

Vorlesung Kommunikationstechnik

Kabelfernsehtetze

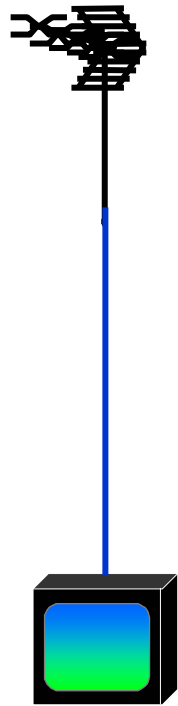
Harald Orlamünder

SS 2014

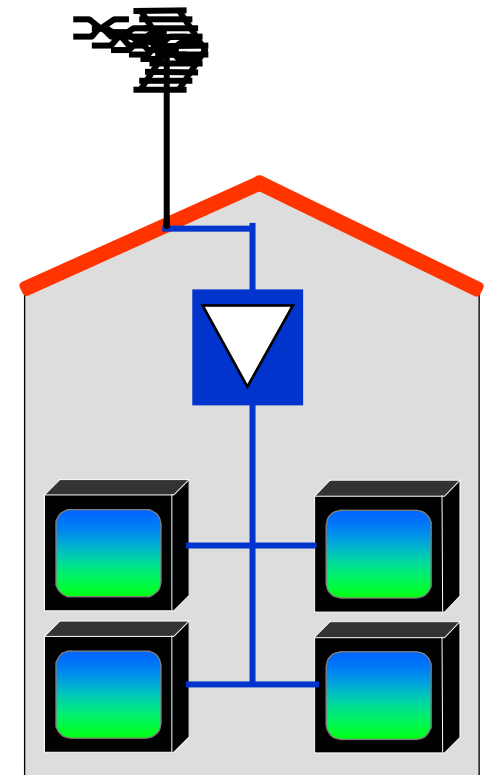
Inhalt

- Historische Entwicklung der Kabelnetze
 - Architektur der Kabelnetze
 - Architektur der Hybrid-Fiber-Coax Netze
 - Frequenzaufteilung in den Kabelnetzen
 - Signale in Kabelnetzen
 - Weiterentwicklungen
 - Relevante Standards

Historische Entwicklung der Kabelnetze (1)



- Der Empfang der Fernsehsignale erfolgte in Deutschland zunächst über **Einzelempfangsanlagen**.
- In den 1960er Jahren wurde damit begonnen, in größeren Wohnhäuser **Gemeinschafts-Antennenanlagen** zu errichten, um die unästhetischen, sich gegenseitig im Empfang hindernden, mechanisch unsicheren Antennenwälder auf den Dächern zu vermeiden.

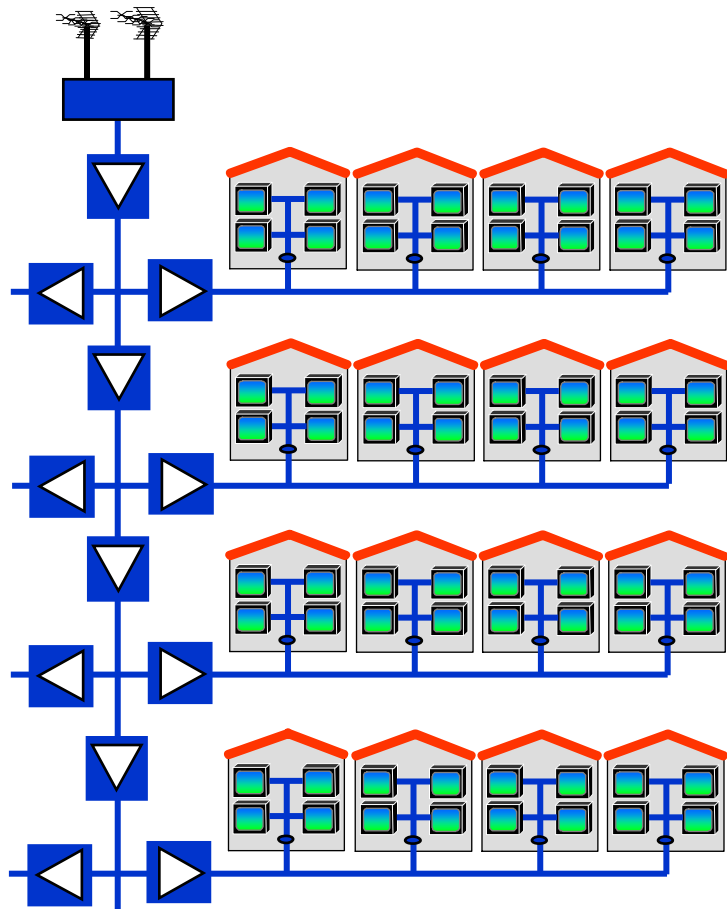


Historische Entwicklung der Kabelnetze (2)

- Mit der Zunahme der empfangbaren Programme wuchs auch der erforderliche Aufwand in der Empfangsanlage und es wurde erkannt, dass diese sich um so schneller amortisierten, je mehr Teilnehmer daran angeschlossen wurden.
- Dem Zusammenschluss von mehreren Gemeinschafts-Antennenanlagen zu **Kabelnetzen** stand in Deutschland jedoch zunächst das der Deutschen Bundespost vorbehaltene Monopol der Errichtung und des Betriebes von Grundstücks-übergreifenden Telekommunikations-Infrastrukturen im Weg.
- Erst Anfang der 70er Jahren, als es in anderen Ländern längst Kabelnetze gab, erhielt die damalige Deutsche Bundespost den Auftrag, die Machbarkeit eines möglichst flächendeckenden Kabelnetzes zu untersuchen.

Historische Entwicklung der Kabelnetze (3)

- Daraus entstand ein in der Welt einzigartiges modulares Konzept für das deutsche BK-Netz (BK = Breitbandkommunikation).



- Dieses in mehreren **Technischen Richtlinien** (TR) des damaligen **Fernmeldetechnischen Zentralamtes** (FTZ) beschriebene System wurde in den 80er Jahren an die gewachsenen Ansprüche angepasst und konsequent umgesetzt.
- Auch in den neuen deutschen Bundesländern wurde nach der Wende überwiegend diese Technik eingesetzt, mit der heute ca. **68%** der deutschen Haushalte mit Fernseh- und Tonrundfunksignalen versorgt werden können.

Historische Entwicklung der Kabelnetze (4)

- Mit der von der europäischen Kommission ausgelösten **Deregulierung** des Telekommunikationsmarktes im Jahre 1998 wurde das Infrastrukturmonopol aufgehoben.
- Damit war theoretisch der Weg für andere Netzbetreiber frei, nun ebenfalls größere zusammenhängende Kabelnetze zu errichten.
- Trotzdem behielt die Deutsche Telekom AG als Rechtsnachfolgerin der Deutschen Bundespost mit ihrem übernommenen BK-Netz in den meisten Regionen de facto eine Monopolstellung.
- Allerdings wurden zur Förderung des Mittelstandes die Netzebene 4, teilweise auch die Netzebene 3, in die Hände mittelständischer Unternehmen vergeben.


Historische Entwicklung der Kabelnetze (5)

- Eines der Ziele der Deregulierung des Telekommunikationsmarktes war das Aufbrechen von Monopolen und die Förderung des Wettbewerbes.
- Die Tatsache, dass die **Deutsche Telekom AG** in Deutschland mit dem **Telefonnetz** und dem **BK-Netz** Monopole in gleich zwei sehr leistungsfähigen und zukunftssträchtigen Telekommunikationsnetzvarianten besaß, lief diesen Zielen zuwider.
- So war es von Anfang an eine offen ausgesprochene Forderung der europäischen Kommission, dass die Deutsche Telekom AG sich von einem der beiden Netze trennen müsse.
- Dennoch sollte es bis 2003 dauern, bis die Deutsche Telekom AG ihre BK-Sparte in die **Kabel Deutschland GmbH** ausgliederte und vollständig verkaufte.


Regionale Aufteilung der deutschen Kabelnetze (NE3)

Tochter von
Liberty Global
(Denver, USA)

iesy (incl. ex ish)


UnityMedia

Kabel Baden-
Württemberg


Kabel BW
TV • Radio • Internet • Telefonie



Total HP (Homes Passed): 28 Mio.
Total HC (Homes Connected): 24,6 Mio.

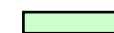
Hedgefonds & Banken



Tele-
columbus

 **telecolumbus**

↓ **Übernahme
geplant**

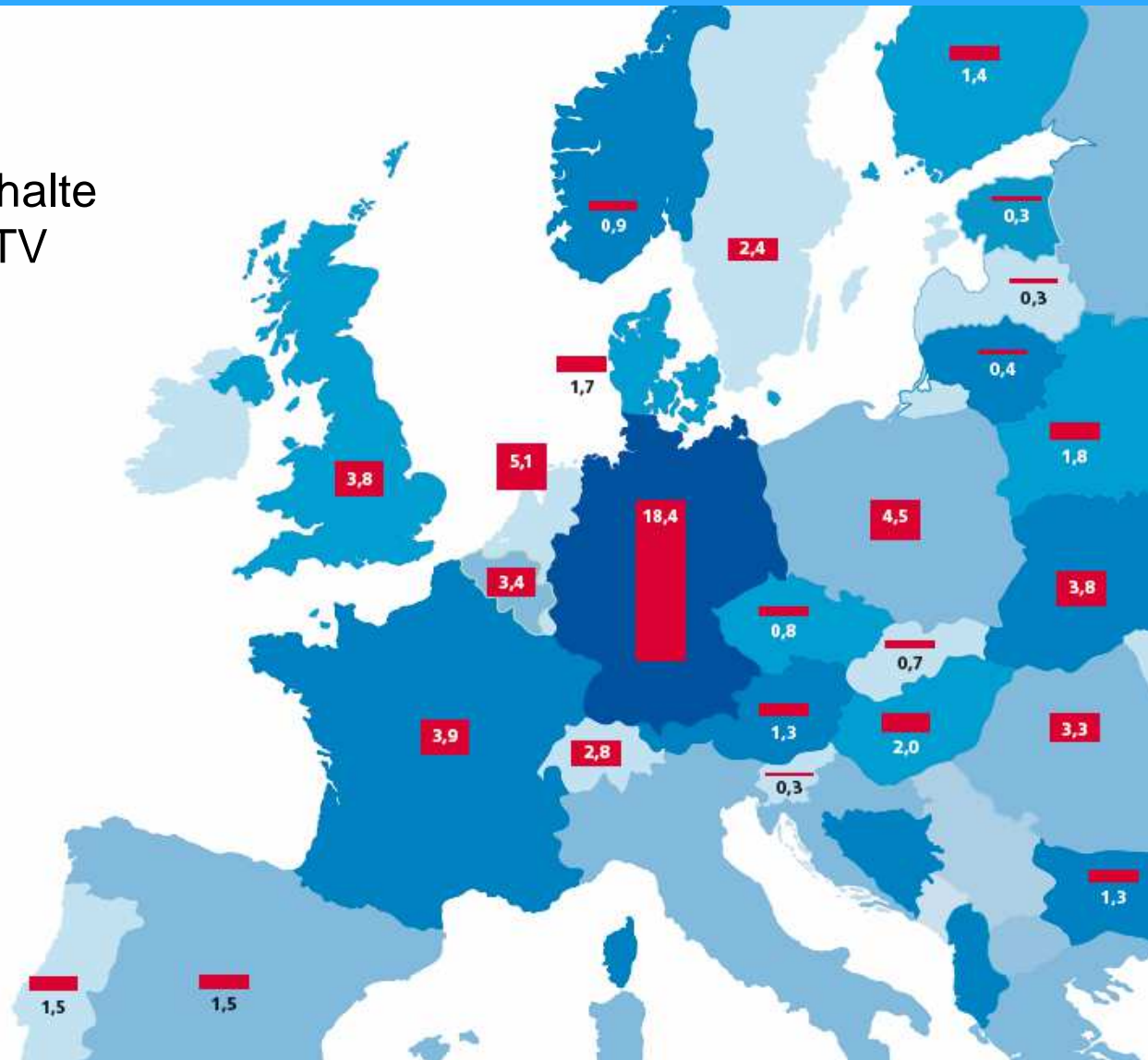
Investor: Providence Equity Partners


Kabel
Deutschland

 **Kabel Deutschland**

Kabelnutzung in Europa

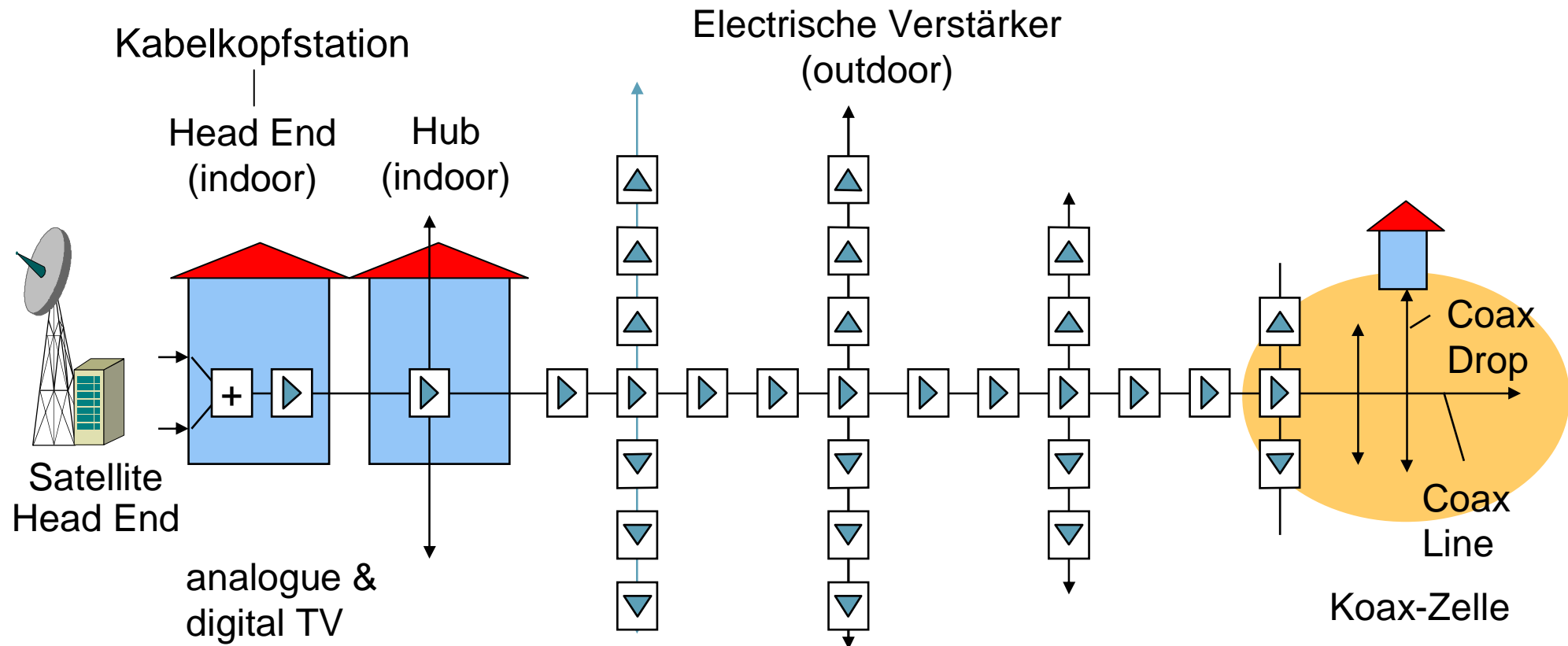
Anzahl Haushalte
mit Kable-TV
in MIO.



Inhalt

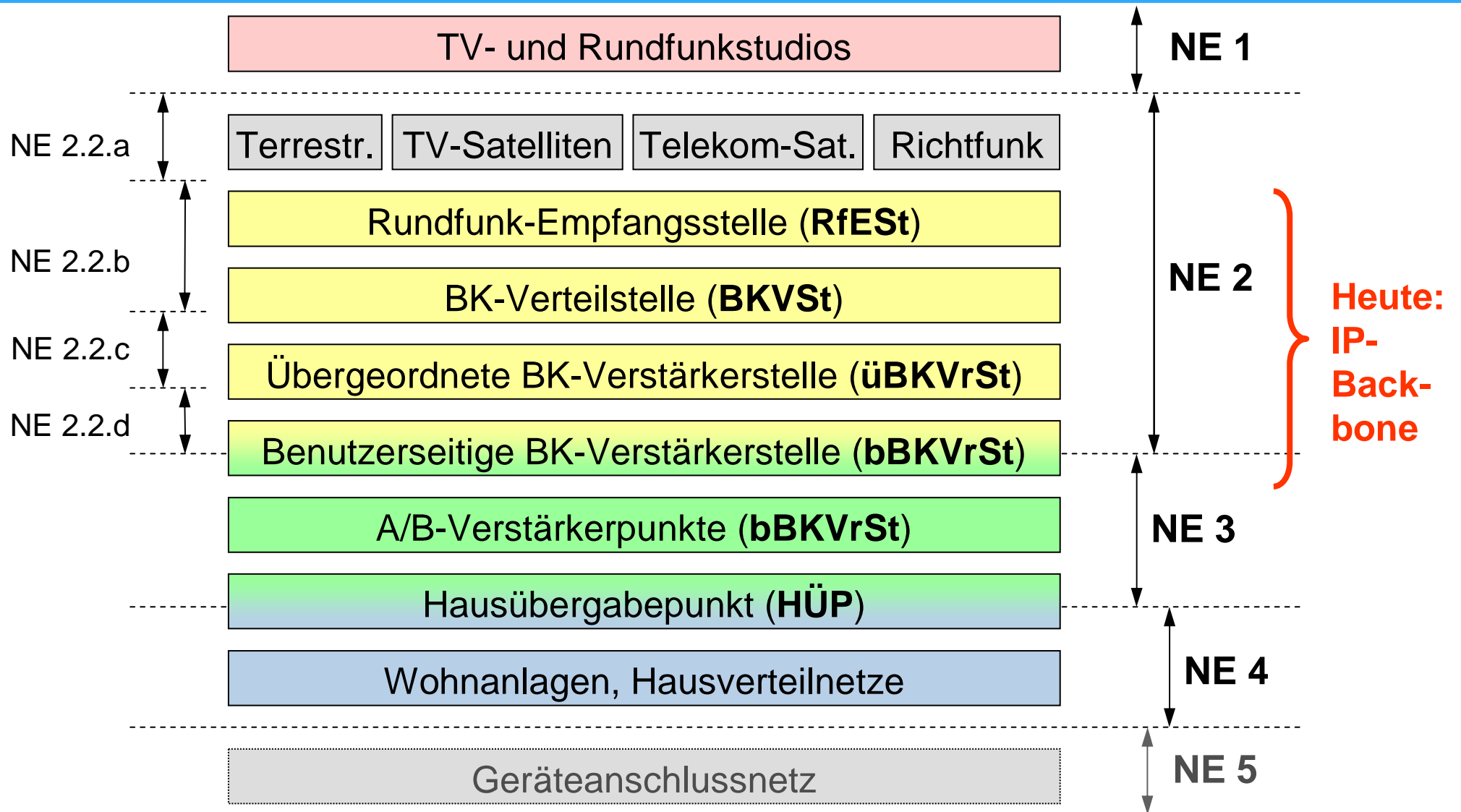
- Historische Entwicklung der Kabelnetze
- Architektur der Kabelnetze
- Architektur der Hybrid-Fiber-Coax Netze
- Frequenzaufteilung in den Kabelnetzen
- Signale in Kabelnetzen
- Weiterentwicklungen
- Relevante Standards

Klassischer Aufbau von deutschen Kabelnetzen

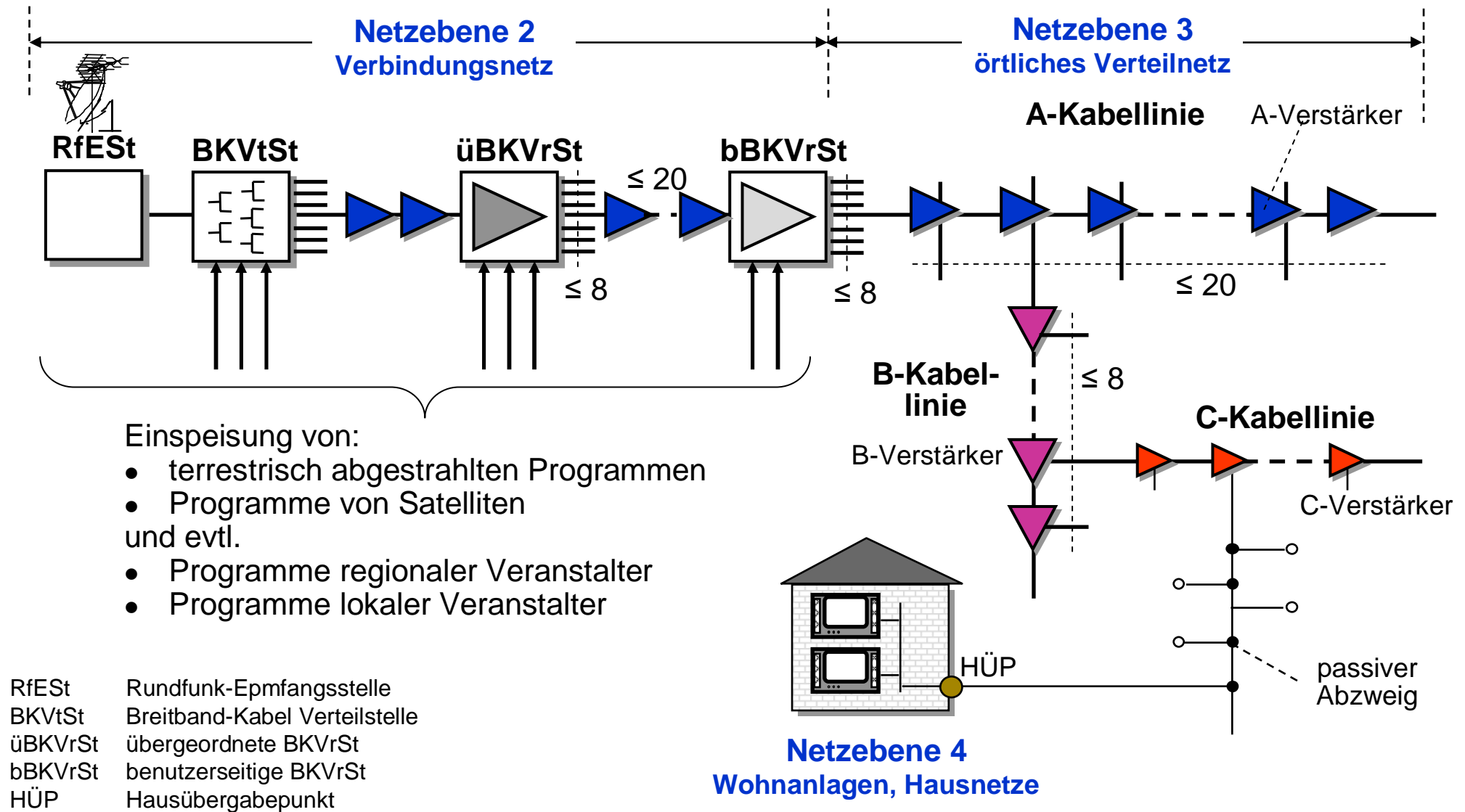


Verteilnetz (unidirektional), Koax, 300 ... 862 MHz Bandbreite

Netzebenen (NE) im Deutschen BK-Netz (1)



Netzebenen (NE) im Deutschen BK-Netz (2)



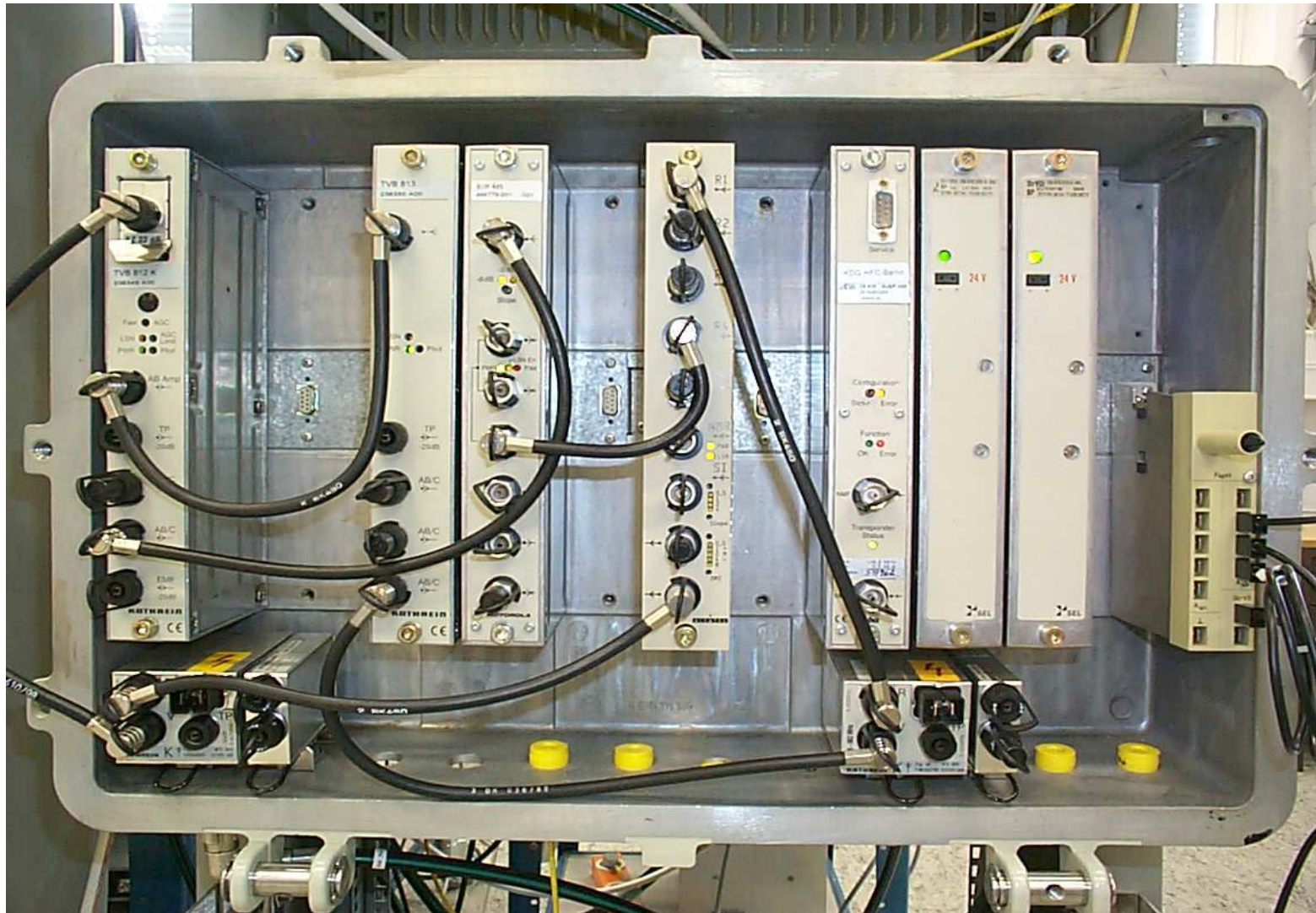
Ehemalige Bausteine des Deutschen BK-Netzes

- **99 Breitbandkabel-Verteilerstellen (BKVtSt)**
 - Satellitenempfang und Verteilung hauptsächlich über AM-TV-Tn/12300
 - Analoges Richtfunksystem AM-TV-Tn/12300, Reichweite ~30 km; 23 analoge TV-Kanäle und 20 Stereo-Tonkanäle
- **ca. 1100 übergeordnete Breitbandkabel-Verstärkerstellen (üBKVrSt)**
 - Empfang terrestrischer Signale und Signale von BKVtSt, Zusammenstellung des Sendeprogramms, etwa 1/3 ist autark, d.h. mit eigenem Satellitenempfänger
- **ca. 4000 benutzerseitige Breitbandkabel-Verstärkerstellen (bBKVrSt)**
 - Versorgung durch die üBKVrSt über Koaxialkabel mit Länge <20 km, Zahl der Verstärker <20 (in Summe: ca. 40 000 Verstärker), später teilweise durch Glasfaserübertragung ersetzt
- **BK-Verbindungsnetz – ca. 200 000 Verstärkerpunkte in der NE3**
 - Stern-Baum-Netz von einer bBKVrSt bis zum „C-Verstärker“, max. 23 Linear- (A-) oder Verteil-(B-)Verstärker pro Verbindung, Reichweite <5 km
- **Koax-Zellen**
 - Koax-Kabel C-Verstärker zu den Teilnehmern, Länge <300 m, <30 HÜP

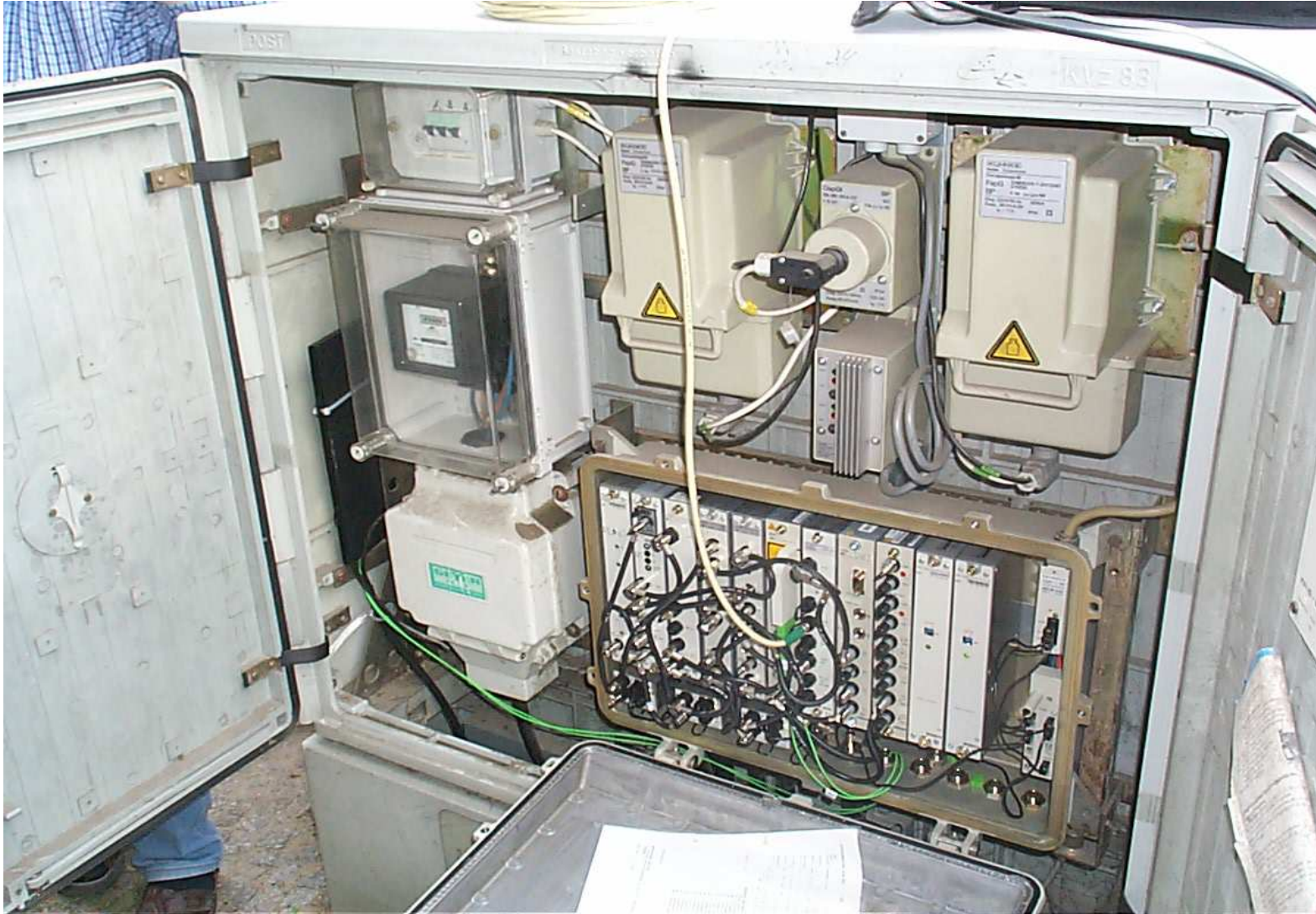
Verstärkerstelle



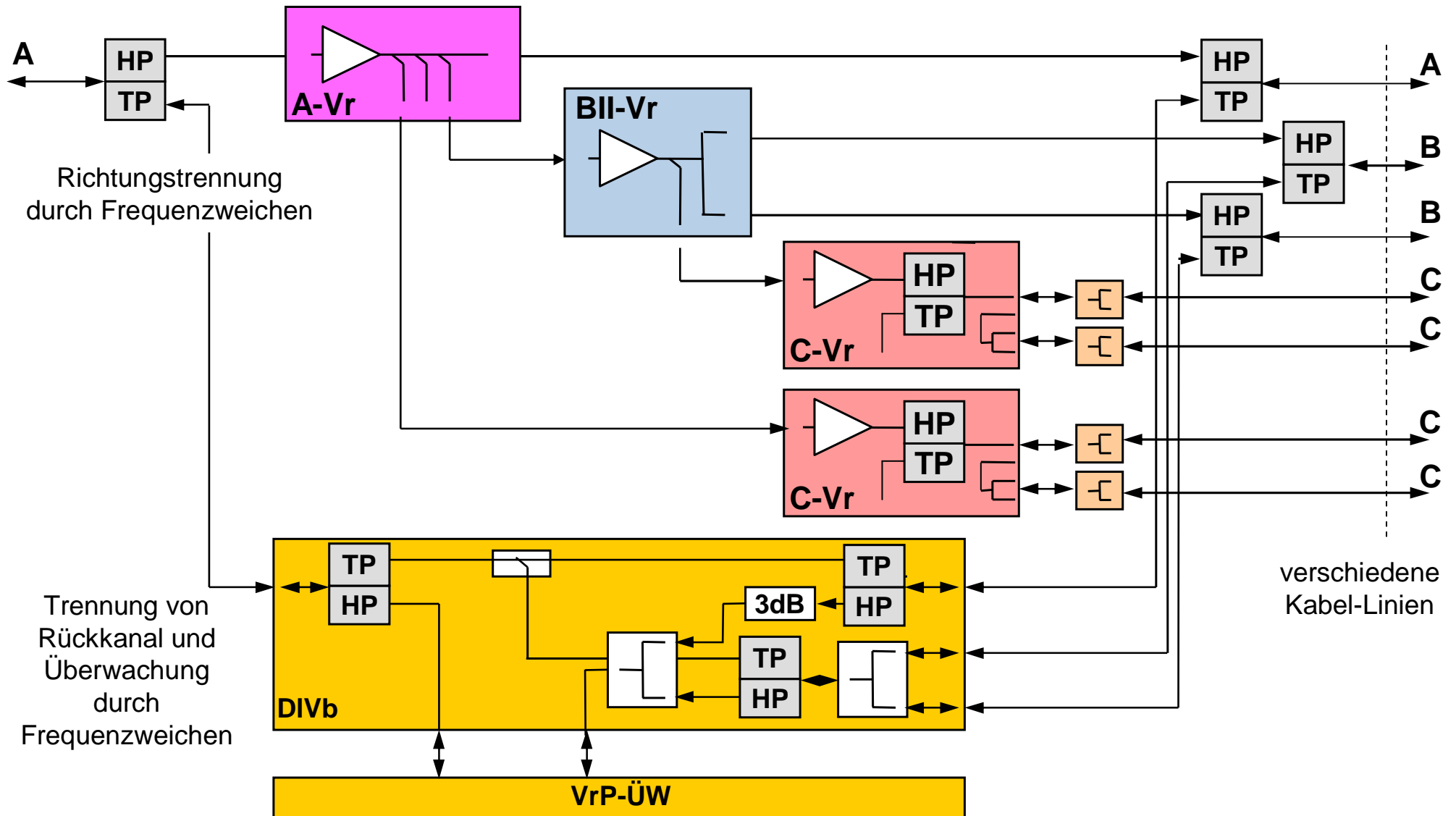
Innenansicht einer Koax-Verstärkerpunktes



Ansicht eines Verstärkerpunktes mit Einspeisung

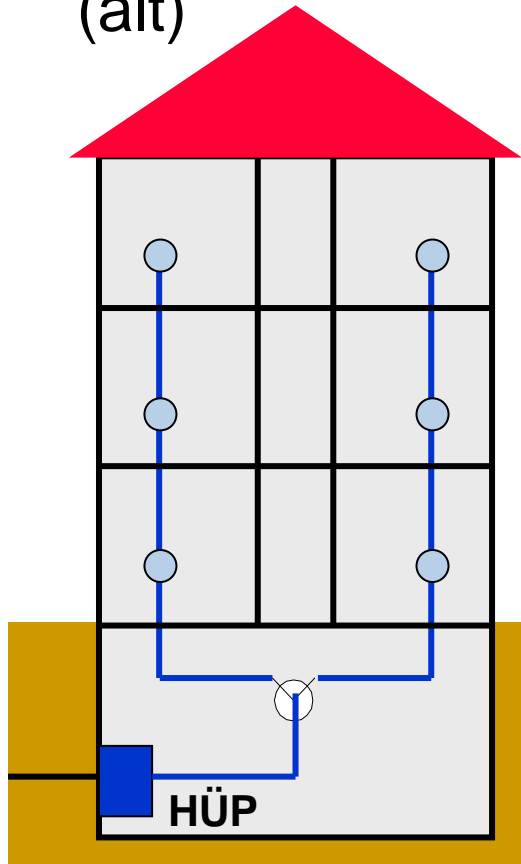


Netzstrukturen - Komponenten eines Verstärkerpunktes

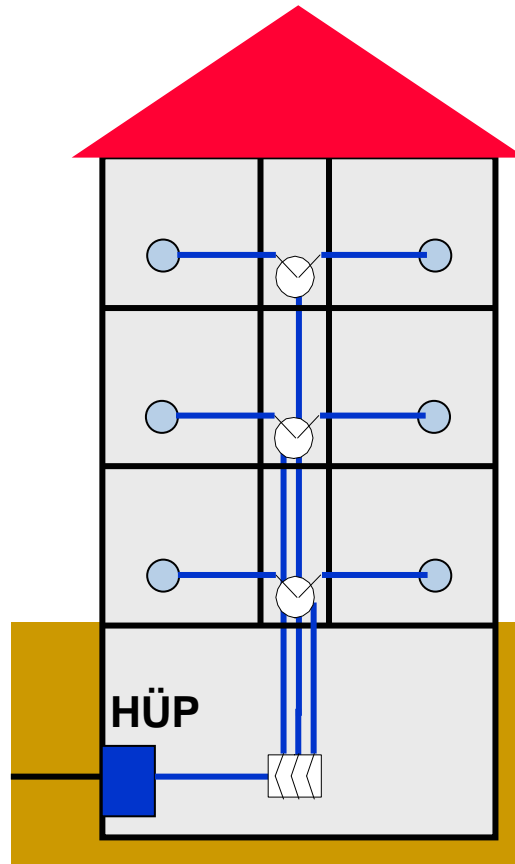


Netztopologien in der NE 4

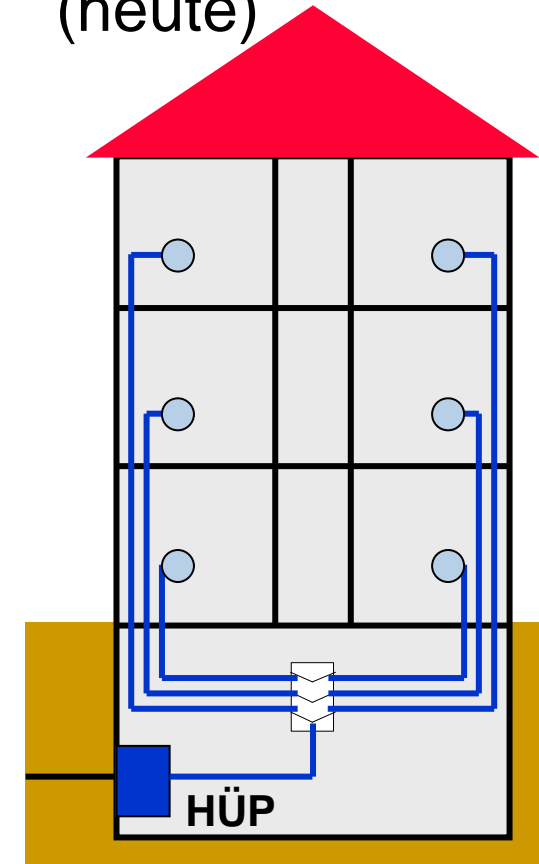
Baumnetz
(alt)



Etagenstern



Sternnetz
(heute)



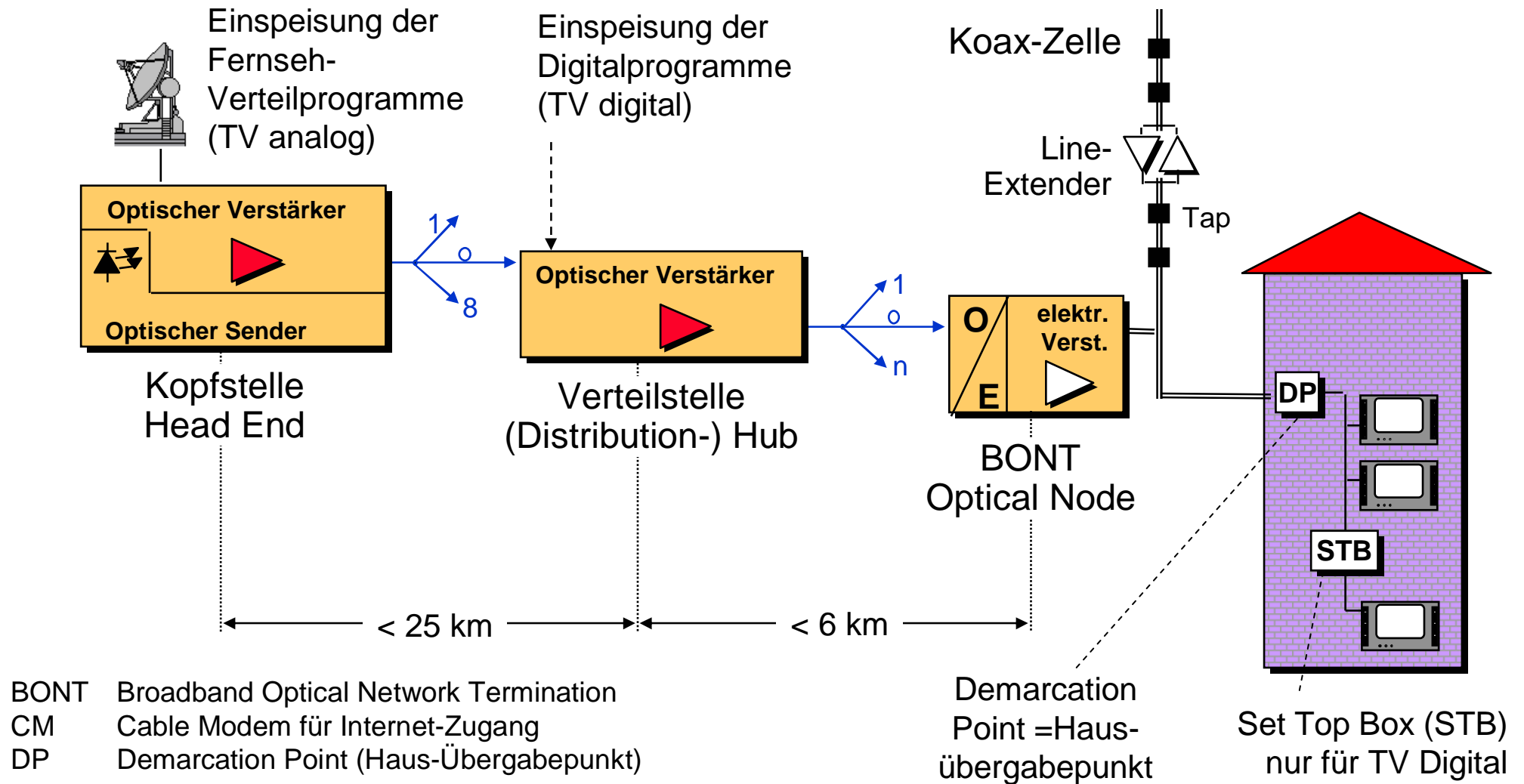
Inhalt

- Historische Entwicklung der Kabelnetze
- Architektur der Kabelnetze
- Architektur der Hybrid-Fiber-Coax Netze
- Frequenzaufteilung in den Kabelnetzen
- Signale in Kabelnetzen
- Weiterentwicklungen
- Relevante Standards

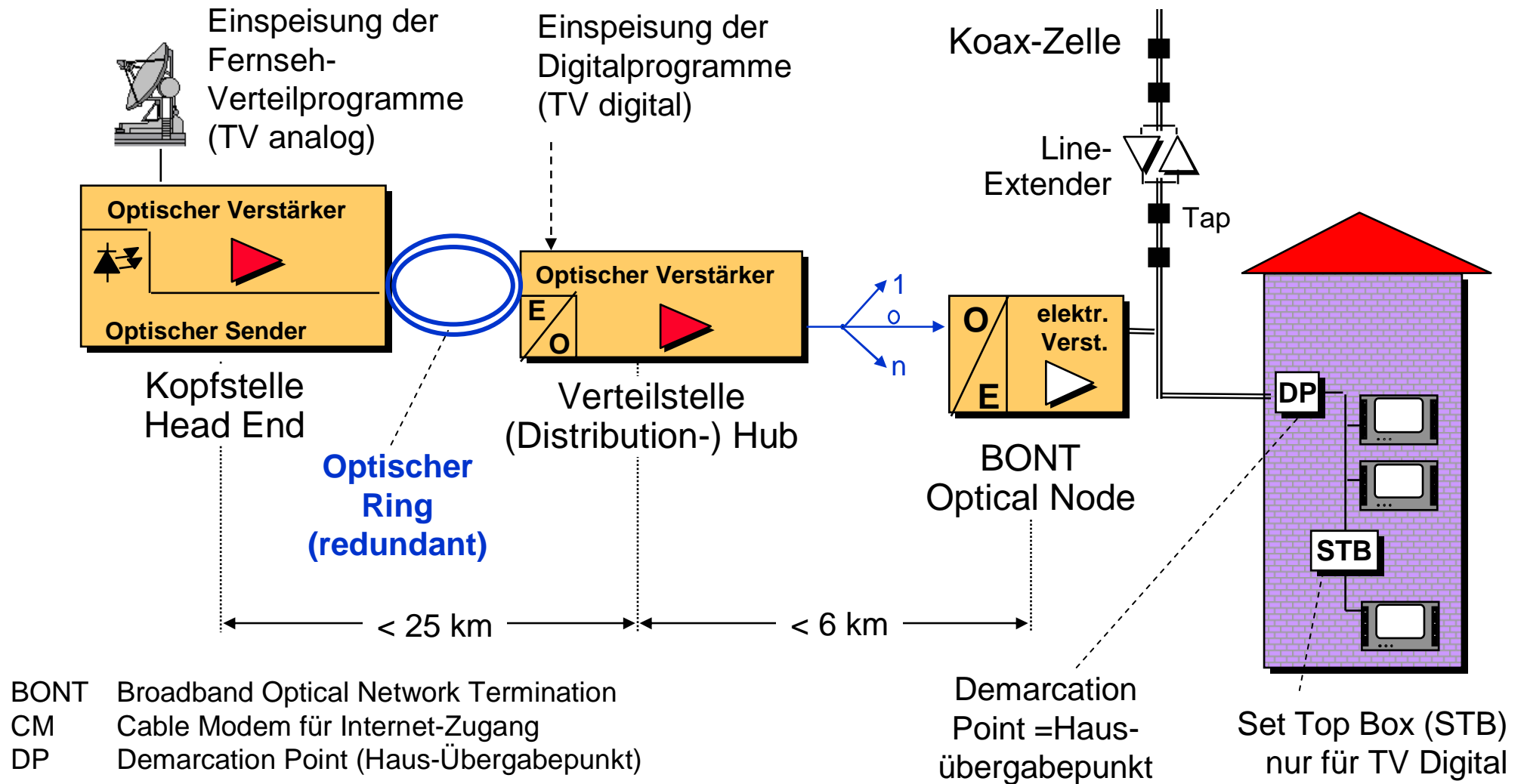
HFC-Netze – Allgemeines

- Reine **Kabelfernsehtetze** sind schlecht für Dialog-Kommunikation geeignet, da sie viele Verstärker beinhalten und nur sehr rudimentäre Rückkanal-Fähigkeiten haben.
- Beim „**Hybrid Fiber Coax**“-Netz (HFC) werden vor allem in den oberen Netzebenen Glasfasern eingeführt und es bleibt - im Idealfall - nur der letzte Abschnitt in Koax-Technik. (Vom C-Verstärker zum Hausübergabepunkt.)
- Dieses System wurde erst mit der Entwicklung **Faseroptischer Verstärker** möglich.
- Die Herausforderung liegt im **Rückkanal** für Dialogdienste. Es wird entweder das Telefonnetz verwendet oder - eleganter - eine Mehrfach-Zugriffstechnik wie z.B. das von der Satellitentechnik bekannte TDMA-Verfahren eingesetzt.

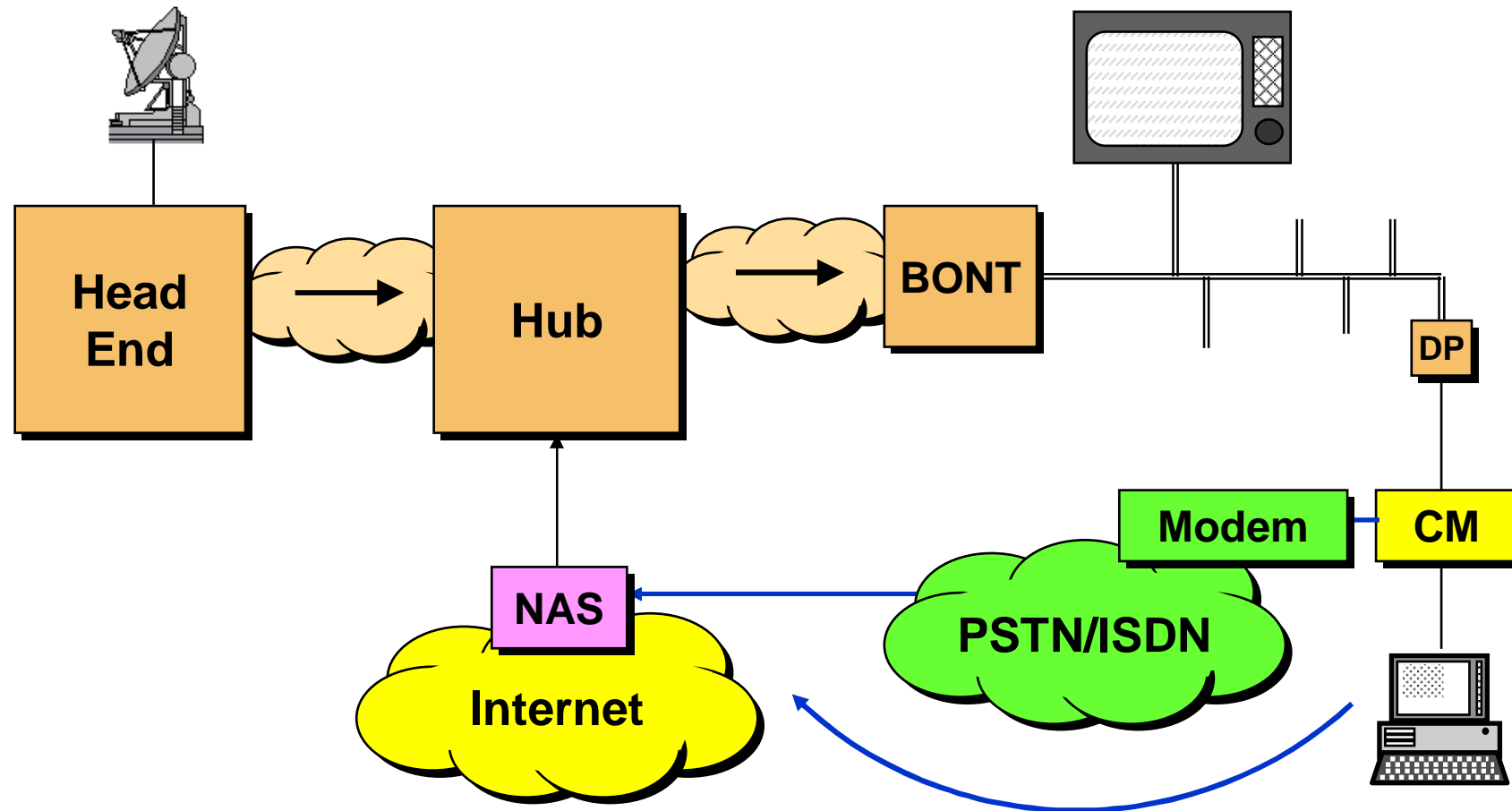
HFC-Netze – Basiskonfiguration mit Splitter



HFC-Netze – Basiskonfiguration mit Ringen



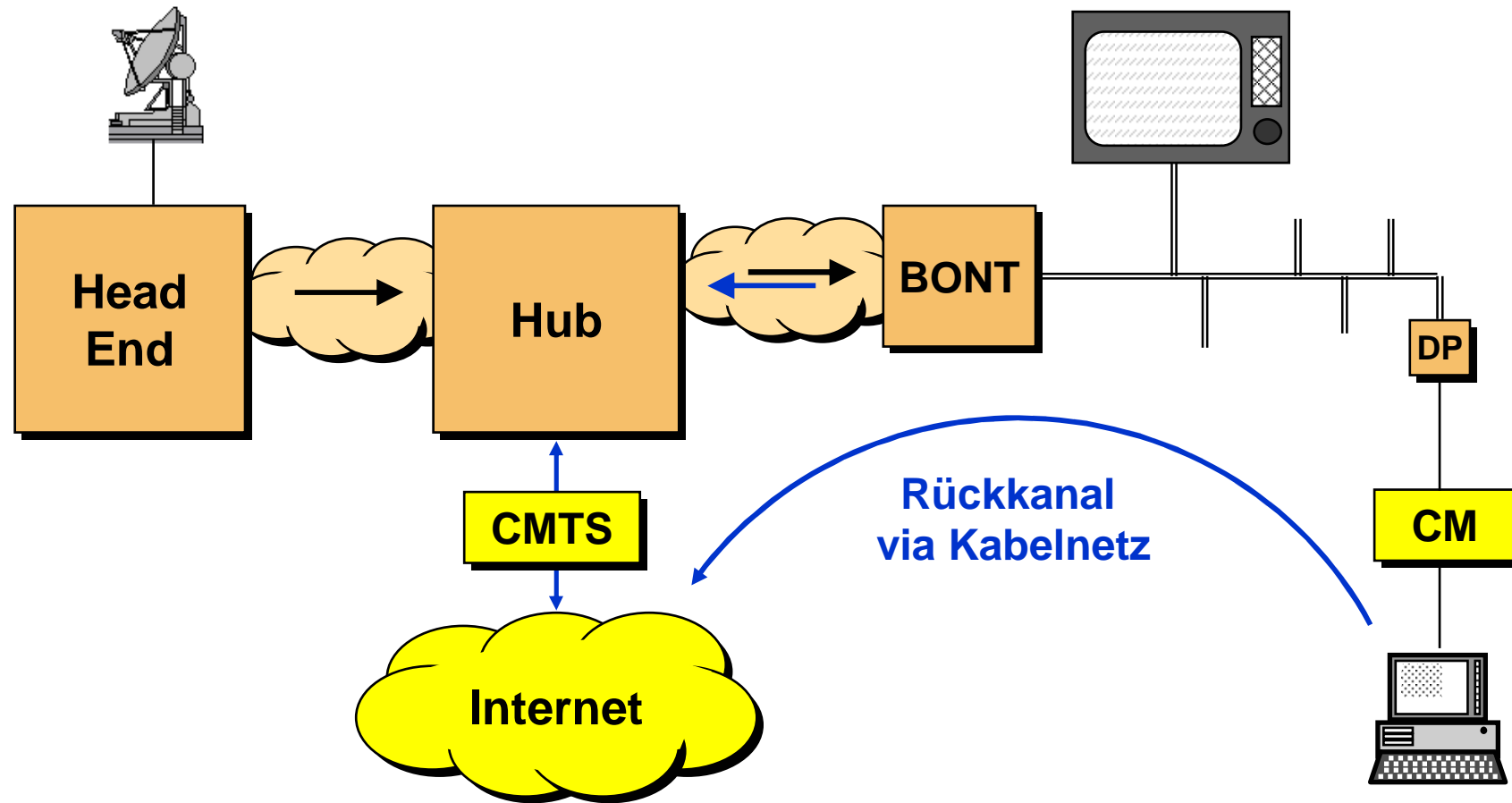
HFC-Netze – Rückkanal via Telefonnetz



BONT Broadband Optical Network Termination
CM Cable Modem
DP Demarcation Point = Hausübergabepunkt
NAS Network Access Server

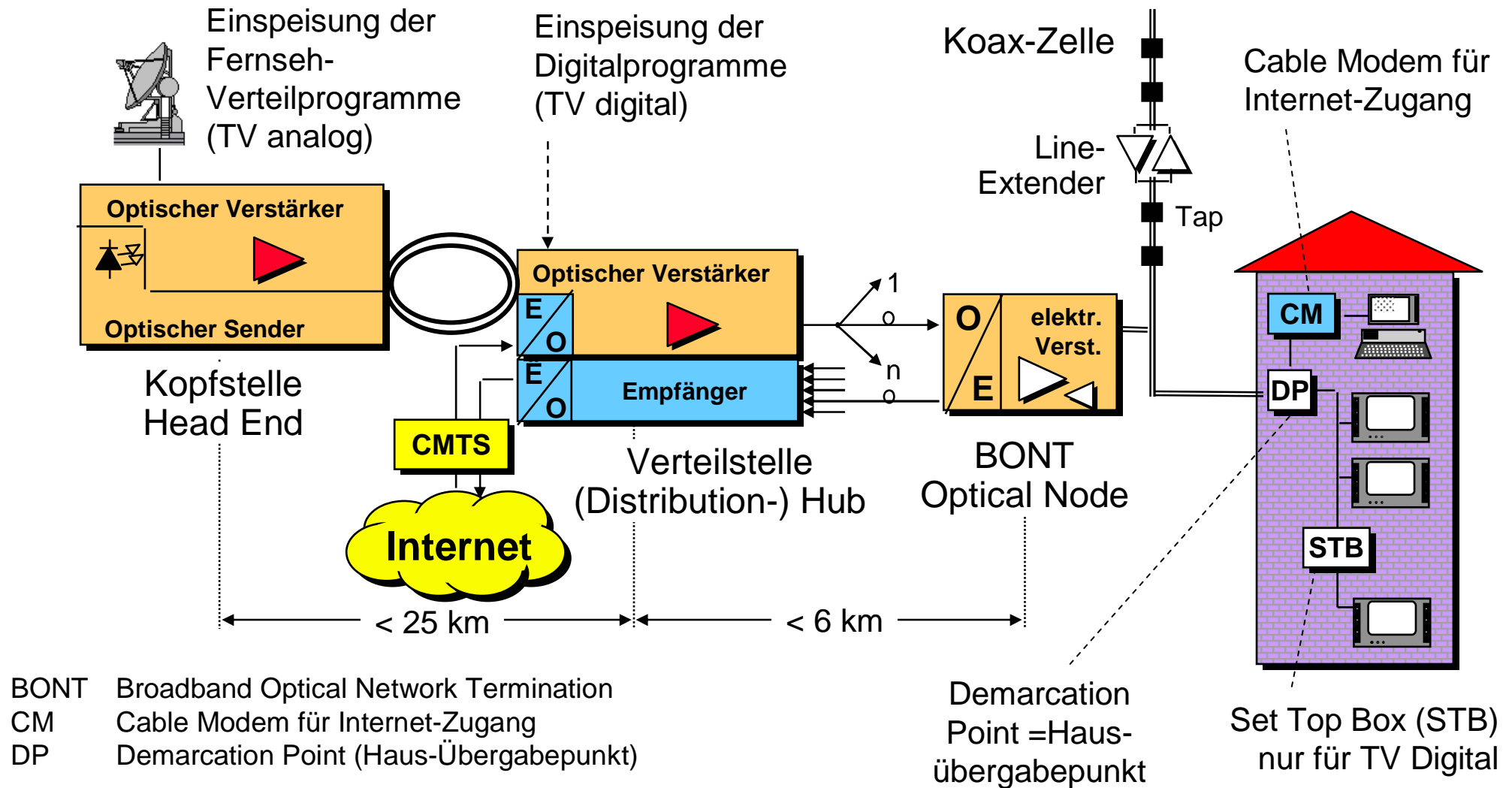
Rückkanal via PSTN/ISDN

HFC-Netze – Rückkanal via HFC-Netz



BONT Broadband Optical Network Termination
CM Cable Modem
DP Demarcation Point= Hausübergabepunkt
CMTS Cable Modem Termination System

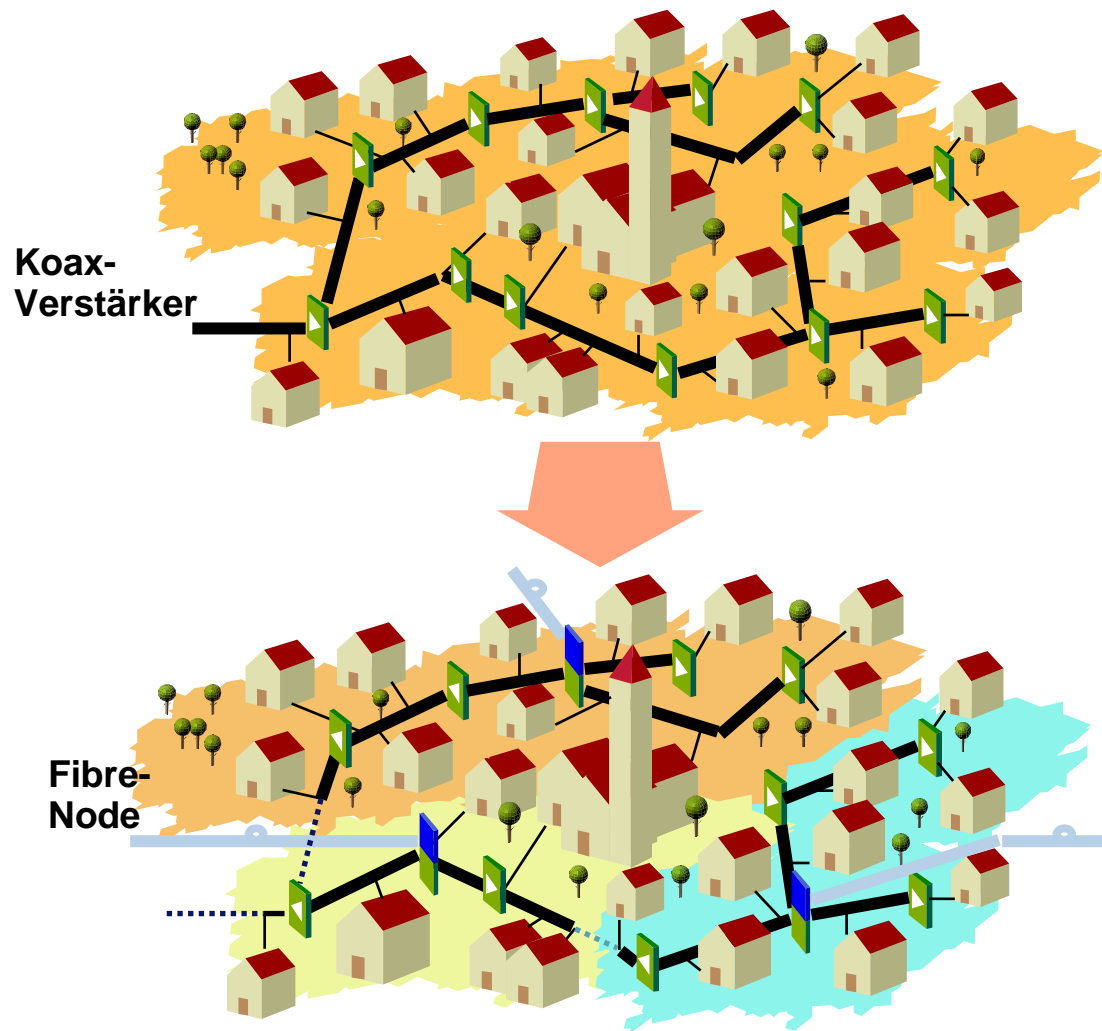
HFC-Netze – Konfiguration mit Daten (Splitterlösung)



Ausbau zu einem Hybrid Fiber Coax (HFC) Netz

- Segmentierung der Anschlussbereiche (Serving Areas) mit ca. 500 Wohneinheiten
 - Zellulare Struktur durch Einführung von „Fibre Nodes“
 - Teilnehmer einer „Zelle“ teilen sich die Bandbreite
- Aufrüstung der Koax-Verstärker
 - Erweiterung der Bandbreite vom 450 MHz auf 862 MHz
 - Implementierung des Rückwärtskanals
 - „Umdrehen“ der Richtung einzelner Verstärker
- Glasfasernetz
 - Einspeisen und Verteilung von TV Kanälen am Head-End
 - Übergabe von Sprache und Daten an den „Fiber Hubs“

Ausbau zu einem Hybrid Fiber Coax (HFC) Netz

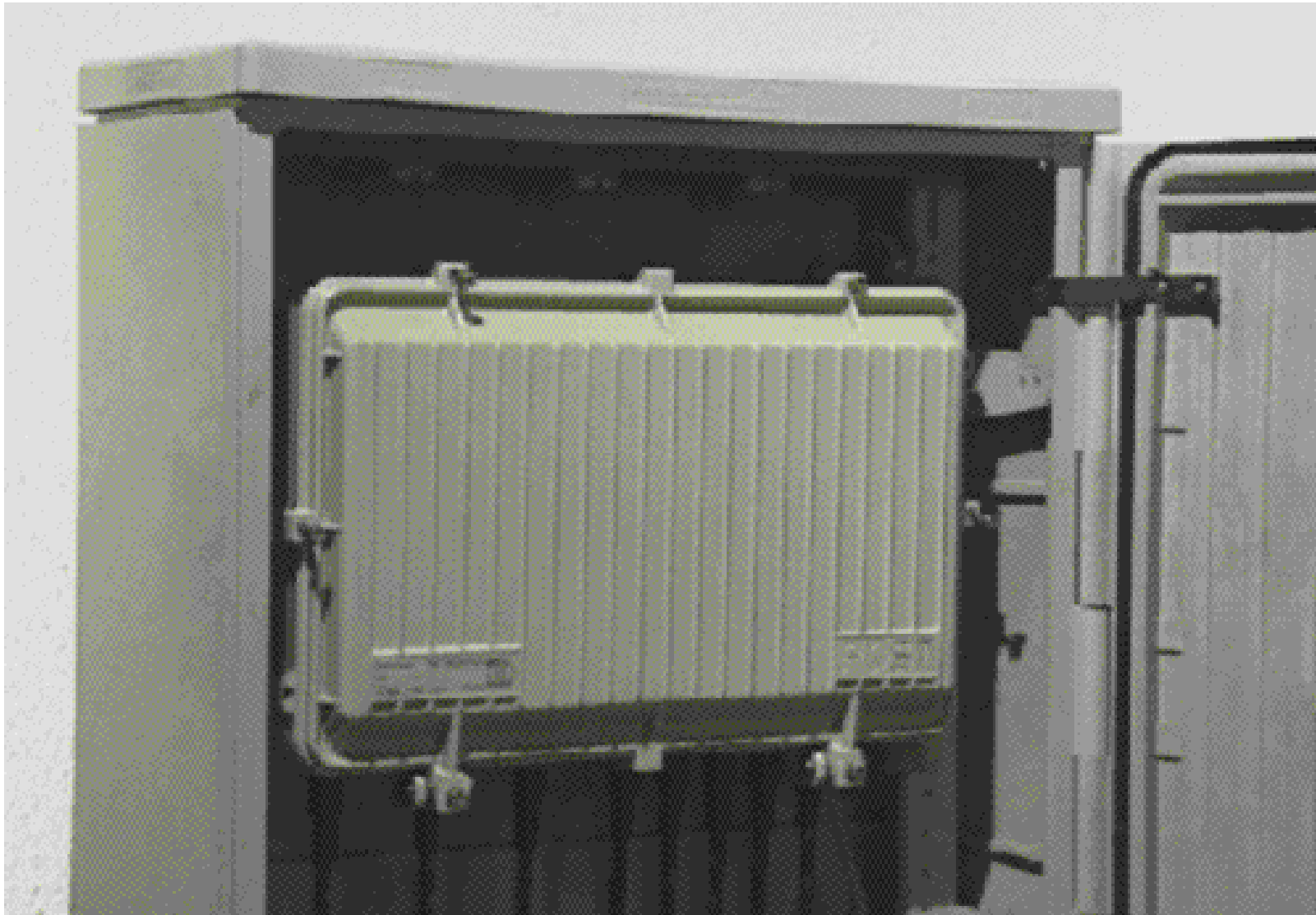


z.B. 1500 Homes Passed



z.B. 3 x 500 Homes Passed

Umrüstung eines Verstärkerpunktes - BONT

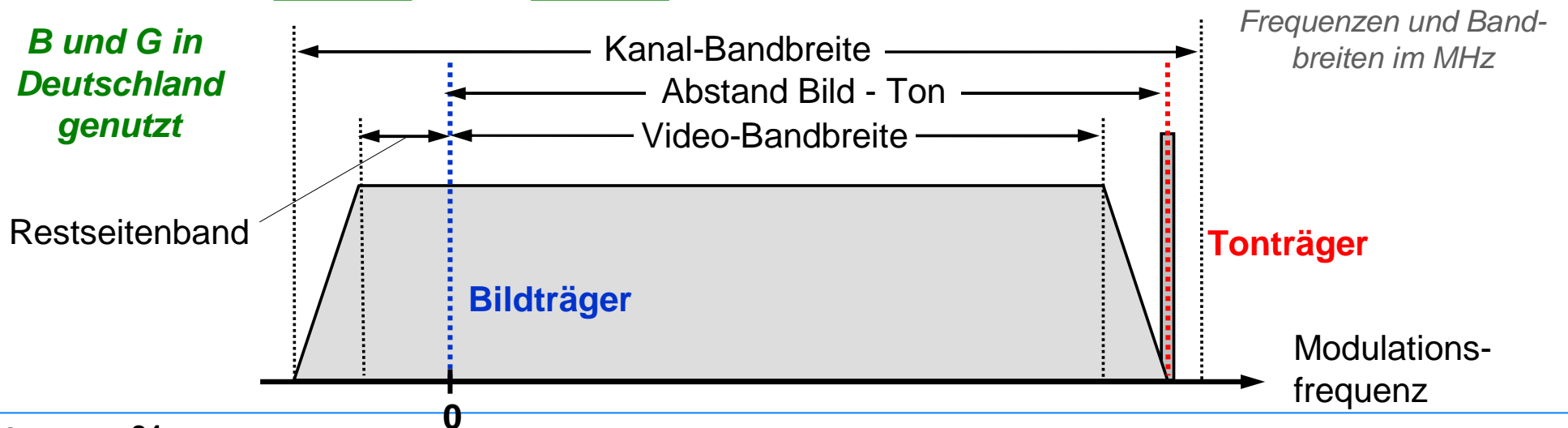


Inhalt

- Historische Entwicklung der Kabelnetze
- Architektur der Kabelnetze
- Architektur der Hybrid-Fiber-Coax Netze
- Frequenzaufteilung in den Kabelnetzen
- Signale in Kabelnetzen
- Weiterentwicklungen
- Relevante Standards

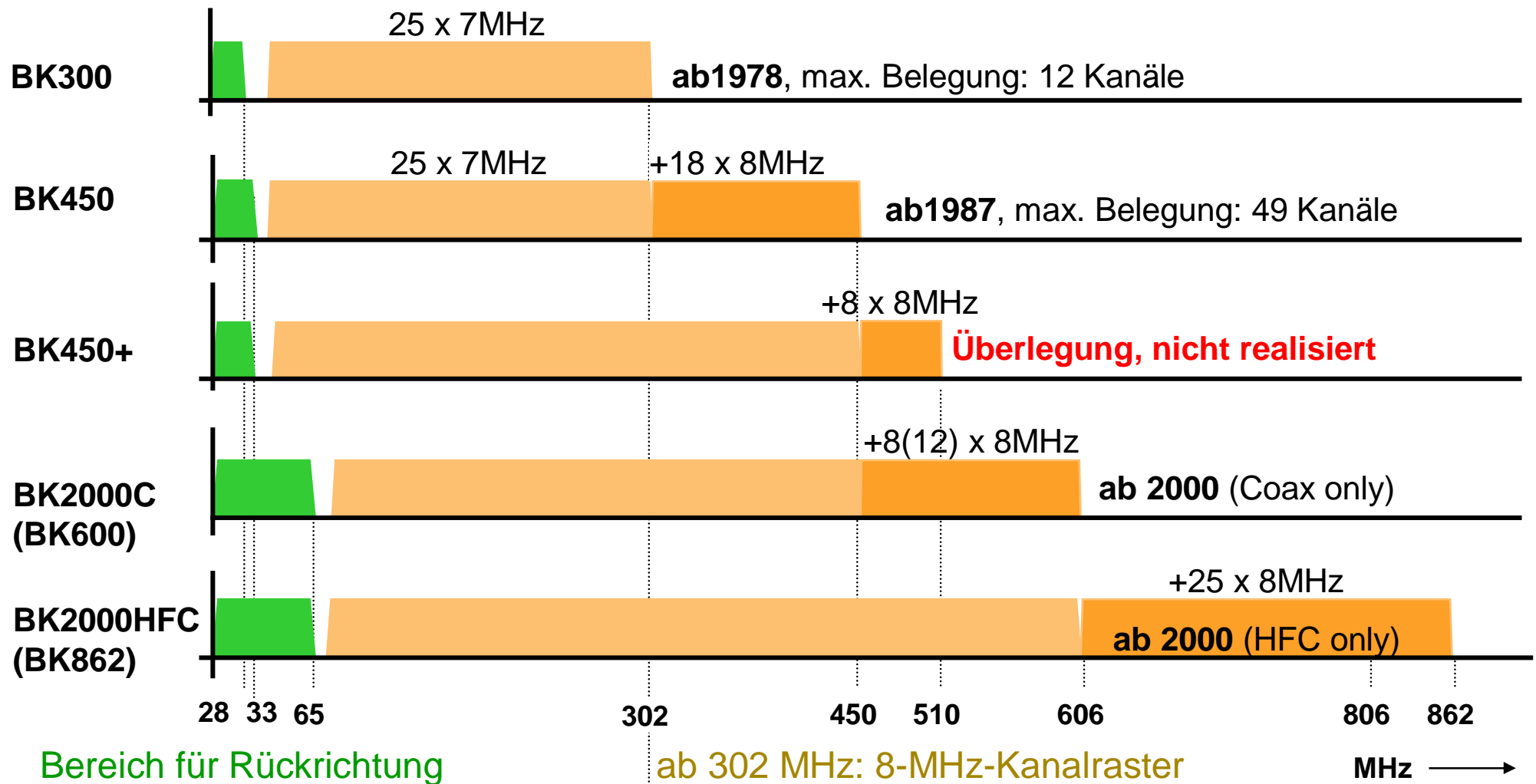
Fernsehnormen (analoges Fernsehen)

CCIR-Standard	B	D	G	H	I	K	K1	L	M	N
Zeilenzahl	625	625	625	625	625	625	625	625	525	625
Kanal-Bandbreite	7	8	8	8	8	8	8	8	6	6
Video-Bandbreite	5	6	5	5	5,5	6	6	6	4,2	4,2
Abstand Bild-Ton	+5,5	+6,5	+5,5	+5,5	+6	+6,5	+6,5	+6,5	+4,5	+4,5
Restseitenband	0,75	0,75	0,75	1,25	1,25	0,75	1,25	1,25	0,75	0,75
Bildmodulation	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	pos.	neg.	neg.
Tonmodulation	FM	FM	FM	FM	FM	FM	FM	AM	FM	FM

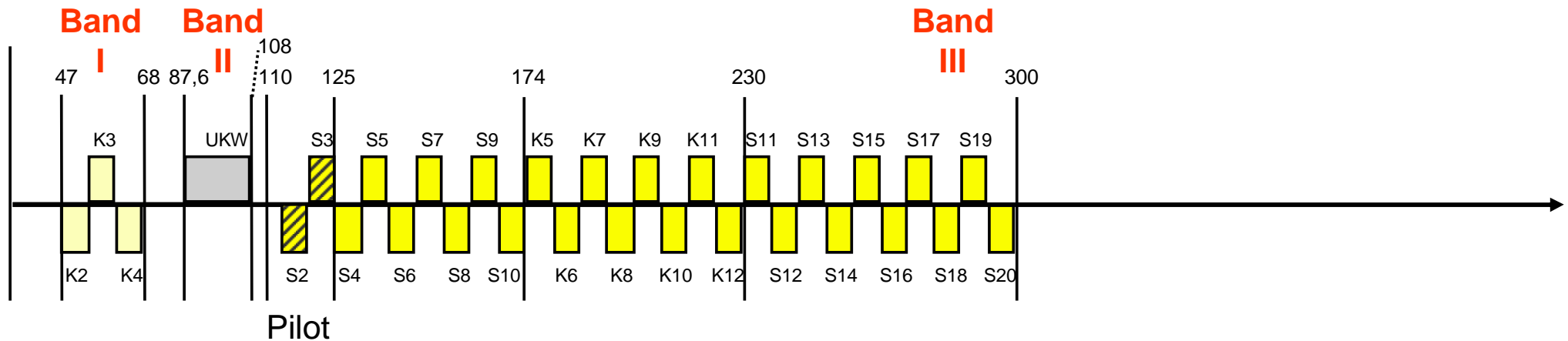


Bandbreiten und Kanalkapazität der Kabelsysteme

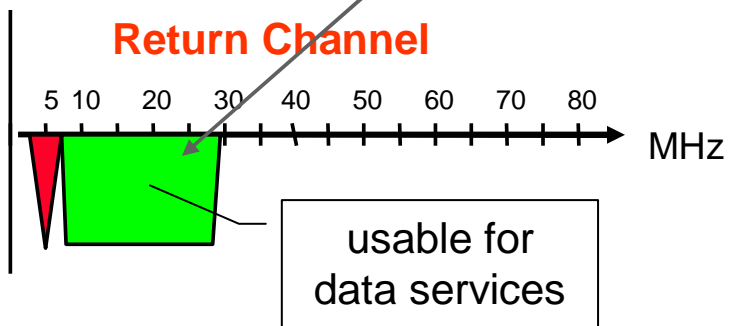
Deutsches Kabelnetz - Bandbreitenentwicklung



Bandbreiten und Kanalkapazität – BK 300



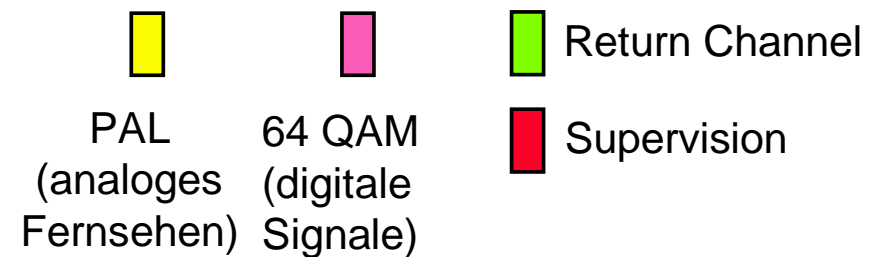
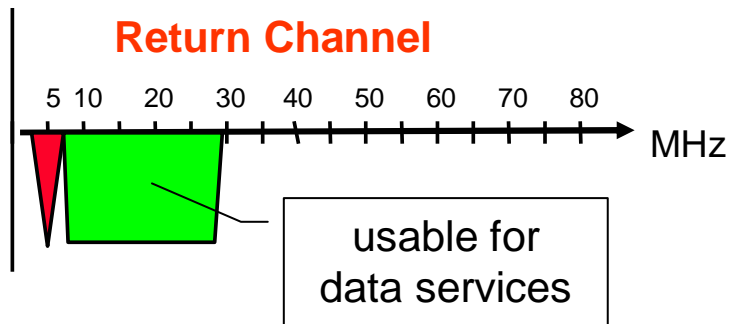
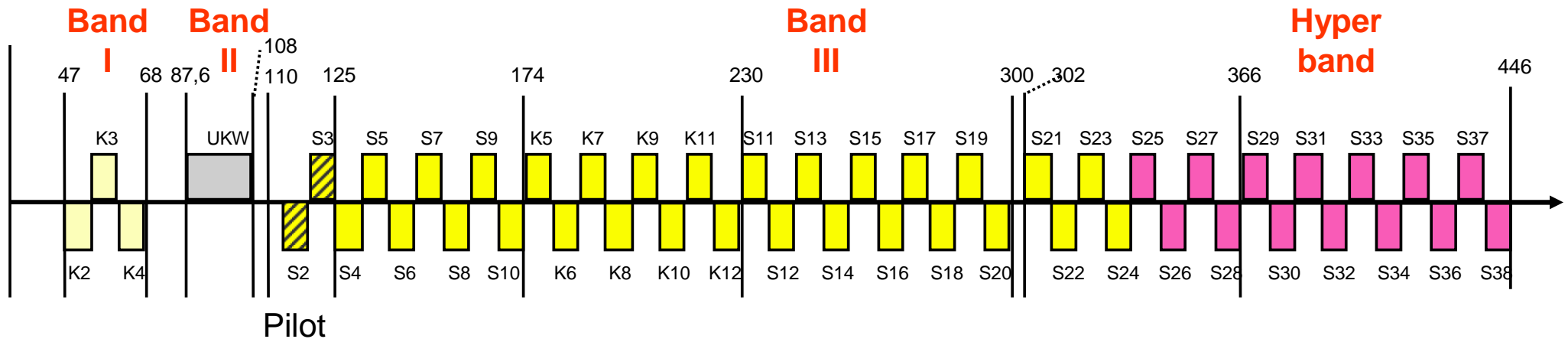
Der Rückkanal wurde in BK300-Systemen in der Regel nicht genutzt



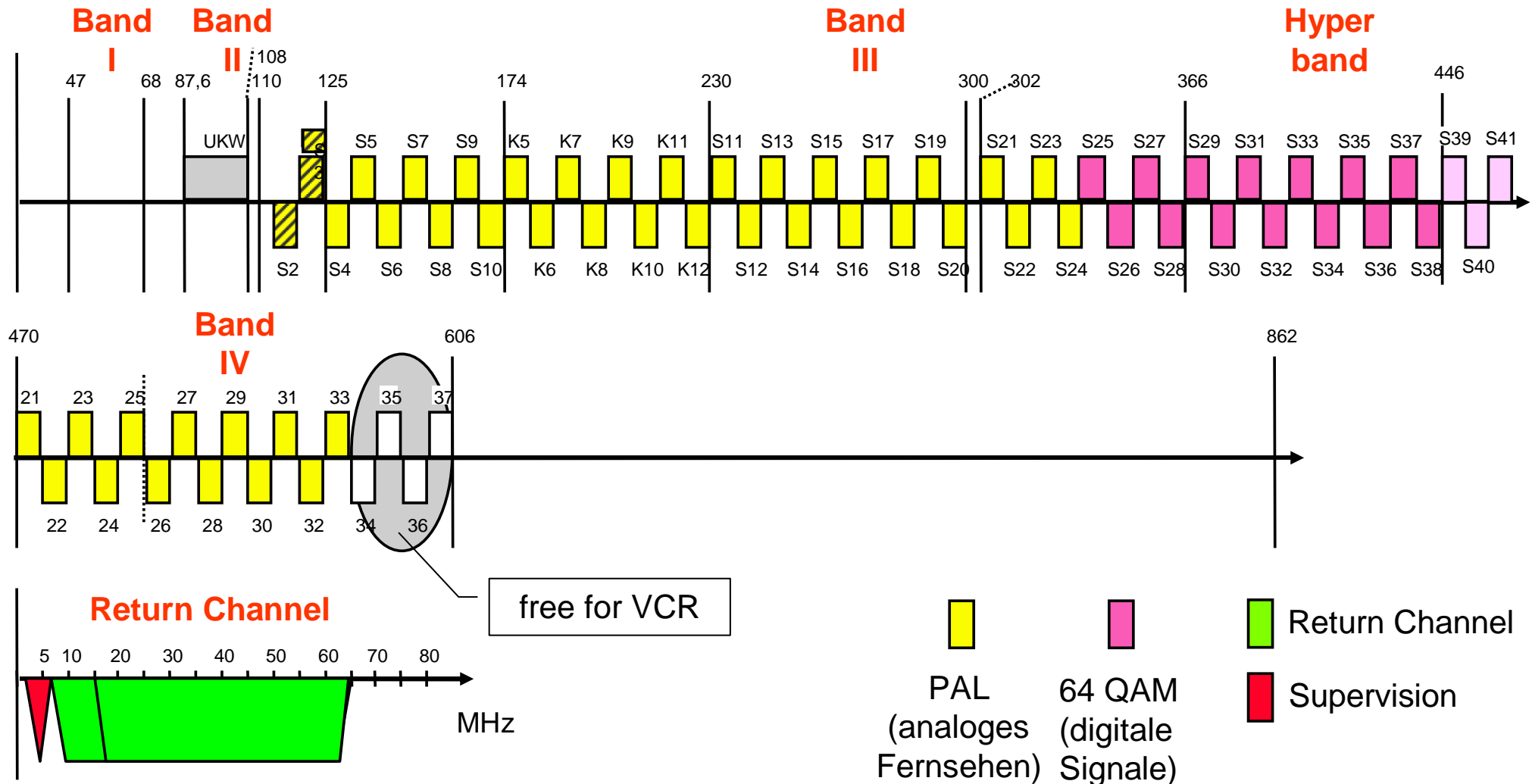
PAL
(analoges Fernsehen)

For future use:
█ Return Channel
█ Supervision

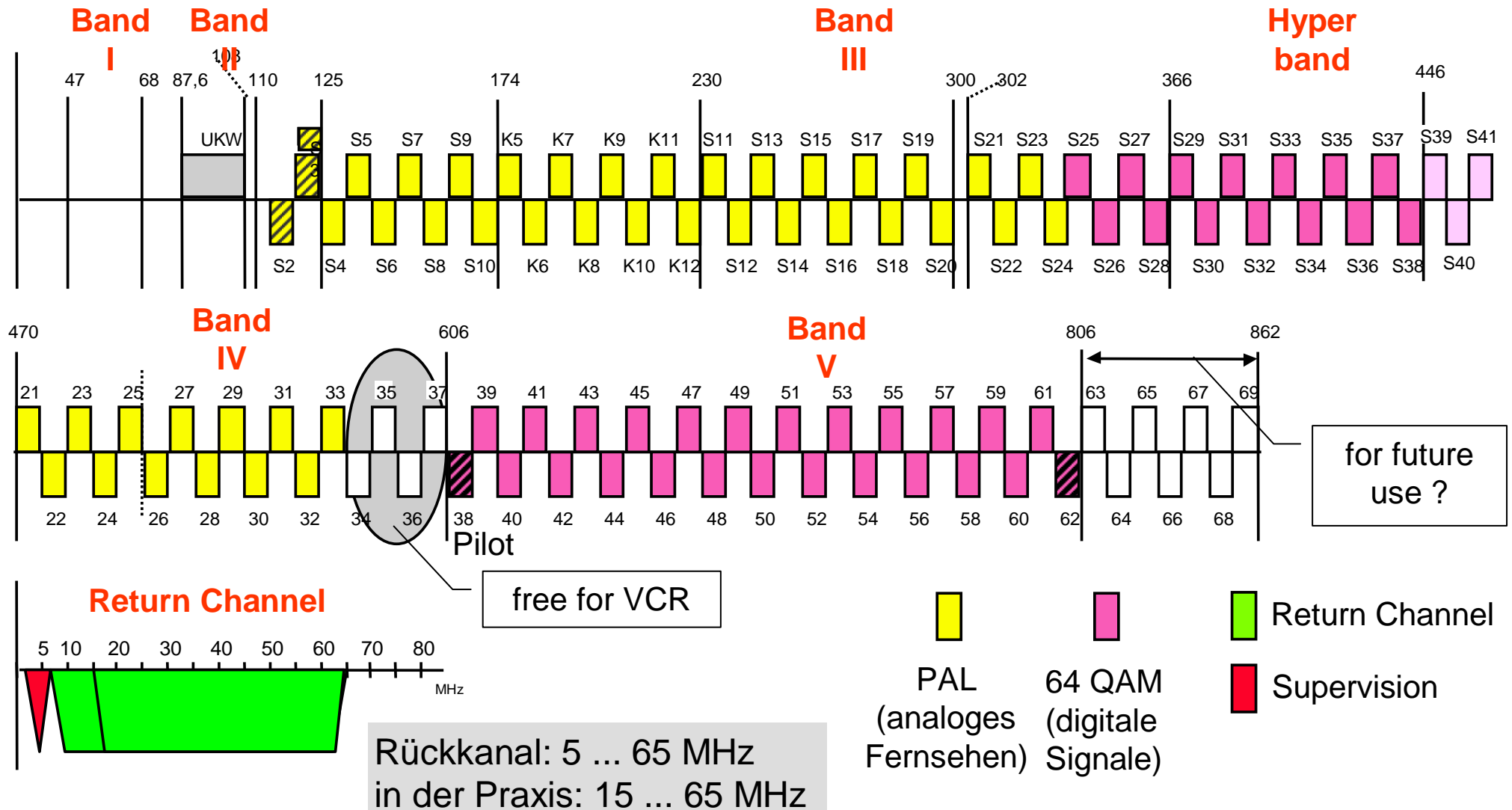
Bandbreiten und Kanalkapazität – BK 450



Bandbreiten und Kanalkapazität – BK 600 (BK2000C)



Bandbreiten und Kanalkapazität – BK 862 (BK2000HFC)



inhalt

- Historische Entwicklung der Kabelnetze
- Architektur der Kabelnetze
- Architektur der Hybrid-Fiber-Coax Netze
- Frequenzaufteilung in den Kabelnetzen
- Signale in Kabelnetzen
- Weiterentwicklungen
- Relevante Standards

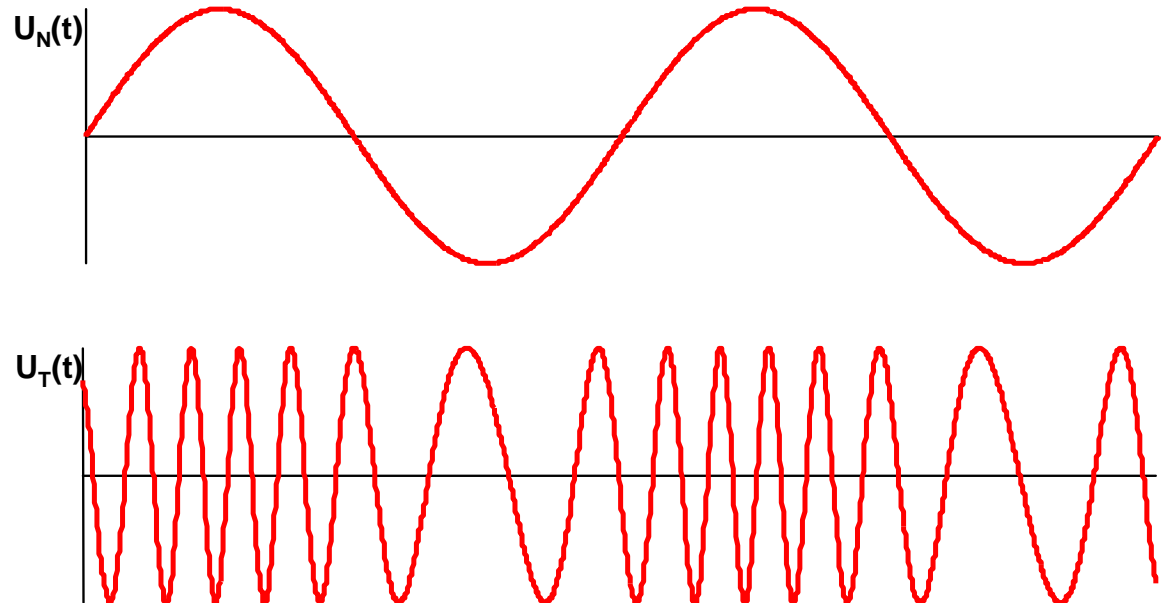
Signale in Kabelnetzen

- Signale zum Teilnehmer
 - Analoge Informationen
 - FM Rundfunk
 - analoges Fernsehen (PAL-Signale)
 - Digitale Informationen
 - Digitales Fernsehen - DVB
 - Daten - DOCSIS
- Signale im Rückweg

FM	Frequenzmodulation
PAL	Phase Alternating Line
DVB	Digital Video Broadcast
DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specification

Signale in Kabelnetzen – FM-Rundfunksignale (analog)

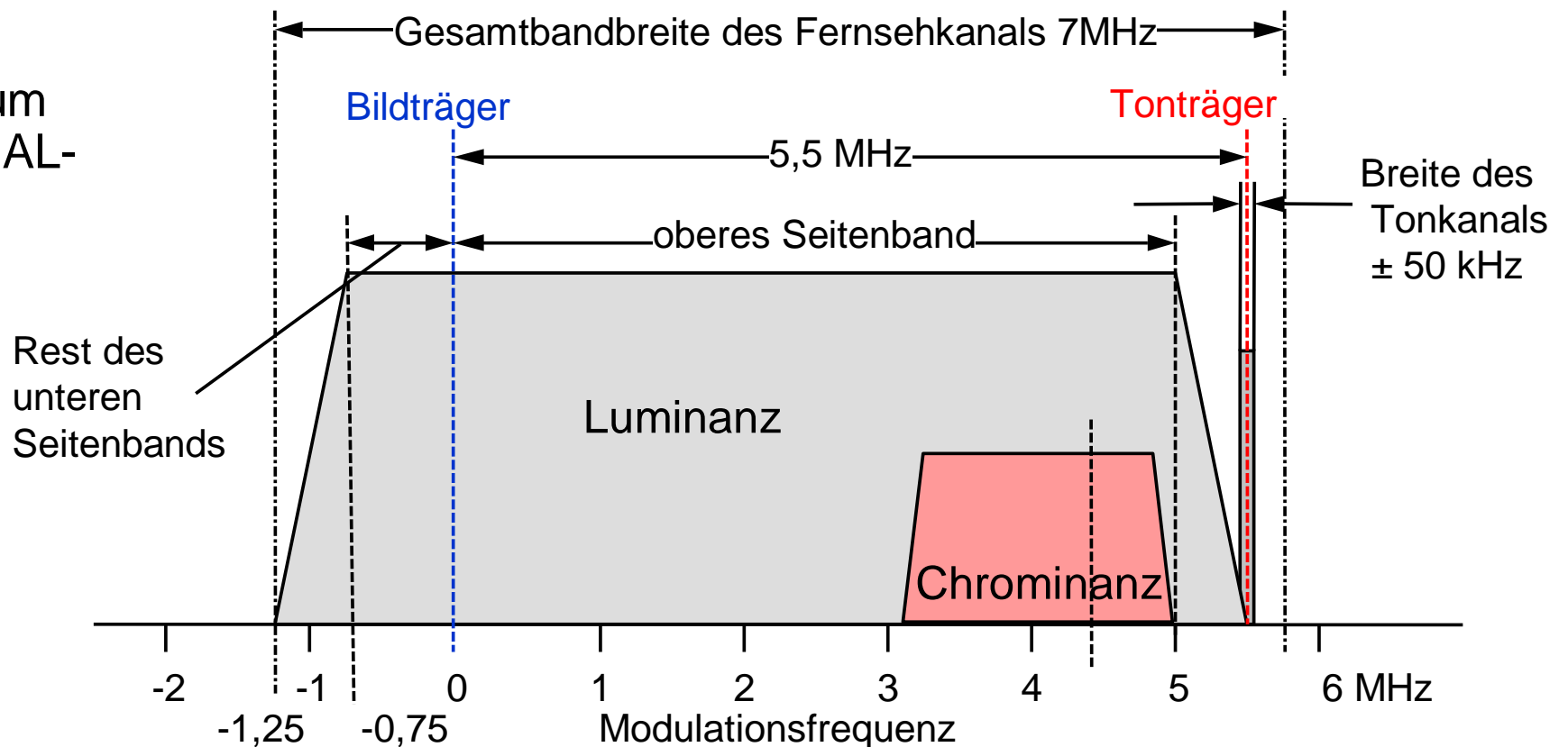
- Das Frequenzspektrum von 87,5 MHz bis 108 MHz ist für die terrestrische Übertragung von FM-Tonrundfunksignalen reserviert und wird in gleicher Weise auch in Kabelnetzen genutzt.
- Frequenzhub:
 $\Delta f_T = 75 \text{ kHz}$
- Kanalbandbreite:
 $B_{FM} = 150 \text{ kHz}$
- Kanalraster:
300 kHz
- Zusatzinformationen:
RDS, TMC



Signale in Kabelnetzen – Trägerfrequente Übertragung von Bild und Ton (analog)

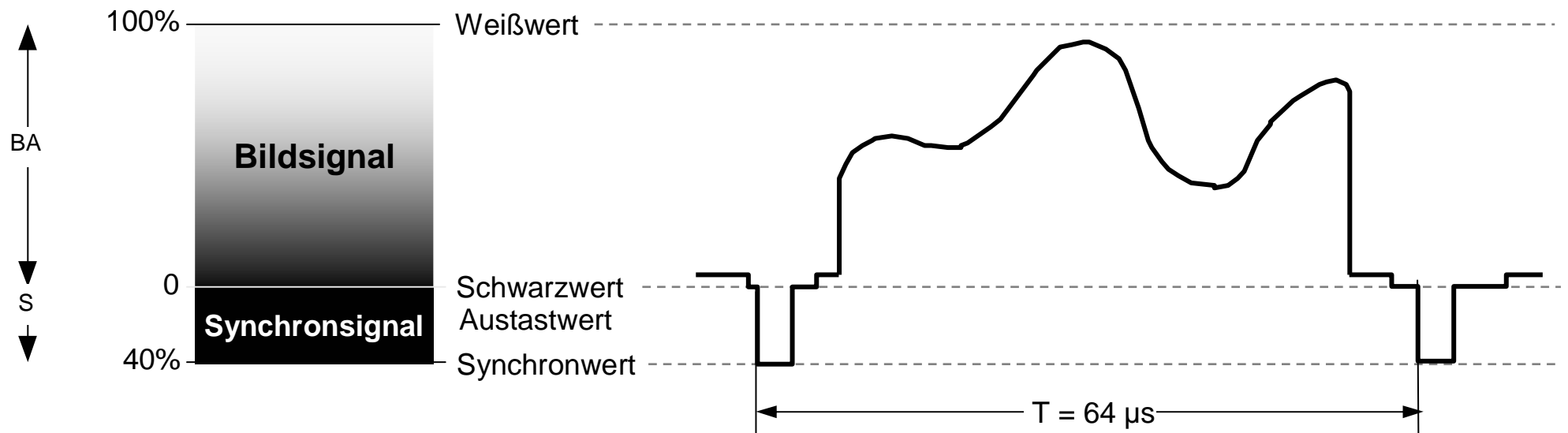
- Bekanntlich enthalten beide Seitenbänder eines AM modulierten Signals die gleiche Information, d.h. es wird doppelt soviel Bandbreite belegt wie eigentlich nötig wäre, deshalb wird ein Seitenband (nahezu) unterdrückt und man erhält die nachfolgend dargestellte Restseitenband-Amplitudenmodulation (AM-RSB).

- Spektrum eines PAL-Signals



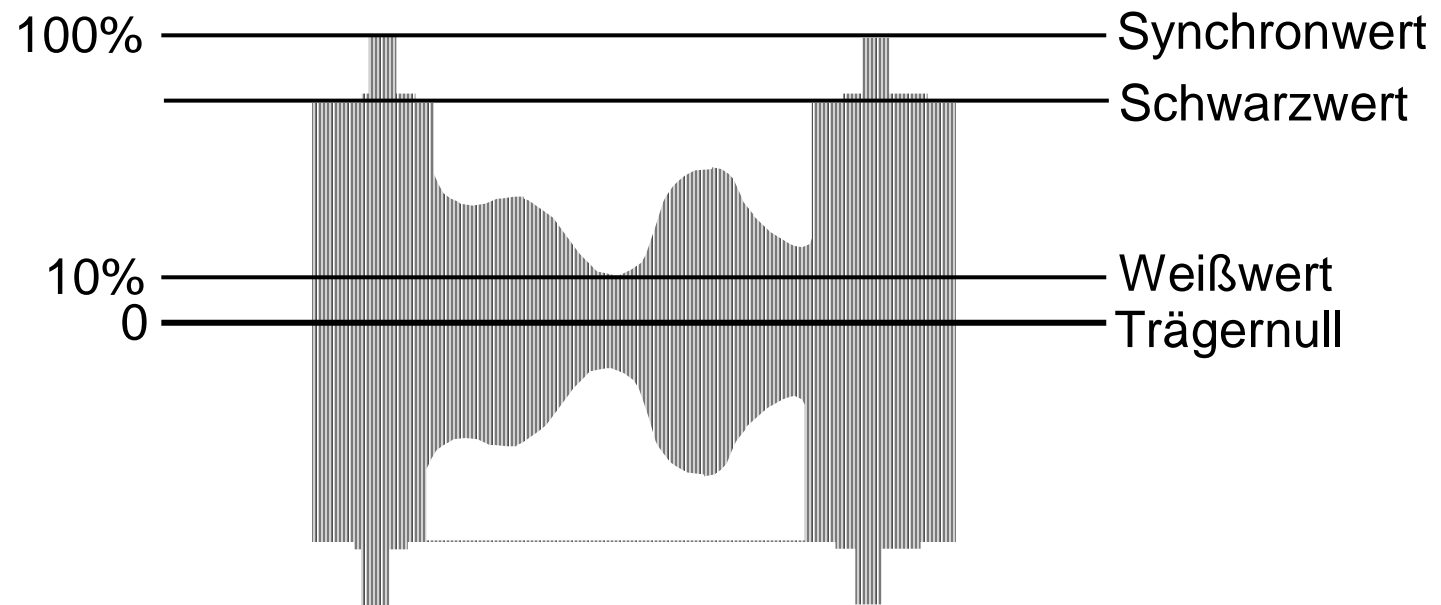
Signale in Kabelnetzen – Analoges Fernsehen – BAS

- Basis der analogen Fernsehbildübertragung ist das so genannte BAS-Signal, das aus dem Bildsignal (B), dem Austastsignal (A) und dem Synchronsignal (S) zusammengesetzt ist.
- Prinzipieller Aufbau des BAS-Signals (eine Zeile)



Signale in Kabelnetzen – Modulation – BAS

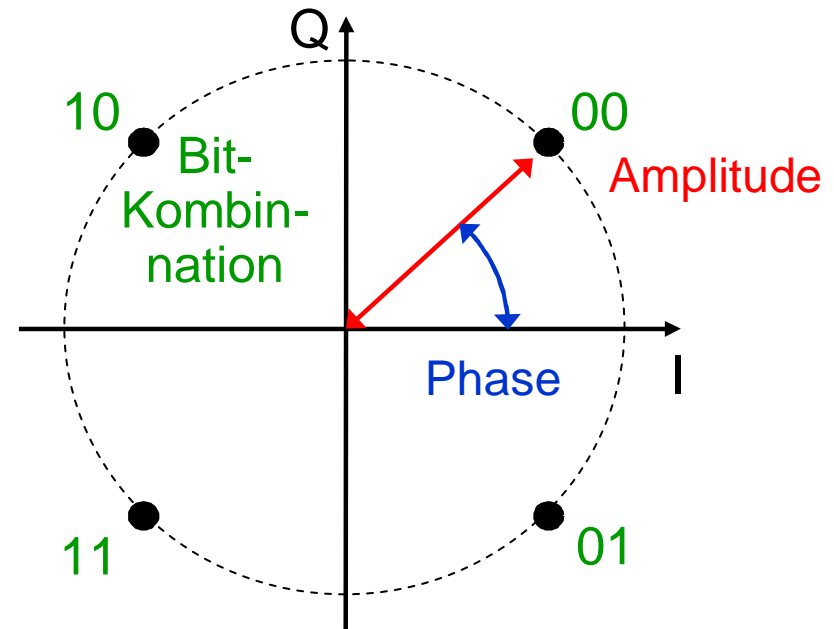
- Zur Übertragung in einem HF-Kanal wird das BAS-Signal invertiert, bevor es zur Modulation der Amplitude eines HF-Trägers verwendet wird.



- Negative Amplitudenmodulation des Bildträgers durch das BAS-Signal

Signale in Kabelnetzen – Digitale Signale (1)

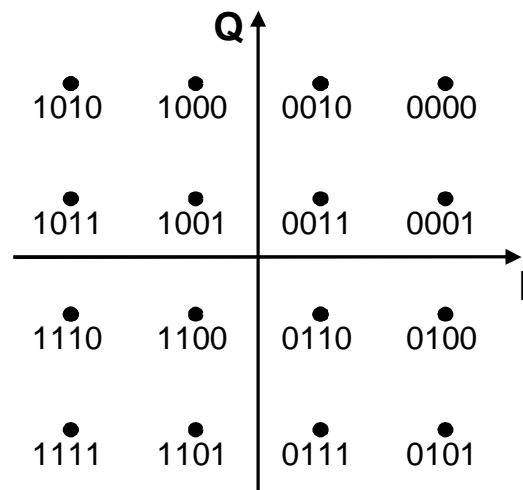
- Zur Übertragung von digitalen Daten in einem bandbegrenzten HF-Kanal, wie er in Kabelnetzen zur Verfügung steht, können prinzipiell die gleichen Modulationsverfahren eingesetzt werden, wie sie auch für analoge Nutzsignale eingesetzt werden. Der Unterschied besteht lediglich darin, dass es nur zwei diskrete Signalzustände gibt, zwischen denen der Träger jeweils umgeschaltet werden muss.
- Drei Möglichkeiten:
 - **ASK**: Amplitudenumtastung (Amplitude Shift Keying)
 - **FSK**: Frequenzumtastung (Frequency Shift Keying)
 - **PSK**: Phasenumtastung (Phase Shift Keying)
- Einsatz mehrstufiger Modulationsverfahren um Bandbreite einzusparen.



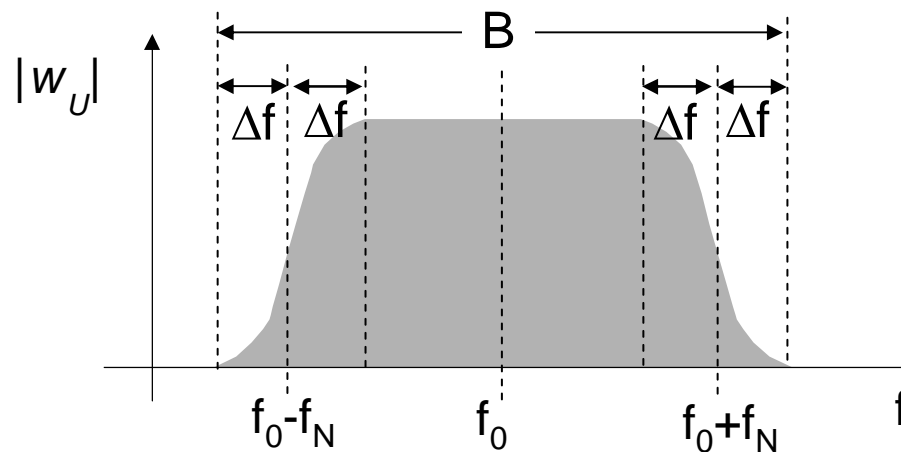
Beispiel: Konstellationsdiagramm QPSK

Signale in Kabelnetzen – Digitale Signale (2)

- Kombinationsverfahren nutzen Amplituden und Phasenmodulation, z.B. 2 ASK & PSK. Besser ist die Quadratur Amplitudenmodulation (QAM), bei der die Punkte im konstellatonsdiagramm im Quadrat angeordnet sind.
- QAM Verfahren benötigen sehr lineare Übertragungswege, da besonders bei höherstufigen Verfahren schon geringe Amplituden und Laufzeitverzerrungen zu Fehlern im Demodulator führen können.
- Gebräuchlich sind 16-, 32-, 64- und 256-stufige QAMs.



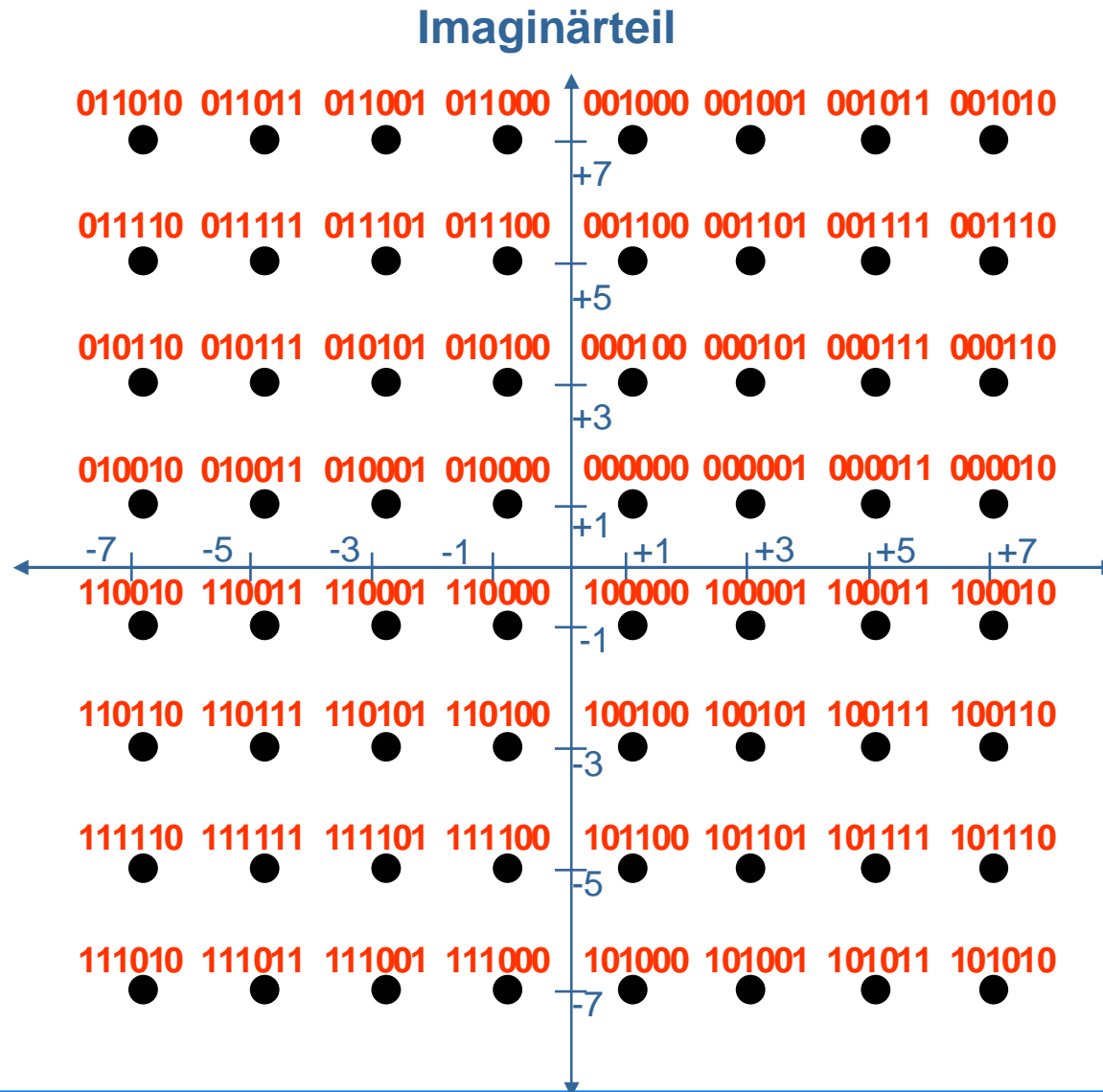
Konstellationsdiagramm einer 16-QAM



Bandbreite eines Digitalkanals

64-QAM – Signalzustände in der komplexen Ebene

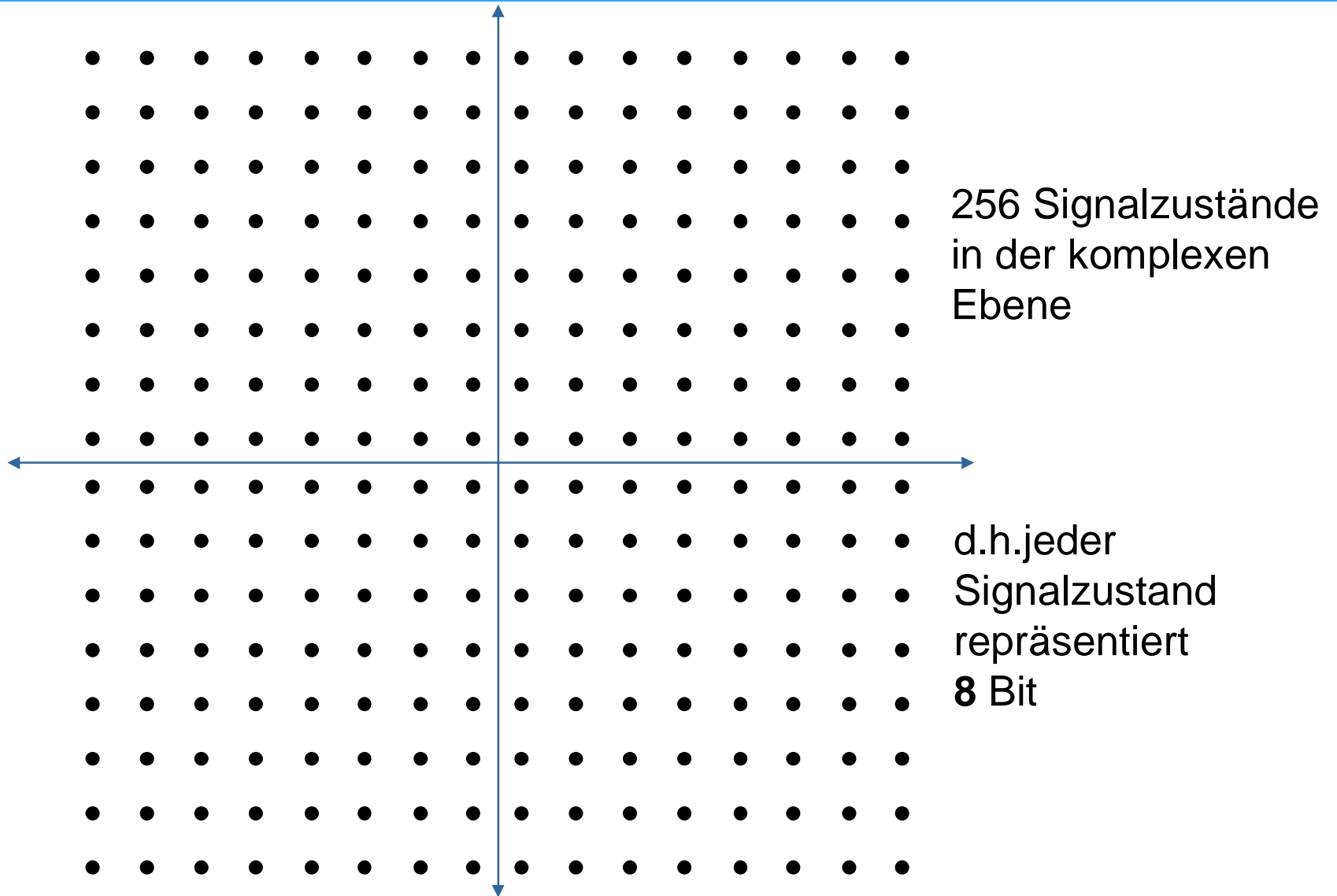
Von besonderer Bedeutung sind heute die 64-QAM und die 256-QAM für die Übertragung von DVB-Verteilsignalen in Kabelnetzen und für die Datenübertragung nach dem DOCSIS-Standard.



64 Signalzustände
in der komplexen
Ebene

d.h.jeder
Signalzustand
repräsentiert
6 Bit

256-QAM – Signalzustände in der komplexen Ebene



Signale in Kabelnetzen – DVB Signale

- DVB (Digital Video Broadcast) ist die weltweite eingesetzte Norm zur Übertragung von digitalen Fernsehsignalen.
- Bei der Kompression und der Formatierung der Bilddaten stützt sich DVB auf den internationalen genormten MPEG-Standard.
- Im DVB-Projekt wurden zusätzlich unter anderem die folgenden Tabellen festgelegt:
 - NIT (Network Information Table)
 - SDT (Service Description Table)
 - BAT (Bouquet Association Table)
 - EIT (Event Information Table)
 - TDT (Time Date Table)
- Mit Hilfe dieser Tabellen - den PSI (Program Specific Information) und SI (Service Information) - lassen sich elektronische Programm-Auswahlmenüs (EPG: Electronic Program Guide) erstellen, die den Nutzer durch logische Schritte zu dem von ihm gewünschten Programm führt.

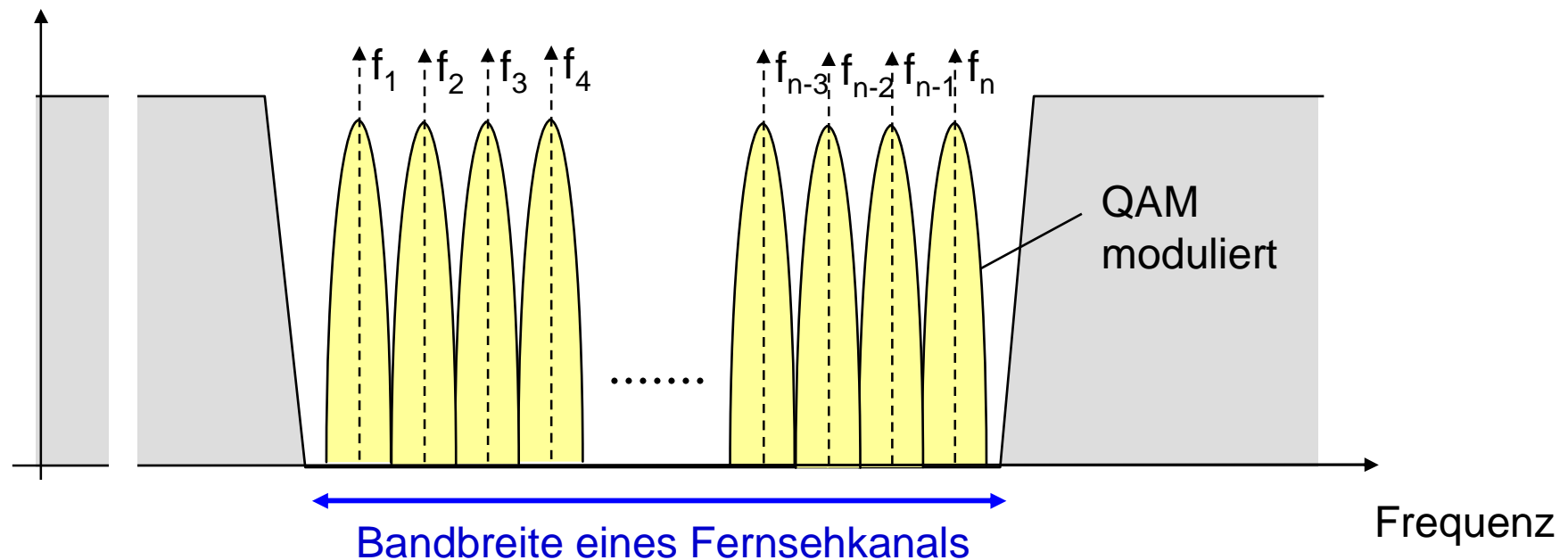
Signale in Kabelnetzen – Gegenüberstellung der DVB-Übertragungsverfahren

Medium	Satellit	Kabelnetz	Terrestrischer Funk
Typ	DVB-S	DVB-C	DVB-T
Norm	ETS 300 421	ETS 300 429	ETS 300 744
Modulationsart	QPSK	64-QAM 256-QAM	COFDM QPSK, 16-QAM, 64-QAM
Bandbreite	33 od. 36 MHz	7 (... 8) MHz	7 (... 8) MHz
typ. Symbolrate	27,5 Msym/s	6,95 Msym/s	13,37 Msym/s
typ. Nutzdata rate	~ 38 Mbit/s	~ 38 Mbit/s	~ 13 Mbit/s

Typ	DVB-S2	DVB-C2	DVB-T2
Norm	ETS 302 307	ETS 302 769	ETS 302 755
Modulationsart	QPSK, 8-PSK 16-APSK, 32-APSK	COFDM 16- ... 4096-QAM	COFDM QPSK, 16- ... 256-QAM
Bandbreite	33 od. 36 MHz	8 MHz	7 (... 8) MHz
typ. Symbolrate	30,9 Msym/s		
typ. Nutzdata rate	~ 51 Mbit/s	~ 55 / 79 Mbit/s	~ 20 / 24 / 35 Mbit/s

DVB-T und DVB-C2-Modulation (1)

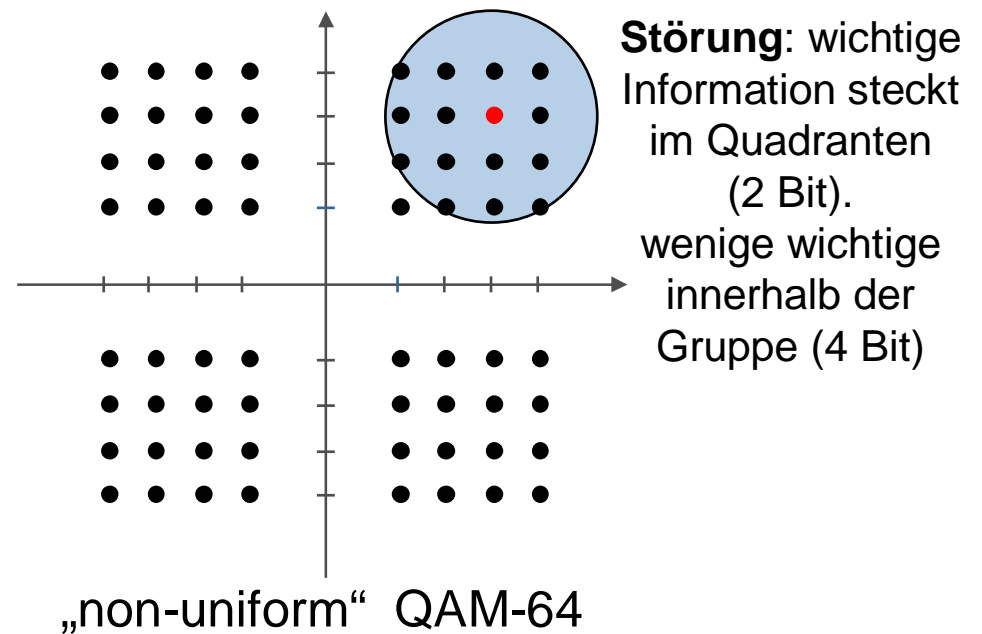
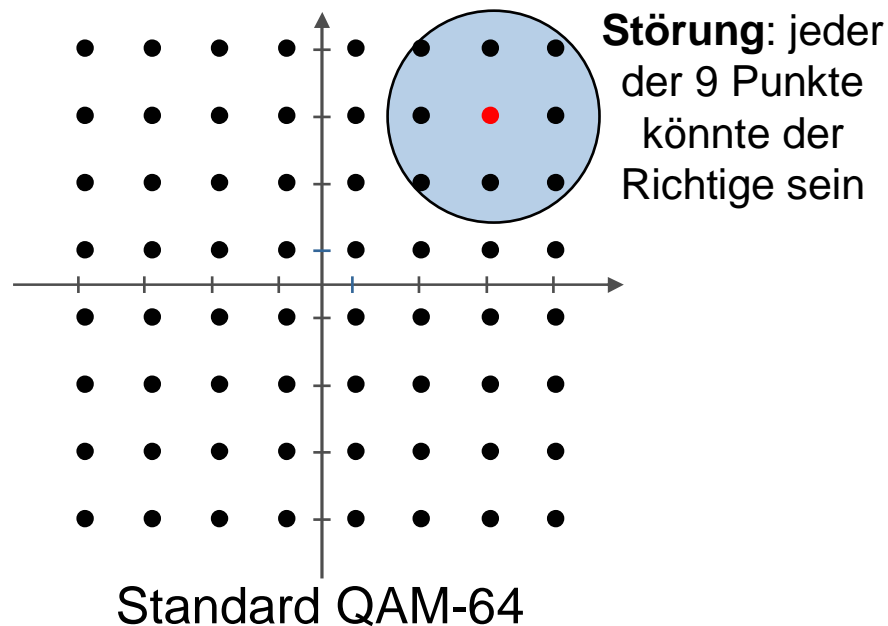
- DVB-T benutzt eine Orthogonale Frequenmultiplex-Technik (OFDM), bei der viele Träger jeweils einen Teil des Gesamtsignals tragen:



- Jeder der Träger wird QAM-moduliert.

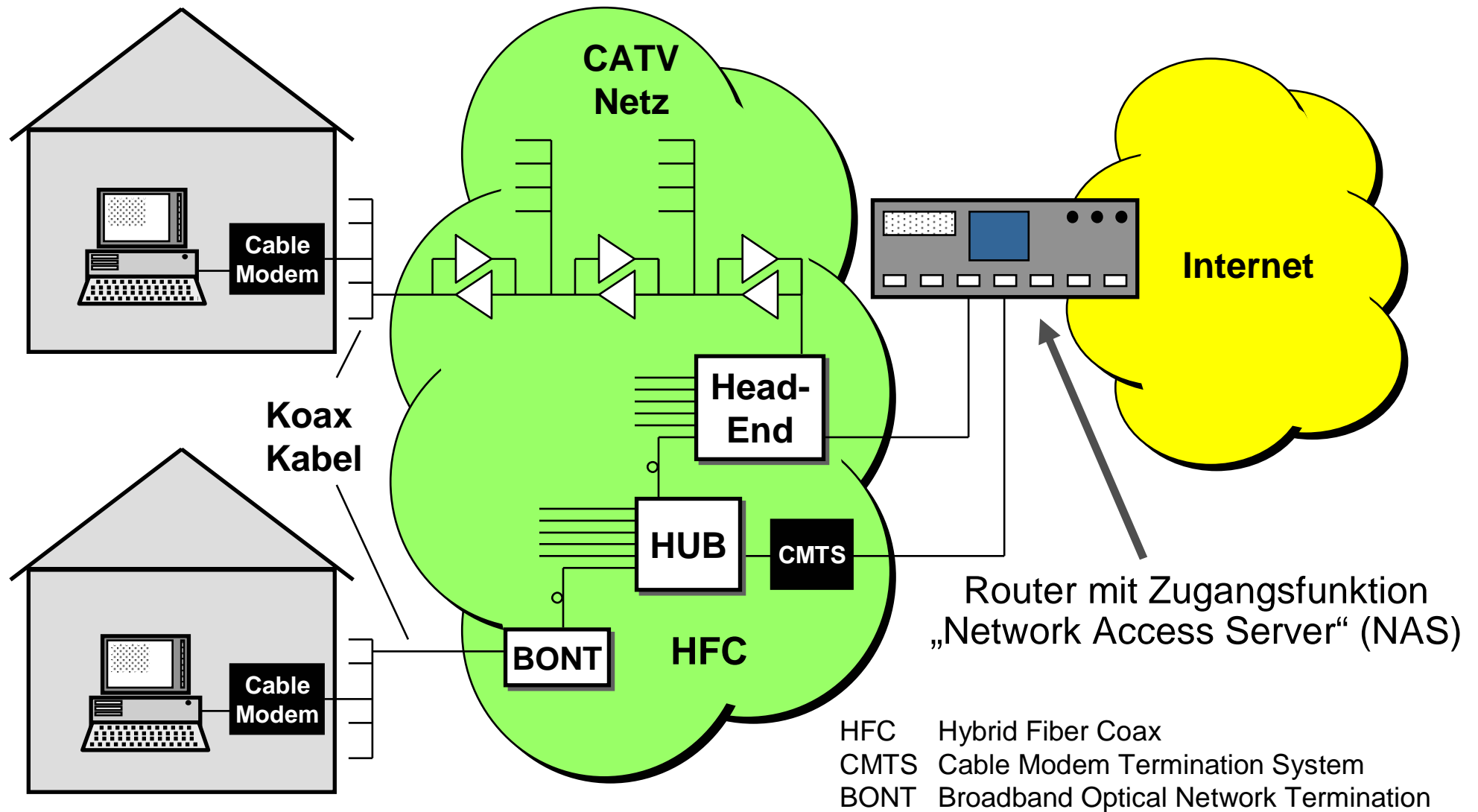
DVB-T und DVB-C2-Modulation (2)

- Bei der QAM-Modulation wird eine „Hierarchische Modulation“ eingesetzt.
- Dabei wird zwischen „wichtigen“ und „weniger wichtigen“ Signalanteilen (= Bits) unterschieden.

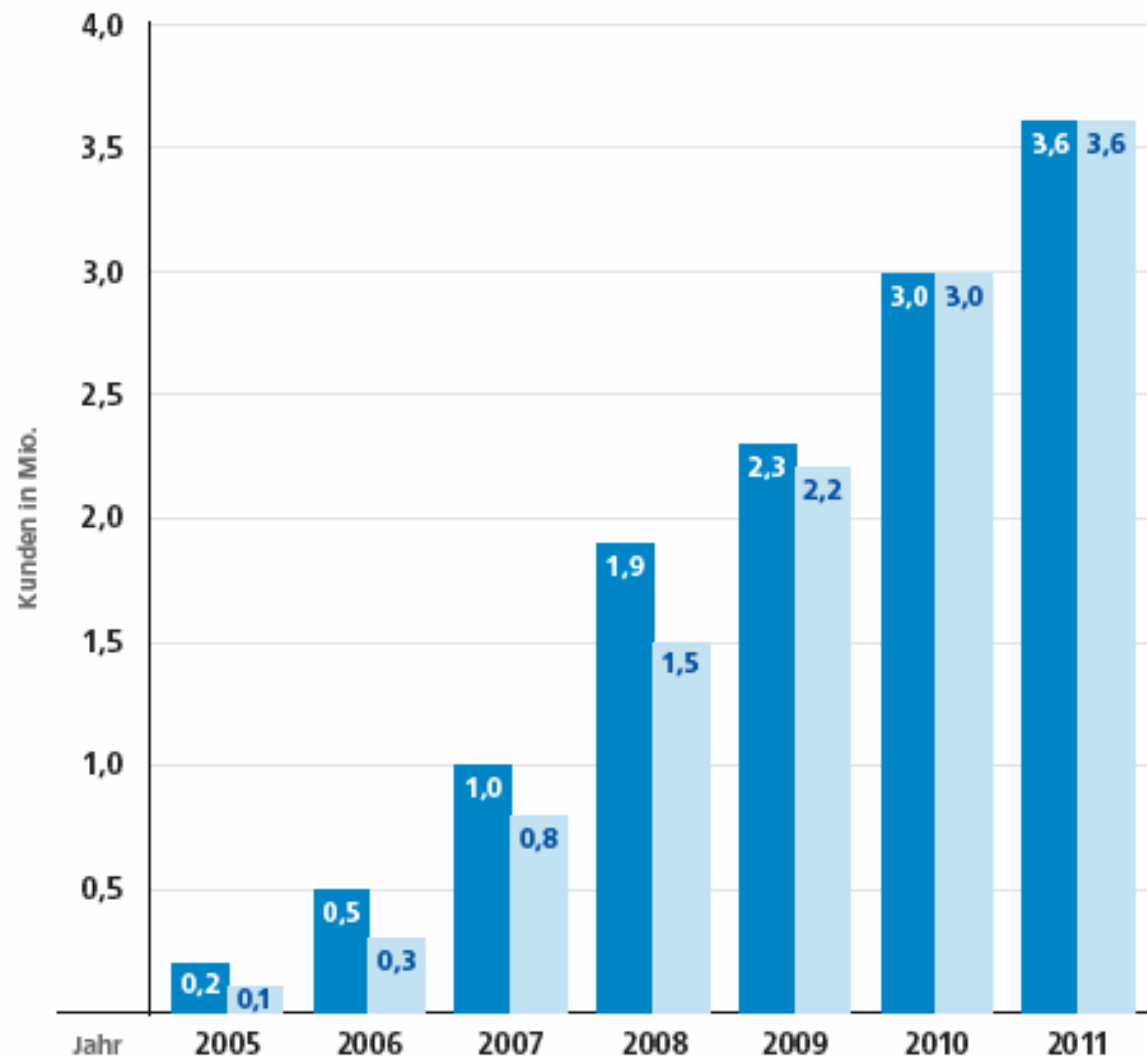


- Gründe für eine neue Version des DVB-Kabelstandards sind:
 - Zunehmender Bandbreitenbedarf durch HDTV und
 - Interaktive Breitbanddienste wie VoD.
- Methoden zur Kapazitätssteigerung sind:
 - Modulationsverfahren:
 - Multiträgertechnik COFDM wie bei DVB-T
 - Erhöhung der Stufenzahl der Modulation (QAM-4096), ergibt ca. 80 Mbit/s pro 8-MHz-Kanal
 - Fehlerschutz:
 - Low-Density-Parity-Check-Code (LDPC) wie bei DVB-S2
 - Vorwärtsfehlerkorrektur
 - Native Datenübertragung – Daten müssen nicht mehr in einen MPEG-Rahmen eingepackt werden.

Internet-Zugang – via CATV/HFC – Prinzip



Internet und Telefonie via Kabelnetz



► Diagramm

Kabel-Internet und
-Telefonie

■ Internet-Kunden

■ Telefonie-Kunden

Quelle: ANGA (Dezember 2011)

Rückkanal – Allgemeines

- Für den Rückkanal in Kabelnetzen gibt es zwei Spezifikationen:
 - **DVB-Return Channel for Cable (DVB-RCC)**
wurde vom Digital Video Broadcasting Komitee (DVB) innerhalb ETSI erarbeitet.
 - **Data over Cable Service Interface Specification (DOCSIS)** wurde in den USA von einem Forum „Multimedia Cable Network Systems“ (MCNS) mit der im Namen ersichtlichen Zielrichtung auf schnelle Datenanschlüsse über die amerikanischen Fernsehkanäle mit 6 MHz Bandbreite erarbeitet.
 - ETSI hat darauf eine Anpassung von DOCSIS auf die europäische Bandbreite (**Euro-DOCSIS**) spezifiziert.
- Für den Steuerkanal in Vorwärtsrichtung (downstream) gibt es zwei Optionen:
 - ~~Out-of-Band (in DVB-RCC)~~
 - In-band (in ~~DVB-RCC~~ und DOCSIS)

DOCSIS hat sich durchgesetzt.

DOCSIS – Allgemeines

- **Data Over Cable Service Interface Specification**
- Beschreibt die Unterstützung von Breitband-Datentransfer über ein Fernseh-Kabelnetz.
- Von vielen Kabelnetzbetreibern benutzt, um ihren Kabel-Kunden einen schnellen Internet-Zugang zu bieten.
- Im Rahmen von TriplePlay auch für Telefonie (VoIP) und Video-on-Demand (VoD) genutzt.
- Ursprünglich ein Standard der CableLabs (USA),
 - 1997: Version 1.0
 - 1999: Version 1.1 (berücksichtigt QoS)
 - 2001: Version 2.0 (höhere Upstream-Bandbreite)
 - 2006: Version 3.0 (höhere Bandbreite, Channel-Bonding, IPv6)
- Europäische Versionen (EuroDOCSIS) berücksichtigen anderes Kanalraster (1998 begannen diese Arbeiten).

DOCSIS – Bandbreiten

	DOCSIS		EuroDOCSIS	
Kanal	6 MHz		8 MHz	
Version	Downstream	Upstream	Downstream	Upstream
1.0	42,88	10,24	55,62	10,24
2.0	42,88	30,72	55,62	30,72
3.0 / 4 Ch	171,52	122,88	222,48	122,88
3.0 / 8 Ch	343,04	122,88	444,96	122,88



Channel Bonding mit 4 oder 8 Kanälen

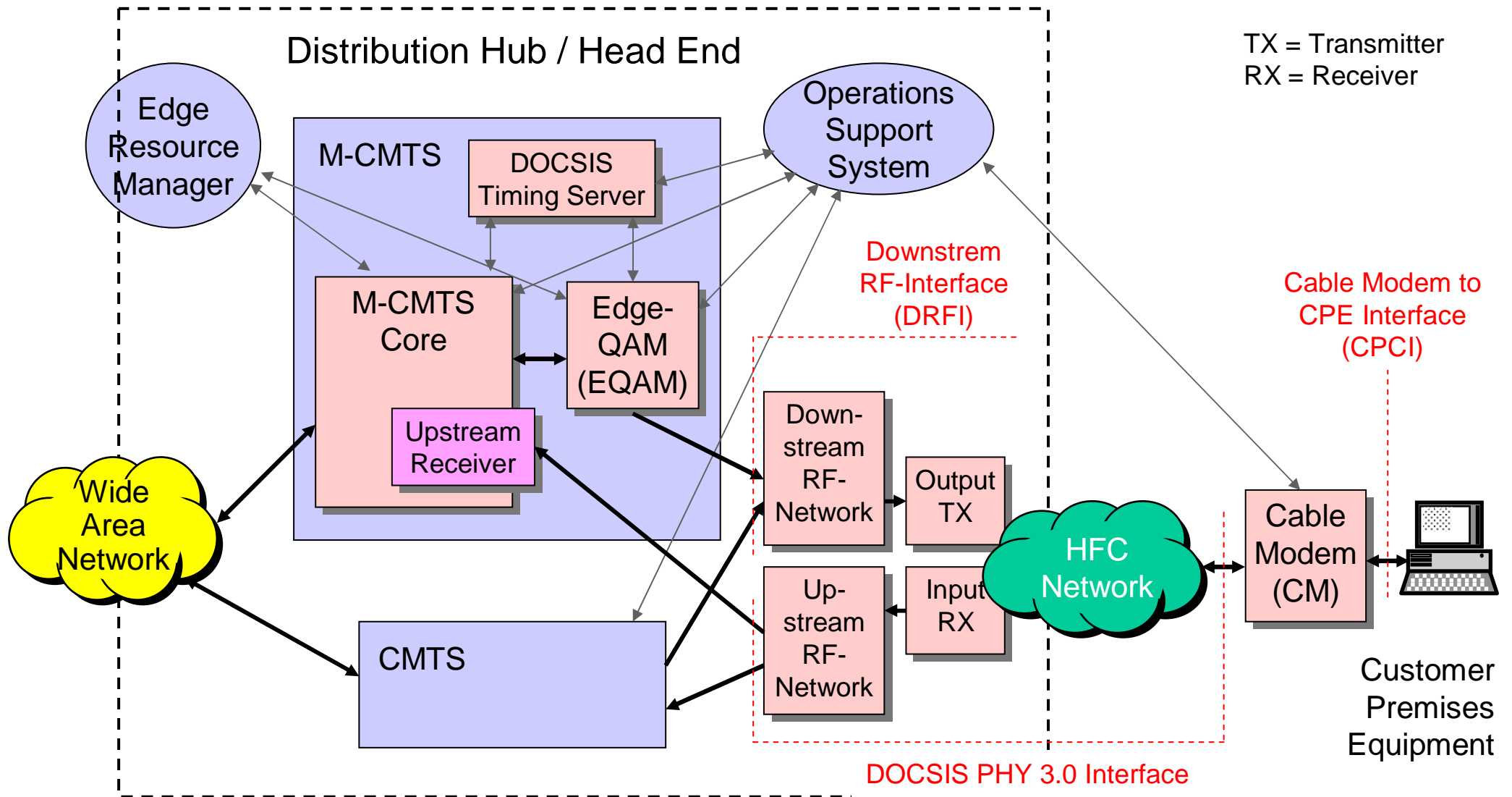
Modulations Verfahren	64 QAM 256 QAM	QPSK 16 QAM	64 QAM 256 QAM	QPSK 16 QAM
--------------------------	-------------------	----------------	-------------------	----------------



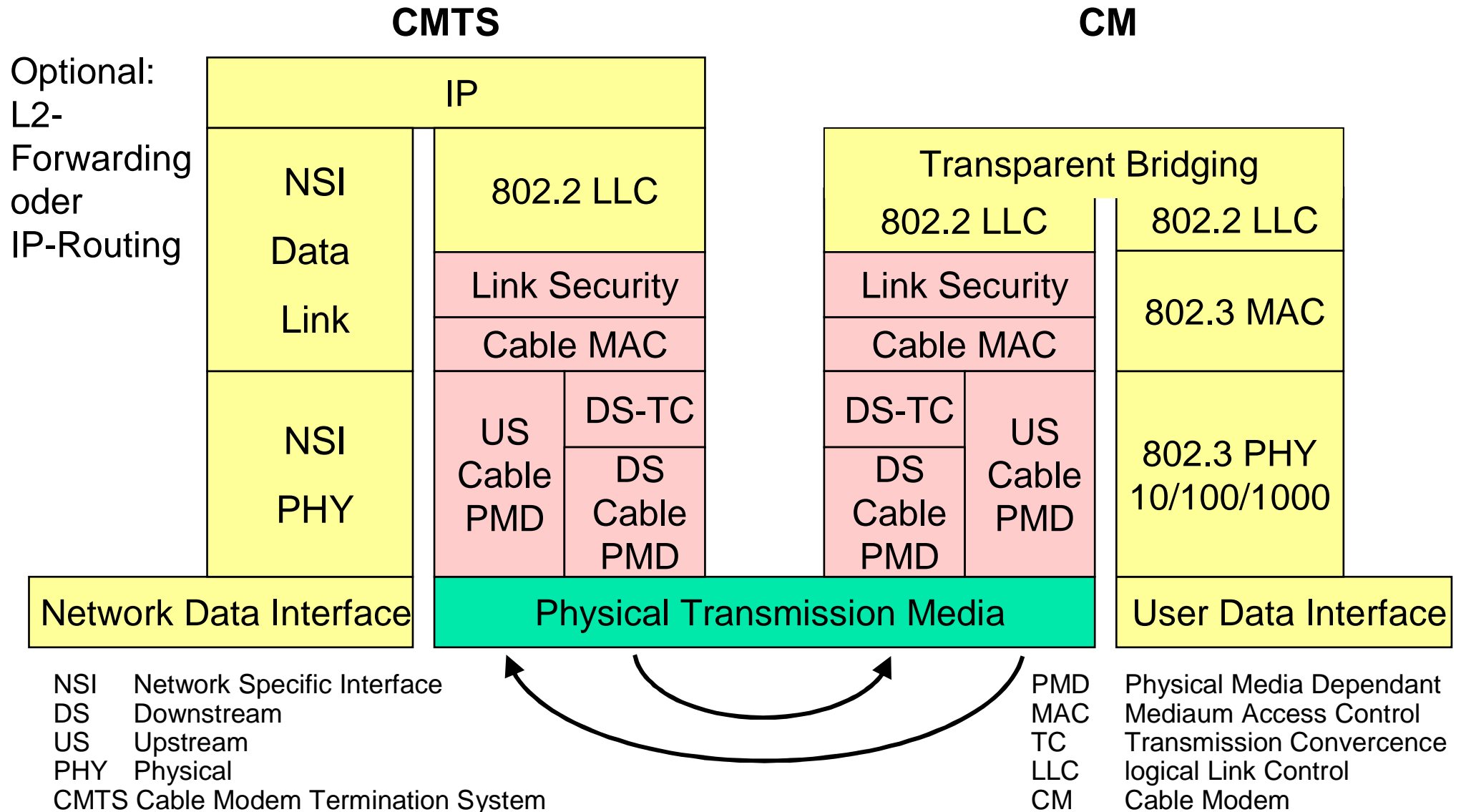
Ab Version 2: auch 32 QAM, 64 QAM, 128 QAM

V 3.1 löst sich von den TV-Kanälen und nutzt stattdessen OFDM mit schmalen Kanälen

DOSCIS – Architektur



DOCSIS – Protokoll-Stack



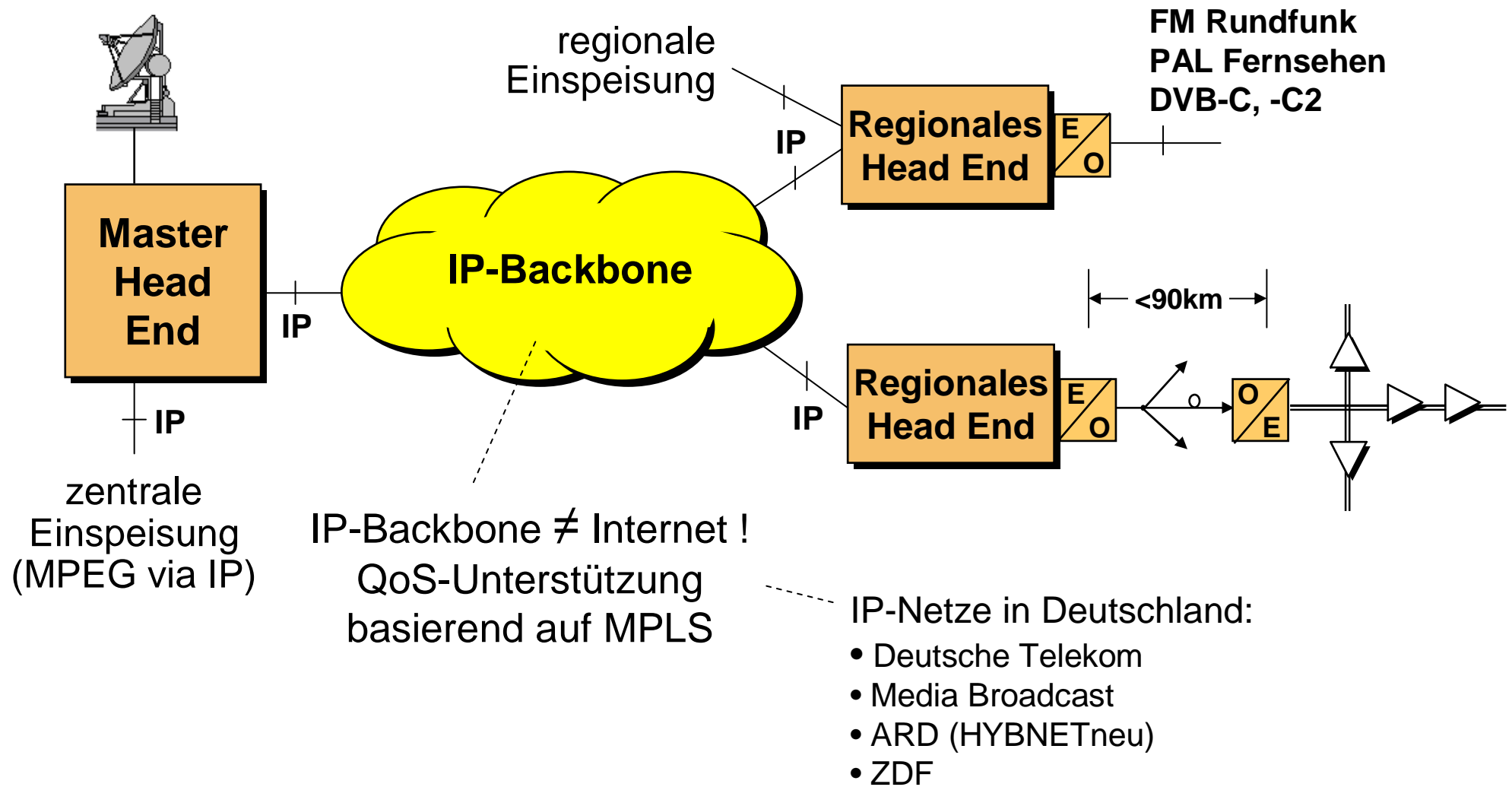
Inhalt

- Historische Entwicklung der Kabelnetze
- Architektur der Kabelnetze
- Architektur der Hybrid-Fiber-Coax Netze
- Frequenzaufteilung in den Kabelnetzen
- Signale in Kabelnetzen
- Weiterentwicklungen
- Relevante Standards

Weiterentwicklungen

- Verstärkter Einsatz von IP-Techniken, z.B. im Backbone der Kabelnetzbetreiber.
- Verstärkter Einsatz von Glasfasern zum Teilnehmer, dazu:
 - Aufrüsten von PONs (Passive Optical Networks) anderer Netzbetreiber um Fernsehverteilung
→ **RF-Overlay**
 - Aufrüsten eigener HFC-Netze und Migration hin zur Integration von PONs.
→ **RFoG** (Radio Frequency over Glass)
- Mehr Flexibilisierung, Anpassung an geänderte Nutzungen, z.B. vermehrte Interaktivität.
- Verbesserung in der Technik: geringerer Platzbedarf, geringerer Stromverbrauch, geringere Kosten.

IP-Backbone



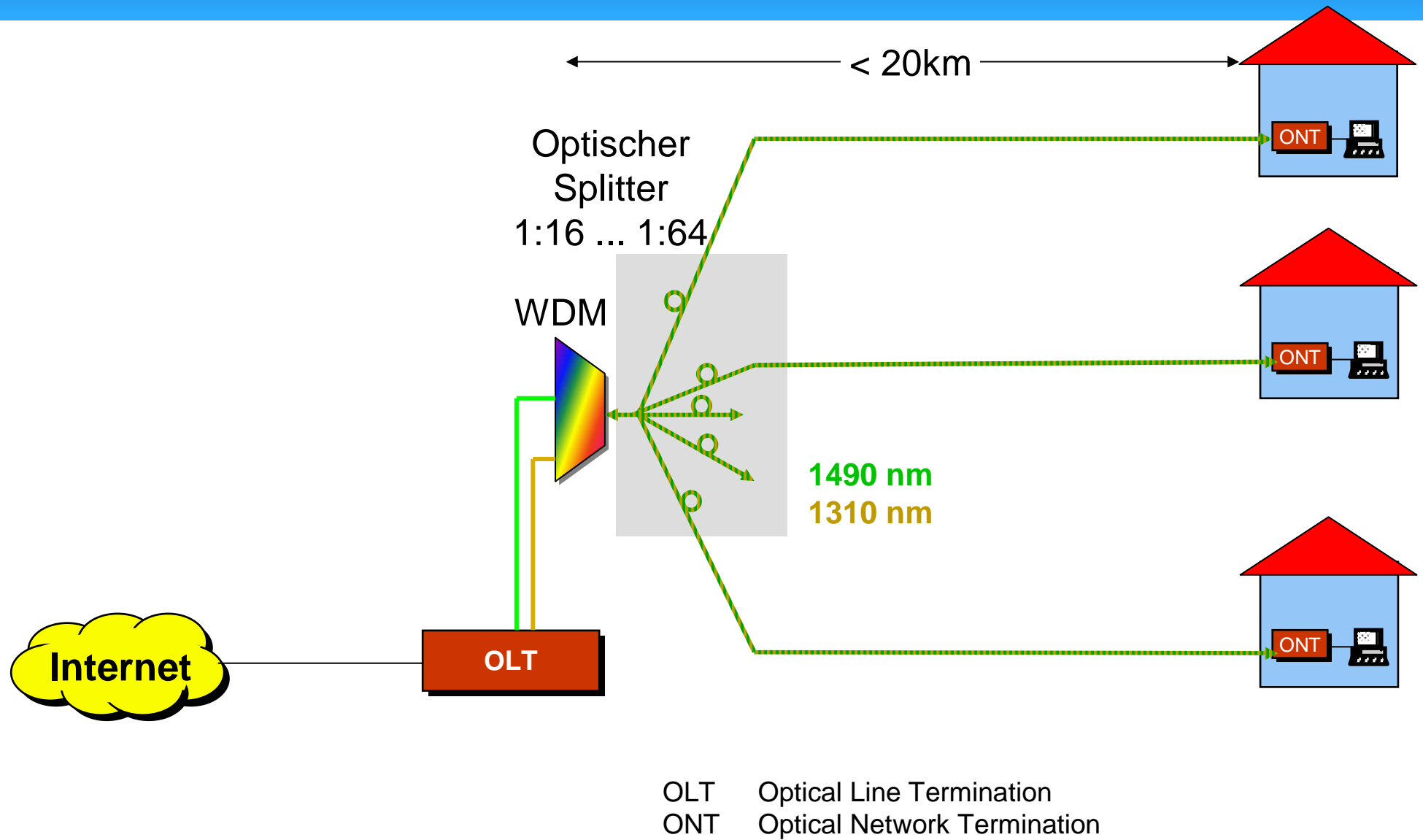
PON und RF-Overlay

- Telekommunikationsnetzbetreiber gehen heute verstärkt mit Glasfaser zum Teilnehmer:
 - FTTH (Fiber to the Home)
 - FTTB (Fiber to the Building)
 - FTTC (Fiber to the Curb)
- Die Technik basiert oft auf passiven Splittern um die Kosten zu begrenzen, der Begriff dafür: Passive Optical Network (PON)
- Schlagworte (und Standards) sind
 - GPON (Gigabit Passive Optical Network, 2,5 Gbit/s), ITU-T-Empfehlung G.984
 - EPON (Ethernet Passive Optical Network, 1,2 Gbit/s), IEEE 802.3ah
 - 10GEPON (10 Gbit/s EPON), IEEE 802.3v
 - WDM-PON

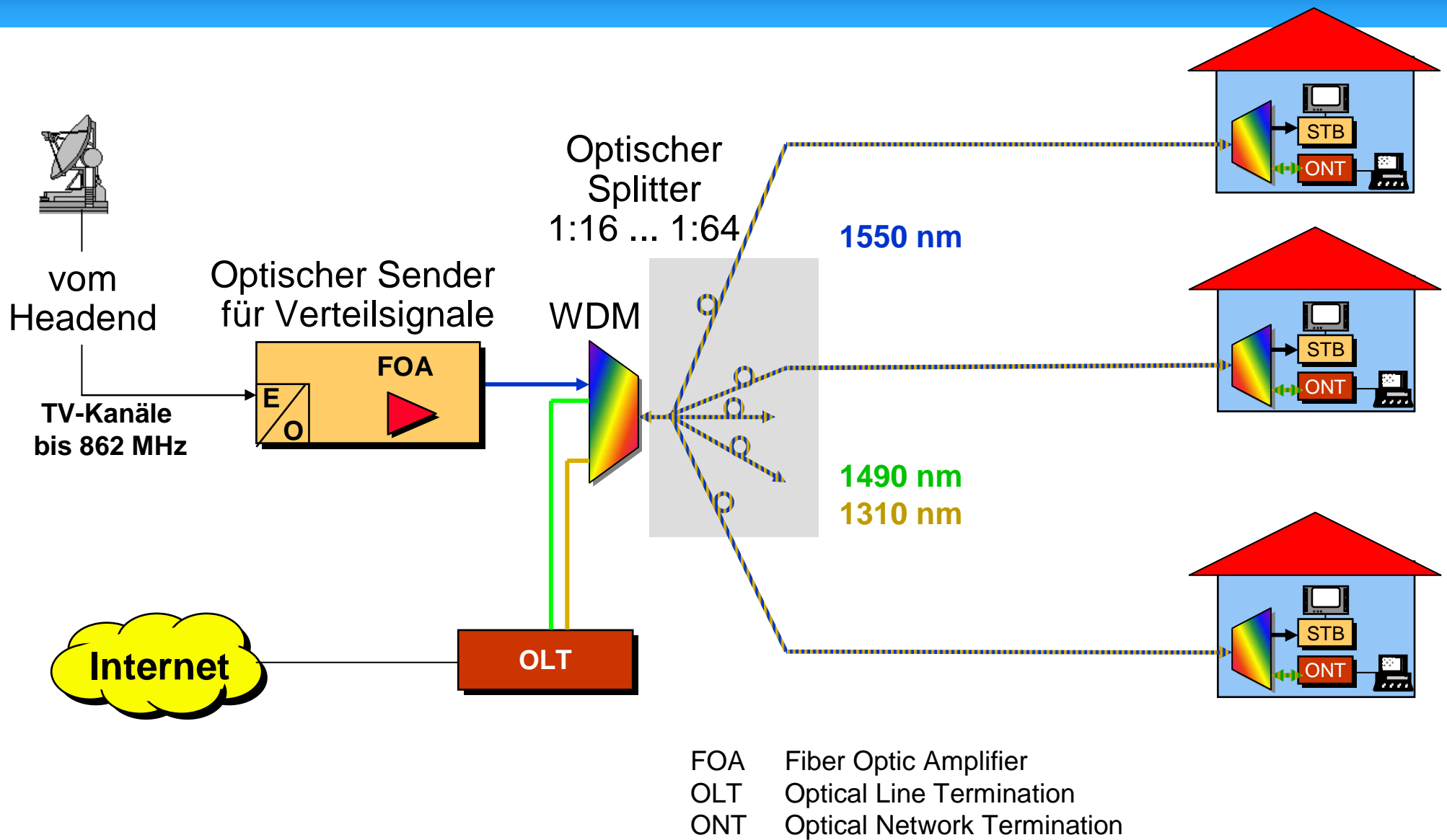
} zukünftige Lösungen
- Über eine weitere Wellenlänge lässt sich das System mit einer Fernsehverteilung aufrüsten = RF Overlay.
- Dabei wird der ganze TV Frequenzbereich bis 862 MHz auf einen optischen Sender aufmoduliert.

RF Radio Frequency

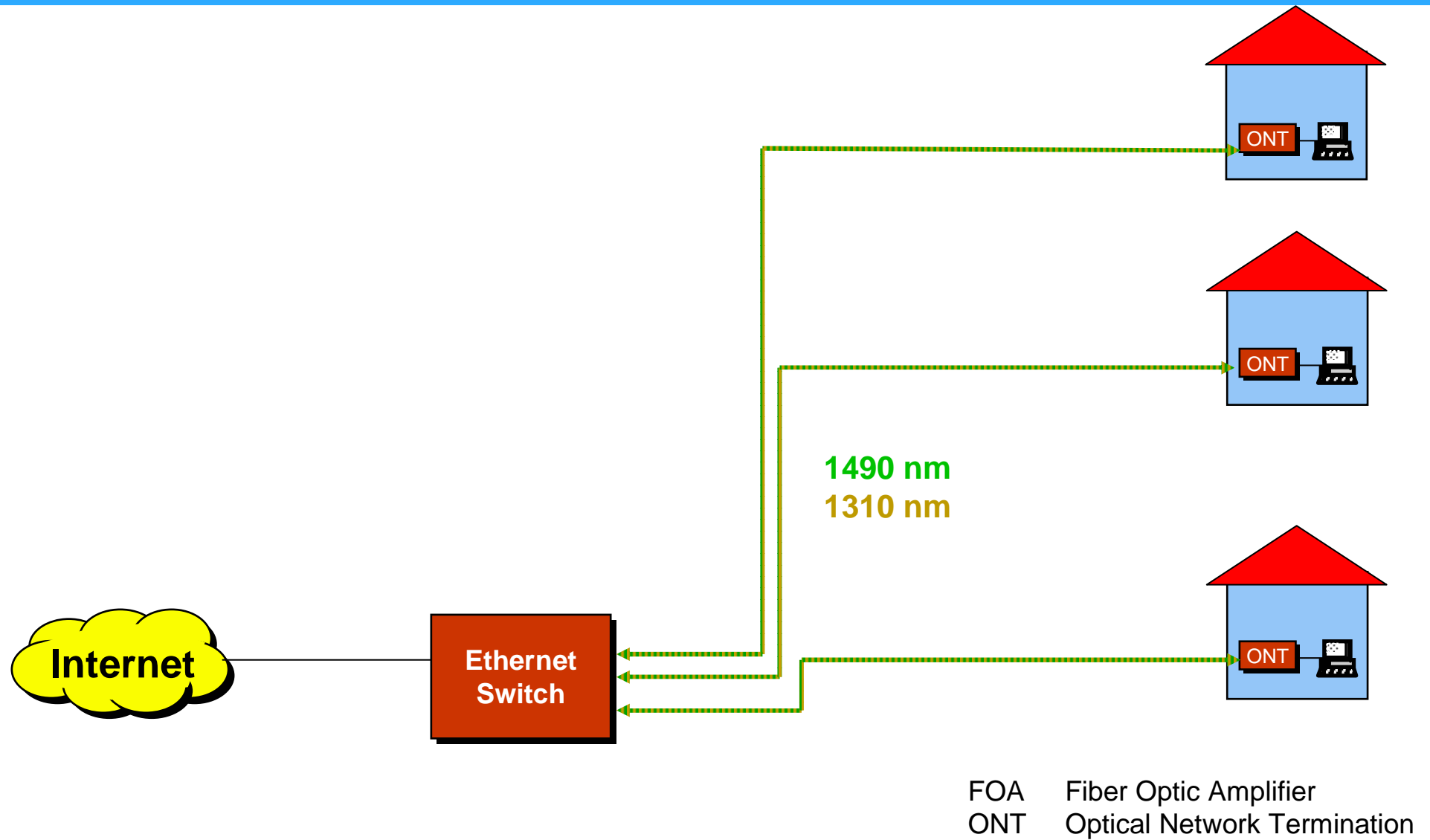
2a: PON als Basis



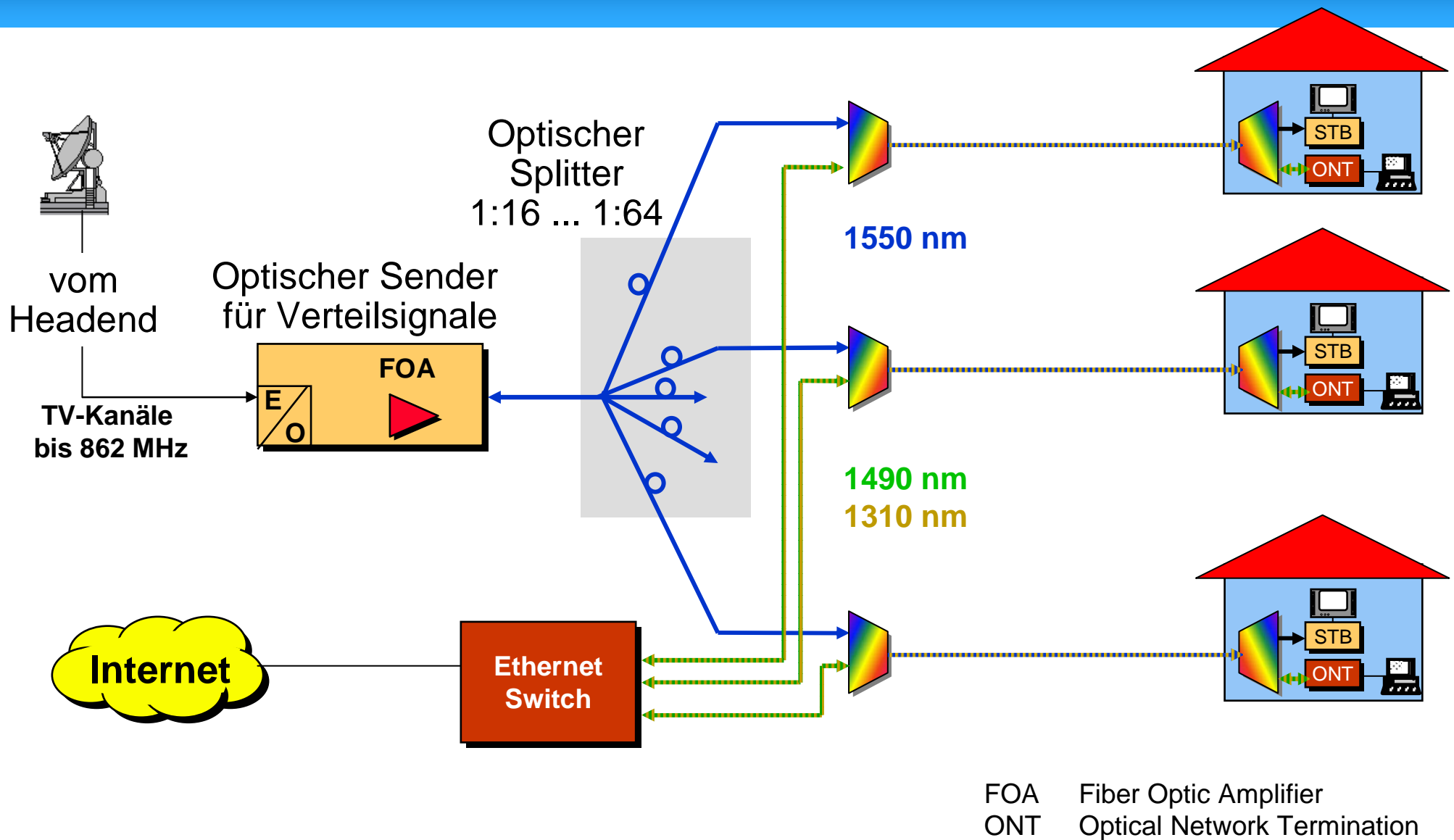
2a: RF-Overlay im PON



2a: Ethernet-Pt-Pt-Struktur als Basis



2a: RF-Overlay in einer Ethernet-Pt-Pt-Struktur



2b: HFC und RFoG (1)

■ Herausforderungen:

- Die aufgebauten HFC-Netze haben noch vielfach große Koax-Zellen, die für interaktive Dienste hinderlich sind.
- Telekommunikationsanbieter bringen mit der VDSL-Technik größere Bandbreiten – und Fernsehen – zum Teilnehmer.
- Allgemein wird der Glasfaser bis zum Teilnehmer (oder zumindest bis in seine Nähe) die größten Zukunftsaussichten eingeräumt (FTTB, FFTH).

■ Das bringt den Kabelnetzbetreiber unter Zugzwang.

■ Allerdings hat er eine große installierte Basis und eingespielte Prozesse, die er beibehalten will.

■ Die Lösung: **RF over Glass** (RFoG)

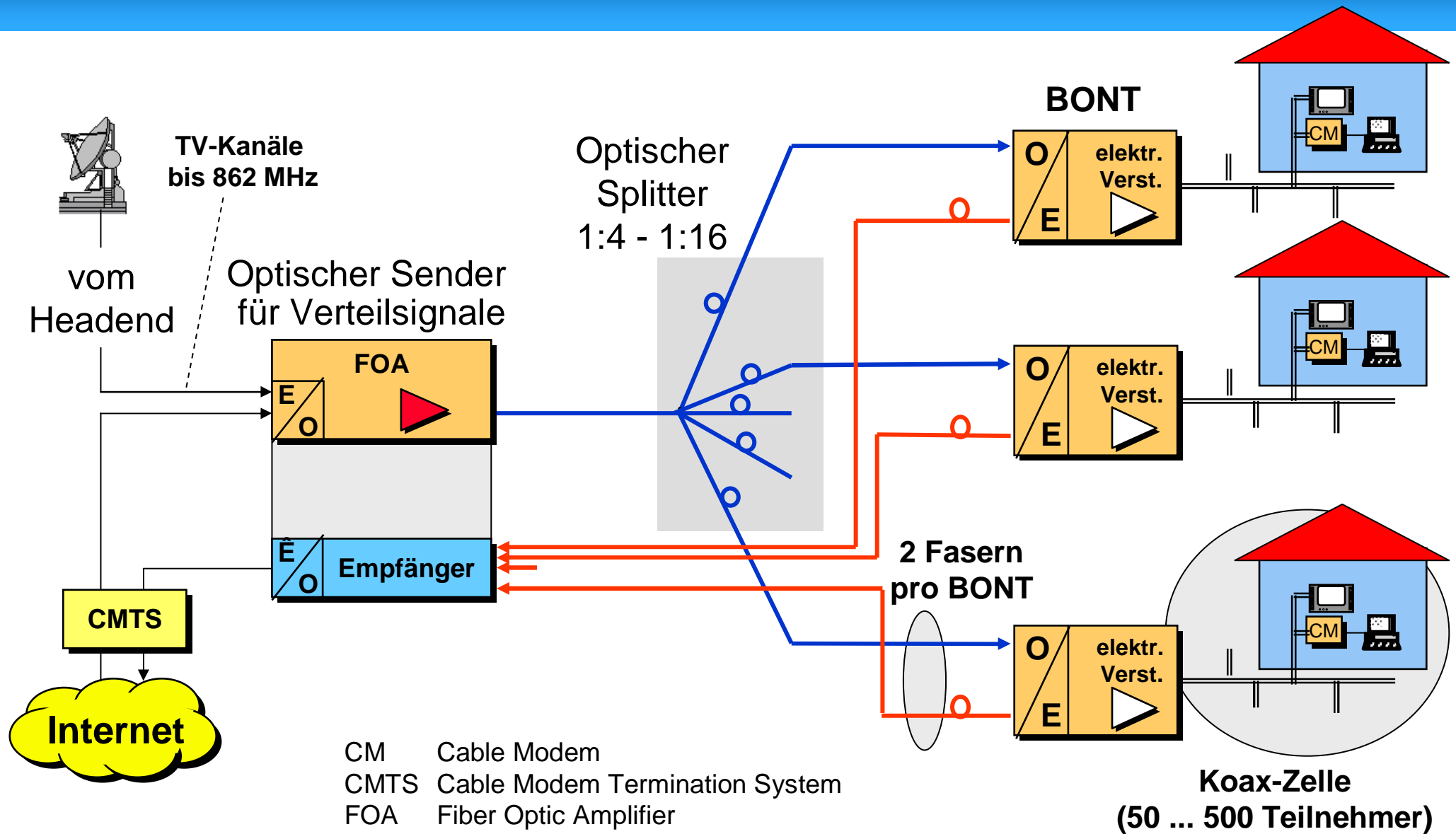
HFC	Hybrid Fiber Coax
VDSL	Very High Speed Digital Subscriber Line
RF	Radio Frequency = Hochfrequenz

2b: HFC und RFoG (2)

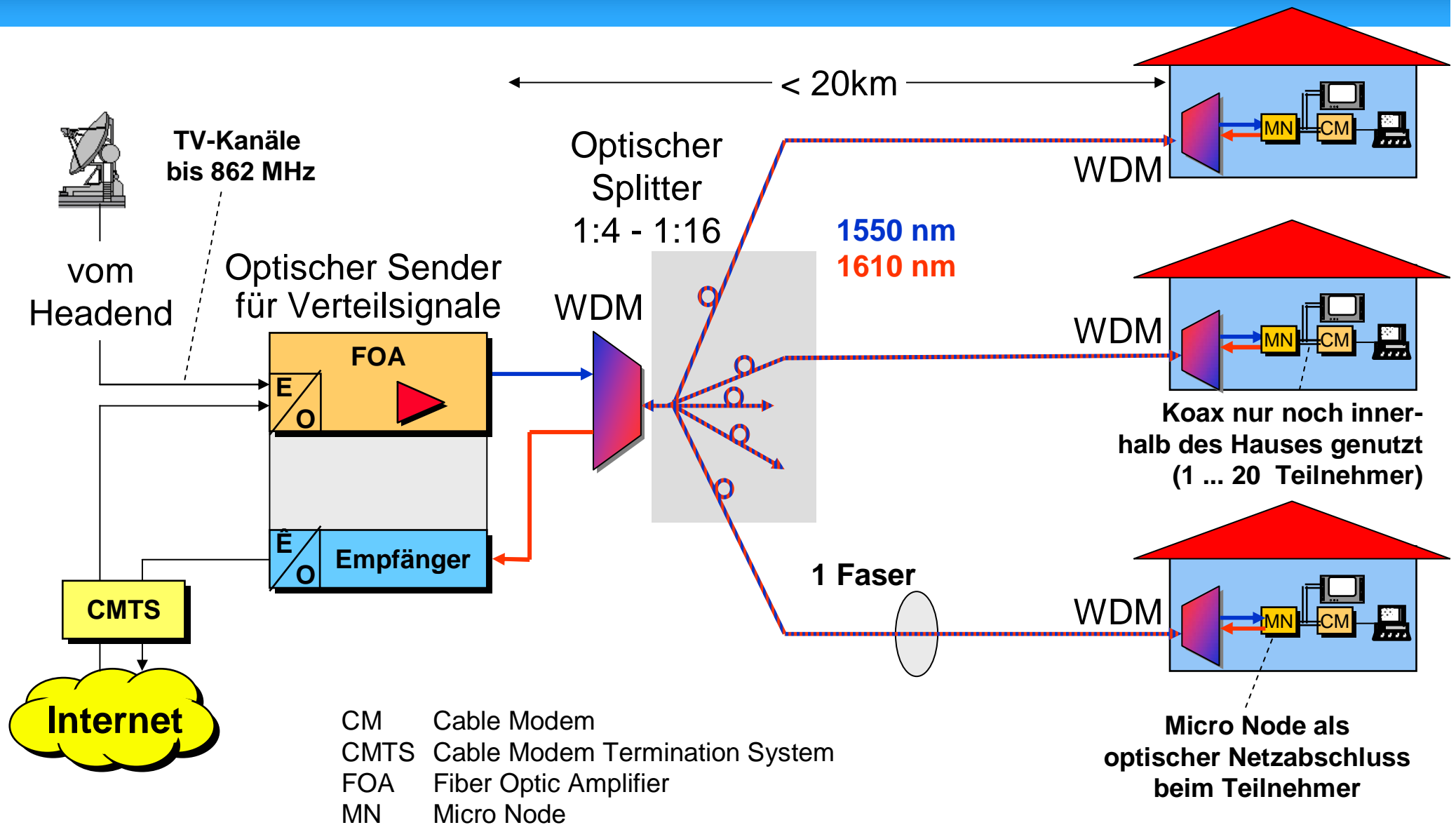
- Glasfaser bis ins Gebäude (FTTH), Koax nur noch für die hausinterne Verkabelung.
- Beibehalten von:
 - Betriebliche Prozesse
 - Glasinfrastruktur des HFC
 - Übertragungstechnologie im HFC-Netz
 - Daten via DOCSIS 3.0 mit Kanalbündelung
 - Kompatibilität zur GPON-Technologie
- Rückkanal im Burst-Mode: Teilnehmer dürfen nur zu bestimmten, fest definierten Zeiten senden (vergleichbar TDMA).

FTTH Fiber to the Home
TDMA Time Division Multiple Access
GPON Gigabit Passive optical Network

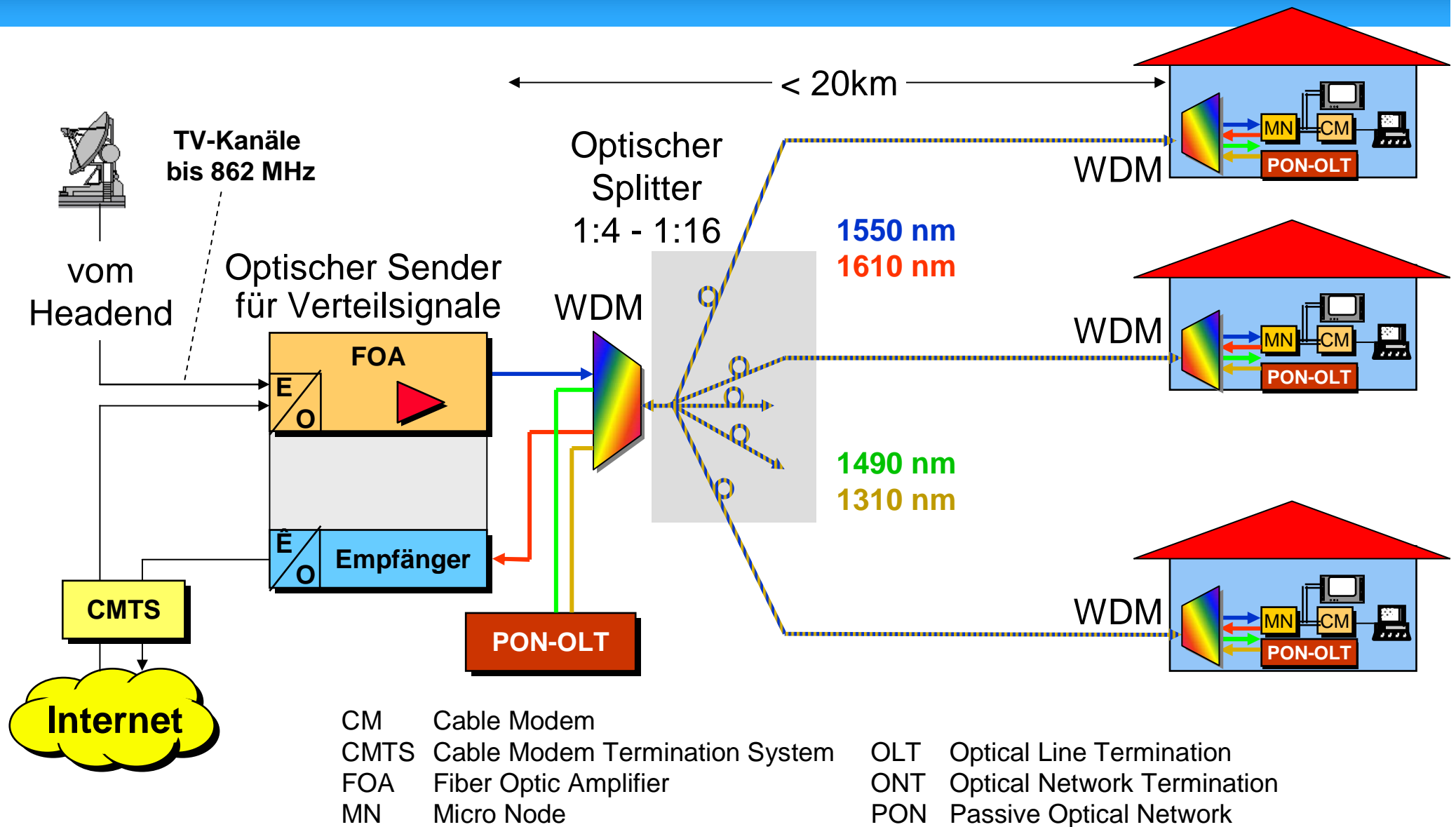
2b: HFC-Netz als Basis



2b: RFoG – kompatibel zu HFC



2b: RFoG mit PON



Converged Cable Access Platform (CCAP) – (1)

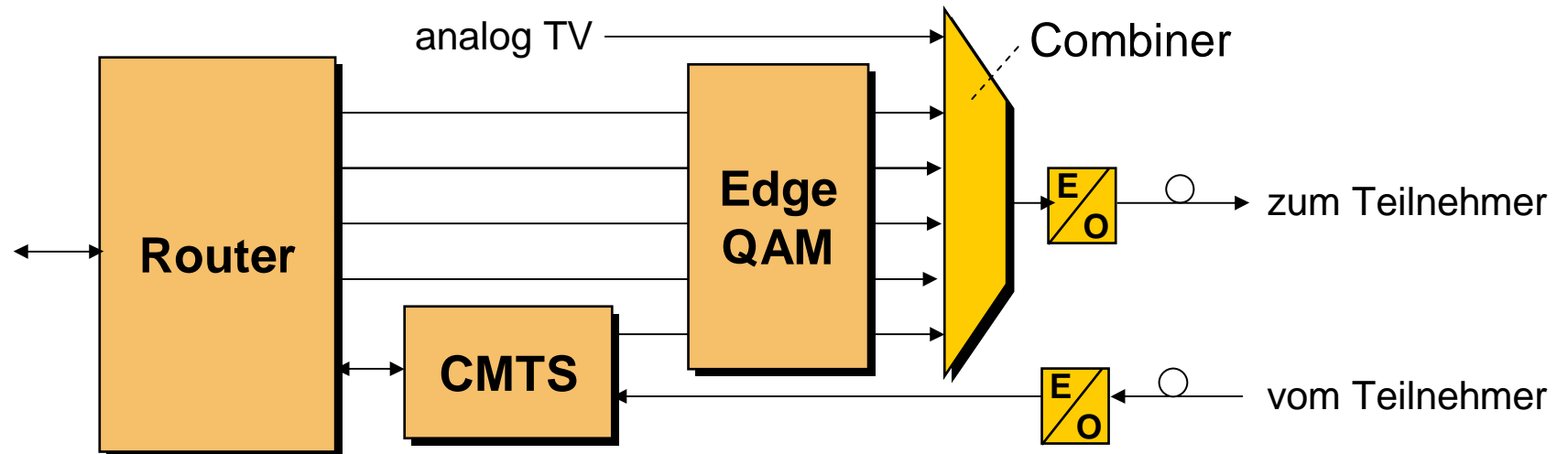
- Kabelnetzbetreiber schicken zwei Typen von digitalen Informationen zum Teilnehmer:
 - Digitales Fernsehen als DVB-C-Signal
 - Digitale Daten (Internet, VoIP) als IP gemäß DOCSIS über ein Cable Modem Termination System (CMTS)

Beide werden in Quadratur Amplituden Modulatoren (QAM) aufbereitet.

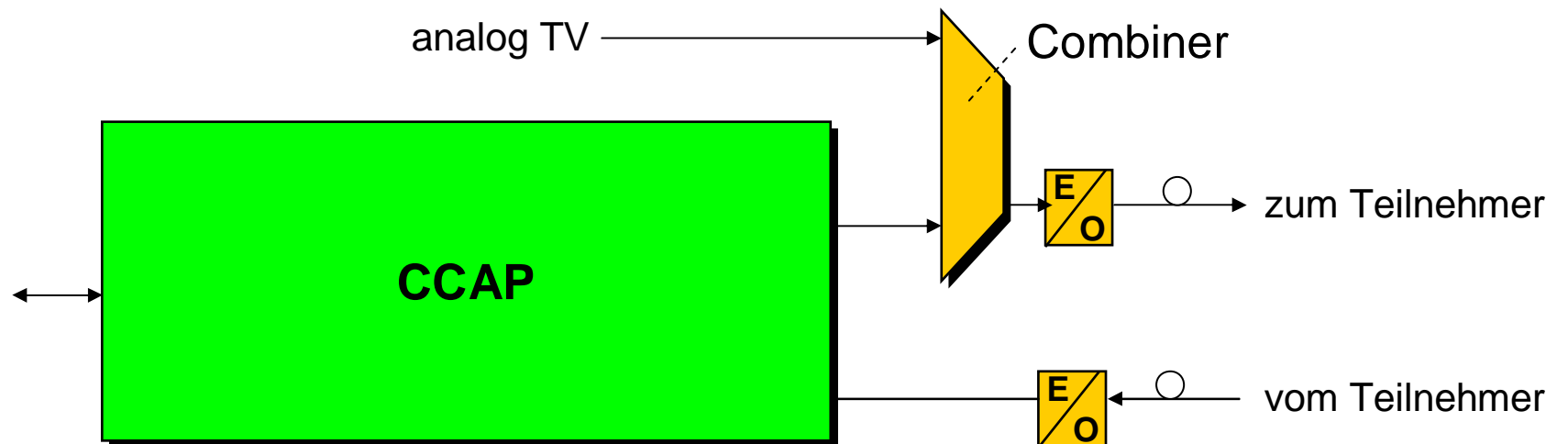
- Eine Integration der notwendigen Geräte erlaubt heute Einsparungen bezüglich Platzbedarf, Stromverbrauch und Kosten!
- Zudem kann der Kabelnetzbetreiber damit flexibler auf Veränderungen reagieren, z.B. der erwartete Mehrbedarf an interaktiven Diensten (z.B. VoD).

Converged Cable Access Platform (CCAP) – (2)

Heutiges
Headend



Headend
mit CCAP



Nutzung der Kanäle

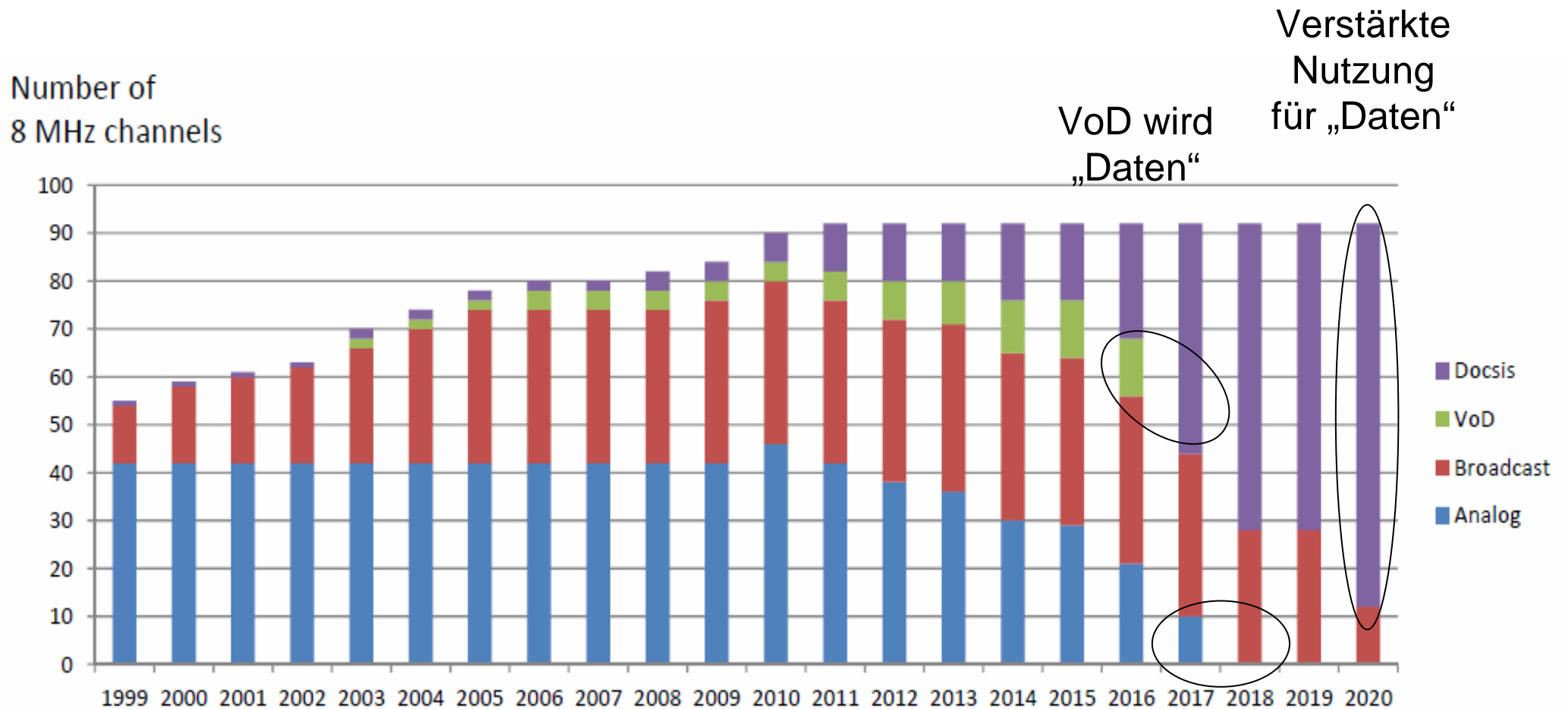


Figure: Highlights the number of downstream channels being used per service

This profile has been presented by a european cable MSO during a conference on CCAP in 2010

Analog TV läuft aus

Inhalt

- Historische Entwicklung der Kabelnetze
- Architektur der Kabelnetze
- Architektur der Hybrid-Fiber-Coax Netze
- Frequenzaufteilung in den Kabelnetzen
- Signale in Kabelnetzen
- Weiterentwicklungen
- Relevante Standards

Standardisierungsgremien für Kabelfernsehen

- CableLabs →
 - CENELEC
 - Digital Video Broadcast (DVB)
 - Society of Cable Television Engineers (SCTE)
 - Cable Application Platform (CAP)
 - Data Standards Subcommittee (DSS)
 - Digital Video Subcommittee (DVS)
 - Emergency Alert Systems (EAS)
 - Hybrid Management Sublayer Subcommittee (HMS)
 - Interface Practices and In-Home Cabling Subcommittee (IPS)
- DOCSIS (Data over Cable System Interface Specification)
 - CableHome
 - PacketCable
 - OpenCable (OCAP – Open Cable Application Platform)
 - VoD Metadata
 - Digital Advertising



ENDE

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

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