

# ***Entwicklung im HFC-Netz und Datenübertragung über Docsis 3.1***

03.06.2022

Marcus Schniertshauer, P14, DJ2TY

## Verteilnetze

Die Verteilnetze des BK-Netzes sind in verschiedene Klassen eingeteilt, wodurch Diskussionen wesentlich vereinfacht werden, da sofort klar ist, welcher Bereich gemeint ist.

NE 3a:	Glasfasernetz von Kopfstation bis zu den Fibernodes
NE3b:	Koaxnetz ab den Fibernodes bis zum Hausübergabepunkt
NE4:	Hausverkabelung in Gebäuden
NE5:	Kabel zwischen Anschlussdose und Endgerät

Werden nach dem HÜP dickere Außenkabel verlegt, um Gebäude miteinander zu verbinden, so sind diese Kabel ebenfalls der NE4 zuzuordnen.

Die Netzebenen 3a und 3b liegen in der Hand der Kabelnetzbetreiber, die NE4 beim Gebäudeeigentümer oder bei Elektrounternehmen, die die Wartung gegen ein monatliches Entgelt durchführen und auch für die Modernisierung zuständig sind.

## **Netzebene 4**

Früher war es üblich, bei Stammverkabelungen Durchgangsdosen und am Schluss eine Enddose einzusetzen. Abgesehen von der Manipulierbarkeit dieser Systeme (wenn ein Teilnehmer in der Mitte des Stammes z.B. beim Tapezieren die Antennendose ausbaut, so haben die weiteren Teilnehmer des Stammes kein Signal) sind die Enddosen problematisch, da sie meistens Auskoppeldämpfungen von ca. 1 – 4 dB aufweisen, was zwangsläufig zu einer schlechten Entkopplung gegenüber dem Stamm und somit auch gegenüber den anderen Teilnehmern führt. Entsteht am Ausgang so einer Enddose ein Kurzschluss, so führt dies wegen der schlechten Entkopplung dazu, dass alle Teilnehmer des selben Stammes ein unbrauchbares Signal haben.

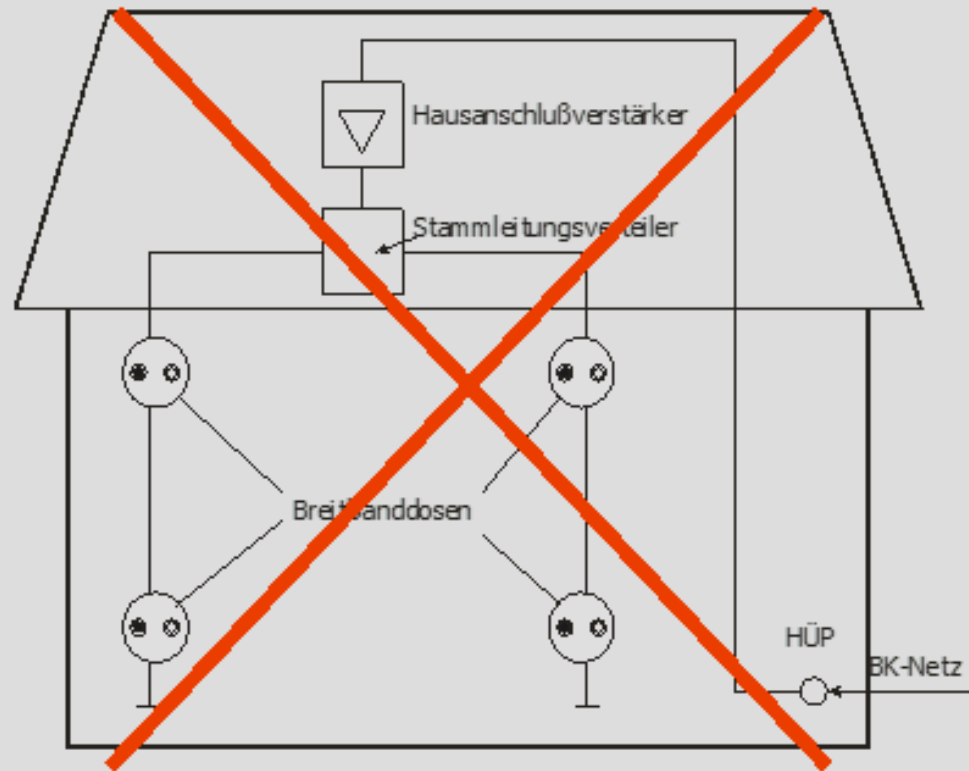
### **Deshalb:**

In Durchschleifsystemen nie Stichleitungs- oder Enddosen, sondern Durchgangsdosen mit Abschlusswiderstand einsetzen:

Entkopplung zum Stamm je nach Dose  $\geq 10 - 15$  dB

Entkopplung zu anderen Teilnehmern  $\geq 35 - 45$  dB

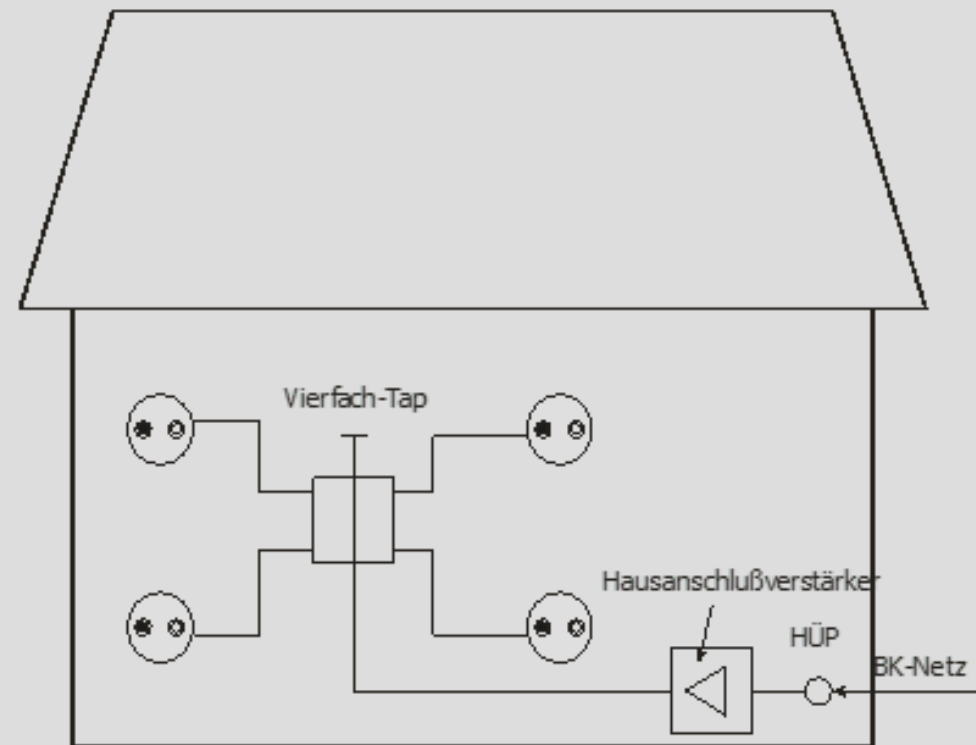
Baumstruktur ("Durchschleifnetz")



**Nicht mehr zeitgemäß:**

- Keine Rückwegsymmetrie
- Leicht manipulierbar
- Einstrahlgefährdet

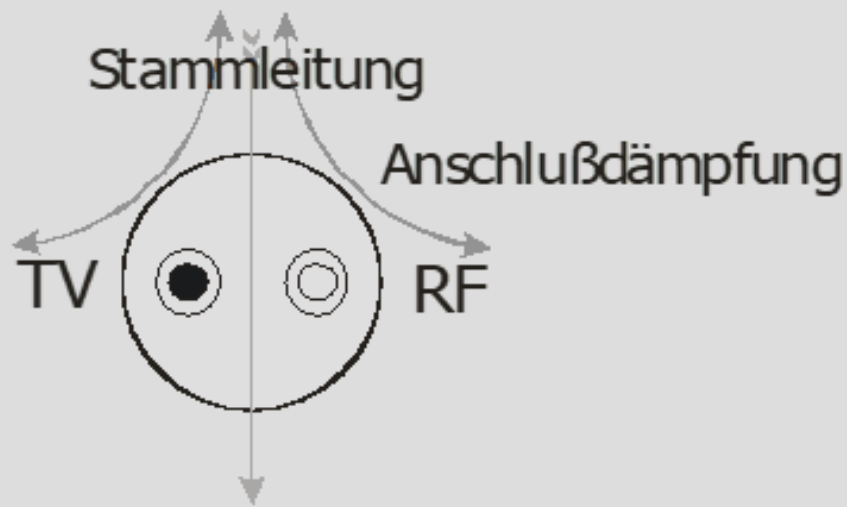
Stichleitungsnetz ("Sternstern")



**Optimal und zukunftssicher:**

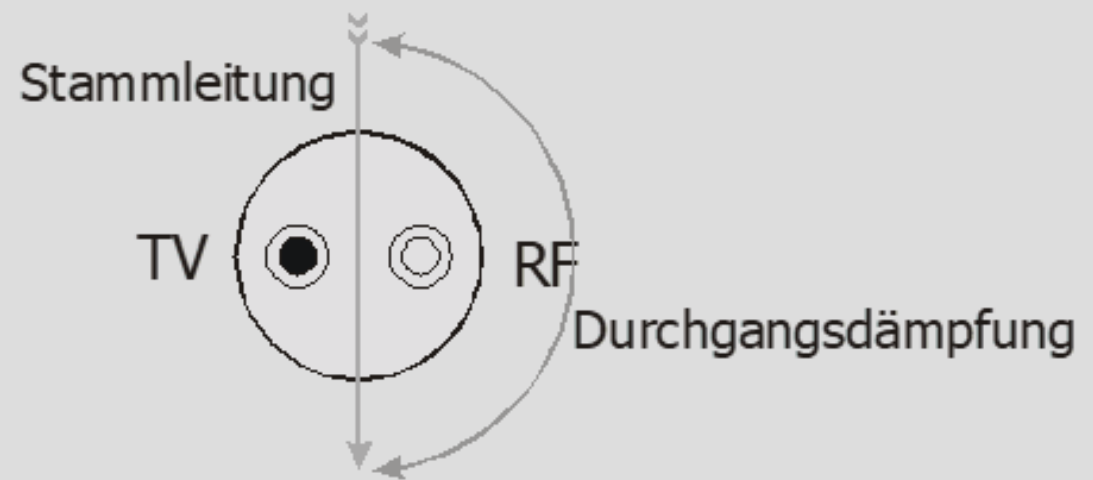
- Rückwegsymmetrie optimal herstellbar
- Hohe Betriebssicherheit
- Flexibilität
- Durchgangsverkabelung innerhalb Wohnung bzw. Zimmer noch möglich

## Grundsätzliches



### Anschlusdämpfung

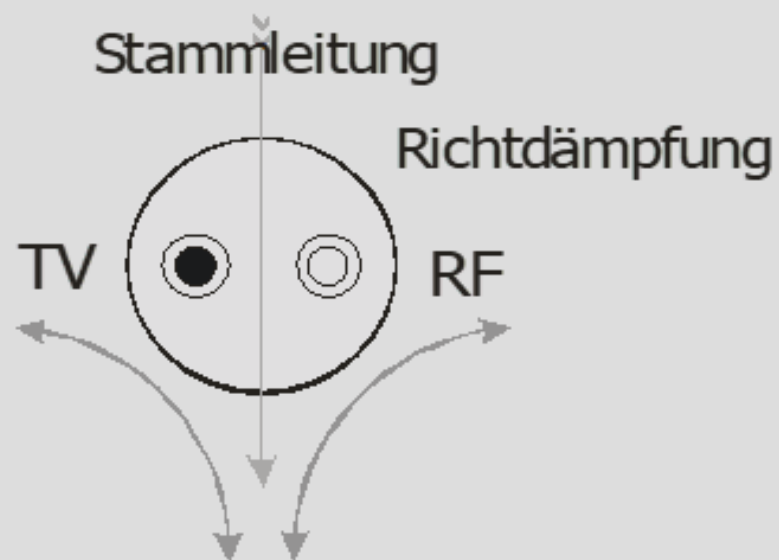
- Bei Durchgangs- und Stichleitungsdosen
- Man versteht darunter die Dämpfung zwischen Stammleitungseingang und TV/Rf-Anschluss



### Durchgangsdämpfung

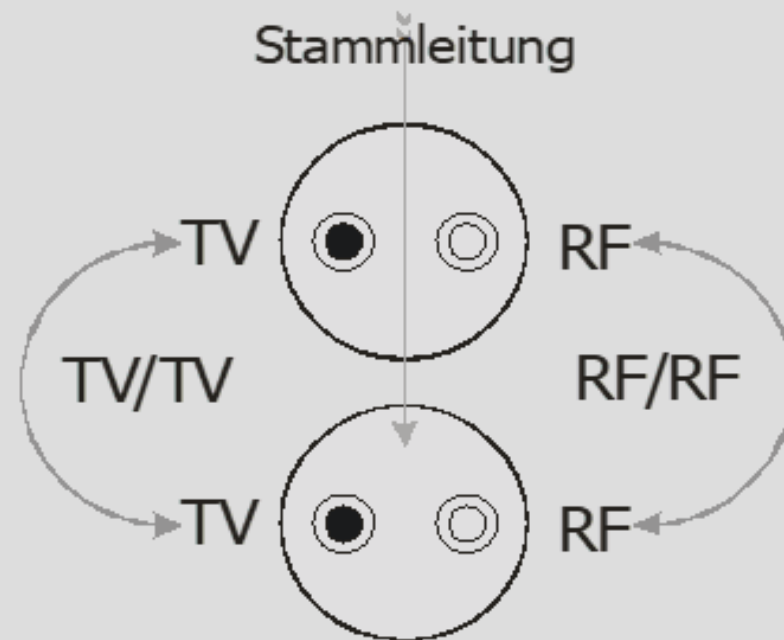
- Nur bei Durchgangsdosen
- Einfügedämpfung auf die Stammleitung der Dose (Eingang zu Ausgang)

## Grundsätzliches



### Richtdämpfung

- Bei Richtkopplerdosen
- Dämpfung zwischen Stammleitungsausgang und TV- oder Rf-Anschluss



### Entkopplung

- Nur bei Durchgangsdosen
- Setzt sich zusammen aus Richtdämpfung der ersten Dose, Kabeldämpfung dazwischen und der Anschlußdämpfung der zweiten Dose
- In Bk-Netzen Entkopplung >40dB !

- Steckertypen
- Schraubstecker
- Crimpstecker
- Kompressionsstecker

Die genannten Stecker sind für den BK-Bereich als F- oder für Signalwege mit Fernspeisung in 3.5/12-Technik verfügbar.

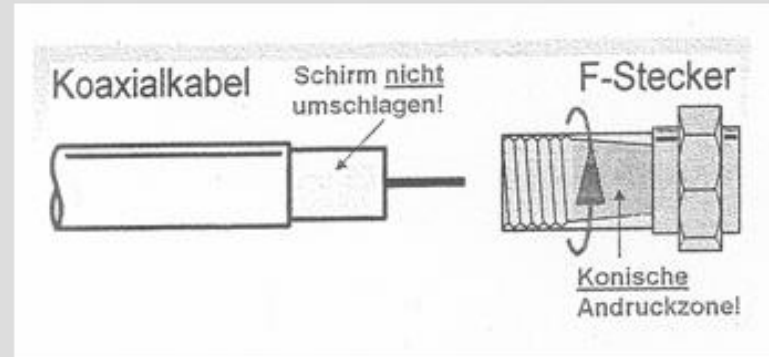
Wichtig ist jedoch, dass Stecker und Kabel immer aufeinander abgestimmt sein müssen, um einen möglichst stoßstellenfreien Übergang zu gewährleisten, ebenso sind bei der Steckermontage die Absetzmaße aus den Datenblättern der Steckerhersteller zu beachten. Namhafte Firmen bieten hierzu Absetzwerkzeuge an, mit denen sich HF-mäßig einwandfreie und vor allem schnelle Resultate erzielen lassen.

Es gilt jedoch immer: Zwischen aufeinandertreffenden Dielektrikums-Medien darf kein Luftspalt sein, da dieser den Wellenwiderstand  $Z_L$  verändert und sich dadurch eine Stoßstelle ergibt.

**Schraubstecker** sind kostengünstig, leicht erhältlich und vermeintlich einfach zu montieren, jedoch nicht wasserdicht! Außenleiterkontakt durch konische Andruckfläche, **nicht** durch Gewinde!

**Häufigster Fehler:** Geflechschirm wird umgeschlagen! Oxidation durch Feuchteinfluss führt an verletztem Schirm zur Bildung von Diodenstrecken.

**Crimpstecker** sind nur von speziellen Anbietern erhältlich, zur Montage (Absetzen und Crimpen) muß jedoch Spezialwerkzeug verwendet werden. Sie bieten elektrisch und mechanisch bei korrekter Montage jedoch einen einwandfreien Übergang. Nach kurzer Übungszeit sind sie äußerst schnell zu montieren. Beim Crimpstecker **muß** der Geflechschirm jedoch umgeschlagen werden.



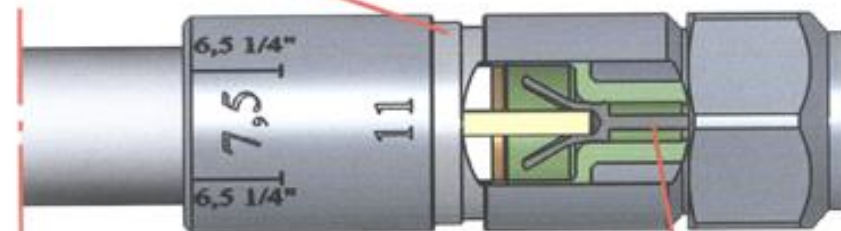


**Kompressionsstecker** sind wie Crimpstecker nur von speziellen Anbietern erhältlich und benötigen für die Montage ebenso ein Spezialwerkzeug.

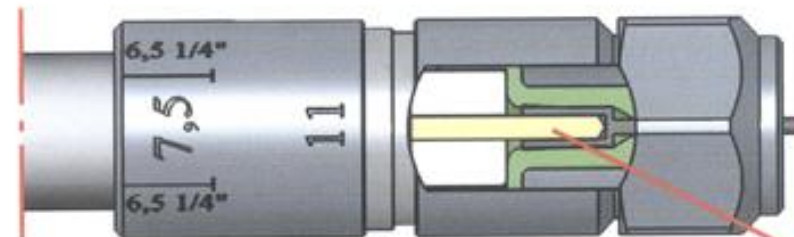
Vorteile: Absolut wasserdicht und zugfest, Schirmungsmaß ist höher als der des Kabels. Durch ihre Beschichtung sind sie für langlebigen Einsatz gedacht. Erhältlich für Innen- und Außenkabel, jedoch muß hier bei der Bestellung das Maß auf 1/10mm angegeben werden.



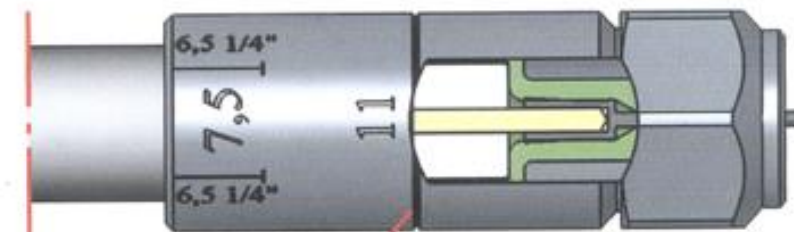
The UV resistant POM is specially designed to complete the compression process with both the strength and the flexibility that is needed to form a strong and tight connection.



1. The pin is protected inside the body until the cable is inserted



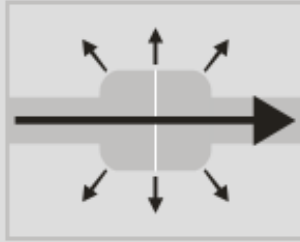
2. When the cable is inserted, the pin is pushed into position by the inner conductor



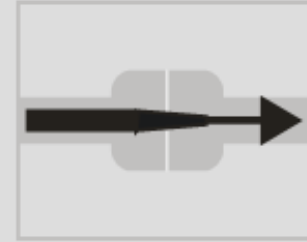
3. And then the connector is compressed

## ***Fehlerquellen bei Steckern***

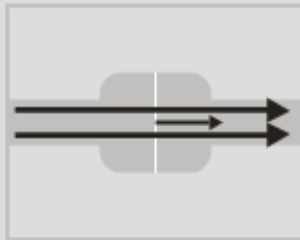
Mögliche Fehlerquellen können sein:



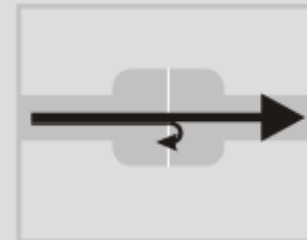
Shielding effectiveness, ingress (Verluste durch Abstrahlung bzw. Eintreten von Störstrahlung)



Insertion loss (Einfügeverluste)



P.I.M. = passive Intermodulation (passive Intermodulation z. B. durch oxidierte Kontaktflächen)



Return loss (Rückfluß- bzw. Reflektionsverluste)

## ***Fehlerquellen bei Steckern***



Bild: Kabelende nach 300 Stunden  
in salzhaltiger Luft

Solche Verbindungen führen zu:

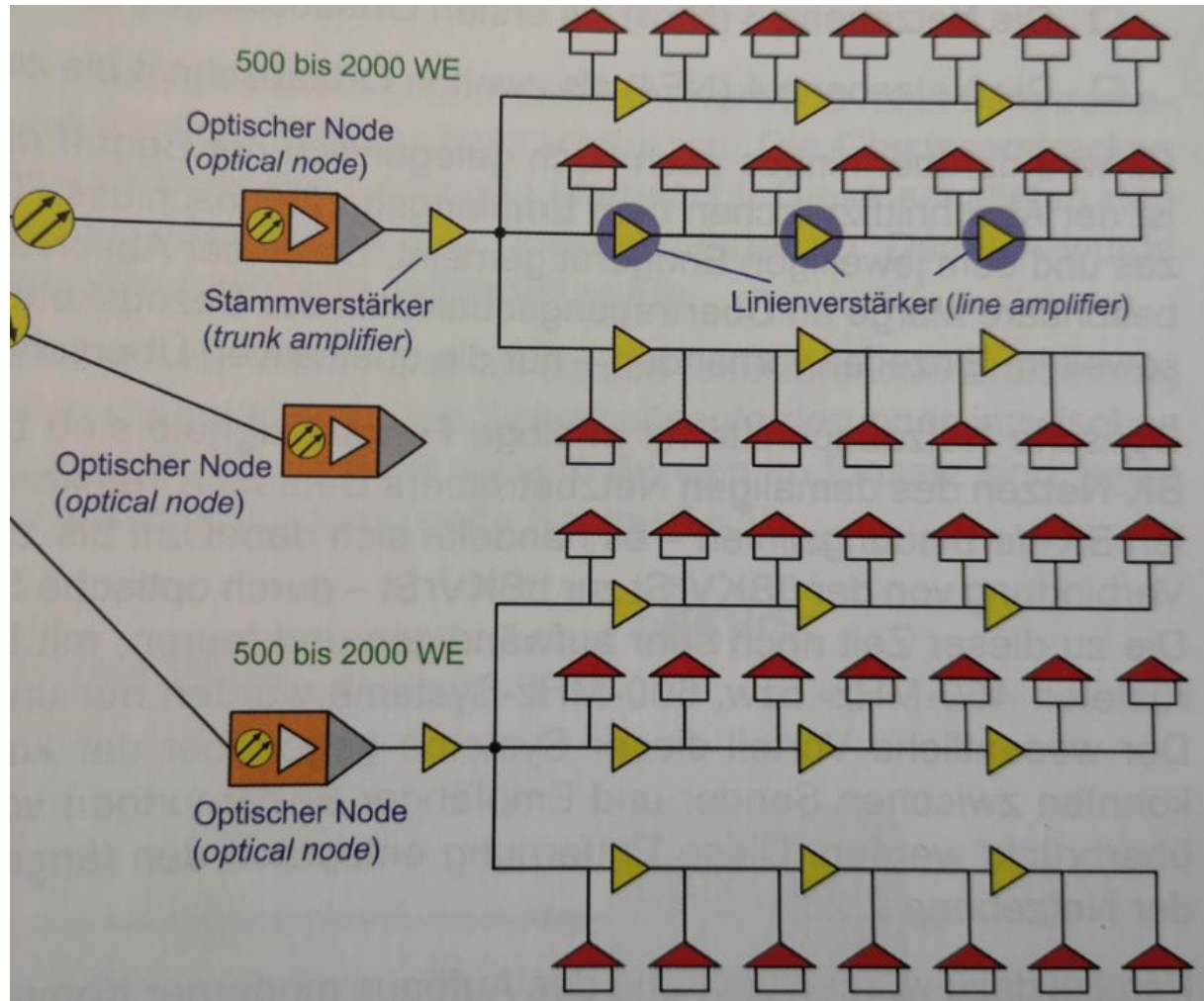
- Signalab- und einstrahlungen
- Intermodulationsstörungen
- Geisterbildern
- Verlusten im Datenrückweg
- Verlusten im Vorwärtsweg
- Störungen an der Fibernode
- Nichtfunktionierenden Systemen
- Horrenden Fehlersuchzeiten und Reparaturkosten

## ***Datenübertragung über Koax (DOCSIS: Data Over Cable Service Interface Specification)***

Sehr früh wurde Koaxkabel zur Verteilung von Kabelfernsehen benutzt, anfänglich mit wenigen Programmen. Nachdem die Anzahl der TV-Programme über Satellit zunahm, stieg die Belegung des Koaxkabels rasant an, wobei anfänglich nur Frequenzen bis ca. 300 MHz benutzt wurden. Nach Entwicklung der Datenübertragung über Koax

- Entwicklung von Docsis 1.0 bis zum aktuell verwendeten Standard Docsis 3.1 (4.0 in Ausarbeitung)
- Docsis 1.0 bis Docsis 3.0 haben abgesehen vom Channelbonding bei 3.0 analoge Übertragungsverfahren benutzt
- Weiterentwicklung der genutzten Rückwegbandbreite (Upstream) ab 5 MHz bis zuerst 30 MHz, dann 65 MHz, 85 MHz und derzeit bis 204 MHz
- Weiterentwicklung der Vorwärtsbandbreite (Downstream) von 300 MHz über 470 MHz, 600 MHz, 862 MHz, 1006 MHz bis aktuell 1218 MHz (1,8 GHz in Zukunft)

## Was kann die Datenübertragung bei Docsis stören?

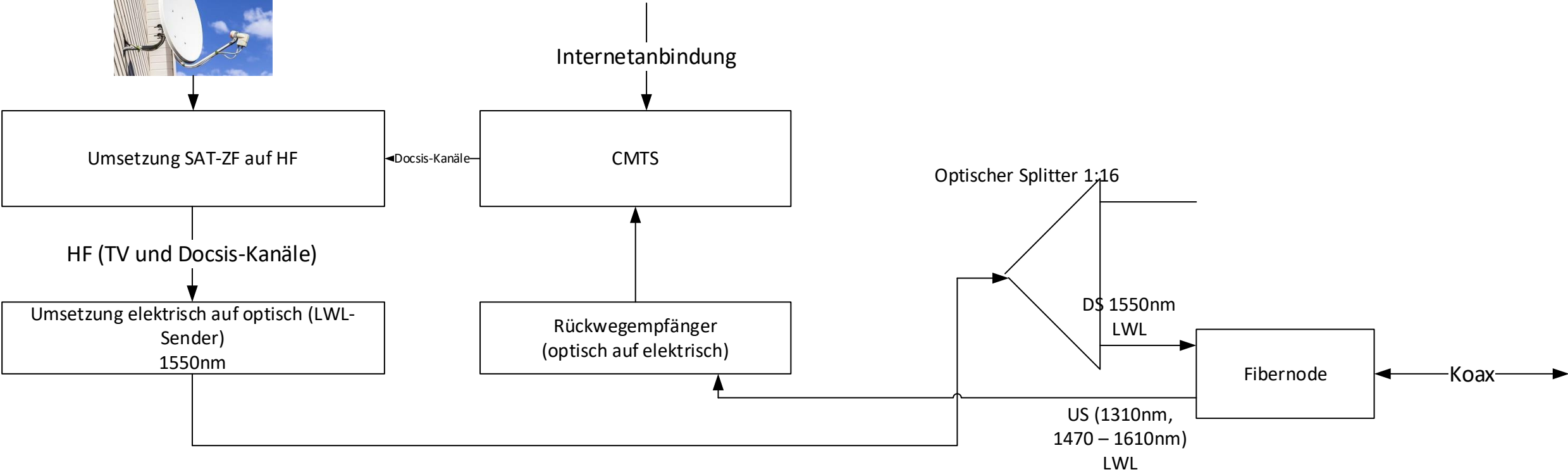


Vorweg relativ leicht beherrschbar, da Störungen leicht herausgemessen und schnell eingegrenzt werden können.

Problem ist der Rückweg!  
Ein einzelner Störer kann komplette Linie oder Cluster lahmlegen, deswegen ist ein Monitoring der Rückwegkanäle unerlässlich.

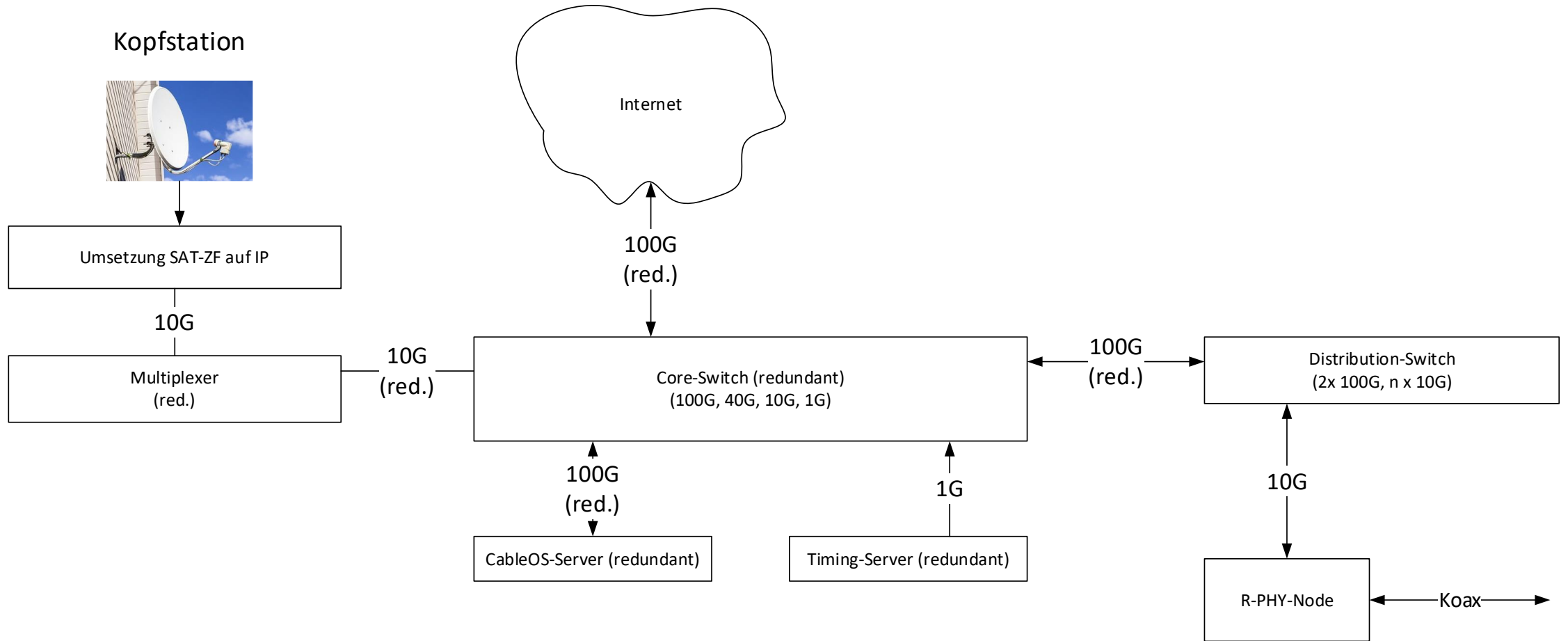
# Klassische Signalaufbereitung bis Docsis 3.0 und Verteilung bis zu den Fibernodes

Kopfstation

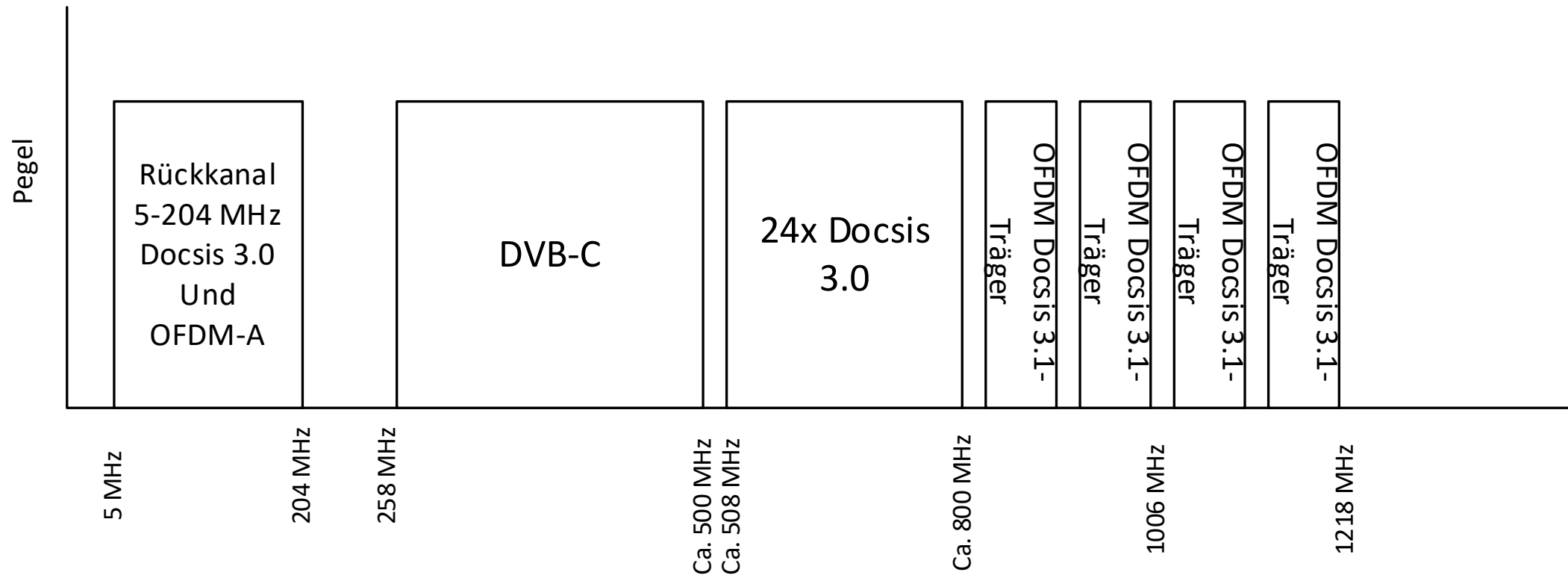




# Signalaufbereitung und -verteilung bei Docsis 3.1



# Frequenzbelegung bei Docsis 3.1





## ***Datennutzung bei Docsis 3.0 und Docsis 3.1***

Wie kommen nun bei Docsis die hohen Datenübertragungsraten zusammen?

Jeder Docsis 3.0-Träger hat 8 MHz Bandbreite und eine Bruttoübertragungsrate von 50 Mbit/s, netto ca. 43 Mbit/s

Durch Bonding sucht sich das BK-Modem den Traffic aus allen zur Verfügung stehenden Kanälen zusammen; welche Kanäle gebondet werden (sowohl im Vorweg als auch im Rückweg), handelt das Modem mit der CMTS bzw. dem CableOS-Server aus.

Typische Angaben bei Kabelmodems sind, z.B. bei Fritzbox 6490, 24x8 . Das bedeutet, dass das Gerät 24 DS-Kanäle und 8 US-Kanäle bonden kann.

24 DS-Kanäle á 43 Mbit/s ergibt ca. 1 Gbit/s. Allerdings muss beachtet werden, dass es sich um ein Shared-Medium handelt, d.h. ALLE Modems in dem Cluster teilen sich diese 1Gbit/s

→ Abhilfe: Cluster kleiner machen und weitere Träger mit größerer Bandbreite und Störaustattung (im Bereich LTE öfter Probleme) und höherer Kapazität → Docsis 3.1

## ***Datennutzung bei Docsis 3.1***

R-PHY-Node wird mit 10 Gbit/s angeschlossen, diese Bandbreite teilt sich folgendermaßen auf:

Ca. 2,5 Gbit/s für DVB-C (abhängig von Kanalbelegung) (Downstream)

Ca. 4,2 Gbit/s für 24x Docsis 3.0 und 4 Stk. Docsis 3.1-Träger (Downstream)

Ca. 1 Gbit/s für 8x Rückwegkanäle Docsis 3.0 und 1 OFDM-A-Träger Docsis 3.1 (Upstream)

Erst Docsis 3.1 macht es möglich, dass der Endkunde 1 Gbit/s als Produkt bekommen kann. Das funktioniert aber nur zuverlässig, wenn die Cluster nicht zu groß sind (nicht zuviel Modems in einem Cluster) und nicht alle in dem Cluster 1 Gbit/s buchen UND nicht alle nur Speedtests machen und das womöglich noch zur selben Zeit!

## ***Einige Anhaltswerte für HF-Pegel im Breitbandkabel***

<b>Eingang am TV</b>	<b>ca. 60 - 70 dB<math>\mu</math>V</b>
<b>Empfangspegel des Kabelmodems</b>	<b>50 - 75 dB<math>\mu</math>V (optimal 60 dB<math>\mu</math>V)</b>
<b>Sendepiegel des Kabelmodems</b>	<b>100 - 110 dB<math>\mu</math>V (optimal 105 dB<math>\mu</math>V)</b>
<b>Modulationsfehlerrate DVB-C und Docsis MER</b>	<b>&gt; 38dB</b>
<b>Bitfehlerrate BER</b>	<b>&lt; 1 x 10 hoch -8</b>

	<b><i>Vorteile</i></b>	<b><i>Nachteile</i></b>
Docsis 1.0 - 3.0	einfache Signalverteilung, teils mit passiven Komponenten	Signalqualität im Vorweg und Rückweg zwischen Aufbereitung und Kunde leidet
	relativ günstig in Unterhalt	nur begrenzte Datenkapazitäten im Feld
		Management der Nodes nur begrenzt möglich
		aufwändige Koaxverkabelung in Zentrale für Rückwege
Docsis 3.1	hohe Signalqualität beim Endkunde	Teurer in Anschaffung
	managebare Nodes und überwachbare Signalqualität bis kurz vor Endkunde	Höhere Kosten bei Servicegebühren
	hohe Datenübertragungsraten im Feld und auch für Endkunde	
	Wesentlich einfachere Verkabelung in Zentrale	
	Redundanzen einfacher realisierbar	

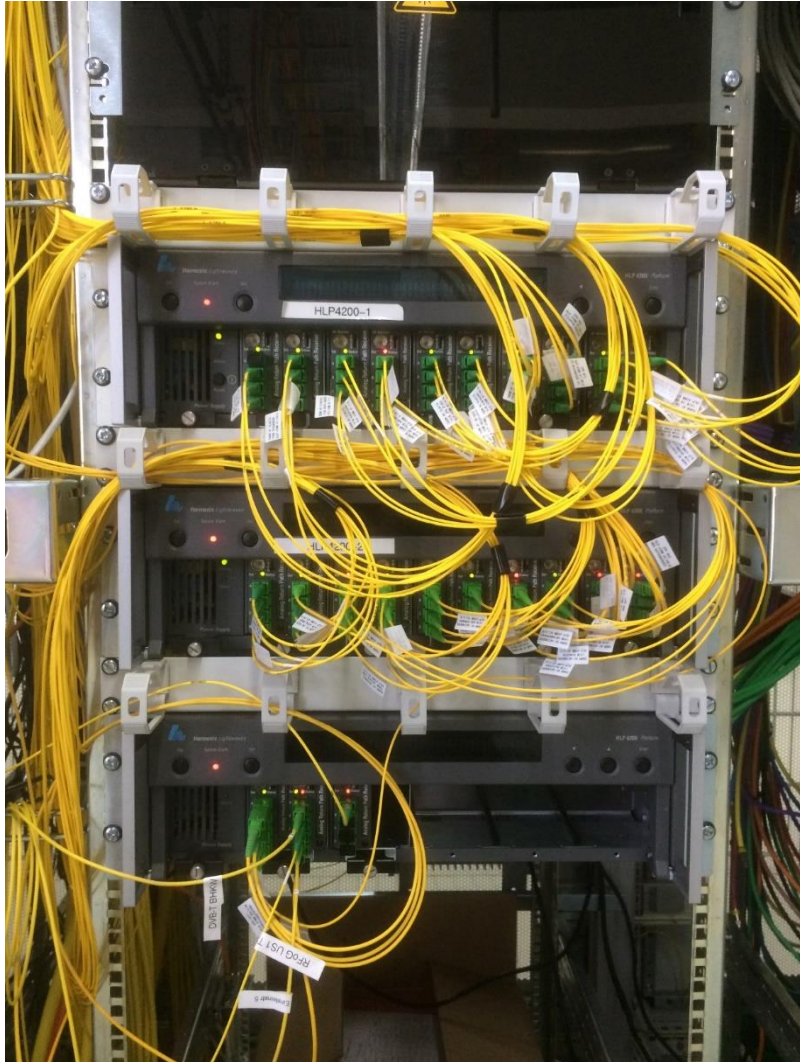
## Bilder aus der Praxis



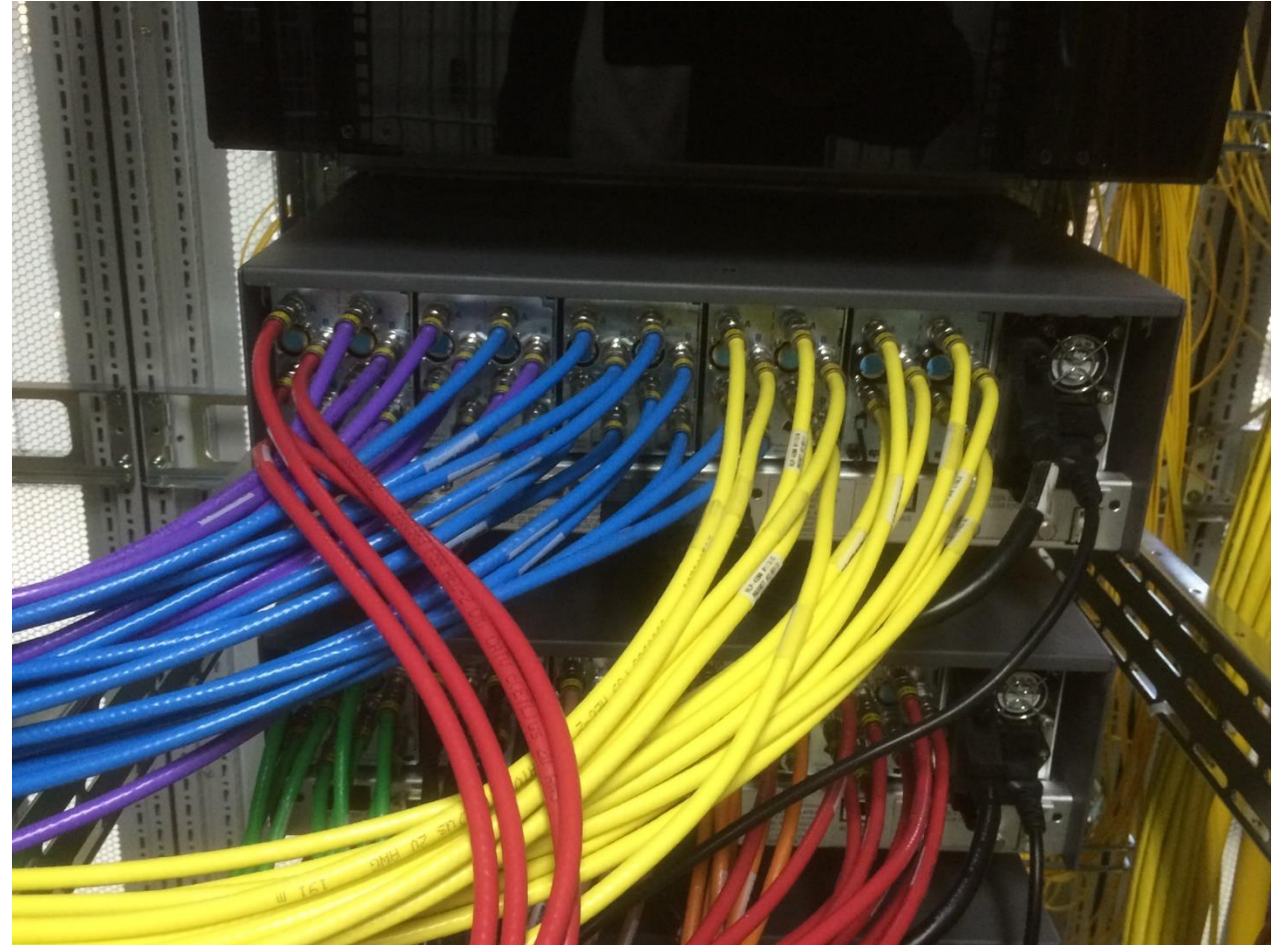
Kopfstation mit vier Spiegeln 1,8m Höhe und thermostatisch geregelter Spiegelheizung



## Bilder aus der Praxis



Rückwegempfänger, LWL-Eingänge (alt D3.0)



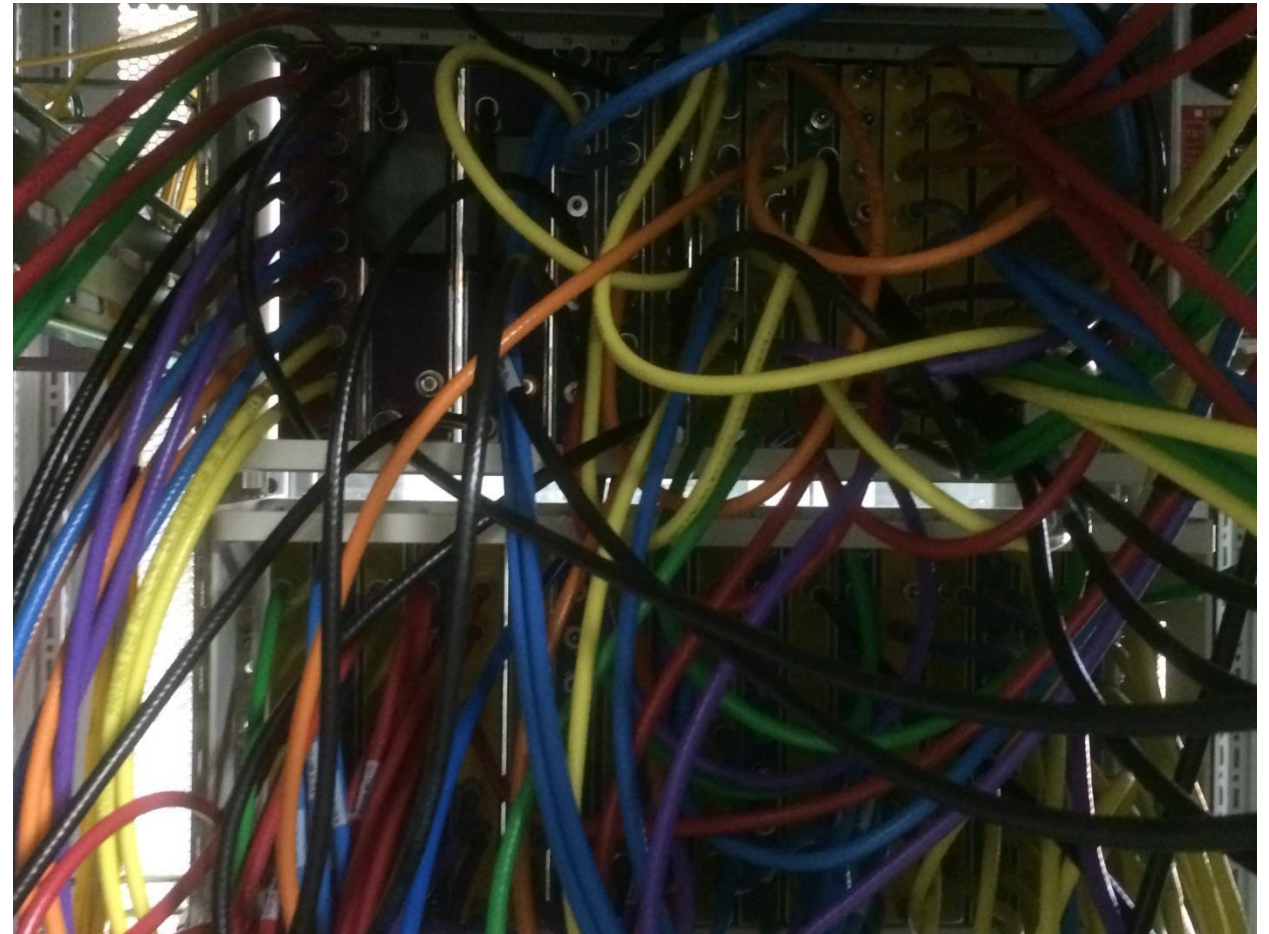
Rückwegempfänger, Koax-Eingänge (alt, D3.0)



## Bilder aus der Praxis



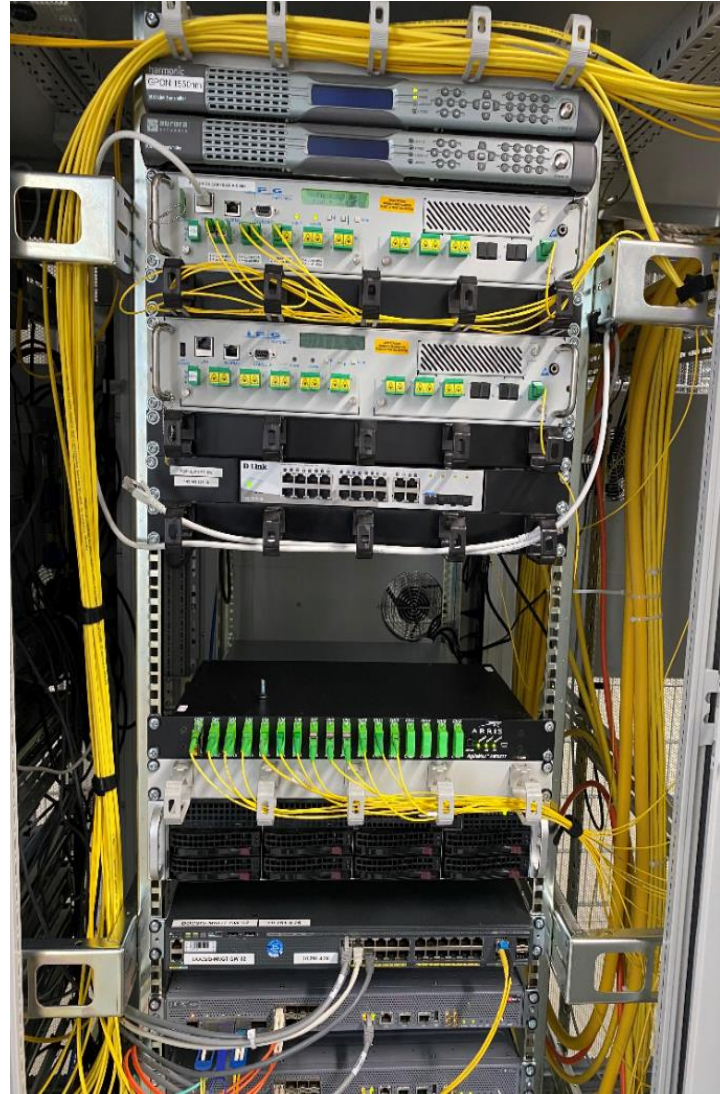
CMTS-Anschaltkarten bis D 3.0



Rückwegempfänger, bis D 3.0



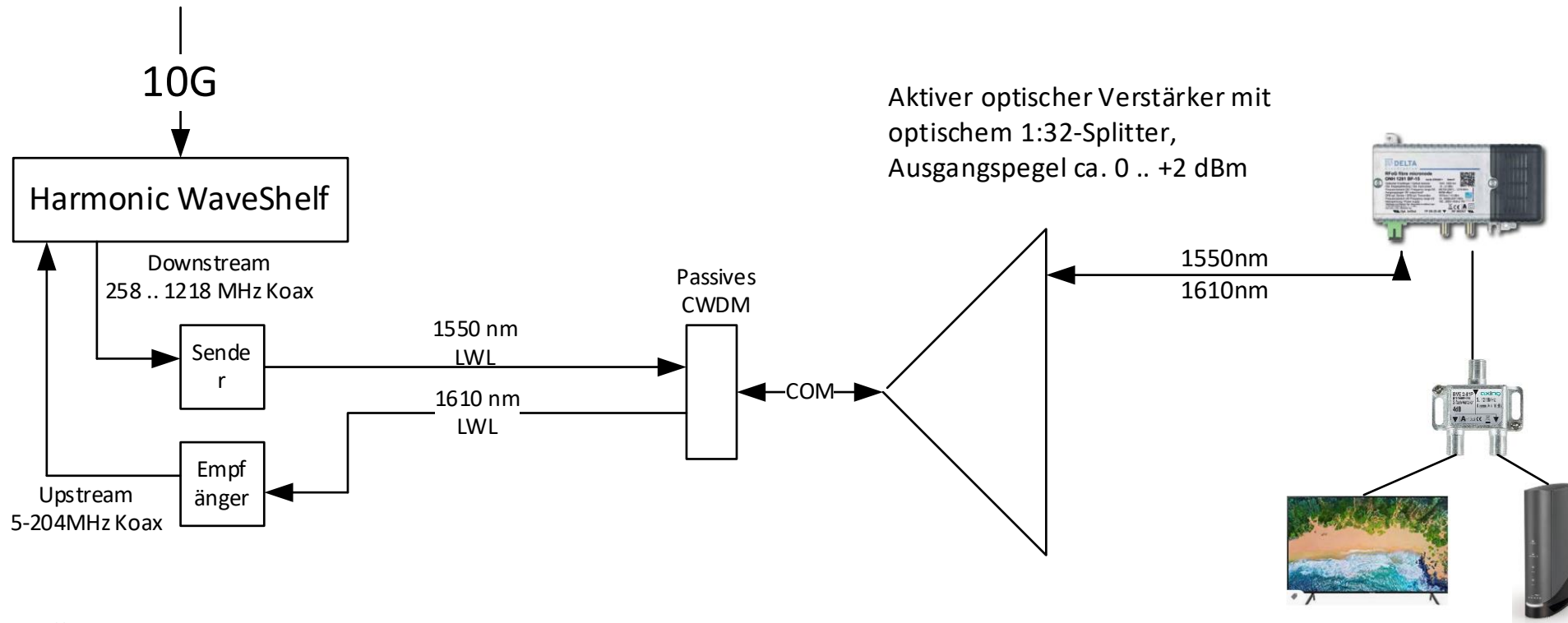
## Bilder aus der Praxis



Aktuelle Signalaufbereitung, Reduzierung von 5 auf 2 Datenschränke mit Docsis 3.1



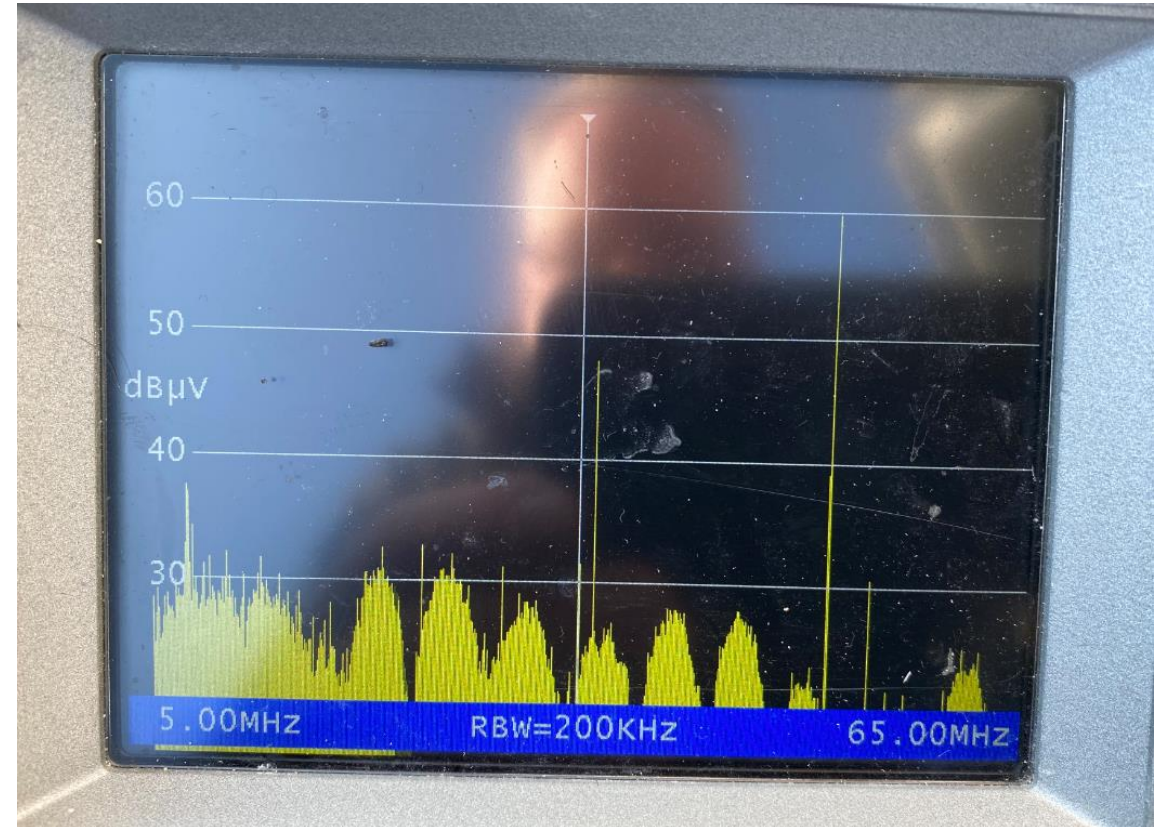
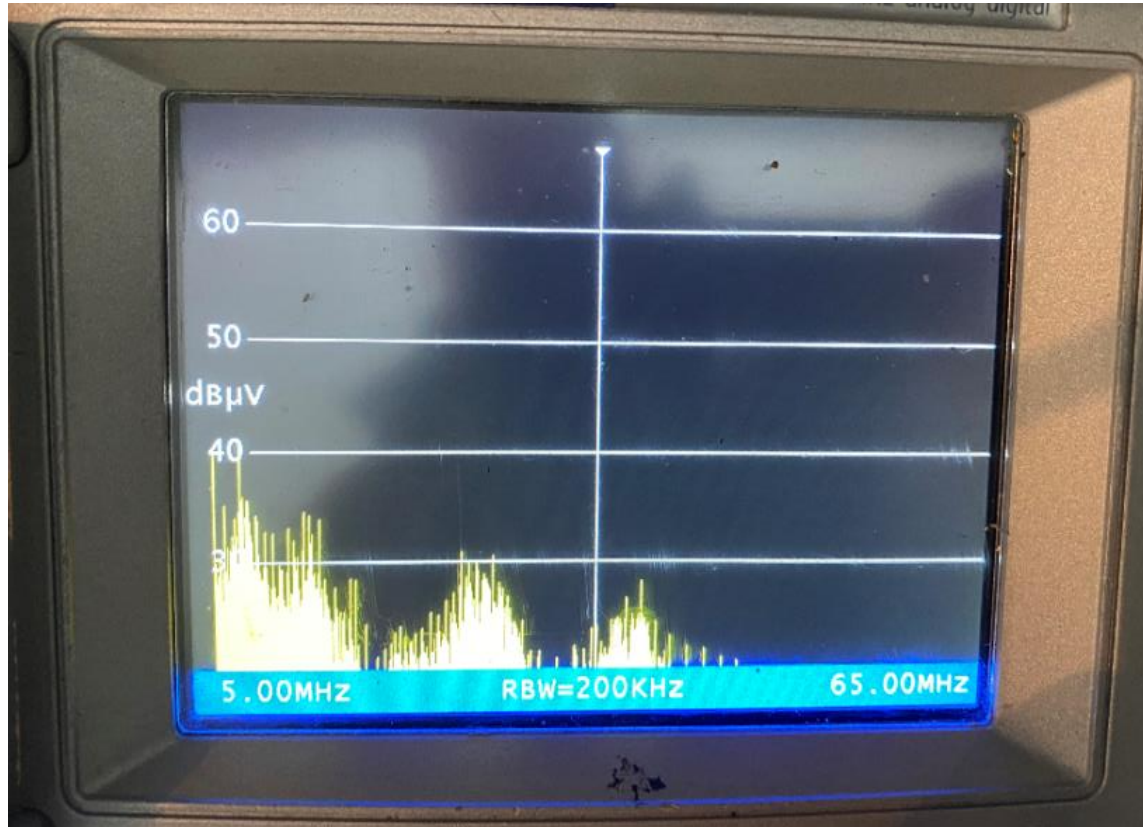
# Schema für RFoG (RF over Glass)



## Überall wichtig, wo Koax verbaut ist:

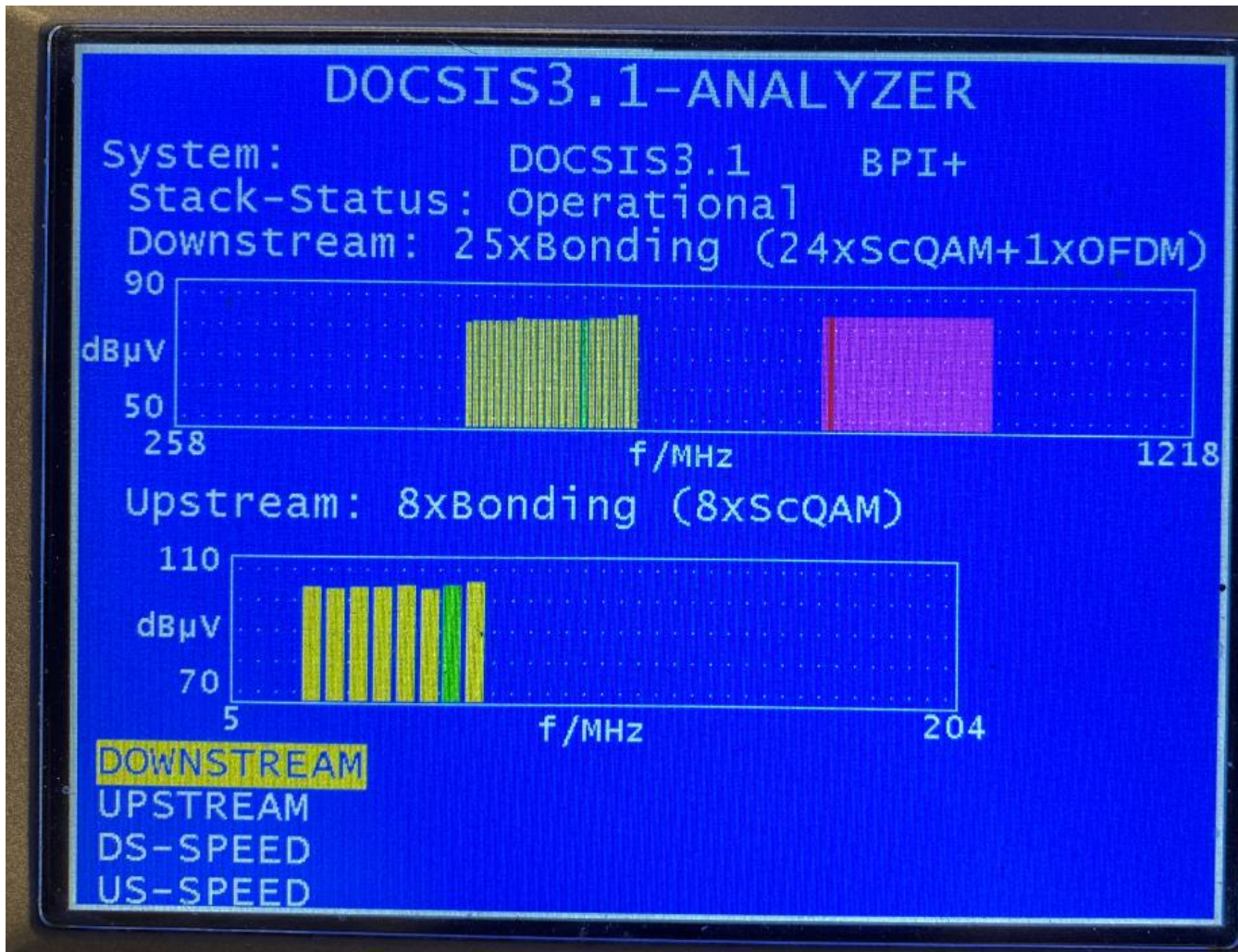
- Keine offene Ports, Abschlusswiderstände ran!
- Rückwegsperrn (Bandsperrn), wenn kein Internet, nur TV!
- Verstärker nie zu 100% aussteuern, nur ca. 80-90%
- Verstärker ohne Potis oder Schiebeschalter, nur Dämpfungstecker oder Entzerrer
- Keine Schraubstecker, nur Kompressionsstecker bei F-Steckern
- Verbinder nur in HQ-Ausführung (mehr Kontaktfedern)
- Potentialausgleich!
- ...

## Bilder aus der Praxis



Störer im Rückweg; kann z.B. durch Geräte verursacht werden, welche Daten über das Stromnetz übertragen (1. Rückweg-Kanal bei 27 MHz)

# Bilder aus der Praxis



Docsis 3.1-Spektrum am Meßempfänger eingelesen

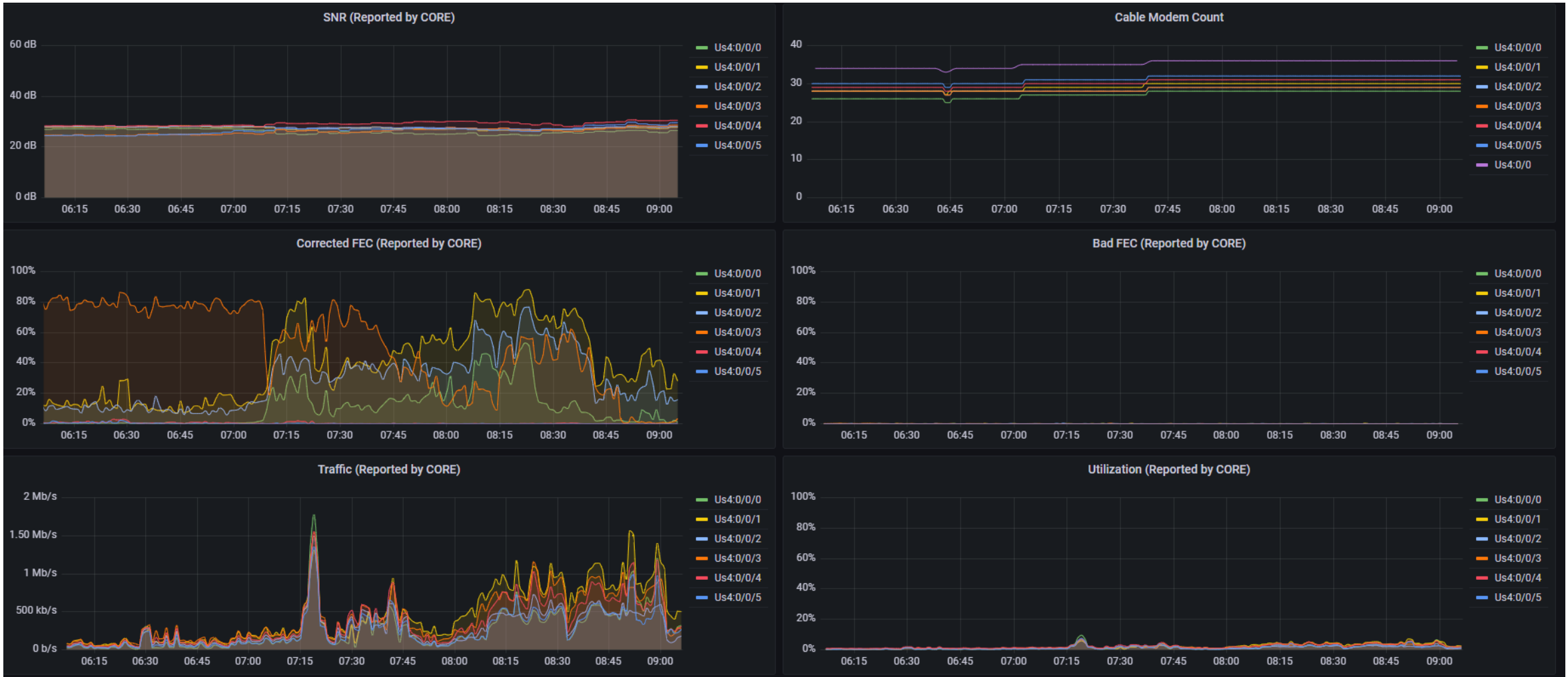


# Bilder aus der Praxis



Management bei Docsis 3.1, R-PHY-Node mit sehr guten Koaxnetz hinter Node

# Bilder aus der Praxis



Management bei Docsis 3.1, R-PHY-Node mit „nicht ganz so gutem Koaxnetz hinter Node“