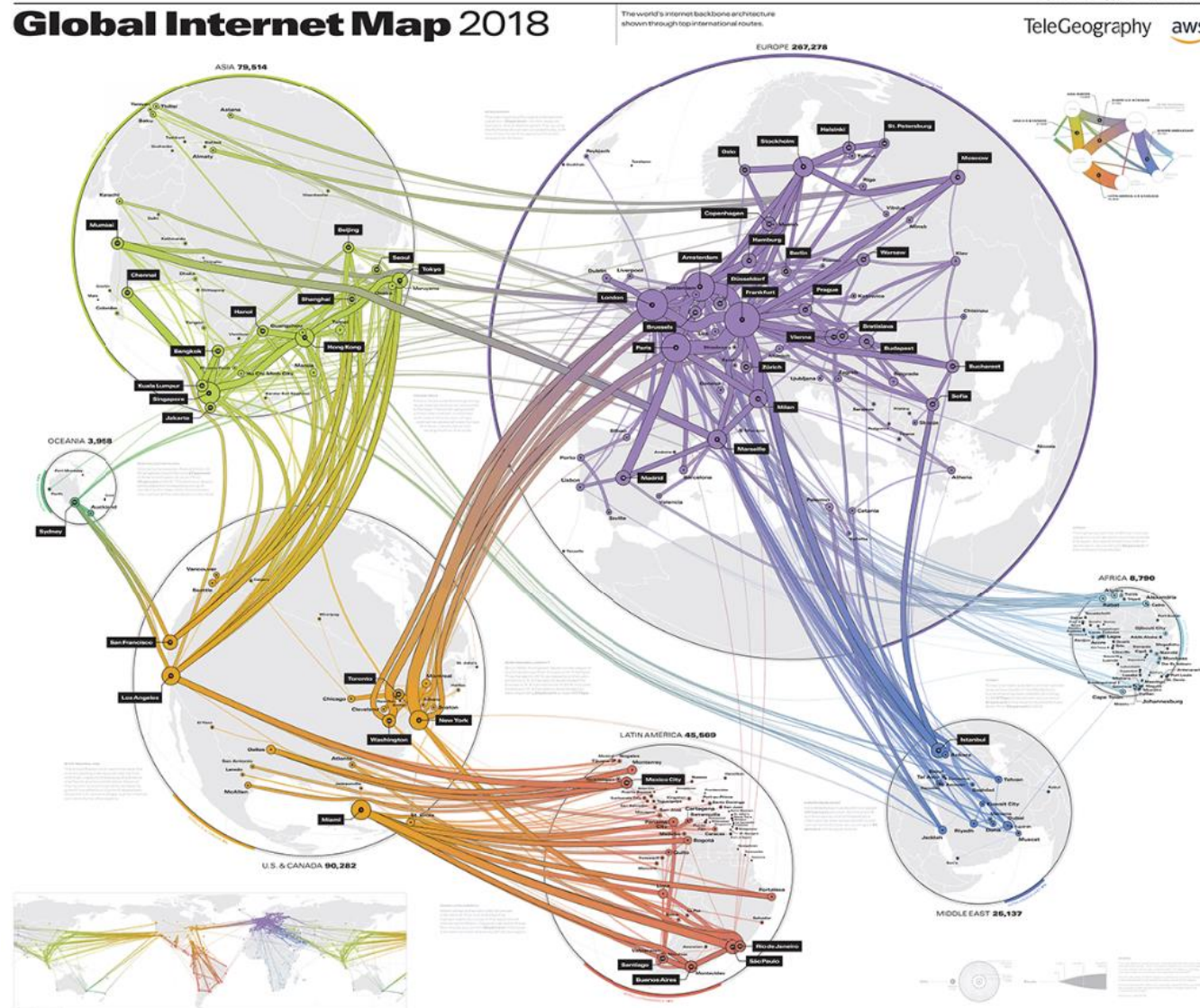


Wide Area Networks - WAN



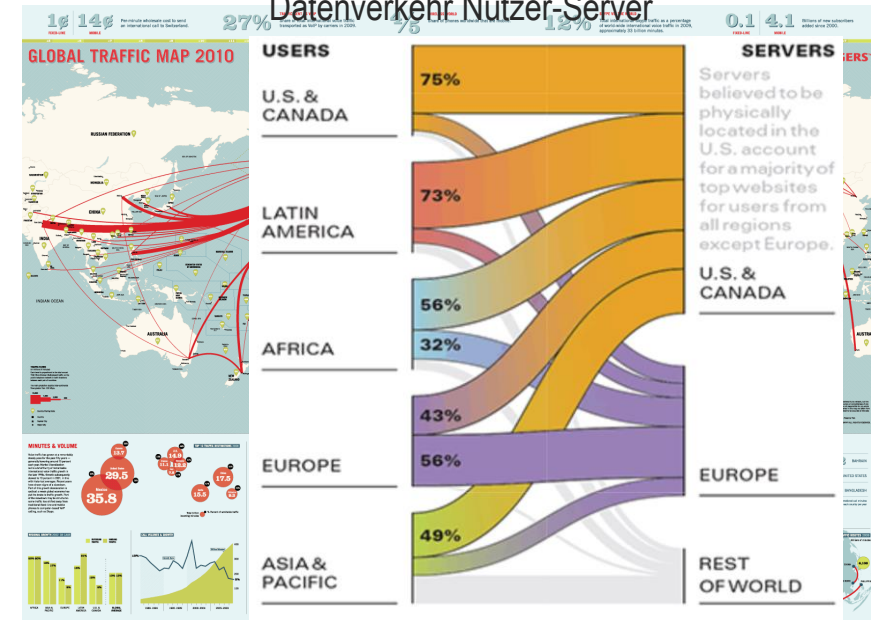
STUDIEREN
AUF HÖCHSTEM
NIVEAU

Prof. Dr. Jürgen Anders, Hochschule Furtwangen
Fakultät Digitale Medien



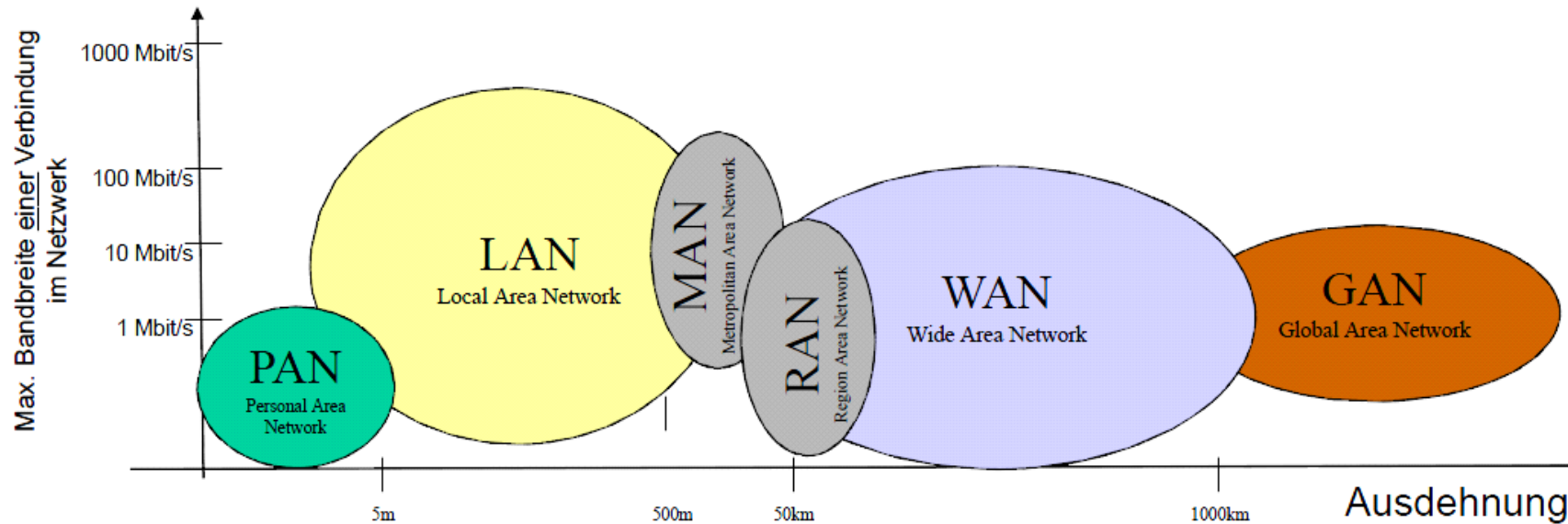
Vergleich 2010

Datenverkehr Nutzer-Server



- Beachten Sie noch die weiterführenden Informationen auf der Weltkarte unter dem Link auf der Linkliste
- Der DE-CIX in Frankfurt hat die größte Verbindungskapazität weltweit, gefolgt von London, Amsterdam, und Paris
- Europa hat mit ca 110.000 GBps den weltweit höchsten internationalen Datenverkehr
- Dies hat sich seit dem Jahr 2010 grundlegend geändert
- USA liegen mit der Präsenz an Webservern und dem damit verbundenen Verkehrsaufkommen weiterhin mit Abstand vorne

Netz-Ausdehnung LAN, WAN und Zugangsnetze



PAN, WLAN, LAN...

- ...verbinden lokale Rechner in **enger räumlicher Umgebung**
- ...mit **begrenzter Anzahl Teilnehmer**
- ...nutzen meist eine **homogene, gemeinsame Infrastruktur**
- ...nutzen eher **hohe Übertragungsraten** je Nutzer
- ...arbeiten auf der Bitübertragungs- und **Sicherungsschicht**
- ...**aggregieren den lokalen Datenverkehr** für das Internet und..arbeiten auf der Bitübertragungs- und **Sicherungsschicht**
nutzen einen gemeinsamen Zugang

MAN, RAN, WAN, GAN...

- ...erstrecken sich über **Regionen**
- ...werden von **vielen Teilnehmern** genutzt
- ...umfassen **zahlreiche Übertragungsleitungen** und **Technologien**
- ...nutzen eher **geringe Übertragungsraten** je Nutzer
- ...arbeiten auf der Bitübertragungs- und **Sicherungsschicht**
- ...bilden die **Grundlage für das Internet**

WAN - Weitverkehrsnetze

WANs – Wide Area Networks – Weitverkehrsnetze entstehen durch den Zusammenschluss mehrerer LANs zu einem Netzwerkverbund

Anzahl der angeschlossenen Rechner bzw. LANs und räumliche Ausdehnung kann Erfordernissen angepasst werden

Ziel der Kopplung in einem WAN ist Schaffung eines scheinbar einheitlichen Netzwerkes – **virtuelles Netz** oder **Internets** –, in dem alle Endsysteme der verschiedenen angeschlossenen LANs miteinander kommunizieren können

-> **Internetworking, InterConnected Networks, Internet**

Paketvermittlung – Packet Switching – Grundprinzip der Datenübertragung im WAN:

- zu übertragende Daten werden in einzelne Pakete zerlegt und unabhängig voneinander zugestellt (Siehe Lernmodul Grundlagen)

Zum Anschluss eines LANs an ein WAN wird dieses über ein Zwischensystem – **Paketvermittler oder Router** – mit dem WAN verbunden

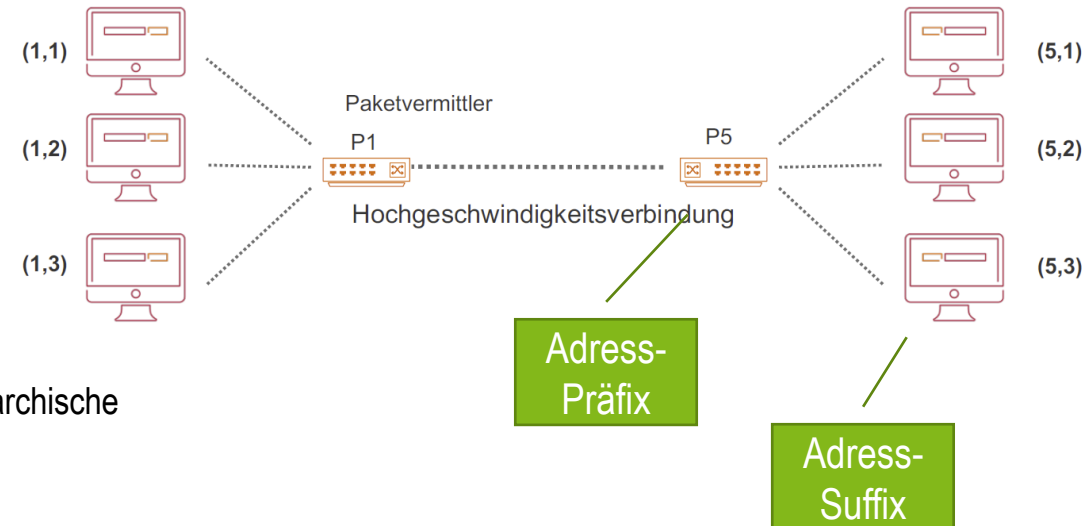
Adressierung im WAN

Wegen der großen Anzahl der angeschlossenen Rechner ist das unadressierte Senden von Informationen wie in einem LAN (Broadcasting) an alle Rechner kaum effizient.

- Deshalb werden Daten nur an die Empfänger gesendet. Dafür ist ein einheitliches Adressierungsschema notwendig.
- Außerdem muss es Zwischensysteme geben, die gesendete Datenpakete an die richtige Adresse weiterleiten.
- Solche Zwischensysteme sind Switches, Paketvermittler, Bridges und Router.

Damit Paketvermittler entscheiden können, über welchen Ausgang ein Paket weiterzuleiten ist, braucht jedes Endsystem eine eigene Adresse in einem einheitlichen Format In WANs werden hierarchische Adressierungsschemata verwendet:

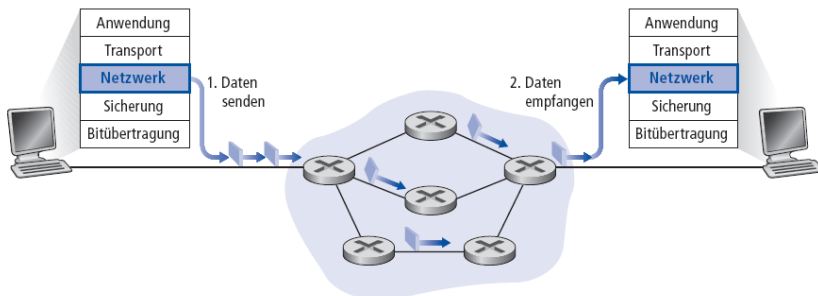
- **Adress-Präfix** – Adresse des Netzwerks
- **Adress-Suffix** – Adresse des angeschlossenen Endsystems



Datagrammnetzwerke –

TCP/IP und Internet

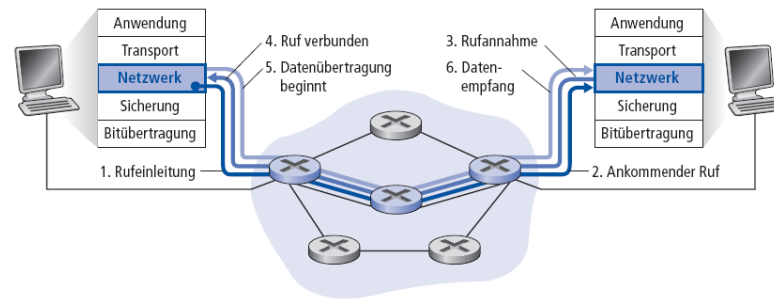
- Kein Verbindungsaufbau auf der Netzwerkschicht
- Router halten keinen Zustand für Ende-zu-Ende-Verbindungen
 - Auf Netzwerkebene gibt es das Konzept einer "Verbindung" nicht
- Pakete werden unter Verwendung einer Zieladresse weitergeleitet
 - Pakete für dasselbe Sender-Empfänger-Paar können unterschiedliche Pfade nehmen



Virtuelle Leitungen –

X.25, Frame Relay, ATM

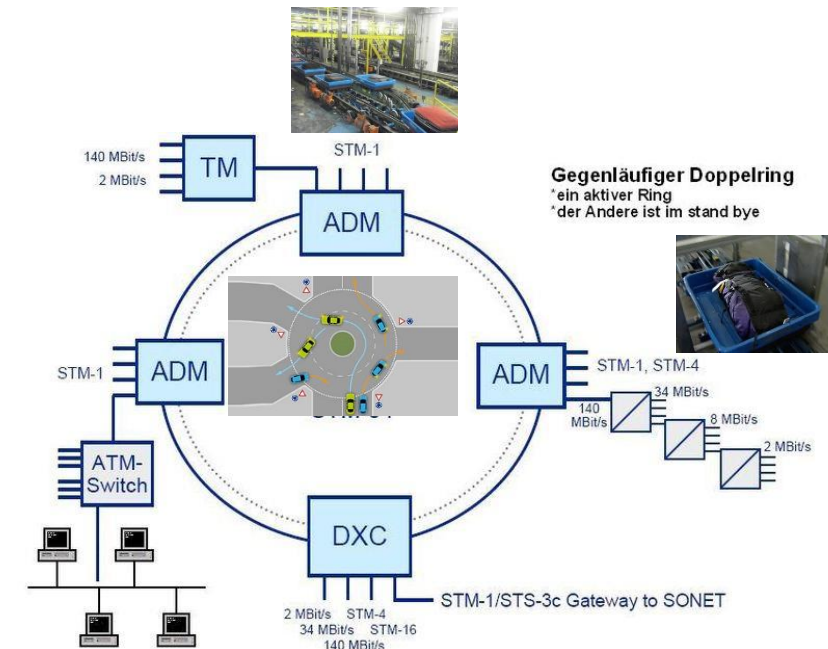
- Verwendet zum Aufbau, Aufrechterhalten und Abbau von virtuellen Leitungen
- Verwendet in ATM, Frame Relay und X.25
- Nicht im Internet!



Festverbindung –

Add/Drop Multiplexer

- Übertragung mehrerer Kanäle über eine Leitung:
Synchrones und asynchrones Zeitmultiplexverfahren
- Add/Drop Verfahren
- Für Globale Transitstrecken



WAN Technologien	Festverbindung	Leitungs- vermittelt	Paketvermittelt	Zellbasiert	Drahtlos
Anwendung	Standleitung	Telefonie, Wähl- verbindungen	Multipoint VPNs	Integrierte Netze (Sprache/Daten/ Video),	Richtfunk- strecken bis 10km
Technologien	Modem, ISDN (PRA), DSL, PDH, SDH	POTS, ISDN (BA)	Frame Relay, X.25, IP	ATM	WiFi, WiMAX
Protokolle	PPP, HDLC, SLIP	PPP, HDLC, SLIP	LAPB (X.25) RFC1490 (FR) IP	ATM Forum I.121	IEEE 802.11x
Geschwindigkeit	2Mb/s bis 40Gb/s	9,6 kb/s bis 128kb/s	9,6-64kb/s (X.25) 64kb7s-34Mb/s (FR)	64 kb/s – 10Gb/s	2 Mb/s – 10 Gb/s

Die Tabelle zeigt die Varianten heutiger WAN-Technologien:

- **Festverbindung:** Vernetzung von Unternehmensstandorten, globale Vernetzung, regionale Backbones -> Einsatz von Multiplexern
- **Leitungsvermittelt:** klassische Telefonie Wählverbindungen, wird heute abgelöst durch Voice over IP (VoIP)
- **Paketvermittelt:** Verschiedene Arten der Paketnetze zum Austausch von Daten, Sonderfall: Datagrammnetze für das Internet (TCP/IP)
- **Zellbasierte:** Dienste integrierte Paketnetze im Zugangs und Backbonebereich
- **Drahtlos:** Schwerpunkt Richtfunk

KABEL

(Metall o. Glasfaser)



geschirmte Adern:
0 - 800MHz

Koax-Kabel:
10 kHz - VHF/UHF

Hohlleiter:
SHF / Radar / Mikrowelle

Glasfaserkabel:
Licht: 800/1300/1550 nm

(terrestrischer) FUNK



LW: 30 - 300 kHz
MW: 300 - 3000 kHz
KW: 3 - 30 MHz
UKW: 30 - 300 MHz
UHF: 300 - 3000 MHz
SHF: > 3000 MHz

SATELLIT



Super High Frequencies (SHF):

L-BAND: 1 - 2 GHz
S-BAND: 2 - 4 GHz
C-BAND: 4 - 8 GHz
X-BAND: 8 - 12,5 GHz
Ku-BAND: 12,5 - 18,0 GHz
K-BAND: 18,0 - 26,5 GHz
Ka-BAND: 26,5 - 36,0 GHz
Q-Band: 36,0 - 46,0 GHz
V-Band: 46,0 - 56,0 GHz

Beispiele für Weitverkehrsnetze

Kabel:

- Seekabel
- Telefon/xDSL Netz
- Hybrid-Fiber-Coax (HFC) Netz (DVB-C)
- Glasfaser Backbone (IXC)
- Glasfaser-Zugangsnetze (FTTB/FTTH)

Funk:

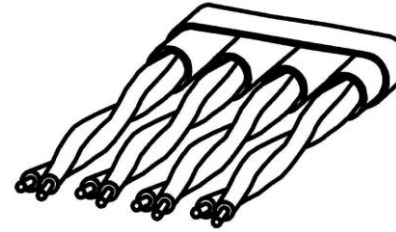
- Rundfunknetze (DVB-T)
- Richtfunknetze Backbone
- Mobilfunknetze

Satellit

- Rundfunk (DVB-S)
- Telekommunikation
- GPS

Zweidrahtleitung oder Kupfer-Doppelader

- Verdrillung von 2 Adern zur
 - Abschirmung
 - Minimierung des Cross-Talks
- STP/UTP: Shielded/Unshielded Twisted Pair
- FTP: Foiled Twisted Pair
- 2- und 4- adrig
- 0,4-0,6 mm Durchmesser
- Telefonkabel: Bündel mit 4 Doppeladern



**Verdrillte Zweidrahtleitung
oder Sternvierer**

Kategorie	Klasse	Typ	Bandbreite	Anwendungen
Cat 1	A	UTP	0,4 MHz	Telefon- und Modem-Leitungen
Cat 2	B		4 MHz	ältere Terminalsysteme, z. B. IBM 3270
Cat 3	C		16 MHz	10BASE-T und 100BASE-T4
Cat 4			20 MHz	16-Mbit/s-Token Ring
Cat 5	D		100 MHz	100BASE-TX
Cat 5e	D		100 MHz	1000BASE-T, 2.5GBASE-T und 5GBASE-T@<75m
Cat 6	E	STP	250 MHz	5GBASE-T und 10GBASE-T@<55m
Cat 6A	E _A		500 MHz	10GBASE-T
Cat 7	F	S/FTP	600 MHz	CCTV
Cat 7a	F _A		1000 MHz	
Cat 8	G		2000 MHz	25GBASE-T und 40GBASE-T

Telefonkabel

UTP

- Kupferleiter
- Ademisolierung
- Paar
- Kabelmantel

Standard Ethernet Kabel (Cat 5)

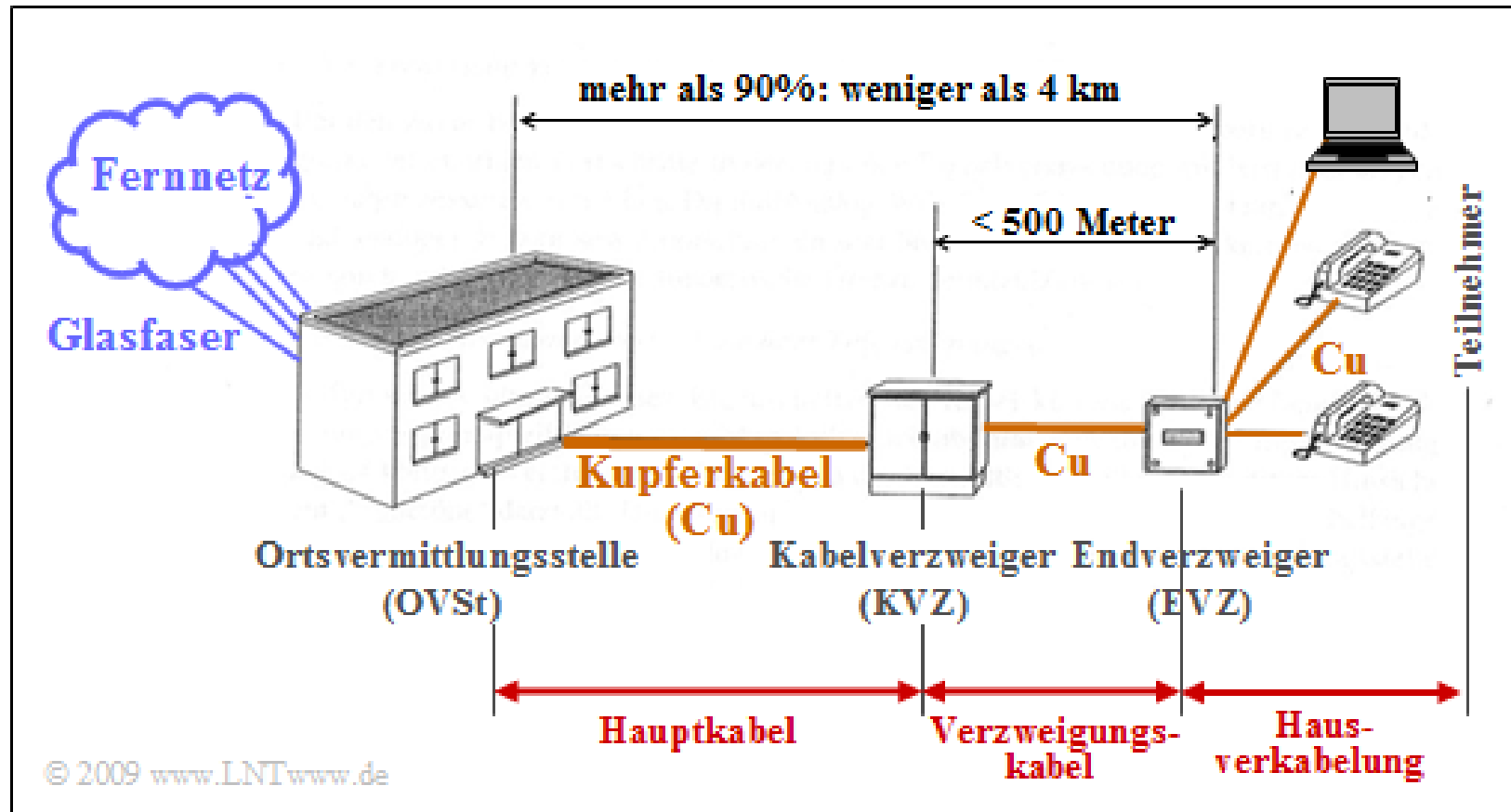
S/FTP

- Kupferleiter
- Aderisolierung
- Paar
- Paarschirm
- Kabelmantel
- Gesamtschirm

Ethernet Kabel (ab Cat 6))

Beachten Sie auch die nun folgende Einblendung zu den Kabeltypen (ohne Folien, nur im Begleitvideo zu sehen)

Architektur öffentlicher Netze: Kupfer-Doppelader

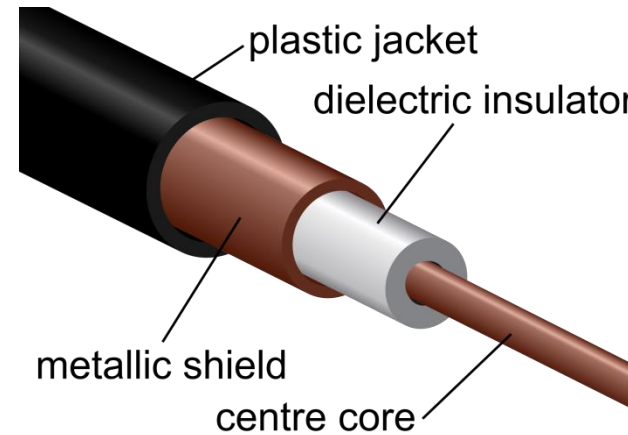
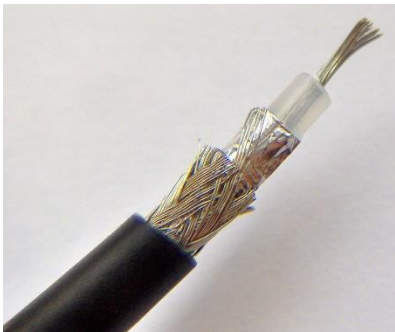


Bitte beachten Sie:

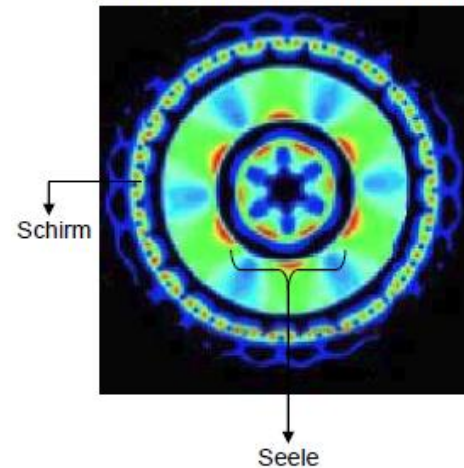
Auf die Architektur wird in der Praktikumsübung „xDSL-Technologien“ noch im Detail eingegangen

Koaxialkabel / Hybrid-Fiber-Coax Netze

- Spezieller Typ eines „Wellenleiters“ aus dielektrischem Material (PE oder Teflon) und zylindrischer Form
- Beförderung von Hochfrequenzsignalen
- Die Abschirmung verhindert, dass das Kabel als Antenne fungiert
- Kunststoffdielektrikum für konstanten Abstand und gleichmäßige Impedanz (50-75 Ohm)
- Ausbreitung im transversalen elektromagnetischen Modus (TEM)

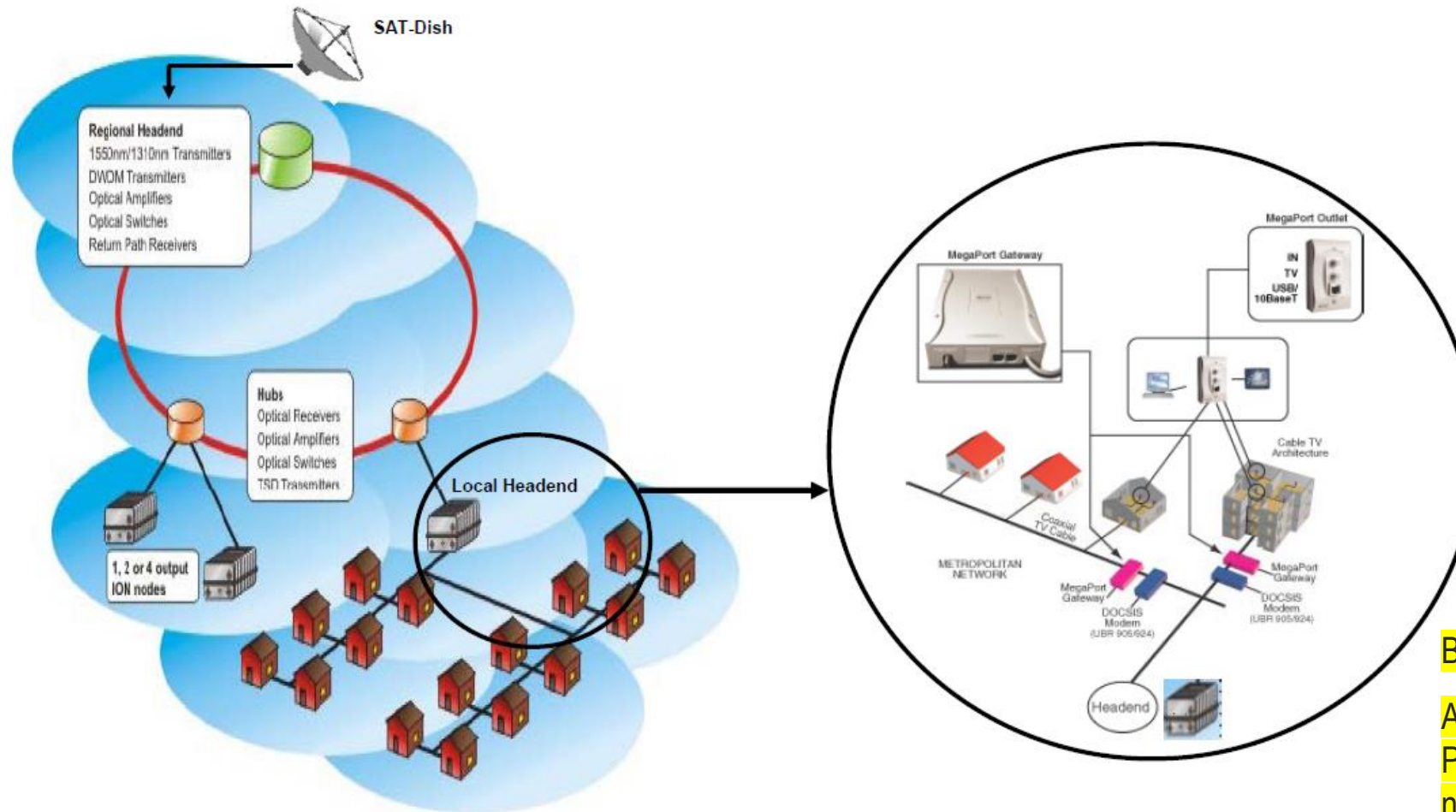


EM-Welle im Koaxialkabel:



Beachten Sie auch die nun folgende Einblendung zu dem Aufbau des Koaxialkabels (ohne Folien, nur im Begleitvideo zu sehen)

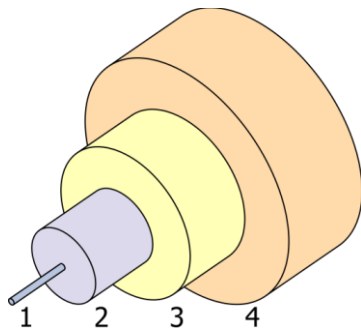
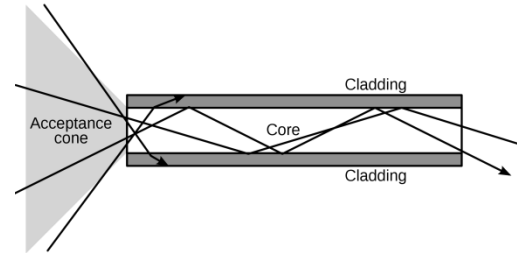
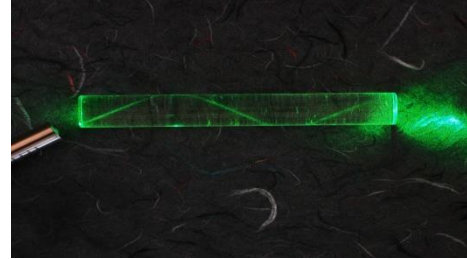
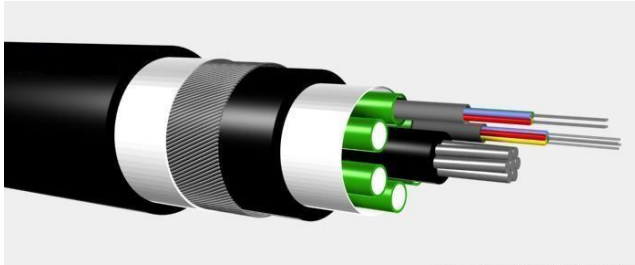
Architektur öffentlicher Netze: HFC-Netze



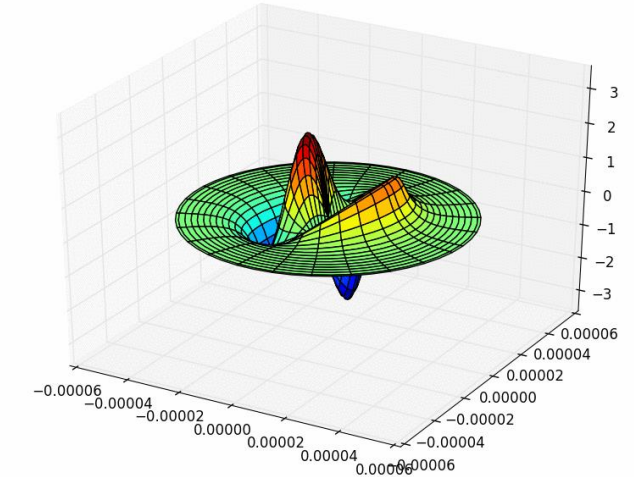
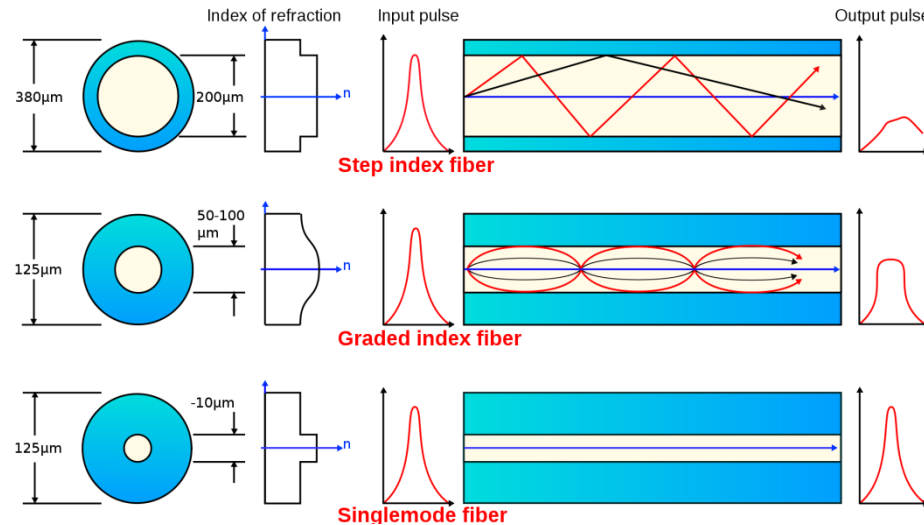
Bitte beachten Sie:

Auf die Architektur wird in der Praktikumsübung „HFC-Netzperformance“ noch im Detail eingegangen

Aufbau und Übertragung bei optischen Glasfasern



1. Core/Kern: 8 μm diameter
2. Cladding: 125 μm dia.
3. Buffer: 250 μm dia.
4. Jacket: 400 μm



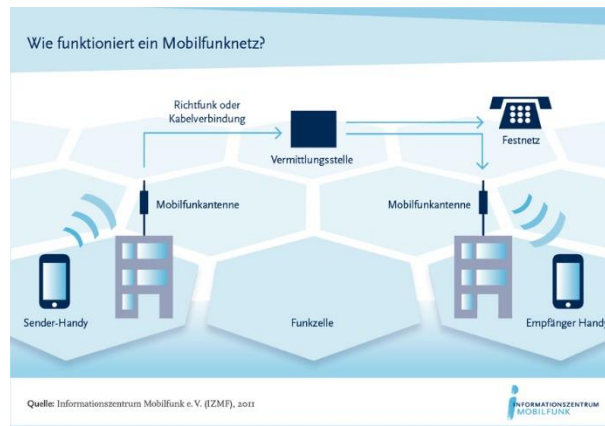
Beachten Sie auch die nun folgende Einblendung zu dem Aufbau des Lichtwellenleiters (ohne Folien, nur im Begleitvideo zu sehen)

Rundfunk



Quelle: Mitteldeutscher Rundfunk

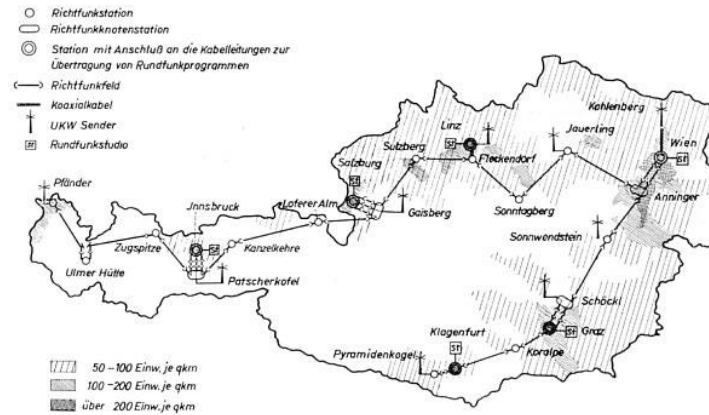
Richtfunk



Quelle: Informationszentrum Mobilfunk e.V. (IZMF), 2011

Quelle: Informationszentrum Mobilfunk e.V.

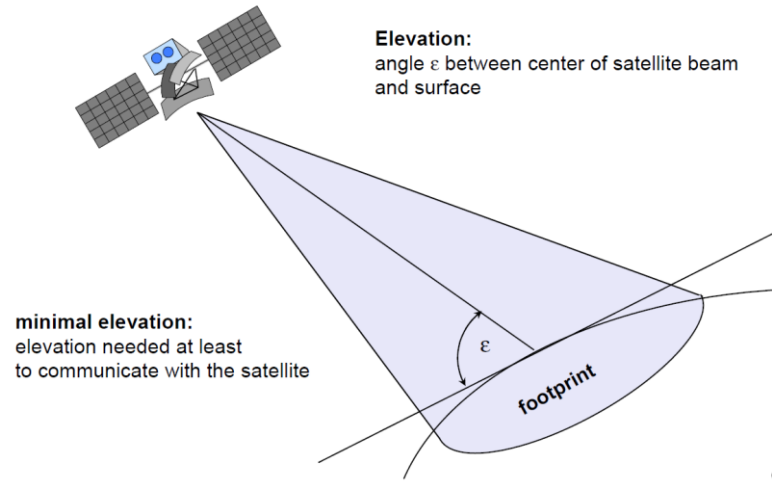
Mobilfunk



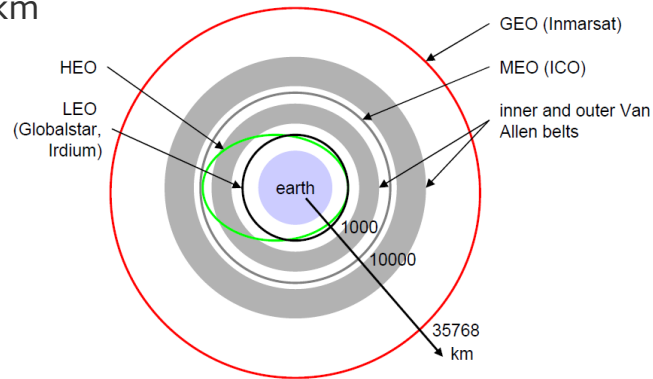
Quellen:
Richtfunk in Österreich. Festschrift anlässlich der offiziellen Inbetriebnahme des österreichischen Richtfunknetzes, Wien 1959

Funknetze werden eingesetzt für...

- die Überbrückung großer Distanzen (Richtfunk),
- die mobile Datenübertragung (Mobilfunk),
- der Behördenfunk (BOS, Bündelfunk),
- die Verteilung von Funk- und Fernsehen (terrestrischer und satellitengestützter Rundfunk),
- die Verteilung von Zeitsignalen,
- die Verteilung von Satellitensignalen zur Positionsbestimmung (GNSS),
- die Kommunikation zwischen Kleingeräten (Internet der Dinge).



LEO: 500-1.500 km
MEO: 6.000-20.000 km
GEO: ca. 36.000 km
HEO: Highly Elliptical
Orbits



Van-Allen-Belts:
ionized particles
2000 - 6000 km and
15000 - 30000 km
above earth surface

Anwendungen:

Traditionell:

- Wettersatelliten
- Radio und TV-Rundfunk
- Militärsatelliten
- Satelliten für Navigation und Verortung (e.g. GPS)

Telekommunikation

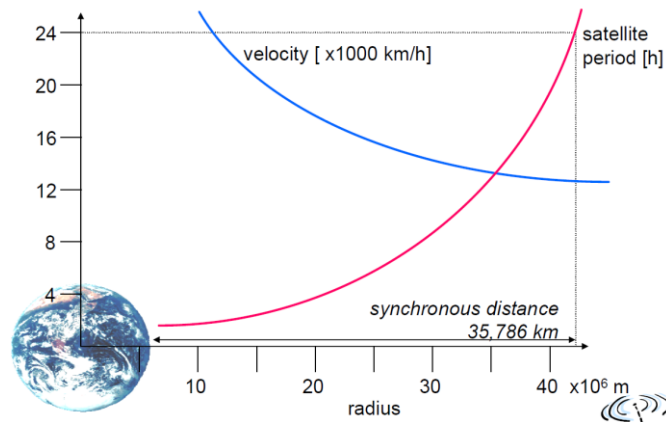
- Globale Telefonieverbindungen
- Backbone für globale Netze
- Kommunikationsverbindungen in abgelegenen und unterentwickelten Regionen
- Globale Mobilkommunikation
- Ergänzung von Mobilfunksystemen

Geostationäre Satelliten

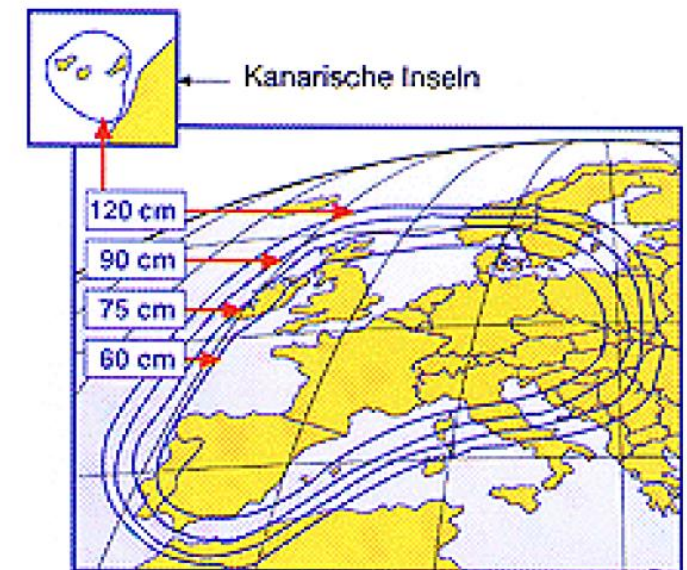
Orbit in **35.786 km Entfernung** zur Erdoberfläche, Verlauf in der **Äquatorebene**

-> Vollständige **Rotation innerhalb eines Tages** Satellit rotiert synchron zur Erdoberfläche

- **Feste Antennenposition**, keine Anpassungen notwendig
 - Satelliten haben üblicherweise einen **großen Footprint** (bis zu 34% der Erdoberfläche!), daher ist eine Mehrfachnutzung von Frequenzen in der Regel nicht möglich
 - **Hohe Sendeleistung** ist zwingend erforderlich
 - **Hohe Übertragungsverzögerung** durch große Entfernung (500 – 1.000 ms)
- > Geostationäre Satelliten sind für flächendeckende Versorgung von Mobiltelefonie und Datenübertragung nur sehr bedingt geeignet
- > Vorwiegend Nutzung für **Rundfunk-Anwendungen**



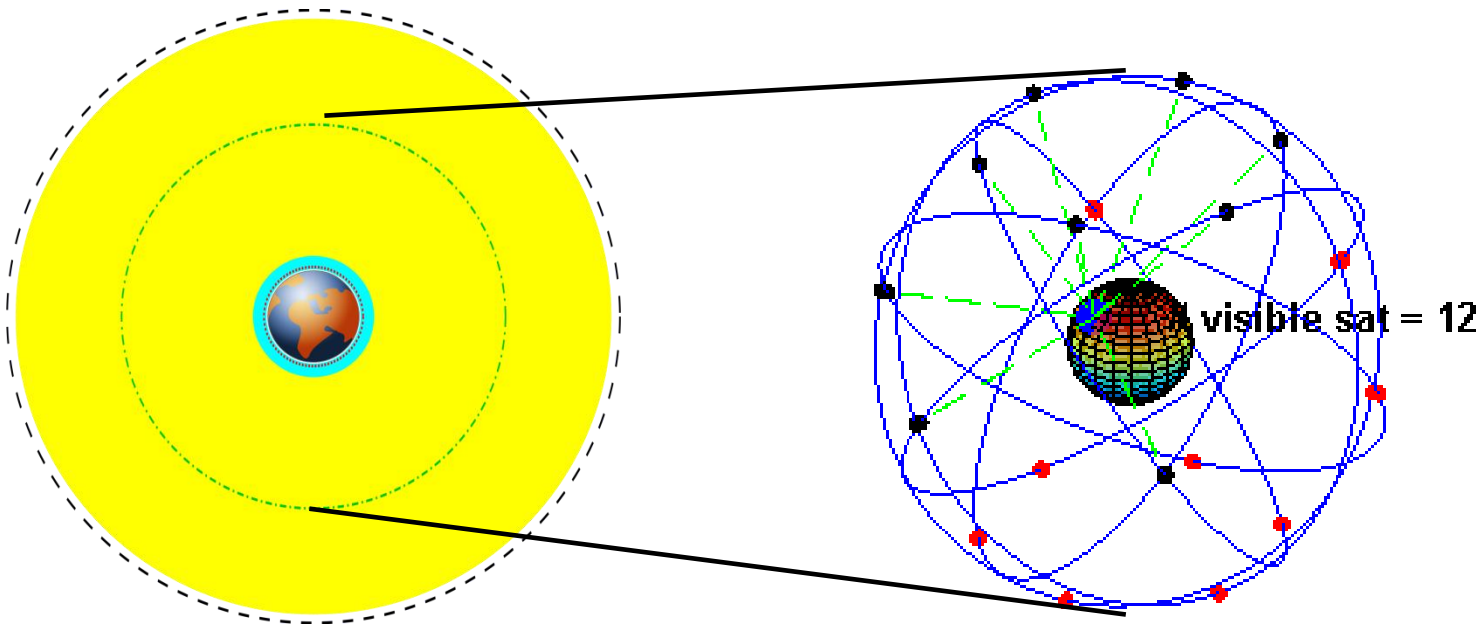
$$r = \sqrt[3]{\frac{gR^2}{(2\pi f)^2}}$$



Grundfläche des ASTRA1-TV-Satellitensystems (stationäre Orbitalposition 19,2 ° Ost) mit minimalen parabolischen Antennendurchmessern und einem durchschnittlichen S / N-Verhältnis von > 7 dB

GPS Satelliten und Umlaufbahnen

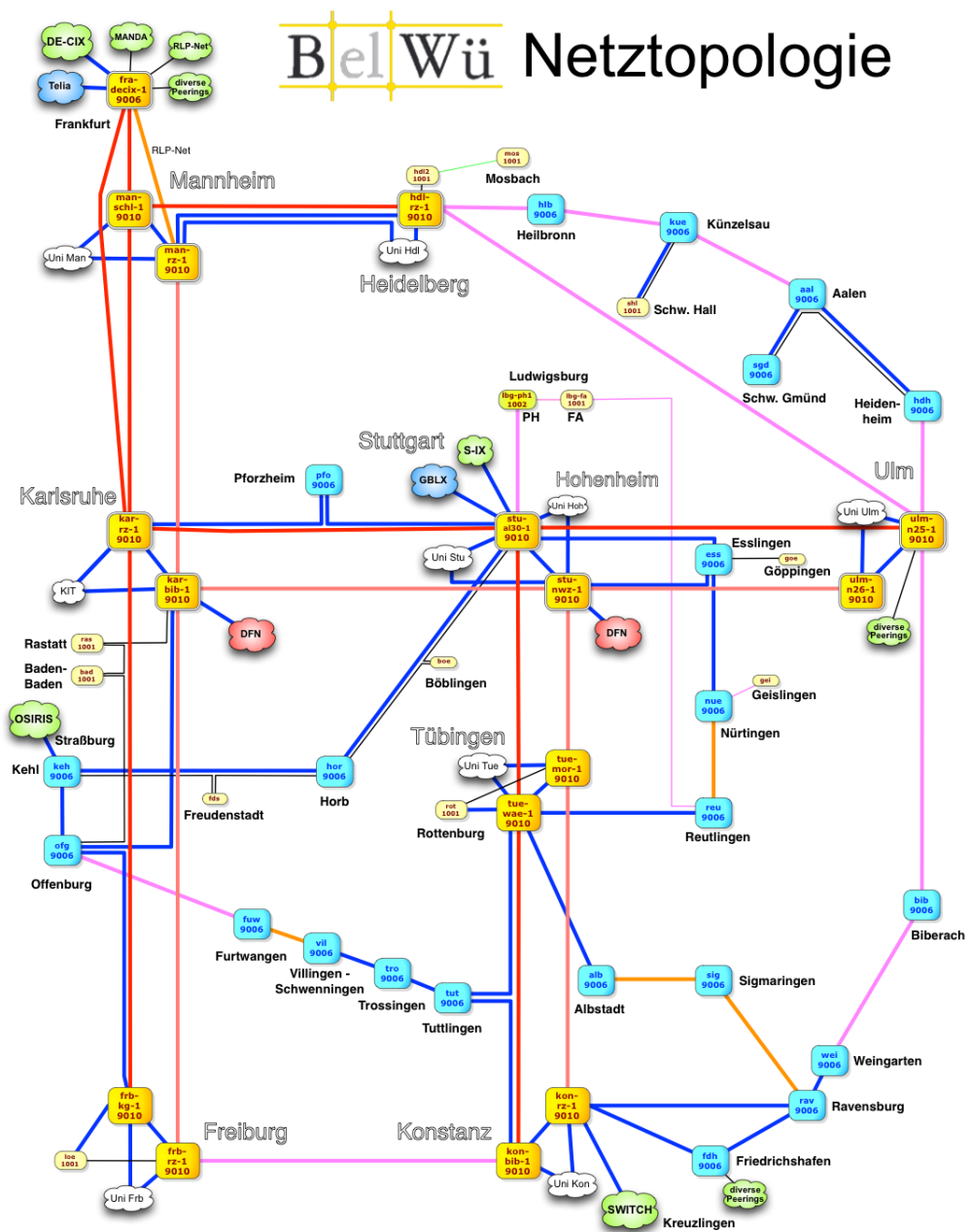
Das **Global Positioning System** (GPS; deutsch Globales Positionsbestimmungssystem), offiziell NAVSTAR GPS, ist ein globales Navigationssatellitensystem zur Positionsbestimmung.



Verschiedene maßstabsgetreue Erdumlaufbahnen; Cyan steht für eine niedrige Erdumlaufbahn, Gelb für eine mittlere Erdumlaufbahn, die schwarze gestrichelte Linie für eine geosynchrone Umlaufbahn, die grüne Strichpunktlinie für die Umlaufbahn von GPS-Satelliten (Global Positioning System)

Bewegung der GPS-Satelliten um die Erde. Schwarze Punkte haben Kontakt zum blauen Bezugspunkt auf der Erdoberfläche.

GPS basiert auf Satelliten, die mit codierten Radiosignalen ständig ihre **aktuelle Position** und die genaue Uhrzeit ausstrahlen. Aus den Signallaufzeiten können spezielle Empfänger ihre eigene Position und Geschwindigkeit berechnen. **Theoretisch reichen dazu die Signale von drei Satelliten aus**, welche sich oberhalb ihres Abschaltwinkels befinden müssen, da daraus die genaue Position und Höhe bestimmt werden kann. In der Praxis haben GPS-Empfänger keine ausreichend genaue Uhr, um die Laufzeiten korrekt zu messen. **Deshalb wird das Signal eines vierten Satelliten benötigt**, mit dem die genaue Zeit im Empfänger bestimmt werden kann.



BelWü steht für **Baden-Württembergs extended LAN** und ist das Netz der wissenschaftlichen Einrichtungen in Baden-Württemberg. Im Rahmen von BelWue werden insbesondere die neun **Landesuniversitäten**, über 25 **Fachhochschulen**, die acht Standorte der **DHBW** (die ehemaligen Berufsakademien und ihre Außenstellen) und andere wissenschaftliche Einrichtungen über schnelle Datenleitungen untereinander verbunden. Im Zuge der Digitalisierung werden auch zunehmend Schulen an das BelWue Netz angebunden.

Wide Area Networks - WAN



STUDIEREN
AUF HÖCHSTEM
NIVEAU

Prof. Dr. Jürgen Anders, Hochschule Furtwangen
Fakultät Digitale Medien