

# Brückentechnologie / Migrationsszenario zu flächendeckendem FTTH – der effiziente Weg zu "Homes contracted"

Mittwoch, 11. September 2024

M.Eng. Benedikt Breuer, CTO & Mitglied der Geschäftsleitung AXING AG, CH

Kurzvorstellung AXING Group

Wiederholung Remote-CCAP

Problemstellung beim FTTH-Ausbau

Die AXING-Lösung – unser Migrationsszenario auf dem Weg zu echtem FTTH





# Kurzvorstellung AXING Group







“Network layer 4”  
Sales, Production  
CATV, SAT, IP  
TV distribution  
Optical distribution  
IPTV head-ends  
Hospitality Solutions



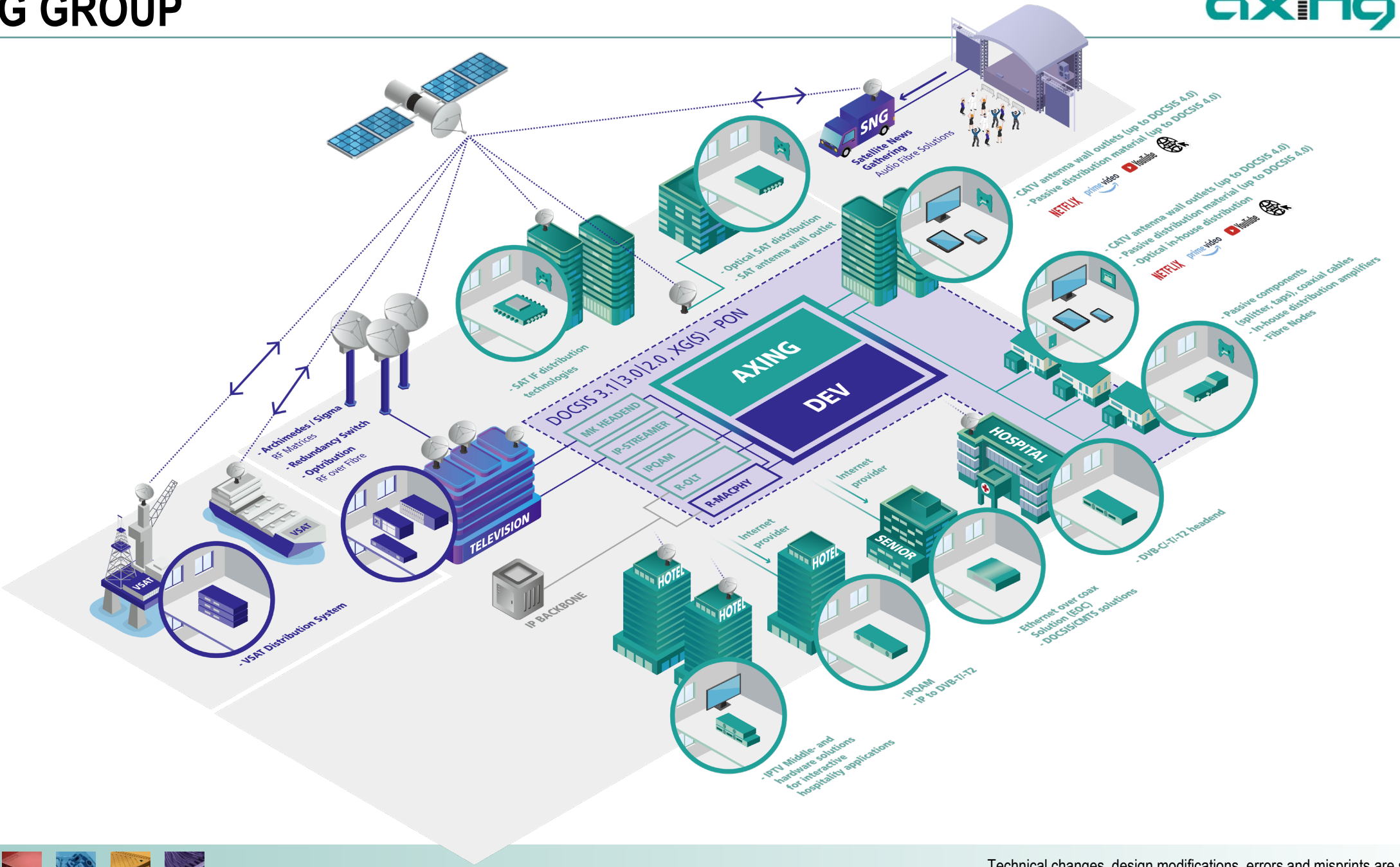
RF engineering  
IPTV middleware



Engineering  
Head-end equipment  
IPTV transcoder



“Network layers 1,2, 3”  
Engineering,  
production, sales  
RF-over-fiber and coax  
distribution &  
switching,  
Teleport solutions,  
HFC solutions



# Wiederholung Remote-CCAP

	DOCSIS 1.0	DOCSIS 1.1	DOCSIS 2.0	DOCSIS 3.0	DOCSIS 3.1	DOCSIS 4.0 Full Duplex (FDX) Extended Spectrum DOCSIS (ESD)
Highlights	IP-Daten-Übertragung über koaxiale CATV- Strukturen	QoS, VoIP Funktionalitäten hinzugefügt	Höherer Upstream Speed	Upstream- und Downstream-Speed massiv erhöht, IPv6	Weitere erhebliche Kapazitätserhöhung, OFDM im US und DS	Nutzung des Spektrums bis 1,8 GHz, symmetrischere US- und DS-Bandbreiten
Downstream- Kapazität	50 Mbit/s	50 Mbit/s	50 Mbit/s	1,6 Gbit/s	10 Gbit/s	15 Gbit/s
Upstream- Kapazität	10 Mbit/s	10 Mbit/s	30 Mbit/s	240 Mbit/s	1-2 Gbit/s	6 Gbit/s
Veröffentlicht	1997	1999	2001	2006	2013	2020



- **Einführung von OFDM**, einem Multiträger-Modulationsverfahren (bis zu 7600 Subträger), bei dem ein Frequenzband in eine bestimmte Anzahl schmaler, orthogonaler Sub-Träger unterteilt wird.

- **Erweiterter Frequenzbereich** (bisher: 1002 MHz) bis 1218 MHz (Phase 1, DOCSIS 3.1) bzw. 1794 MHz (Phase 2, DOCSIS 4.0), und somit höhere nutzbare Bandbreiten

## Einführung von MCM (Multi Carrier Modulation)

### Fehlerkorrektur-Mechanismus

- **Die Nutzung der LDPC-FEC (im DS in Kombination mit BCH)** anstatt des RS-Verfahrens führt zu robusteren Kanälen und höherer Systemreserve.



## Größerer Frequenzbereich

## Höherwertige Modulationsarten

- **Der DS unterstützt bis zu 4096 QAM; der US unterstützt bis zu 2048 QAM**, was in einer massiven Bandbreitenerhöhung resultiert (bei DOCSIS 3.0: max. 256 QAM)

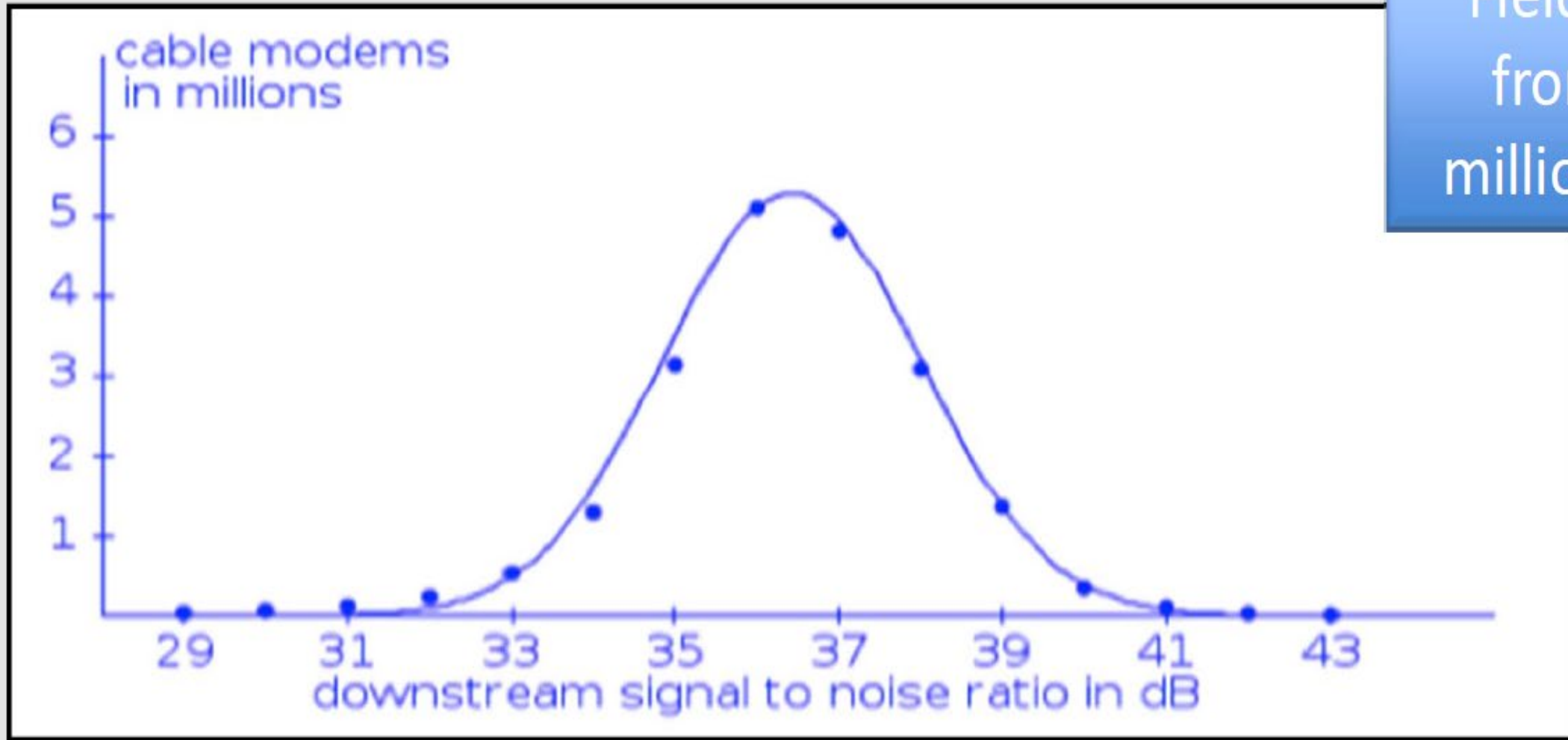


CM Minimum CNR Performance in AWGN Channel			
Constellation	CNR (dB) Up to 1 GHz	CNR (dB) 1 GHz to 1.2 GHz	Min P <sub>6AVG</sub> dBmV
4096	41.0	41.5	-6
2048	37.0	37.5	-9
1024	34.0	34.0	-12
512	30.5	30.5	-12
256	27.0	27.0	-15
128	24.0	24.0	-15
64	21.0	21.0	-15
16	15.0	15.0	-15

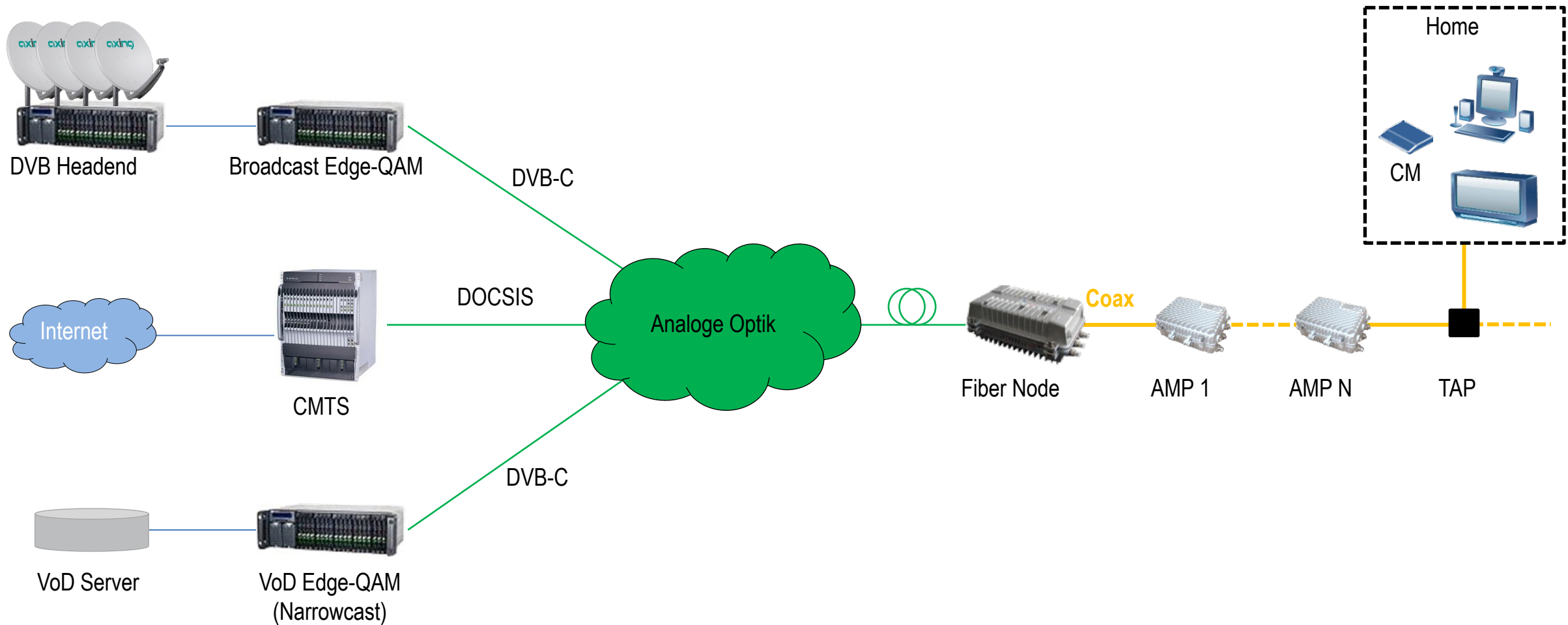
CableLabs® - DOCSIS® 3.1 - Physical Layer  
Specification - CM-SP-PHYv3.1-l08-151210



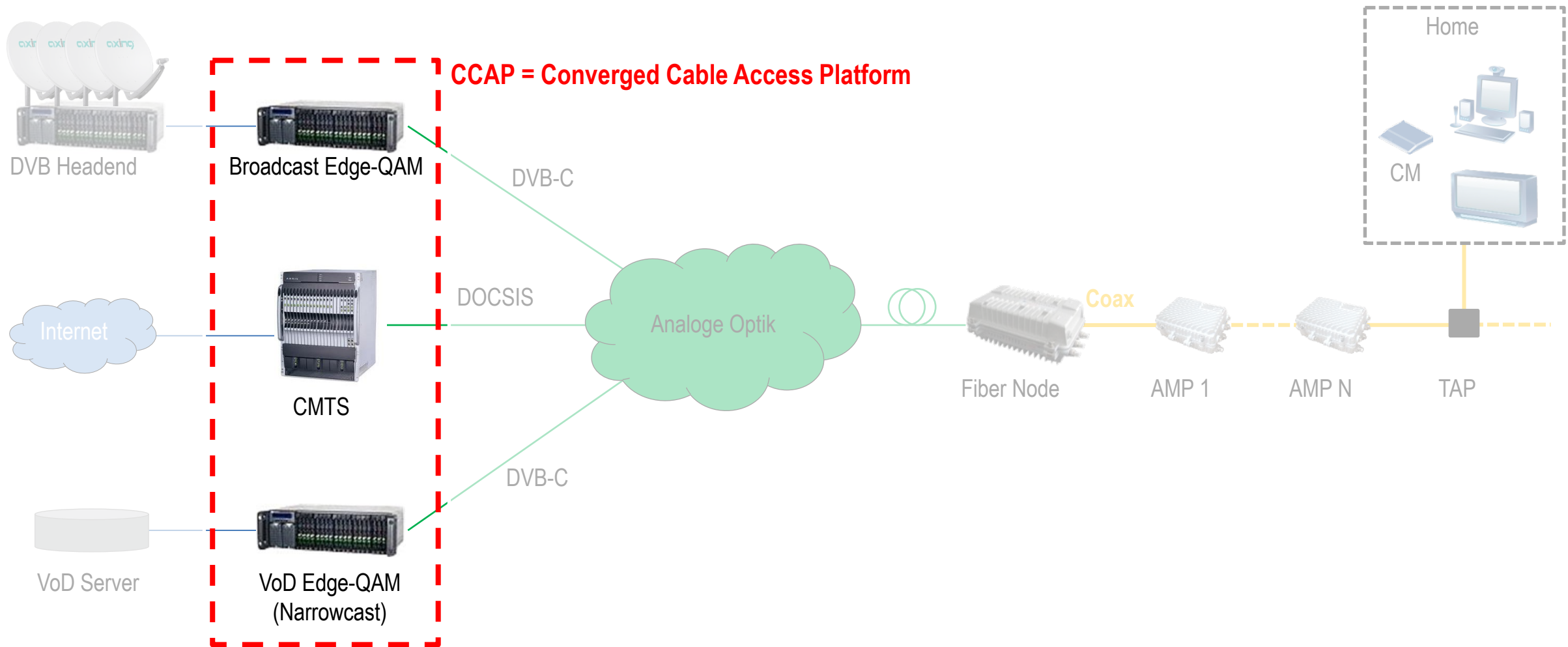
Field data  
from 20  
million CMs



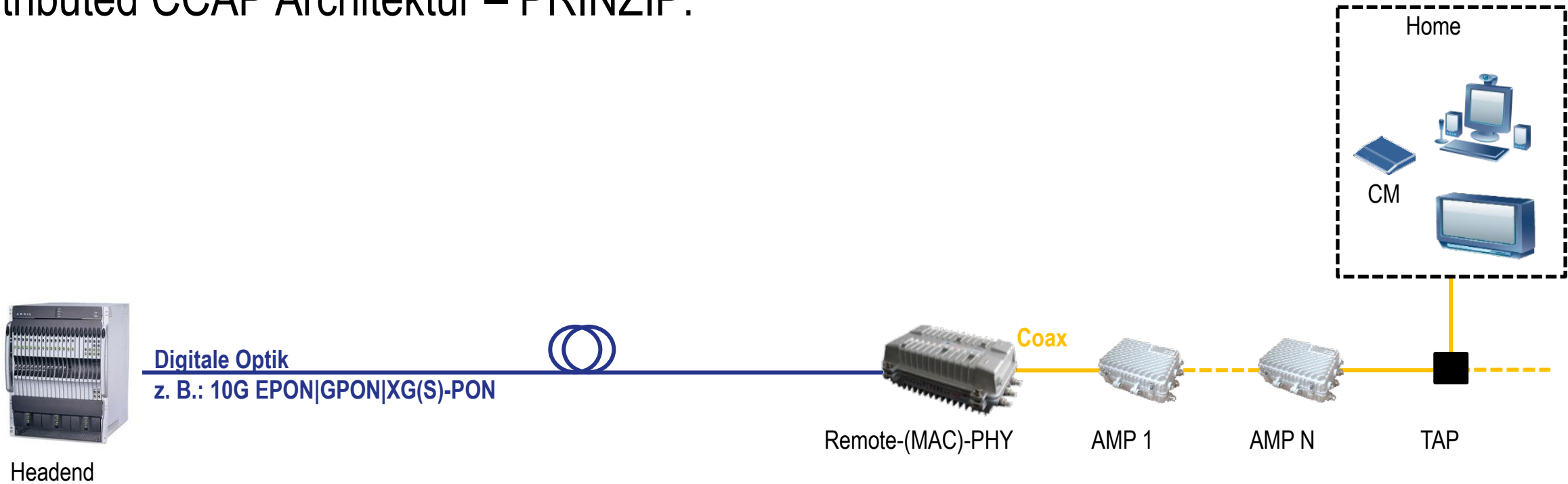
## Klassische HFC-Struktur – Zentrales CMTS und analoge Optik:



## Klassische HFC-Struktur – Zentrales CMTS und analoge Optik:

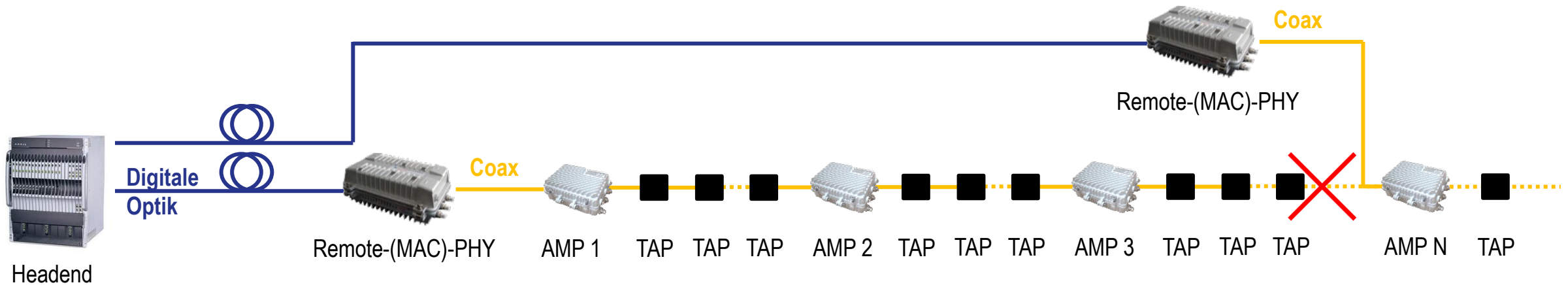


## Distributed CCAP Architektur – PRINZIP:



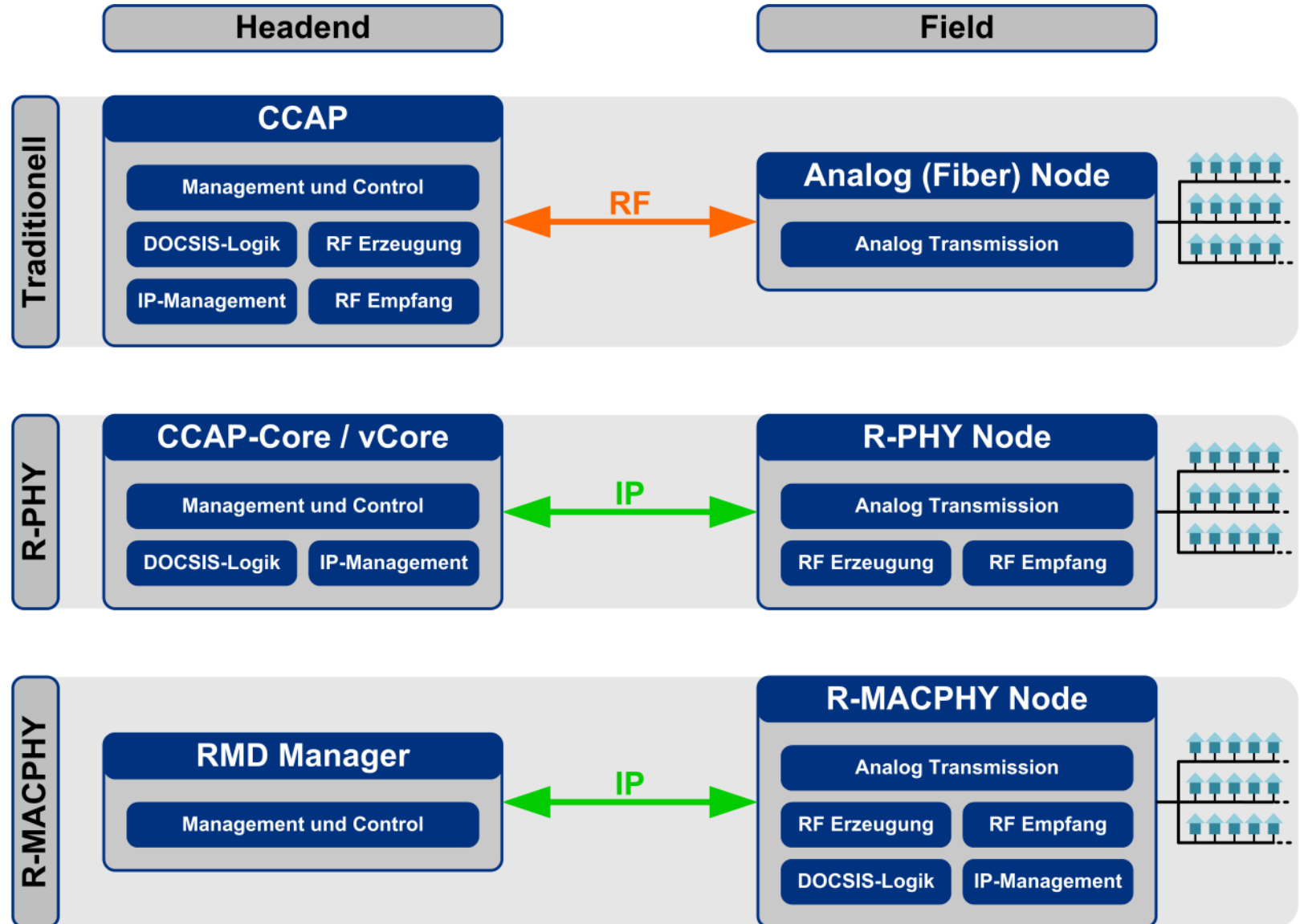
- Der Fiber Node wird rein digital angesteuert
- Die HF (TV, VoD, DOCSIS) wird erst im Fiber Node generiert!

## Distributed CCAP Architektur – PRINZIP – Verkleinerung der Service-Gruppen:





## Vergleich der DAA-Infrastrukturen:

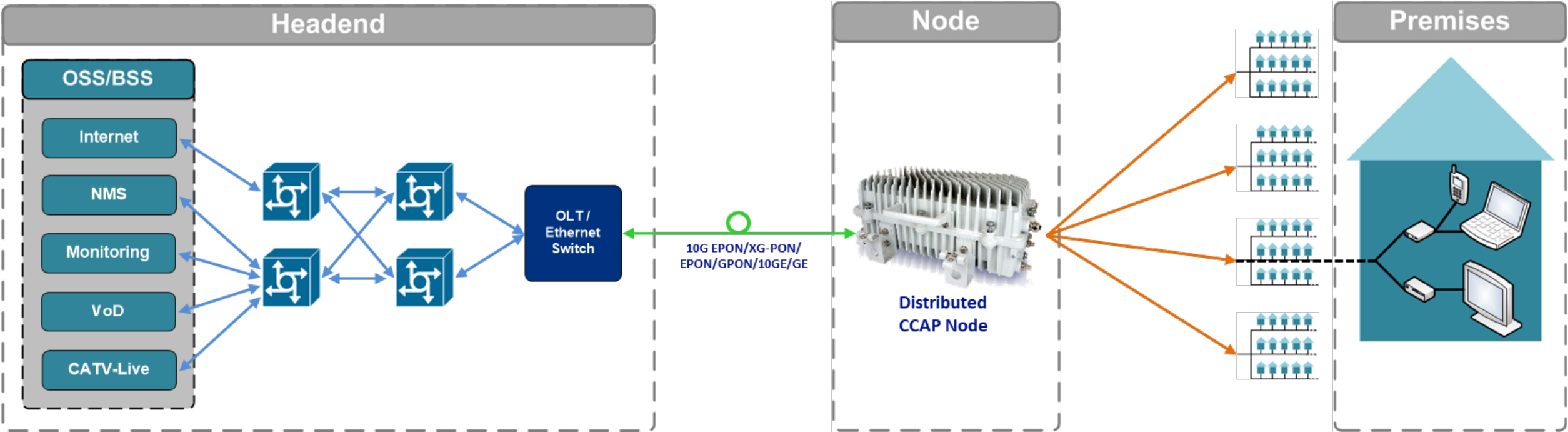




## Vergleich der DAA-Infrastrukturen – Begrifflichkeiten:

- Remote-PHY (R-PHY): Digitale Ansteuerung; HF-Signalerzeugung im Node = RPD (**R**emote-**P**HY **D**evice)
- Remote-MACPHY (R-MACPHY): DOCSIS-MAC-Layer auch noch im Node = RMD (**R**emote-**M**ACPHY **D**evice)
- Remote-MACPHY = Remote-CMTS (manchmal auch C-CMTS (converged CMTS) oder auch E<sup>2</sup>CMTS (edge + effective CMTS)) → **Standalone-fähige Access-Technologie!**
- Remote-CCAP = Remote-CMTS + Remote-EdgeQAM (auch die Broadcast- und Narrowcast- (VoD-) Signale werden im Node generiert)
- Zentrale CMTS-Einheiten, R-PHY und R-MACPHY / R-CCAP können ganz grundsätzlich im selben Netzwerk / Kabelnetz betrieben werden!



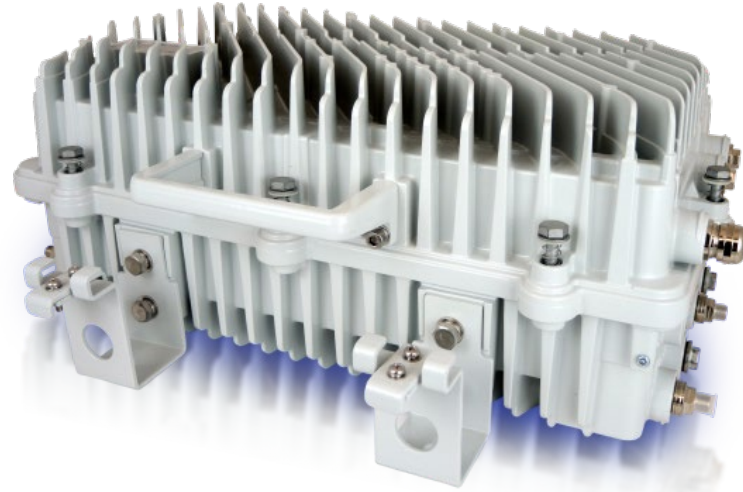


## Distributed CCAP Architektur (DCA) – Einige allgemeine Vorteile:

- Bessere DS-HF-Performance
- Bessere US-HF-Performance
- Geringere Komplexität in der Kopfstelle (vor Allem bei Remote-MACPHY / Remote-CCAP)
  - Billiger
  - Weniger Platzbedarf
  - Geringerer Energieverbrauch
  - Geringere Anforderungen an Kühlung und Klimatisierung
- Höhere Bandbreite pro Nutzer durch kleinere Service-Gruppen (50 – 200 Kunden pro Node) bei ansonsten unveränderter Spektrums-Belegung und unabhängig von der Nutzung von DOCSIS 3.1
- Mittelfristig zukunftssicher



DOCSIS 3.1 Outdoor-CCAP-Node



DOCSIS 3.0 Outdoor-CCAP-Node



DOCSIS 3.1 Indoor-CCAP-Shelf



Anzahl SC-QAM-DOCSIS-DS-Kanäle: 64

Anzahl SC-QAM-DVB-C-DS-Kanäle: 64 (Broadcast, MPTS in der Zuführung)

Anzahl SC-QAM-VoD-DS-Kanäle: 32 (Narrowcast, SPTS in der Zuführung)

Anzahl OFDM-DS-Kanäle: 6

Anzahl SC-QAM-DOCSIS-US-Kanäle:  $2 \times 12$

Anzahl OFDM-A-DOCSIS-US-Kanäle:  $2 \times 2$

**FAZIT:** Es stehen potentiell mehr Kanäle zur Verfügung als HF-Bandbreite im Netzwerk!



Hoher Ertrag pro Anschluss („Average Revenue per User“, ARPU)

„Pay as you grow“: Modular, skalierbar, flexibel auf die Kundenzahl abstimmbar

„Time to Market“: Schnelle und einfache Installation nahezu ohne bauliche Maßnahmen

Flexible Möglichkeiten: Signale zukaufen, selbst generieren, weiterverkaufen

Sehr gutes Preis-/Leistungsverhältnis und sehr schneller „Return on Invest“

Zukunftssichere, wettbewerbsfähige Lösung als Alternative oder als Brückentechnologie bei der Migration hin zu FTTH



DOCSIS 3.1 in Verbindung mit Distributed-CCAP basierend auf Remote-MACPHY ist der ideale Weg, um ein leistungsfähiges und zukunftsfähiges Netz aufzubauen.

Der Weg hin zu kleineren Clustern wird dringend empfohlen.

Dies ist der beste „Kompromiss“ aus

- FTTH-ebenbürtigen Datenraten
- Genug (digitale) Optik im Netz, um die hohen Datenraten auch zum Kunden bringen zu können
- Moderaten Tiefbau- und Fiberarbeiten
- **Hohem Wiederverwendungsgrad der vorhandenen coaxialen Infrastrukturen**

Weiterer Vorteil des Konzeptes: Es sind bereits einige Fiber-POPs (Points of Presence; d. h. die Standorte der Remote-CCAP-Nodes) im Netz vorhanden, um von dort aus später den echten FTTB/H-Ausbau weiter voranzutreiben → Investitionsschutz!





Clusterung → max. 200 Kunden  
pro Cluster:

Datenratenbeispiel (Downstream):

32 x DOCSIS 3.0 = ~1,6 Gbit/s

2 x DOCSIS 3.1 OFDM = ~4,0 Gbit/s

→ Gesamt: ~5,6 Gbit/s

Mit Gleichzeitigkeitsfaktor 15:

→ ~84 Gbit/s

Datenrate pro Kunde:

84 Gbit/s / 200 = 420 Mbit/s

→ Mögliche Verträge:




- 50 Mbit/s
- 100 Mbit/s
- 200 Mbit/s
- 500 Mbit/s
- 1000 Mbit/s

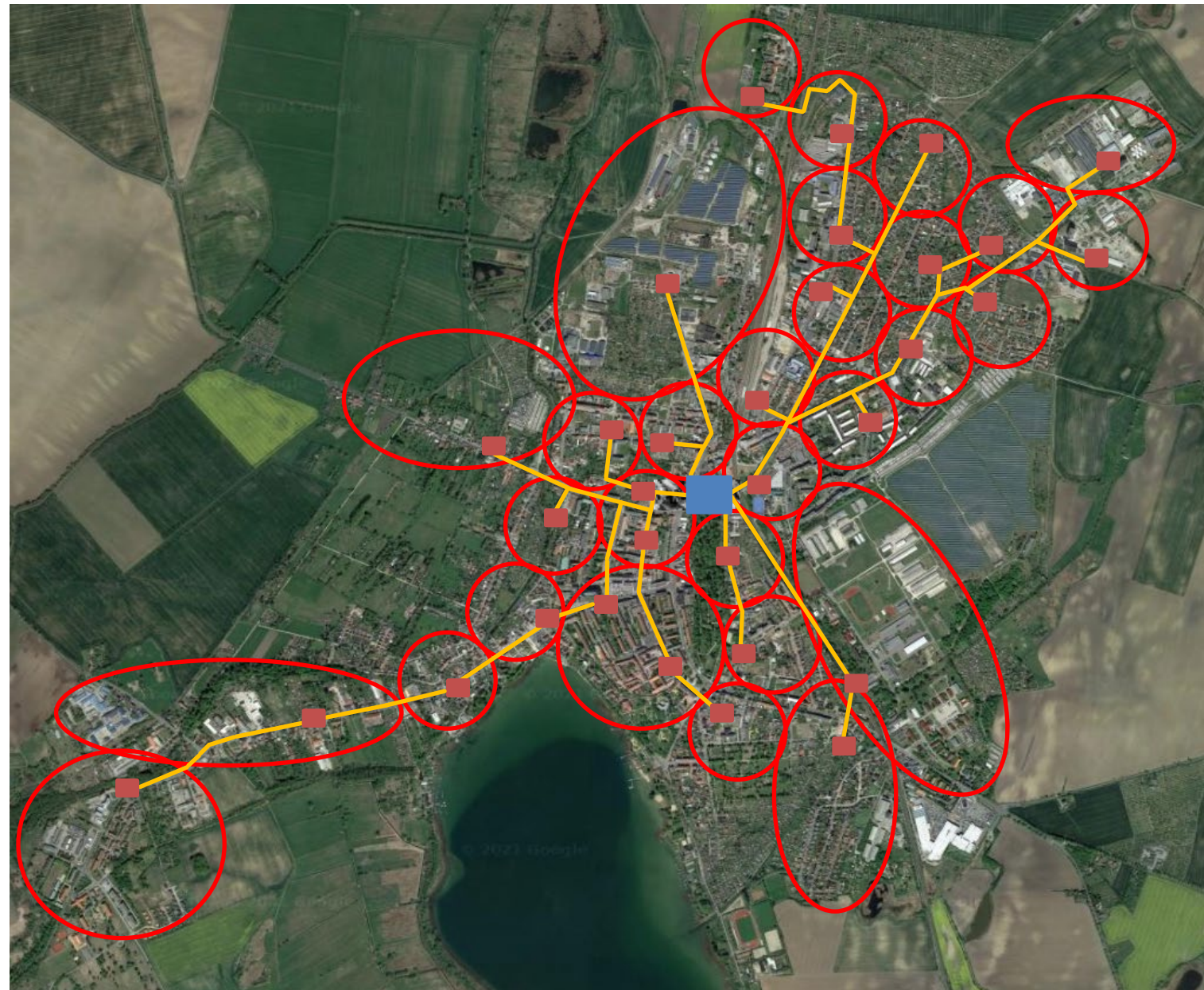




## Moderate Fiberarbeiten

- Weniger Tiefbau als bei flächendeckendem FTTH-Ausbau
- Weniger Fiber-Arbeiten (Einblasen, Splicen, OTDR-Messungen, ...) als bei flächendeckendem FTTH-Ausbau
- Trotzdem: Gute Fiber-Durchdringung des Netzes und damit hohe Zukunftsfähigkeit!

-  Datacenter / Kopfstelle (beispielhaft)
-  Remote-CCAP-Location (beispielhaft)
-  Fiber-Trasse (beispielhaft)



# Problemstellung beim FTTH-Ausbau

“Homes passed”

“Homes passed plus”

“Homes connected”

“Homes prepared”

“Homes contracted”

“Homes activated”

Grad der Durchdringung des Netzes mit Glasfaser / Entfernung der Faser vom Endkunden



Ausgangssituation: Glasfaserausbau schreitet voran und GF kommt bis ins Haus / die Liegenschaft (FTTB, „Home connected“).

WAS NUN?

Gerade in Vielfamilienhäusern und großen Liegenschaften z. B. von Wohnungswirtschaften (große NE4!) ist ein kurzfristiger FTTH- (FTTD-) Ausbau ein Problem.





## Probleme beim Verglasen der NE 4 in großen Liegenschaften:

- FTTH-Ausbau (zumindest wenn nicht gefördert) selten aus dem Cashflow stemmbar; finanzielle Polster / Kredite durch den immer teurer werdenden NE3-Ausbau oft aufgebraucht.
- Widerstand der Bewohner:
  - Manche möchten einen GF-Anschluss andere aber explizit nicht.
  - Evtl. wurde vor kurzem z. B. energetisch saniert und man möchte nicht wieder auf einer Baustelle leben.
- Evtl. fehlende Motivation des Eigentümers, z. B. weil in Zukunft sowieso andere Sanierungsmaßnahmen geplant sind, also warum nicht auch die GF-NE4-Installation später einfach mit machen?
- Evtl. langwierige Eigentümerversammlungen.
- Mangel an Fachpersonal für Tätigkeiten wie Spleißen.
- Die Monteure müssen durch teils abgeschlossene Kellerabteile, Garagen usw. sowie natürlich in die Wohnungen selbst hinein → hoher Koordinations- und Kommunikationsaufwand im Vorfeld; große Verzögerungen, wenn eine Partei nicht mitspielt.
- Bei neuverlegten Kabeltrassen und Wanddurchführungen ggf. Brandschutzthemen.
- Usw. ...



Durch finanzierbare, nachvollziehbare und trotzdem leistungsfähige Zwischenschritte und Migrationsszenarien mittels Brückentechnologien schnell zu „Homes activated“ kommen, um im Wettbewerbsumfeld zu bestehen und die Wirtschaftlichkeit wahren zu können.

Ziel: Schneller „Return-on-Invest“

Die i. d. R. wegen der TV-Verteilung immer vorhandene koaxiale Infrastruktur als Brückentechnologie (solange bis der FTTH-Ausbau in voller Schönheit gestemmt werden kann), weiternutzen.

Den optischen NE4-Ausbau auf einen passenden und gut vorbereiteten Zeitpunkt in der Zukunft zu verlegen.



DOCSIS ist als Brückentechnologie ein sehr sinnvoller Ansatz.

Koax ist ein extrem guter Übertragungskanal (z. B. i. Vergl. zur Zweidrahtleitung) und wegen der TV-Versorgung in aller Regel vorhanden.

EoC (Ethernet over Coax), MOCA usw. nicht die geeignet weil:

- Oft proprietär → man ist einem Hersteller „ausgeliefert“
- Signale können oft nicht verstärkt werden → Limitierung bei größeren Anlagen und / oder schlechten Kabeln (StCu)
- Endgeräte nicht oder nicht gut provisionierbar

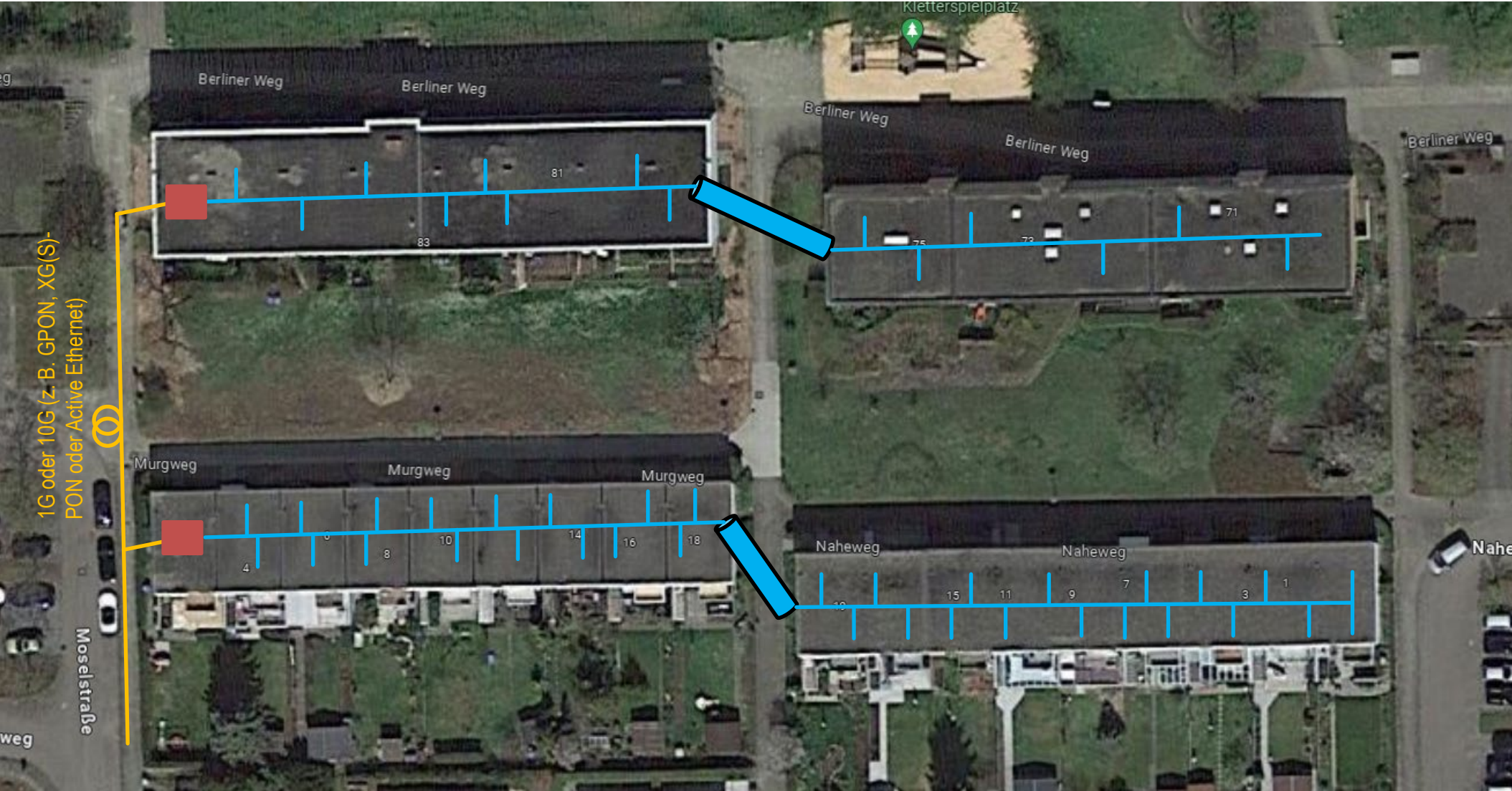
Daher bietet es sich an, in der bekannten DOCSIS- / DVB-C-Welt zu bleiben und die gewohnten Provisioning / Monitoring-Lösungen sowie das vorhandene Know-How und die Messtechnik einfach weiter zu nutzen.



# Die AXING-Lösung – unser Migrationsszenario auf dem Weg zu echtem FTTH







Fiber-Trasse (beispielhaft)

Remote-CCAP-Location (beispielhaft)

Koaxiale Verteilung





## Mini-CCAP-High-Level-Spezifikation:

32x8 Bonding DOCSIS 3.0 (bewusst kein D3.1, um Preis, Größe und Leistungsaufnahme im Rahmen zu halten und zugeschnitten auf die oben genannten WE-Zahlen)

EdgeQAM für 16 DVB-C-Kanäle

Für bis zu 63 Kabelmodems

Robustes Outdoor-Gehäuse

Sehr kleine Abmessungen (etwa 23 x 22,5 x 6 cm) und niedriges Gewicht: < 3 kg

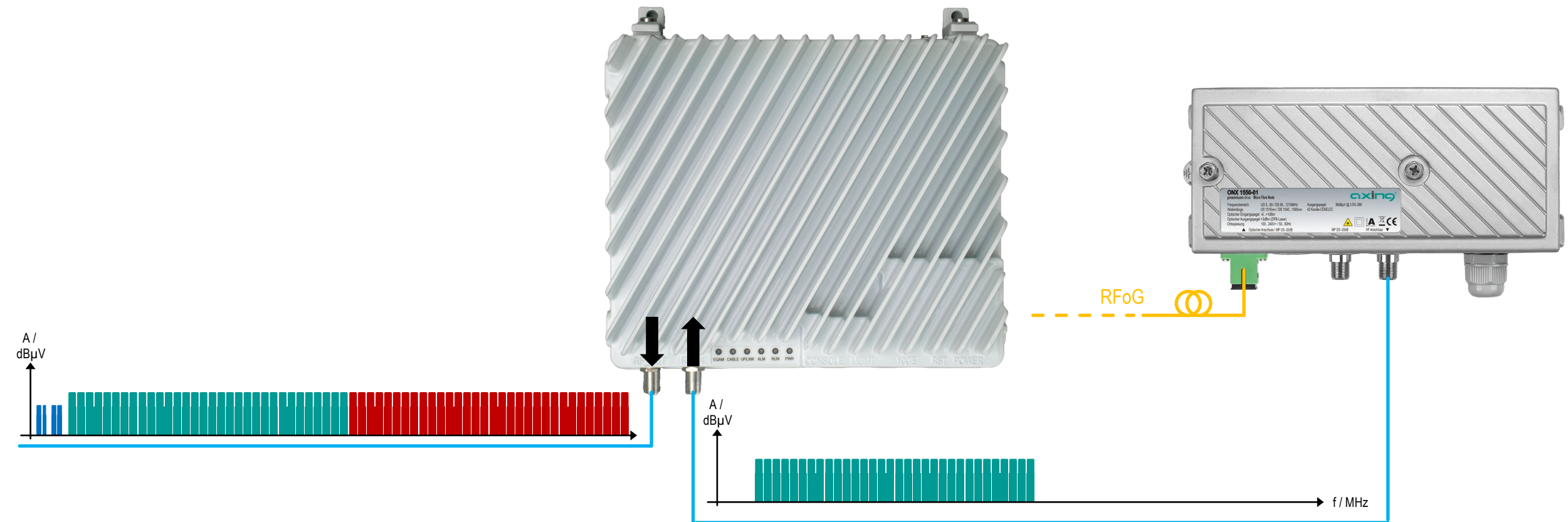
Leistungsaufnahme: < 40 Watt

Einzelkanalausgangspegel: min. 104 dB $\mu$ V



## HF-Eingang / Loopthrough:

Extern generierte BK-Spektren (z. B. von Kopfstelle / EdgeQAM oder analogem RFoG-Fibernode) können mit dem intern generierten Spektrum kombiniert werden.



Ein NDF-Kanal („Narrowband Digital Forward“ = OOB- („Out-of-Band“-) Signal):

NDF digitalisiert einen Teil des Downstream-HF-Spektrums im Headend, sendet die digitalen Samples zum Remote-DCA-Gerät (RPD, RMD), wo es wieder in ein analoges HF-Spektrum zurückgewandelt wird und dem im DCA-Gerät intern erzeugten Spektrum hinzugefügt wird.

Anwendungsbeispiele für NDF: Telemetrie-Signale (z. B. FOSTRA usw.); FM/UKW-Spektrums-Übertragung.

Analog zu NDF existiert dasselbe Verfahren für den Upstream-Frequenzbereich (NDR = „Narrowband Digital Return“).

Anwendungsbeispiele für NDR: Rückkanaltelemetrie, Rückkanal-Monitoring.

Üblicherweise unterstützen DCA-Geräte mehrere NDR- sowie NDF-Kanäle (z. B. 4).

Das AXING-System unterstützt aus Kapazitätsgründen einen NDF-Kanal (Mode 7) für das UKW-Spektrum.



Ein NDF-Kanal („Narrowband Digital Forward“ = OOB- („Out-of-Band“-) Signal):

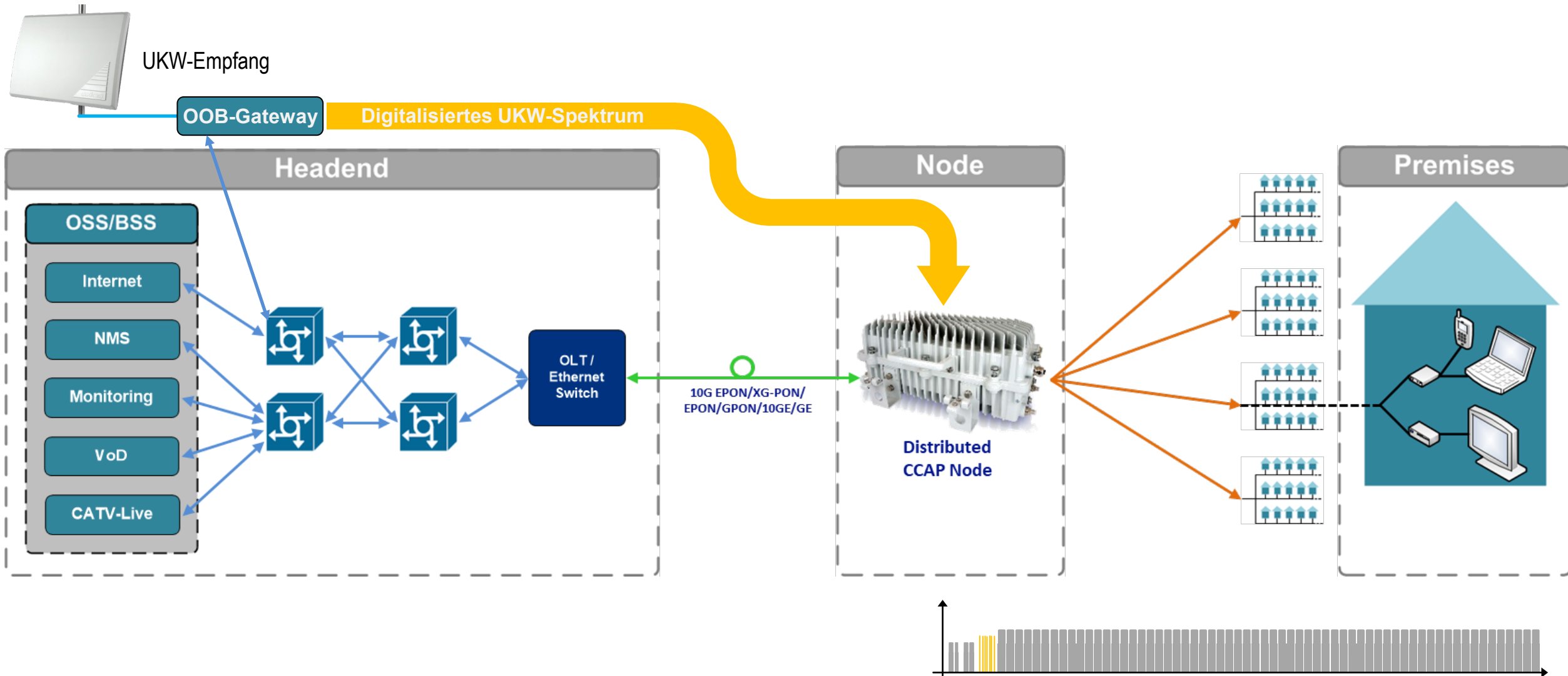
Table 16 - NDF Channel Parameters

Parameter	Value	RPD Support	CCAP Core Support
Channel Width	Mode 0: 80 kHz	SHOULD	SHOULD
	Mode 1: 160 kHz	SHOULD	SHOULD
	Mode 2: 320 kHz	SHOULD	SHOULD
	Mode 3: 640 kHz	SHOULD	SHOULD
	Mode 4: 1.28 MHz	MUST <sup>1</sup>	SHOULD
	Mode 5: 2.56 MHz	MUST <sup>1</sup>	SHOULD
	Mode 6: 5.12 MHz	MUST <sup>1</sup>	SHOULD
	Mode 7: 25.6 MHz <sup>2</sup>	MAY	SHOULD
Center Frequency	70 – 130 MHz <sup>3</sup>	MUST	SHOULD
	50 – 1000 MHz	SHOULD	SHOULD
Allocated Guardband	20% of channel width <sup>2</sup> (10% each side)	MUST	SHOULD
Sample Resolution	10 bits	MUST	SHOULD

Data-Over-Cable  
Service Interface  
Specifications  
DCA - MHAv2  
Remote Out-of-Band  
Specification  
CM-SP-R-OOB-I13-  
220531



Ein NDF-Kanal („Narrowband Digital Forward“ = OOB- („Out-of-Band“-) Signal):



Möglichkeit, DOCSIS-DS-Kanäle in 8er-Blöcken dem EdgeQAM-Teil zuzuordnen:

→ 32x8 DOCSIS 3.0 + 16 x QAM + 1 x NDF

→ 24x8 DOCSIS 3.0 + 24 x QAM + 1 x NDF

→ 16x8 DOCSIS 3.0 + 32 x QAM + 1 x NDF

→ 8x8 DOCSIS 3.0 + 40 x QAM + 1 x NDF

→ 48 x QAM + 1 x NDF





Mini-CCAP für Clustergrößen zwischen 8 und 50 Kabelmodems


Angestrebter Preis: < 2000 € (bei Stückzahlen)

Beispiel: 20 WE → < 100 € pro WE → schneller ROI über Internet- (und ggf. TV-) Versorgung




- Fragen?
- Anregungen?
- ...

→ DISKUSSION!



Competence in  
Communication  
Technologies



**M.Eng. Benedikt Breuer**  
CTO & Board Member

**AXING AG**  
Gewerbehaus Moskau  
8262 Ramsen – Switzerland

Phone: +41-52-742 83 00  
Fax: +41-52-742 83 19  
Mobile: +49-160-44 38 957  
E-Mail: [b.breuer@axing.com](mailto:b.breuer@axing.com)  
Web: [www.axing.com](http://www.axing.com)