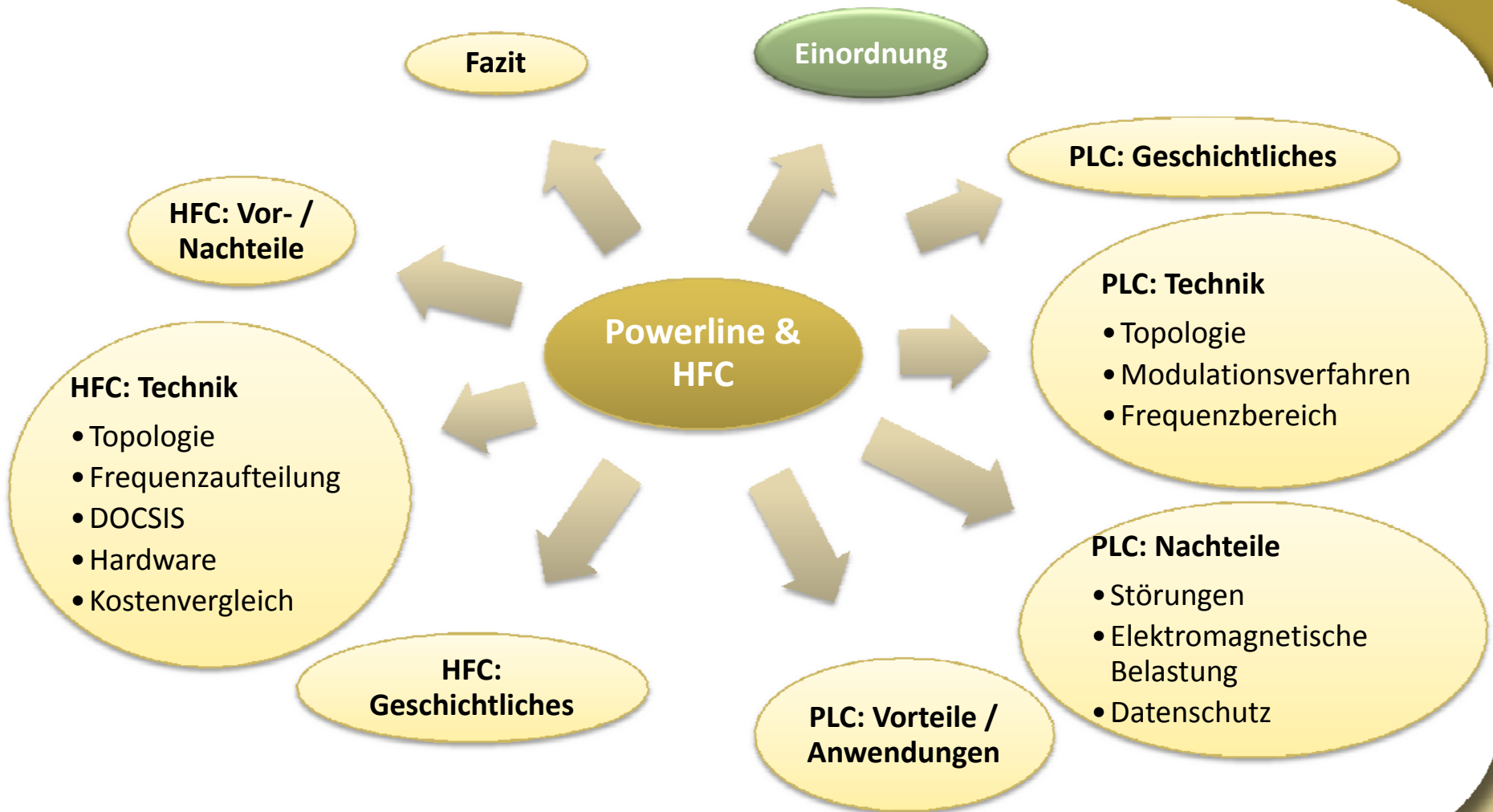
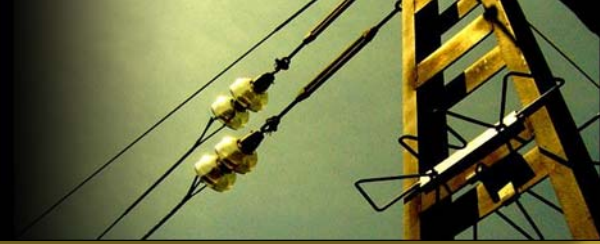


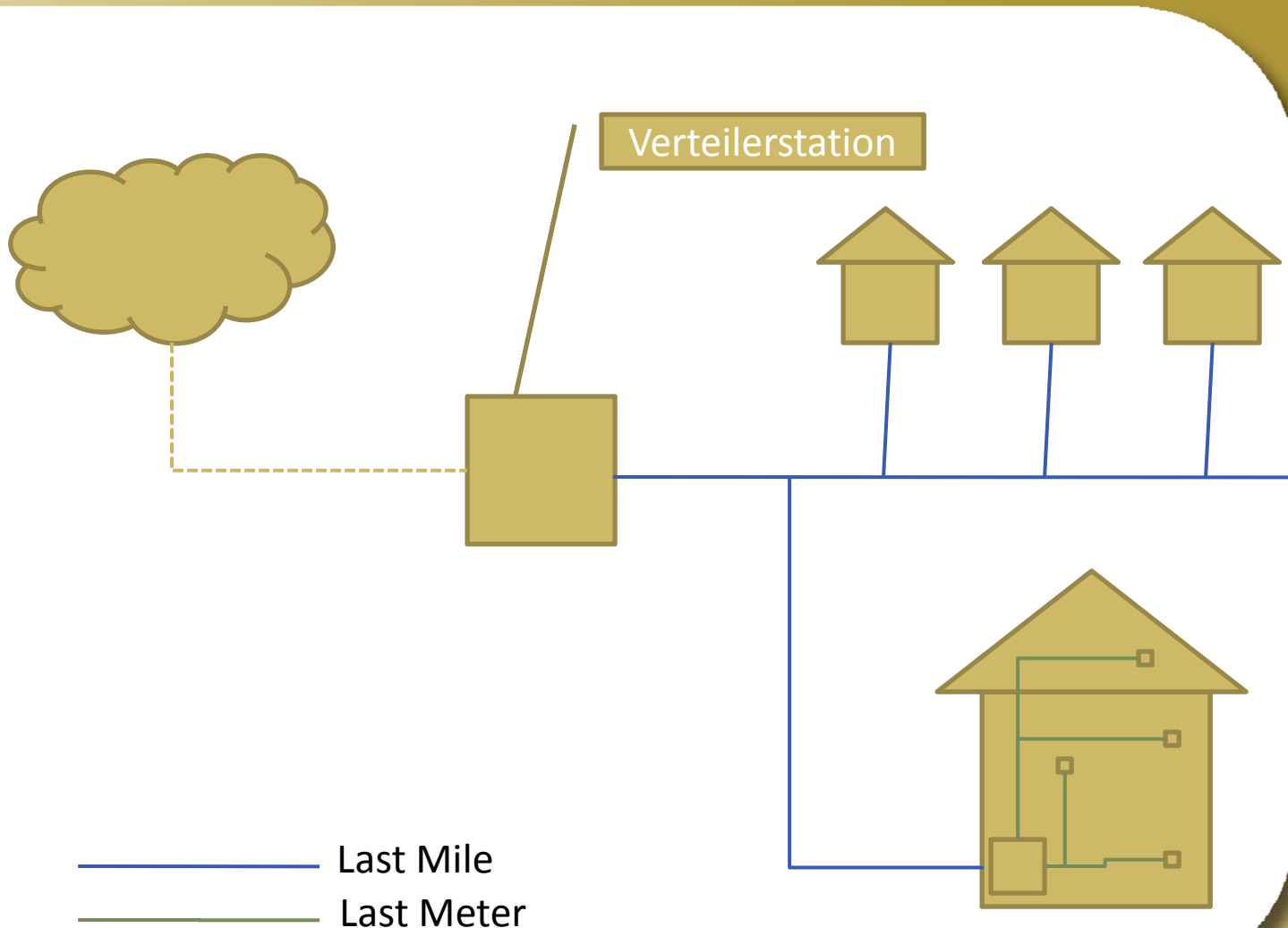


ALTERNATIVEN BEI DER „LAST MILE“: POWERLINE UND HFC

Seminar: Next Generation Internet
Benjamin Zaiser (bz003)



Einordnung



Einordnung

PLC: Geschichtliches

PLC: Technik

PLC: Nachteile

PLC: Vorteile

HFC: Geschichtliches

HFC: Technik

HFC: Vor-/Nachteile

Fazit

Einordnung



- Last Mile Breitband-Technologien
 - Telefonkabel → DSL
 - Stromkabel → PLC
 - Fernseekabel → HFC
 - Funktechnologien (UMTS, WiMAX, ...)
 - (Breitband-Internet über Satellit)
- Last Meter Technologien
 - Ethernet
 - WLAN
 - PLC

Einordnung

PLC: Geschichtliches

PLC: Technik

PLC: Nachteile

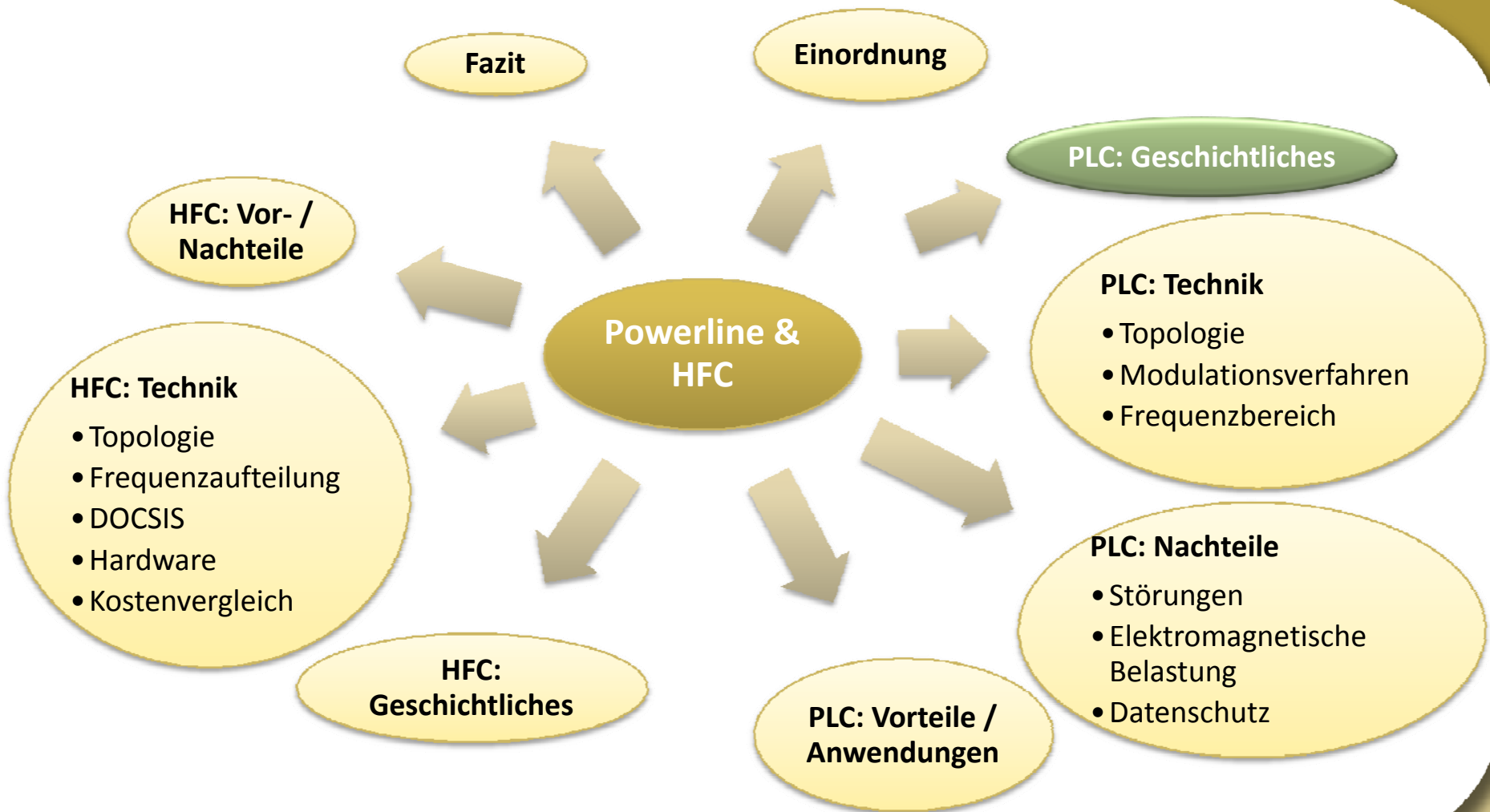
PLC: Vorteile

HFC: Geschichtliches

HFC: Technik

HFC: Vor-/Nachteile

Fazit



Geschichtliches

- England 1899: Übertragung von Informationen über Gleichstromnetz
- Energieversorgungsunternehmen 1920: Kommunikation (unidirektional) über Hochspannungsleitungen: Austausch von Informationen über Energieerzeugung / Beseitigung von Störungen
- USA 1970: erste Versuche zur bidirektionalen Kommunikation
- Pilotversuch 1975: Auslesen von Zählerständen über Niederspannungsnetzwerk (→ Powerline-Communication PLC)
- Deutschland 1980: Babyphone

Einordnung

PLC: Geschichtliches

PLC: Technik

PLC: Nachteile

PLC: Vorteile

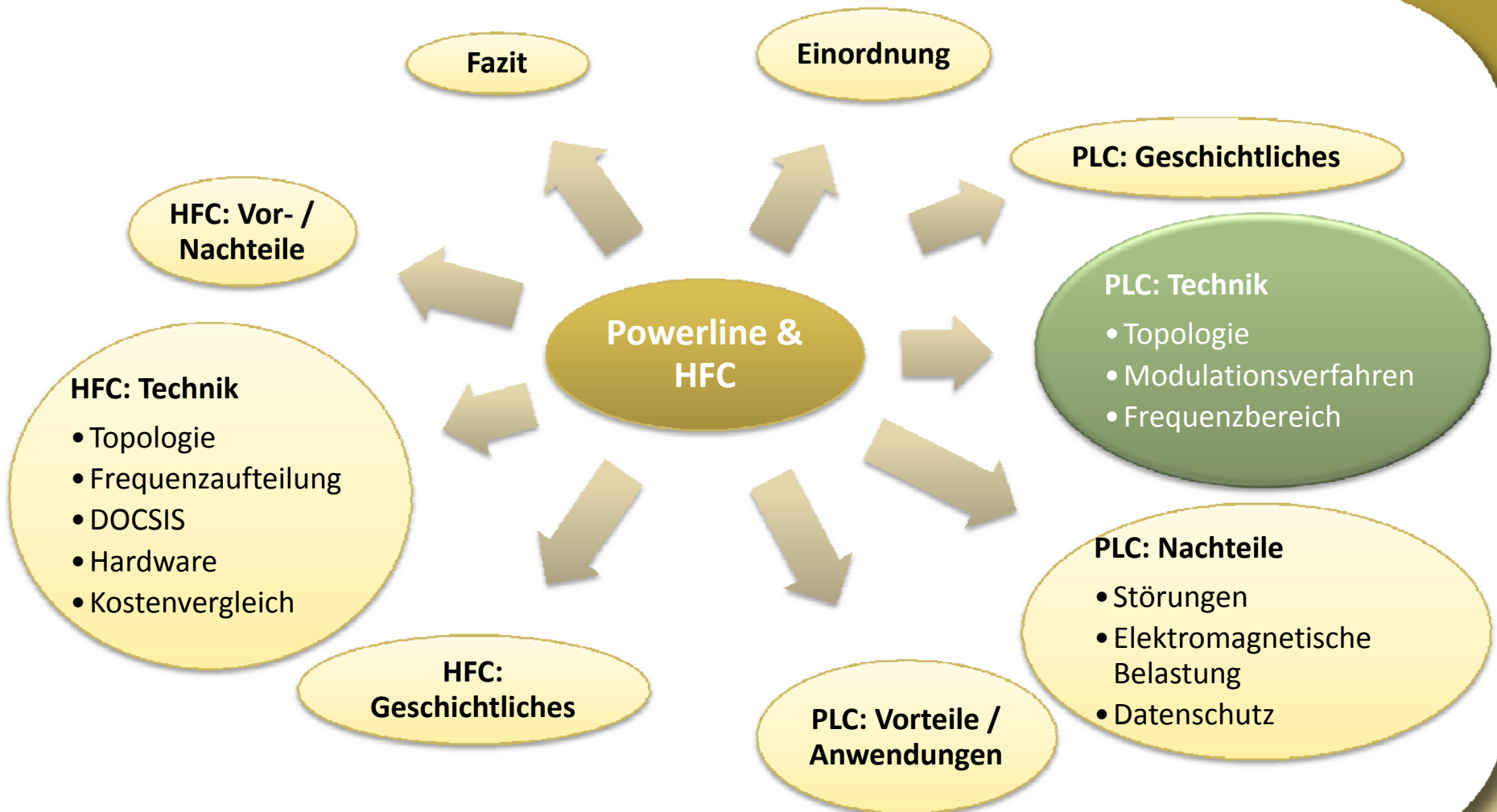
HFC: Geschichtliches

HFC: Technik

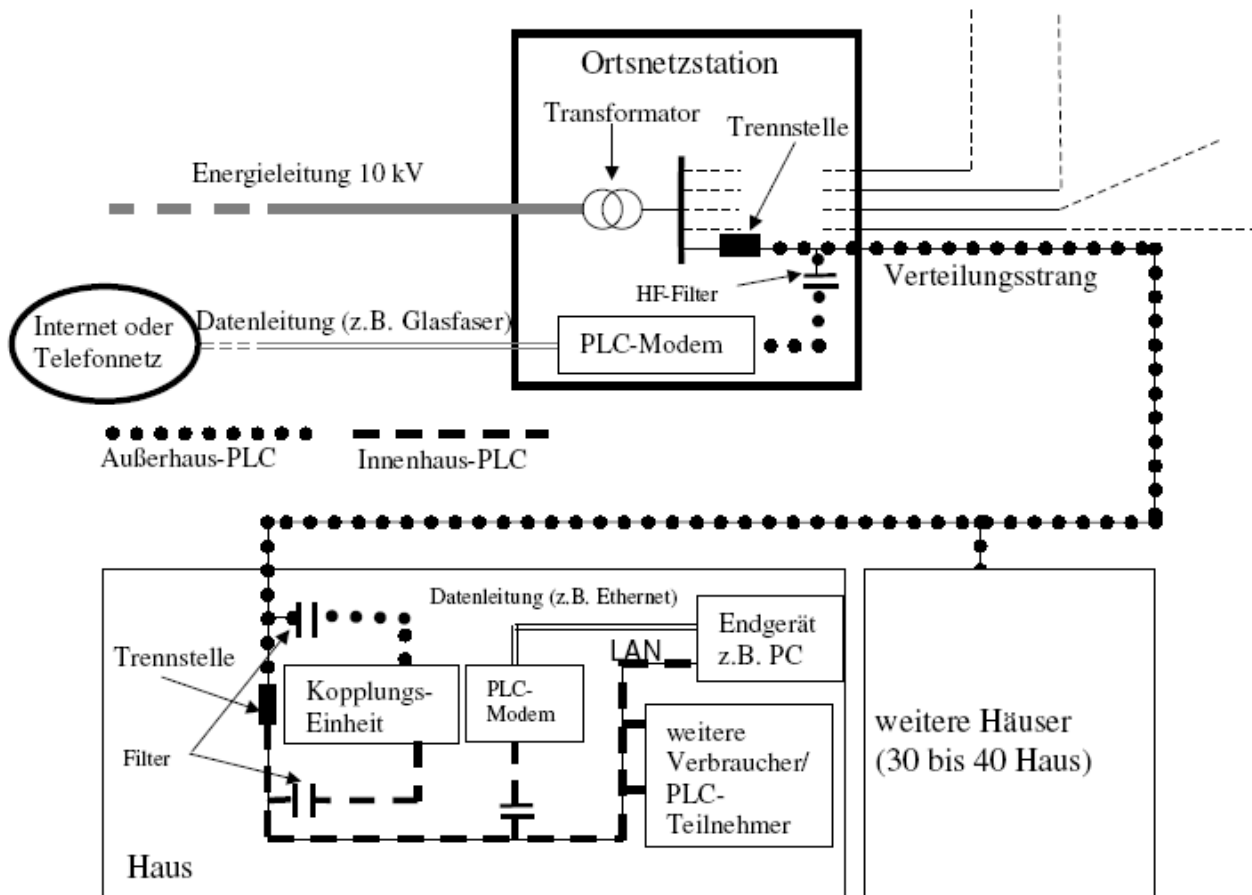
HFC: Vor-/Nachteile

Fazit

Agenda



Topologie



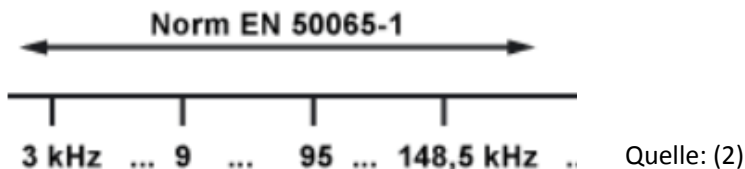
Quelle: (1)

- Einordnung
- ↓
- PLC: Geschichtliches
- ↓
- PLC: Technik
- ↓
- PLC: Nachteile
- ↓
- PLC: Vorteile
- ↓
- HFC: Geschichtliches
- ↓
- HFC: Technik
- ↓
- HFC: Vor-/Nachteile
- ↓
- Fazit

Frequenzbereich

- CENELEC: Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung
- Zum Schutz vor Störungen und zur Gewährleistung der EMV: EN 50065-1

CENELEC-Band	Frequenzbereich	Nutzer
-	3 - 9 kHz	Energieversorger
A	9 - 95 kHz	Energieversorger
B	95 - 125 kHz	Kundenanlagen
C	125 - 140 kHz	Kundenanlagen
D	140 - 148,5 kHz	Kundenanlagen



Einordnung

PLC: Geschichtliches

PLC: Technik

PLC: Nachteile

PLC: Vorteile

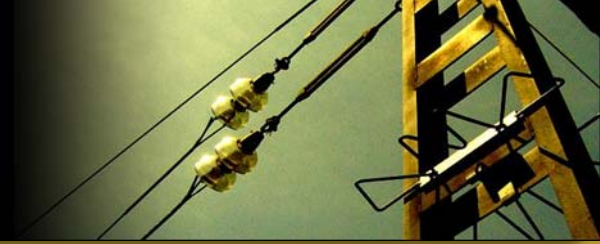
HFC: Geschichtliches

HFC: Technik

HFC: Vor-/Nachteile

Fazit

Frequenzbereich



- Datenrate im Bereich 3kHz – 148,5kHz:

~10kbit/s

→ reicht für „Mehrwertdienste“ aus...

→ reicht aber nicht für Breitband Internet aus!

Einordnung

PLC: Geschichtliches

PLC: Technik

PLC: Nachteile

PLC: Vorteile

HFC: Geschichtliches

HFC: Technik

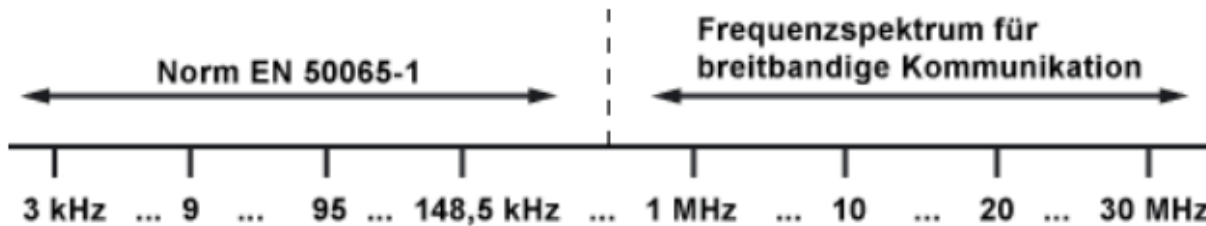
HFC: Vor-/Nachteile

Fazit

Frequenzbereich



→ Erweitern des Frequenzspektrums auf 30MHz erforderlich



Quelle: (2)

- Datenrate im Bereich von 148,5kHz – 30MHz:

bis zu 200 Mbit/s

Das Problem....

Einordnung

PLC: Geschichtliches

PLC: Technik

PLC: Nachteile

PLC: Vorteile

HFC: Geschichtliches

HFC: Technik

HFC: Vor-/Nachteile

Fazit

Frequenzbereich



- Bereich von 148,5kHz – 30MHz bereits an andere Technologien vergeben:
 - Langwellenrundfunk, Funkuhren
 - Mittelwellenrundfunk, teilweise militärischer Flugfunk
 - Kurzwellenrundfunk, RFID

Einordnung

PLC: Geschichtliches

PLC: Technik

PLC: Nachteile

PLC: Vorteile

HFC: Geschichtliches

HFC: Technik

HFC: Vor-/Nachteile

Fazit

Frequenzbereich



- Breitband PLC arbeitet in bereits belegtem Frequenzbereich → Gegenseitige Störung
- Regulierungsbehörde für Telekommunikation & Post
 - **NB-30** (1.7.2001):
 - Definiert Grenzwerte (maximale Sendeleistung)
 - Maximale Datenrate sinkt drastisch: ~ **2Mbit/s**

Einordnung

PLC: Geschichtliches

PLC: Technik

PLC: Nachteile

PLC: Vorteile

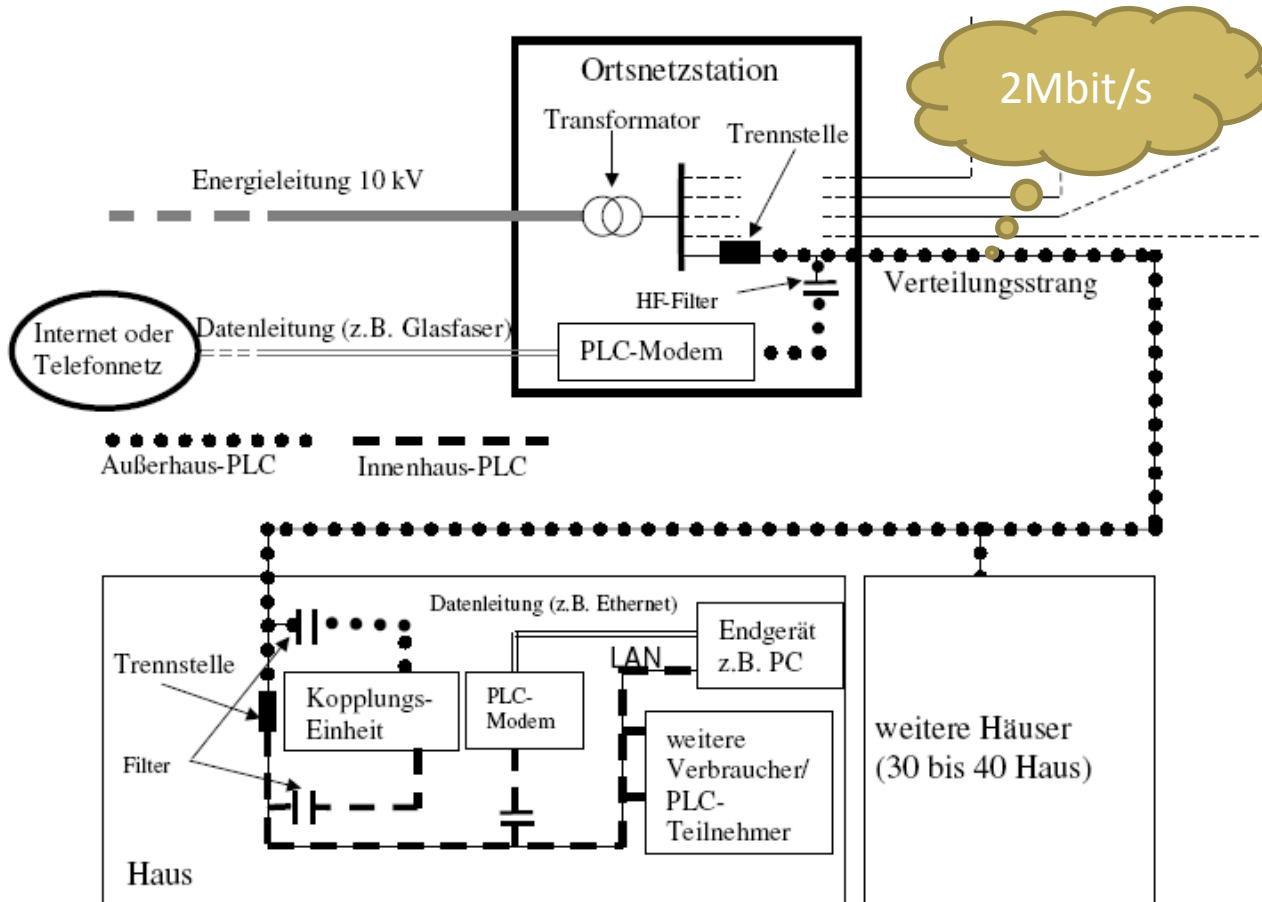
HFC: Geschichtliches

HFC: Technik

HFC: Vor-/Nachteile

Fazit

2Mbit/s???



Quelle: (1)

- Einordnung
- ↓
- PLC: Geschichtliches
- ↓
- PLC: Technik
- ↓
- PLC: Nachteile
- ↓
- PLC: Vorteile
- ↓
- HFC: Geschichtliches
- ↓
- HFC: Technik
- ↓
- HFC: Vor-/Nachteile
- ↓
- Fazit

Der Standard

- Open PLC European Research Alliance (OPERA) hat 2006 einen Standard verabschiedet, um PLC als alternativen Breitband Internet-Zugang zu etablieren
- Definiert folgende Layer:
 - PHY: physikalische Datenübertragung
 - MAC: Zugriffssteuerung
 - LLC : Fehlerfreie Kommunikation
 - Convergence Layer: Kompatibilität herstellen zu Ethernet

Einordnung

PLC: Geschichtliches

PLC: Technik

PLC: Nachteile

PLC: Vorteile

HFC: Geschichtliches

HFC: Technik

HFC: Vor-/Nachteile

Fazit

Physical Layer



- Probleme bei Datenübertragung durch Stromnetz:
 - Kabel nicht verdrillt / abgeschirmt / reflexionsoptimiert (terminiert)
 - vergleichbar mit Antenne (!)
 - ➔ Störfaktoren wie z.B. Impulsstörungen
 - Skin-Effekt
 - Bei hochfrequentem Wechselstrom ist Stromdichte am Leiterrand höher als in der Mitte → Widerstand nimmt zu
 - Störungen durch Nachbar

Einordnung

PLC: Geschichtliches

PLC: Technik

PLC: Nachteile

PLC: Vorteile

HFC: Geschichtliches

HFC: Technik

HFC: Vor-/Nachteile

Fazit

Physical Layer



- Anforderungen an Physical Layer / Modulationsverfahren
 - Hohe spektrale Effizienz
 - Zur Verfügung stehende Bandbreite muss optimal verwendet werden
 - Robust gegen Impuls-Störungen
 - z.B. Einschaltvorgänge
 - Robust gegen ständige Störquellen (Jammer Signals)
 - z.B. laufende Bohrmaschine, ...
 - Dynamisch anpassbar
 - Frequenzbänder mit vielen Störungen sollen nicht verwendet werden

Einordnung

PLC: Geschichtliches

PLC: Technik

PLC: Nachteile

PLC: Vorteile

HFC: Geschichtliches

HFC: Technik

HFC: Vor-/Nachteile

Fazit

Physical Layer



- Verwendetes Modulationsverfahren in PLC: OFDM
 - Frequenzbereich wird in viele schmale Subträger aufgeteilt (#1536)
 - Datenstrom wird auf Träger mit z.B. QAM moduliert
 - Anschließend Summation aller Träger mit inversen diskreten Fourier-Transformation
 - Die Subträger sind orthogonal zueinander (voneinander unabhängig)
 - Da Daten parallel übertragen werden → lange Symboldauer → wenig Intersymbolinterferenz → robust gegen Störungen

Einordnung

PLC: Geschichtliches

PLC: Technik

PLC: Nachteile

PLC: Vorteile

HFC: Geschichtliches

HFC: Technik

HFC: Vor-/Nachteile

Fazit

Physical Layer



Physical Layer verwendet außerdem:

- Reed-Solomon-Code
 - Vorwärtsfehlerkorrektur zum Erkennen und Beseitigen von Fehlern
- 4-Dimensionalen Trellis-Code
 - Kanalcodierung (Faltungscodes)
Hinzufügen von Redundanz
 - Modulationstechnik
QPSK, 8-PSK, 16QAM, 64QAM
- Adaptive Bit Loading
 - Echtzeitanpassung der Modulationsparameter
- Notching Capability
 - Einzelne Frequenzbänder können deaktiviert werden

Einordnung

PLC: Geschichtliches

PLC: Technik

PLC: Nachteile

PLC: Vorteile

HFC: Geschichtliches

HFC: Technik

HFC: Vor-/Nachteile

Fazit

Medium Access Control

- **ADTDM** (Advanced Dynamic Time Division Multiplexing)
 - Kollisionsfrei
 - 8-stufiges QoS möglich
 - Priorisierung möglich
 - Zentrale Einheit (Kopfstation) steuert Kanalzugriff
- **Zusätzliches Zugriffsschema erforderlich!**
 - Wenn ein neuer Node ins Netz kommt
 - Idle Node, der senden möchte
- **CSMA / CA** (Carrier Sense Multiple Access Collision Avoidance)
 1. In den Kanal hören, ob Traffic vorhanden
 2. Wenn Kanal belegt: warten bis frei
 3. Sonst: Node wartet zufällig generierte Zeitspanne
 4. Node sendet nur dann, wenn während dieser Zeitspanne kein Traffic auf dem Kanal ist

Einordnung

PLC: Geschichtliches

PLC: Technik

PLC: Nachteile

PLC: Vorteile

HFC: Geschichtliches

HFC: Technik

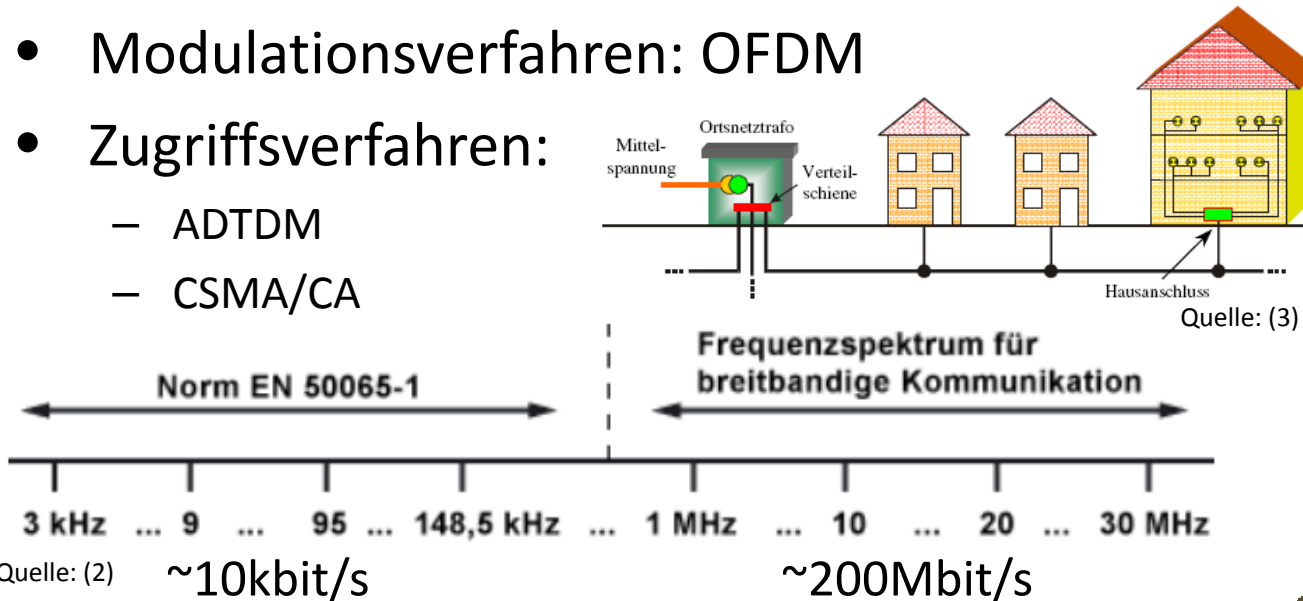
HFC: Vor-/Nachteile

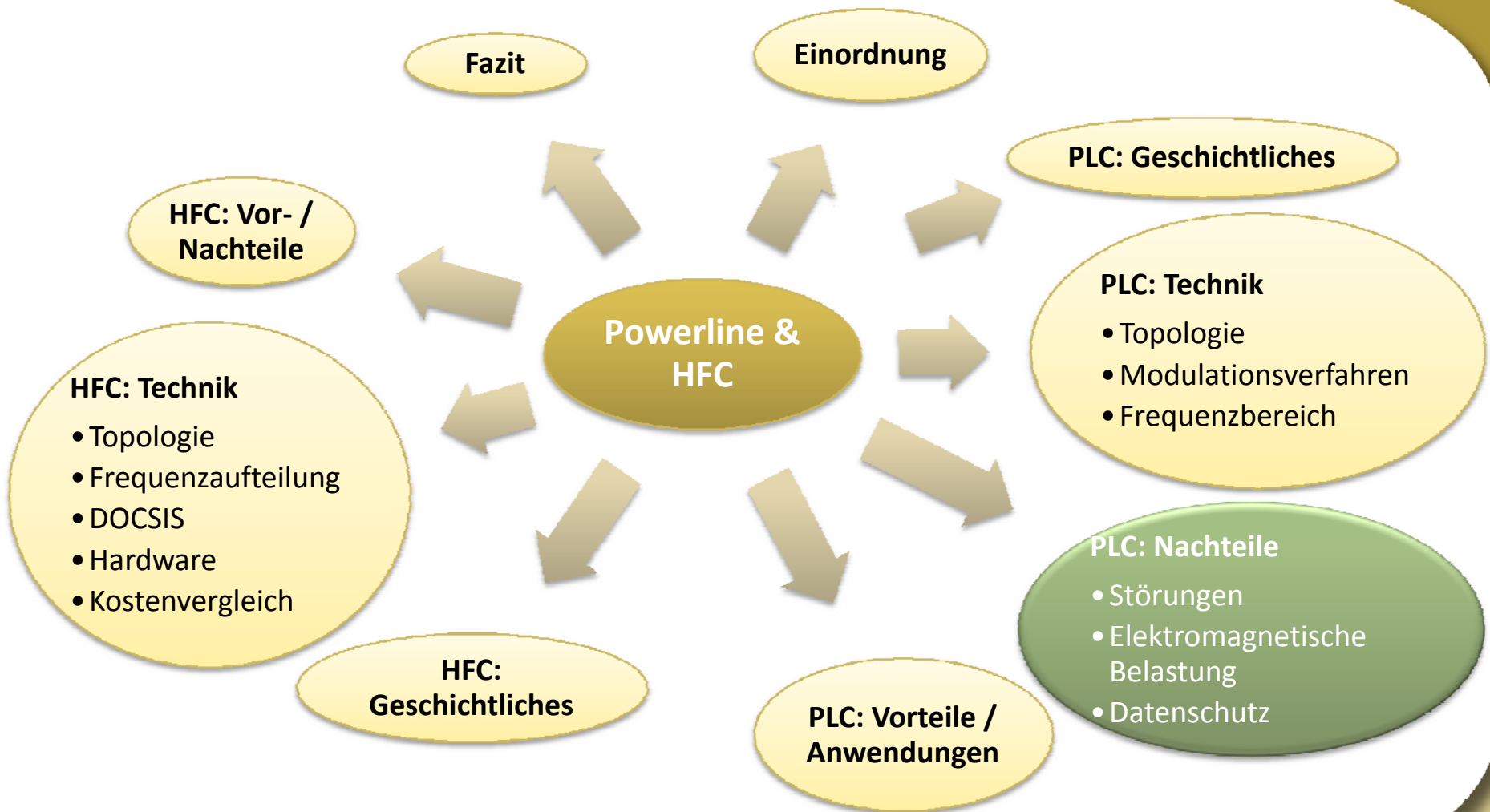
Fazit

Kurzzusammenfassung

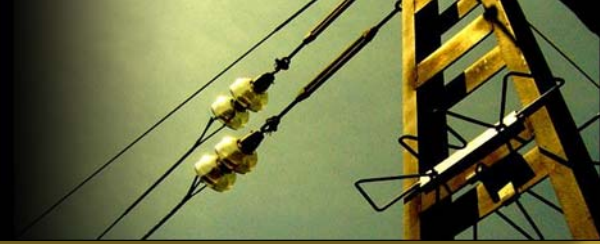


- Powerline Communication
 - Datenübertragung mithilfe des Stromnetzes
- Voraussetzungen bei PLC als Internetzugang
 - Trafostation mit Internet-Backbone + PLC-Modem
 - Hausanschluss mit PLC-Modem
- Modulationsverfahren: OFDM
- Zugriffsverfahren:
 - ADTDM
 - CSMA/CA





Störungen



- PLC stört andere Technologien
 - Kurz- / Mittel- / Langwellenrundfunk
 - Amateurfunk / Polizeifunk
 - Störungen von sensiblen Elektrogeräten (Unterhaltungselektronik) nicht auszuschließen
 - Babyphone
 - Medizinischen Geräte in Krankenhäusern
 - Flugnavigationsdienst an Flughäfen

Einordnung

PLC: Geschichtliches

PLC: Technik

PLC: Nachteile

PLC: Vorteile

HFC: Geschichtliches

HFC: Technik

HFC: Vor-/Nachteile

Fazit

Störungen

- PLC wird gestört: Störungen im Stromnetz (Beeinträchtigung der Datenübertragung)
 - An- /Ausschalten von Geräten verursachen Impulsstörung
 - Ständige Störungen durch laufende Geräte
 - Stark schwankende Impedanzen und Dämpfungen

Einordnung

PLC: Geschichtliches

PLC: Technik

PLC: Nachteile

PLC: Vorteile

HFC: Geschichtliches

HFC: Technik

HFC: Vor-/Nachteile

Fazit

Elektromagnetische Belastung



- Sobald ein PLC Modem in einer Trafostation angeschlossen wird, befindet sich auf dem gesamten nachfolgenden Netz das auf modulierte hochfrequente Signal!
- JEDES Kabel / JEDE Steckdose sendet hochfrequente elektromagnetische Strahlung aus – rund um die Uhr

Einordnung

PLC: Geschichtliches

PLC: Technik

PLC: Nachteile

PLC: Vorteile

HFC: Geschichtliches

HFC: Technik

HFC: Vor-/Nachteile

Fazit



- Da Stromleitungen nicht abgeschirmt sind, kann Signal leicht abgefangen werden

→ Verschlüsselung erforderlich!

→ Weniger Bandbreite (netto) steht zur Verfügung

→ Verschlüsselung muss durch Energiedienstleister bereitgestellt werden (kann selbst keinen Einfluss auf Verschlüsselungsart / -stärke nehmen)

Einordnung

PLC: Geschichtliches

PLC: Technik

PLC: Nachteile

PLC: Vorteile

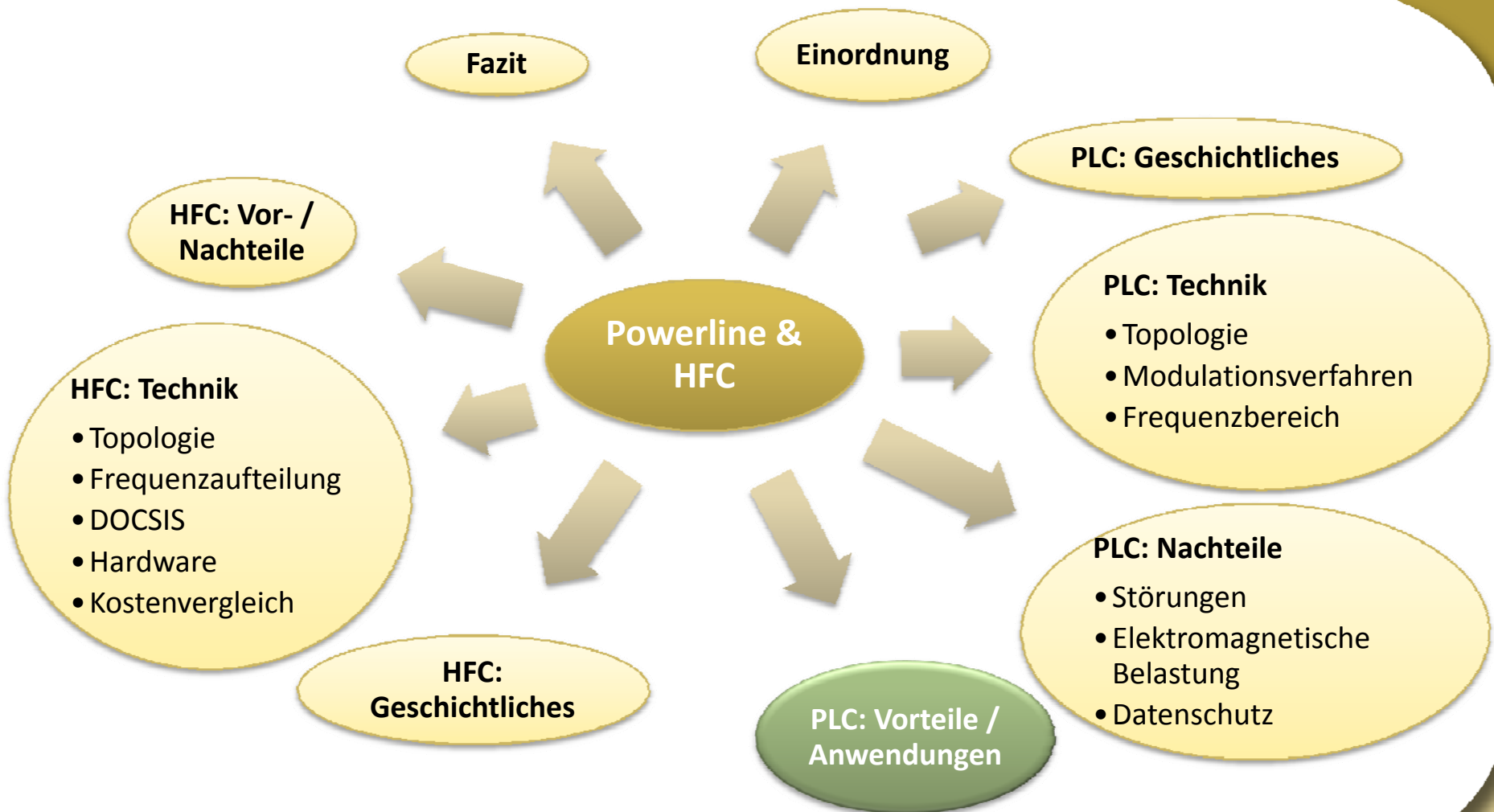
HFC: Geschichtliches

HFC: Technik

HFC: Vor-/Nachteile

Fazit

Agenda



Vorteile



- Datenübertragung verwendet Stromnetz
 - In fast jedem Haushalt vorhanden!
 - Für Breitband-Internet müssen keine zusätzlichen Kabel (Telefonkabel,...) verlegt werden

Einordnung

PLC: Geschichtliches

PLC: Technik

PLC: Nachteile

PLC: Vorteile

HFC: Geschichtliches

HFC: Technik

HFC: Vor-/Nachteile

Fazit

Vorteile / Anwendungsbereiche



- LAN

- Powerline-Anwendung bei „Last Meter“:
Keine zusätzlichen Kabel nötig, da Infrastruktur bereits vorhanden
- Konkurrenz-Technologie WLAN kann unter Umständen nicht das ganze Haus abdecken
- Einfach zu bedienen

Einordnung

PLC: Geschichtliches

PLC: Technik

PLC: Nachteile

PLC: Vorteile

HFC: Geschichtliches

HFC: Technik

HFC: Vor-/Nachteile

Fazit

Vorteile / Anwendungsbereiche

- HomePlug 1.0 Standard
 - Reichweite: 200-300m (innerhalb eines Stromkreises)
 - Übertragung von Ethernet oder Audio
 - Anschlüsse: RJ-45, USB, Audio-Cinch
 - Powerline-WLAN-Adapter
 - Geschwindigkeit: 14Mbit/s
- HomePlug-AV
 - 200Mbit/s
 - Video-Streaming in DVD Qualität



Quelle: (4)



Quelle: (5)

Einordnung

PLC: Geschichtliches

PLC: Technik

PLC: Nachteile

PLC: Vorteile

HFC: Geschichtliches

HFC: Technik

HFC: Vor-/Nachteile

Fazit

Vorteile / Anwendungsbereiche

- Mehrwertdienste

- Automatische Abfrage des Zählerstandes
- Automatisches An- / Ausschalten von Geräten (z.B. Straßenbeleuchtung)
- Geräte-Fernsteuerung
- Haus-Bus-Systeme (X-10)



Quelle: (6)

Einordnung

PLC: Geschichtliches

PLC: Technik

PLC: Nachteile

PLC: Vorteile

HFC: Geschichtliches

HFC: Technik

HFC: Vor-/Nachteile

Fazit

Vorteile / Anwendungsbereiche

- Schule
 - Medienwagen (Beamer + Notebook) hat überall einen Internetzugang (Steckdose muss zwingend vorhanden sein)
- Öffentliche Sicherheit
 - Videoüberwachung benötigt nur Stromanschluss – keine zusätzlichen Kabel für Datenübertragung erforderlich
- Bus-Systeme im Automobilbau
 - Kabelbaum ist teuerste, schwerste und größte Komponente eines Fahrzeugs → Powerline-Technik hilft diesen zu reduzieren

Einordnung

PLC: Geschichtliches

PLC: Technik

PLC: Nachteile

PLC: Vorteile

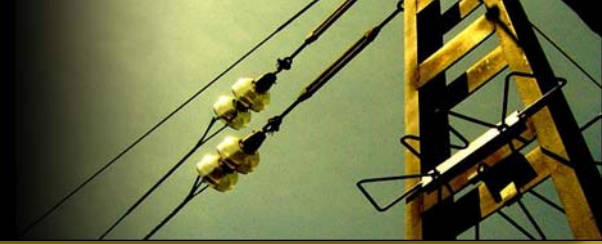
HFC: Geschichtliches

HFC: Technik

HFC: Vor-/Nachteile

Fazit

Powerline-Verfügbarkeit / Aktuelles



- Städte, in denen Powerline verfügbar ist
 - Mannheim
 - Hameln
 - Dresden
- Seit NB 30 Verordnung: Rückzug der Energieanbieter (E.ON, RWE; EnBW, MVV)
- 25 weitere Städte befinden sich in Testphasen
- Vype AGB [14]: „[...] Die vom Kunden erreichbare Bandbreite liegt zwischen 180kbit/s und bis zu 480kbit/s [...] betreiben von Server-Diensten, File-Sharing ausdrücklich verboten [...]“

Einordnung

PLC: Geschichtliches

PLC: Technik

PLC: Nachteile

PLC: Vorteile

HFC: Geschichtliches

HFC: Technik

HFC: Vor-/Nachteile

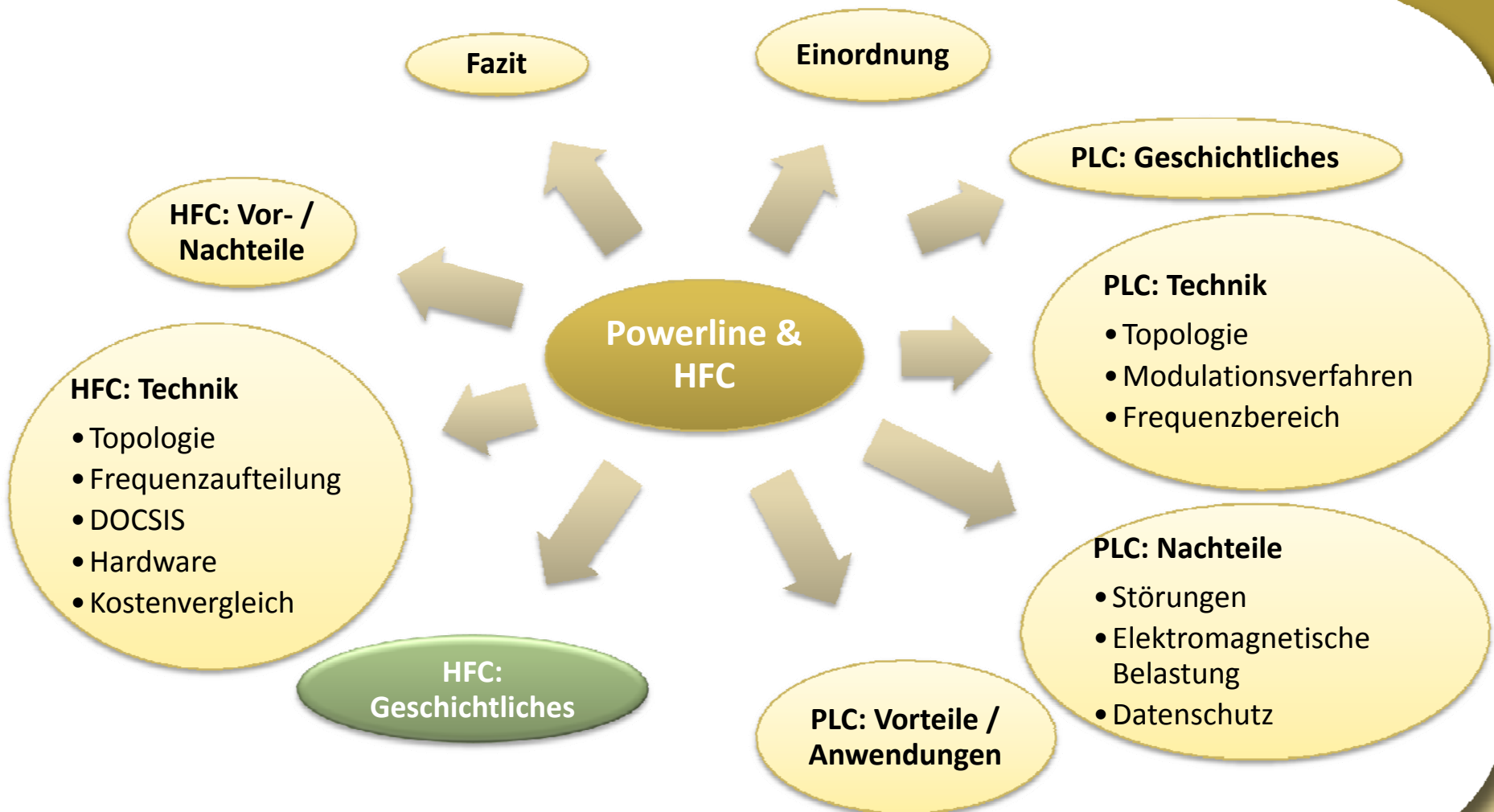
Fazit

Kurzzusammenfassung



- Vorteile
 - Infrastruktur fast überall bereits vorhanden
 - Vorteile gegenüber WLAN (bessere Erreichbarkeit)
 - Mehrwertdienste
- Nachteile
 - Störungen von Funkdiensten
 - Störungen im Stromnetz
 - Elektromagnetische Belastung
 - Datensicherheit





Geschichtliches / Definition



- Breitbandkabelverteilnetz (BK450) für Fernsehen und Rundfunk wurde 1980 aufgebaut
 - Analog
 - Ohne Rückkanal
 - Frequenzbereich bis 450MHz
- Seit 2000: Ausbau zu Multimedia-Netz (VoIP, VoD, Breitband-Internet)
 - Erweitern des Frequenzbereichs
 - Anpassung der Topologie
- HFC = Hybrid Fiber Coax
 - Hybrides Netzwerk, das mit Glasfaserkabel und Koaxialkabeln (Kupferkabel) arbeitet

Einordnung

PLC: Geschichtliches

PLC: Technik

PLC: Nachteile

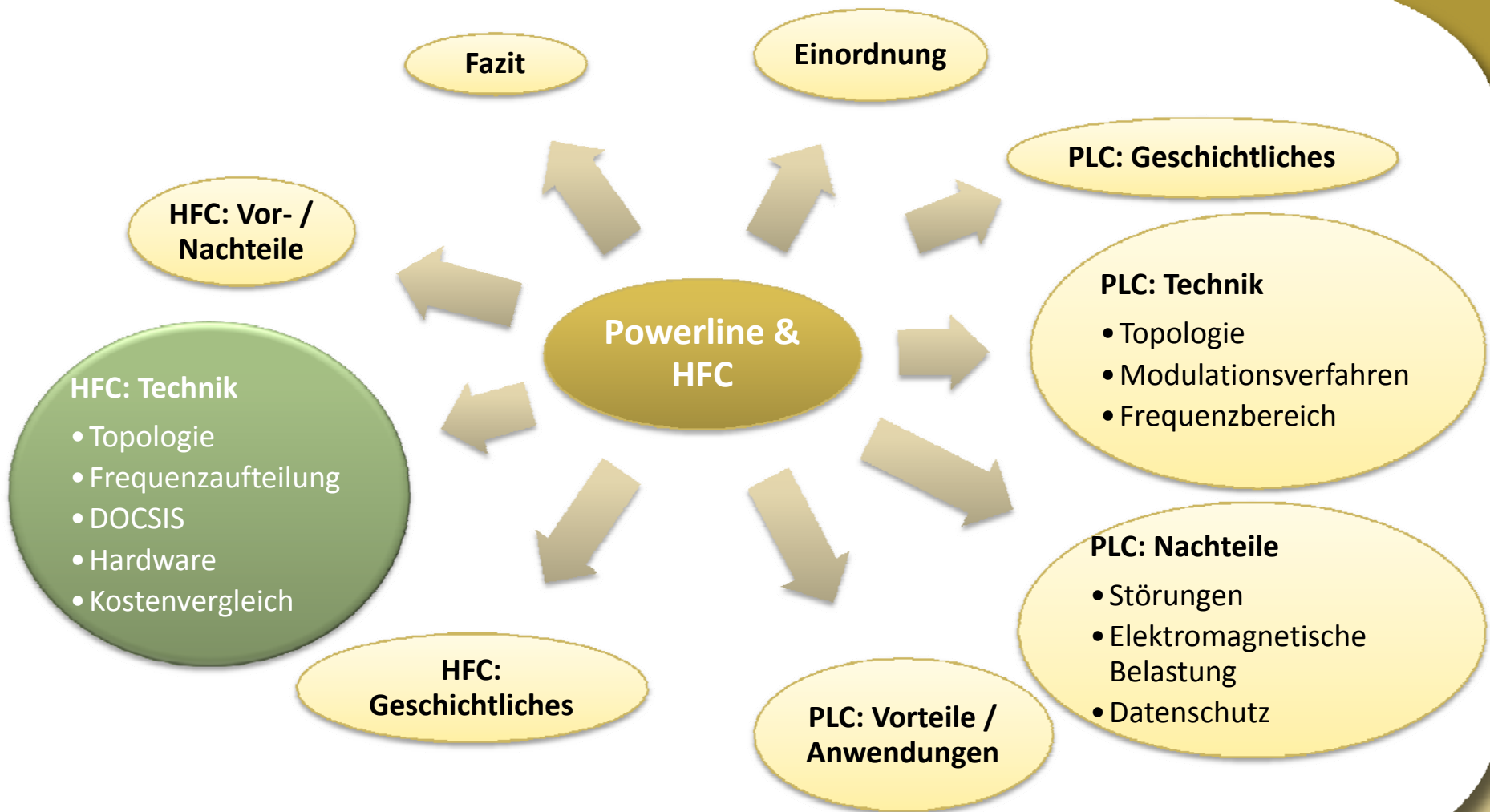
PLC: Vorteile

HFC: Geschichtliches

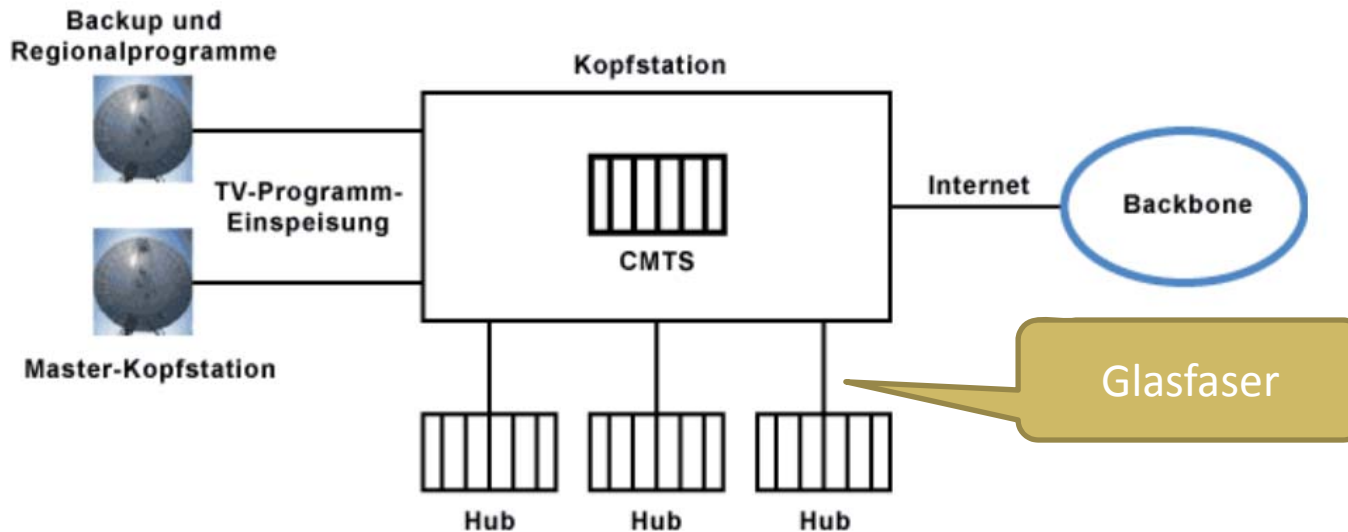
HFC: Technik

HFC: Vor-/Nachteile

Fazit



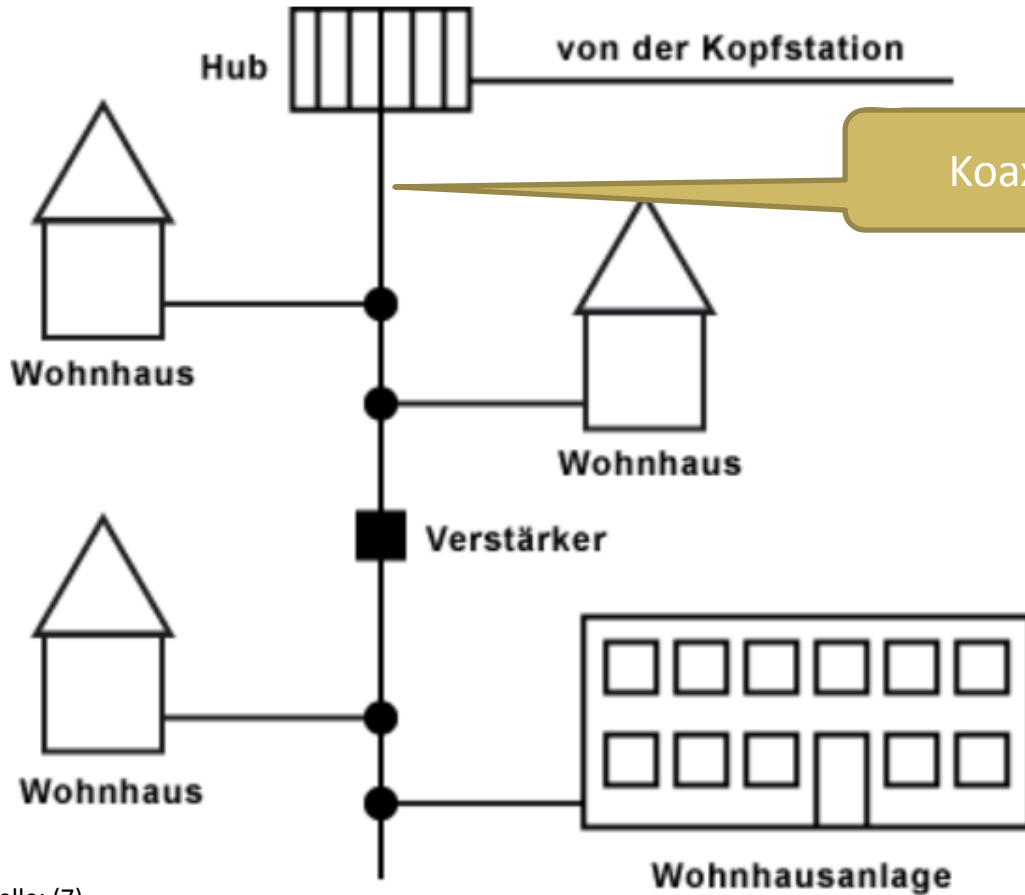
Topologie



Quelle: (7)

- Einordnung
- PLC: Geschichtliches
- PLC: Technik
- PLC: Nachteile
- PLC: Vorteile
- HFC: Geschichtliches
- HFC: Technik
- HFC: Vor-/Nachteile
- Fazit

Topologie



Quelle: (7)

Einordnung

PLC: Geschichtliches

PLC: Technik

PLC: Nachteile

PLC: Vorteile

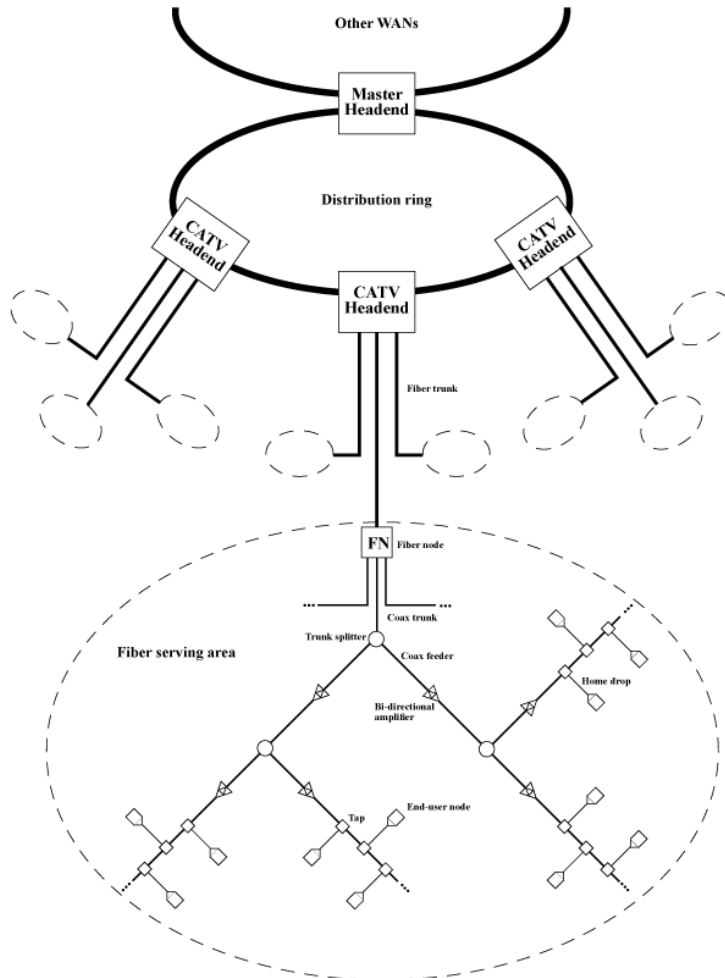
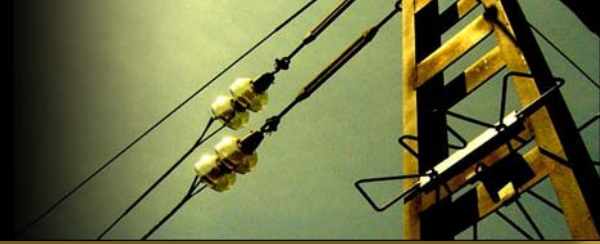
HFC: Geschichtliches

HFC: Technik

HFC: Vor-/Nachteile

Fazit

Topologie



Quelle: (8)

- Einordnung
- PLC: Geschichtliches
- PLC: Technik
- PLC: Nachteile
- PLC: Vorteile
- HFC: Geschichtliches
- HFC: Technik**
- HFC: Vor-/Nachteile
- Fazit

Frequenzaufteilung



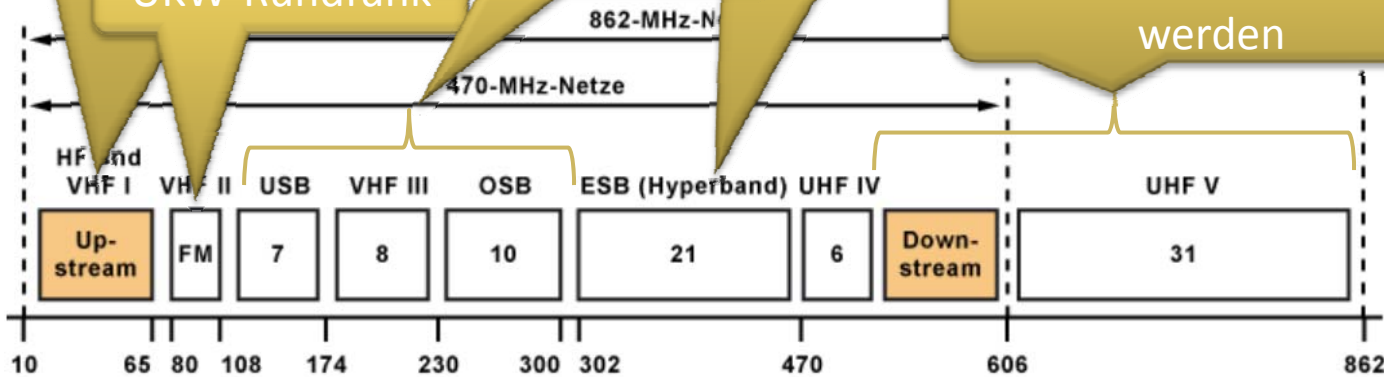
Fernsehkanaäle 2, 3, 4
Soll zukünftig nicht mehr für
Fernseherundfunkgenutzt
werden

UKW-Rundfunk

Fernsehkanaäle

Digitales Fernsehen (DVB-C)

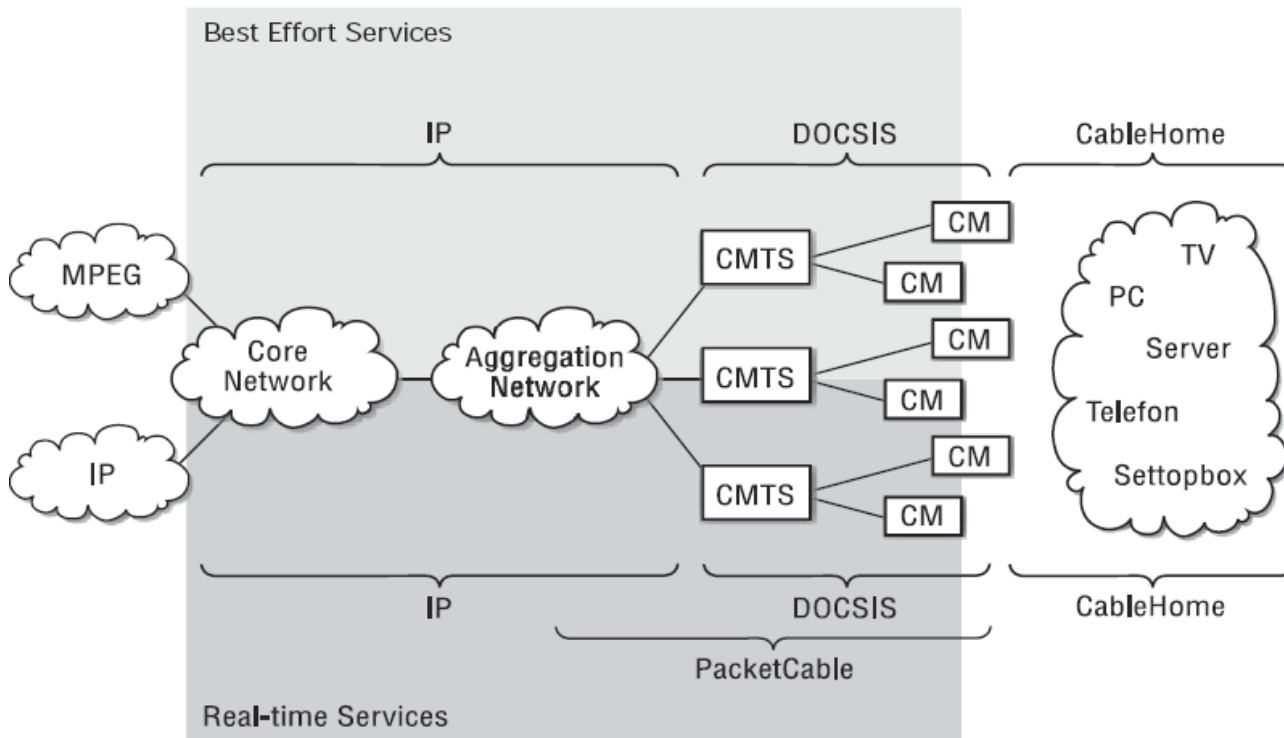
Kann je nach
Ausbaustufe frei belegt
werden



Quelle: (7)

- Einordnung
- ↓
- PLC: Geschichtliches
- ↓
- PLC: Technik
- ↓
- PLC: Nachteile
- ↓
- PLC: Vorteile
- ↓
- HFC: Geschichtliches
- ↓
- HFC: Technik
- ↓
- HFC: Vor-/Nachteile
- ↓
- Fazit

Protokoll



Quelle: (9)

- Einordnung
- ↓
- PLC: Geschichtliches
- ↓
- PLC: Technik
- ↓
- PLC: Nachteile
- ↓
- PLC: Vorteile
- ↓
- HFC: Geschichtliches
- ↓
- HFC: Technik**
- ↓
- HFC: Vor-/Nachteile
- ↓
- Fazit

- DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification)
 - 1997 von Cable Labs entwickelt
 - 2002: DOCSIS 2.0: verbesserte Echtzeitdatendienste (Bsp: VoIP)
 - Downstream: bis zu 56Mbit/s
 - Upstream: bis zu 31Mbit/s
 - Modulationsverfahren: A-TDMA, S-CDMA
 - DOCSIS 3.0 (z.Z. in Bearbeitung):
 - Downstream: ~160Mbit/s
 - Upstream: ~120Mbit/s
 - IPv6 kompatibel

Einordnung

PLC: Geschichtliches

PLC: Technik

PLC: Nachteile

PLC: Vorteile

HFC: Geschichtliches

HFC: Technik

HFC: Vor-/Nachteile

Fazit

Erforderliche Hardware



- Kopfstation
 - Rückkanalfähig
 - Internet-Backbone

- Haus

- Kabelanschluss
- neuer Verstärker mit Rückkanalfähigkeit
- Neue Kabeldose
- Kabelmodem



Quelle: (10)



Quelle: (11)

Einordnung

PLC: Geschichtliches

PLC: Technik

PLC: Nachteile

PLC: Vorteile

HFC: Geschichtliches

HFC: Technik

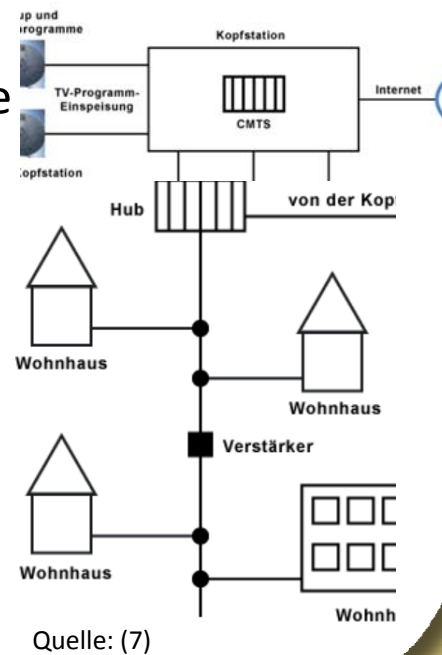
HFC: Vor-/Nachteile

Fazit

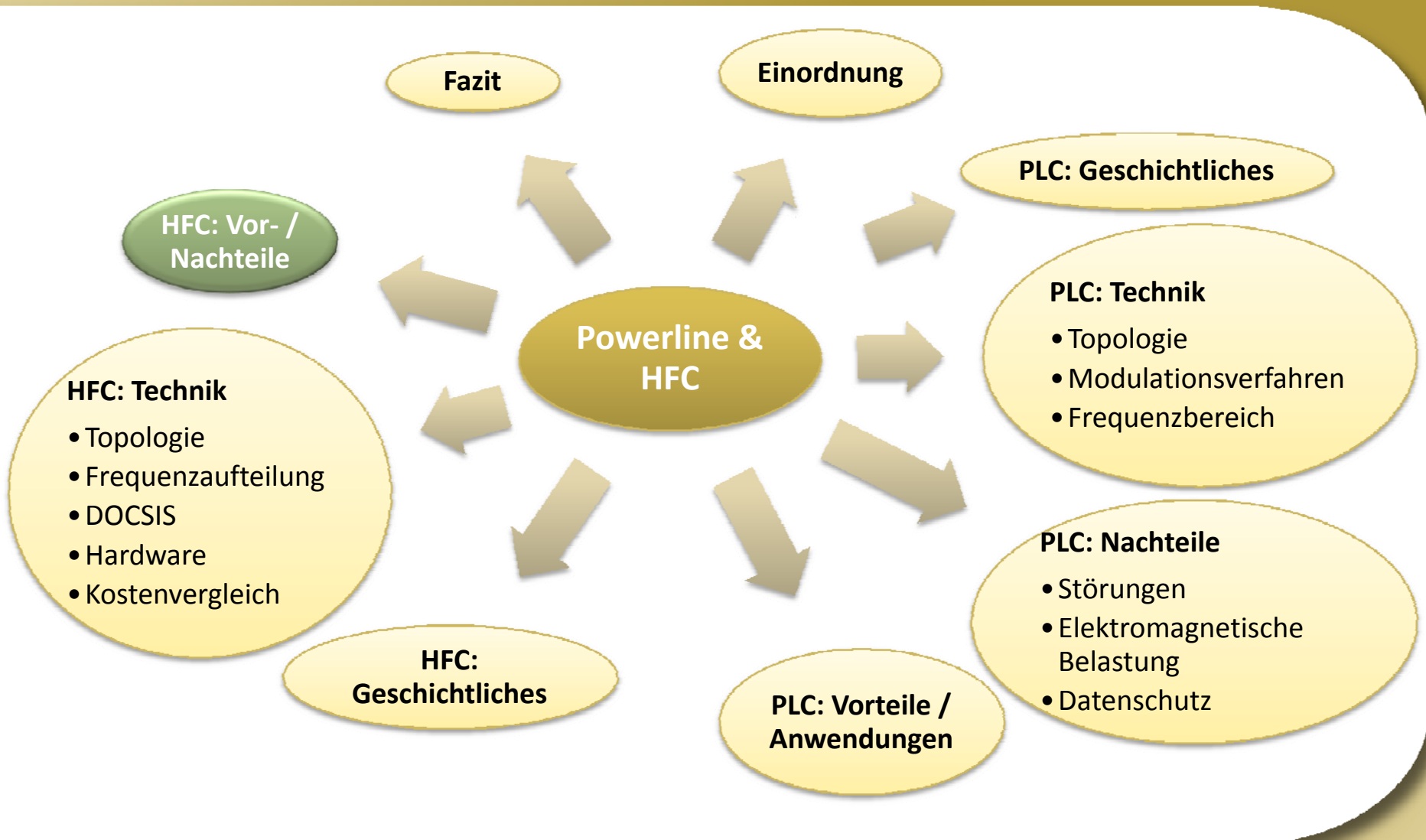
Kurzzusammenfassung



- Breitbandkabelverteilnetz = Hybrid Fiber Coax
- Voraussetzung für Breitband-Internet:
 - Kabelanschluss
 - Rückkanal
 - Erweiterung auf bis zu 842MHz
 - Kopfstation mit Internet-Backbone
 - Kabelmodem
- Datenraten bis zu 56Mbit/s
- Zugriffsverfahren:
 - A-TDMA
 - S-CDMA



Agenda



Vor- / Nachteile



- Vorteile
 - Kann genutzt werden, wo kein DSL verfügbar ist
 - Höhere Datenraten
 - Preis vergleichbar mit DSL
 - Kein Telefonanschluss mehr erforderlich
- Nachteile
 - TriplePlay Angebote („Internet, Telefon, Fernsehen aus einem Kabel“): Bei einer Störung funktioniert kein Dienst mehr
 - Kabel Verfügbarkeit in Deutschland bei 90%

Einordnung

PLC: Geschichtliches

PLC: Technik

PLC: Nachteile

PLC: Vorteile

HFC: Geschichtliches

HFC: Technik

HFC: Vor-/Nachteile

Fazit

Kosten

- KabelBW: 16Mbit/s
 - 29,90€ pro Monat
 - Kabelanschluss: 16,95€ pro Monat
 - ➔ 46,85€ für Fernsehen/Radio, Telefon-Flatrate, Internet-Flatrate
- T Home, Entertain Comfort: 49,95€

Einordnung

PLC: Geschichtliches

PLC: Technik

PLC: Nachteile

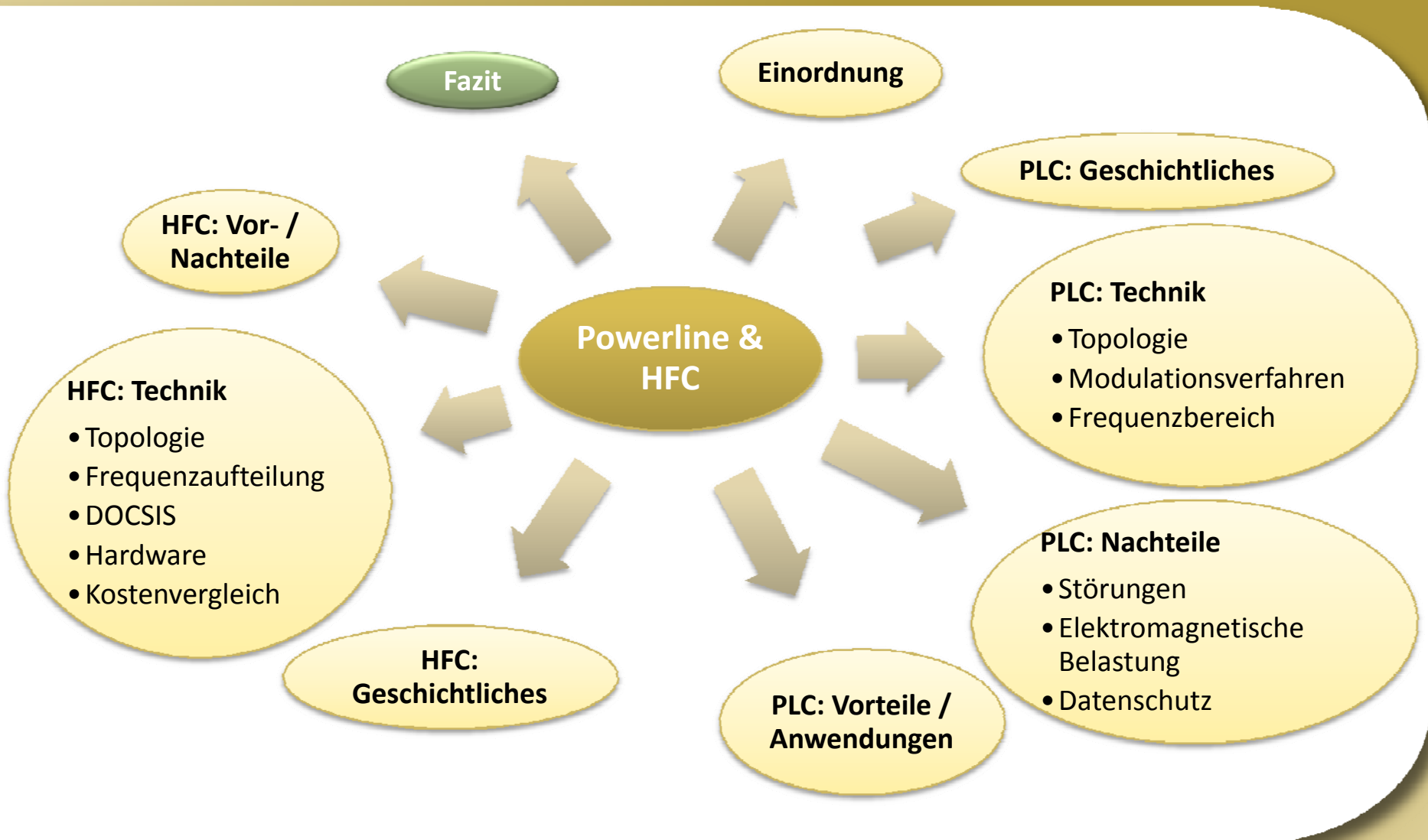
PLC: Vorteile

HFC: Geschichtliches

HFC: Technik

HFC: Vor-/Nachteile

Fazit





- PLC
 - keine echte Alternative für Breitband-Internet-Anschluss
 - eignet sich für LANs (falls WLAN nicht eingesetzt und Ethernet nicht installiert werden kann)
 - Zu viele technische Probleme: Stromkabel ist nicht für die Datenübertragung gemacht!
- HFC
 - echte Alternative für Breitband-Internet-Anschluss
 - wenn Kabelanschluss bereits vorhanden günstige Alternative
 - schneller als DSL

Einordnung

PLC: Geschichtliches

PLC: Technik

PLC: Nachteile

PLC: Vorteile

HFC: Geschichtliches

HFC: Technik

HFC: Vor-/Nachteile

Fazit

Quellen

- (1) Eignung von Niederspannungsverteilnetzen für Powerline Communication; Yaser Khadour; 2.12.03
- (2) elektronik-kompodium.de; PLC; 27.11.08
- (3) Powerline Kommunikation; K. Dostert; 15.12.01
- (4) [Conrad Elektronik](http://ConradElektronik.de), 30.11.08
- (5) [PC Professionell](http://PCProfessionell.de), 30.11.08
- (6) [EnBW](http://EnBW.de); der intelligente Stromzähler; 30.11.08
- (7) Elektronik-kompodium.de; Kabelmodemtechnik; 27.11.08
- (8) Siewert, Ellenberg; Übersicht über Breitbandmodems und Breitbandtechnologie; RDÜ SS2000;
- (9) DOCSIS 2.0 Paper; cablemodem.ch; 2003
- (10) Connect.de; Kabel; 27.11.08
- (11) [Computerbase](http://Computerbase.de); Kabelmodem; 27.11.08
- (12) Homeplug Power Alliance; Homeplug 1.0 Technology White Paper, 2005
- (13) Prof. Dr. Marke, FH München; Internetzugang über TV Kabelnetze, WS04/05

Quellen

- (14) VYPE Vertrag; MVV Mannheim; Okt 2007
- (15) OPERA; D51.White Paper: OPERA Technology, Jul2007
- (16) Powerline Reloaded; Ingo Schönberg; 12.12.07
- (17) Powerline Communication; Jürgen Sapara; 9.12.03
- (18) Teltarif.de; Powerline - Das Internet aus der Steckdose; 27.11.08
- (19) Dsl-magazin.de; Powerline – Rückzug (fast) auf ganzer Linie; 27.11.08
- (20) powerline-plc.info; Information Ressource about PLC; 27.11.08
- (21) Cablemodem.ch; Cabelmodem Info Center; Andreas Weiler; 27.11.08
- (22) Kabelbw.de; CleverKabel16; Kabel BW GmbH & Co. KG; 27.11.08



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit !