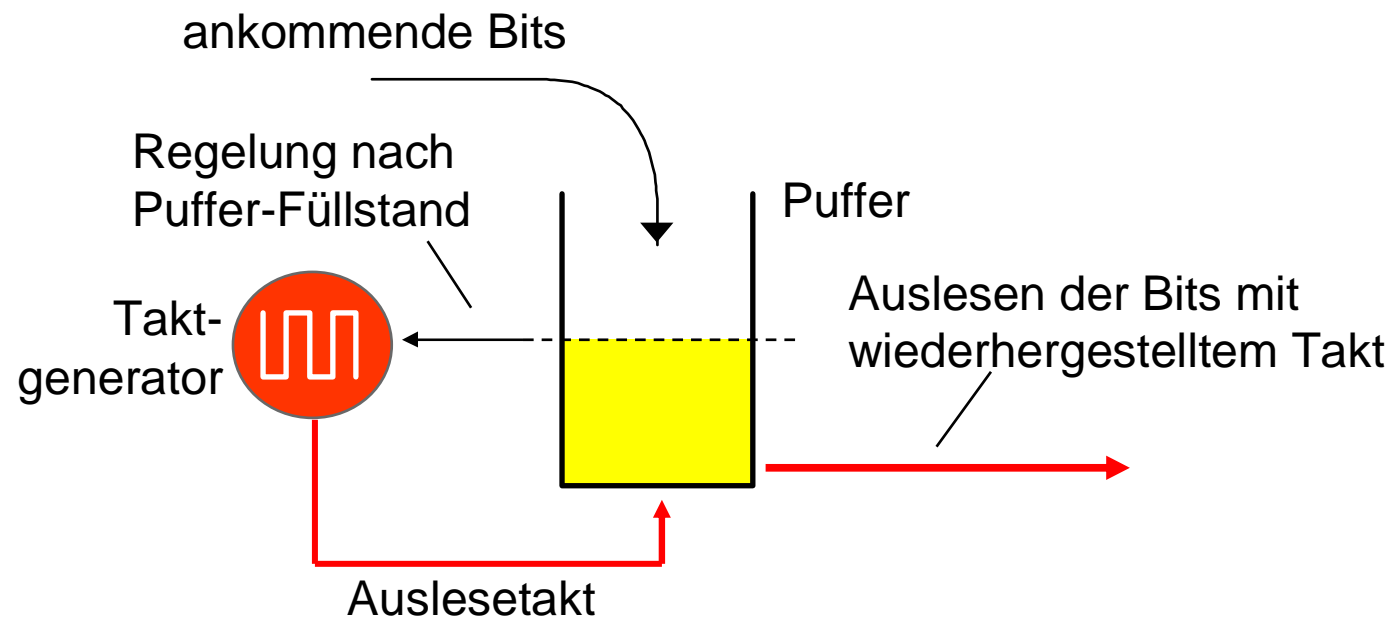
Ein Gerät („controlling equipment“) liefert den Takt für beide Richtungen

■ Central Clock



Ein zentraler Taktgenerator versorgt alle Geräte

Synchronisation mit Puffer



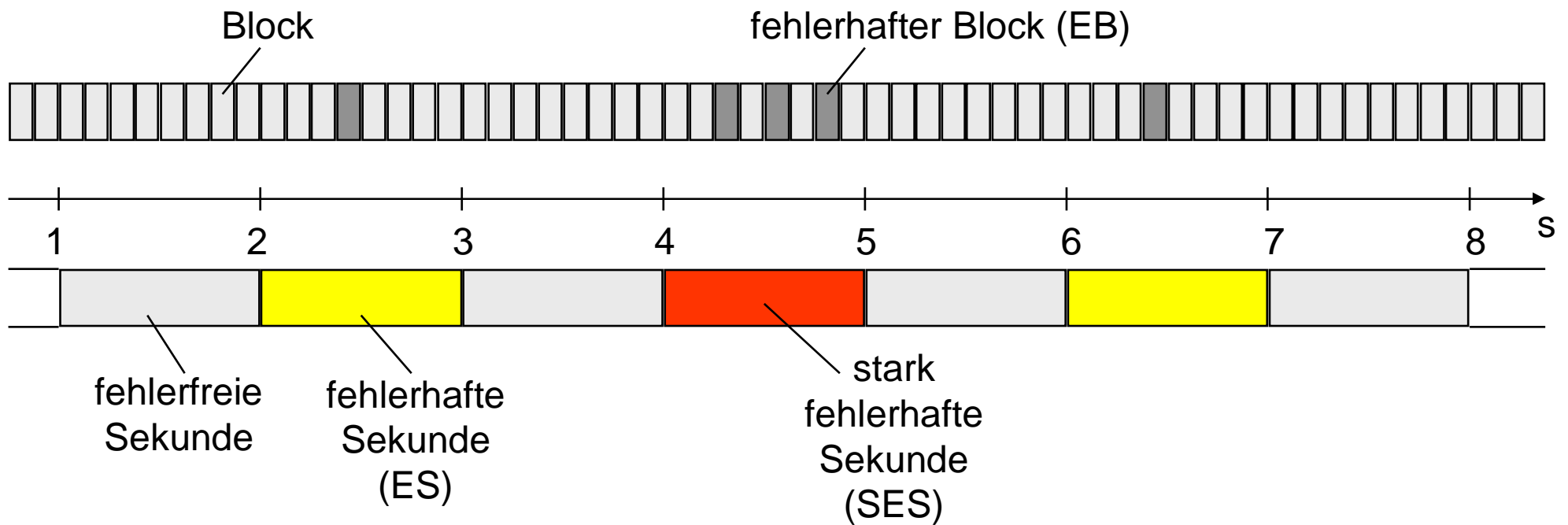
Fehlerbehandlung

- Übertragungstechnische Geräte müssen verschiedenen Fehler erkennen und geeignet reagieren.
- Beispiel für einen 34-Mbit/s-Multiplexer/Demultiplexer:

Fehler	Alarm zum Management-System	AIS-Generierung (Multiplexer)	AIS-Generierung (Demultiplexer)
Fehler in der Stromversorgung	ja	ja	ja
„Loss of Signal“ (LOS)	ja	ja	ja
„Loss of Frame“ (LOF)	ja	nein	ja
AIS empfangen	nein	nein	nein

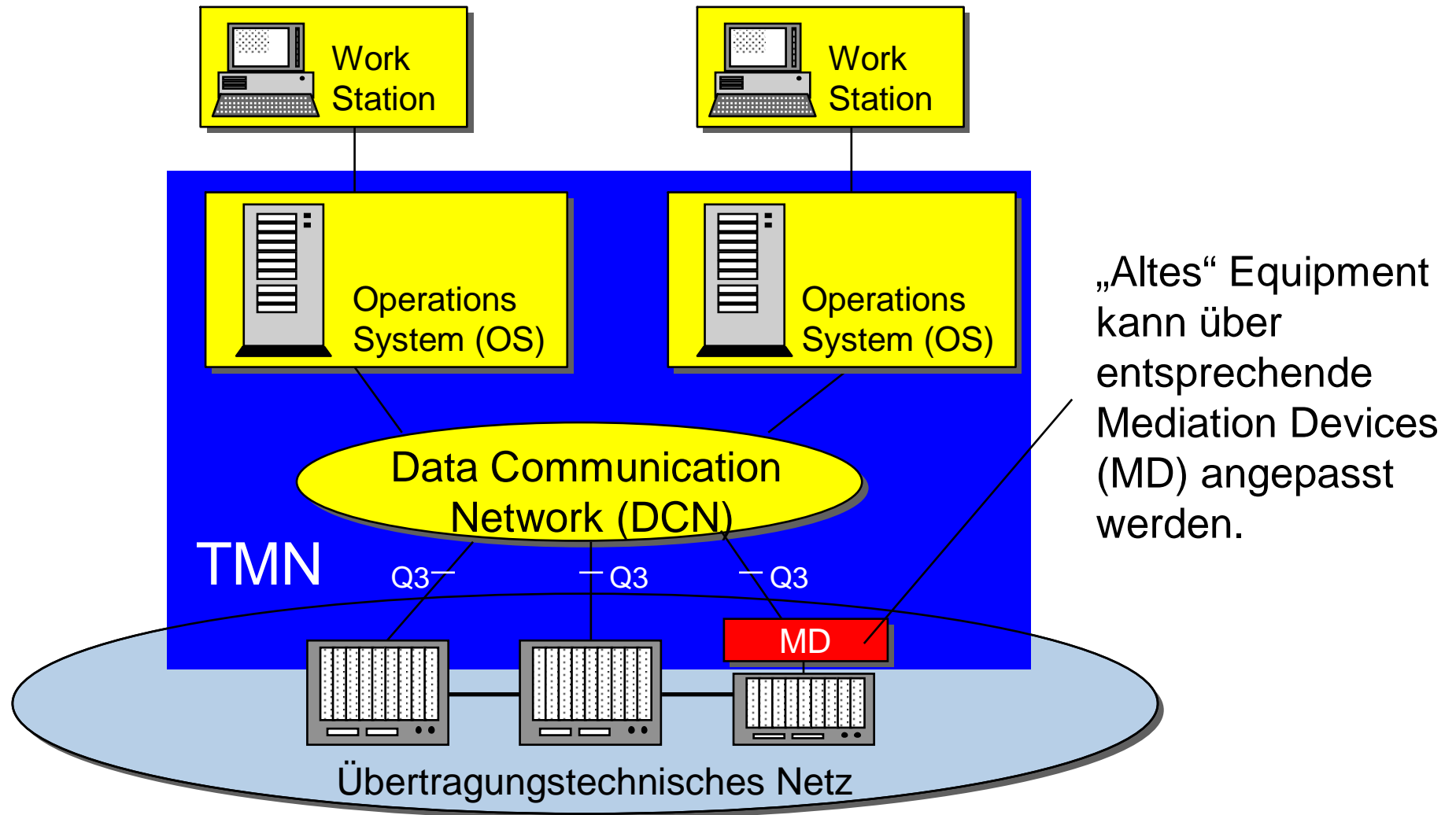
AIS Alarm Indication Signal

Qualitätsparameter

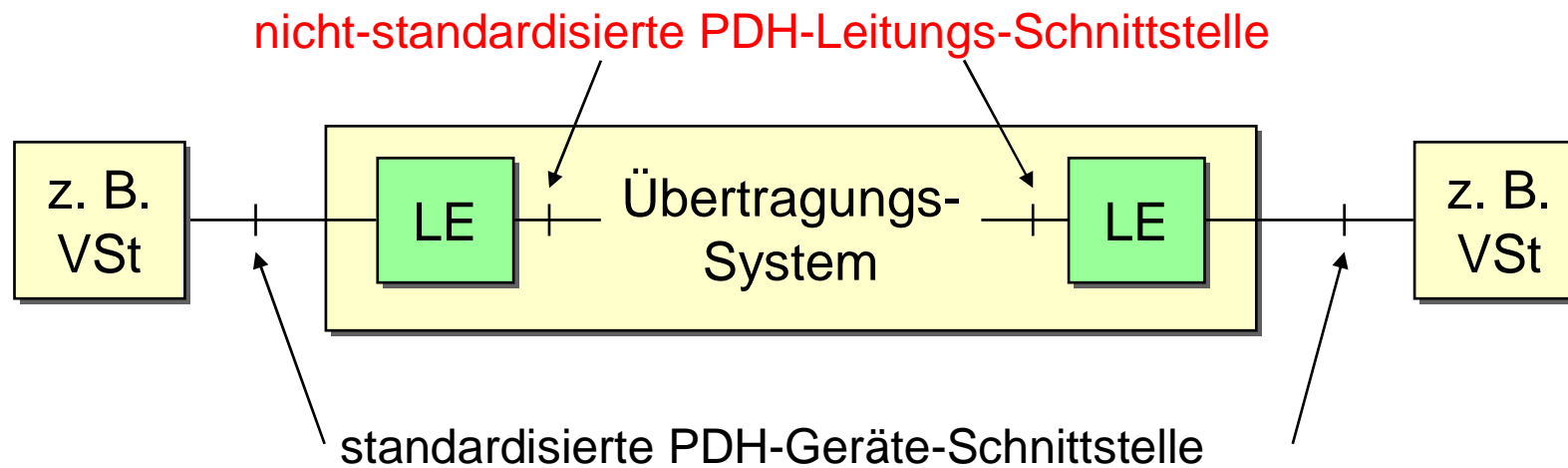


EB Errored Block
ES Errored Second
SES Severely Errored Second

Telecommunication Management Network (TMN)



Schnittstellen eines PDH-Systems



LE Leitungsendgerät
VSt Vermittlungsstelle

Nachteile der PDH

- Nicht standardisiert für hohe Bitraten (≥ 565 MBit/s).
- Basiert auf drei regional unterschiedlichen Standards (USA, Europa, Japan).
- Benötigt immer Multiplexer/Demultiplexer-Ketten.
- Hat nur beschränkte Möglichkeiten für ein Netzmanagement.
- Keine standardisierte Leitungsschnittstelle (nur Geräteschnittstelle).

Inhalt

- Grundlagen Übertragungstechnik
- Übertragungsmedien – Kabel und Glasfaser
- Frequenzmultiplex-Systeme (TF-Systeme)
- Leitungscodierung
- Plesiochrone Digitale Hierarchie (PDH)
- Synchroner Digitale Hierarchie (SDH)
- Wellenlängenmultiplex (WDM)
- Optische Transport Hierarchie (OTH)

Übertragungstechnik - Entwicklung

Seitherige Systeme:

Plesiochrone Hierarchie (G.703, G.704, G.751,)

1985 wurde im amerikanischen Gremium ANSI T1X1 mit der Standardisierung von

SONET (Synchronous Optical Network) begonnen

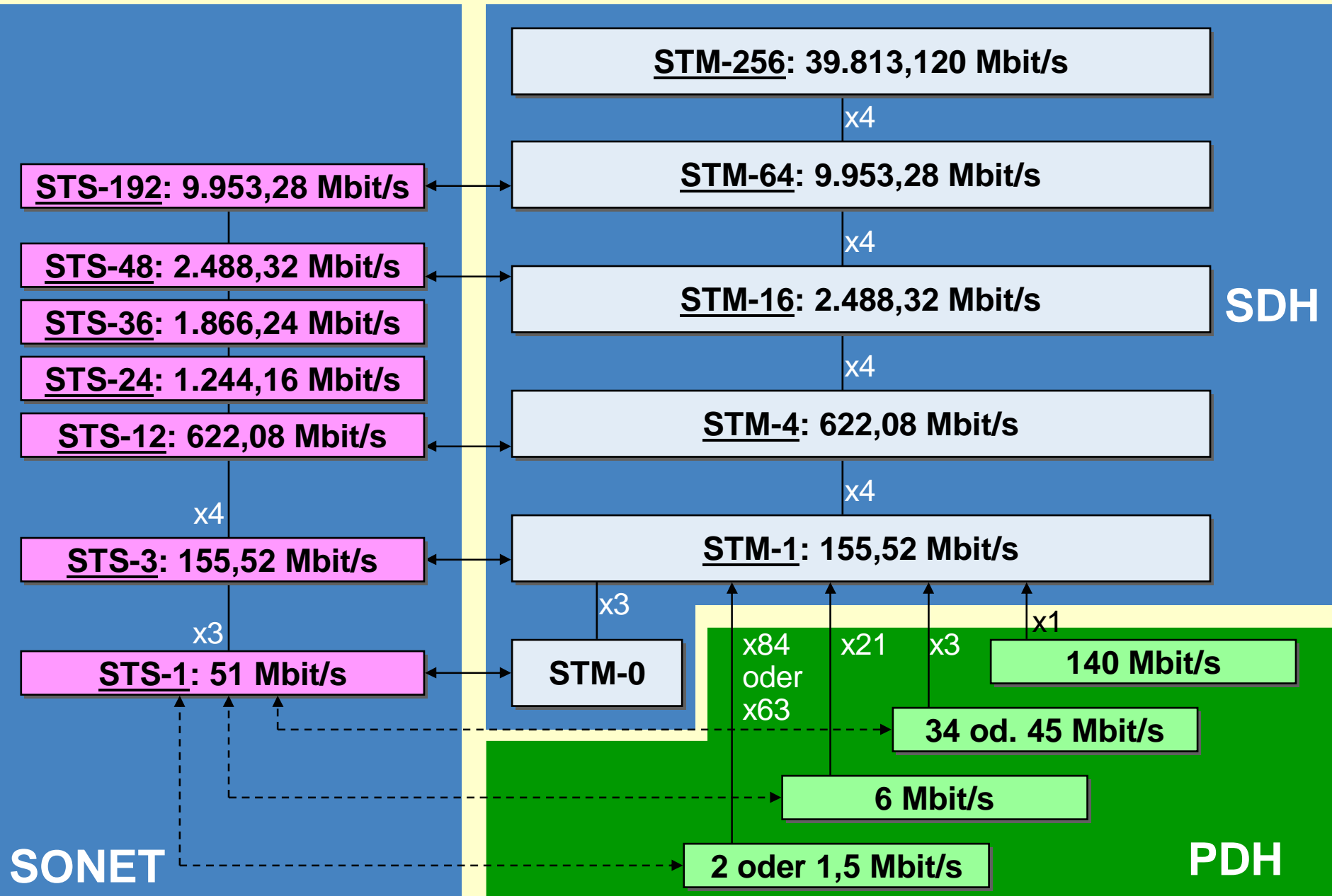
1986 Das CCITT (heute: ITU-T) begann auf der Basis von SONET die

SDH (Synchronous Digital Hierarchy)

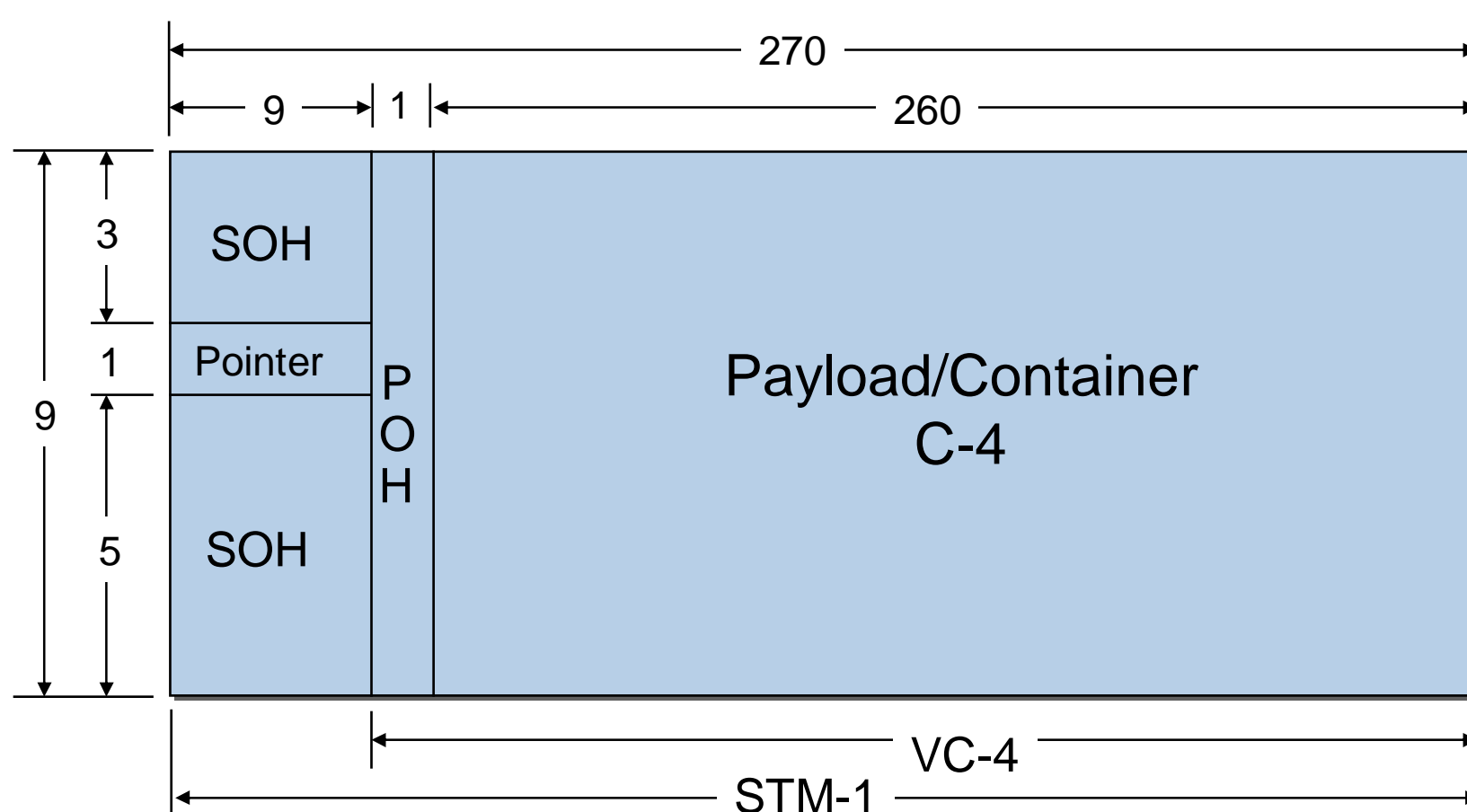
zu standardisieren, was

1988 zur Herausgabe der ersten Empfehlungen für SDH führte (G.707, G.708, G.709, heute in G.707 zusammengefasst).

ab 1990 Weitere Empfehlungen im Zusammenhang mit SDH wurden erarbeitet (G.781 ... G.784, G.803, G.957, G.958, ...)



SDH Rahmen STM-1

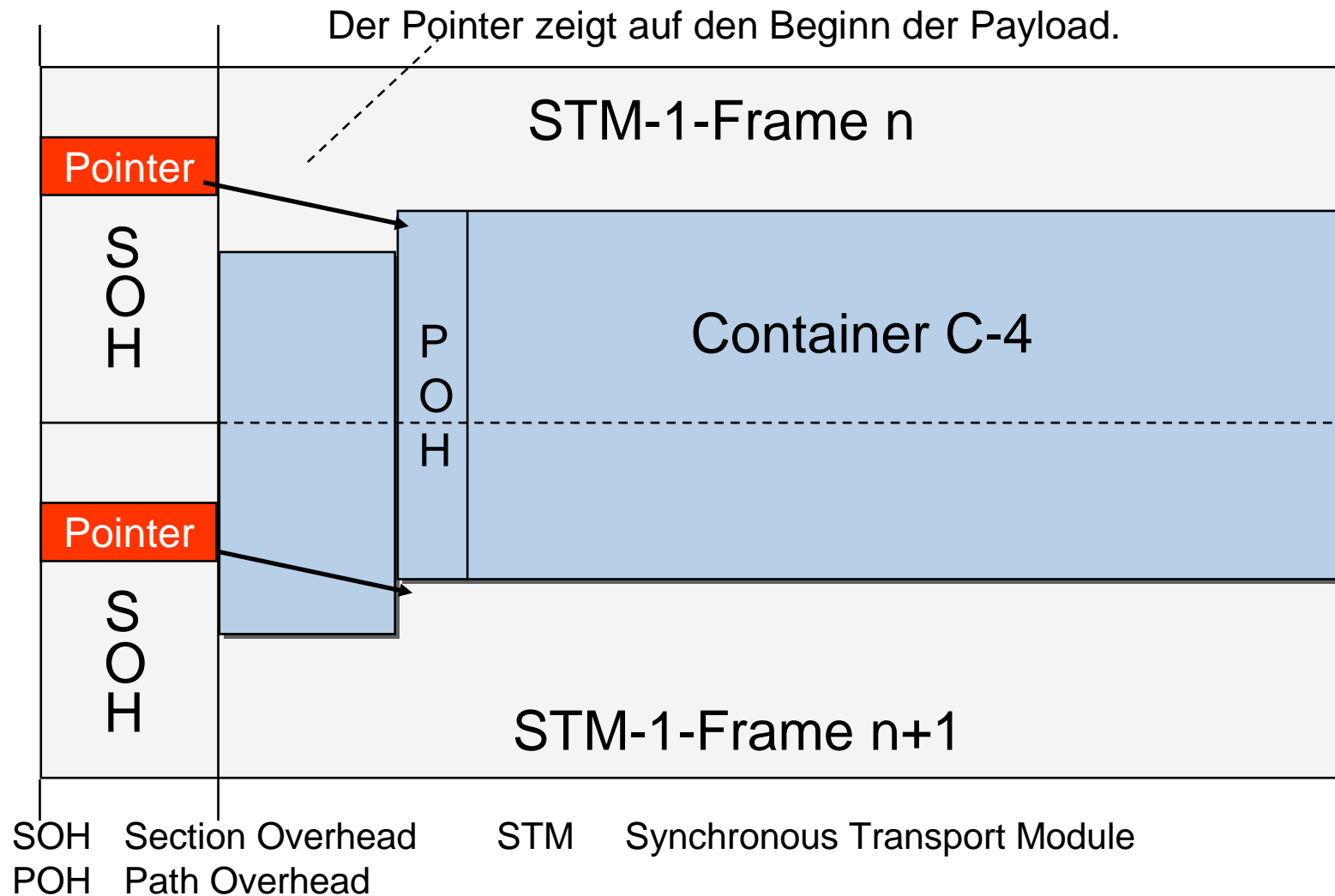


SOH Section Overhead
POH Path Overhead

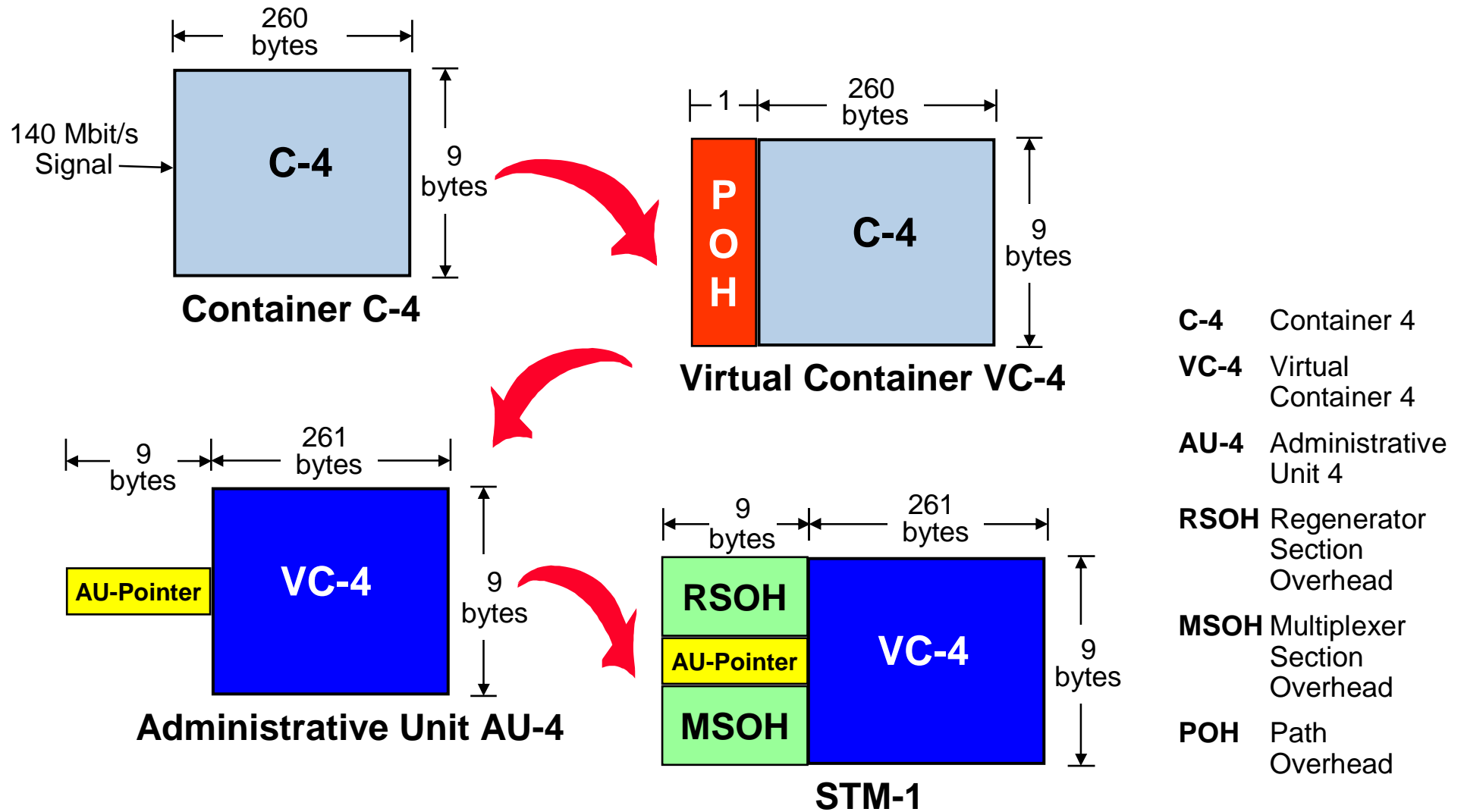
STM Synchronous Transport Module
alle Zahlenangaben in Oktett

125 μ s
2430 Byte

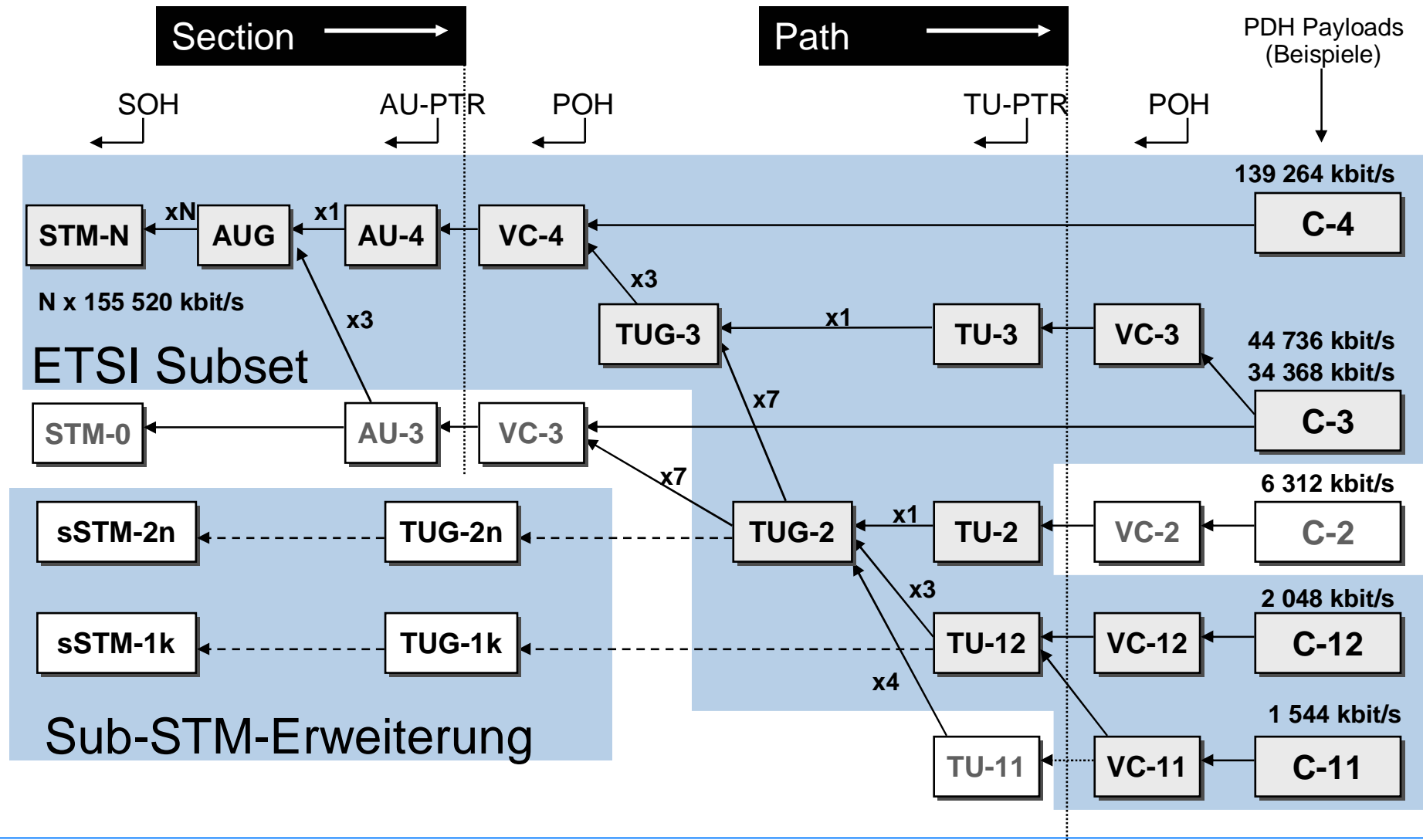
SDH – Pointer-Operation – „Floating Payload“



SDH - Mapping eines 140 Mbit/s Signals in STM-1



„ETSI-Spinne“

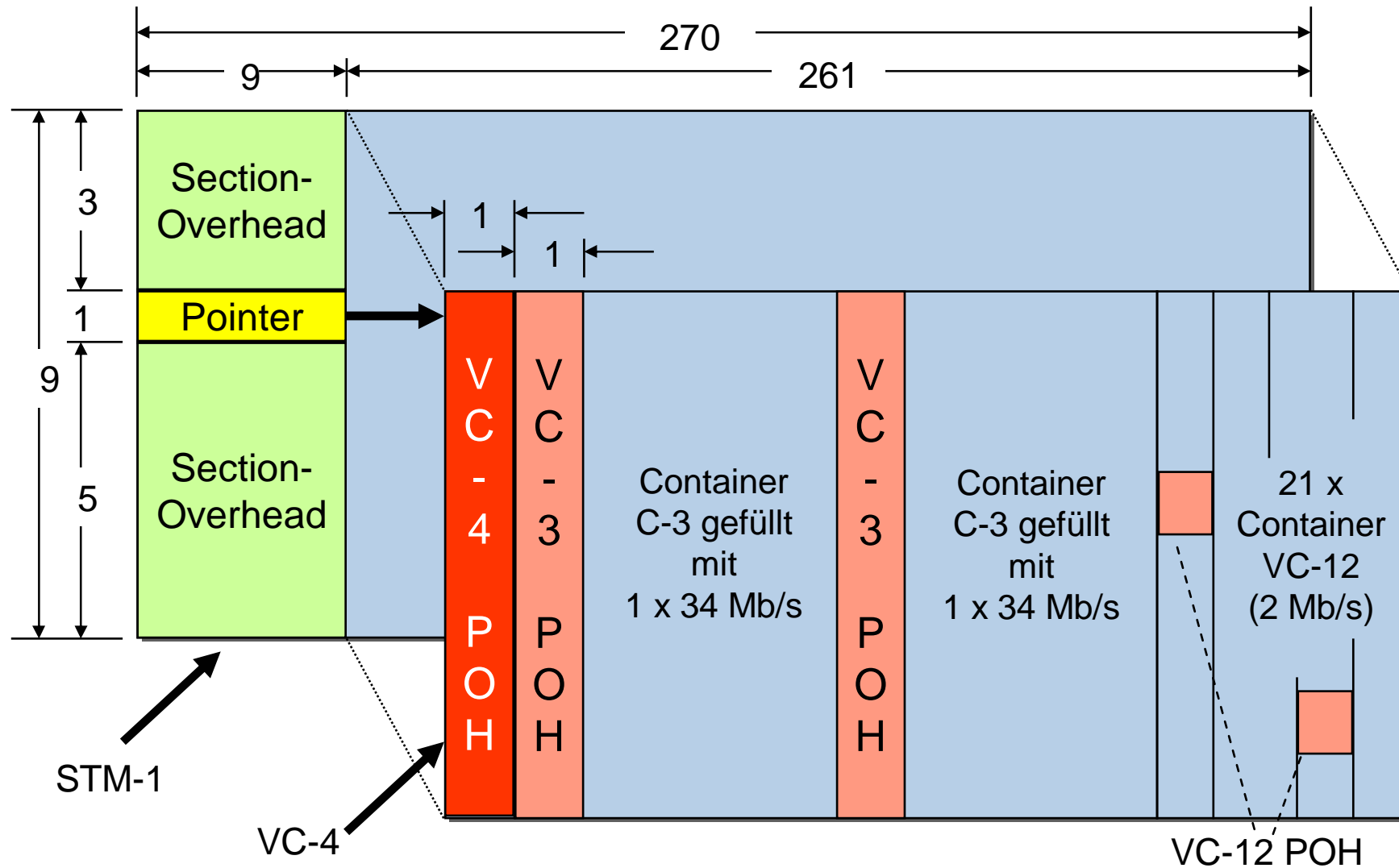


AU	Administrative Unit
AUG	Administrative Unit Group
C	Container
POH	Path Overhead
PTR	Pointer
SOH	Section Overhead
sSTM	sub-STM
STM	Synchronous Transport Module
TU	Tributary Unit
TUG	Tributary Unit Group
VC	Virtual Container

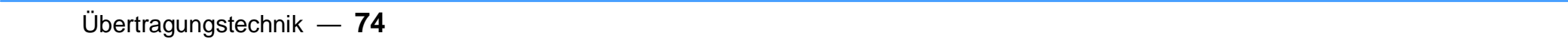
Bezeichnung der Container

Hierarchie- stufe	Europäische PDH-Bitrate	Container in SDH	Amerik. PDH-Bitrate	Container in SDH
1	2 048 kbit/s	C12	1 544 kbit/s	C11
2	8 448 kbit/s	-	6 312 kbit/s	C2
3	34 368 kbit/s	C3	44 736 kbit/s	C3
4	139 264 kbit/s	C4	-	-

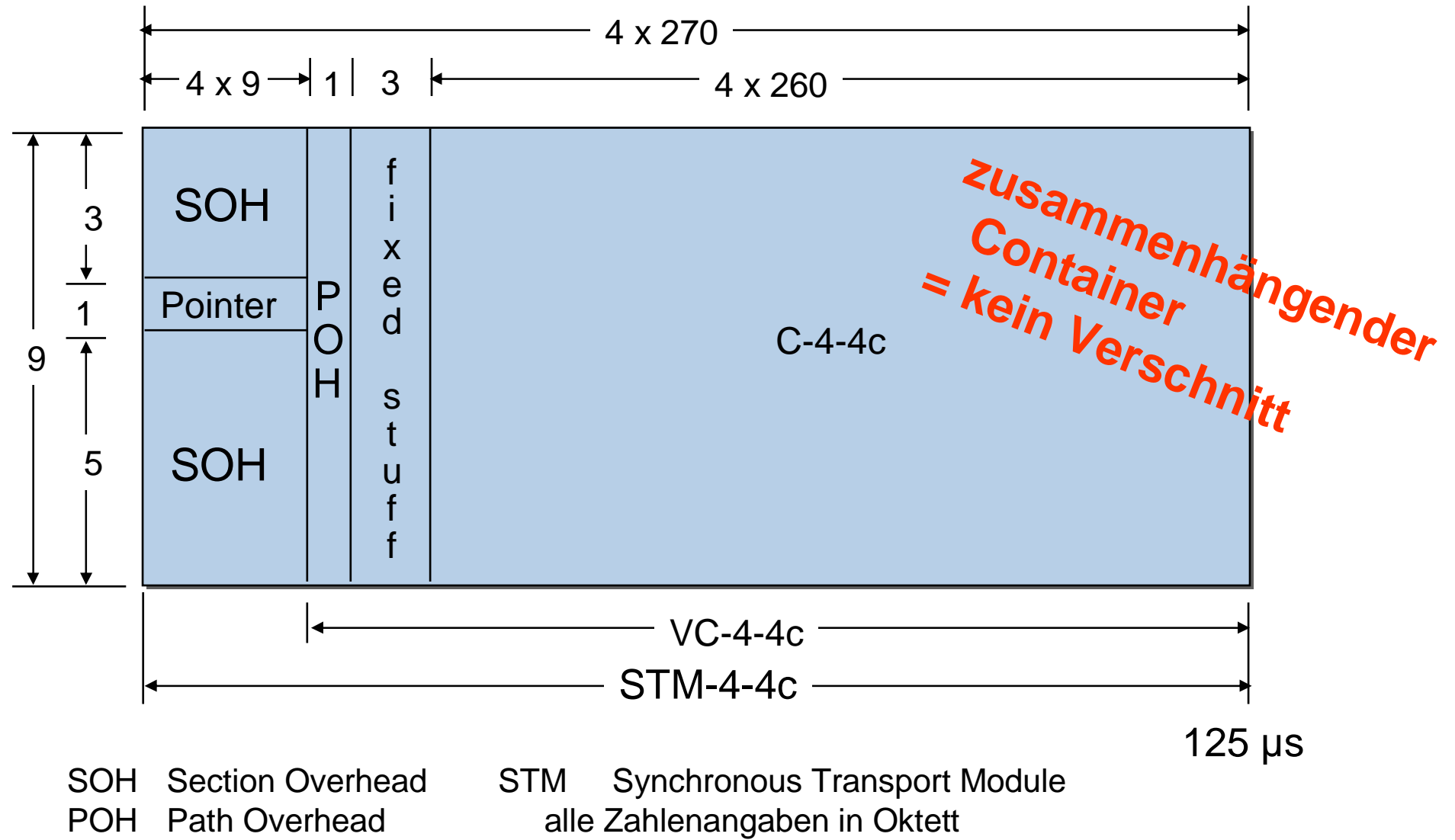
Beispiel flexibler Füllung



STM-4

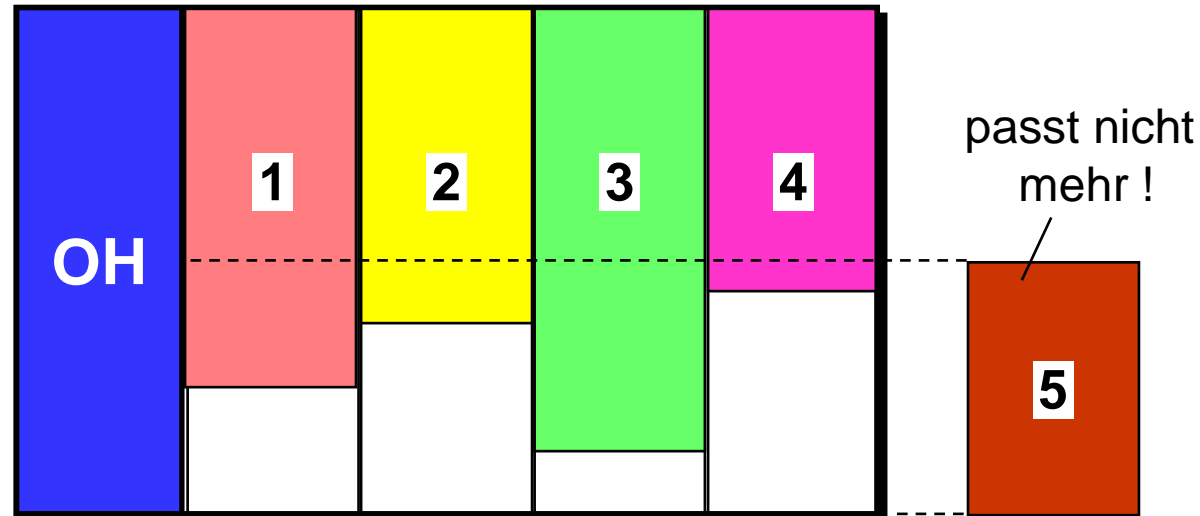


STM-4-4c

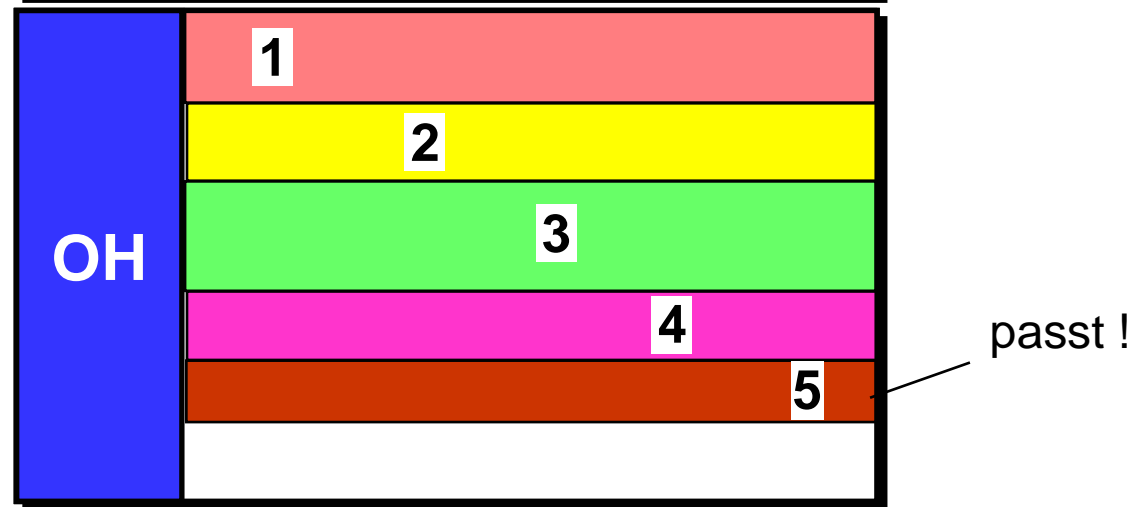


STM-4-4c - Verschnitt bei STM-4

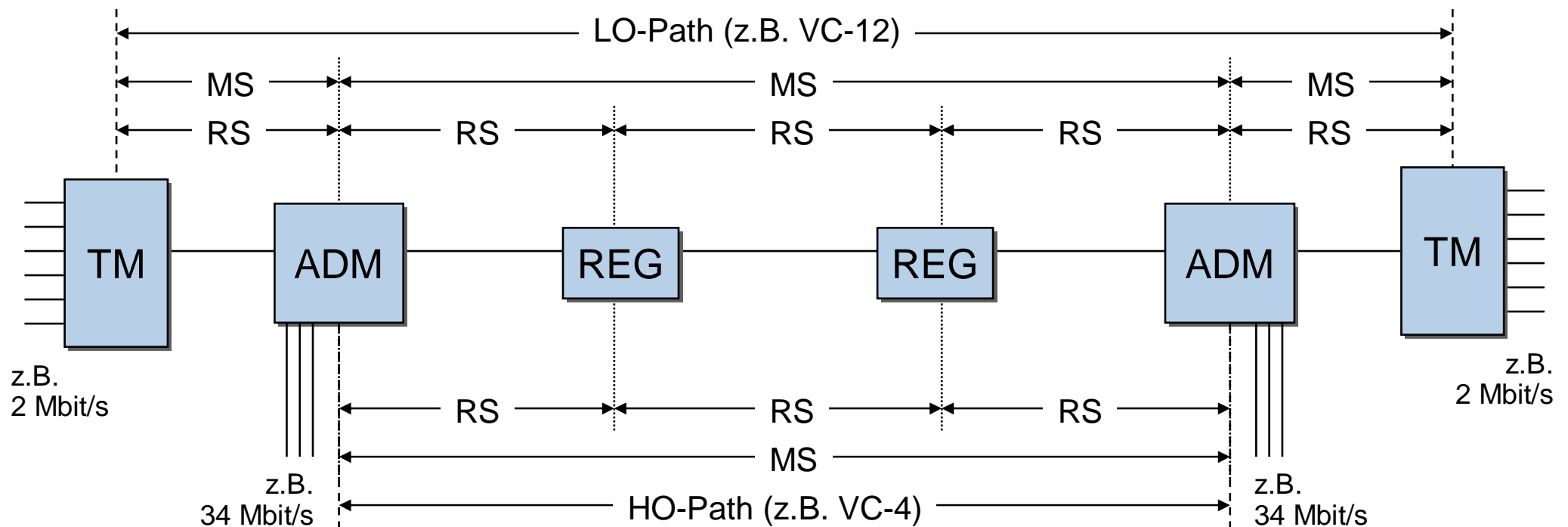
STM-4



STM-4-4c



Sections und Path in SDH



MS Multiplex Section
 RS Regenerator Section
 HO High Order
 LO Low Order

TM Terminal Multiplexer
 ADM Add and drop Multiplexer
 REG Regenerator

Section-Overhead beim STM-1

		1	2	3	4	5	6	7	8	9
RSOH	1	A1	A1	A1	A2	A2	A2	J0	●	●
	2	B1	●	●	E1	●		F1	●	●
	3	D1	●	●	D2	●		D3		
AU Pointers	4	H1	Y	Y	H2	1	1	H3	H3	H3
	5	B2	B2	B2	K1			K2		
MSOH	6	D4			D5			D6		
	7	D7			D8			D9		
	8	D10			D11			D12		
	9	S1					M1	E2	●	●



Medienabhängige Oktetts



Oktetts für nationale Anwendung

A1, A2 framing bytes
 B1, B2 bit interleaved parity for bit error monitoring
 J0 section trace
 D1-D12 data communication channels (management)
 E1, E2 order wire

F1 user channel
 K1, K2 automatic protection switching
 M1 MS remote error indication
 S1 sync. status (timing marker)

Oktetts des Section Overheads (1)

Ok-tett	Bezeich-nung	Bedeutung	
A1	Framing	Rahmenkennwort, dient der Rahmensynchronisation (nicht verscrambled)	F6 _{Hex}
A2			28 _{Hex}
B1	BIP-8	Bit Interleaved Parity des vorherigen STM-1-Rahmens nach dem Scrambling	
B2	BIP-24	Bit Interleaved Parity des vorherigen STM-1-Rahmens vor dem Scrambling und ohne den RSOH (die ersten drei Zeilen des Overheads)	
D1-D3	DCC	Datenkommunikationskanal von 192 kbit/s für die Übermittlung von Überwachungs- und Steuerdaten aus den Regenerator-Abschnitten zum Netzmanagement	
D4-D12	DCC	Datenkommunikationskanal von 576 kbit/s für die Übermittlung von Überwachungs- und Steuerdaten zum aus der Multilex-Section zum Netzmanagement	
E1	Orderwire	Sprachverbindung für den Netzbetreiber in der Regenerator-Section. Auf sie kann in jedem SDH-Gerät zugegriffen werden (auch in Regeneratoren).	
E2	Orderwire	Sprachverbindung für den Netzbetreiber in der Multiplex-Section. Auf sie kann in SDH-Multiplexern zugegriffen werden.	

Oktetts des Section Overheads (2)

Ok-tett	Bezeichnung	Bedeutung
F1	User Channel	dient dem Benutzer zum Testen und Übermitteln von Informationen, z.B. für Maintenance-Zwecke
H1.. H3	AU-4-Pointer	Zeiger auf den Beginn des VC-4
J0	Regenerator - Section Trace	Prüft den Regenerator-Abschnitt auf korrekte Verkabelung, aus 16 J0-Oktetts wird dazu ein Überrahmen gebildet (nicht verscrambled)
K1	APS	Bits 1 bis 5: Steuert die automatische Ersatzschaltung (Automatic Protection Switching - APS) Bits 6 bis 8 von K2 transportieren die Multiplex-Section RDI (Remote Defect Indication) und Multiplex-Section AIS (Alarm Indication Signal).
K2	APS & MS-RDI	
M1	MS-REI	Multiplex Section Remote Error Indicator (REI), Summe der in B2 erkannten Fehler
S1	Sync. Status	Bits 5 bis 8: Qualität des Taktes und Status der Synchronisierung

Oktetts des Path Overheads (high order)

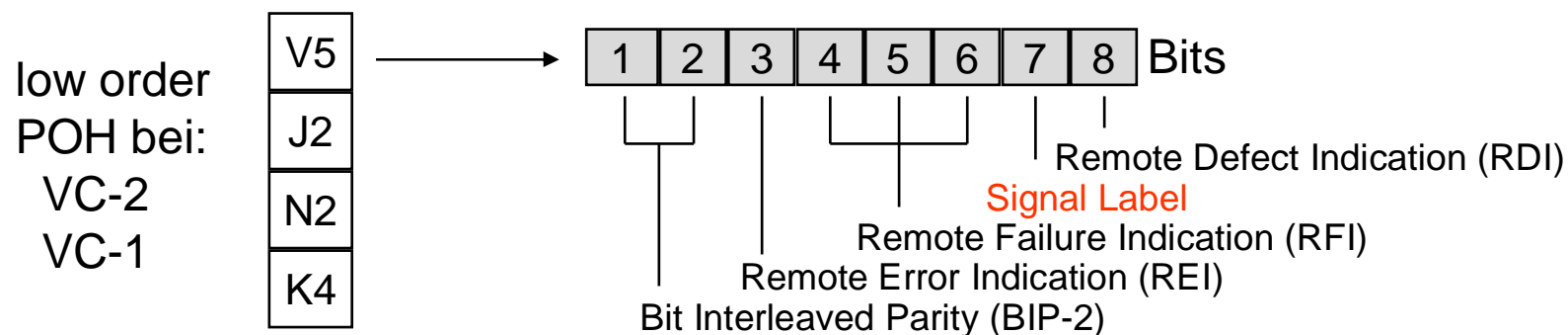
high order
POH bei:
VC-3
VC-4

J1
B3
C2
G1
F2
H4
F3
K3
N1

Oktett	Bezeichnung	Bedeutung
B3	BIP-8	Bit Interleaved Parity des vorherigen Virtuellen Containers vor dem Scrambling, in G1 werden die fehlerhaften Blöcke der Gegenrichtung zurückgemeldet.
C2	Signal Label	gibt an, welcher Inhalt in dem Container übertragen wird.
F2	User Channel	Kommunikation des Anwenders auf Pfad-Ebene
F3	User Channel	
G1	Path-Status	Information über den Verbindungszustand, enthält Remote Error Indication (REI) und Remote Defect Indication (RDI)
H4	Frame Indicator	Überrahmen-Indikator für low order Signale, zeigt an, ob ein Überrahmen benutzt wird und wo er beginnt.
J1	Path Trace	Pfadkennzeichnung zur Pfad-Überwachung, es ist das erste Oktett des Virtual Containers, der AU-4-Pointer zeigt auf dieses Oktett
K3	APS	Automatic Protection Switching, Steuert die automatische Ersatzschaltung auf der Pfad-Ebene
N1	TCM	Tandem Connection Monitoring, dient der Überwachung eines Pfad-Abschnitts

Oktetts des Path Overheads (low order)

Oktett	Bezeichnung	Bedeutung
J2	Path Trace	Pfadkennzeichnung zur Pfad-Überwachung
K4	APS	Automatic Protection Switching, Steuert die automatische Ersatzschaltung auf der Pfad-Ebene
N2	TCM	Tandem Connection Monitoring, dient der Überwachung eines Pfad-Abschnitts
V5	Verschiedene	Durch den kleineren POH bei VC-1 und VC-2 müssen die Werte aus B3, C2 und G1 (Fehlerprüfung, Signal Label und Path-Status) zusammengefasst werden. Es ist das erste Oktett des Virtual Containers, der TU-Pointer zeigt auf dieses Oktett.



Signal Label (C2-Oktett)

C2-Okt.	Bedeutung
00Hex	nicht belegt
01Hex	belegt, aber nicht näher spezifiziert
02Hex	Struktur mit TUGs
03Hex	Struktur mit TUGs, im „locked mode“
04Hex	34/45 Mbit/s PDH-Signal, async.in C3
05Hex	Experimentell (nur bei Neuentwicklungen benutzt, solange kein spezifischer Code zugewiesen ist.)
12Hex	140 Mbit/s PDH-Signal, asynch.in C4
13Hex	ATM-Zellen
14Hex	DQDB-Slots
15Hex	FDDI-Rahmen
16Hex	HDLC/PPP-Rahmen
17Hex	reserviert
18Hex	HDLC/LAPS-Rahmen

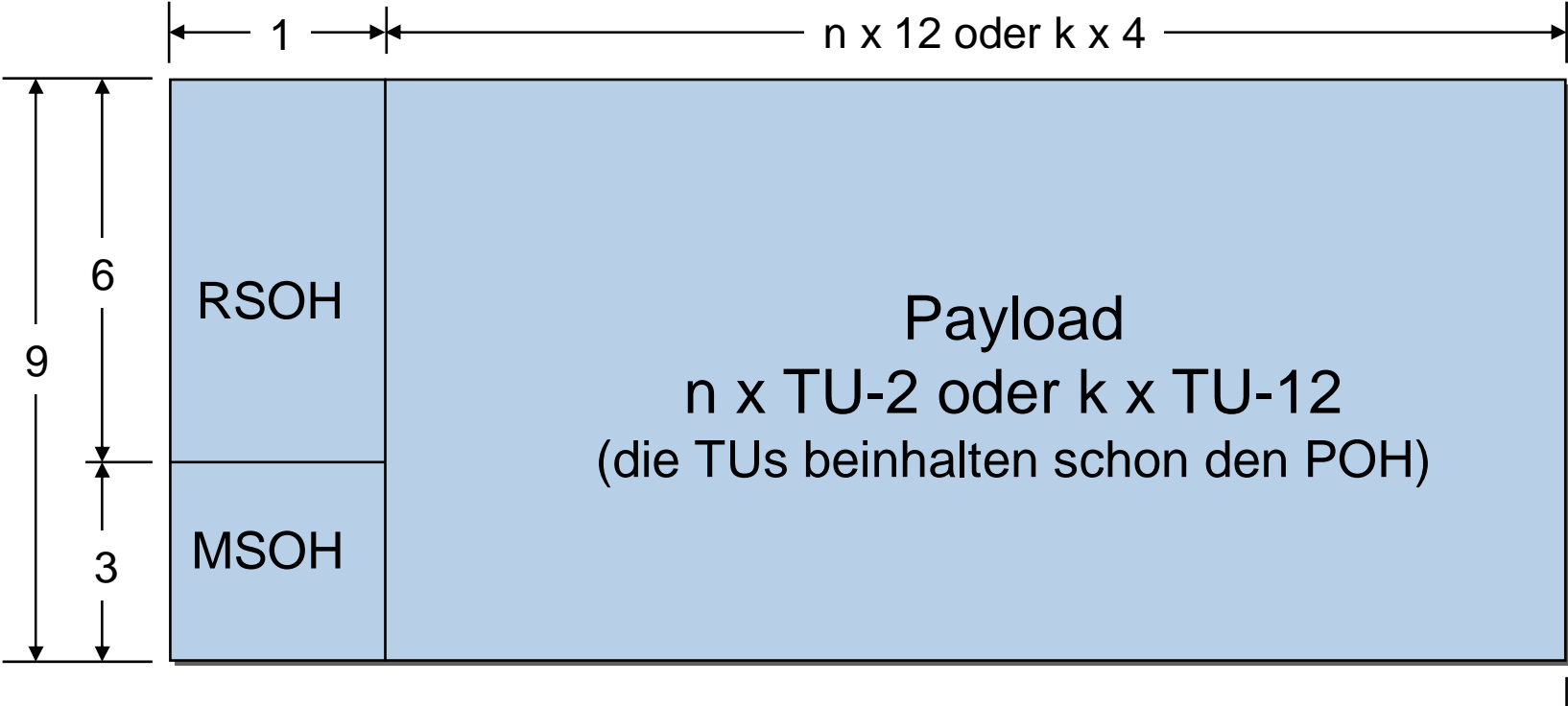
C2-Okt.	Bedeutung
19Hex	reserviert (nicht mehr gebräuchlich, war ursprünglich für SDL-Rahmen nach [RFC2823] mit „Self-synchronized Scrambler“ reserviert)
1AHex	10-Gbit/s-Ethernet-Rahmen
1BHex	GFP-Rahmen
1CHex	10-Gbit/s-Fiber-Channel-Rahmen
20Hex	ODU (Optical Channel Data Unit)
CFHex	reserviert (nicht mehr gebräuchlich, war ursprünglich für HDLC-Rahmen nach [RFC1619] reserviert)
D0Hex... ..DFHex	reserviert
E1Hex... ..FCHex	reserviert
FEHex	Test
FFHex	VC-AIS (Alarm Indication Signal)

SDH - Management Fähigkeiten im Vergleich

Backup

Management Area	Function	SDH	PDH
Configuration	Trail Trace Identifier	X	-
	Signal Label	X	-
	Embedded Control Channels (ECCs)	X	-
	Threshold Configuration	X	-
	User Channels (n x 64 kbit/s)	X	-
Alarm	Near-End Defects	X	X
	Far-End Defects	X	-
	High Block Error Ratios	X	X
	Synchronisation Status Messages	X	-
Performance	Near-End Block Errors	X	X
	Far-End Block Errors	X	-
	15 min & 24 Hours counter	X	X
	ES and SES Calculation	X	X

sSTM-Rahmen



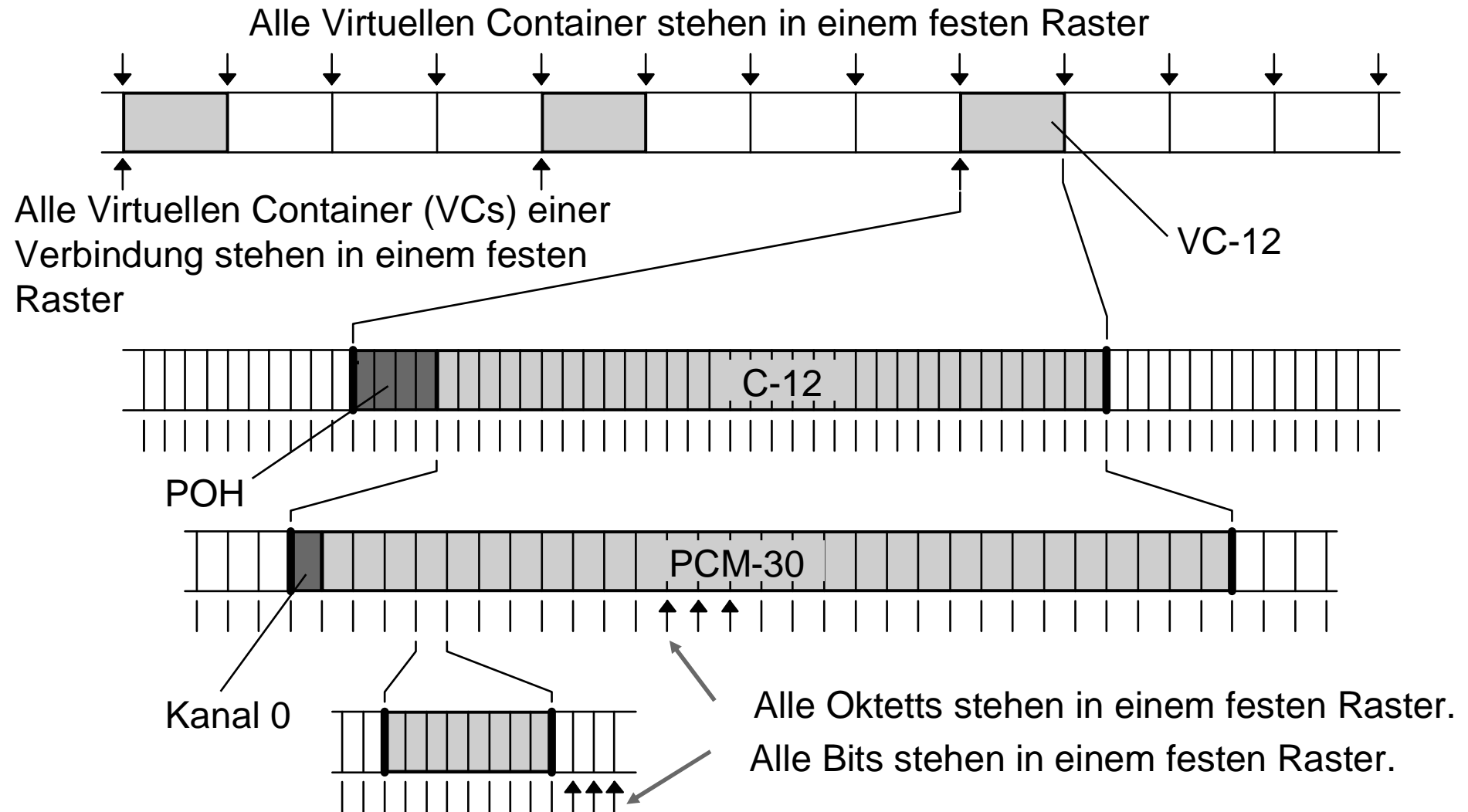
MSOH	Multiplex Section Overhead
RSOH	Regenerator Section Overhead
TU	Tributary Unit
POH	Path Overhead

alle Zahlenangaben in Oktett

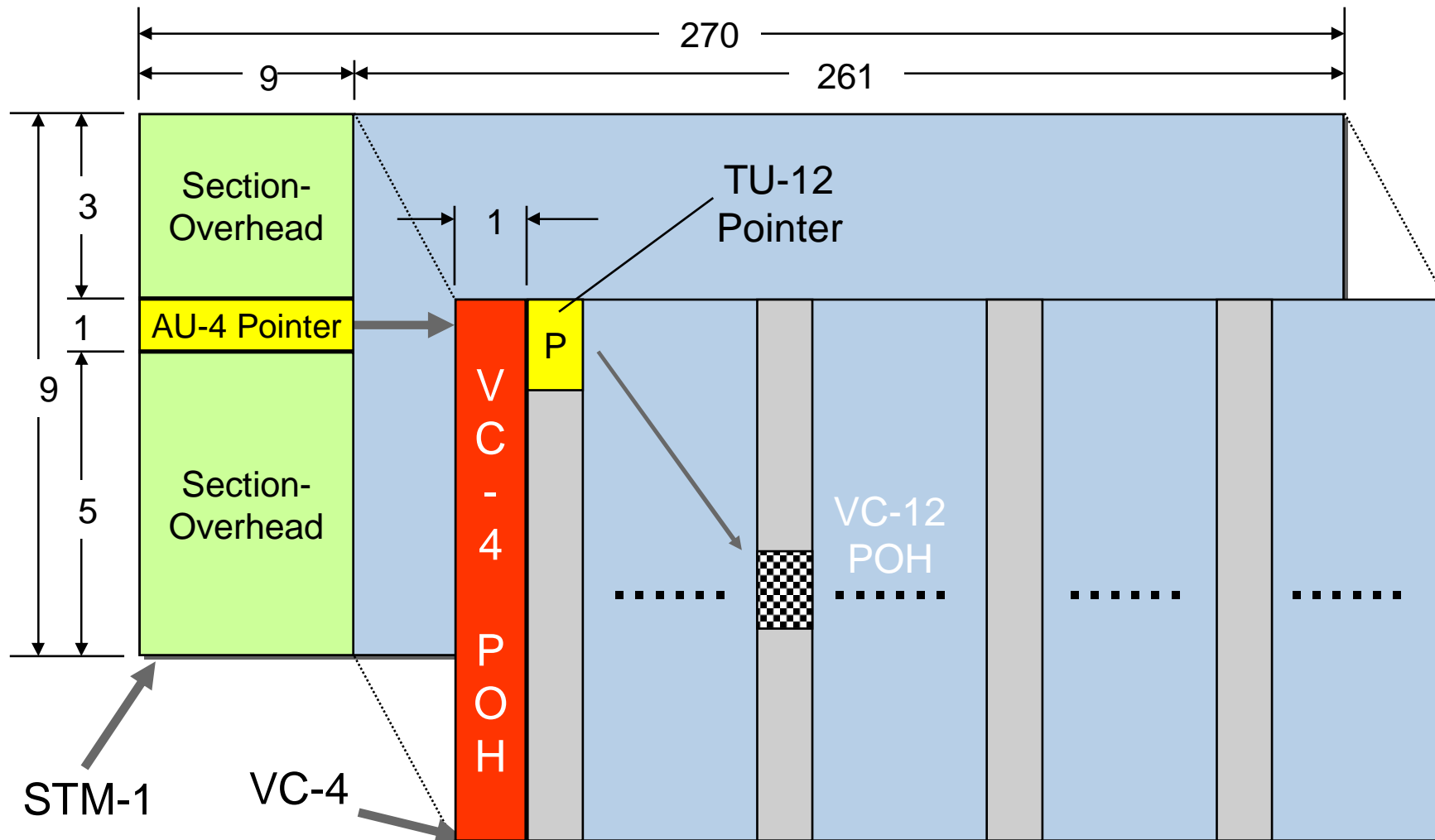
Struktur von sSTM-Systemen

zu transportierende TUs	Spalten des Payload-Bereiches	Overhead-Spalten (SOH)	Zeilen	Übertragungsgeschwindigkeit (brutto)
1 x TU-12	4	1	9	2,880 Mbit/s
2 x TU-12	8	1	9	5,148 Mbit/s
4 x TU-12	16	1	9	9,792 Mbit/s
8 x TU-12	32	1	9	19,008 Mbit/s
16 x TU-12	64	1	9	34,770 Mbit/s
1 x TU-2	12	1	9	7,488 Mbit/s
2 x TU-2	24	1	9	14,400 Mbit/s
4 x TU-2	48	1	9	28,224 Mbit/s

Was ist hier „synchron“?



Pointer-Operation

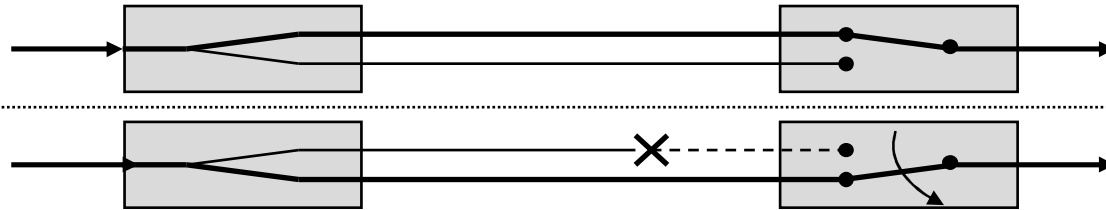


Ersatzschaltung (1)

1+1

Normalbetrieb

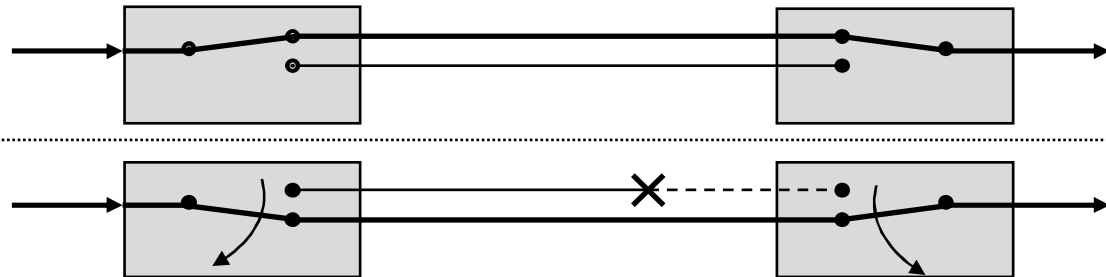
Fehlerfall



1:1

Normalbetrieb

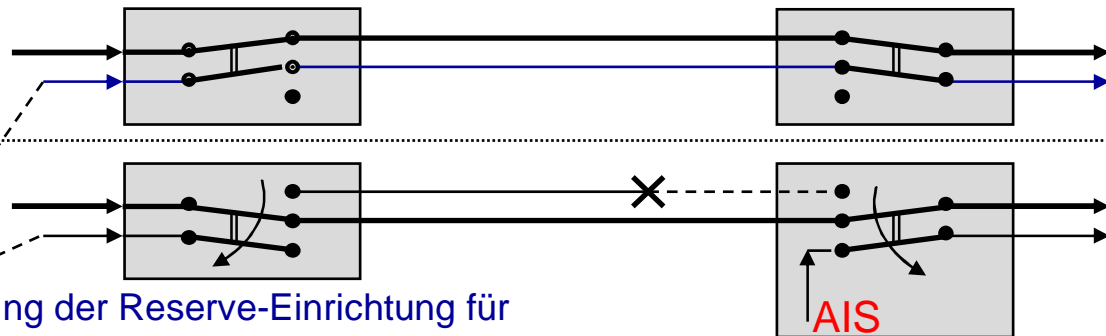
Fehlerfall



1:1 (opt.)

Normalbetrieb

Fehlerfall



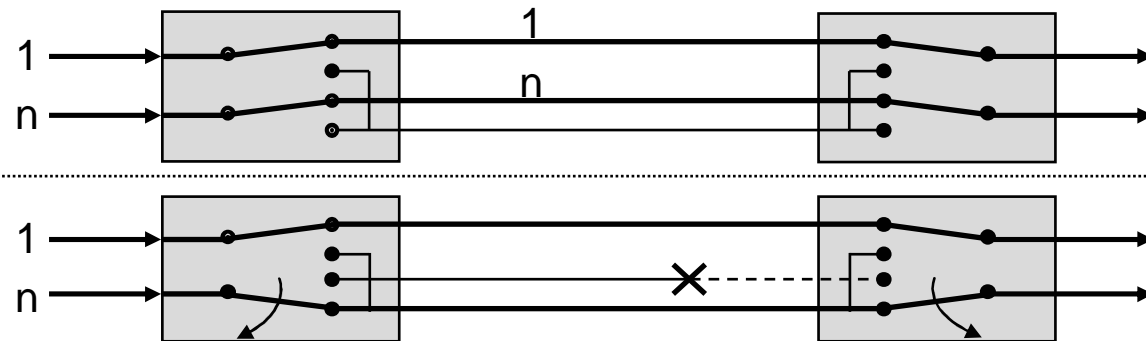
zusätzliche Nutzung der Reserve-Einrichtung für
Verkehr von untergeordneter Wichtigkeit

Ersatzschaltung (2)

1:n

Normalbetrieb

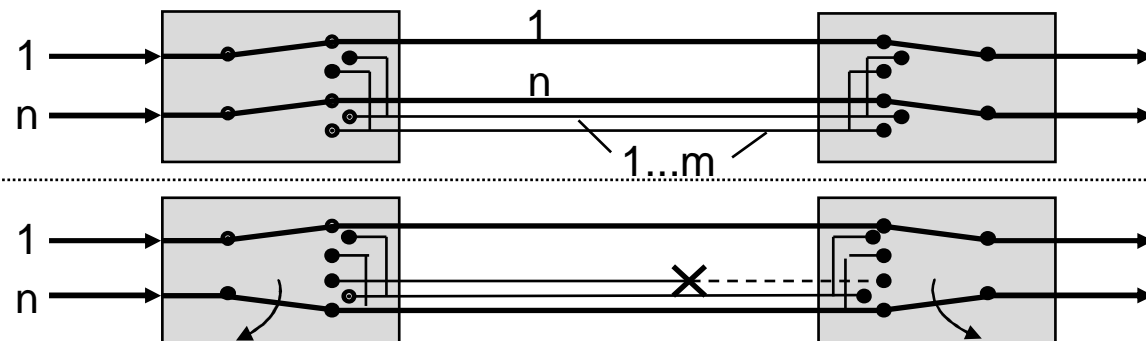
Fehlerfall



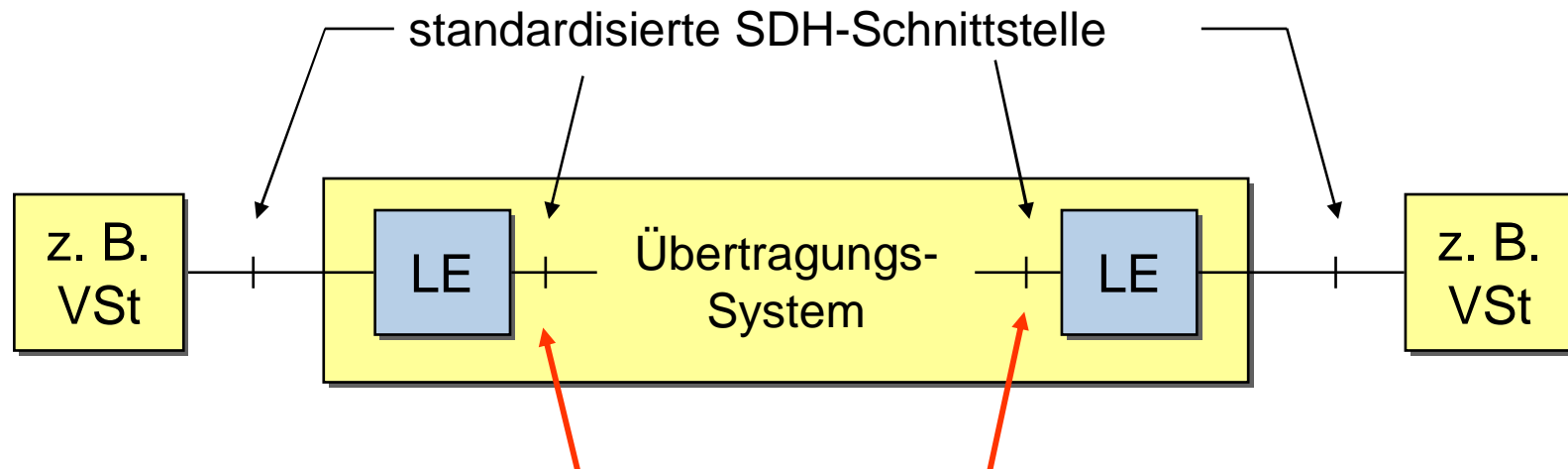
m:n

Normalbetrieb

Fehlerfall



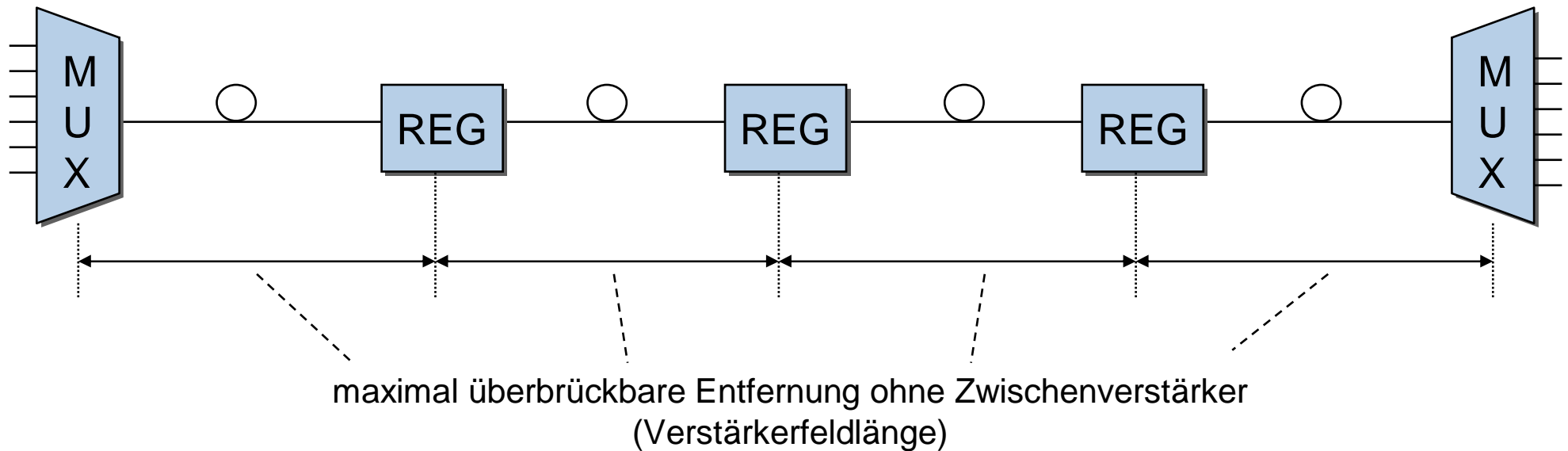
Schnittstellen eines SDH-Systems



Im Gegensatz zu PDH sind auch die Leitungsschnittstellen standardisiert. Das erlaubt das freizügige Zusammenschalten von Geräten unterschiedlicher Hersteller.

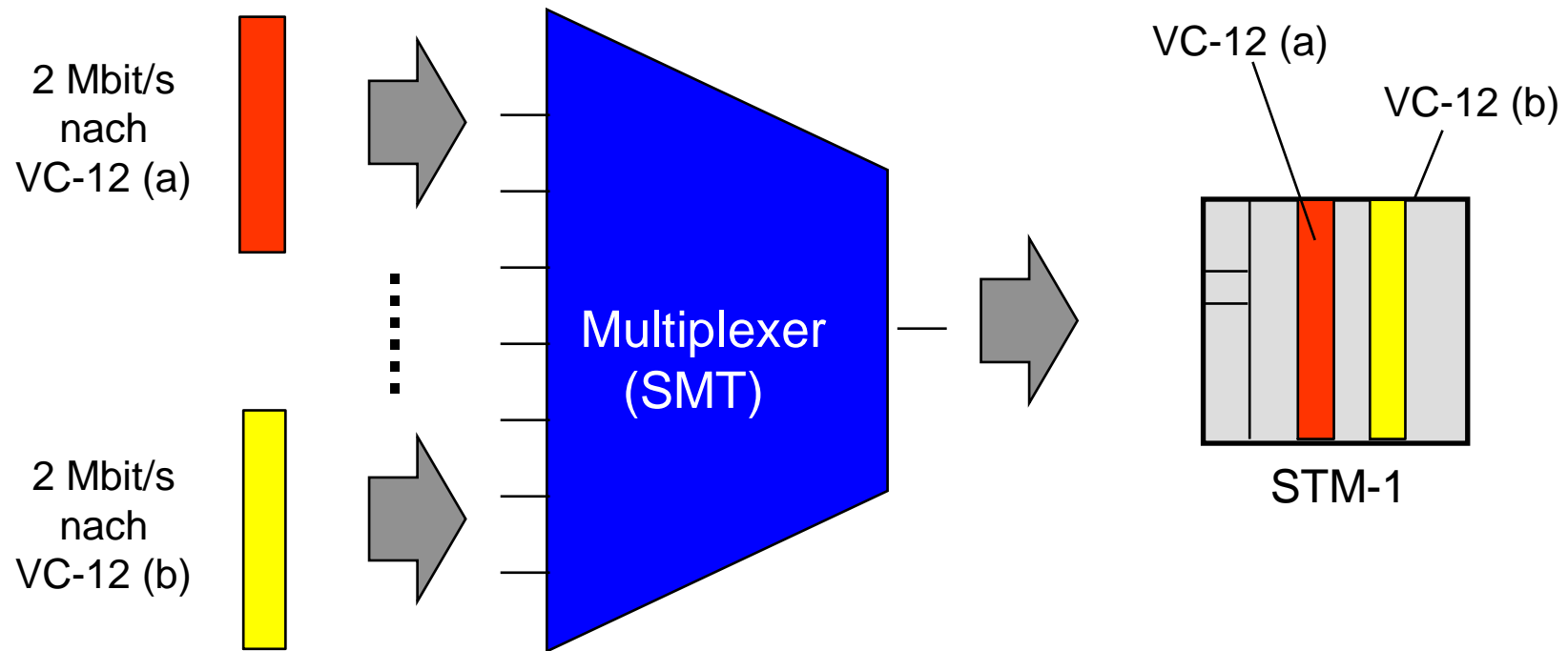
LE Leitungsendgerät
VSt Vermittlungsstelle

Geräte: Regenerator



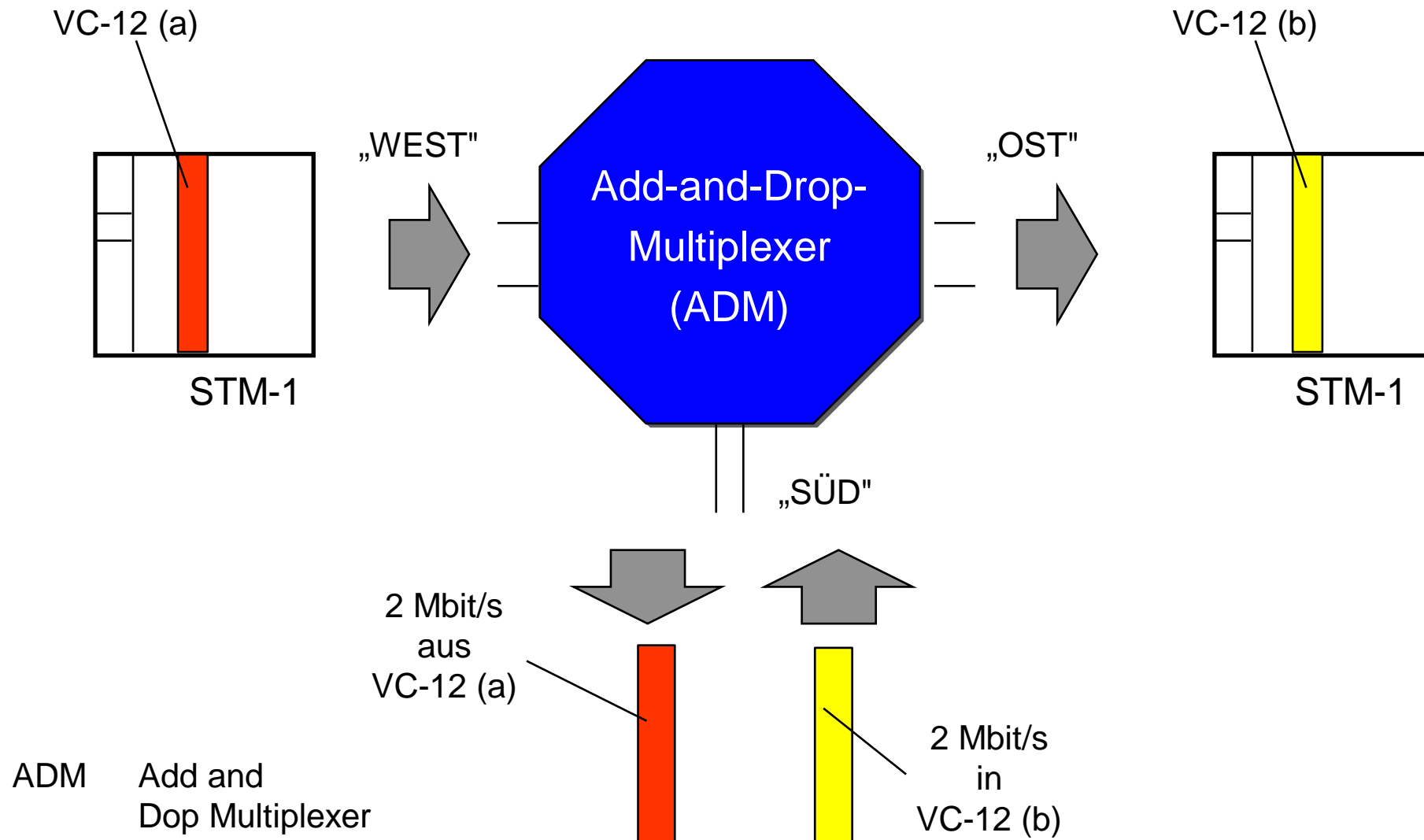
MUX Multiplexer/Demultiplexer
REG Regenerator

Geräte: Multiplexer/Demultiplexer

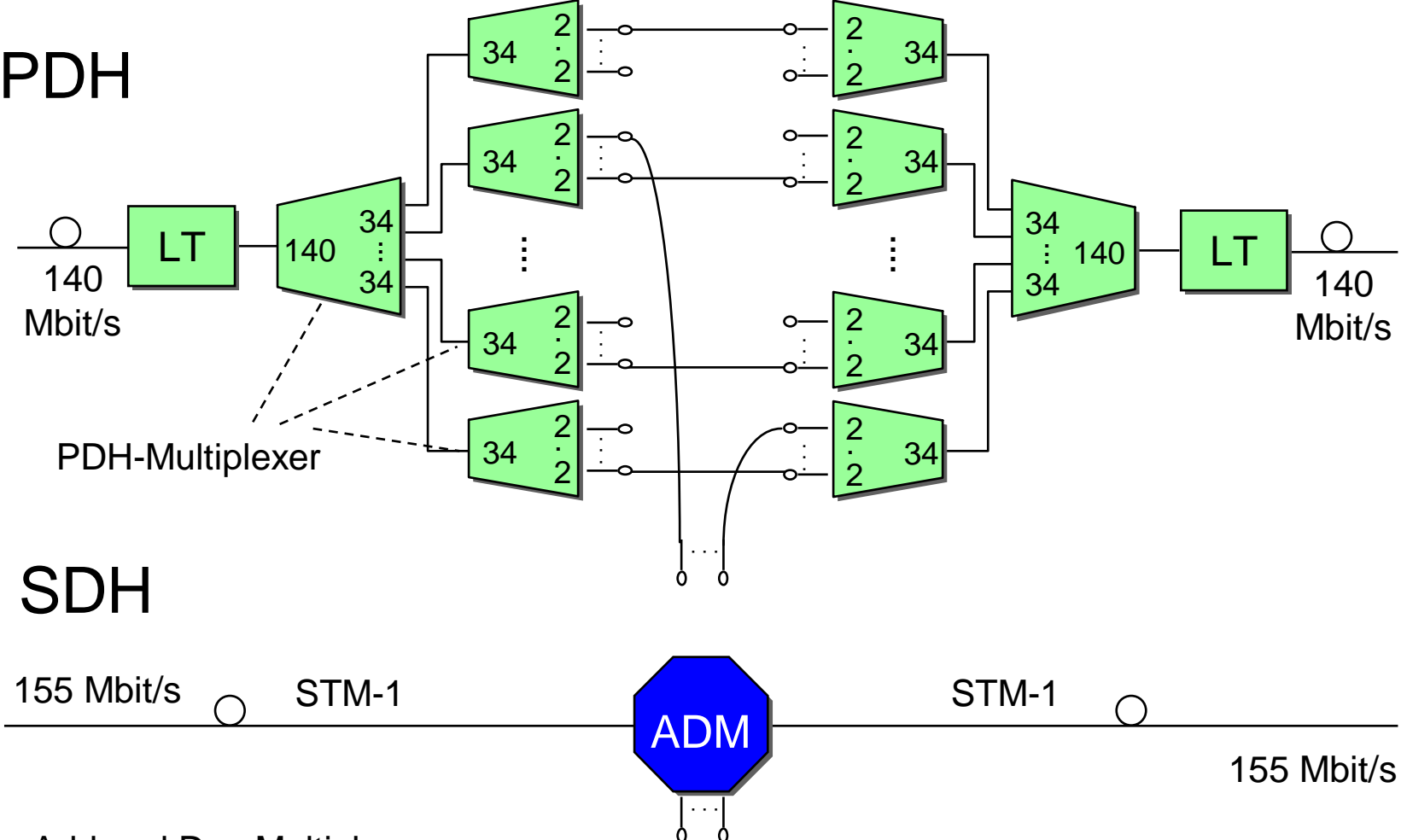


SMT Synchronous Multiplex Terminal

Geräte: Add-and-Drop-Multiplexer

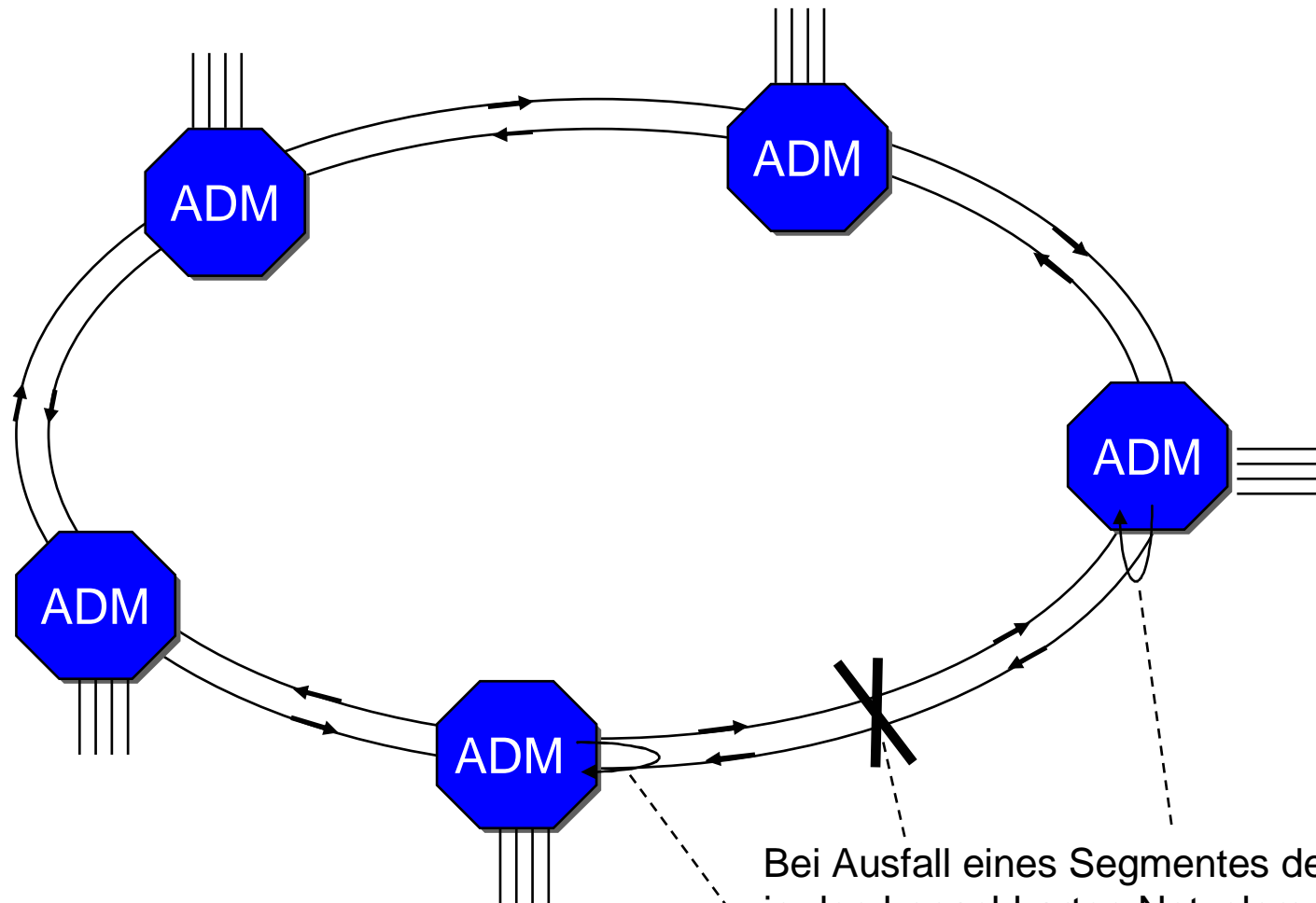


Vorteil des Add-and-Drop-Multiplexers



ADM Add and Dop Multiplexer
LT Line Termination

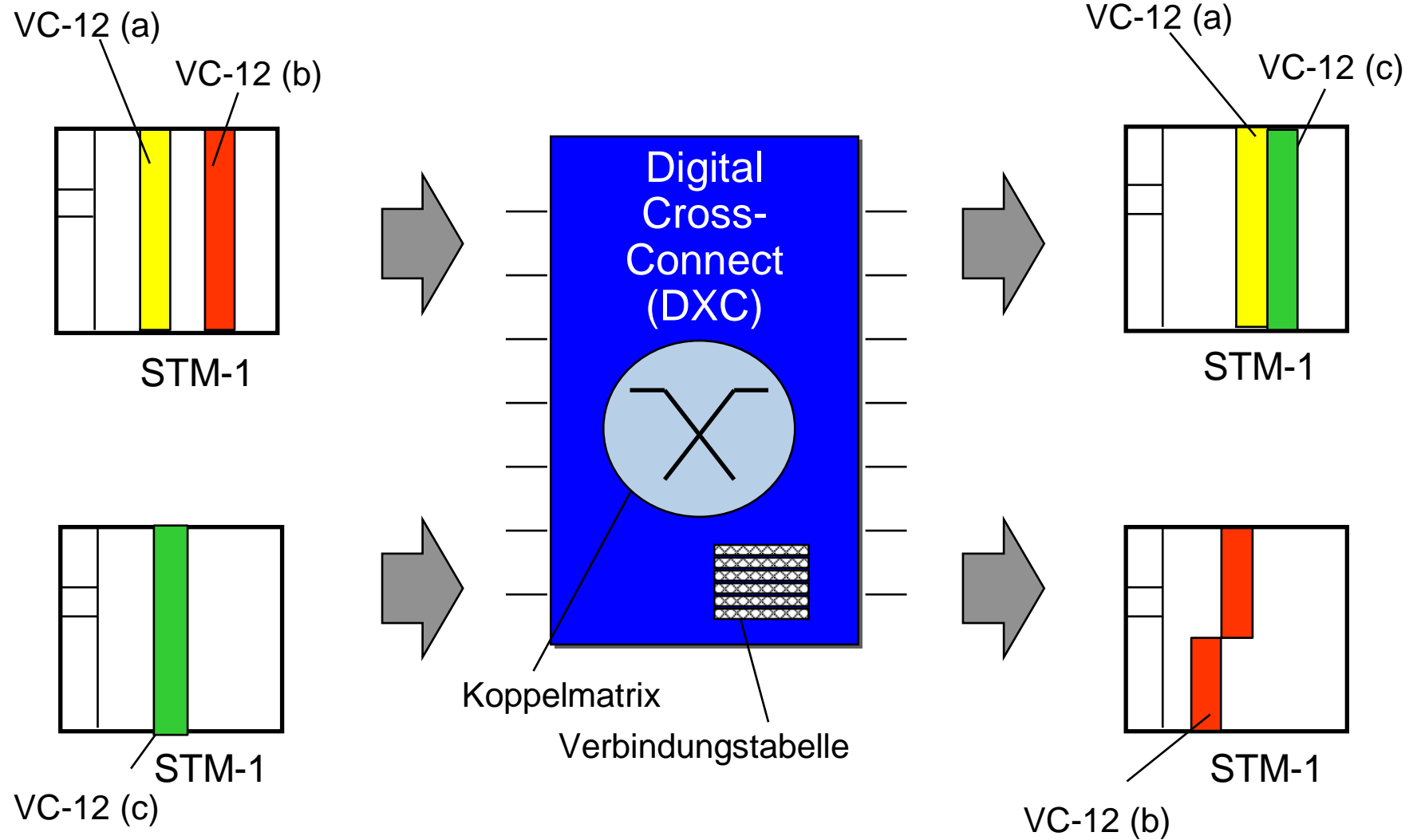
Ring mit ADMs



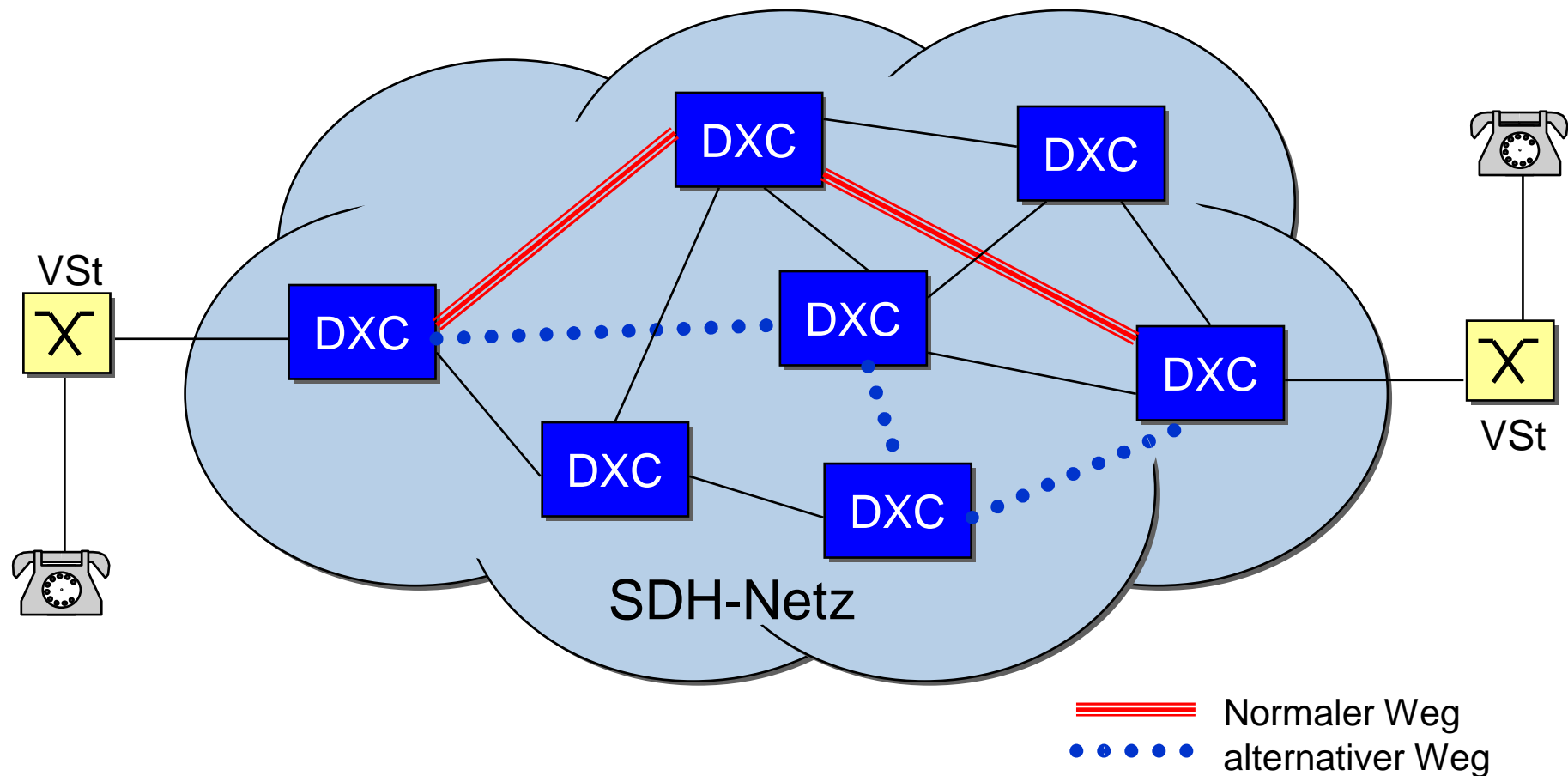
Bei Ausfall eines Segmentes des Rings wird in den benachbarten Netzelementen der Ring wieder geschlossen

ADM Add and
Drop Multiplexer

Geräte: Cross-Connect



Einsatz des Cross-Connect im vermaschten Netz



DXC Digital Cross Connect

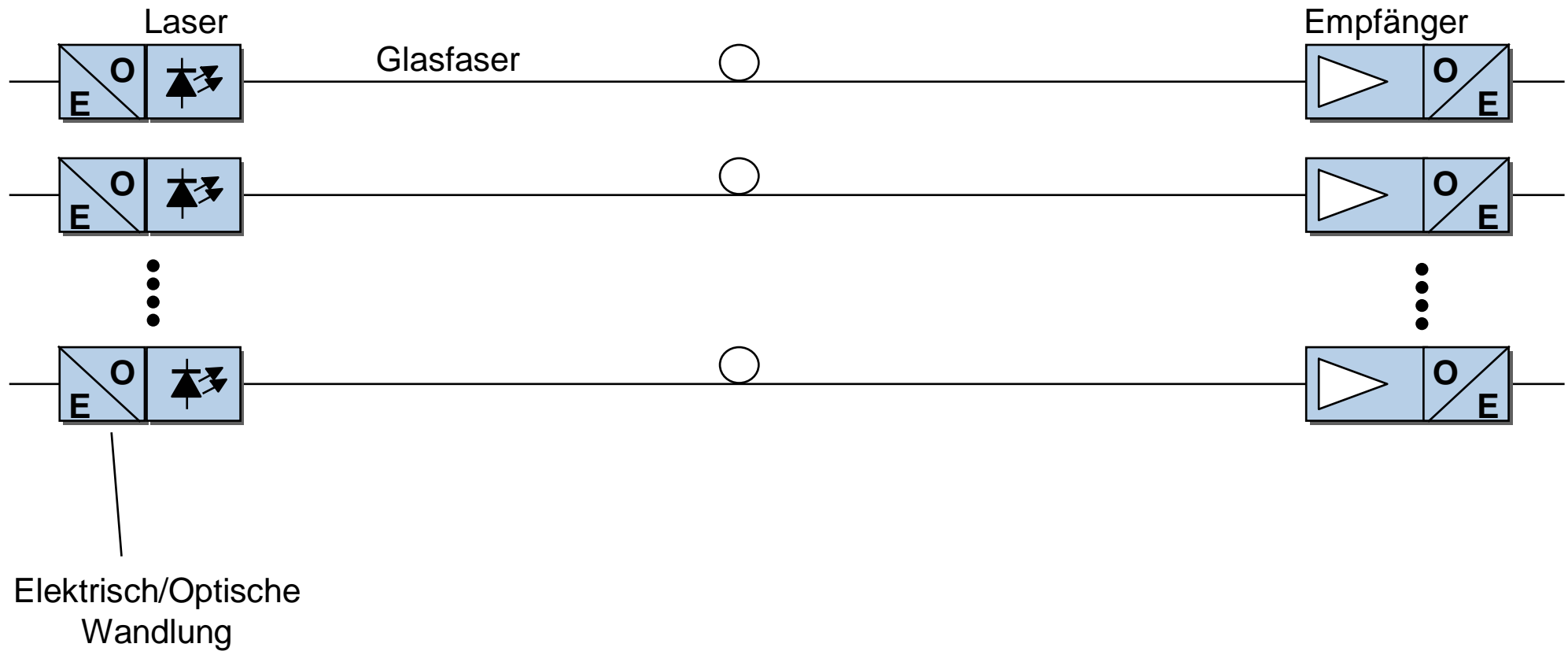
Vorteile der SDH

- standardisiert für hohe Bitraten,
- weltweiter Standard erlaubt Interoperabilität,
- transportiert „Container“ in denen wiederum PDH-Signale, SDH-Signale IP-Pakete usw. transportiert werden können,
- verbesserte Ausnutzung der Netzkapazität durch Grooming (Zusammenfassen von Containern),
- einfaches Entnehmen und Einfügen von Teilsignalen,
- ausgeprägte Operations- und Maintenance-Funktionen (OAM),
- höhere Flexibilität,
- verbesserte Verfügbarkeit durch Ersatzschaltung,
- Reduktion der Wartungskosten durch Verkehrslenkung (Re-Routing),
- Kostenreduktion durch Durchschaltung nach Bedarf
- Qualitätsgarantie durch Ende-zu-Ende Bitfehlerüberwachung

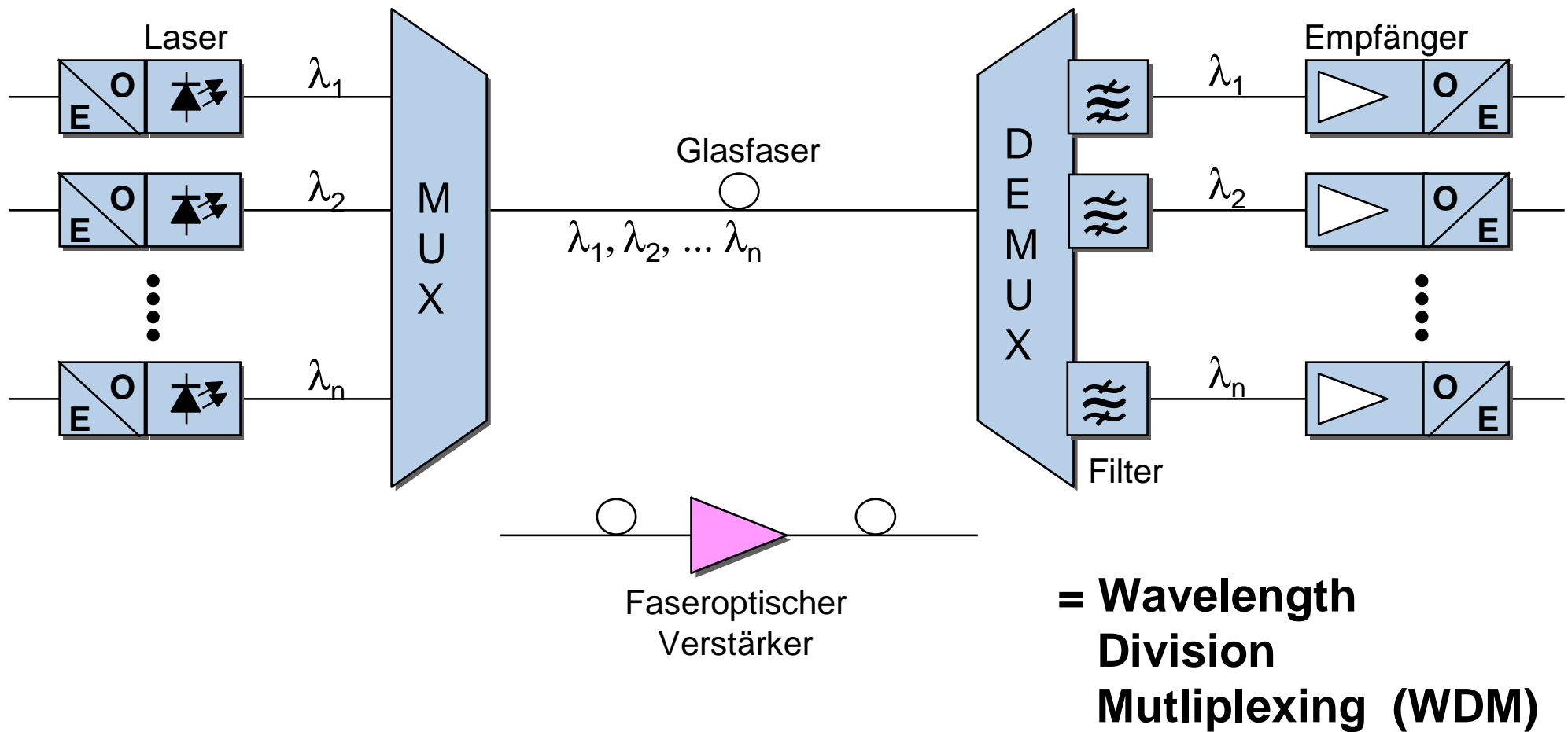
Inhalt

- Grundlagen Übertragungstechnik
- Übertragungsmedien – Kabel und Glasfaser
- Frequenzmultiplex-Systeme (TF-Systeme)
- Leitungscodierung
- Plesiochrone Digitale Hierarchie (PDH)
- Synchrone Digitale Hierarchie (SDH)
- Wellenlängenmultiplex (WDM)
- Optische Transport Hierarchie (OTH)

Nutzung mehrerer Glasfasern



Nutzung mehrerer Wellenlängen auf einer Faser



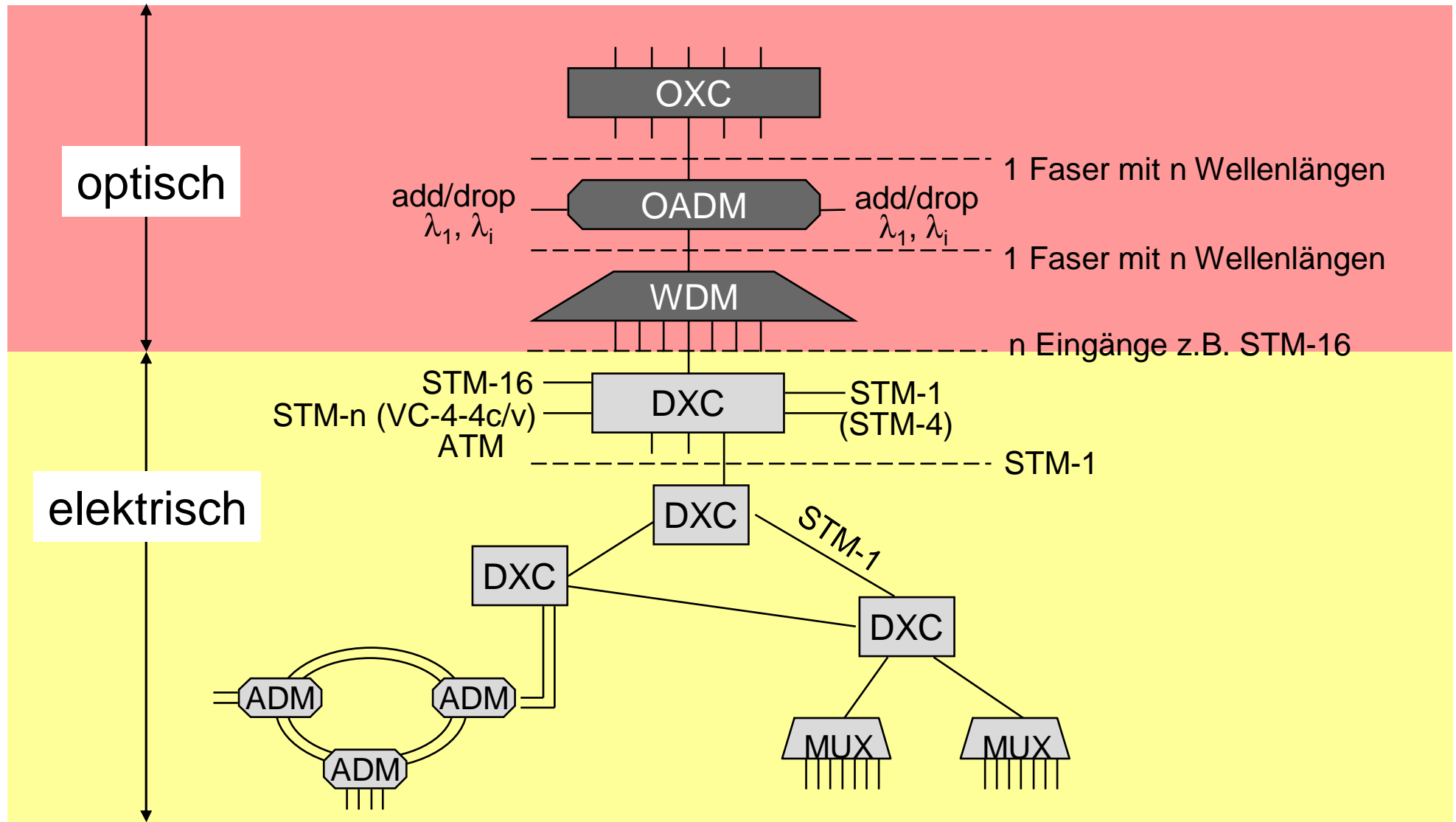
Optische Parameter bei CWDM und DWDM

Parameter	bei CWDM (Coarse WDM)	bei DWDM (Dense WDM)
Kanalzahl	typisch 8 oder 16	je nach Kanalabstand bis zu 160
Wellenlängen- bereich	1270 ... 1610 nm	1528 ... 1602 nm
Kanalabstände	>1000 GHz (8 nm) Standardisiert: 20 nm	<1000 GHz (8 nm) Standardisiert: - 200 GHz - 100 GHz - 50 GHz - 25 GHz - 12,5 GHz
zulässige Abweichung	6 ... 7 nm	$\pm 0,16$ nm (= ca. ± 20 GHz)
Reichweite	ca. 50 km	drei Bereiche mit 80 km, 120 km und 160 km

Optische Schnittstellen

Type	Bezeichnung	Reichweite	
		bei 1310 nm	bei 1550 nm
I	Intra-Office	2 km	25 km
S	Inter-Office, short-haul	20 km	40 km
L	Inter-Office, long-haul	40 km	80 km
V	Inter-Office, very long-haul	60 km	120 km
H	Inter-Office, ultra long-haul	-	160 km

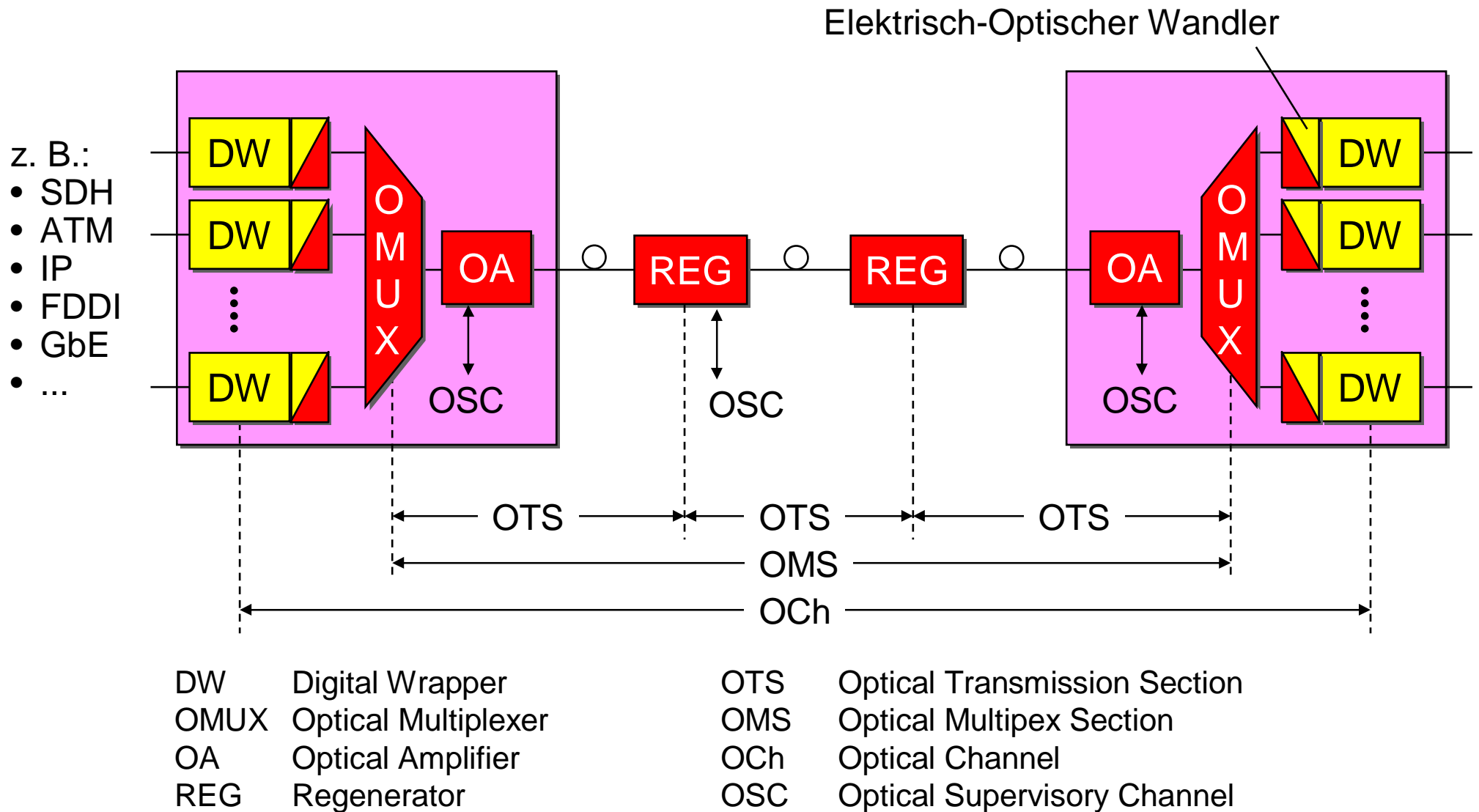
WDM-Systeme als Erweiterung



Inhalt

- Grundlagen Übertragungstechnik
- Übertragungsmedien – Kabel und Glasfaser
- Frequenzmultiplex-Systeme (TF-Systeme)
- Leitungscodierung
- Plesiochrone Digitale Hierarchie (PDH)
- Synchrone Digitale Hierarchie (SDH)
- Wellenlängenmultiplex (WDM)
- Optische Transport Hierarchie (OTH)

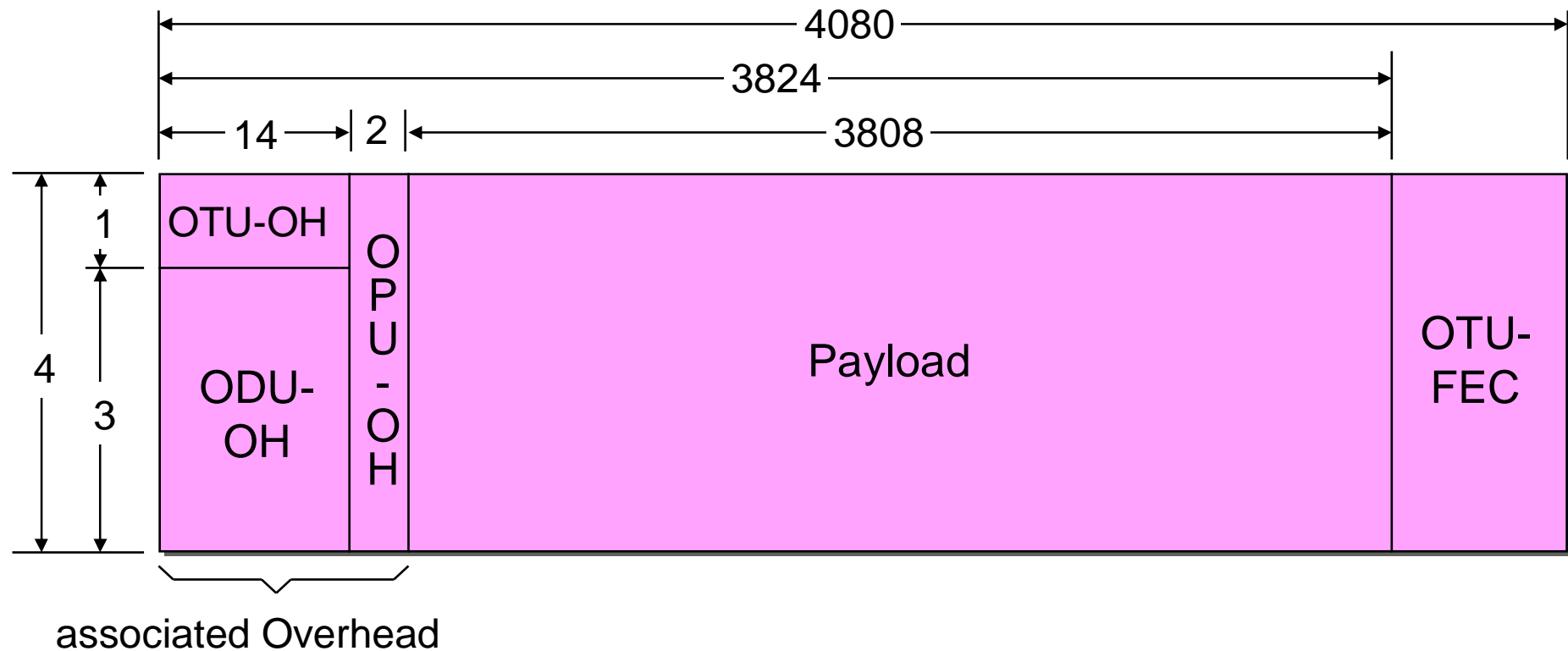
Optical Channel und Optical Sections in OTH



Sections und Pathes in SDH und OTH

SDH	OTH
Virtual Container (VC)	Optical Channel (OCh)
Multiplex Section (MS)	Optical Multiplex Section (OMS)
Regenerator Section (RS)	Optical Transmission Section (OTS)

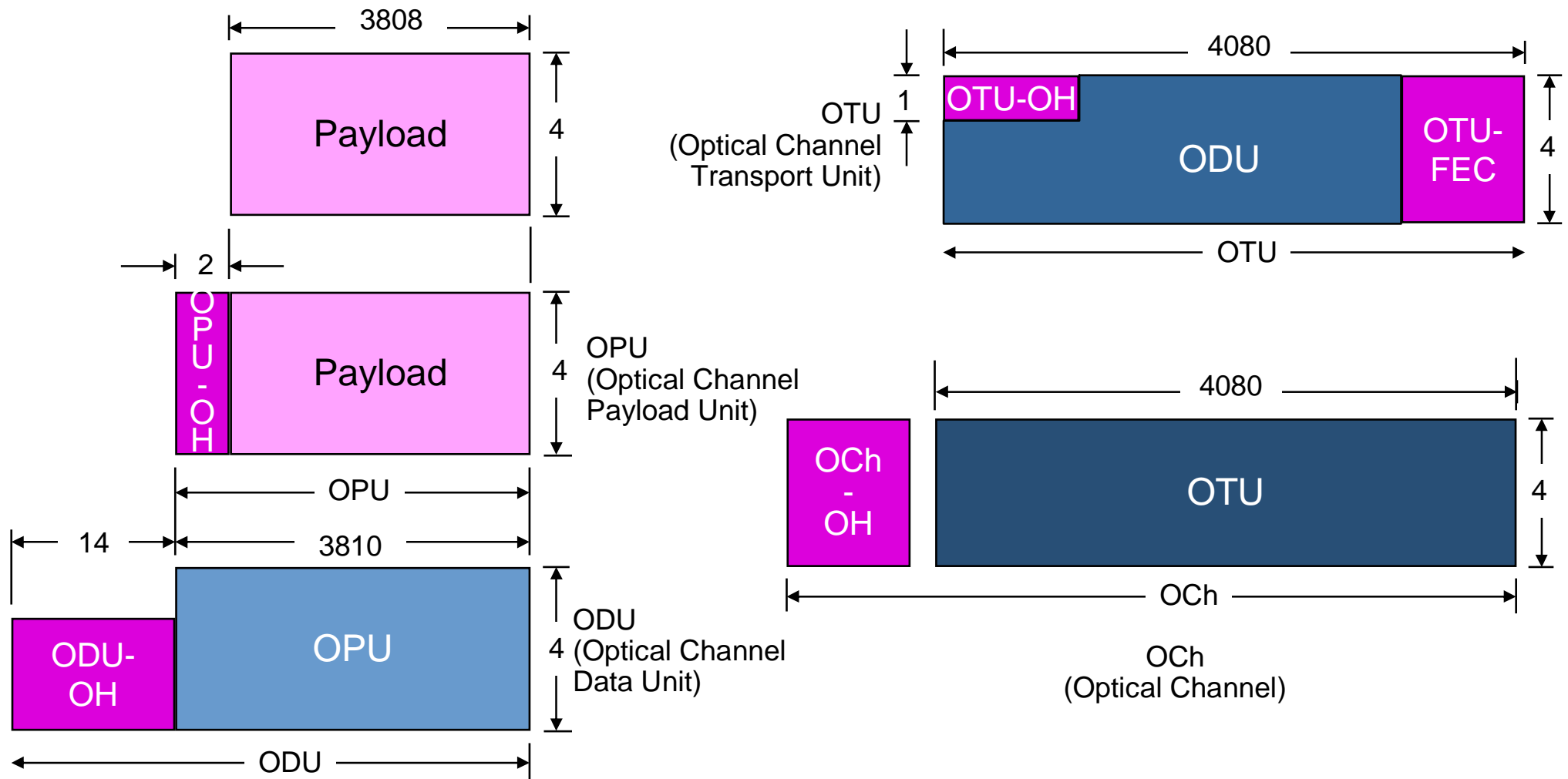
Optical Channel Transport Unit



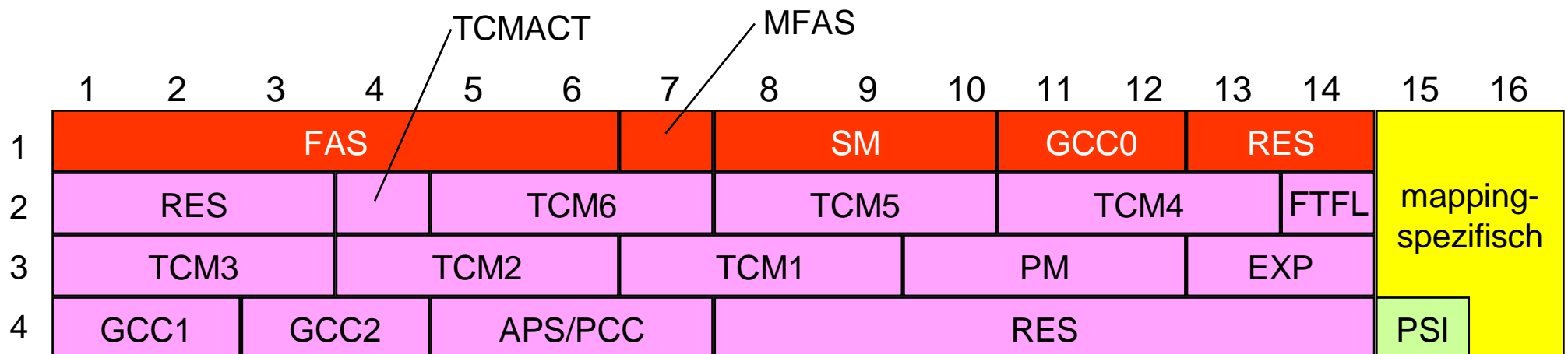
ODU Optical Channel Data Unit
 OPU Optical Channel Payload Unit
 OTU Optical Channel Transport Unit

OH Overhead
 FEC Forward Error Correction

Elektrischer Teil der Optischen Transport Hierarchie



Overheadstruktur



Zuordnung:

OTU-OH
ODU-OH
OPU-OH

OTH-Hierachiestufen

Stufe	Rahmendauer (gerundet auf 3 Kommastellen)	Übertragungsgeschwindigkeit der Payload
1	48,971 μ s	2 488, 320 000 Mbit/s
2	12,191 μ s	9 995, 276 962 Mbit/s
3	3,035 μ s	40 150, 519 322 Mbit/s

PDH -> Jeder Rahmen hat eine andere Rahmendauer.

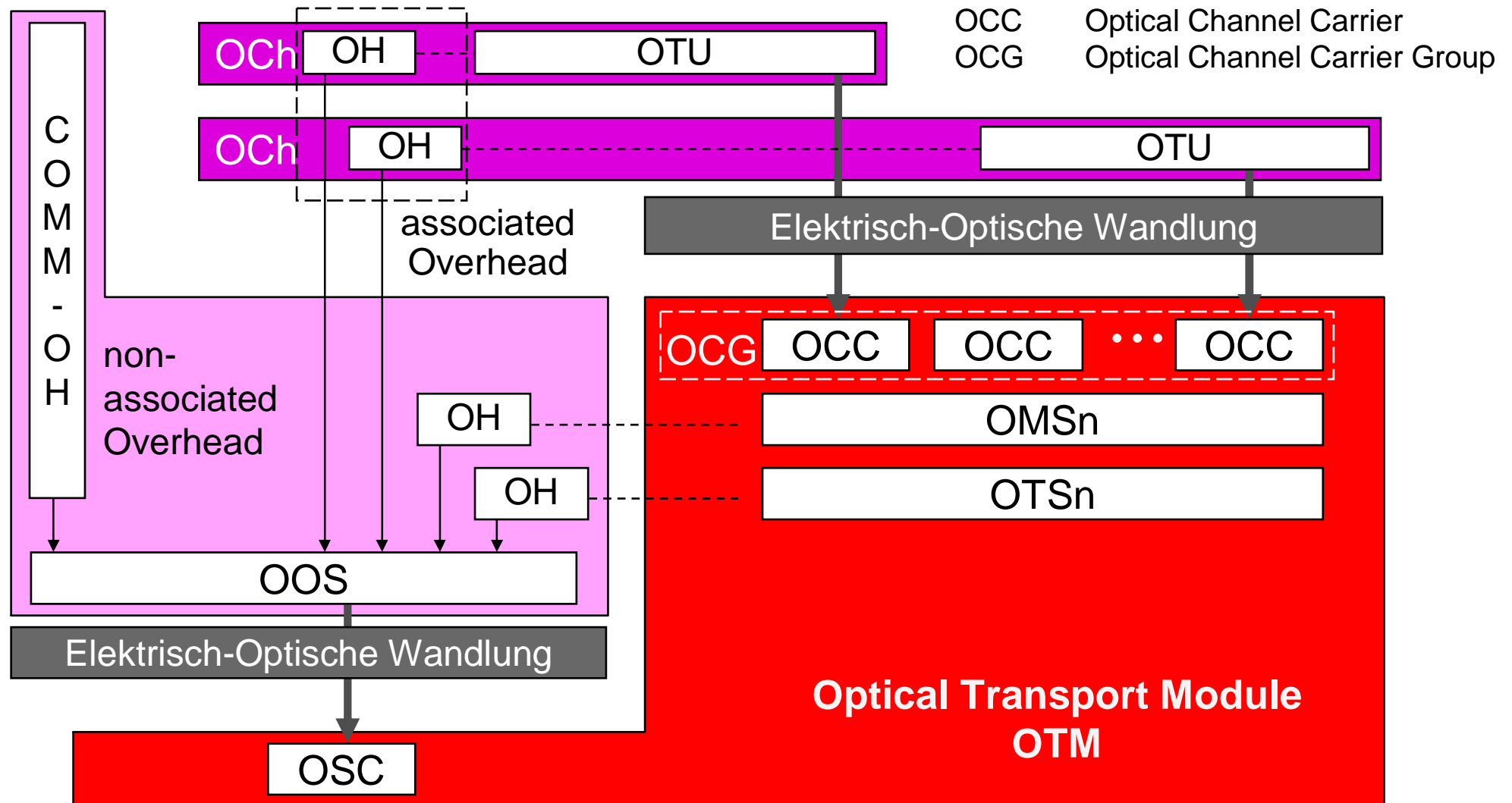
SDH -> Jeder Rahmen hat eine Dauer von 125 μ s.

OTH -> Jeder Rahmen hat wieder eine andere Rahmendauer.

Nachträglich wurden zwei weitere
Hierarchiestufen eingeführt:

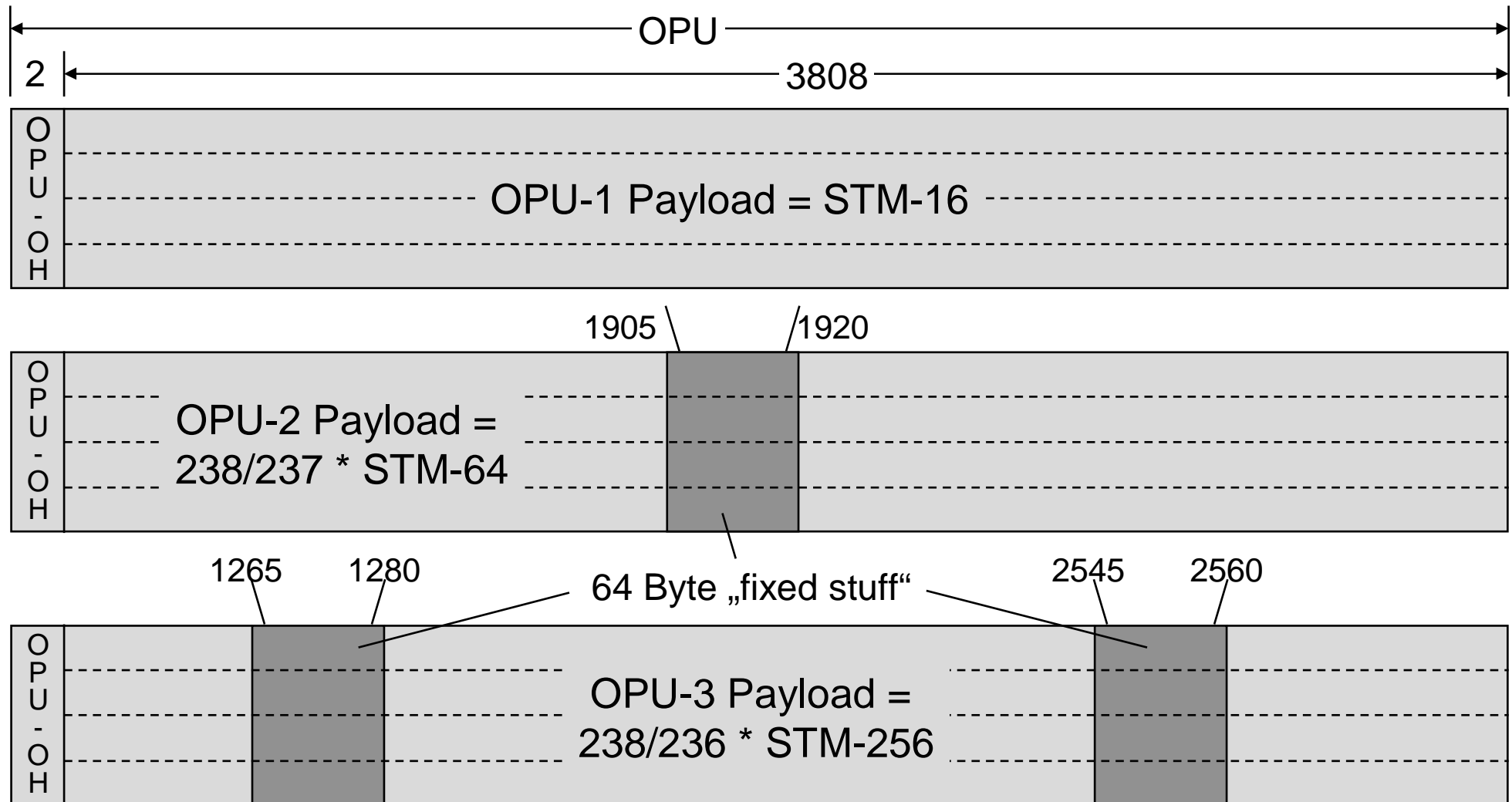
0	1 Gbit/s
4	100 Gbit/s

Optischer Teil der Optischen Transport Hierarchie



Mapping von SDH in die OPUs

BACKUP





ENDE

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Dipl.-Ing. Harald Orlamünder
harald.orlamuender@t-online.de