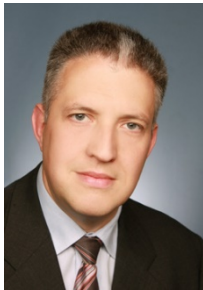


# Volker Leisse

## DOCSIS® 3.1 auf dem Weg in die Netze

# Zur Person



- Selbständiger beratender Ingenieur mit mehr als 20jähriger Erfahrung in der Telekommunikationsbranche
- Senior Executive Advisor für die Cable Television Laboratories (CableLabs®), dem globalen Forschungs- und Entwicklungskonsortium der Betreiber von Breitband-Kabelfernsehtetzen
- Schnittstelle der europäischen CableLabs Mitglieder zu globalen Projektteams und Repräsentant in diversen Industriegremien sowie europäischen und internationalen Standardisierungsorganisationen

# Zum Vortrag

- Anforderungen und Designziele für DOCSIS 3.1
- Technologieüberblick und Leistungsparameter
- Koexistenz und Implementierungsstrategie
- Zertifizierungsprogramm
- Fallstudien
- Weiterentwicklung





# Designziele für die nächste Generation

|  |   |
|--|---|
| Gigabit Services                       | <ul style="list-style-type: none"><li>•Effiziente Unterstützung höherer Übertragungskapazität</li><li>•Zielmarken von 10 Gbps im Downstream, 2 Gbps im Upstream</li></ul> |
| Kostenreduktion                        | <ul style="list-style-type: none"><li>•Signifikante Verringerung der Kosten pro übertragenem Bit im Vergleich zu DOCSIS 3.0</li></ul>                                     |
| Anpassungsfähigkeit an Netzbedingungen | <ul style="list-style-type: none"><li>•Nutzung des verfügbaren Spektrums</li><li>•Berücksichtigung variierender Signalqualität</li></ul>                                  |
| Effiziente Migration                   | <ul style="list-style-type: none"><li>•Strategie zur 'erfolgsbasierten' Umrüstung</li><li>•Kontinuität im Dienstangebot für Privat- und Geschäftskunden</li></ul>         |
| Vorteile in existierenden Netzen       | <ul style="list-style-type: none"><li>•Verbesserung auch in existierenden HFC Netzen ohne notwendige Anpassung der Netzkomponenten</li></ul>                              |
| Energieeffizienz                       | <ul style="list-style-type: none"><li>•Verbesserung im Stromverbrauch durch Nutzung erweiterter Funktionalität</li></ul>  |

|                          | DOCSIS 3.0*  | DOCSIS 3.1*   | Verbesserung  |
|--------------------------|--|---|---|
| Übertragungssystem       | Single-Carrier QAM   | OFDM  | + spektrale Effizienz<br>+ Robustheit<br>+ Flexibilität<br>+ Skalierbarkeit |
| Modulation               | DS: bis zu 256-QAM<br>US: bis zu 64-QAM                            | DS: bis zu 4096-QAM<br>US: bis zu 1024-QAM (4096-QAM)                     | DS: + 4 bit/symbol → 50%<br>US: + 4 bit/symbol → 66%                        |
| FEC                      | Reed-Solomon   | LDPC  | + 3 dB SNR Verbesserung →<br>1024-QAM @ 34 dB SNR                           |
| Frequenzbereich          | DS: 108 .. 862 (1006) MHz<br>US: 5 .. 65 (85) MHz                  | DS: 258 (108) .. 1218 (1794) MHz<br>US: 5 .. 204 MHz (versch. Grenzen)    | DS: + 206 MHz → ~25%<br>US: + 139 MHz → ~230%                               |
| Netzkapazität            | DS: 94 Kan. @ 55 Mbps = ~5 Gbps<br>US: 9 Kan. @ 30 Mbps = 270 Mbps | DS: 5 Blöcke @ 2,3 Gbps = 11,5 Gbps<br>US: 2 Blöcke @ 0,9 Gbps = 1,8 Gbps | DS: + 130%<br>US: + 566%  |
| Modemkapazität           | DS: 32 Kan. = ~1,7 Gbps<br>US: 8 Kan. = 240 Mbps                   | DS: 2 Blöcke + 24 Kan. = ~5,9 Gbps<br>US: 2 Blöcke = 1,8 Gbps             | DS: + 247%<br>US: + 650%  |
| Kanalbündelung (bonding) | Auf Paketebene   | Zeit- und Frequenzmultiplex<br>Auf Paketebene                             |   |

## DOCSIS 3.0 CM

## DOCSIS 3.1 CM

CPE

Wenige 1.0/1.1  
Viele 2.0  
Einige 3.0

Keine 1.0/1.1  
Mehr 3.0

Viele 3.0  
Erste 3.1

Viele 3.0  
Mehr 3.1

Viele 3.1

Verringerung von  
2.0 CPE

3.0

US/DS  
Bonding

3.1  
CM

3.1 DS  
CCAP

3.1 US  
CCAP

Verb.  
Netz

Kopfstelle

5-65 MHz US  
3.0 CMTS  
DS Bonding

3.0 CCAP  
Mehr DS Bonding  
US Bonding

3.0 CCAP  
Mehr DS & US  
Bonding

3.1 CCAP  
Erste 3.1 DS OFDM

Erste 3.1 US  
OFDMA

Erweiterung US &  
DS

## DOCSIS 3.0 CMTS/CCAP

## DOCSIS 3.1 CMTS/CCAP

(Quelle: CableLabs)

© Dipl.-Ing. Volker Leisse



# Mögliche Implementierungsstrategien

- **Upstream**
  - DOCSIS 3.1 im gesamten US-Spektrum
  - Koexistenz mit DOCSIS 3.0 durch Zeit- und Frequenzmultiplex
  - z.B. DOCSIS 3.1 @ 64-QAM in 5 .. 23 MHz  
DOCSIS 3.1 @ 256-QAM in 23 .. 65 MHz } ~400 Mbps
  - Erweiterung des verfügbaren Spektrums durch neue US Grenze bei 204 MHz
    - Alternative für UKW Radio (88 .. 108 MHz) und ggf. analoges TV
- **Bedarfsgerechte Netzerweiterung durch Nodesplit →  
Verbesserung der Signalqualität**





# Zertifizierung durch **CableLabs**<sup>®</sup>

- Ziele
  - Einhaltung der Spezifikationen und Interoperabilität
  - Abgleich von Markteinführungsstrategien der Netzbetreiber und Roadmaps der Hersteller
- Aktueller Stand
  - Interoperabilitätstests im Zeitraum Juni 2015 bis Juni 2016
  - Bisher 10 zertifizierte DOCSIS 3.1 Kabelmodems
    - 108 .. 1002 MHz DS / 5 .. 85 MHz US / 2x2 OFDM / 32x8 SC-QAM
    - 258 .. 1218 MHz DS / 5 .. 204 MHz US / 2x2 OFDM / 32x8 SC-QAM
  - Erfolgreiche Unterstützung der Produktverfügbarkeit für erste DOCSIS 3.1 Roll-outs



# Einsatz von DOCSIS 3.1 - Beispiel

- Einer der größten Netzbetreiber in USA mit mehr als 20 Millionen Internet-Kunden
- Vorbereitung und Planung zu DOCSIS 3.1 seit Ende 2014
  - Versuche mit OFDM Signalen in verschiedenen HFC Netzarchitekturen
  - Erste Geräte (Kabelmodem und CCAP) im Labor
- Nach Feldversuchen Ende 2015 → Ankündigung kommerzieller Dienste im Januar 2016

# Einsatz von DOCSIS 3.1 - Beispiel

- DOCSIS 3.1 im Einsatz in Atlanta and Nashville → Gigabit Service
- Einsatz von DOCSIS 3.1 geplant in 100% des Comcast-Netzes
  - Neue Einsatzgebiete bereits in der zweiten Hälfte 2016 (Chicago, Detroit, Miami)
  - Massive Erweiterung im gesamten Jahr 2017
- Netzausbau mit DCA (R-PHY), passives Koaxnetz (Deep Fiber)
- Keine Erweiterung des US-Spektrums oberhalb von 85 MHz geplant

# Einsatz von DOCSIS 3.1 – Beispiel

- Komplexe Kapazitätsplanung
  - Große Flexibilität bei der Frequenzzuweisung
  - Variable Netzkapazität aus Sicht der Modems
  - Optimierung der Modulationsprofile
- Neue Betriebsabläufe
  - Konfiguration bei der Installation unter Berücksichtigung von OFDM
  - Meßwerte bei der Netzüberwachung



# Einsatz von DOCSIS 3.1 - Beispiel

- Dänischer Telekommunikationsnetzbetreiber mit HFC Netz zu 1,5 Mio. Haushalten und mehr als 450 000 Internet-Kunden
- Vorbereitung und Planung als großangelegtes Upgrade mit DOCSIS 3.1 in 2015
- Nach Feldversuchen mit 900 Haushalten und einem Pilottest mit 10 000 Haushalten → kommerzieller Start Mitte 2016
- Geplanter Abschluss des Netzwerkumbaus bis Ende 2017

# Einsatz von DOCSIS 3.1 - Beispiel

- Netzausbau mit DCA (R-MACPHY)
  - IP-basierte Anbindung der optischen Knoten
  - Synergie mit anderen Plattformen im Kernnetz
- Erweiterung des US-Spektrums auf 204 MHz und des DS-Spektrums auf 1218 MHz
- Homogenisierung des Netzes
  - Weniger Typen aktiver Komponenten
  - Einheitliche Spezifikation

# Und Außerdem ?

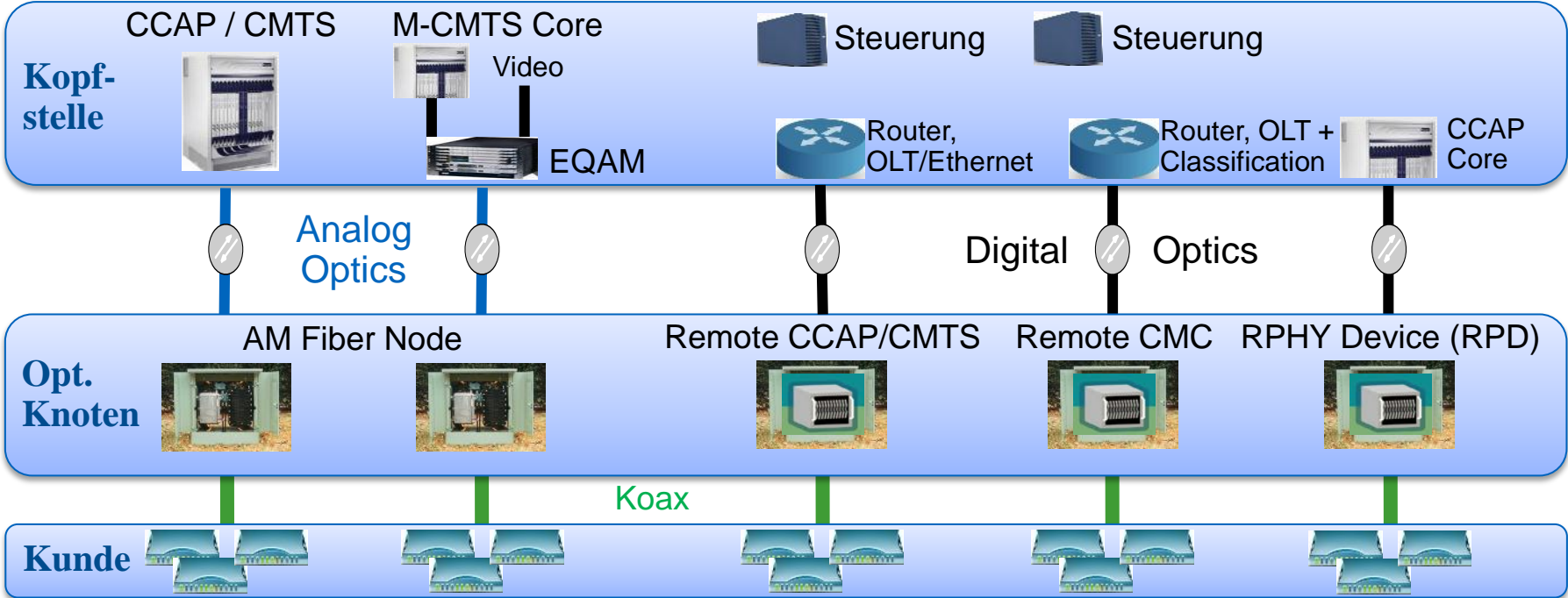
- Distributed CCAP Architecture (DCA)
  - Zukunftssicherung beim Netzausbau
- Full Duplex DOCSIS
  - US Kapazität für Gigabit-Dienste

**Zentralisiert**  
Integriert & Modular

**Remote**  
**MACPHY**

**Split**  
**MAC**

**Remote**  
**PHY**





# Distributed CCAP Architecture (DCA)



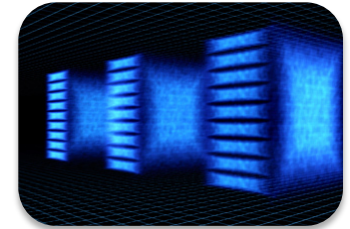
Digital Optics  
(Reichweite, Kosten  
(OPEX, CAPEX))



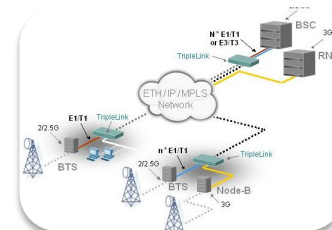
Signalqualität  
(Grundrauschen, MER,  
erweitertes US  
Spektrum))



Standortkosten (Platz,  
Stromverbrauch,  
Klimatisierung)



Virtualisierung



B2B Dienste (Backhaul)

# Full Duplex DOCSIS

- Erweiterung von DOCSIS 3.1
  - OFDM Signale
  - DOCSIS 3.1 Downstream Spektrum
  - Koexistenz mit existierenden Geräten und Diensten
- Netzarchitektur: passives Koaxnetz
- Schlüsseltechnologie: Self Interference Cancellation
- Leistungsfähigkeit abhängig von Isolation der Signalpfade

# Full Duplex DOCSIS

- Signifikante Erweiterung der Kapazität im Upstream
  - Serviceziel von zunächst 2 Gbps, langfristig 3-4 Gbps
  - Erfordert Netzkapazität von zunächst 4-6 Gbps und langfristig 6-8 Gbps
- Ermöglicht symmetrische Gigabit-Dienste über das HFC Netz
- Mögliche Alternative zur Veränderung der oberen Upstream-Grenze

# Zusammenfassung

- DOCSIS 3.1 ermöglicht Gigabit Dienste
- Erhöhung der Attraktivität von HFC als Zugangsnetz
  - Konkurrenzfähigkeit
  - Lebensdauer
- Effiziente Migration und Unterstützung von Netzerweiterungen
- Geräte sind verfügbar; Einsatz im Feld beginnt