



Fy



# Vom Individualempfang zu DOCSIS 4.0

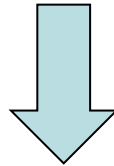
## Basis, Entwicklung und Perspektive der Kabelnetze

Diplom-Ingenieur

**Ulrich G.P. Freyer**

Analyst für Medientechnik

## Die Ursache für Kabelnetze war der Rundfunk [broadcast]



- **Hör-Rundfunk** (Hörfunk, Radio)  
(basiert auf Tönen [sound])  
→ Audiosignale (d. h. Ohr als Sensor)
- **Fernseh-Rundfunk** (Fernsehen, TV)  
(basiert auf Bildern [vision])  
→ Videosignale (d. h. Auge als Sensor)

**Rundfunk** dient als **Verteildienst** [push service] der Verbreitung audiovisueller (AV) Inhalte mithilfe ungeführter elektromagnetischer Wellen.

- Klassischer Verbreitungsweg:      Terrestrische Sender
- Moderner Verbreitungsweg:         Satelliten

### Funktionsprinzip:

Inhalteproduktion → Sender → Sendeantenne →  
Übertragungskanal

Empfangsantenne → Empfänger → Inhaltewiedergabe

### Ziel:

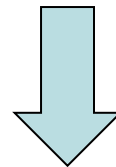
Von einer Quelle möglichst viele Empfänger **gleichzeitig** erreichen.



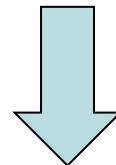
Fy



Für den Rundfunkempfang  
benötigt jeder Empfänger  
eine geeignete Antenne



**Individualempfang**



Viele Empfänger = Viele Antennen



# Historische Entwicklung des Rundfunks in Deutschland

## Vor dem Krieg (1)

- Start des Regelbetriebs für den Hörfunk im MW-Bereich mit AM am **29. Oktober 1923**.
- Erfolgreiches Marketing für den Hörfunk im Dritten Reich durch das Propaganda-Ministerium  
Ergebnis: Volksempfänger



# Historische Entwicklung des Rundfunks in Deutschland

## Vor dem Krieg (2)

- Entwicklung und Erprobung des Fernsehens.  
 Ergebnis: Einheits-Fernseh-Empfänger E1  
 Start des Regelbetriebs für das Fernsehen am **22. März 1935.**



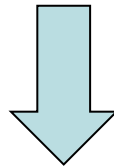
# Historische Entwicklung des Rundfunks in Deutschland

## Nach dem Krieg

- Start des Hörfunks im UKW-Bereich mit FM am **28. Februar 1949.**
  
- Start des analogen Schwarzweiß-Fernsehens mit Bildformat 4:3 und 625 Zeilen Bildauflösung am **25. Dezember 1952.**

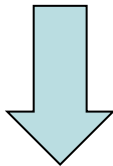


Erfolgreiche Entwicklung des UKW-FM-Hörfunks und des Fernsehens (ab **25. August 1967** in Farbe) zum Massenkommunikationsmittel.



Fernsehgerät als „Hausaltar“

Auswirkung  
des Individualempfangs



“Antennenwälder“



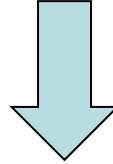




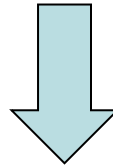
Fy



## Abhilfe gegen Antennenwälder

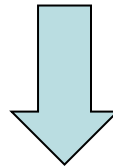


Übergang zum **Gemeinschaftsempfang** durch leitungsgebundene Verteilnetze in Koaxialtechnik



### Konzept:

Von einer Kopfstelle [headend] mit Antenne werden über ein koaxiales Leitungsnetz in Baumstruktur die Endgeräte der Nutzer mit Hörfunk und Fernsehen versorgt.



### Ergebnis:

“Rundfunk aus der Steckdose“

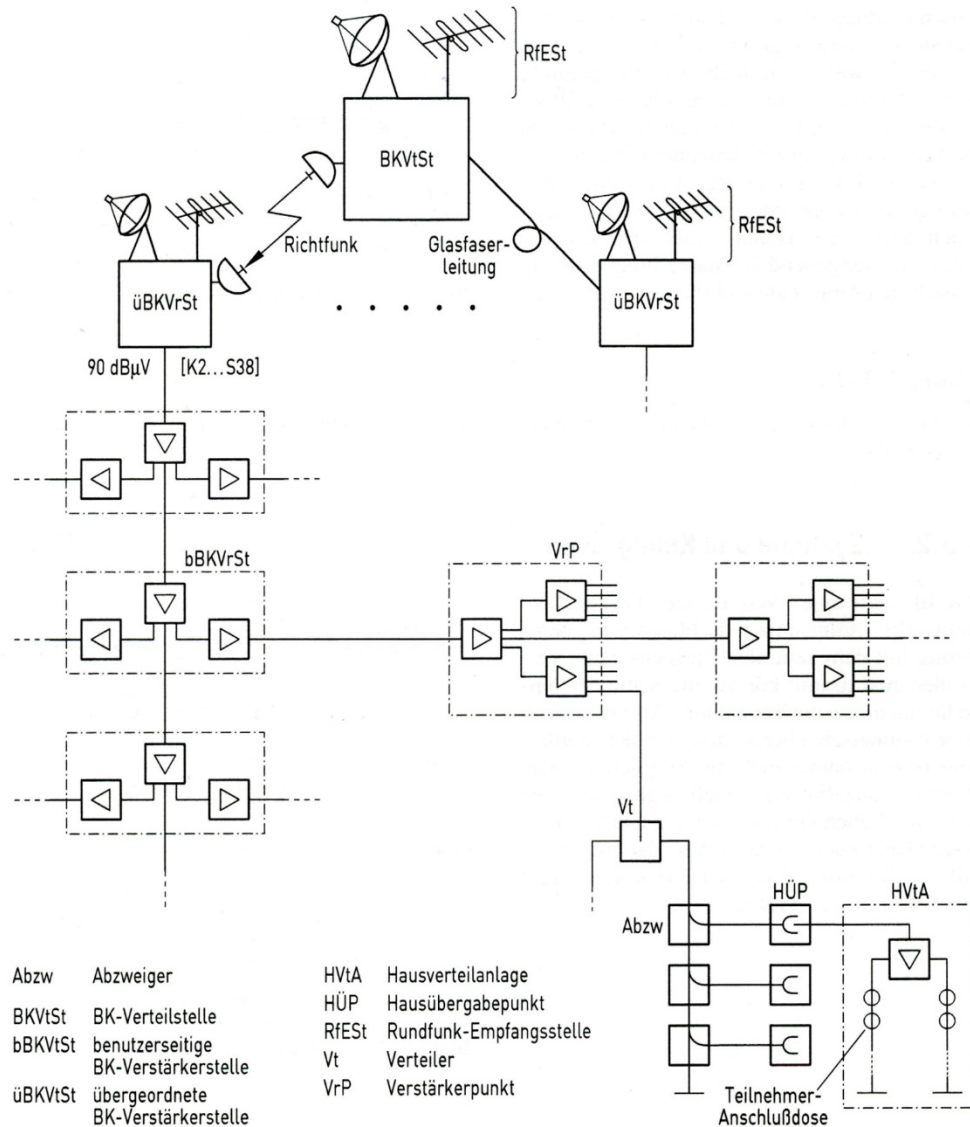


## Realisierungsvarianten für den Gemeinschaftsempfang

- Gemeinschafts-Antennenanlagen (GA)  
Versorgungsbereiche: Gebäude
- Groß-Gemeinschaftsanlagen (GGA)  
Versorgungsbereiche: Wohnblöcke, kleine Siedlungen
- **Breitband-Kabelnetze (BK-Netze)**  
Versorgungsbereiche: große Siedlungen, Städte

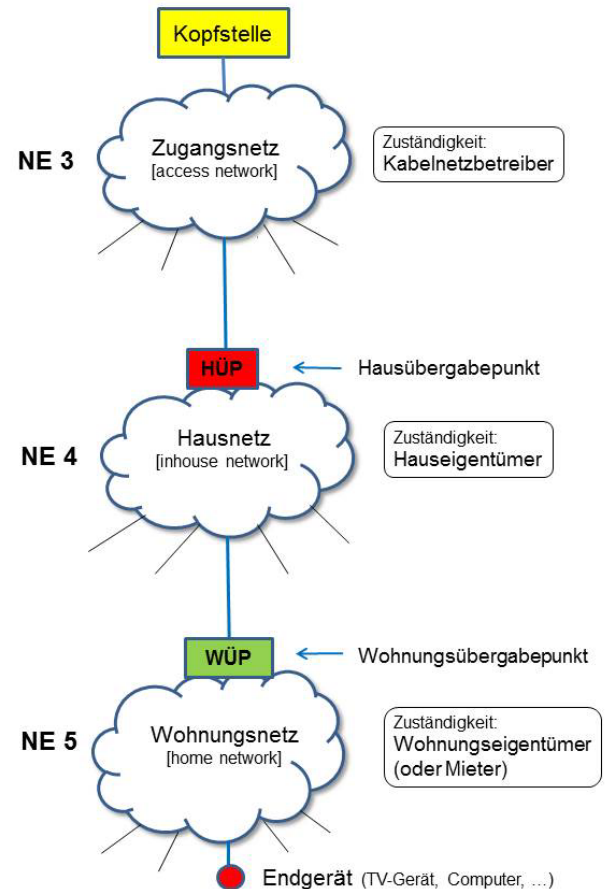


Diese wurden von der Deutschen Bundespost / Telekom aufgebaut und im Monopol betrieben..



## Merkmale von BK-Netzen

- Kanalraster:  
7 MHz/8 MHz
- Bandbreite:  
5 MHz-300 MHz/450 MHz/  
606 MHz/862 MHz
- Netzebenen
  - \* Definierte Schnittstellen
  - \* Unterschiedliche Zuständigkeiten





Fy



Anfang der 90er Jahre



Liberalisierung des Telekommunikationsrechts in der EU



Wettbewerb statt Monopole



Marktwirtschaft



Folge:

Übernahme der BK-Netze durch privatwirtschaftliche  
Betreiber.

## Kabelnetze unterliegen einer zweifachen Regulierung!

### Telekommunikationsrecht

Basis: Telekommunikationsgesetz (TKG)

Regulierungsbehörde: BAPT, RegTP, BNetzA

### Medienrecht

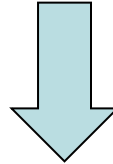
Basis:

\* Medienstaatsvertrag [vorher: Rundfunkstaatsvertrag]

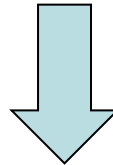
\* Landesmediengesetze

Regulierungsbehörden: Landesmedienanstalten

Übergang von der analogen in die digitale Welt



**Digitales Fernsehen [digital video broadcasting (DVB)]**



Digitales Antennenfernsehen

DVB-T [T → terrestrial]

Digitales Satellitenfernsehen

DVB-S [S → satellite]

Digitales Kabelfernsehen

DVB-C [C → cable]

### Merkmale von DVB

- Die Standardisierung erfolgte durch ETSI.
- Es wurde das Kanalraster von 8 MHz beibehalten.
- Mehrere digitale Programme passen in einen Kanal.



Fy



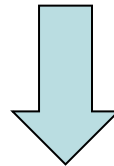
## Besonderheiten von DVB

### Quellencodierung

Reduzierung der Datenrate des digitalen Quellensignals ohne subjektiv wahrnehmbare Änderung der Bildqualität.

### Kanalcodierung

Ergänzung des quellencodierten Signals durch Fehlerschutzbits als “elektronische Transportverpackung“.



Vorwärtsfehlerkorrektur [forward error correction (FEC)]





Fy



**Interaktivität**



Erfordert Rückkanalfähigkeit



Ermöglicht **Internetanwendungen**



Übertragung erfolgt mit dem **Internet Protokoll (IP)**



Das Internet ist für Datenkommunikation konzipiert, bei Übertragungsfehlern kann deshalb wiederholt gesendet werden.



Bei Medieninhalten ist damit allerdings keine Echtzeitübertragung realisierbar.



Lösungsansatz: **Streaming**



Ergebnis: Kontinuierlicher Datenstrom



Fy



## Internet über Kabelnetze (1)



Erfordert geeignetes Übertragungsprotokoll



**DOCSIS [data over cable service interface specification]**



Übertragung erfolgt mit dem **Internet Protokoll (IP)**

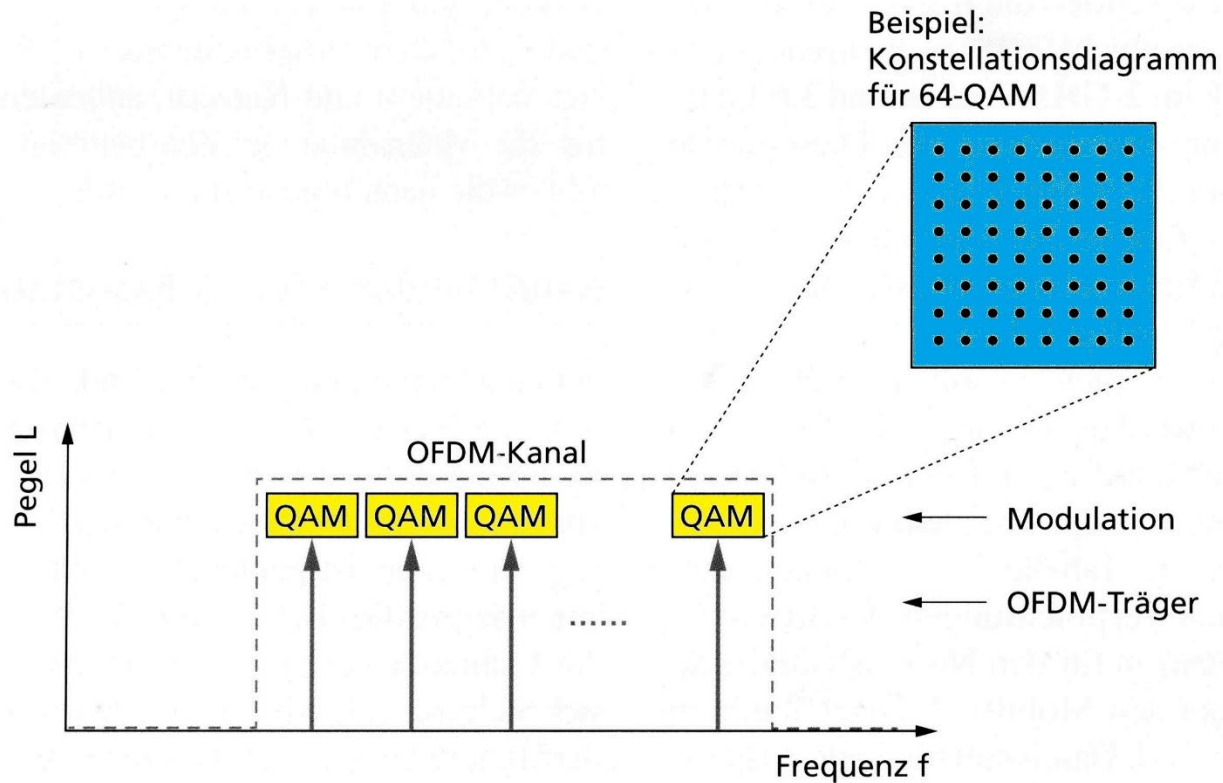
### Konzept:

- Mehr-Träger-Verfahren **OFDM** [orthogonal frequency division multiplex].
- Jeder Träger ist mit PSK oder QAM moduliert.
- Datenrate steigt
  - mit zunehmender Zahl der Träger,
  - mit zunehmender Wertigkeit der Modulation
- Es wurde das Kanalraster von 8 MHz beibehalten.

## Internet über Kabelnetze (2)

Merke:

In der Praxis ist typisch die Version DOCSIS 3.1 im Einsatz.

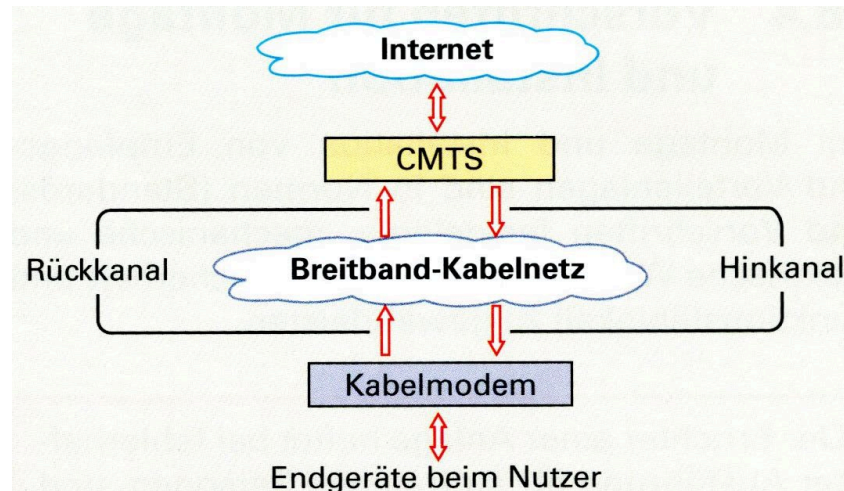


## Mit DOCSIS werden Kabelnetze internettauglich



Für die Realisierung sind folgende Funktionseinheiten erforderlich:

- **CMTS** [cable modem termination system] für die Anpassung Internet ↔ Kabelnetz.
- **Kabelmodem** für die Anpassung Kabelnetz ↔ Endgerät beim Nutzer.





Fy



## Vom Elektron um Photon



Die **Glasfaser** (Gf) [fibre] kommt



Übergang von den Kabelnetzen zu  
**HFC [hybrid fibre coax]-Netzen**



Konzept:

Glasfaser möglichst nahe zum Anschluss beim Nutzer bringen



Realisierung:

NE 3 → **FTTB** [fibre to the building]

NE 4 → **FTTH** [fibre to the home]

NE 5 → **FTTD** [fibre to the device]



**Glasfaser ermöglicht mehr Vielfalt bei den Inhalten.**



Fy

## Netzarchitektur

Netzbetreiber



Speist Anwendungen und Dienste an einer definierten Stelle in Glasfaserringe ein.



Auskopplung der Anwendungen und Dienste ist an jeder Stelle der Glasfaserringe möglich.



### Variante 1 (HFC):

Auskopplung über Hubs mit nachfolgendem Fibre Nods für den Übergang Glasfaser ↔ Koax und Nutzung des vorhandenen Koaxnetzes (= Bestands-Infrastruktur) aus wirtschaftlichen Gründen.

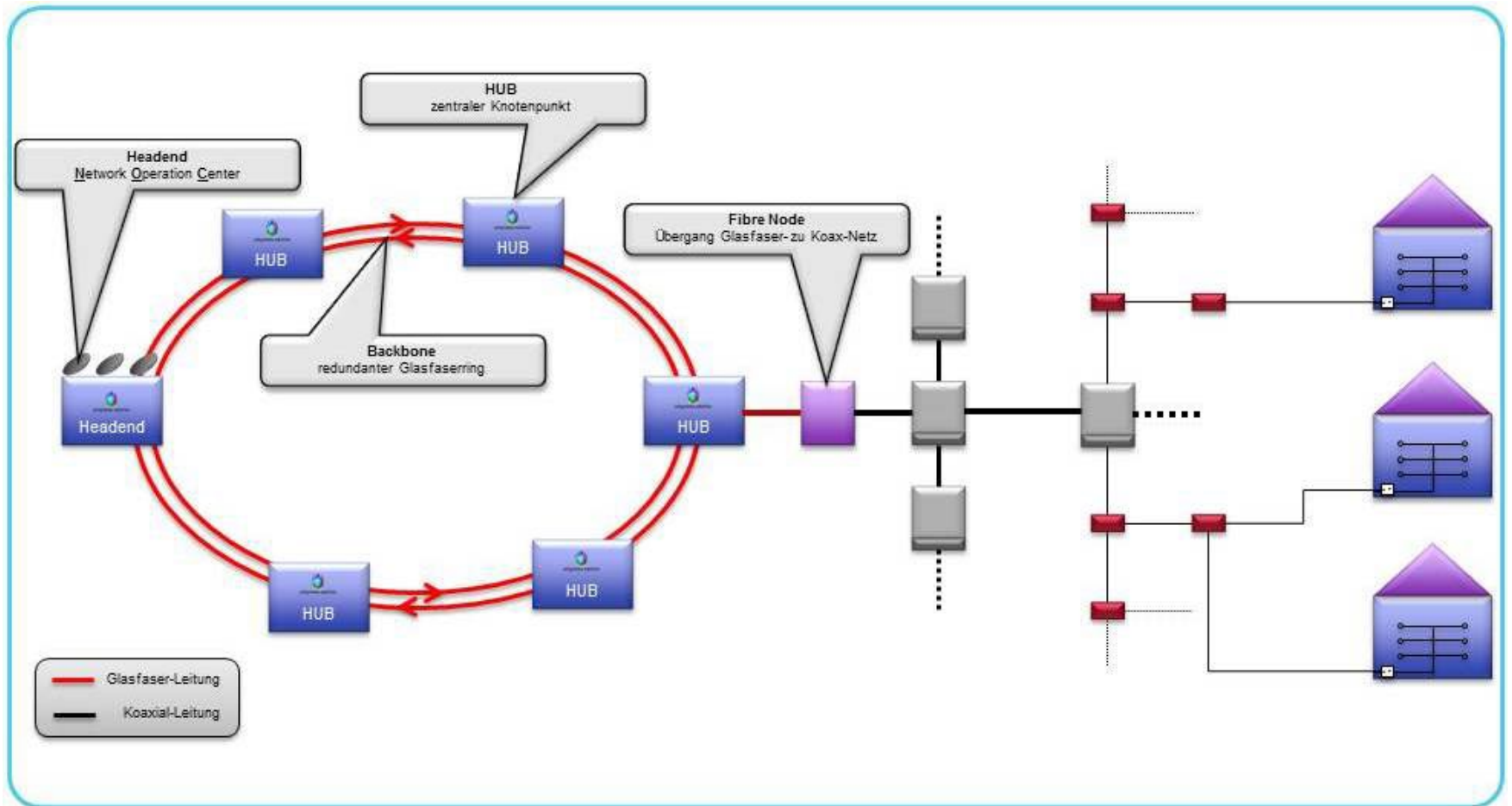
### Variante 2 (Full IP):

Auskopplung über Gateways (als optische Koppler) und Einspeisung in entsprechend dimensionierte passive optische Netze (PON).

Merke:

**Optische Netze sind nachhaltiger als elektrische Netze!**

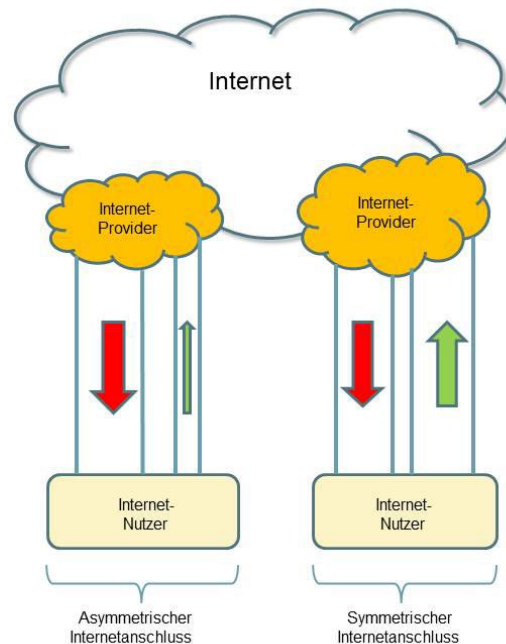
# HFC-Netze (Konzept)





## Die Gigabitwelt (1)

- Datenrate pro Anschluss:  $\geq 1$  Gbit/s im DS und US
- Internetanschluss:  
Übergang von der Asymmetrie zur Symmetrie



## Die Gigabitwelt (2)

### □ Einsatz von **DOCSIS 4.0**

#### **FDX (full duplex DOCSIS)**

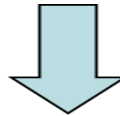
Gleichzeitige Nutzung definierter Frequenzbereiche für den Downstream und den Upstream im Zeitmultiplex. Ermöglicht theoretisch symmetrische Internetanschlüsse bis 10 Gbit/s.

#### Spektrum

Erweiterung des Frequenzbereichs auf 1.218 MHz bzw. 1.794 MHz

## Vom Verteilnetz zum Kommunikationsnetz

- Vielfalt der Anwendungen nimmt zu.
- Zuwachs an Leistungsmerkmalen.
- Vergrößerung der Versorgungsreichweite des Kabelnetzes und Realisierung des portablen Zugriffs durch WLAN-Einsatz.
- Die in der CMTS vorhandene “Intelligenz“ wird immer weiter in Richtung Nutzer verlagert, im Grenzfall bis zum Endgerät.



Reduzierung der Latenz und schnellere Bedienvorgänge

### Hinweis:

Bei Internetanschlüssen handelt es sich um ein “**shared medium**“. Alle angeschlossenen Endgeräte müssen sich nämlich die verfügbare Datenrate teilen.

## Novellierung des TKG und seine Folgen

- Am 30.06.2024 endet das “**Nebenkostenprivileg**“, also die Abrechnung der Entgelte für das Kabelfernsehen (also Nutzung des Kabels für die TV-Übertragung) im Rahmen der Mietnebenkosten.  
Die aus den Gestattungsverträgen resultierenden Mehrnutzerverträge müssen dann von Einzelnutzerverträgen abgelöst werden.
- Der Zugang von Dritten zum Angebot im Kabelnetz muss gewährleistet werden.



**Open Access**

## Die Perspektive

- Kabelnetze werden zu Plattformen.
- Weiterer Ausbau der Glasfaser.
- Übergang von “Rundfunk & Internet aus der Steckdose“ zu Full-IP-Netzen.
- Regelmäßige Optimierung der Geschäftsmodelle.

## Fazit

Kabelnetze werden als leitungsgebundene Systeme auch weiterhin eine wichtige Komponente für die Medienversorgung der Bürger sein.



Fy



*Vielen Dank*  
*für*  
*Ihre*  
*Aufmerksamkeit*

Ulrich G.P. Freyer  
freyer.cgn@ish.de