

# **Vorlesung: Komponenten zum Aufbau von Rechnernetzen (WS 2007/2008)**

---

**Prof. Dr. Heinz-Gerd Hegering  
Dr. Sven Graupner**

E-Mail: [sven.graupner@hp.com](mailto:sven.graupner@hp.com)

<http://www.nm.ifi.lmu.de/teaching/Vorlesungen/2007ws/komp/>

# Termine und Organisation (I)

---

## Vorlesungstermine und Raum

- Freitag, 7.12. 2007, 11-19 Uhr,
- Samstag, 8.12. 2007, 10-18 Uhr,
- Freitag, 14.12. 2007, 11-19 Uhr,
- Freitag, 15.12. 2007, 10-18 Uhr,
- jeweils im Hörsaal H.E.2009 LRZ Garching

## Vorlesungsfolien

- Werden kurz vor der Vorlesung (in pdf) zum Download auf der Web-Seite bereitgestellt

<http://www.nm.ifi.lmu.de/teaching/LMU/Vorlesungen/2007ws/komp/>

## Es gibt keine Übungen

## Neuigkeiten werden immer sowohl auf der Web-Seite als auch (falls möglich) in der VL bekannt gegeben

# Ziele

---

- ❑ **Unser Ziel:**
  - Ihnen Wissen zu vermitteln
- ❑ **Ihr Ziel**
  - Wissen aneignen (nicht nur für die Klausur, sondern auch für das spätere Berufsleben)
- ❑ **Wie kommen wir alle an unser Ziel?**



**- konzentrierte Zusammenarbeit**

**Daher bitte**

- Handys ausschalten!**
- Bei Fragen, diese stellen!**
- Diskussionen, die nichts mit dem VL-Stoff zu tun haben, auf später verschieben!**

# Ziele der Vorlesung

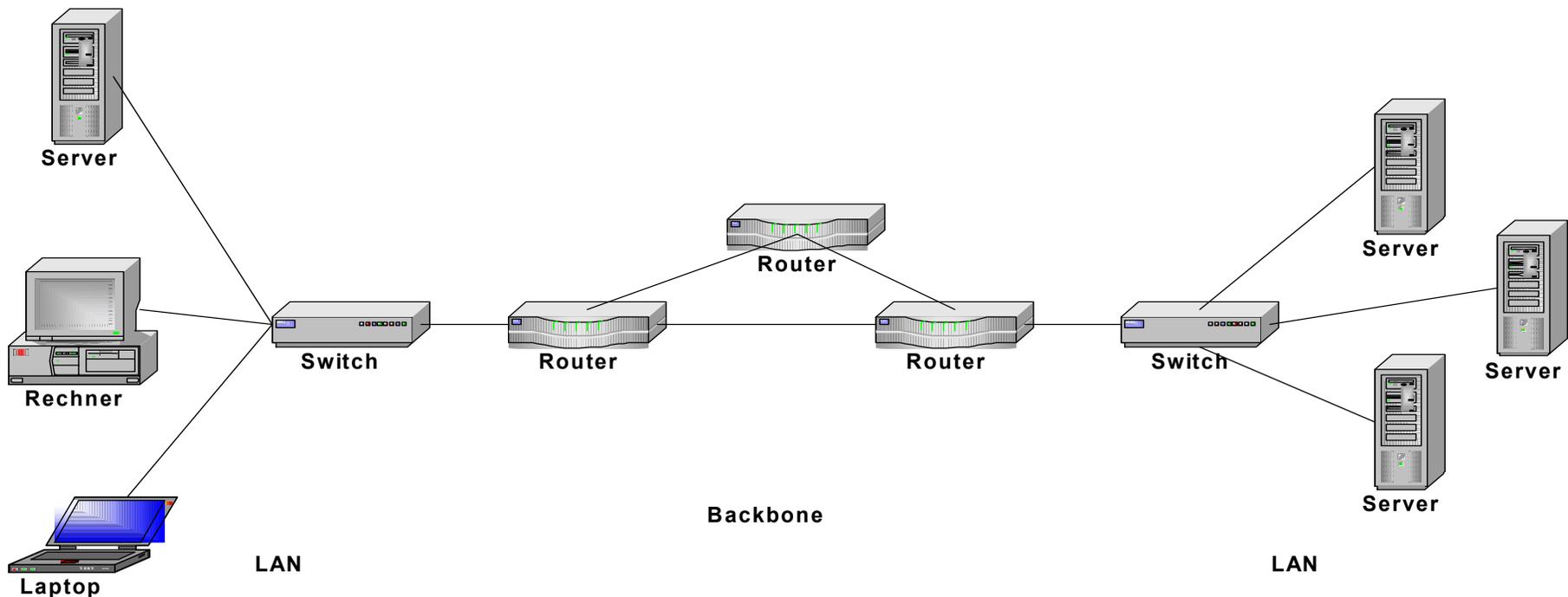
---

- ❑ **Vermittlung der Eigenschaften von Komponenten, die für den Aufbau verschiedener Netztechnologien von Bedeutung sind**
  - Fokus auf logische Funktionsweise
  - Komponenten sind netztechnologie-spezifisch daher
    - Betrachtung der Technologie, danach der
    - Komponenten
- ❑ **Voraussetzung: Grundverständnis von Rechnernetzen**

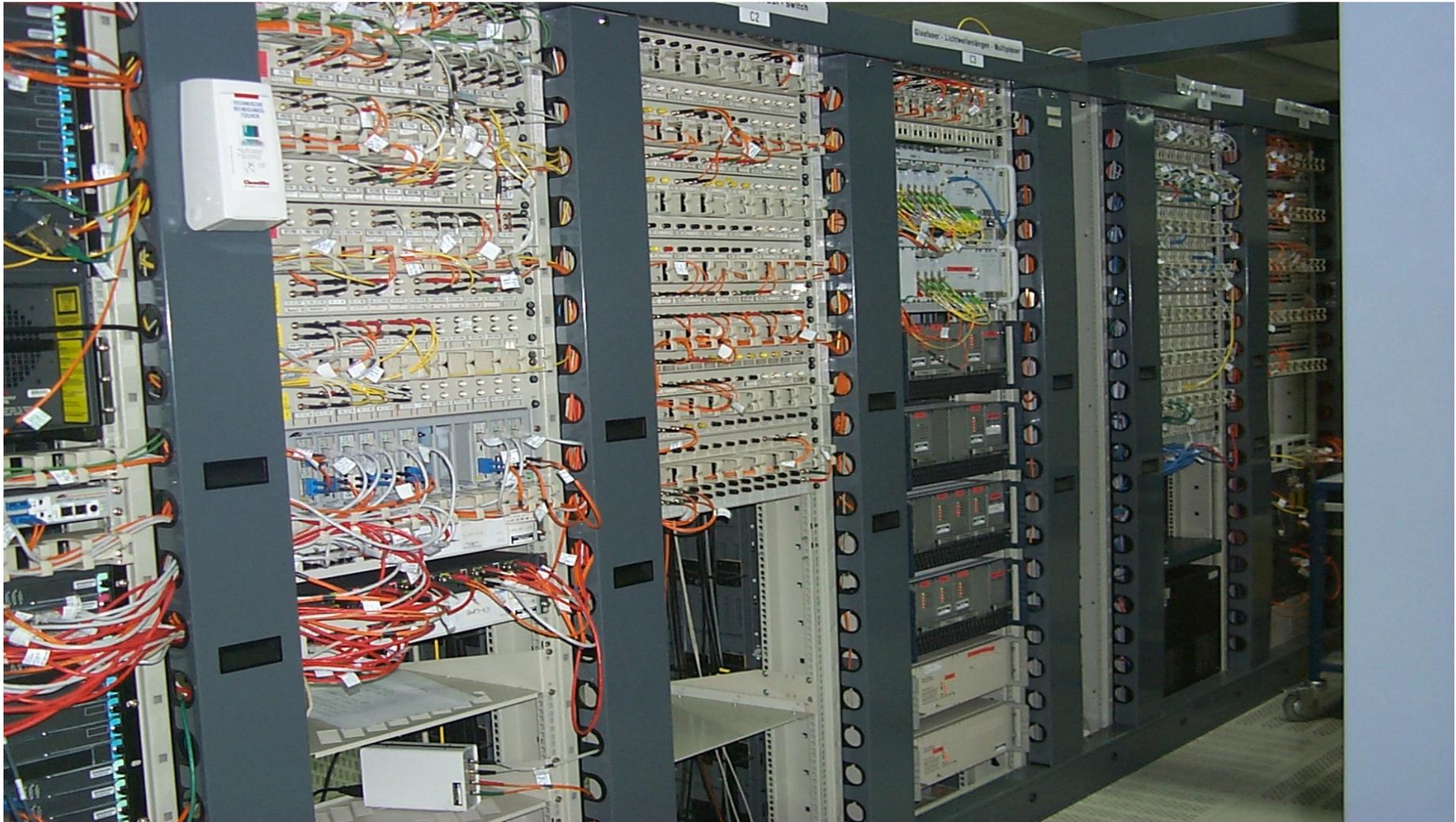
# Was ist ein Rechnernetz?

## Definition:

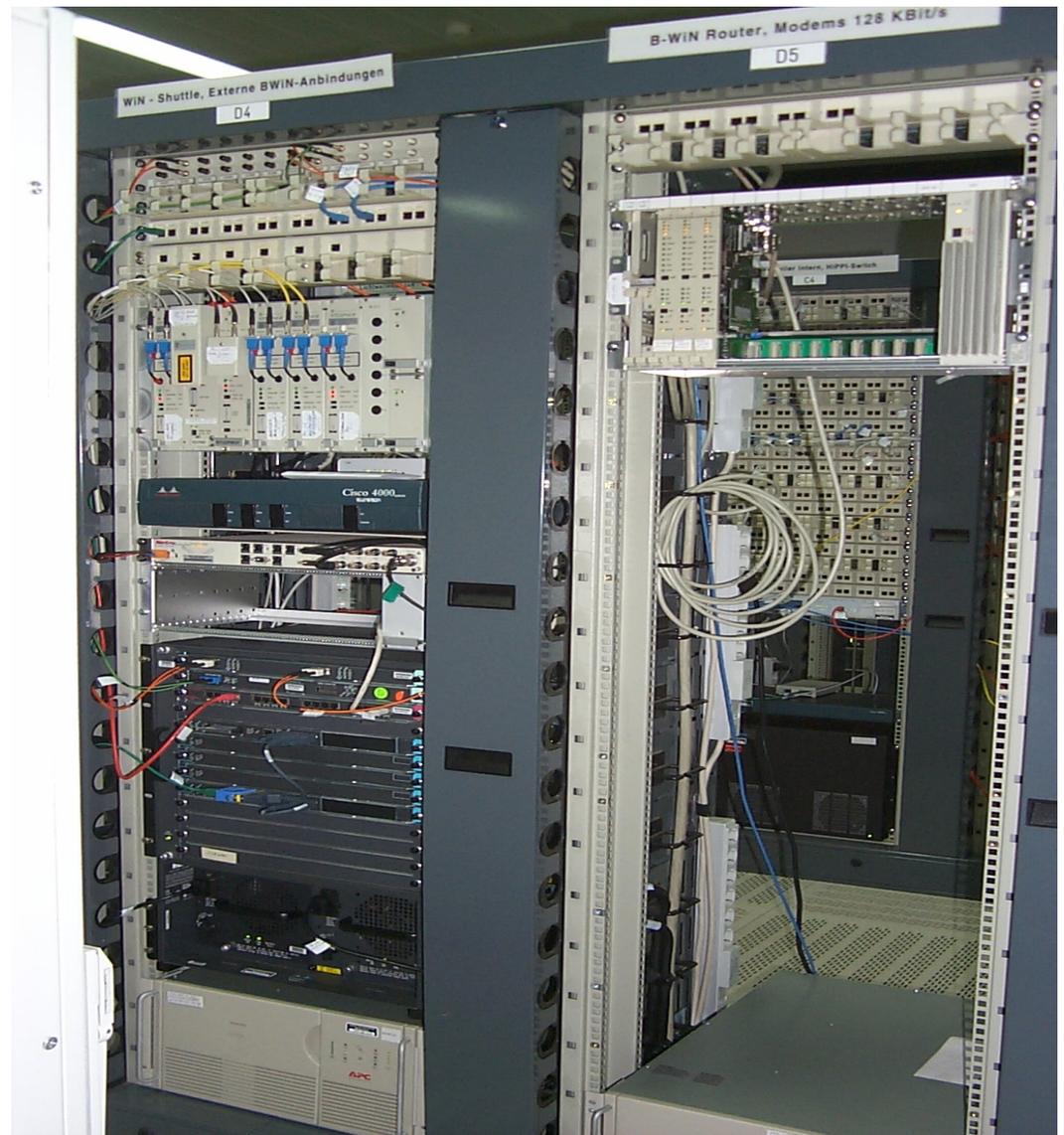
**Rechnernetz:** ein System aus **Datenendeinrichtungen** (Supercomputer, Workstations, PCs), die miteinander über **Medien** (z.B. elektrische Leiter, LWL, Funkstrecken) mittels **Übertragungseinrichtungen** (z.B. Modems, Repeater, Konzentratoren) und **Vermittlungseinrichtungen** (z.B. Switches, Router) verbunden sind



# Beispiel: Netzregal im LRZ (1)



## Beispiel: Netzregal im LRZ (2)



# Inhalt (1)

---

## □ 1 Einführung

- 1.1 Grundlegende Konzepte
- 1.2 Klassifizierung von Kommunikationsnetzen
- 1.3 Kommunikationsmodelle
- 1.4 Standards

## □ 2 Übertragungsmedien

- 2.1 Grundlagen
- 2.2 Kabeltypen für elektrische Übertragung
- 2.3 Lichtwellenleiter
- 2.4 leiterungebundene Übertragung
- 2.5 strukturierte Verkabelung
- 2.6 Grundlagen der Codierung

# Inhalt (2)

---

## □ 3 LAN Komponenten

- 3.1 Grundlagen zum Aufbau von LANs
- 3.2 LANs nach IEEE 802.3 (Ethernet)
- 3.3 Drahtlose LANs
- 3.4 Bluetooth
- 3.5 Power over Ethernet (PoE)
- 3.6 LAN Verbundkomponenten
- 3.7 Switches
- 3.8 Router
- 3.9 Aufbau von Netzkomponenten
- 3.10 Management von LAN-Komponenten

# Inhalt (3)

---

## □ 4 WAN Komponenten

- 4.1 Multiplextechniken als Grundlage zum Aufbau von WANs
- 4.2 WAN-Technologien
- 4.3 Endsystemanbindungen
- 4.4 Historische Entwicklung am Beispiel des deutschen Forschungsnetzes

## □ Anhang: Szenario

**Einwahl zu einem Provider und Zugriff auf eine Web-Seite**

# Literatur (1)

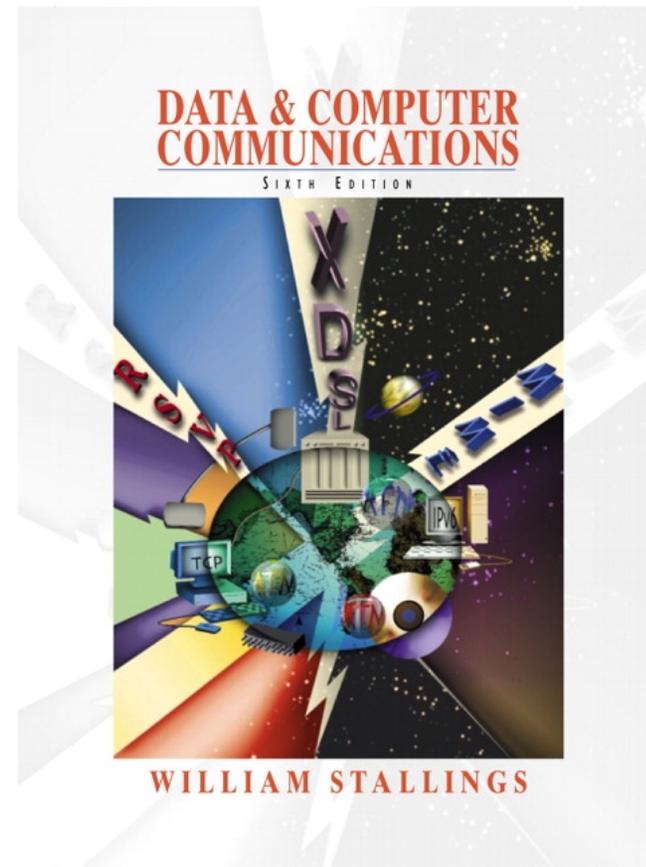
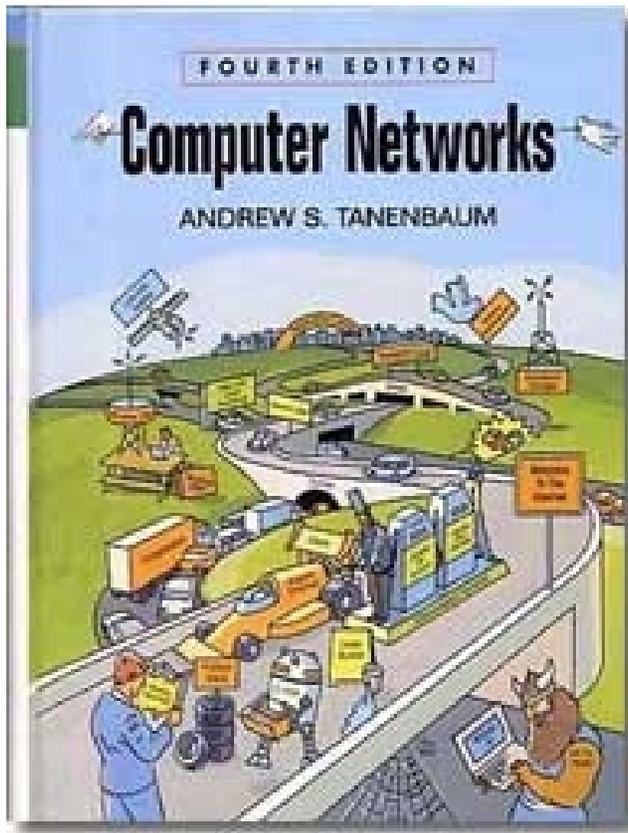
---

- ❑ **Vorlesungsfolien**: werden kurz vor der Vorlesung im PDF-Format auf der Web-Seite zum Download bereitgestellt
- ❑ **Skript** „Komponenten zum Aufbau von Rechnernetzen“ von Prof. Dr. Johann Schlichter
- ❑ **H.-G. Hegering, S. Abeck, B. Neumair**, „Integriertes Management vernetzter Systeme“, dpunkt-Verlag, 1999, ISBN 3932588169, € 50,11



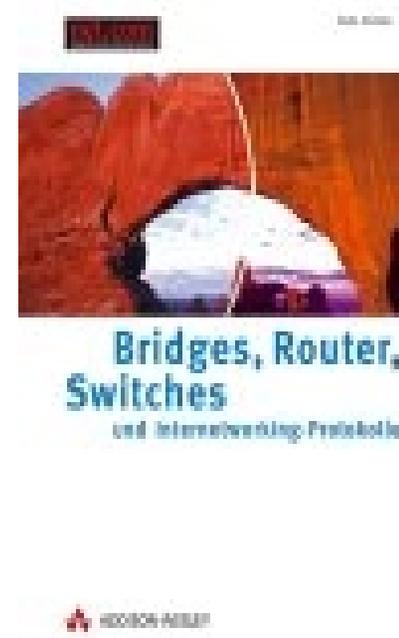
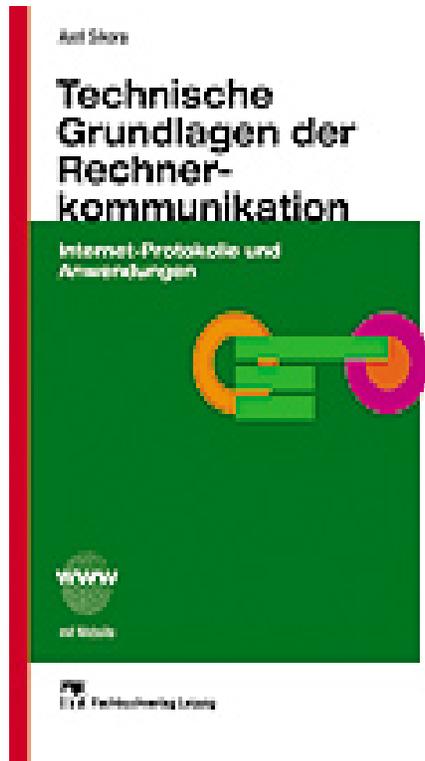
## Literatur (2)

- ❑ A. Tanenbaum, Computer Networks, Prentice Hall, 2002, ISBN 0130384887
- ❑ W. Stallings, Data and Computer Communications, Prentice Hall, 2003, ISBN 0-131006819



# Literatur (3)

- ❑ A. Sikora, Technische Grundlagen der Rechnerkommunikation, Fachbuchverlag Leipzig, 2003, ISBN 3-446-22455-6
- ❑ Radia Perlman, Bridges, Router, Switches und Internetworking-Protokolle, Addison-Wesley, 2003



# Literatur (4)

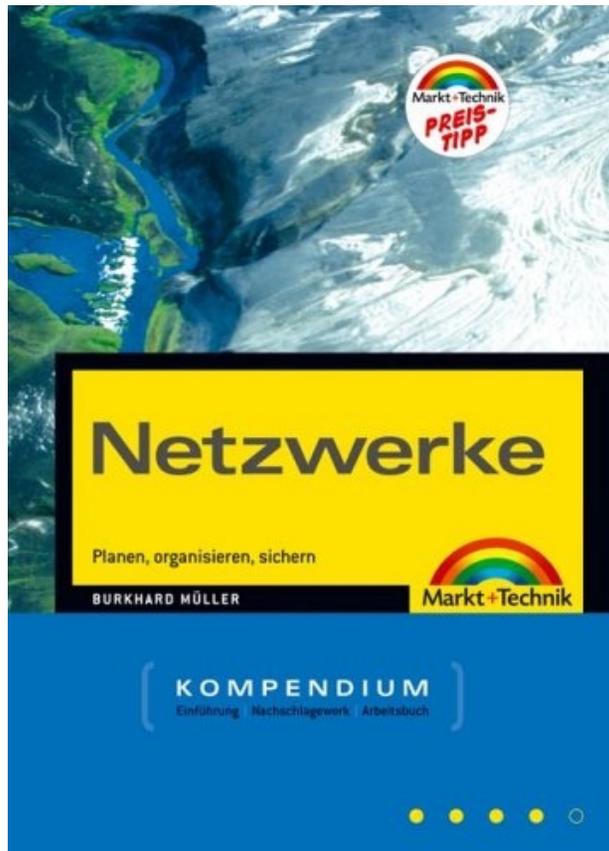
- ❑ P. Jöcker, Computernetze, Vde-Verlag, 2003, ISBN: 3800727390
- ❑ Th. Spitz, M.Blümle, H. Wiedel, Netzarchitektur – Kompass für die Realisierung, Vieweg Verlag, 2005, ISBN: 3528057726



# Literatur (5)

---

- B. Müller,  
Netzwerke – Kompendium  
Markt & Technik, 2005,  
ISBN: 3827269024



---

# **Kapitel 1: Einführung**

# 1 Einführung

---

- 1.1 Grundlegende Konzepte
- 1.2 Klassifizierung von Kommunikationsnetzen
- 1.3 Kommunikationsmodelle
- 1.4 Standards

# 1.1 Grundlegende Konzepte

---

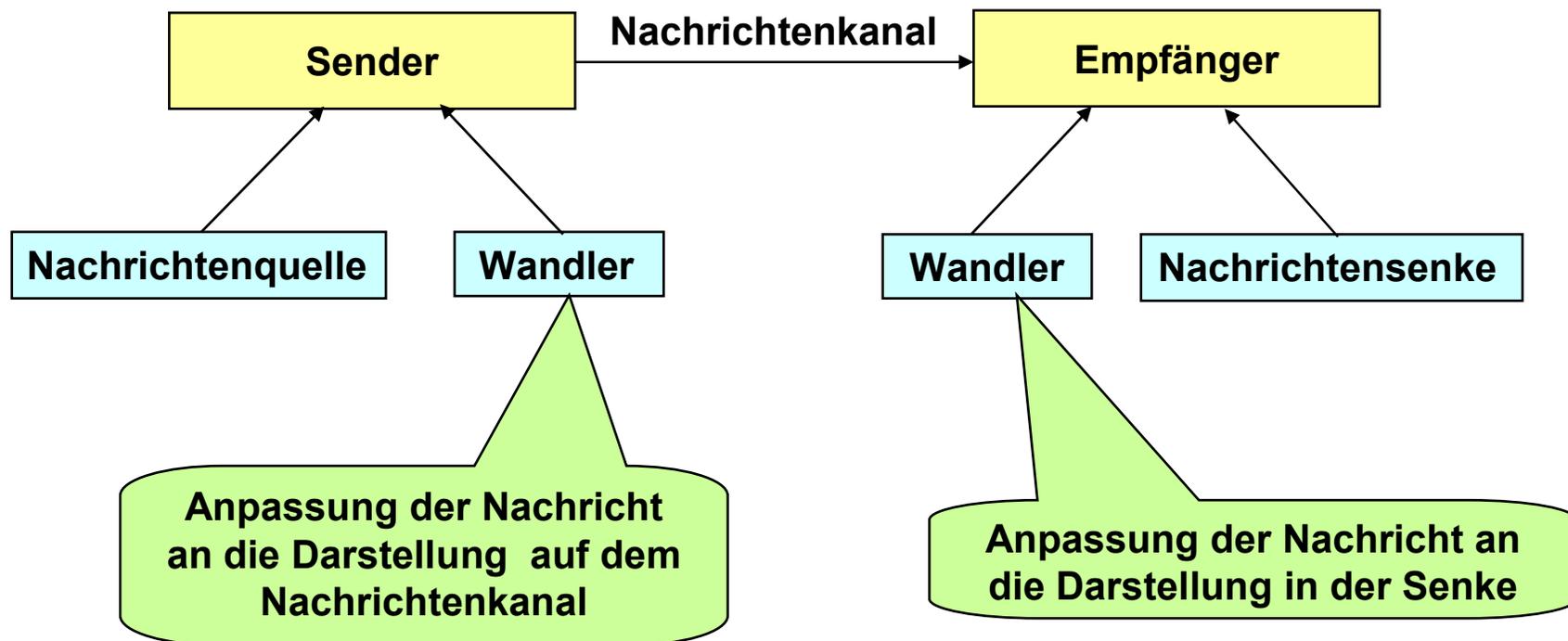
- ❑ 1.1.1 Verbindungsalternativen
- ❑ 1.1.2 Technologien im Überblick

# 1.1 Grundlegendes Kommunikationsmodell

- **Rechnernetz:** Menge von kommunizierenden Funktionseinheiten, die miteinander verbunden sind und autonom agieren

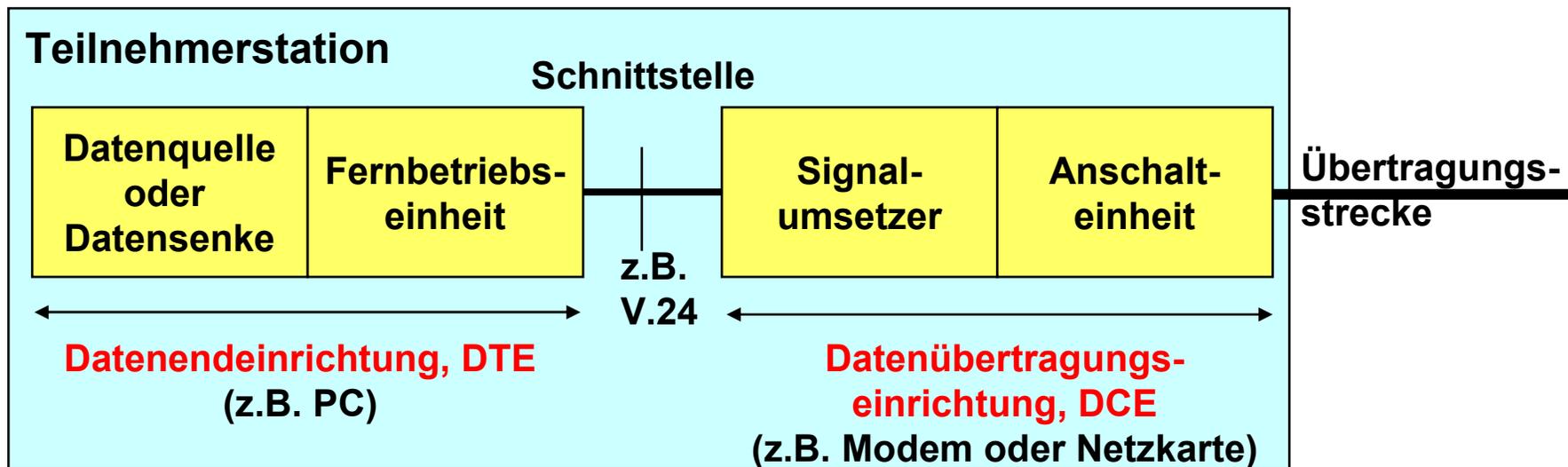
Funktionseinheit: sendet/empfängt Daten (u.a. PC)

Verbindung von Funktionseinheiten: physischen Medien (u.a. LWL)



# 1.1 Modellbild einer Teilnehmerstation

- Einteilung der Nachrichtenkanäle:
- akustisch, elektrisch, optisch
  - analog, digital
  - leitergebunden, drahtlos



- Signalumsetzung
- Auf- und Abbau einer Datenverbindung
- Synchronisation
- Behandlung von Übertragungsfehlern

DTE ... Data Terminal Equipment  
DCE ... Data Circuit Terminating Equipment

# 1.1 Definition eines Rechnernetzes

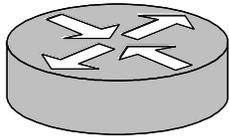
---

**Definition:** Ein **Rechnernetz** ist ein System aus **Datenendeinrichtungen** (z.B. PCs, Workstations, Mainframes), die miteinander über **Medien** (z.B. elektrische Leiter, LWL, Funkstrecken) mittels **Übertragungseinrichtungen** (z.B. Modems, Multiplexer) und **Vermittlungseinrichtungen** (z.B. Switch, Router) oder über Rechnernetze (Subnetze, Internetworking) miteinander verbunden sind

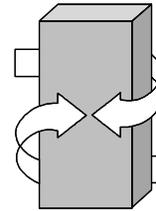
- ➔ Über Komponenten zu reden heißt letztendlich über Internetworking zu sprechen; wir diskutieren über:
  - ➔ **Verbindungen:** Medien, Kabel, Kabelstrukturen
  - ➔ **Koppelemente:** Repeaters, WDMs, Switches, Routers, Frame Switches, Cell Switches
  - ➔ **Schnittstellen**

# 1.1 Symbole

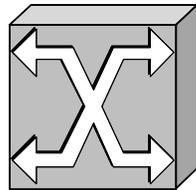
---



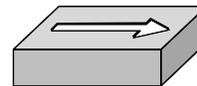
**Router**



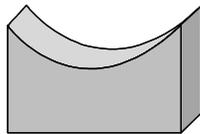
**Gateway**



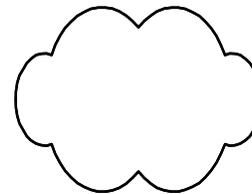
**Switch**



**Hub**



**Brücke**



**Allgemeines  
Netz**



**Arbeitsplatz-  
rechner**



**Server**

## 1.1.1 Verbindungsalternativen (1)

---

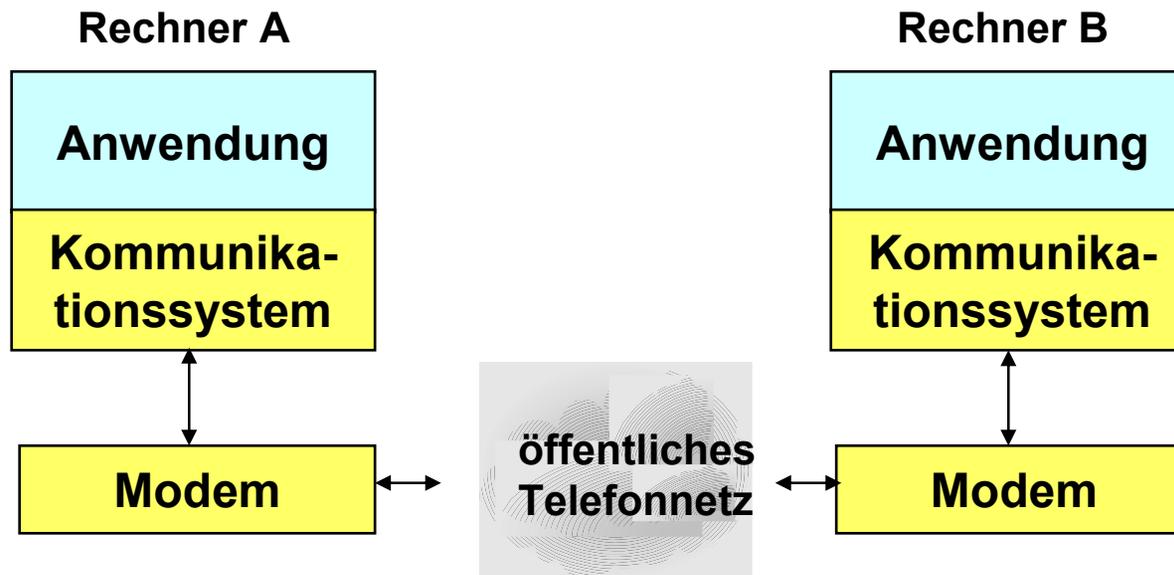
- **Verbindung von zwei Rechnern**
  - Punkt-zu-Punkt Verbindung



➔ Verbindung erfolgt über direkte Leitungen zwischen den Rechnern

## 1.1.1 Verbindungsalternativen (2)

- **Verbindung von zwei Rechnern**
  - über das öffentliche Telefonnetz

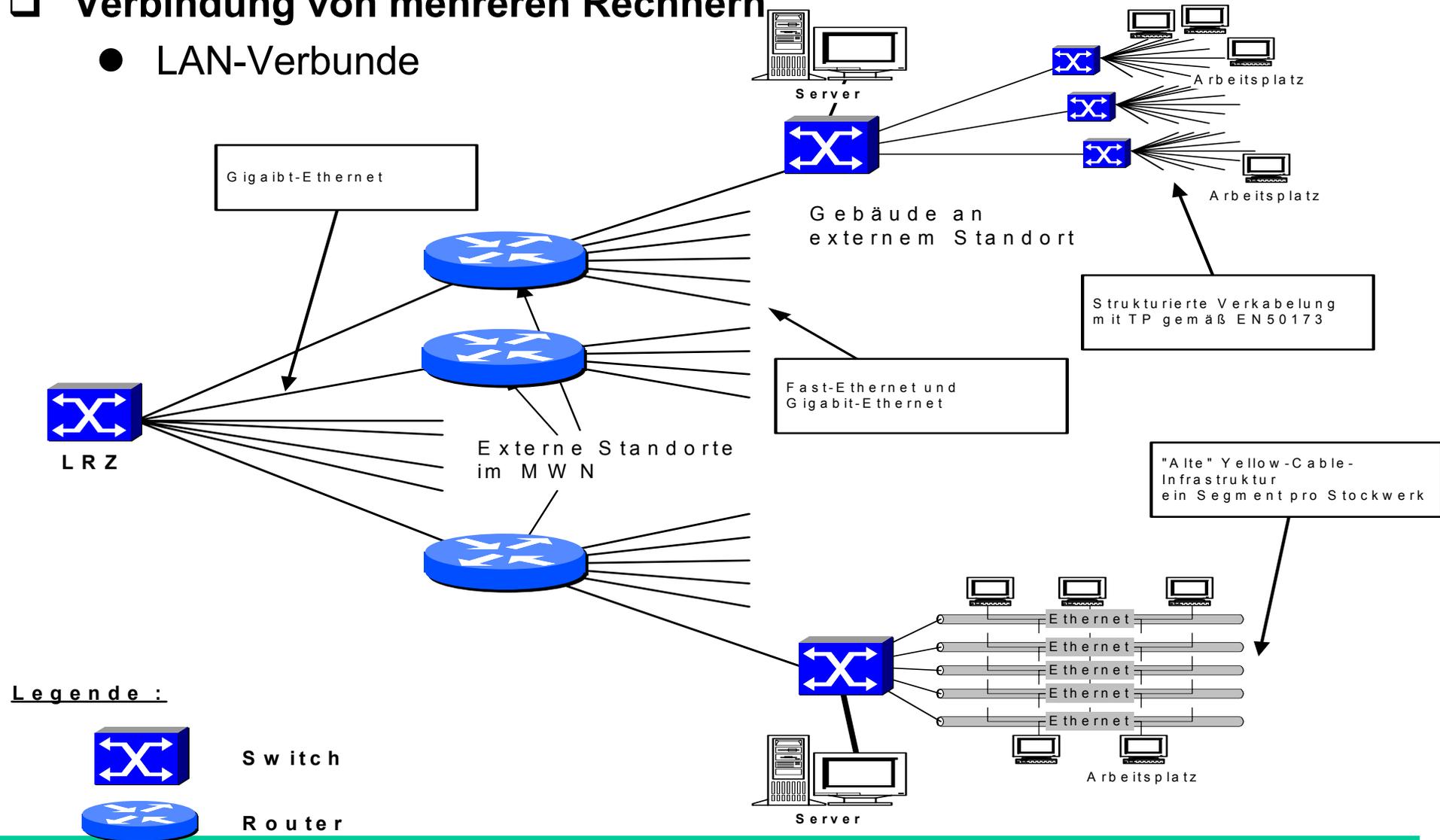


- ➔ Informationen werden analog übertragen
- ➔ Modems: Umwandlung der digitalen Informationen in die analoge Form

# 1.1.1 Verbindungsalternativen (3)

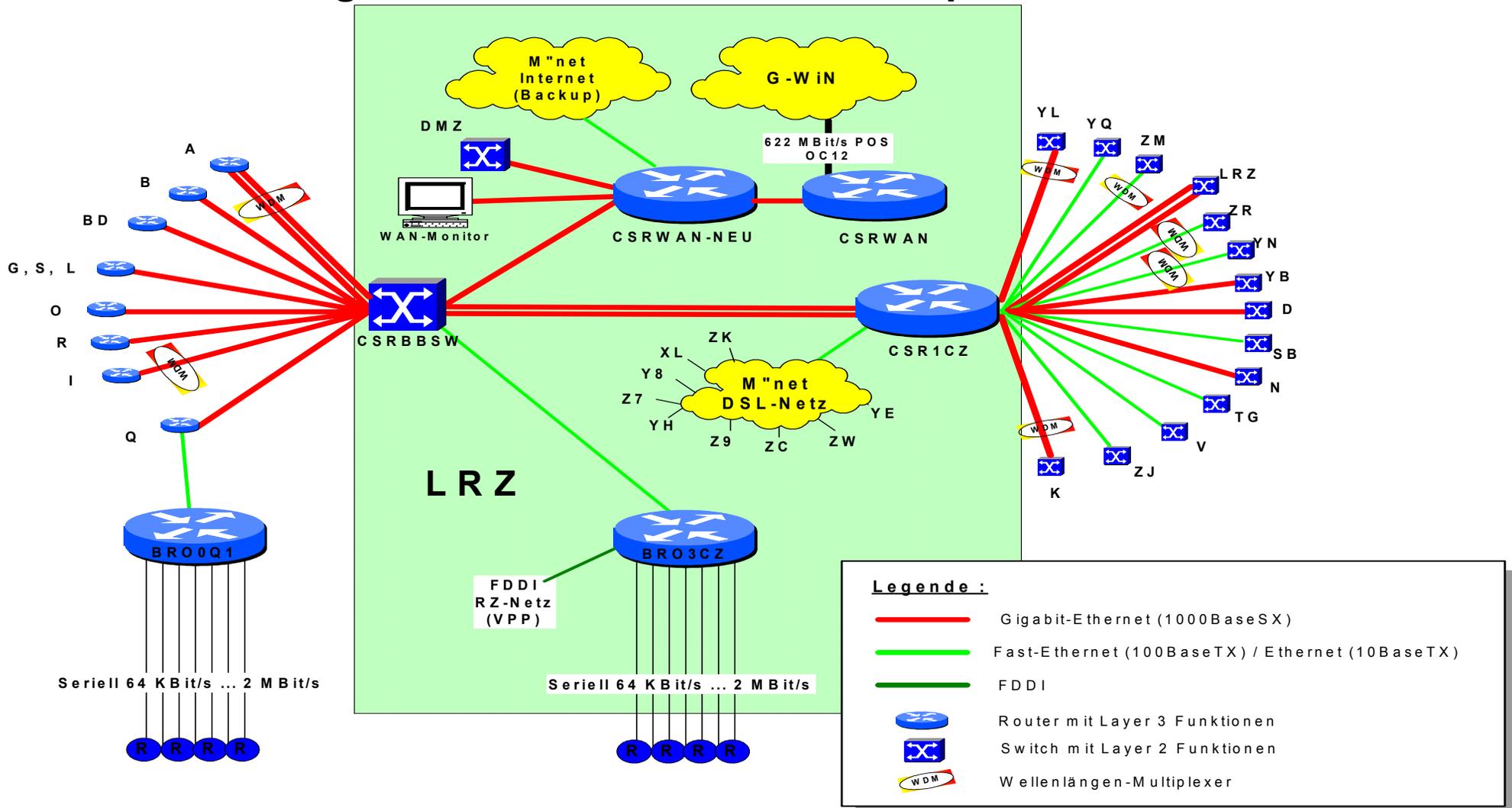
## □ Verbindung von mehreren Rechnern

- LAN-Verbunde



# 1.1.1 Verbindungsalternativen (4)

## □ Verbindung von mehreren Rechnern: Beispiel eines Backbones



## 1.1.1 Verbindungsalternativen (5)

---

### □ Verbindung von mehreren Rechnern

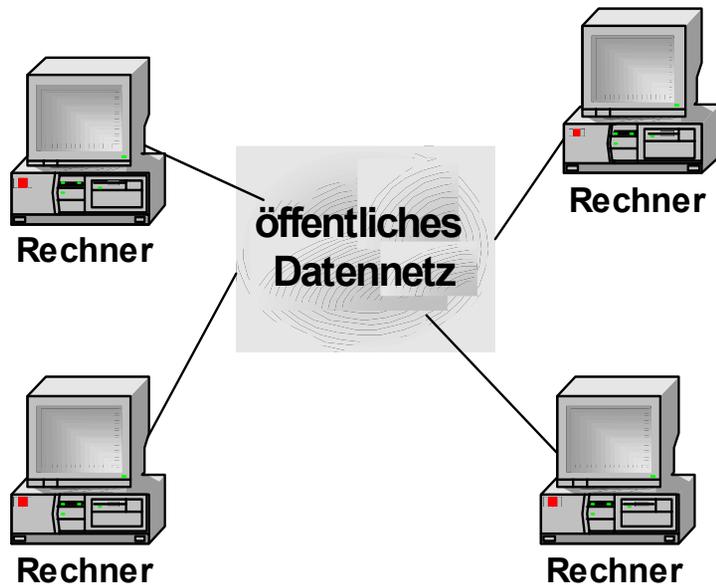
- LAN-Verbunde
- ➔ Mehrere Rechner werden mit lokalen Netzen (LANs) verbunden
- ➔ LANs werden über sogenannten „Backbones“ wieder miteinander verbunden; dieses erfolgt mit Switches und Routern
- ➔ Es können LANs verbunden werden, die auf verschiedenen Technologien basieren

# 1.1.1 Verbindungsalternativen (6)

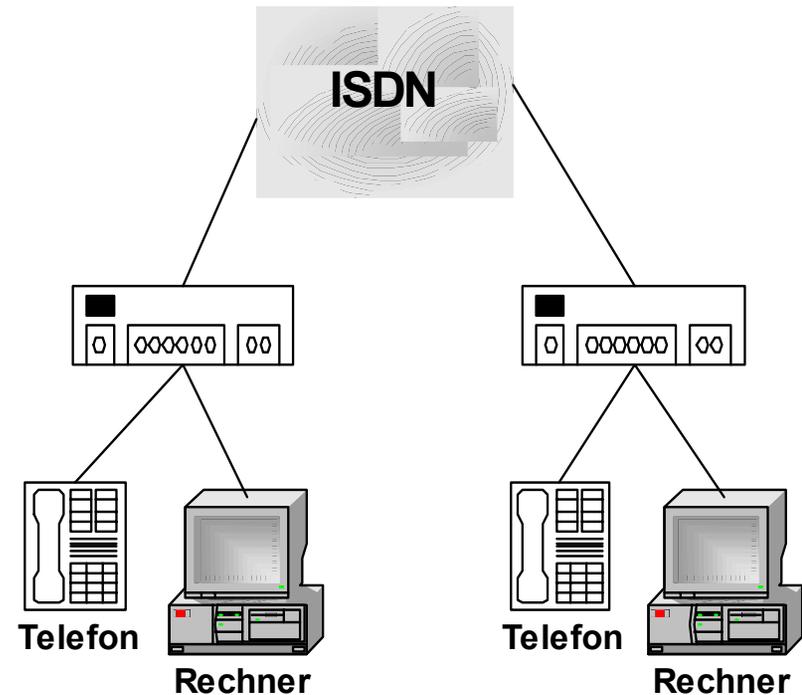
## □ Verbindung von mehreren Rechnern

- Öffentliche Datennetze

- Datennetz (PSDN, Public Switched Data Network)
- Telefonnetz



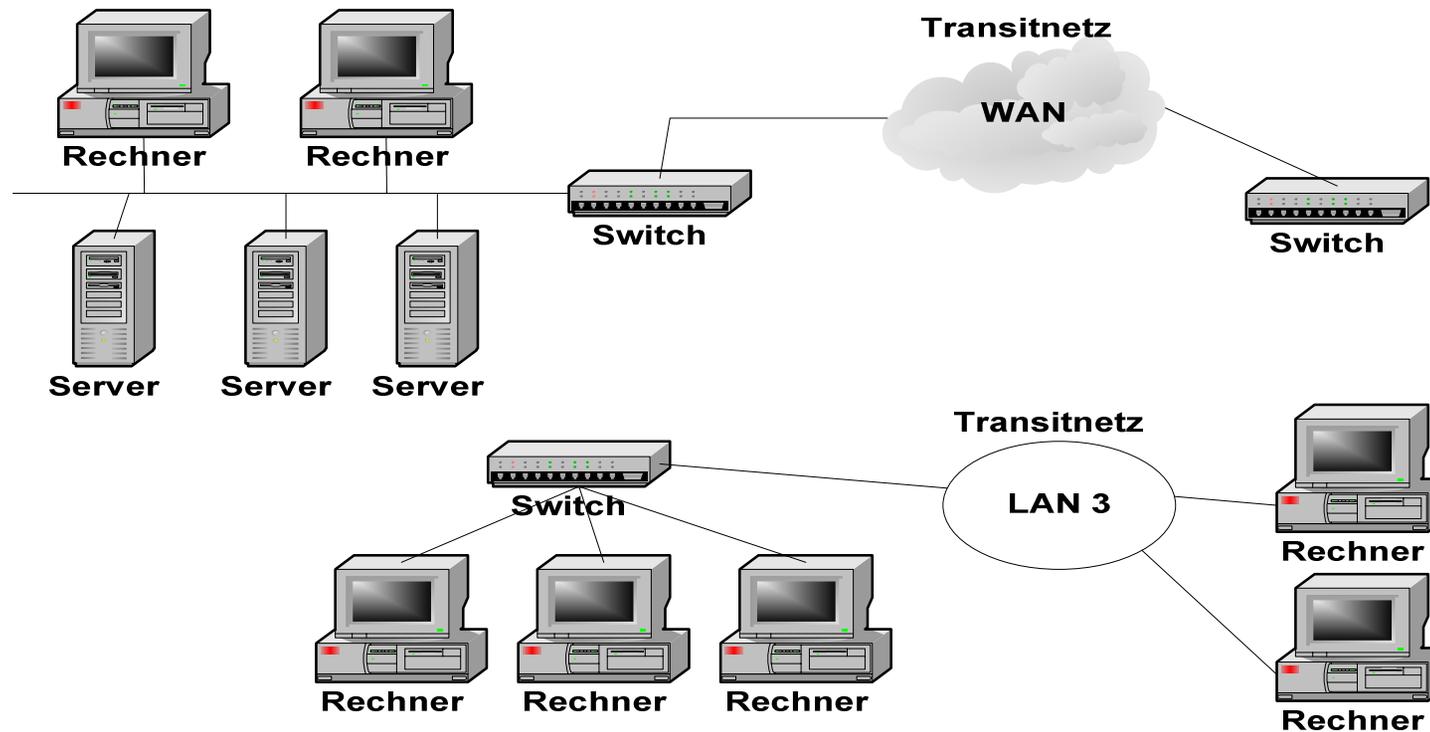
- in PSDN, keine Modems, da die Datenübertragung digital erfolgt
- Beispiele: SDH (Synchronous Digital Network), ATM-Netze, Frame Relay Netze



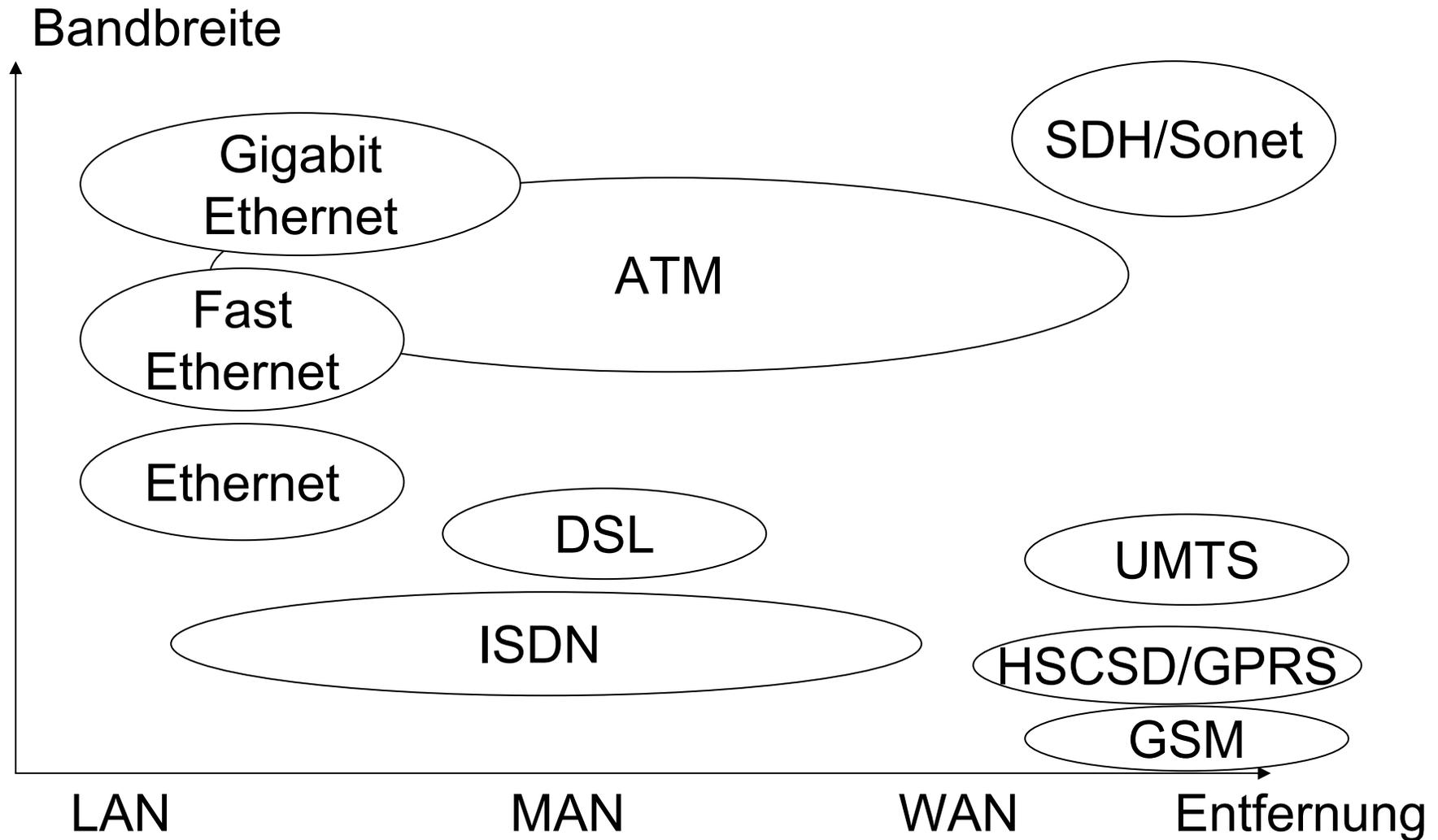
- öffentliches integriertes Daten und Audionetz

## 1.1.1 Verbindungsalternativen (7)

### □ Verknüpfung von Netzen



## 1.1.2 Technologien im Überblick



## 1.1.2 LAN/WAN-Komponenten: Einordnung

		LAN		WAN
ISO- OSI- Schicht	3		Router	X.25 Switch Concentrator PAD
	2	Hub	Switch Bridge	FR-Relay-Switch Multiplexer
	1	Controller	Sternkoppler	ISDN-Switch ATM-Switch
		Transceiver Trunk Coupling Unit	WDM Repeater Wiring Closet	Multiplexer Modem Cross Connect

## 1.1.2 Kurze Historie von Internetworking

Mitte der 80er	Späte 80er	Frühe 90er	Mitte 90er	Späte 90er/Frühe 2000er
		ATM Switch	ATM Switch	ATM Switch
	LAN Switch	LAN Switch	LAN Switch	LAN Switch
	WAN Router	WAN Router	WAN Router	WAN Router
	LAN Router	Local Router	Local Router	(Rückgang)
	Remote Bridge	Remote Bridge	(Rückgang)	(Rückgang)
Local Bridge	Local Bridge	Local Bridge	(Rückgang)	(Rückgang)

# 1.2 Klassifizierung von Kommunikationsnetzen

---

- 1.2.1 Verbindungsart
- 1.2.2 Mediennutzung
- 1.2.3 Kommunikationsstruktur
- 1.2.4 Vermittlungsarten
- 1.2.5 Dienstgüte
- 1.2.6 Organisationsstruktur
- 1.2.7 Netzhierarchien

## 1.2.1 Verbindungsarten (1)

---

- **Es gibt unterschiedliche Verbindungsarten zwischen den beteiligten Rechnern:**
  - **Punkt-zu-Punkt-Verbindung: 1:1**
    - Rechnernetz: Menge von Leitungen, die jeweils Paare von Knoten (Rechner) miteinander verbinden
    - Unterscheidung zwischen Endknoten und Vermittlungsknoten
    - Wird bevorzugt im WAN-Bereich eingesetzt
  - **Broadcast-Verbindung: 1:T**
    - Verteilung an alle Teilnehmer im betrachteten Netz
  - **Multicast-Verbindung: 1:n, mit  $n < T$** 
    - Verteilung an ausgewählte Teilnehmer im betrachteten Netz
  - **Anycast-Verbindung: 1:1**
    - Redundante Gruppe von Empfängern mit zufälliger Empfängerauswahl
    - Die Nachricht wird an irgendeinen Partner im Netz verschickt

## 1.2.1 Verbindungsarten (2)

---

### □ Verbindungsorientierte vs. verbindungslose Kommunikation

- Verbindungsorientierte Kommunikation (Connection-oriented)

Es werden drei Phasen unterschieden:

- Verbindungsaufbau
- Datenübertragung
- Verbindungsabbau

Verbindungsorientierte Kommunikation realisierbar auf

- Leitungsvermittelnden Netzen (z.B. ISDN)
- Paketvermittelnden Netzen (z.B. TCP über IP)

Es wird i.a. ein Verbindungsstatus geführt (z.B. Sequenznummern, Fehlersicherung, Flusssteuerung)

**ISDN – Integrated Services Digital Network**

**TCP – Transport Control Protocol**

**IP – Internet Protocol**

## 1.2.1 Verbindungsarten (3)

---

### □ Verbindungsorientierte vs. verbindungslose Kommunikation

- Verbindungslose Kommunikation (Connectionless)
  - Verzichtet ausdrücklich auf die Einrichtung physischer oder logischer Verbindungen vor der Datenübertragung
  - Nachrichten werden ohne vorgehende Kommunikation mit dem Empfänger in das Netz gegeben
  - Verbindungslose Dienste basieren meist darauf, dass in den höheren Ebenen logische Verbindungen implementiert sind
  - Beispiel: UDP

### UDP – User Datagram Protocol

## 1.2.1 Verbindungsarten (3)

---

### □ Zeitanforderungen

- Synchroner Übertragung (im Zusammenhang mit der Kommunikation in Datennetzen)
  - Datenströme, die mit einem festen Takt übergeben werden oder
  - Ein Ablauf, bei dem ein Prozess mit einem bestimmten Ereignis in einem anderen Prozess verbunden, d.h. synchronisiert wird
- Isochrone Übertragung
  - Prozesse müssen gleichzeitig ablaufen; ist z.B. bei Übertragung von Sprache oder Bewegtbildern erforderlich
- Asynchrone Übertragung
  - Übermittlung von Daten unabhängig von anderen Signalen;
  - Unabhängigkeit von Prozessen

## 1.2.1 Verbindungsarten (4)

---

### □ Symmetrische vs. asymmetrische Kommunikation

#### ● Symmetrische Kommunikation

- Beschreibt den Austausch von Daten zwischen zwei gleichen / gleichberechtigten Kommunikationspartnern
- I.d.R. wird hierzu die gleiche Transportcharakteristik in beiden Richtungen benötigt
- Beispiele: klassisches Telefonnetz, Verbindung von Firmenniederlassungen zum Abgleich der Datenbanken

#### ● Asymmetrische Kommunikation

- Ungleiches Verkehrsaufkommen zwischen Kommunikationspartnern
- Beispiele:
  - Client-Server-Architekturen
  - Zugriff eines Web-Clients (meist geringes Datenvolumen) auf einen Web-Server (antwortet mit umfangreicher Datensendung)
  - A-DSL (Asynchronous Digital Subscriber Line)

## 1.2.2 Mediennutzung

---

- ❑ **Dedizierte / permanent exklusive Nutzung (z.B. individuelle Leitung)**
- ❑ **Geteilte (shared) Nutzung**
  - Multiplexverfahren
  - Vielfachzugriffsprotokoll
  - Einzelner Kommunikationskanal wird von allen angeschlossenen Knoten gemeinsam genutzt
  - Nachrichten werden i.a. an alle Knoten gesendet bzw. Nachricht ist für alle Knoten abhörbar, nur adressierte Knoten nehmen Nachrichten vom Netz
  - Einsatz: bevorzugt im LAN-Bereich (Ethernet), Satelliten- und Funkverbindungen

## 1.2.3 Kommunikationsstruktur (1)

---

### □ Grundsätzlich zu unterscheiden

- Vermittelnde Netze (Switching Systems)  
Informationen werden von einer Quellstation an genau eine Zielstation übertragen (PTP-Kommunikation)
- Rundfunksysteme (Broadcast Systems)  
Es steht ein Kanal zur Verfügung, der von einem Sender gespeist und von mehreren Empfängern abgegriffen wird (PTMP)

**PTP – Point to Point**

**PTMP – Point to Multipoint**

## 1.2.3 Kommunikationsstruktur (2)

---

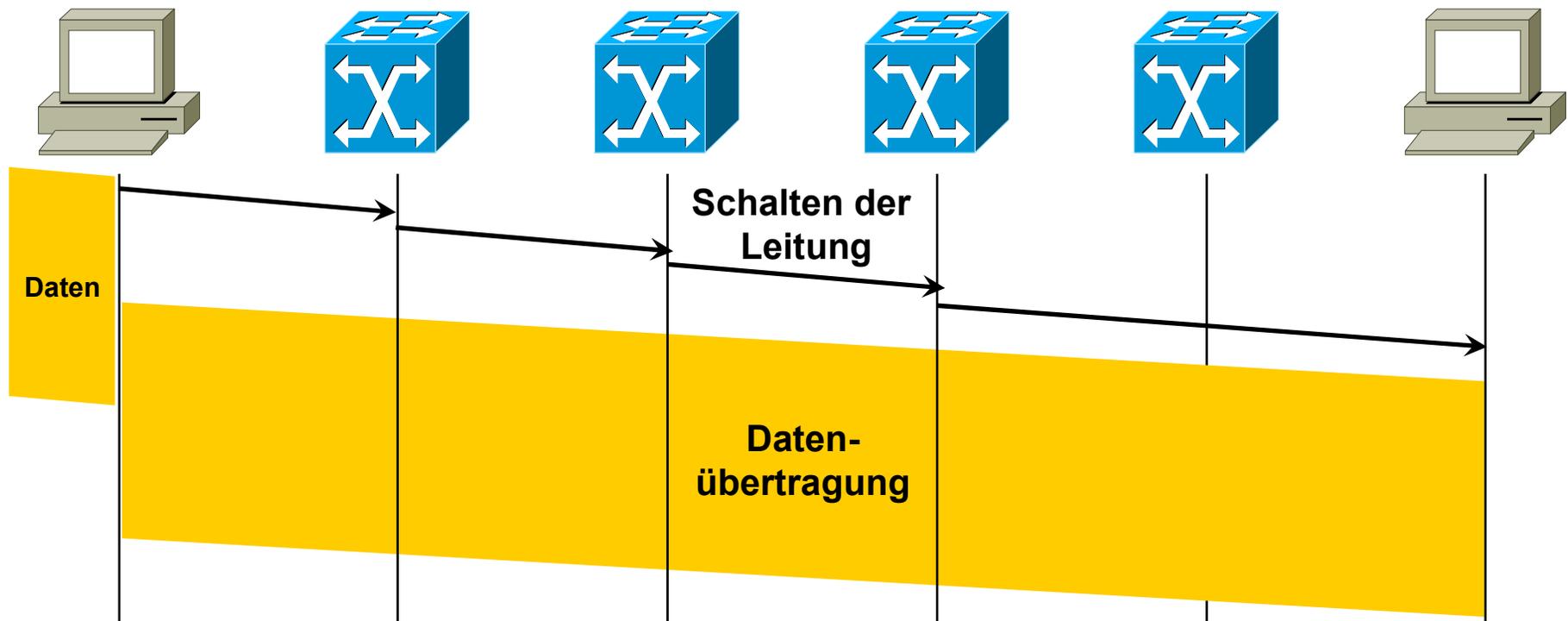
### □ Adressierung

- Vermittelnde Netze (Switching Systems)
  - Individuelle Adressen (Unicast-Adressen)
  - Gruppenadressen (Multicast-Adressen)
  - Rundsendeadressen (Broadcast-Adressen)
- Darüber hinaus unterscheidet man
  - Lokale Adressen: nur gültig innerhalb eines Teilnetzes
  - Globale Adressen: eindeutig in einem gesamten Netz
  - Logische Adressen: können Endsystemen zugeordnet werden (z.B. IP-Adressen)
  - Physische Adressen: werden Endsystemen bei der Produktion fest vergeben (z.B. Ethernet-Adresse)

## 1.2.4 Vermittlungsarten (1)

### □ Leitungsvermittlung

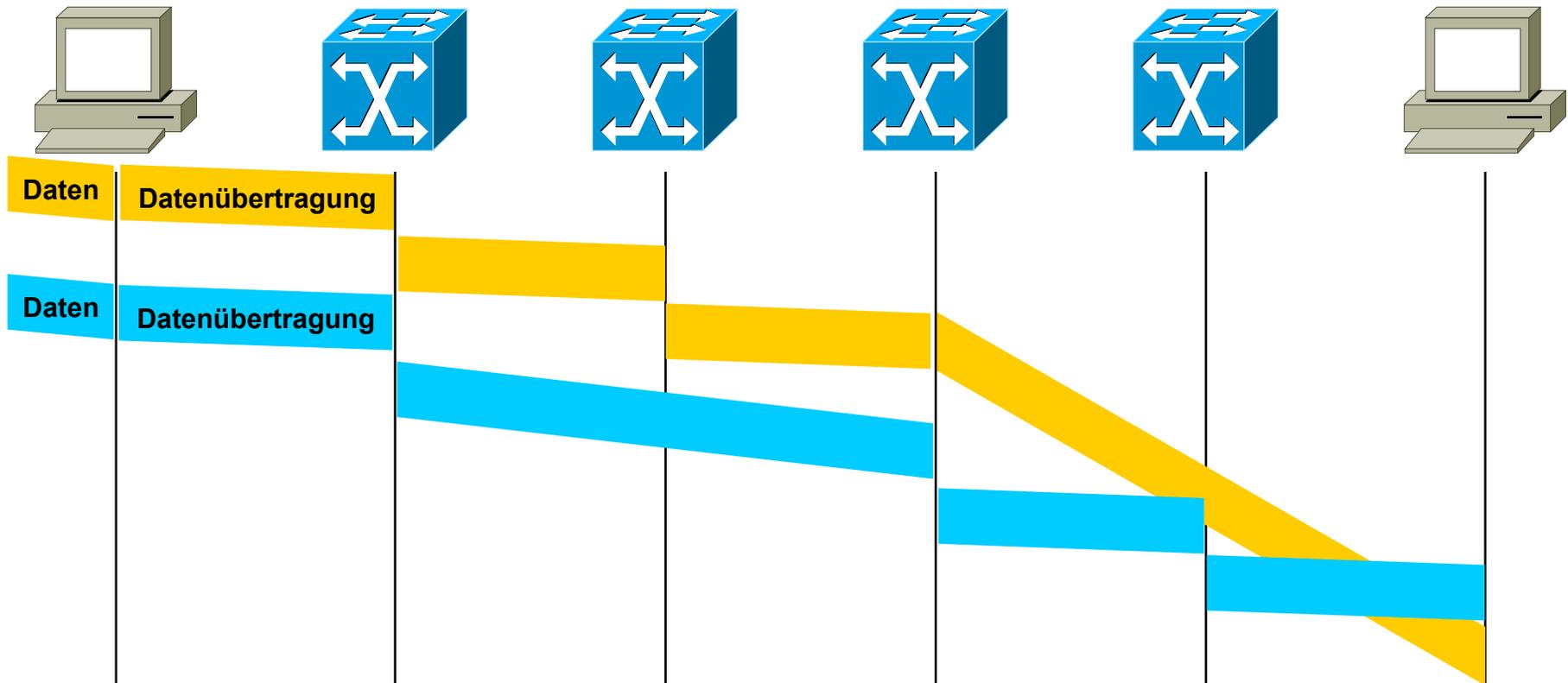
- Schaltung einer Leitung über mehrere Knoten (sog. Pfad) vor der Datenübertragung
- Alle Teilstrecken weisen identische Eigenschaften auf
- Pfad während der Übertragung unveränderlich



## 1.2.4 Vermittlungsarten (2)

### □ Nachrichtenvermittlung

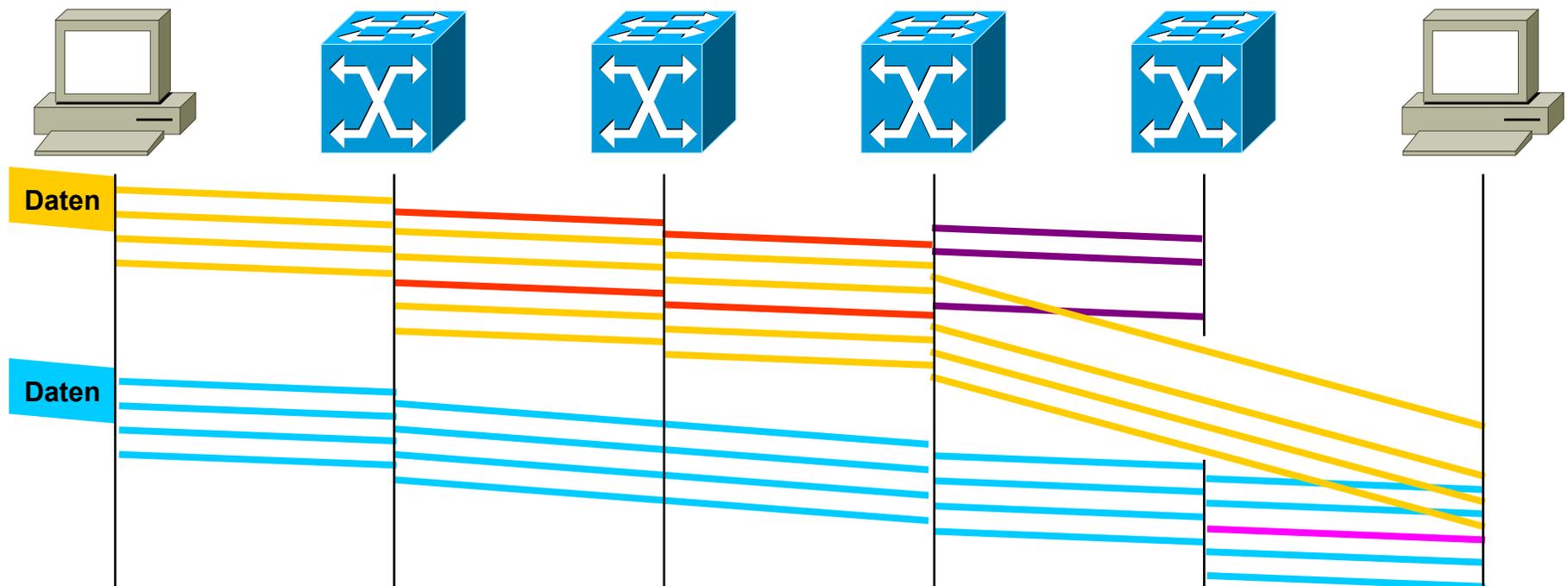
- Übertragung einer vollständigen Nachricht über Knotenrechner
- Weiterleitung am Knoten nach korrektem Empfang (store-and-forward)
- Unterschiedliche Pfade möglich (keine Reihenfolgeerhaltung)



## 1.2.4 Vermittlungsarten (3)

### Paketvermittlung

- Zerlegung der Nachricht in kleinere Einheiten (Pakete)
- Pakete werden unabhängig im store-and-forward-Prinzip übertragen
- Pakete können auf unterschiedlichen Pfaden übermittelt werden (keine Reihenfolgeerhaltung)
- Nachrichten müssen beim Empfänger aus den empfangen Paketen rekonstruiert werden



## 1.2.4 Vermittlungsarten (4)

---

### □ Leitungsvermittelnde vs. paket- bzw. nachrichtenvermittelnde Netze

- Leitungsvermittlung (Circuit Switching)
  - Alle Netzteilstrecken werden physisch zu einer Ende-zu-Ende-Verbindung (Pfad) gekoppelt
  - Somit steht ein fester Übertragungskanal mit dedizierten Eigenschaften (z.B. Bandbreite, Verzögerung) zur Verfügung
  - historisch mit der Entwicklung der Sprachtelefonie verbunden; klassische Netze der Telekommunikation (PSTN, Public Switched Telephone System) sind leitungsvermittelt

#### Vorteile:

- Garantierte Eigenschaften
- Einfache und kostengünstige Realisierung der Endgeräte

#### Nachteile:

- Die Leitung wird exklusiv für eine Verbindung reserviert
- Es können sinnvoll nur Punkt-zu-Punkt-Verbindungen aufgebaut werden

## 1.2.4 Vermittlungsarten (5)

---

### □ Leitungsvermittelte vs. paket- bzw. nachrichtenvermittelte Netze

#### ● Paketvermittlung / Nachrichtenvermittlung

- Bildung eines Pakets bzw. einer Nachricht
- Mit notwendiger, damit zusätzlicher Adress- und Steuerinformation
- Mehrere Endsysteme können sich eine Verbindungsressource teilen

#### Vorteile:

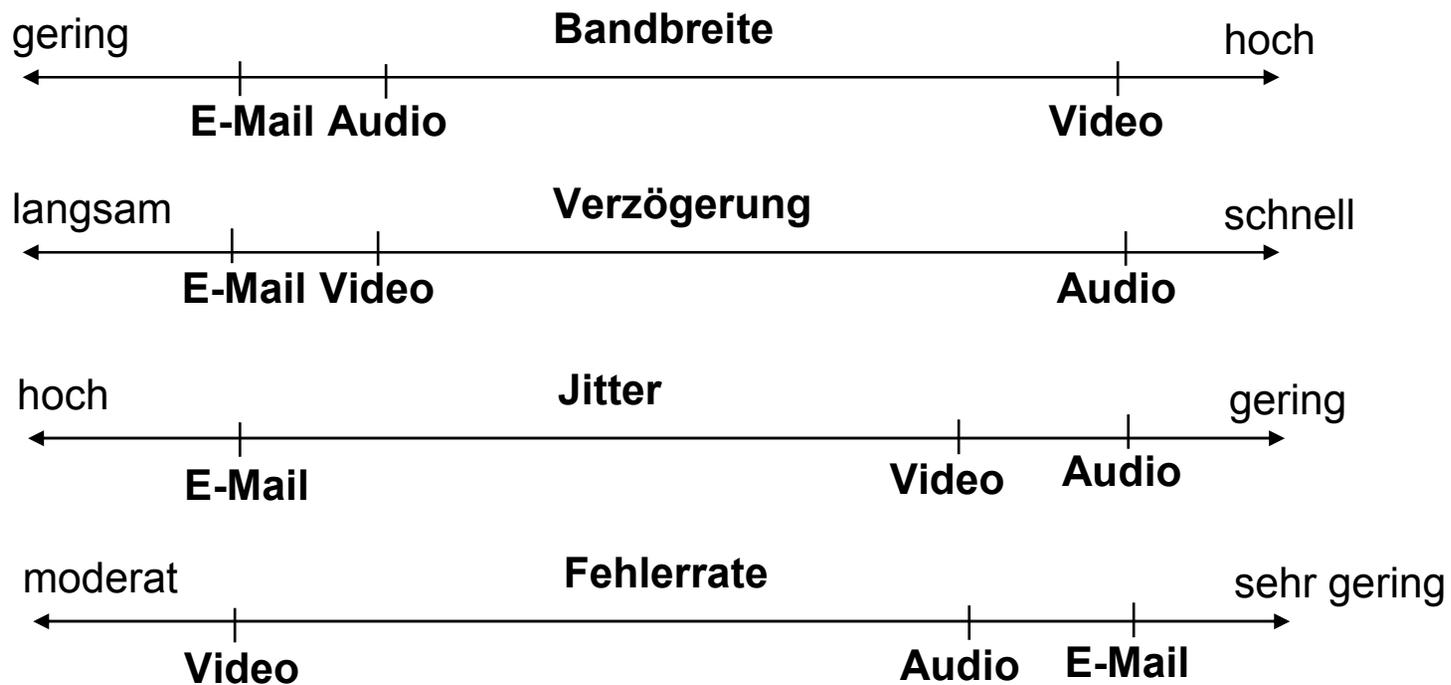
- Der Mehrfachzugang mehrerer Endsysteme auf eine Leitung ist flexibel möglich (bei Paketen feingranularer als bei Nachrichten)
- Verteilung von Verkehrsströmen Load Balancing auf versch. Pfaden flexibel möglich

#### Nachteile:

- Gewährleistung von Dienstgüte problematisch (mit speziellen Techniken möglich)
- Jedes Paket / jede Nachricht muss Steuerinformation beinhalten
- Verringerung der nutzbare Bandbreite
- Erhöhter Aufwand bei der Vermittlung
- Maßnahmen zur Reihenfolgeerhaltung notwendig
- Rekonstruktion der übertragenen Daten aus Paketen / Nachrichten notwendig

## 1.2.5 Dienstgüte (1)

- Beispiele von Anforderungen der Verkehrstypen an die Qualität von Netzen



## 1.2.5 Dienstgüte (2)

---

### ❑ **Bandbreite**

- Wird üblicherweise als Übertragungsgeschwindigkeit in Bit pro Sekunde (Bit/s) angegeben, präziser: Übertragungsrate
- Die Einheit Baud gibt die Anzahl der Signal-Schritte pro Sekunde an. Dabei können je nach Kodierung unterschiedliche viele Bits pro Schritt übertragen werden (z.B. 1, 4,  $\frac{1}{2}$ )

### ❑ **Verzögerung (Delay, Latency)**

- Zeitdauer zwischen der Erzeugung des Signals beim Sender und dem Eintreffen des Signals beim Empfänger
- Beispiel: G. 114 der ITU-T besagt, dass für eine gute Sprachqualität maximal 150 ms als Verzögerung auftreten sollen

### ❑ **Varianz der Verzögerung (Jitter)**

## 1.2.5 Dienstgüte (3)

---

### ❑ **Fehlerrate: Es müssen zwei Aspekte unterschieden werden:**

- Fehler können Signale bei der Übertragung verfälschen
  - Bitfehlerwahrscheinlichkeit (Bit Error Rate, BER) ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein einzelnes Bit falsch übertragen wird
  - Bitfehler treten i.a. burst-artig auf
- Es können ganze Datenpakete verloren gehen  
Der Anteil der Daten, die auf der Übertragungsstrecke verloren gehen, bezeichnet man als Verlustrate (Loss Rate)

### ❑ **Verfügbarkeit**

**Die Verfügbarkeit entspricht dem Anteil der geplanten Betriebszeit, zu dem das Netz (bzw. Verbindung, Komponente oder Dienst) den Anwendern mit der spezifizierten Leistung zur Verfügung steht**

**QoS-Parameter werden in sog. Service Level Agreements (SLAs) vereinbart**

## 1.2.6 Organisationsstruktur (1)

---

### ❑ **Personal Area Networks (PANs)**

- Verbinden einiger weniger Rechner und Peripheriegeräte im persönlichen Umfeld eines Anwenders
- Bezeichnung entstand erst mit der Entwicklung von drahtlosen Übertragungstechniken (z.B. Bluetooth)
- Private Netze, häufig keine Routingfunktionen

### ❑ **System Area Networks (SANs)**

- Koppeln Systemkomponenten im Bereich eines oder einiger weniger Rechnerkomponenten oder Rechner
- Spezielle Systemnetze sind Speichernetze (Storage Area Networks, SAN)

## 1.2.6 Organisationsstruktur (2)

---

### ❑ **Local Area Network (LAN)**

- Verbindung von Rechnerkomponenten in einem lokalen Bereich
- Zunehmend auch für die Standort-Kopplung eingesetzt (mit hochratigen LAN-Technologien wie Gigabit- oder 10-Gigabit-Ethernet)
- Private Netze; häufig keine Routing-Funktion

### ❑ **Metropolitan Area Networks (MAN, Stadtnetze)**

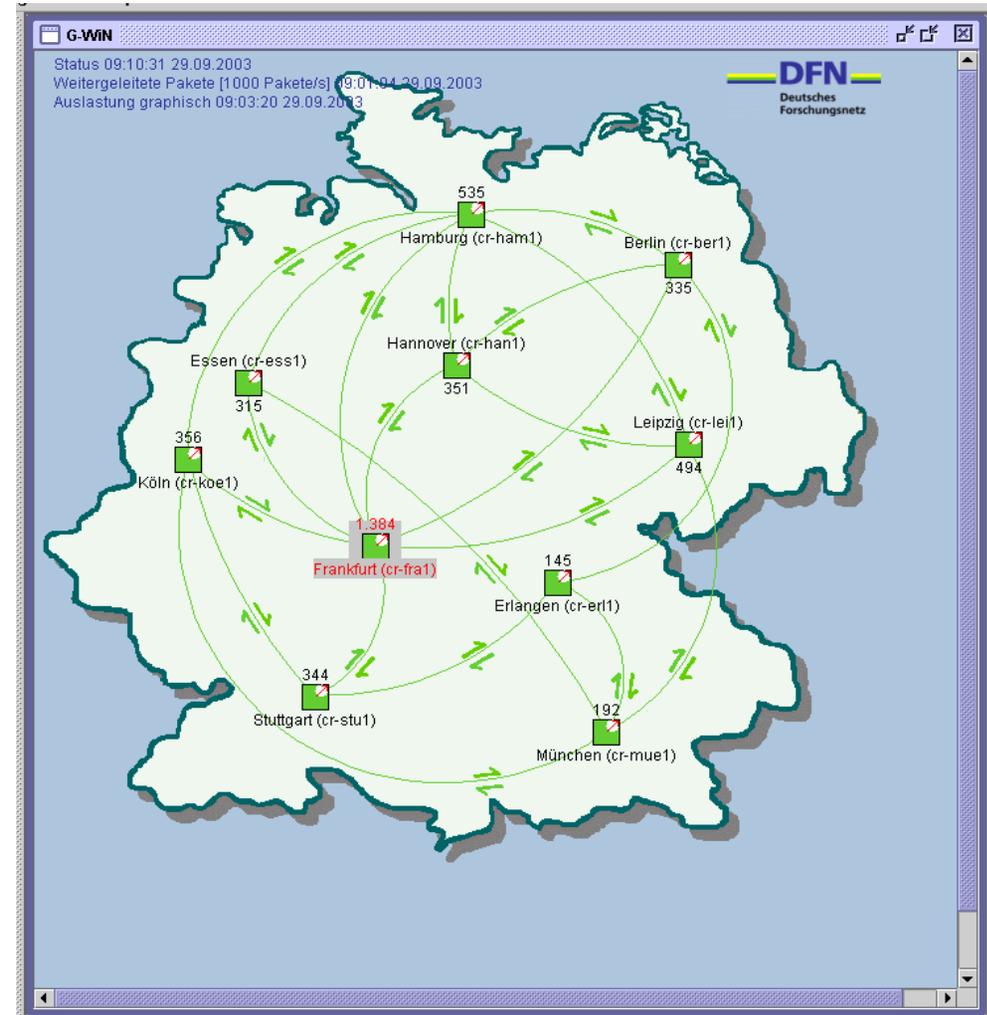
- Verbindung verschiedener Standorte unter Nutzung einer Routing-Funktion
- Transportnetz gehört i.d.R. einem Netzbetreiber
- Durch steigenden Reichweiten von LANs und Entwicklung von LAN-Technologien verlieren ältere, spezialisierte MAN-Technologien (FDDI, DQDB) immer mehr an Bedeutung
- Beispiel: MWN (Münchener Wissenschaftsnetz); Betreiber: LRZ

**FDDI – Fiber Distributed Data Interface**

**DQDB – Distributed Queue Dual Bus**

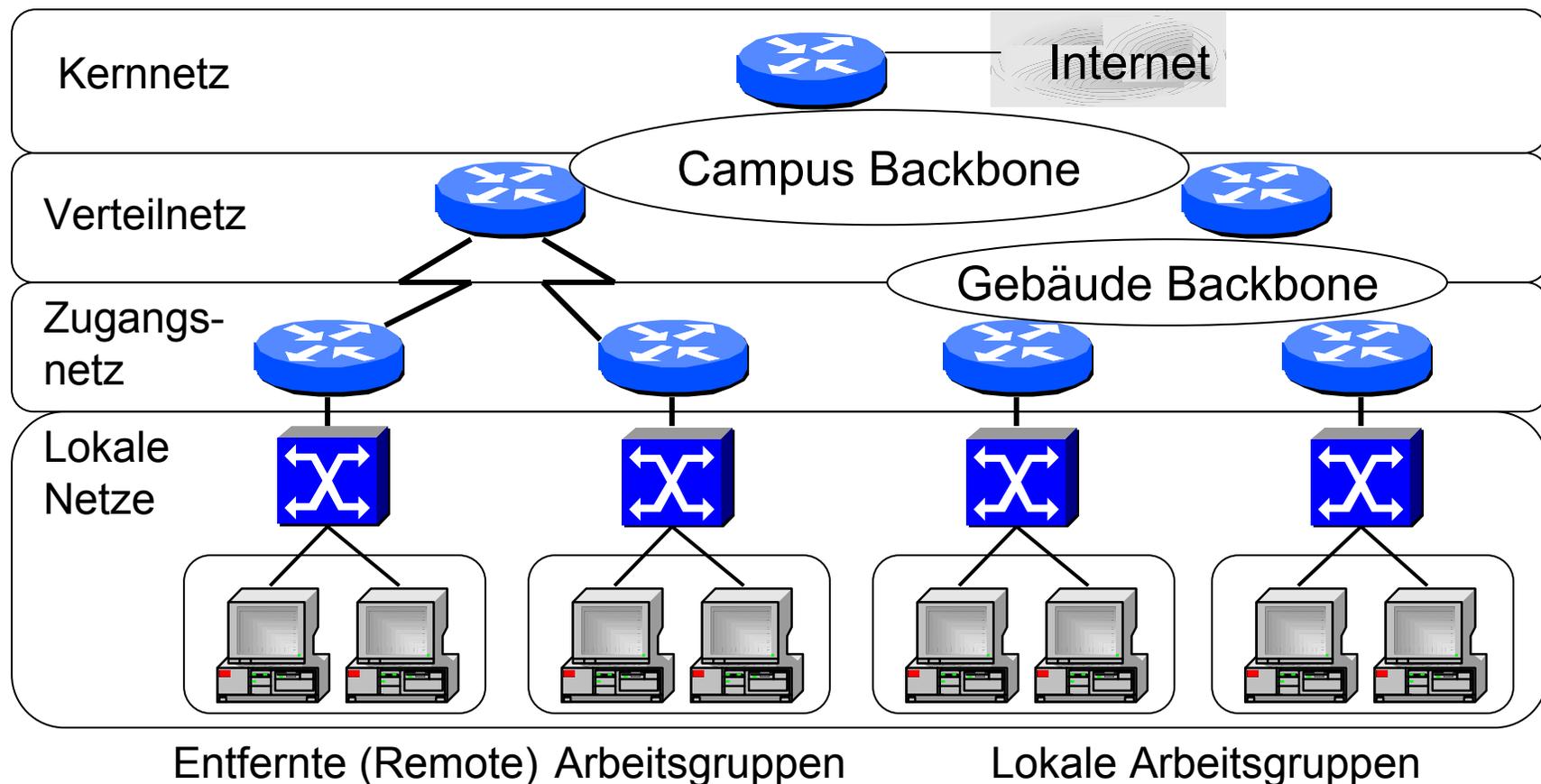
## 1.2.6 Organisationsstruktur (3)

- ❑ **Wide Area Networks (WANs, Weitverkehrsnetze)**
  - Koppeln weltweit verschiedene Netze meist unterschiedlicher Netzbetreiber
  - Öffentliche Netze mit Vermittlungs- und Routing-Funktionen, für die i.d.R. Entgelt gefordert wird
  - Beispiel: G-WiN  
Betreiber: DFN  
([www.dfn.de](http://www.dfn.de))



## 1.2.7 Netzhierarchien (1)

- ❑ Größere Rechnernetze werden hierarchisch aufgebaut
- ❑ Es werden i.d.R. vier Hierarchieebenen unterschieden
- ❑ Zusammenfassung von Ebenen möglich



## 1.2.7 Netzhierarchien (2)

---

### □ Hierarchieebenen

- Lokale Netze (Local Area Network)
  - Verbindung lokaler Ressourcen
  - Einsatz klassischer LAN-Technologien
  - Hauptziel: einfache und unkomplizierte Weiterleitung des Verkehrs
- Zugangsnetze (Access Network)
  - Anbindung eines lokalen Netzes an ein übergeordnetes Netz
  - Bei abgesetzten Arbeitsgruppen in anderen Gebäuden, Stadtteilen, Städten oder Ländern kommen die Zugangsnetze im engeren Sinne zum Einsatz; Beispiel: Wahl- oder Standleitung über ISDN, DSL oder Richtfunkstrecken
  - Hauptziel: möglichst hohen Portdichte bei niedrigen Kosten

### DSL – Digital Subscriber Line

## 1.2.7 Netzhierarchien (3)

---

### □ Hierarchieebenen (Fortsetzung)

- Verteilnetze (Distribution Networks)
  - Grenzen Zugangs- und Kernnetze voneinander ab
  - Auf dieser Ebene werden oft folgende Funktionen realisiert:
    - Adressumsetzung (NAT)
    - Implementierung von Sicherheitsmaßnahmen (ACLs in den Routern)
    - VLAN-Routing
- Kernnetze (Core Networks)
  - Vernetzung der weltweit verteilten Standorte
  - Eigenschaften
    - Redundante Pfade (Erhöhung der Verfügbarkeit)
    - Effiziente Ausnutzung der Bandbreite

**NAT – Network Address Translation**

**ACL – Access Control Lists**

# 1.3 Kommunikationsmodelle (1)

---

## □ Aspekte

- Protokoll
  - Notwendig für die Kommunikation zwischen Rechnern
  - Menge von Datenstrukturen und Konventionen
    - Wie der Ablauf der Kommunikation stattfindet und
    - Wie die Informationen jeweils zu interpretieren sind (Syntax)
- Offene Systeme
  - Standards für die Interaktion zwischen heterogenen HW- und SW-Systemen
- Reduzierung der Komplexität
  - Netz wird in aufeinander aufbauende Schichten unterteilt
  - Für jede Schicht wird mindestens ein Protokoll bereitgestellt
- Beispiele:
  - **ISO/OSI-Protokollsuite**
  - TCP/IP-Protokollsuite

## 1.3 Kommunikationsmodelle (2)

---

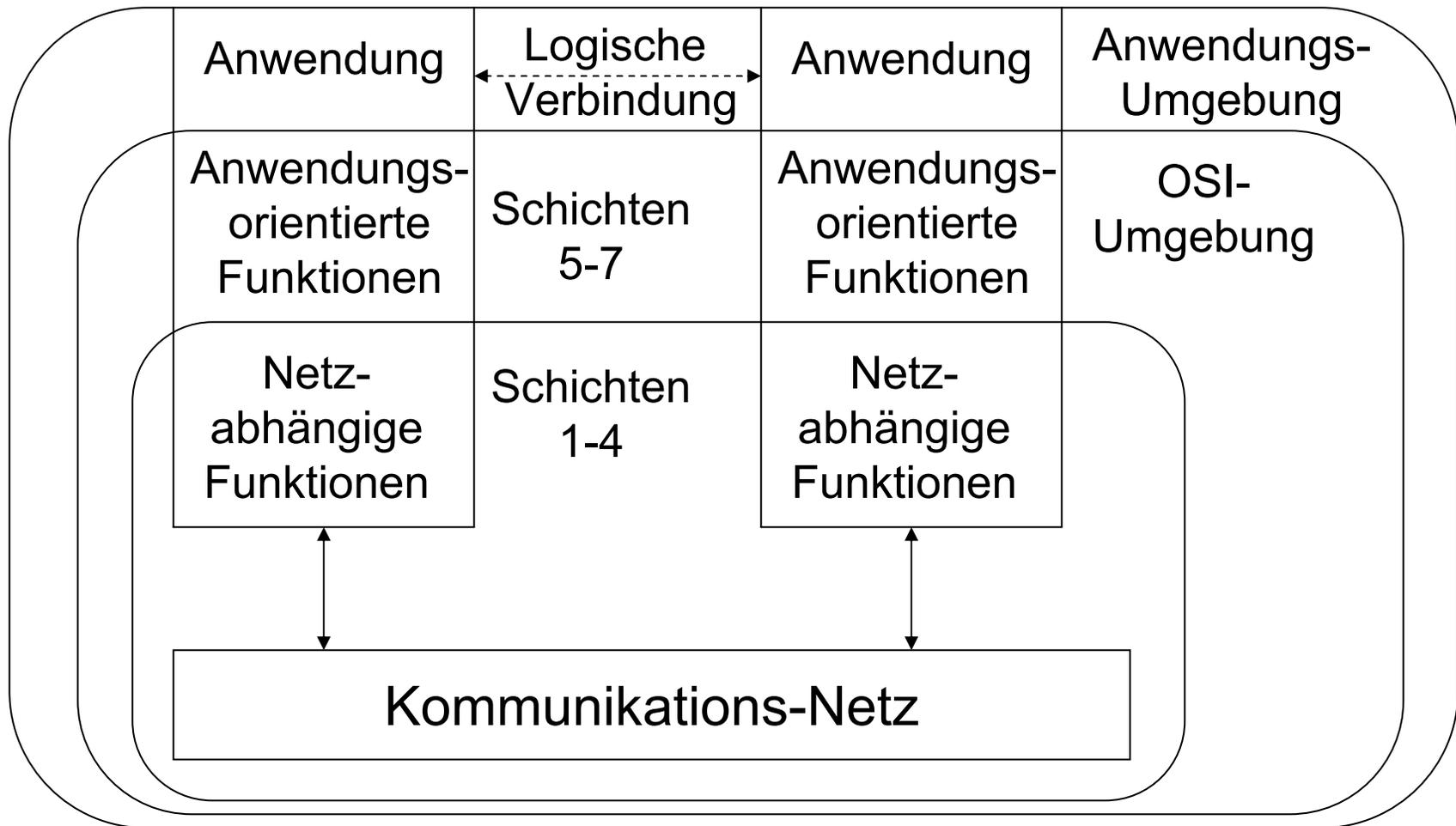
### □ Aspekte

- Operationale Umgebungen für Anwendungen
  - **OSI-Transportsystem**
    - Diese Umgebung spezifiziert die Protokolle und Standards für das Datenkommunikationsnetz
    - Schichten 1-4
  - **OSI-Umgebung**
    - Diese Umgebung umfasst die Netz-Umgebung und beinhaltet zusätzlich anwendungsorientierte Protokolle und Standards, damit die Endsysteme in offener Weise miteinander kommunizieren können
    - Schichten 5-7
    - OSI-Umgebung => OSI-Transportsystem + OSI-Anwendungssystem
  - **Anwendungs-Umgebung**
    - Baut auf die ersten beiden Umgebungen
    - Zusätzlich dazu Realisierung der anwendungsorientierten Dienste, die in verteilten System angeboten werden

# 1.3 Kommunikationsmodelle (3)

## □ Aspekte

- Operationelle Umgebungen für Anwendungen (Fortsetzung)



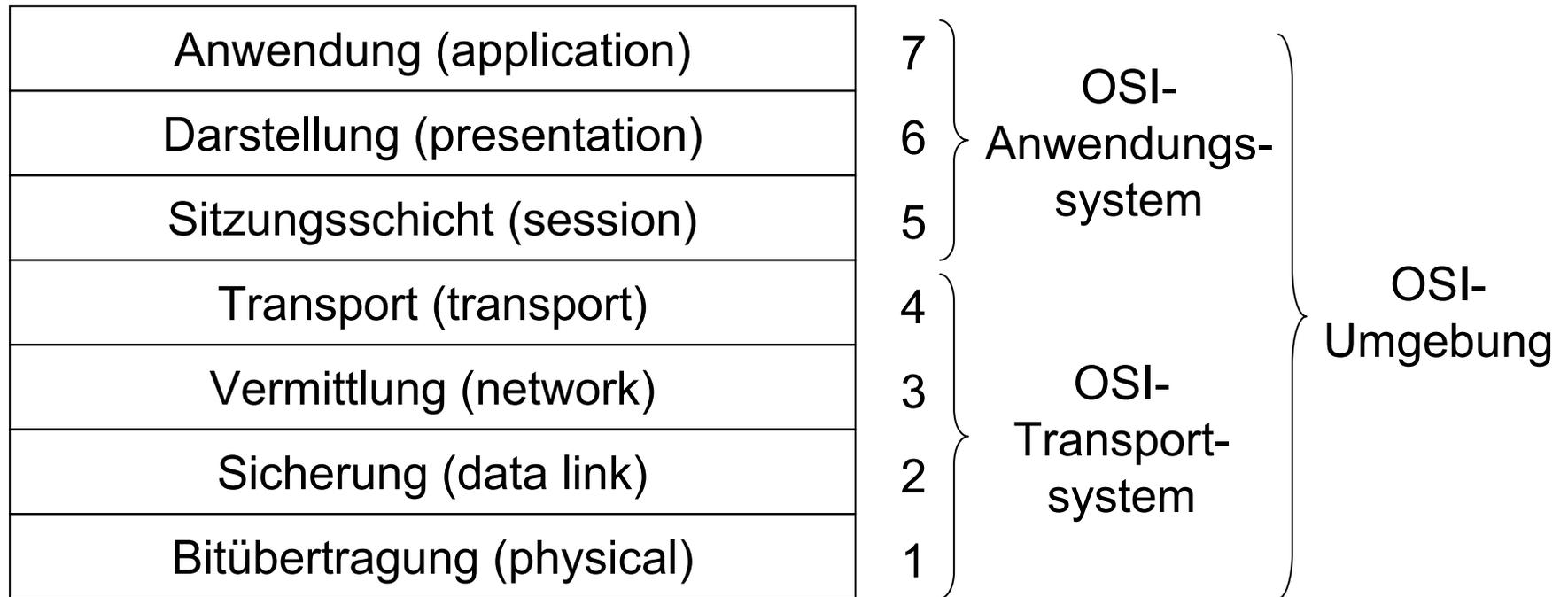
# 1.4 ISO/OSI-Referenzmodell

---

## □ Prinzipien für Schichtung

- Jede Schicht repräsentiert eine Abstraktionsebene
- Jede Schicht führt eine wohldefinierte Funktion aus
- Schmale Schnittstellen zwischen Schichten, um Informationsfluss zu minimieren
- Funktion einer Schicht ist aufgrund von international spezifizierten Standardprotokollen definiert

## 1.4.1 Aufbau des OSI-Schichtenmodells (1)



## 1.4.1 Aufbau des OSI-Schichtenmodells (2)

---

### □ Bitübertragungsschicht (Physical Layer)

- Beschreibt das Übertragungsmedium und die Regeln zur Übertragung einzelner Bits; hierzu zählen
  - Mechanische Schnittstellen (z.B. Steckergröße, Anzahl der Pins)
  - Elektrische Schnittstellen (z.B. die Größe der anliegenden Spannung)
  - Prozedurale Schnittstellen (z.B. Dauer eines übertragenen Bits, Art der Leitungscodierung)
  - Eigenschaften der physischen Mediums

### □ Sicherungsschicht (Data Link Layer)

- Überträgt ganze Rahmen (Frames) über eine Teilstrecke; sie erfüllt folgende Aufgaben
  - Rahmensynchronisation
  - Flusssteuerung
  - Fehlersicherung
  - Vielfachzugriffsverfahren
- Wird oft unterteilt in
  - 2b (LLC: Logical Link Control)
  - 2a (MAC: Media Access Control)

## 1.4.1 Aufbau des OSI-Schichtenmodells (3)

---

### □ Vermittlungsschicht (Network Layer)

- Fehlerfreie Übermittlung einer Nachricht von einem Endsystem über ein Netz von Vermittlungsrechnern hinweg zu einem weiteren Endsystem
- Beinhaltet Routing und Adressierung
- Beispiel: IP

### □ Transportschicht (Transport Layer)

- Fehlerfreier Nachrichtentransport zwischen zwei kommunizierenden Prozessen in zwei Endsystemen
- Bildet die anwendungsorientierten Schichten auf die netzabhängigen Schichten ab
- Beispiel: TCP/UDP

## 1.4.1 Aufbau des OSI-Schichtenmodells (4)

---

### ❑ Sitzungsschicht (Session Layer)

- Verbindungssteuerung
- Berechtigungssteuerung der Stationen
- Synchronisation der Datenströme

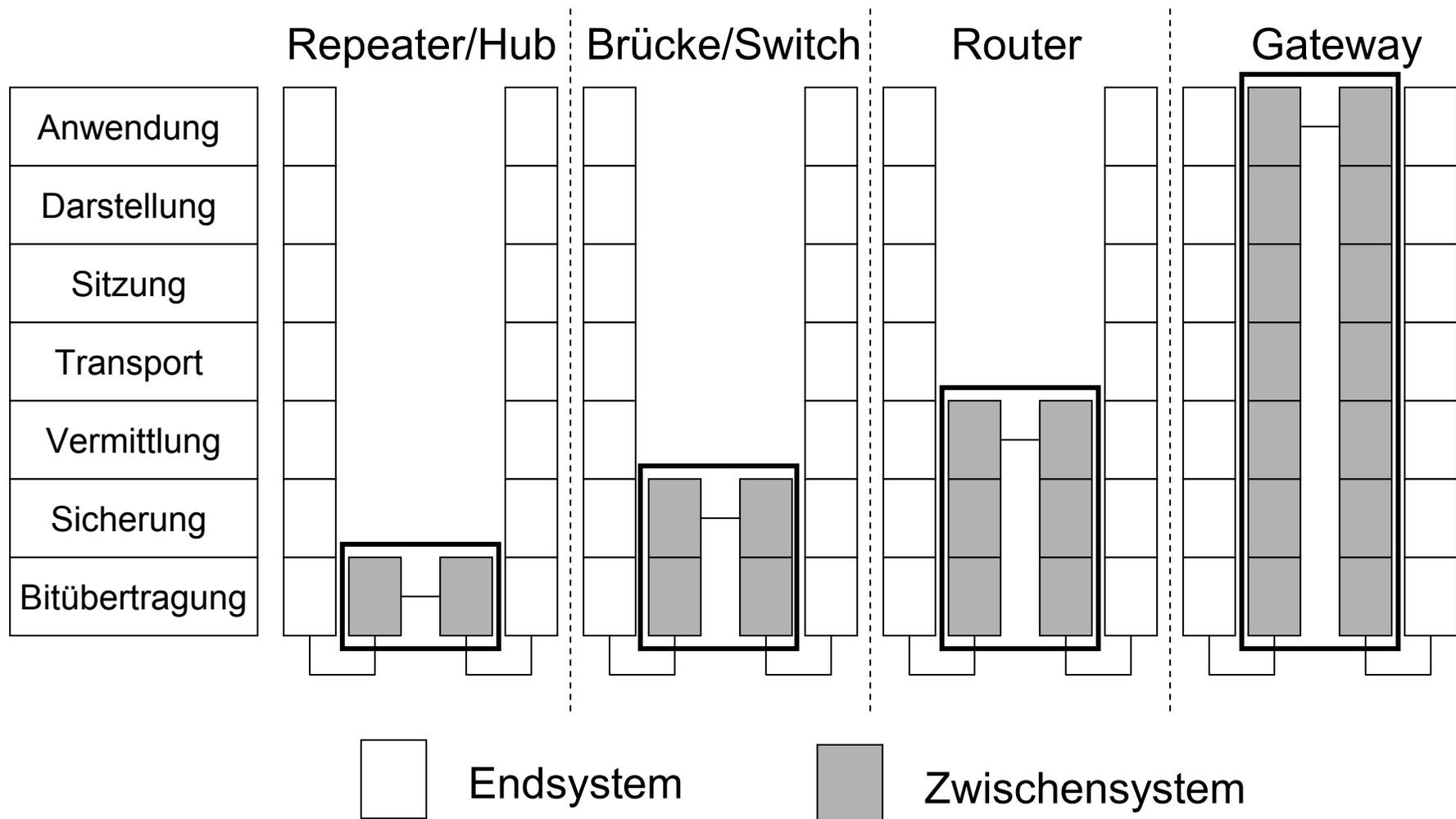
### ❑ Darstellungsschicht (Presentation Layer)

- Strukturierte, fehlerfreie Kommunikation zweier Partnerprozesse in angepasster Datendarstellung

### ❑ Anwendungsschicht (Application Layer)

- Stellt den Anwendern (Personen) bzw. den Anwendungen (Software) die grundlegenden Eigenschaften der Kommunikation zur Verfügung

## 1.4.2 Kopplung von Netzen im ISO/OSI-Referenzmodell



## 1.5 Standards für den Anschluss von Geräten (1)

---

- ❑ **Festlegung der Standards in der Vergangenheit von zwei getrennten Bereichen bestimmt:**
  - Rechner- und
  - Telekommunikationsindustrie
  
- ❑ **Standardisierungs-Organisationen**
  - International Organization for Standardization (ISO), Mitglieder: DIN, ANSI
  - International Telecommunication Union (ITU) (früher CCITT): ITU-R, ITU-T
  - European Telecommunications Standards Institute (ETSI)
  - Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)
  - Internet Architecture Board (IAB) - RFCs
  - Internet Corporation for Assigned Names and Numbers (ICANN)

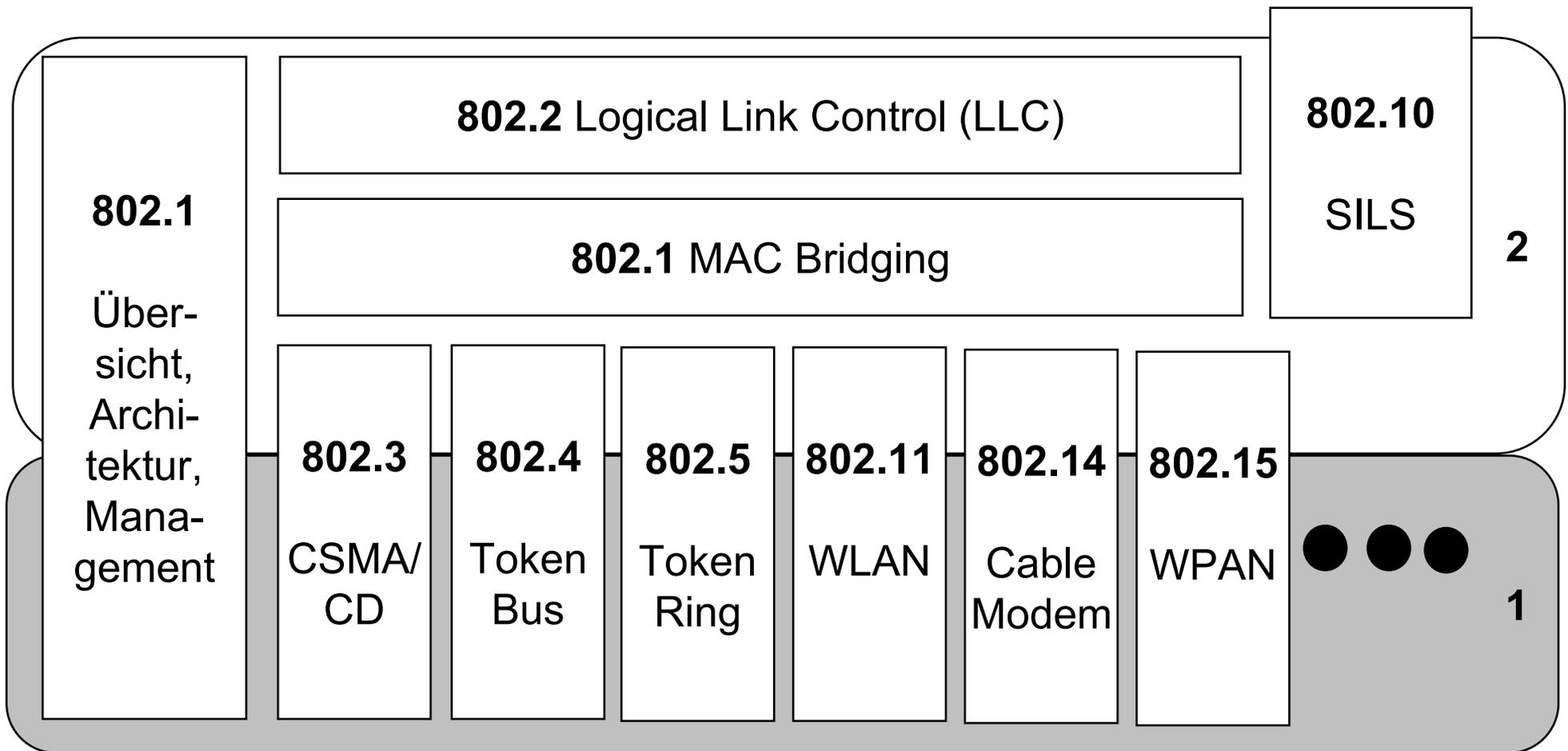
# 1.5 Standards für den Anschluss von Geräten (2)

---

## □ Beispiele von Standards

- V-Standards: Übertragung digitaler Information über analoge Leitungen, z.B. V.24
- X-Standards: Übertragung digitaler Information mittels digitaler Übertragung, z.B. X.25
- G-Standards: Anschluss von Glasfasern, z.B. G.703
- IEEE-802-Standards ([www.ieee802.org](http://www.ieee802.org)): z.B.
  - Ethernet (802.3 a-t)
  - Fast Ethernet (802.3u)
  - Gigabit Ethernet (802.3 z für Lichtwellenleiter, 802.3ab für Draht)
  - 10-Gigabit Ethernet (802.3ac für Lichtwellenleiter, 802.3ak für Draht Cx 4 (Draft))
  - Power-over-Ethernet (802.3af)

# 1.5 IEEE 802-Standards



---

# **Kapitel 2: Übertragungsmedien**

# 2 Übertragungsmedien

---

- 2.1 Grundlagen
- 2.2 Kabeltypen für elektrische Übertragung
- 2.3 Lichtwellenleiter
- 2.4 leiterungebundene Übertragung
- 2.5 strukturierte Verkabelung
- 2.6 Grundlagen der Codierung

# 2.1 Grundlagen

---

- 2.1.1 Eigenschaften von Medien
- 2.1.2 Elektrische Leiter
- 2.1.3 Lichtwellenleiter (LWL)

## 2.1 Definitionen (Wiederholung)

---

- ❑ **Definition: Daten/Nachrichten sind Zeichenfolgen (diskrete Nachrichten) oder kontinuierliche Funktionen (analoge Nachrichten), die eine Information darstellen**
- ❑ **Schwerpunkte:**
  - „Verarbeitung“ von Daten
  - „Weitergabe“ von Daten
- ❑ **Es wird unterschieden zwischen:**
  - Diskreten Nachrichten
  - Analogen Nachrichten
- ❑ **Definition: Signale sind die Darstellung von Nachrichten/Daten auf Medien**
  - Analoge Signale
  - Diskrete Signale

## 2.1 Aufgabe der Schicht 1 (Wiederholung Rechnernetze)

---

- ❑ **Sorgt für den transparenten Transport von Bits über eine Leitung**
  - Sequentialisierung von Bits
  - Codierung von Bits in Signale
  - Analoge/Digitale Übertragung
- ❑ **Legt folgende Charakteristik fest:**
  - Physikalisch: elektronische, optische, akustische, ...
  - Mechanisch: PIN-Gestaltung, Steckerkonfiguration, ...
  - Funktional: PIN-Belegung, Takt, ...
  - Prozedural: Ablauf der Elementarereignisse
  - Spezifiziert die Dienstqualität bei der Übertragung:
    - Error Rate
    - Transit Delay
    - Service Availability
    - Transmission Rate

## 2.1.1 Eigenschaften von Übertragungsmedien (1)

---

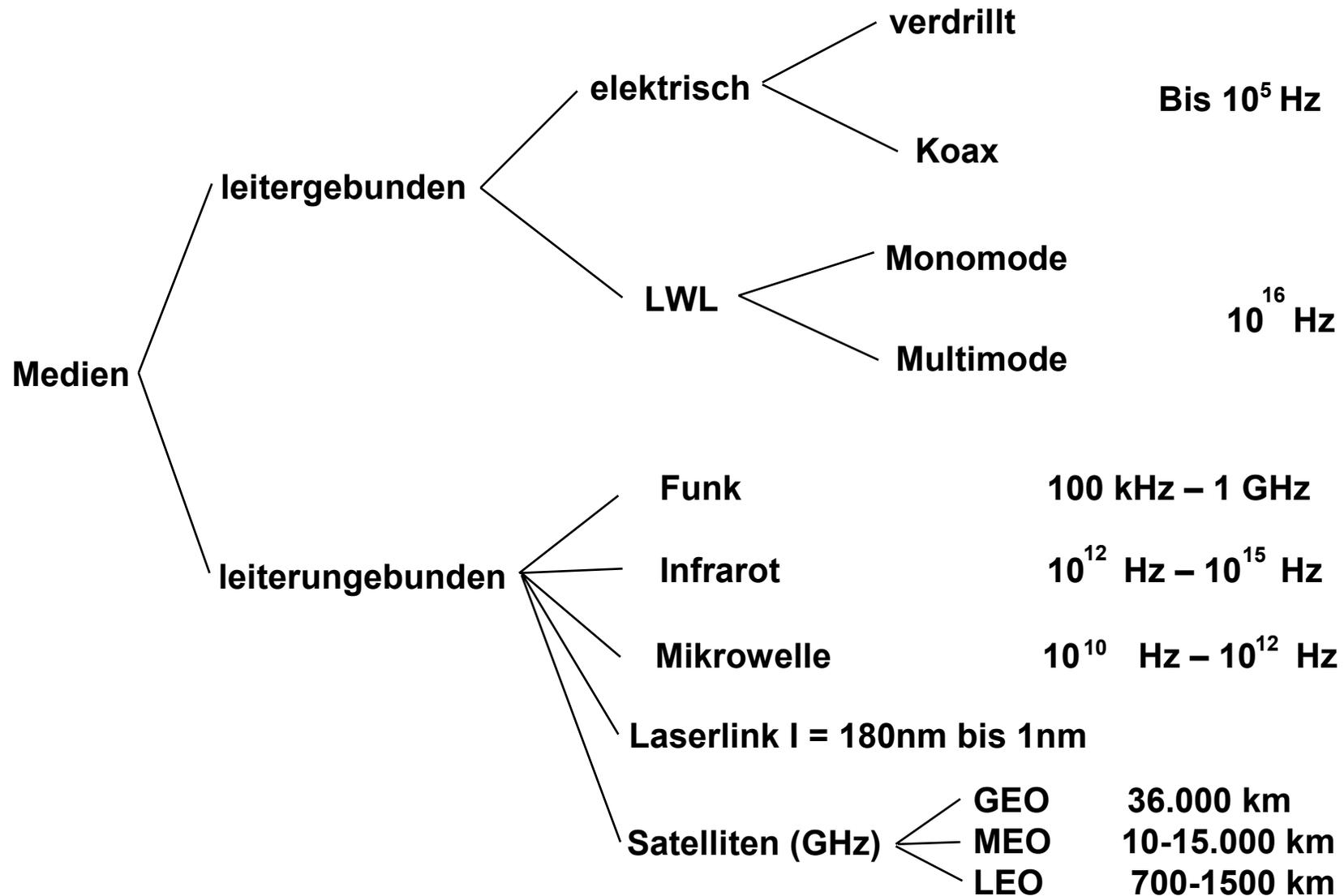
### □ **Übertragungseigenschaften**

- Erzielbare maximale Übertragungsrates
- Überbrückbare Entfernungen
- Mediumspezifische Charakteristika
- Mediumspezifische Störeinflüsse

### □ **Betriebliche Aspekte**

- Verlegeeigenschaften der Medien
- Verkabelungsstruktur
- Brandsicherheit
- Kosten
- Angebot an Netzkomponenten, die diese Medien unterstützen
- Zukunftsperspektiven

## 2.1.1 Eigenschaften von Übertragungsmedien (2)



## 2.1.2 Elektrische Leiter (Wiederholung Rechnernetze)

---

- ❑ **Umwandlung von Binärdaten in elektrische Signale**
- ❑ **Charakteristische Größen**
  - Nachrichtensignale werden auf Leitungen auf elektromagnetische Wellen mit endlicher Fortpflanzungsgeschwindigkeit übertragen
  - Leitungen werden in
    - Homogene (gleiche Fortpflanzungskonstante, gleicher Wellenwiderstand) und
    - Inhomogene Leitungen (durch örtlich verteilte Abweichungen werden u.U. reflektierende Wellen gebildet) unterteilt
  - Dämpfung ( $db = c * \log (E/A)$ )
    - Wird mit zunehmender Entfernung größer
    - Wird bei höheren Frequenzen größer
  - Kapazität eines Kabels

## 2.1.2 Störeinflüsse

---

- Skineffekt, d.h. Ströme fließen ausschließlich auf der Leiteroberfläche; Bei hohen Frequenzen ab etwa 20 KHz, Verdrängung der Ströme auf die Leiteroberfläche -> erhöhte ohmsche Verluste  
Erhöhung der Baudrate -> Ströme fließen ausschließlich auf der Leiteroberfläche -> vom gesamten Querschnitt wird weniger für Übertragung genutzt

Lösungsansatz:

➔ Beschichtung der Leiteroberfläche mit hochleitfähigem Material (z.B. Silber, Gold, Platin)

- Reflexionen
  - Fehlerpassagen zwischen RI (Stromquelle) und RA (Verbraucher, Gerät, Leitung); Bessere Abschlusswiderstände, Anpassung, Terminatoren
- Erdschleifen, Potenzialdifferenz
  - Ausgleich durch Erdung, durch optoelektronische Entkopplung durch LWL-Verwendung
- Lange Wege (Zunahme der Dämpfung)

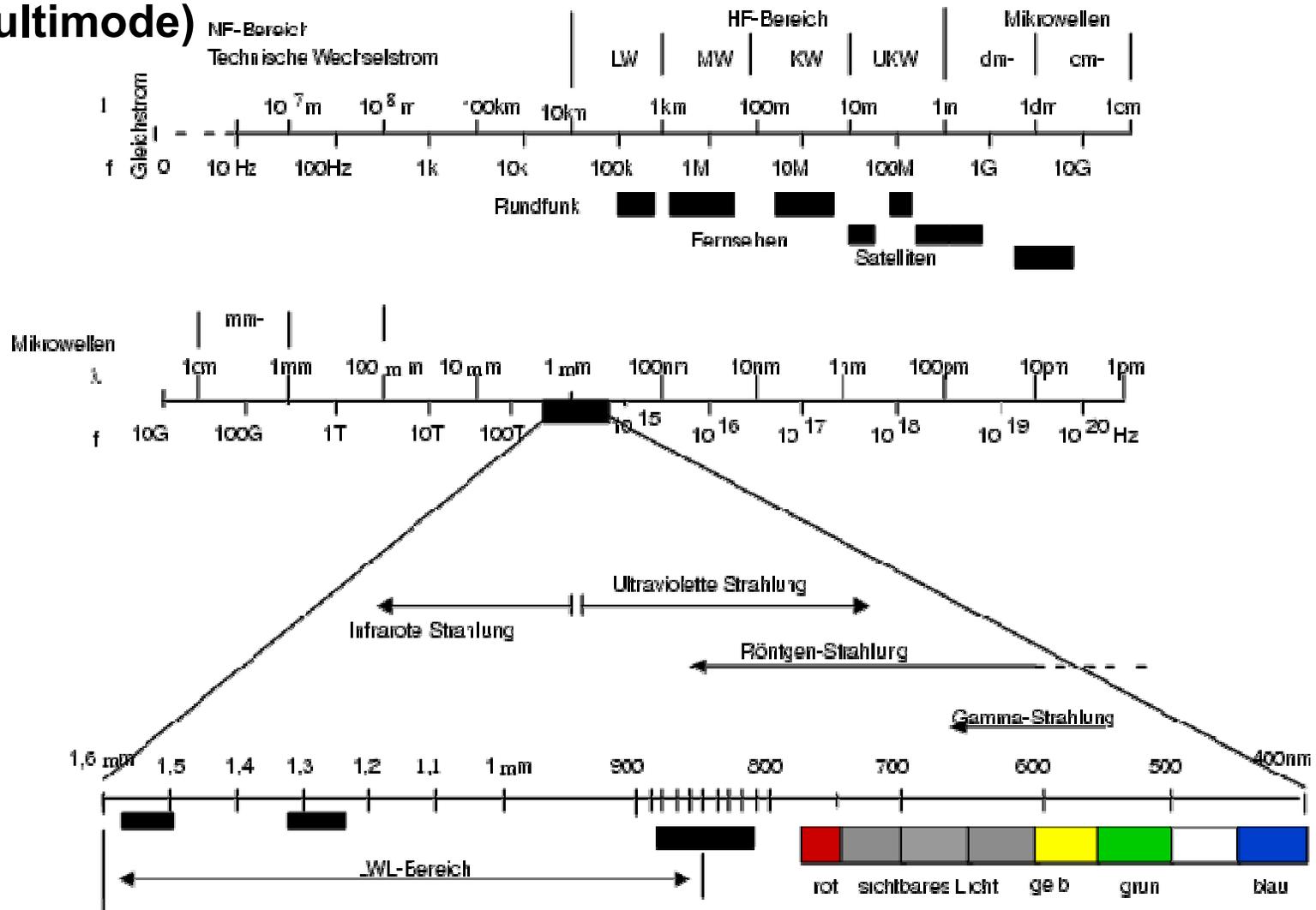
## 2.1.3 Lichtwellenleiter (LWL)

---

- ❑ **Glaskern und Glasmantel haben unterschiedlichen Brechungsfaktor**
- ❑ **Als Material für den Glaskern und den Glasmantel wird entweder**
  - Glas (bessere Leitfähigkeit) oder
  - durchsichtige Plastik (biegsam und leichter zu verlegen) benutzt
- ❑ **Glasfaser besteht aus**
  - Glaskern für das zu übertragende Signal und
  - Glasmantel
- ❑ **Plastikschatz schützt es gegen äußere Lichteinflüsse**
- ❑ **Mehrere Glasfasern können zu einem Kabel zusammengefasst werden, wobei meist ein stabiler Kern und Isolierschutz zwischen den Glasfasern notwendig ist**

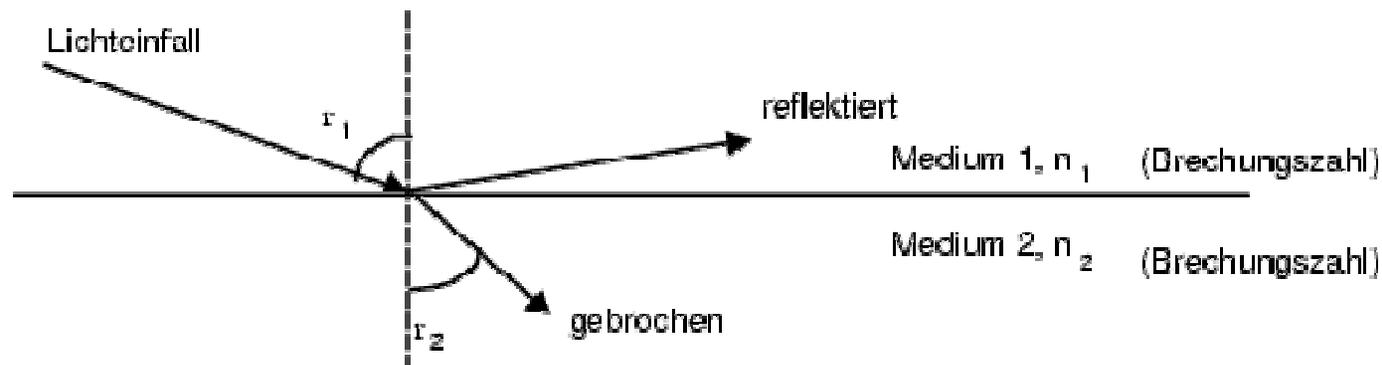
## 2.1.3 Lichtwellen als Signalträger

- Im LWL-Bereich bei 1300 nm (Monomode); bei 900-800 nm (Multimode)



## 2.1.3 Lichtwellenleiter-Grundlagen (1)

- ❑ Übertragung von Licht über Leiter hängt wesentlich von dem Phänomen Brechung ab

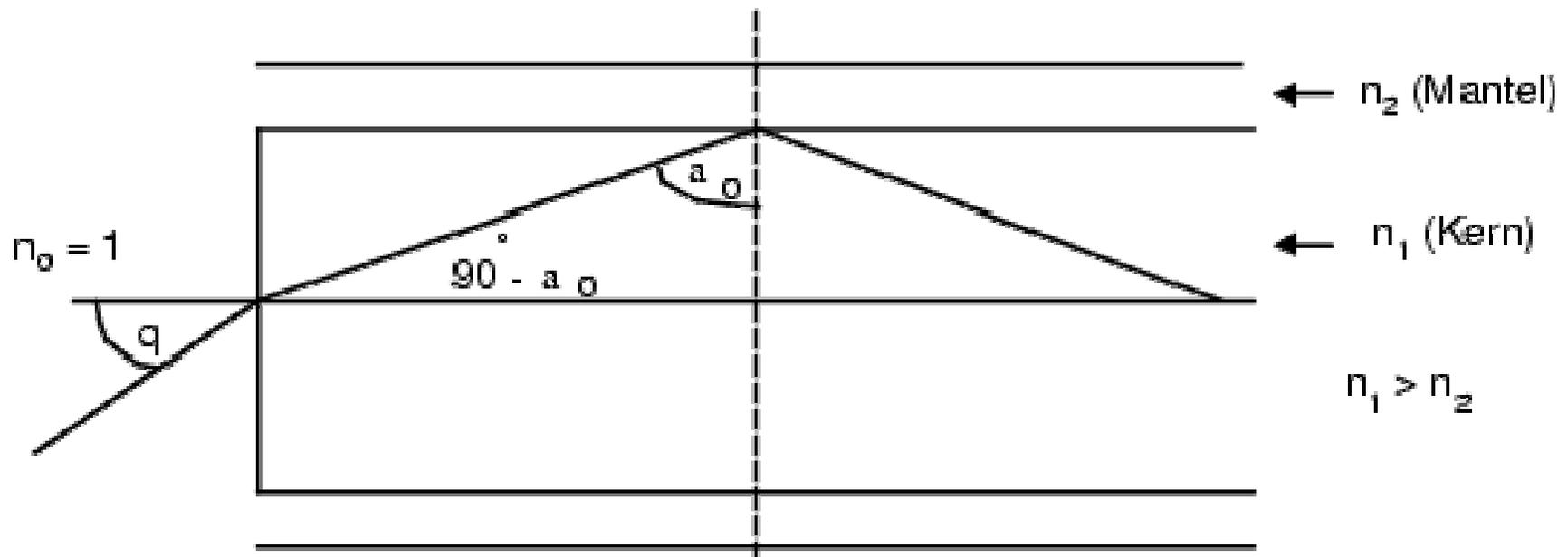


- ❑  $\sin \rho_1 / \sin \rho_2 = n_1 / n_2$ , wobei  $n$  abhängig von Material und der Wellenlänge ist; für Luft gilt  $n_0 = 1$
- ❑ Ausbreitungsgeschwindigkeit  $C_M = c_0 / n$  mit  $c_0 = 3 \cdot 10^8$  m/s

## 2.1.3 Lichtwellenleiter-Grundlagen (2)

### □ Beispiel:

- Sei  $n = 1.5$  □  $C_M = 200$  m/Mikrosekunden, d.h. 5 Mikrosekunden Laufzeit pro km LWL



## 2.1.3 Lichtwellenleiter-Grundlagen (3)

### □ Brechzahlprofil im Glaskern

- LWL können mit unterschiedlichem Brechzahlprofil gebaut werden
- Brechzahl  $n = n(r)$  ist abhängig vom Abstand von der Kernachse
- Üblicherweise gilt folgendes für die Potenzprofile:

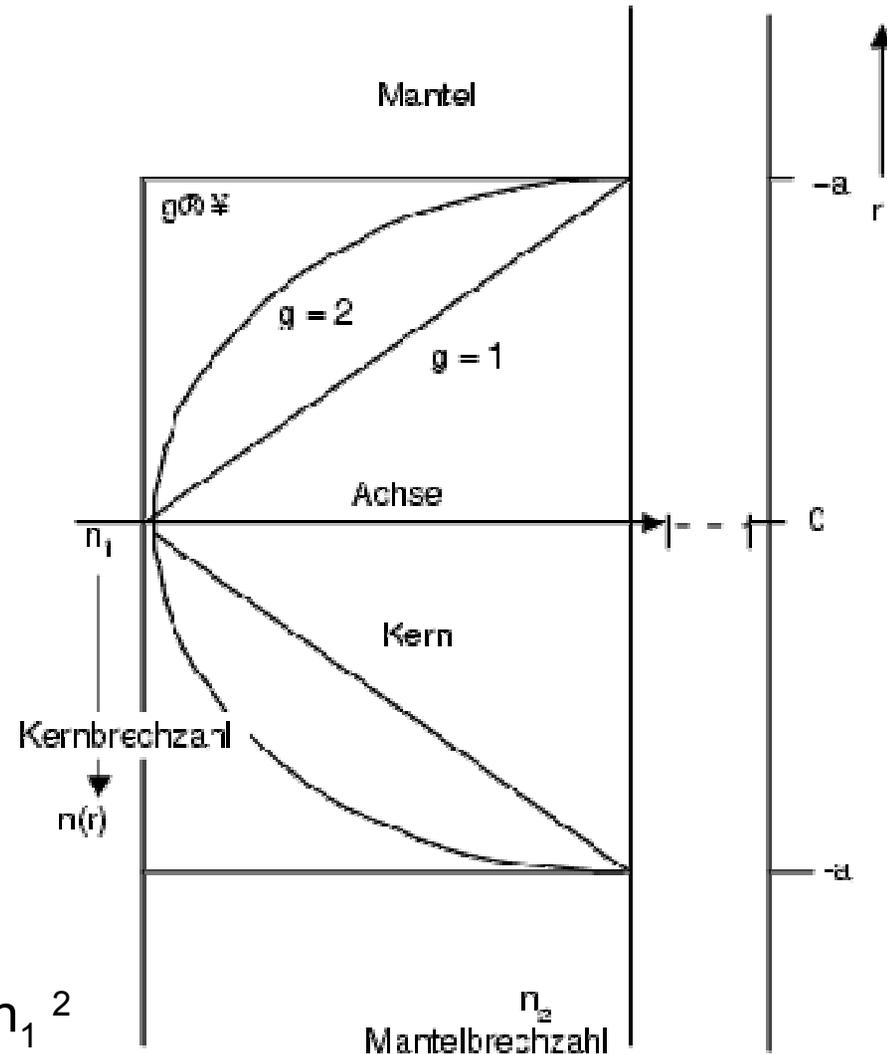
$$n^2(r) = n_1^2 (1 - 2\mu (r/a)^g) \quad \text{für } r < a \text{ im Kern}$$

$$n^2(r) = n_2^2 = \text{konstant} \quad \text{für } r \geq a \text{ im Mantel}$$

$g = 1$ : Dreiecksprofil

$g = 2$ : Gradientenprofil

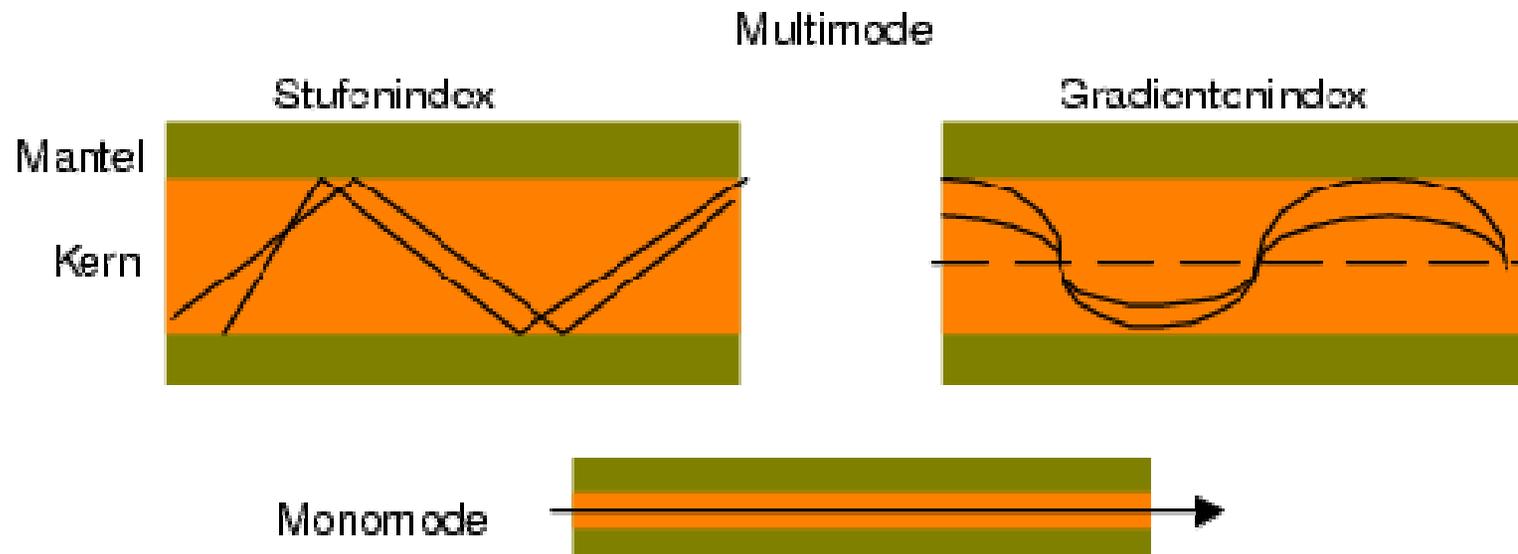
$g = \infty$ : Stufenprofil, d.h. es gilt  $n^2(r) = n_1^2$



## 2.1.3 Lichtwellenleiter-Grundlagen (4)

### □ Wellenausbreitung (Moden)

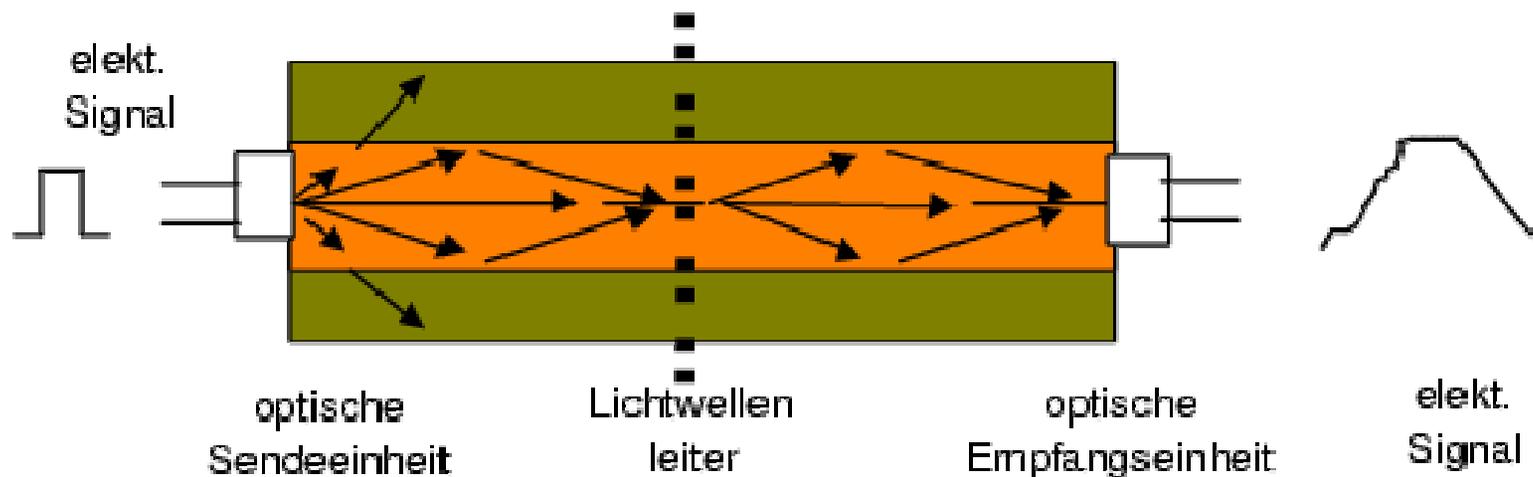
- Wege, die das Licht in Faser nehmen kann, heißen **Moden**
- Moden sind abhängig vom Brechzahlprofil, Spektrum des Lichts (Monomode, Multimode) sowie Kerndurchmesser



## 2.1.3 Lichtwellenleiter-Grundlagen (5)

### □ Multimode mit Stufenprofil

- Glasfaser und Glaskern haben verschiedenen, jedoch konstant bleibenden Brechungsfaktor
- Typische Werte für Kern- und Manteldurchmesser: 100/200 Mikrometer, 200/500 Mikrometer



## 2.1.3 Lichtwellenleiter-Grundlagen (6)

---

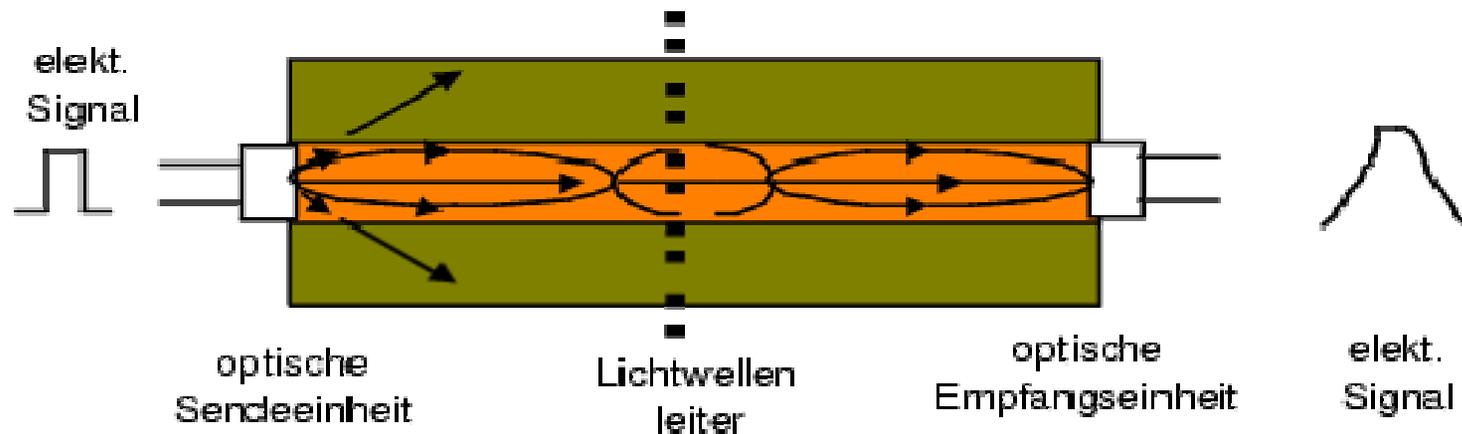
### □ Multimode mit Stufenprofil (Eigenschaften)

- Lichtstrahl mit Winkel kleiner als kritischer Winkel wird an Kern/Mantelschnittstelle zurück in den Kern reflektiert
- Lichtstrahlen breiten sich im Kern durch eine Folge von Reflektionen aus
- Lichtstrahlen benötigen unterschiedlich lange Zeit bei der Ausbreitung; dies bedeutet, dass der Empfangsimpuls breiter als der Sendeimpuls ist und damit eine Reduzierung der möglichen Datenrate zur Übertragung von Informationen eintritt
- Sendeeinheit: meist billigere LEDs
- Dicke des Glaskerns ca. 100 Mikrometer, Glasmantel ca. 200 Mikrometer

## 2.1.3 Lichtwellenleiter-Grundlagen (7)

### □ Multimode mit Gradientenprofil

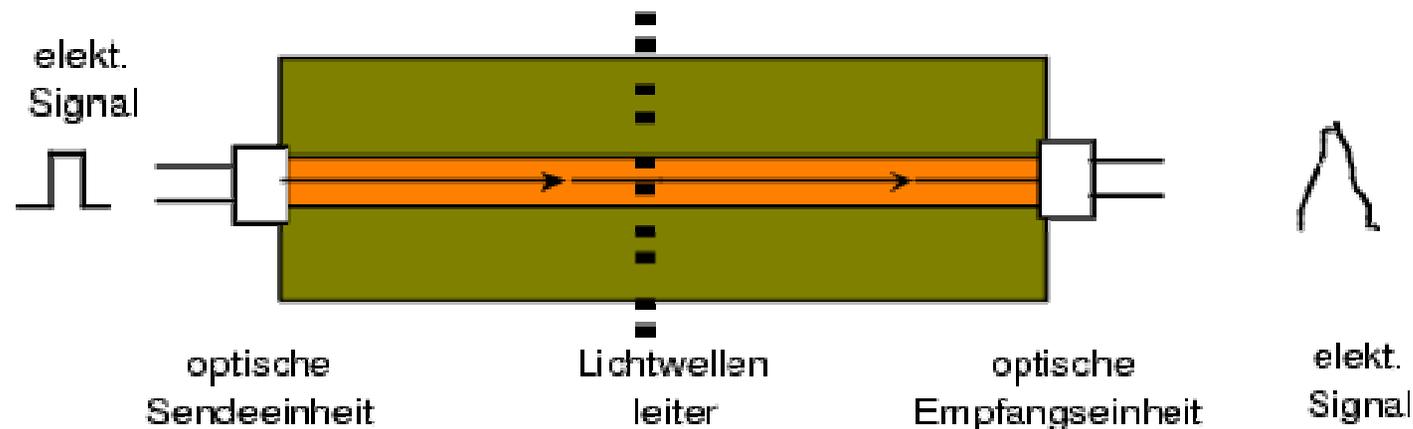
- Der Glaskern selbst hat keinen konstanten Brechungsfaktor
- Typische Werte für Kern- und Manteldurchmesser: 50 / 125 Mikrometer
- Reduzierung der Streuung bei Lichtausbreitung; je weiter sich der Lichtstrahl von der Mitte des Glaskerns entfernt, desto stärker wird er gebrochen
- Höhere maximale Datenrate für Übertragung möglich
- Dicke des Glaskerns ca. 50 Mikrometer



## 2.1.3 Lichtwellenleiter-Grundlagen (8)

### □ Monomode

- Der Glaskern ist so reduziert, dass sich das gesendete optische Signal nahezu ohne Reflektionen ausbreitet
- Typische Werte von Kern- und Manteldurchmesser 5/100 Mikrometer, Dicke des Glaskerns ist auf ca. 5-10 Mikrometer reduziert
- Empfangsimpuls ist vergleichbar mit Sendeimpuls
- Datenraten von viele Gbit/s möglich, Verwendung einer Laserdiode als optische Sendeeinheit notwendig



## 2.2 Kabeltypen für elektrische Übertragung

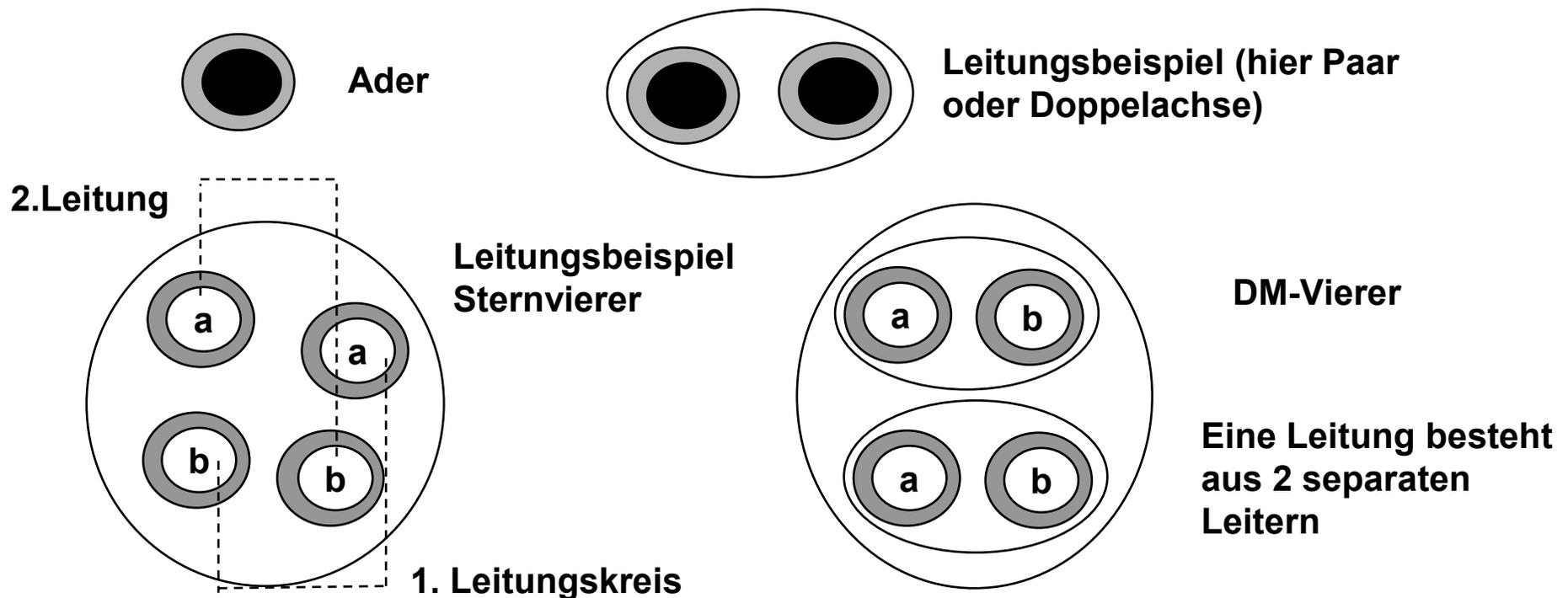
---

- ❑ 2.2.1 Verdrillte Leiter (Twisted Pair)
- ❑ 2.2.2 Twinax Kabel, Twisted Pair Kabel mit zusätzlicher Abschirmung
- ❑ 2.2.3 Koaxialkabel

## 2.2 Kabelaufbau

### □ Begriffe

- Nachrichtenkabel besteht aus metallischen Leitern, Isolierhüllen, Mantel, Schutzhüllen
  - Leiter besteht aus Metall (z.B. Kupferlegierung)
  - Ader: Leiter mit Isolierhülle
  - Leitung (Schleife): besteht aus einzelnen (mindestens 2) Leitern

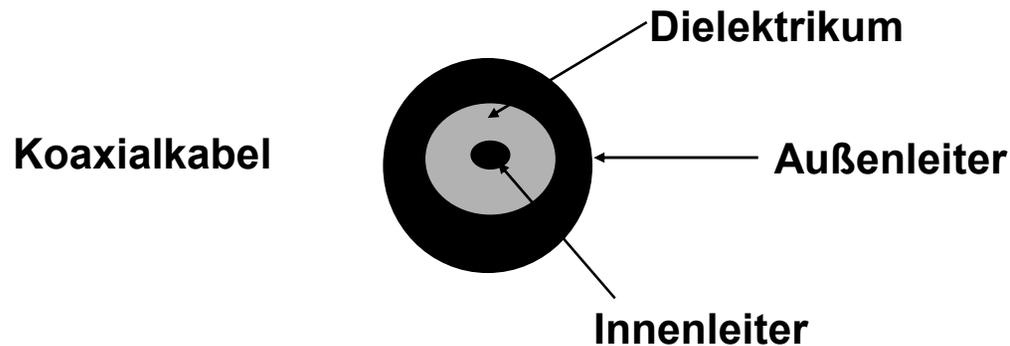


## 2.2 Kabelaufbau

---

### □ Aufbau

- Leitungen aus gleichartigen Adern werden symmetrisch (z.B. Twisted Pair), andere unsymmetrisch (z.B. Koaxkabel) genannt



- Kabellese: Gesamtheit aller Leitungen in einem Kabel
- Seelenverseilung: z.B. Bündelverseilung (d.h. Bündel zu 10/50/100/500/2000 Paaren)
- Kennzeichnung der Adern durch Einfärbung

## 2.2 Kabelaufbau

---

### □ Kabelmantelanforderungen

- Halogenfreiheit
- Keine Brandfortleitung
- Geringe Brandlast
- Mechanischer Schutz
- Schutz vor Feuchtigkeit
- Flexibilität
- Temperaturbereich
- Chemische Beständigkeit

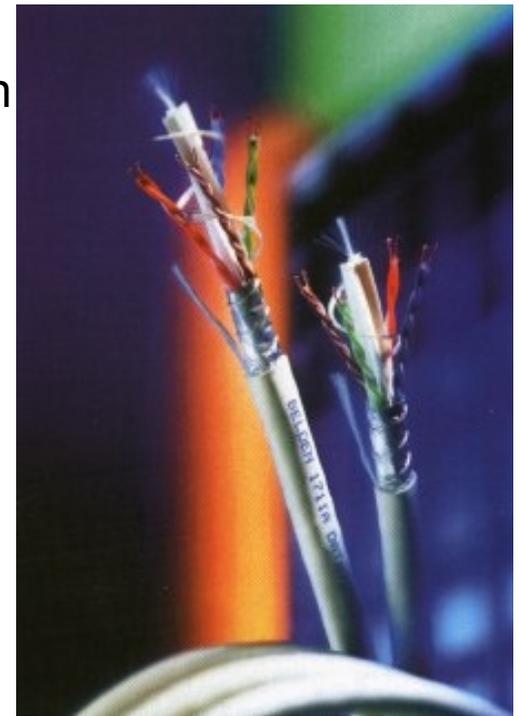
## 2.2 Isolierungen

Abkürzung	DIN/VDE Kürzel	Name	Betriebstemperatur (Grad C)	halogenfrei	Brennbarkeit
PVC	Y	Polyvinylchlorid	-20 bis +85	nein	selbst verlöschend
PP	9Y	Polypropylen	-10 bis +100	ja	brennbar
PE		Polyäthylen	-55 bis +85	ja	brennbar
Zell-PE	2Y	Zell-Polyäthylen	-55 bis +85	ja	brennbar
Foam Skin PE	02YS	Zell-Polyäthylen mit Vollmantel	-55 bis +85	ja	brennbar
FEP	6Y	Teflon	-55 bis +200	nein	nicht entflammbar
PTFE	5Y	Teflon, Hostaflon	-190 bis +260	nein	nicht entflammbar
PFA		Teflon	-190 bis +260	nein	nicht entflammbar

## 2.2.1 Twisted Pair (verdrilltes Kabel) (1)

### □ Eigenschaften

- Zwei isolierte, i.d.R. 1 mm dicke Kupferleiter (Masse und Signalleitung) werden verdrillt
  - um elektrische Interferenzen auf andere Kabel zu reduzieren
  - reduziert auch Einfluss von sporadischen Störungen, da diese gleichmäßig auf beide Leiter wirken
  - Verwendung von zusätzlicher Abschirmung
  - Probleme durch Skineneffekt bei höheren Datenraten
- Verwendet in Bereich von einigen Metern bis Kilometern
- Es wird sowohl für analoge als auch für digitale Übertragung verwendet
- Datenrate bei 100 Mbit/s und höher (Gigabit-Bereich)



## 2.2.1 Twisted Pair (verdrilltes Kabel) (2)

- Twisted Pair gibt es in verschiedenen Varianten, von denen zwei für Rechnernetze besonders wichtig sind
  - Kategorie 3: 2 isolierte Kabel, die locker miteinander verdrillt sind; vier solche Paare normalerweise in einem Kunststoffmantel
  - Kategorie 5: vergleichbar mit Kategorie 3, jedoch mit mehr Verdrillungen pro Zentimeter



UTP Kategorie 3

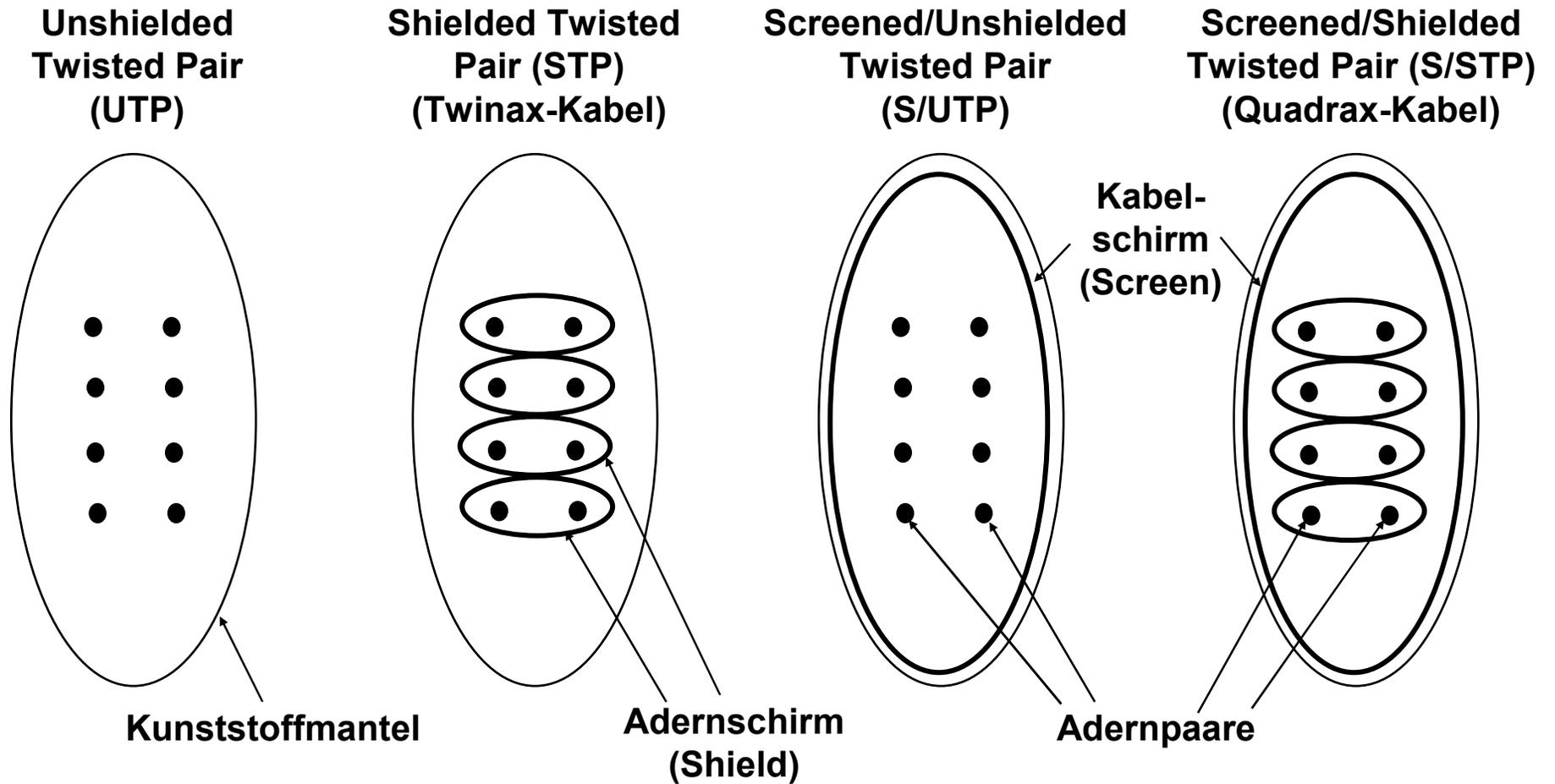


UTP Kategorie 5

### □ Kabeltypen

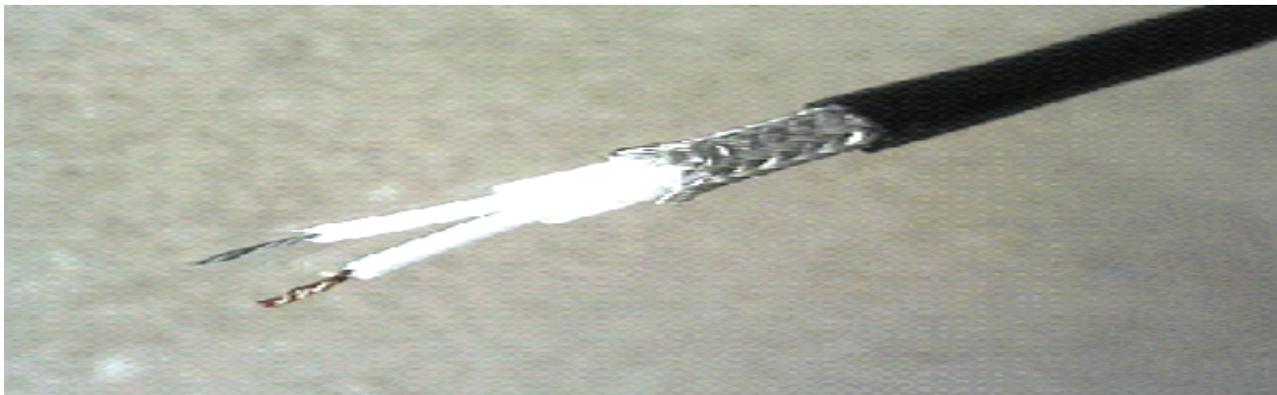
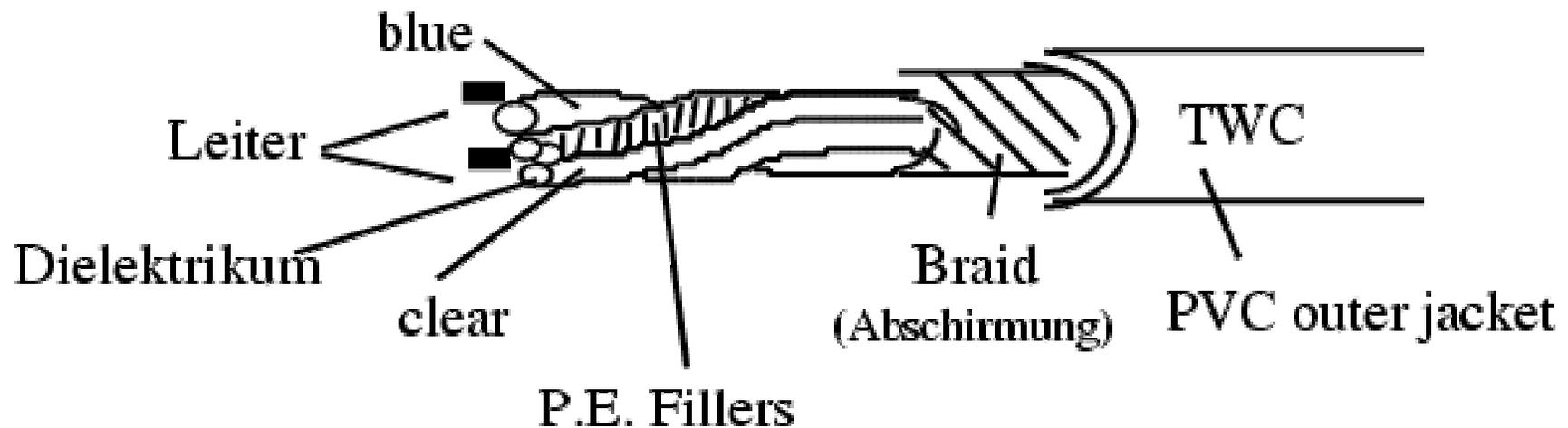
- UTP: Unshielded Twisted Pair (nicht abgeschirmte Leitungspaare)
- S/UTP: (s=screened), wie UTP, jedoch Gesamtabschirmung aus einem Metallgeflecht und/oder Metallfolie; falls Schirm nur aus Folie -> FTP (Foiled Shielded Twisted Pair)
- STP: Shielded Twisted Pair – jedes Aderpaar bzw. Sternvierer besitzt eigenen Schirm
- S/STP: Screened Shielded Twisted Pair

## 2.2.1 Twisted Pair: Bauformen



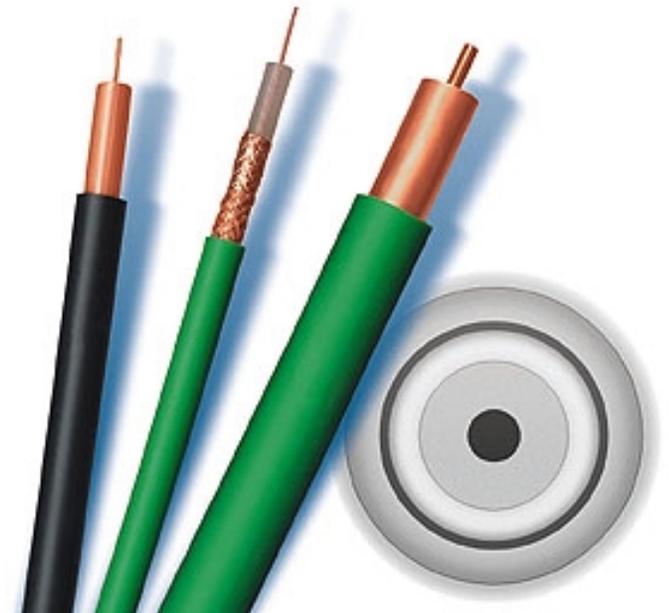
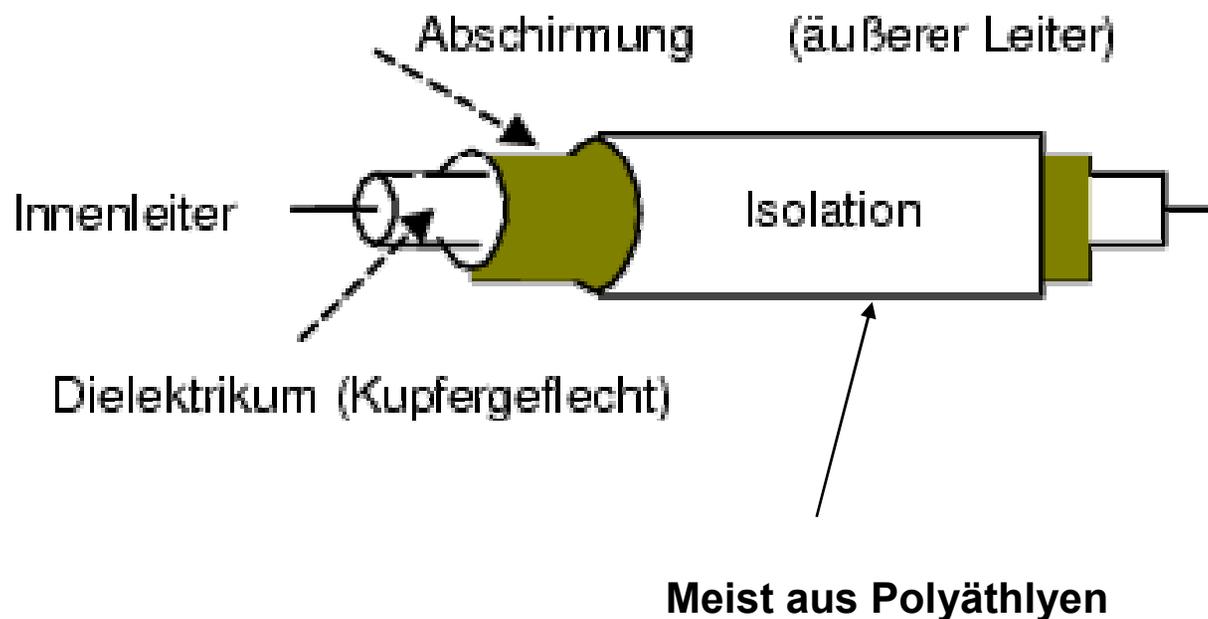
## 2.2.2 Twinax Kabel

- ❑ Twisted Pair Kabel mit zusätzlicher Abschirmung
- ❑ Verbesserte Störsicherheit gegen elektromagnetische Einstrahlung; Bandbreite unverändert; wird bei IBM verwendet



## 2.2.3 Koaxialkabel (1)

- Besteht aus einem Innenleiter, dem Dielektrikum, der äußeren metallischen Schirmung und dem Kunststoffaußenmantel



## 2.2.3 Koaxialkabel (2)

---

### □ Eigenschaften

- Verwendet im Bereich von mehreren Metern bis zu einigen Kilometern
- Eingesetzt für Datenraten ab 10 Mbit/s im LAN-Bereich (z.B. Ethernet)
- Es wird sowohl für Punkt-zu-Punkt als auch Bus-Topologien verwendet
- Wichtige Kabelparameter sind die Impedanz, die Bandbreite und die Einstreuung, die durch die Qualität und Mehrlagigkeit der äußeren Schirmung bestimmt wird
- Es wird unterschieden zwischen
  - **Basisband** (< 100 Mbit/s)
  - **Breitband** (< 600 Mbit/s)

## 2.2.3 Basisband/Breitband

---

- ❑ **Definition:** Entspricht der Nachrichtenkanal (Frequenzbereich) der Bandbreite des Mediums oder wird auf dem Medium nur ein Kanal abgewickelt, spricht man von Basisbandübertragung. Bei gleichzeitiger Abwicklung mehrerer Kanäle auf einem (i.a. Koaxial-) Kabel mittels Frequenzmultiplex spricht man von Breitbandübertragung
- ❑ **Probleme bei Übertragung**
  - Dämpfung des Signals
  - Verzerrung des Signals
- ❑ **Störeinflüsse**
  - Nebensprechen („crosstalk“) innerhalb der Leitungsbündel durch Induktion; Abschirmung der Leitungen mit Kupfergeflecht und durch Verdrillen von Masse und Signalleitung („twisted pair“)
  - Elektromagnetische Ein- bzw. Ausstrahlung: Leiter wirkt als Empfangs- bzw. Sendeantenne für elektromagnetische Wellen; Abhilfe Abschirmung

## 2.2.3 Koaxialkabel: Basisband (1)

---

### ❑ **Basisband-Koaxialkabel (50-Ohm-Kabel, Thin-Coax)**

- Wird für digitale Übertragung im Basisband benutzt
- Verbreitet im LAN-Bereich (z.B. Ethernet-Kabel) und im Fernsprechnet
- Gemeinsame Nutzung des Kanals durch TDM (Time Division Multiplexing)

### ❑ **Es wird unterschieden zwischen**

- Synchroner Nutzung
  - Jedes DTE hat Zugriff auf Kanal zu einem wohldefinierten Zeitintervall
  - Verwendung eines Synchronisationszeichens am Blockanfang
  - Jedes DTE kann sein Zeitintervall bestimmen
- Asynchrone Nutzung
  - Jedes DTE erhält Zugriff auf Kanal nach Anforderungen
  - Kanal wird bis zum Ende der Übertragung benutzt (CSMA/CD bei Ethernet)

## 2.2.3 Koaxialkabel: Basisband (2)

---

### □ Beispiel: Ethernet Koax

- Kupferinnerleiter Durchmesser 2,17 mm
- Außenschirm zwischen 6,15 und 8,28 mm
- Kunststoff-Außenmantel (Teflon, PVC)
- Gesamtdurchmesser 9,255 bis 10,287 mm

## 2.2.3 Koaxialkabel: Breitband (1)

---

### □ Breitband Koaxialkabel (75 Ohm)

- Eingesetzt für analoge Übertragung (z.B. beim Kabelfernsehen)
- I.A. verwendet für Entfernungen bis zu 100 km
- Datenraten bei ca. 150 Mbit/s
- Aufteilung in mehrere unabhängige nebenläufige Kanäle durch FDM („frequency division multiplexing“)
  - Bandbreite eines Kanals bestimmt durch die gewünschte Datenraten (i.A. zwischen 0,25 und 1,0 bit pro Hz)
  - Im Fernsehbereich Aufteilung in 6 MHz Kanäle
  - Jeder Kanal kann analoges TV-Programm, Audio oder einen digitalen Bitstrom übertragen
  - Verwendung von RF-Modems, um digitale Daten in den gewünschten Frequenzbereich modulieren

## 2.2.3 Koaxialkabel: Breitband (2)

---

- Verwendung von Verstärkern
  - Signale müssen im Gegensatz zum Basisband verstärkt werden
  - Verstärker wirken nur in eine Richtung
    - Beim Fernsehen ist nur eine Richtung notwendig
    - Bei Vernetzung von Rechnern müssen beide Übertragungsrichtungen möglich sein
    - Deshalb ist es schwierig, TV-Kabelnetze direkt für die bidirektionale Datenkommunikation einzusetzen -> Änderung der Komponenten notwendig

Lösungsansätze:

- Einzelkabel: unterschiedliche Sende-Frequenzen für Nachrichten zum und vom Headend (Halbieren der Datenrate)
- Duales Kabel: getrennte Kabel für Senderichtung zum und vom Headend

**□ Koaxialkabel verlieren an Bedeutung zugunsten von Twisted-Pair und Glasfaser**

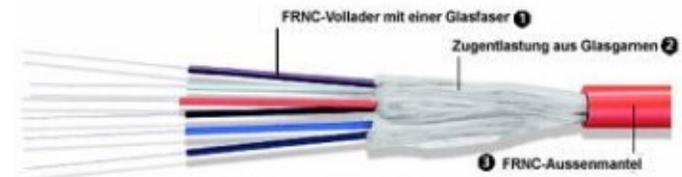
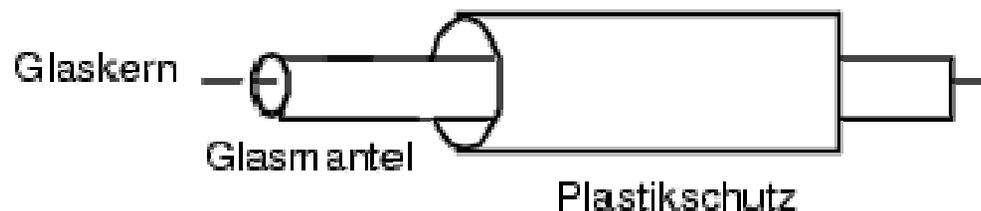
## 2.3 Lichtwellenleiter

---

- ❑ 2.3.1 Komponenten einer LWL-Strecke
- ❑ 2.3.2 optische Verbindungstechnik (fest)
- ❑ 2.3.3 optische Verbindungstechnik (lösbar)
- ❑ 2.3.4 optische Netze
  - WDM
  - Broadcast / Select
  - Verstärker
  - Multiplexer
  - Cross-Connect
  - Standardisierung

## 2.3 Lichtwellenleiter (LWL)

- ❑ **Störeinflüsse sind bei Koaxialkabel erheblich reduziert, jedoch sind die möglichen Datenraten über einen festen, elektrischen Leiter (z.B. Kupfer) limitiert**
  - ➔ Zur Verbesserung der Datenrate, wird die Information mittels eines Lichtstrahls in einer Glasfaser übertragen
  - ➔ Datenraten von vielen Gbit/s und Tbit/s sind durch Wavelength Modulation erreichbar
- ❑ **Übertragung durch Lichtwellen ist immun gegen Störeinflüsse durch Nebensprechen und elektromagnetischer Strahlung**
- ❑ **Ausbreitungsgeschwindigkeit**  
 $c_m = c/n$ ;  $c$ : Lichtgeschwindigkeit,  $n$ : Brechzahl



## 2.3 Optische Übertragung

- ❑ Übertragung pro Faserpaar auf derzeit 10 GBit/s beschränkt, Reichweite ca. 35 km



- ❑ 160 GBit/s über 600 km erfordert 4 Faserpaare und ca. 68 Verstärker (optisch / elektrisch / optisch)
- ❑ ITU-T hat folgende Hauptkategorien von Übertragungstrecken definiert:

Streckenbezeichnung	Dämpfung	Länge	Verst.	Gesamtlänge
Long-Haul, L	22 dB	80 km	7	8x80 km, 640 km
Very Long-Haul, V	33 dB	120 km	4	5x120 km, 600 km
Ultra Long-Haul, U	44 dB	160 km	0	

## 2.3 Einsatz von Glasfasern im LAN-Bereich

---

### ❑ Fast-Ethernet

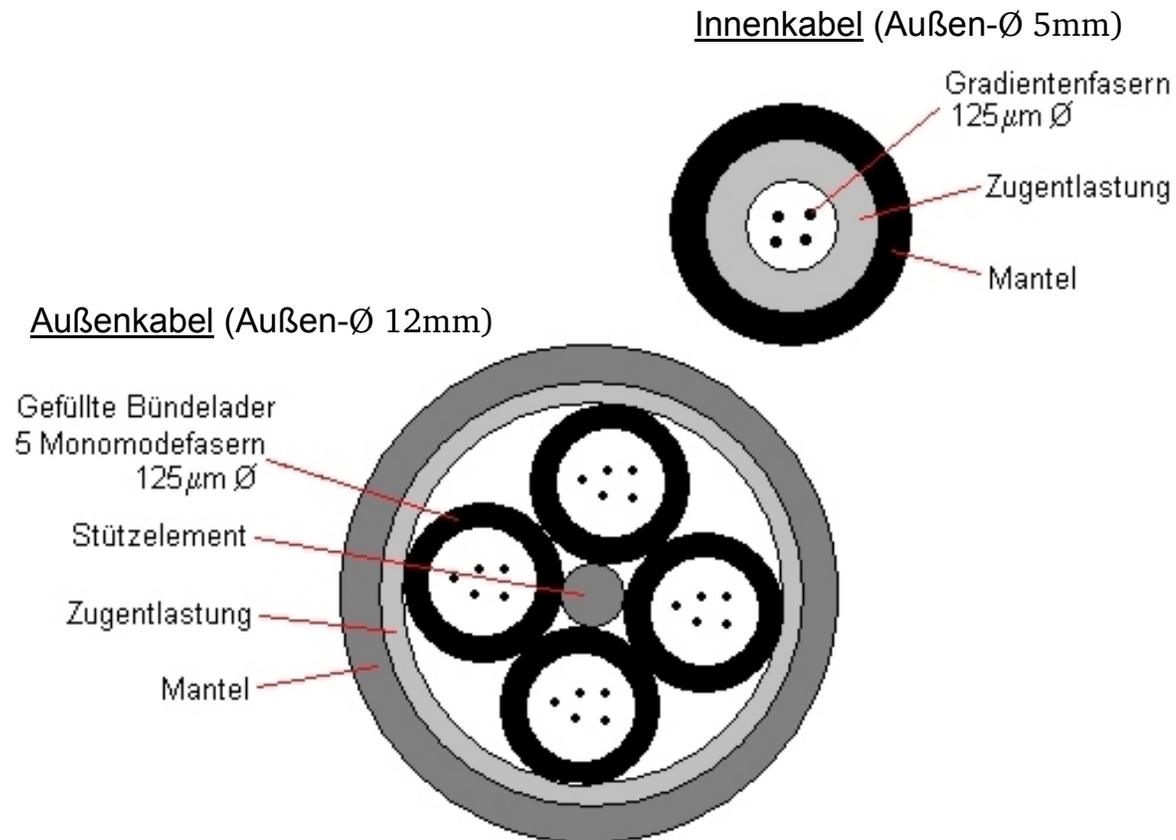
- Ab L=100 m, 100 BaseFX (Multimode-Fasern,  $L_{\max}=400\text{m}$ )

### ❑ Gigabit-Ethernet

- Ab L=100 m
  - 1000 BaseSX (Short Wavelength)  
Multimode-Fasern,  $\lambda = 850\text{nm}$ ,  $L_{\max}=550\text{ m}$
  - 1000 BaseLX (Long Wavelength)  
Multi/Monomode-Fasern,  $\lambda = 1300\text{ nm}$ ,  $L_{\max}=5000\text{ m}$  (Monomode)
  - 1000 BaseZX (Ultralong Wavelength)  
Monomode,  $\lambda = 1500\text{ nm}$  ( $L_{\max} 70\ 000\text{ m}$ )

## 2.3 LWL-Kanalaufbau (1)

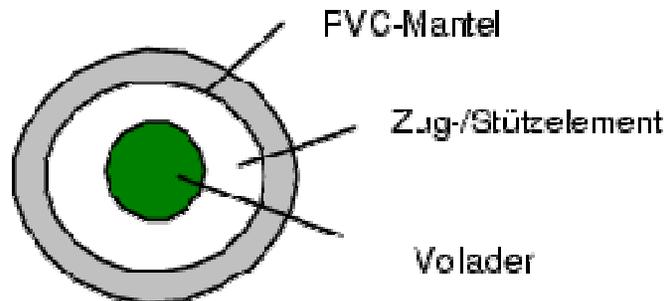
### □ Querschnitte von LWL-Kabeln (exemplarisch)



## 2.3 LWL-Kabelaufbau (2)

---

### □ Innenkabel mit 1 LWL



Typenbezeichnung J ? VY 1G 50/125 ... F ... Mit

J: Innenkabel

V: Vollader

Y: PVC-Mantel

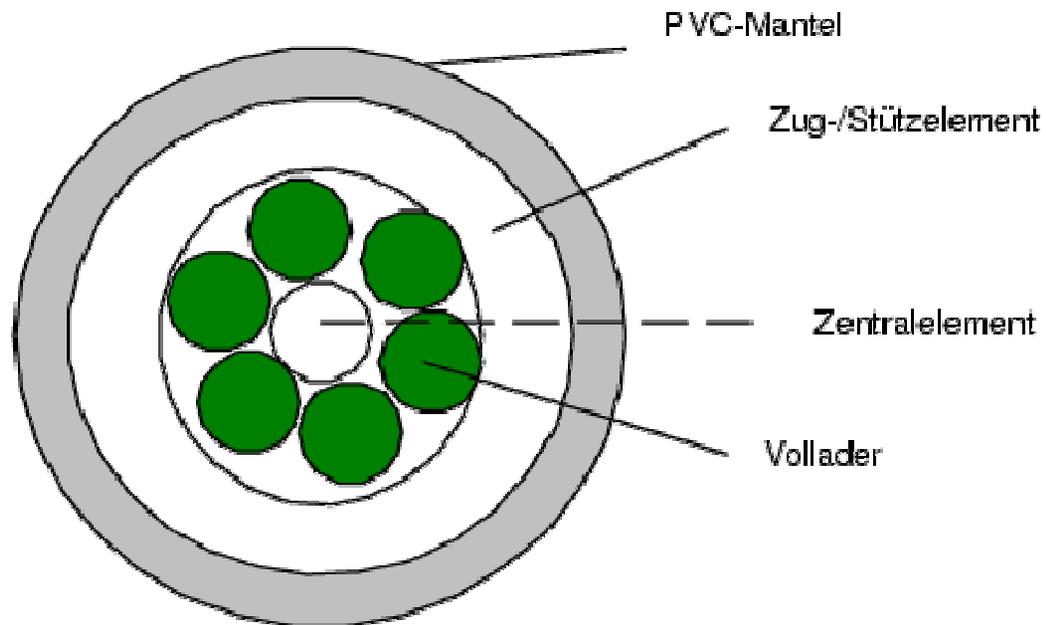
1 G 50/125: Ein Gradienten-LWL mit Gradientenprofil

Kern-/Manteldurchmesser 50/125 Mikrometer

... F ...: Dämpfungskoeffizient und Bandbreite für 1300 nm

## 2.3 LWL-Kabelaufbau (3)

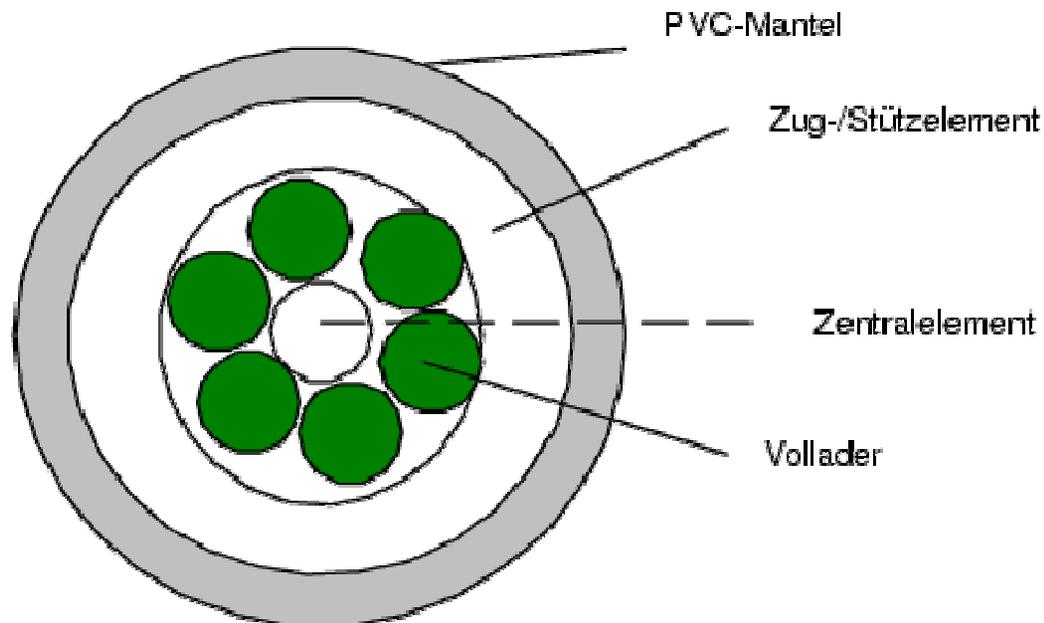
### □ Innenkabel mit 6 LWL



Typenbezeichnung J-VY 6G 50/125 ... F ... Lg

## 2.3 LWL-Kabelaufbau (4)

### □ Innenkabel mit 10 LWL (Bündelader)



Typenbezeichnung J-DY 1 x 10G 50/125 ... F ...

**Entsprechend können wieder mehrere Bündel in einem Kabel zusammengefasst werden (z.B. Innenkabel mit 60 LWL: ? DY 6 x 10G 50/125 ... F ... Lg)**

## 2.3 Vergleich der verschiedenen Moden

---

- ❑ Bisher wird meist nur eine Lichtfrequenz genutzt
- ❑ WDMs (Lichtwellenmultiplexing) führt zu höheren Übertragungsraten
- ❑ Pro Leitung werden mehrere Nachrichtenkanäle übertragen; Jedem Nachrichtenkanal entspricht ein Lichtfrequenzbereich
- ❑ **Mehrmoden Stufenindex**

Kerndurchmesser	100 bis 500 Mikrometer
Manteldurchmesser	140 bis 600 Mikrometer
Kernbrechzahl	1,48
Brechzahldifferenz	0,02
Numerische Apertur	0,24
Dämpfung	< 4 dB/km
Bandbreitenlängen-produkt	> 100 MHz*km

## 2.3 Vergleich der verschiedenen Moden (1)

### □ Mehrmoden Gradientenindex

Kerndurchmesser	50 Mikrometer (+/-) 3 Mikrometer	62,5 Mikrometer (+/-) 3 Mikrometer
Manteldurchmesser	125 Mikrometer (+/-) 3 Mikrometer	125 Mikrometer (+/-) 3 Mikrometer
Unrundheit des Mantels in %	2	2
Kernbrechzahl	1,482	1,496
Brechzahldifferenz	0,01	0,01
Numerische Apertur	02 (+/-) 0,02	250 (+/-) 15
Durchmesser in Mikrometer	250 (+/-) 15	250 (+/-) 15
Dämpfung 850 nm	2,5 dB/km	3,0 dB/km
1.300 nm	0,7 dB/km	0,8 dB/km
Band- Breiten- längen- Produkt	850 nm 600 MHz * km	300 MHz * km
	1.300 nm 1.200 MHz * km	800 MHz * km

## 2.3 Vergleich der verschiedenen Moden (2)

---

### □ Einmoden Stufenindex

<b>Kerndurchmesser</b>		<b>9 Mikrometer (+/-) 1 Mikrometer</b>
<b>Manteldurchmesser</b>		<b>125 Mikrometer (+/-) 2 Mikrometer</b>
<b>Unrundheit des Mantels in %</b>		<b>1</b>
<b>Kernbrechzahl</b>		<b>1,4675</b>
<b>Numerische Apertur</b>		<b>0,13</b>
<b>Durchmesser in Mikrometer</b>		<b>245 (+/-) 10</b>
<b>Dämpfung</b>	<b>1.300 nm</b>	<b>0,36 dB/km</b>
	<b>1.550 nm</b>	<b>0,25 dB/km</b>
<b>Materialdispersions-koeffizient</b>	<b>1.300 nm</b>	<b>3,5</b>
	<b>1.550 nm</b>	<b>18</b>

## 2.3 Vorteile von LWL

---

### ☐ Mechanisch

- Kleiner Kabeldurchmesser
- Geringes Gewicht
- große Lieferlängen
- Relativ einfache Installation
- Günstige Trommelabmessungen und damit relativ niedriges Trommelgewicht

### ☐ Beeinflussungstechnisch

- keine Beeinflussungsprobleme durch Blitz, Hochspannungsleitungen oder elektrische Bahnen
- gefahrlose Anwendung in explosionsgefährdeter Umgebung
- keine Signalabstrahlung
- galvanische Trennung der Netzkomponenten an verschiedenen Standorten

## 2.3 Vorteile und Nachteile von LWL

---

### □ Übertragungstechnisch

- gute Dämpfungswerte
- Mehrmoden LWL: 2,5 - 2,5 dB/km bei 850 nm bzw. 0,7 - 1,5 dB/km bei 1300 nm
- Monomode: 0,4 - 0,5 dB/km bei 1350 nm
- hohe Bandbreite: ca. 1,2 GHz \* km (Multi); ca. 100 GHz \* km (Mono)
- relativ hohe Abhörsicherheit
- geringe Fehlerrate ( $10^{-12}$ )

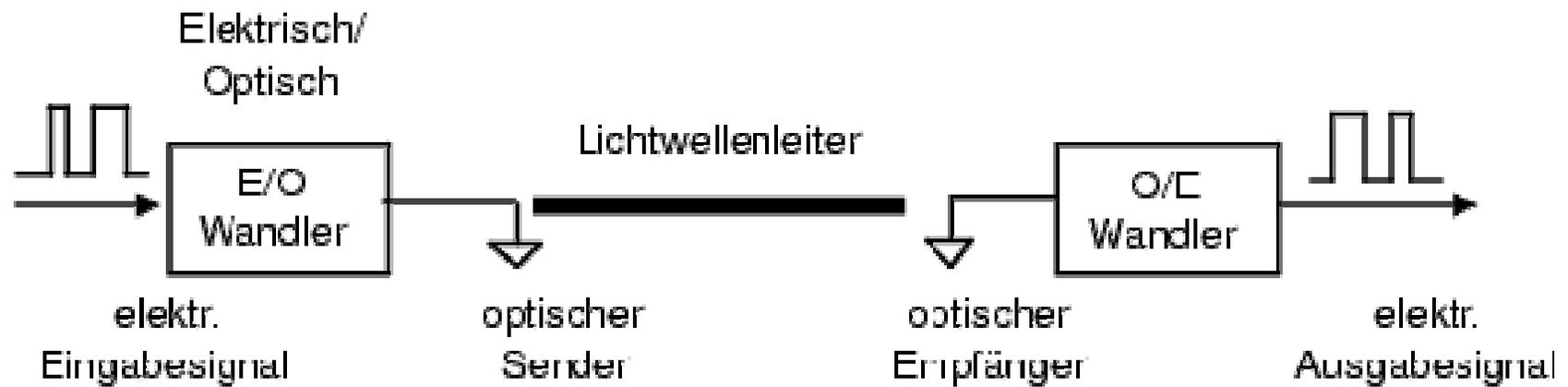
### □ Nachteile

- aufwendige Verbindungstechnik
- aufwendige Schaltungen bei Sender und Empfänger

## 2.3.1 Komponenten einer LWL-Übertragungsstrecke (1)

□ Eine Übertragungsstrecke besteht aus 3 Komponenten:

- Optische Sendeeinheit
- Lichtwellenleiter
- Optische Empfangseinheit



## 2.3.1 Komponenten einer LWL-Übertragungsstrecke (2)

---

### ❑ **Optische Sendeeinheit**

- Zwei Alternativen, die sich in der Abstrahlung des Lichtes und damit der Bündelung unterscheiden
  - Lumineszenz-Diode (LED)
  - Laserdiode (LD)

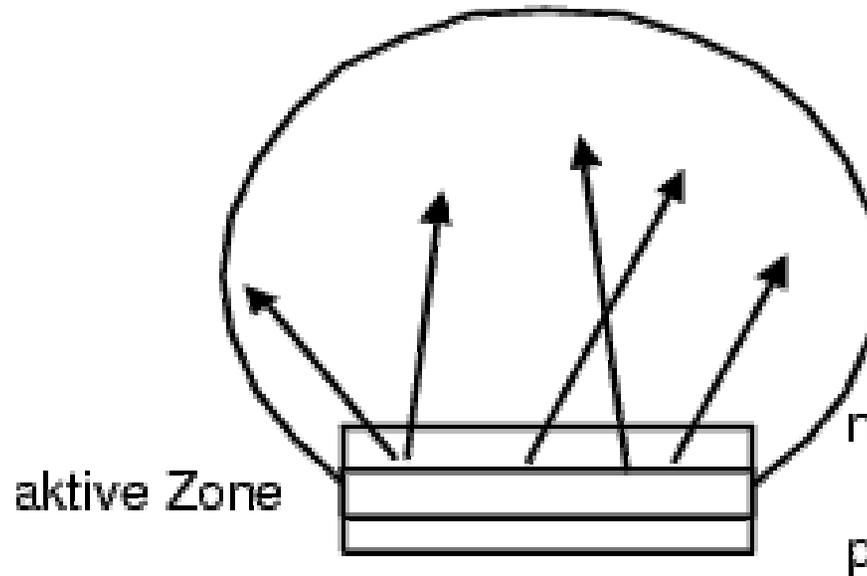
### ❑ **Lumineszenzdiode („light emitting diode“ LED)**

- Lumineszenzdioden verwenden Halbleiterkristalle wie Gallium-Arsenid (GaAs), um elektrische Signale in Lichtsignale zu wandeln
- Da die Abstrahlfläche von LEDs zwischen 50  $\mu\text{m}$  und 100  $\mu\text{m}$  liegt, werden sie primär in Verbindung mit Multimodenfasern eingesetzt
- LEDs gibt es für Wellenlängen von 850 nm und 1300 nm mit typischen Ausgangsleistungen von 1 mW und Koppelverlusten von -17 dB

## 2.3.1 Komponenten einer LWL-Übertragungsstrecke (3)

### □ LED: Abstrahlcharakteristik

- Eine LED erzeugt diffuses (inkohärentes) Licht, das in einem relativ großen Winkel abgestrahlt wird. Dieser liegt zwischen 40 und 90 Grad.



## 2.3.1 Komponenten einer LWL-Übertragungsstrecke (4)

### □ Laserdiode („injection laser diode“)

- ILD "injection laser diode" mit Spektralbandbreite 1-2 nm
- strahlt kohärentes, gebündeltes Licht mit geringer spektraler Breite ab
- Abstrahlcharakteristik



- Eingesetzt für längere Übertragungswege (1 - 20 km) mit hohen Datenraten (200 Mbit/s und höher)



## 2.3.1 Komponenten einer LWL-Übertragungsstrecke (5)

### □ Vergleich LED vs. Laserdiode

	LED	LD
Lichttyp	inkohärent	kohärent
Typische Wellenlänge	850/860 und 1.300 nm	1.300 nm
Spektralbreite	30 – 40 nm	1 – 3 nm
Anstrahlwinkel	mittel bis hoch	gering
Einkoppelbare Leistung	gering	hoch
Lebensdauer	10 <sup>5</sup> Stunden	10 <sup>5</sup> Stunden

## 2.3.1 Komponenten einer LWL-Übertragungsstrecke (6)

---

### ❑ **Optische Empfangseinheit**

- Konvertiert optische Signale in die entsprechenden elektrischen Signale
- Es gibt zwei Alternativen
  - PIN Photodiode
  - Avalanche Photodiode

### ❑ **PIN (positive-intrinsic-negative) Photodiode**

- p-leitend, intrinsic (eigenleitend), n-leitend
- Geringere Empfindlichkeit, jedoch billiger
- Entdeckt Lichtleistungen ab 1 nW

### ❑ **Avalanche Photodiode**

- Teurer, entdeckt Lichtleistung ab 0.1nW
- Verwendet bei geringeren Übertragungsgeschwindigkeiten
- Zusätzlich können auch Phototransistoren eingesetzt werden

### ❑ **GBIC (Gigabit Interface Converter)**

- E/O- und O/E-Wandler, Plugin-Modul, Hot-swappable

## 2.3.2 Optische Verbindungstechnik (1)

---

### □ Problemstellung:

- Zwei LWL optisch miteinander zu verknüpfen; Alternative: Verknüpfung auf elektrischer Basis

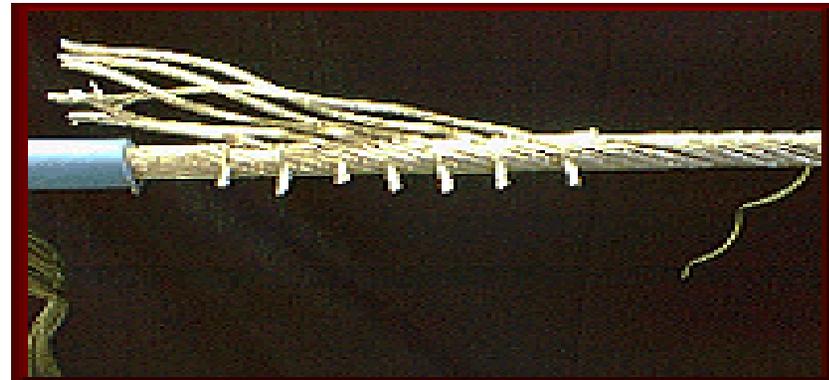
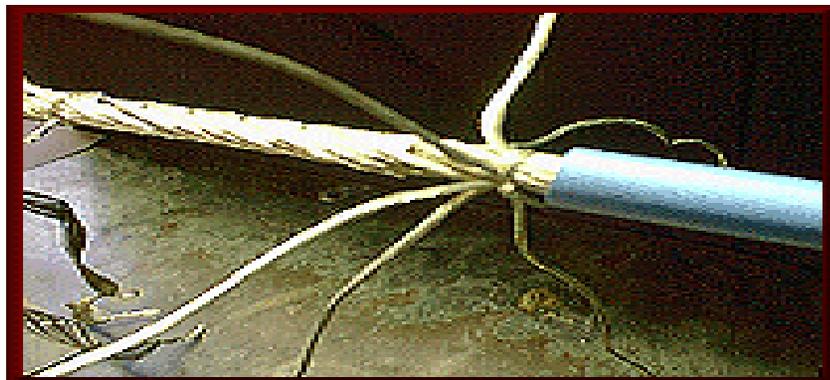
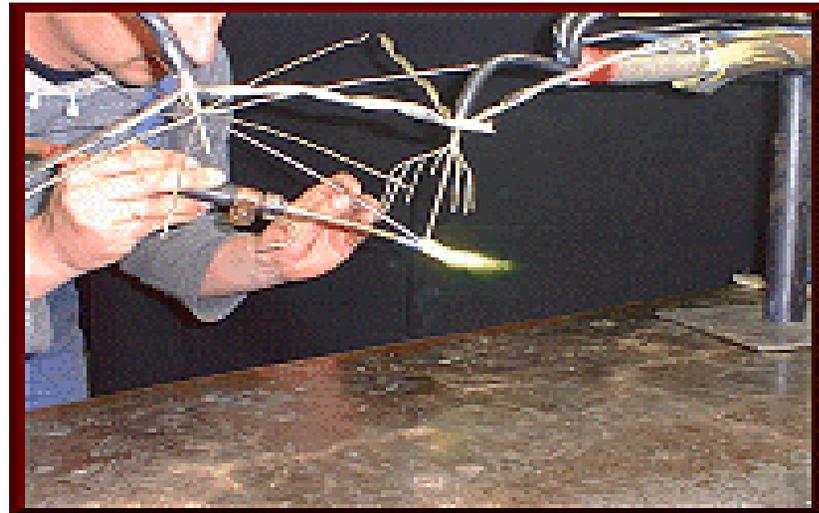
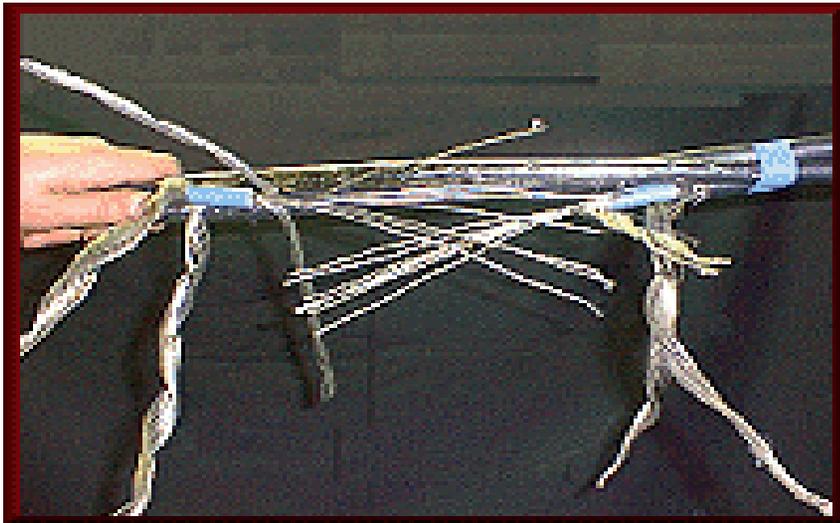
### □ Auftretende Verluste:

- Intrinsische Verluste, die durch Fasergeometrie und –optik vorgegeben sind
  - Verbindung zweier Fasern mit unterschiedlichen Kernradien
  - Unterschiedliche numerische Aperturen
  - Unterschiedliche Brechzahlprofile
- Extrinsische Verluste durch Güte der Stecker bzw. Spleiße
  - Radialer Versatz
  - Winkelfehler
  - Zwei Fasern mit Lücke
- Fehler in der Faserflächenqualität
  - Schnittwinkel
  - Ausbruch, Nase, Konnektivität,
  - Schmutz, Rauheit

## 2.3.2 Optische Verbindungstechnik (2)

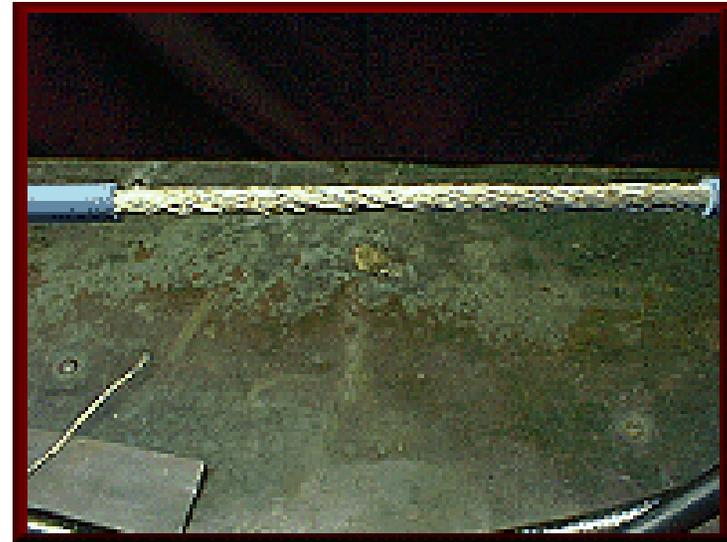
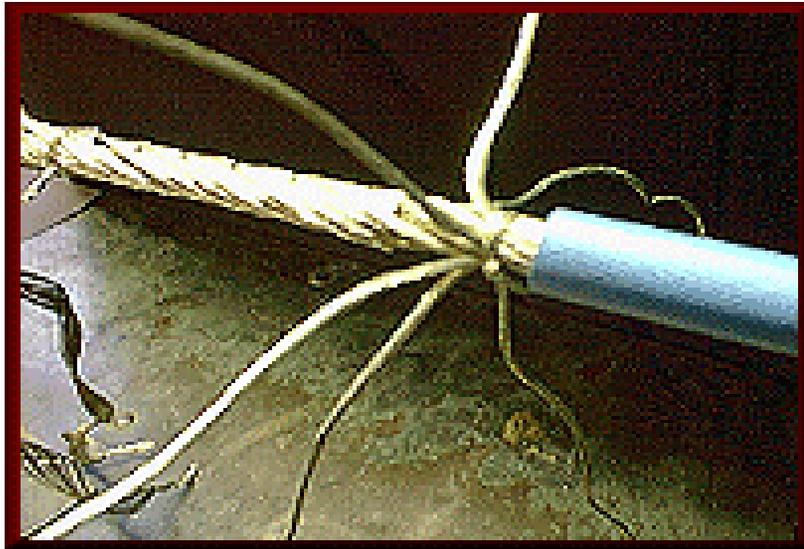
### □ Spleißtechnik:

- Zusammenfügen der Lichtwellenleiter



## 2.3.2 Optische Verbindungstechnik (3)

### □ Spleißtechnik (Fort.)



### □ Vorbereitung

- Vorbereitung: Schneiden, Schleifen, Reinigen, Justieren, Kernfokussierung

## 2.3.2 Optische Verbindungstechnik (4)

---

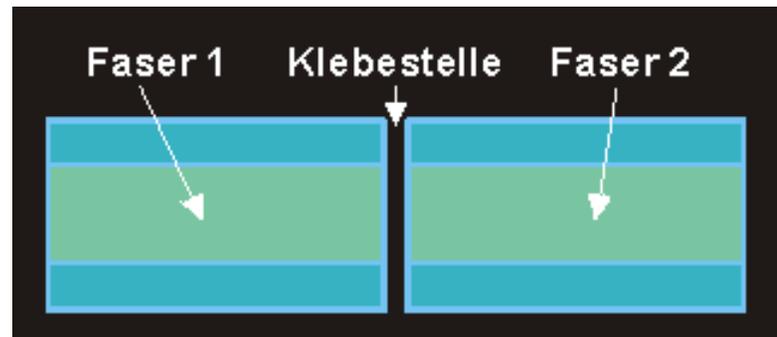
- ❑ **Spleißtechnik (Fort.)**
- ❑ **Mikroprozessorsystem steuert Positionierungsschlitten mit Hilfe von Kamerasystem, Spleiß, Spleißschutz**
  - **Thermischer Spleiß (Fusionsspleiß) mit Lichtbogen (ca. 2000 Grad K)**
    - geforderte Dämpfungswerte des Spleißes: Multimode < 0,1 dB, Monomode < 0,05 dB
    - Dabei werden in einem Lichtbogen-Spleißgerät zwei Fasern exakt mit einem minimalen Abstand fixiert und durch einen Lichtbogen, der von zwei Elektroden erzeugt wird, miteinander verschweißt
    - Der Fusionsspleiß hat sich als die genaueste, dauerhafteste und dämpfungsärmste Methode erwiesen
    - Nachteile sind hier die hohen Anschaffungskosten des Spleißgeräts und die nötigen Kenntnisse im Umgang mit dem Spleißgerät.
  - **Mechanischer (Crimp) Spleiß:**
    - Dämpfungswerte des Spleißes: 0,2-0,4 dB
    - Seinen Einsatz vorwiegend bei Reparaturarbeiten an Lichtwellenleitern, da er schneller und kostengünstiger herzustellen ist, als der Klebe-Spleiß und der Fusions-Spleiß

## 2.3.2 Optische Verbindungstechnik (5)

### □ Spleißtechnik (Fort.)

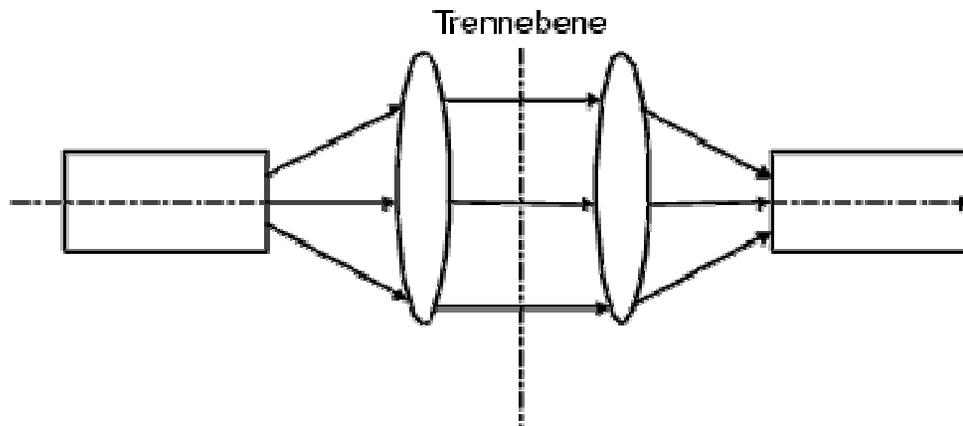
#### ● Klebespleiß

- Fasern werden mittels eines Fasertrenngerätes gebrochen und anschließend gereinigt
- Danach werden die Faserenden in eine mechanische Vorrichtung eingeführt, die die Faserenden gegeneinander justiert
- Die Fixierung der Faserenden und die Verbindung der Stirnflächen erfolgt mittels eines Klebers, der mit UV-Licht ausgehärtet wird
- Dieser Kleber, der auch zwischen den Fasern ist, ist maßgeblich für die Dämpfung verantwortlich.
- Die Einfügungsdämpfung liegt zwischen 0,2 dB und 0,7 dB
- Klebespleiße sind nur bei Multimodefasern möglich

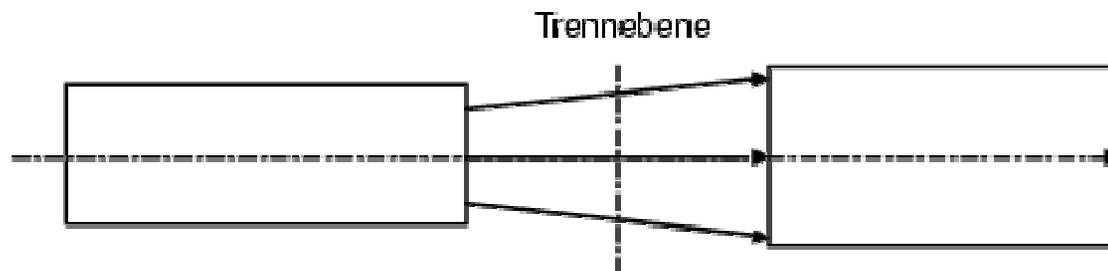


## 2.3.2 Steck- und Spleißverbindungen bei LWL

### □ Prinzip der Linsenkopplung



### □ Prinzip der Stirnflächenkopplung



## 2.3.3 Optische Verbindungstechnik: Lösbare Verbindungen (1)

---

### ❑ **Stift-Hülse-Stiftprinzip**

### ❑ **Aufgabe der Stecker**

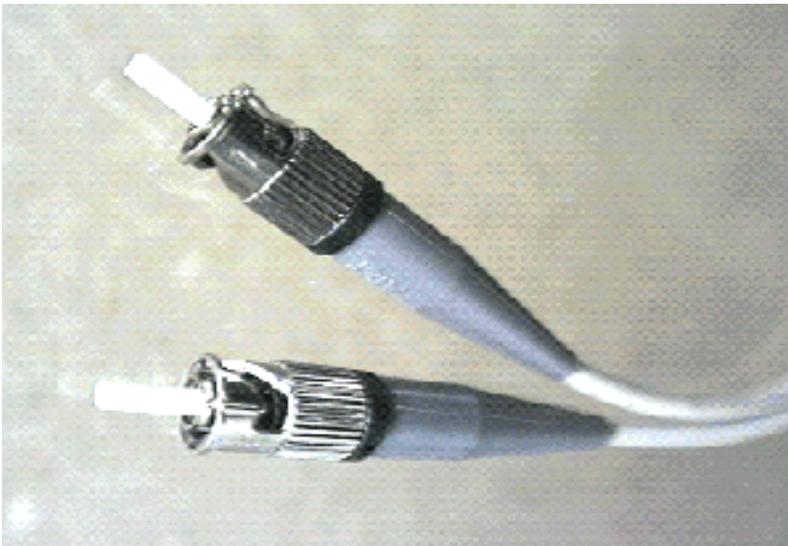
- Aufnahme der Faser
- Führung der Faser
- Schutz der Faser
- Fixierung der Faser
- Gesicherte Verbindung der Faser

### ❑ **LWL-Steckertypen**

- Alle Übertragungsparameter müssen unbedingt eingehalten werden, da von der Streckverbindung die Qualität des gesamten optischen Übertragungssystems abhängt
- Wichtige übertragungstechnische Parameter sind die Einfügungsdämpfung und die Rückflussdämpfung
- Die Reproduzierbarkeit der übertragungstechnischen Werte bei häufiger Beanspruchung
- Eine hohe Lebensdauer, ein stabiler mechanischer Aufbau mit leichter Handhabung sowie kompakte Abmessungen

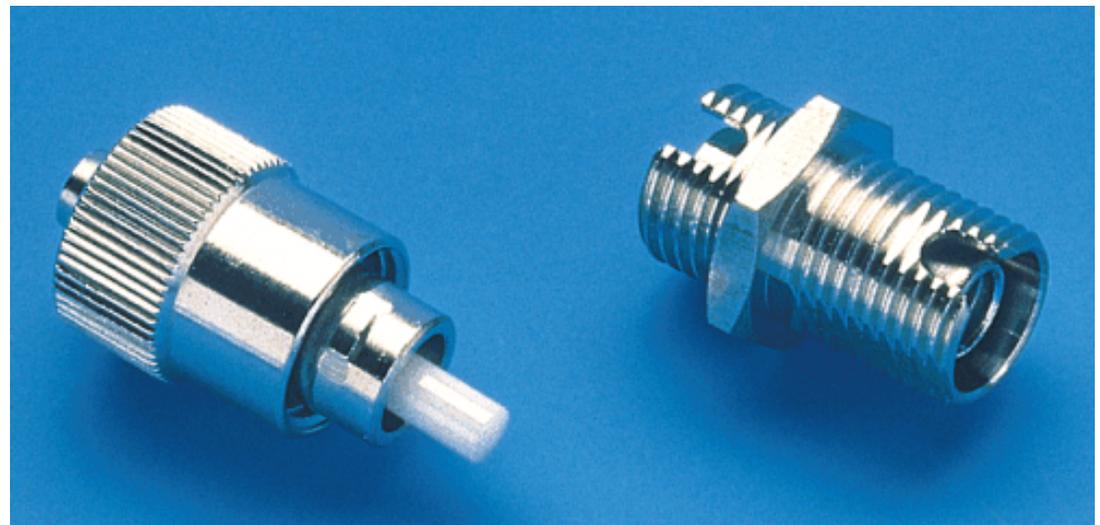
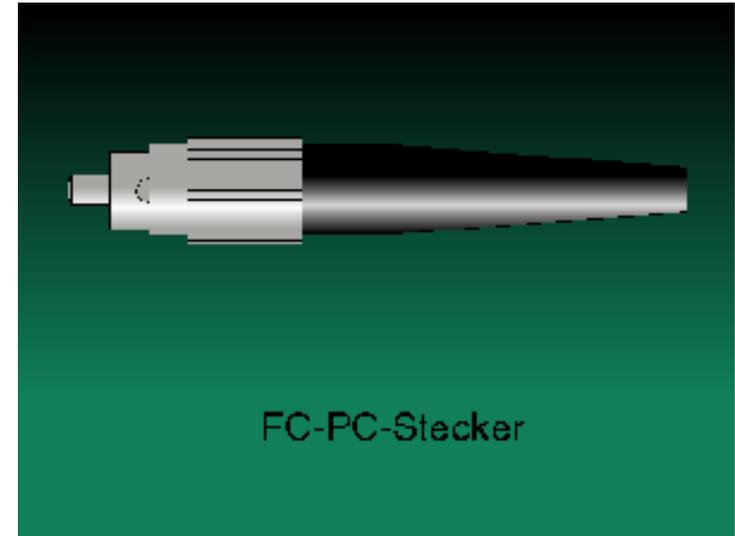
## 2.3.3 Optische Verbindungstechnik: Lösbare Verbindungen (2)

- ❑ Für die Anslusstechnik von Lichtwellenleiter gibt es eine Vielzahl von Steckverbindungen, die untereinander inkompatibel sind
- ❑ Die Standard -LWL-Stecker sind der:
  - **ST-Stecker:** Dieser von AT&T spezifizierte LWL-Stecker (BFOC/2,5 nach IEC -874-10) ist sowohl für Monomodefasern als auch für Multimodefasern geeignet



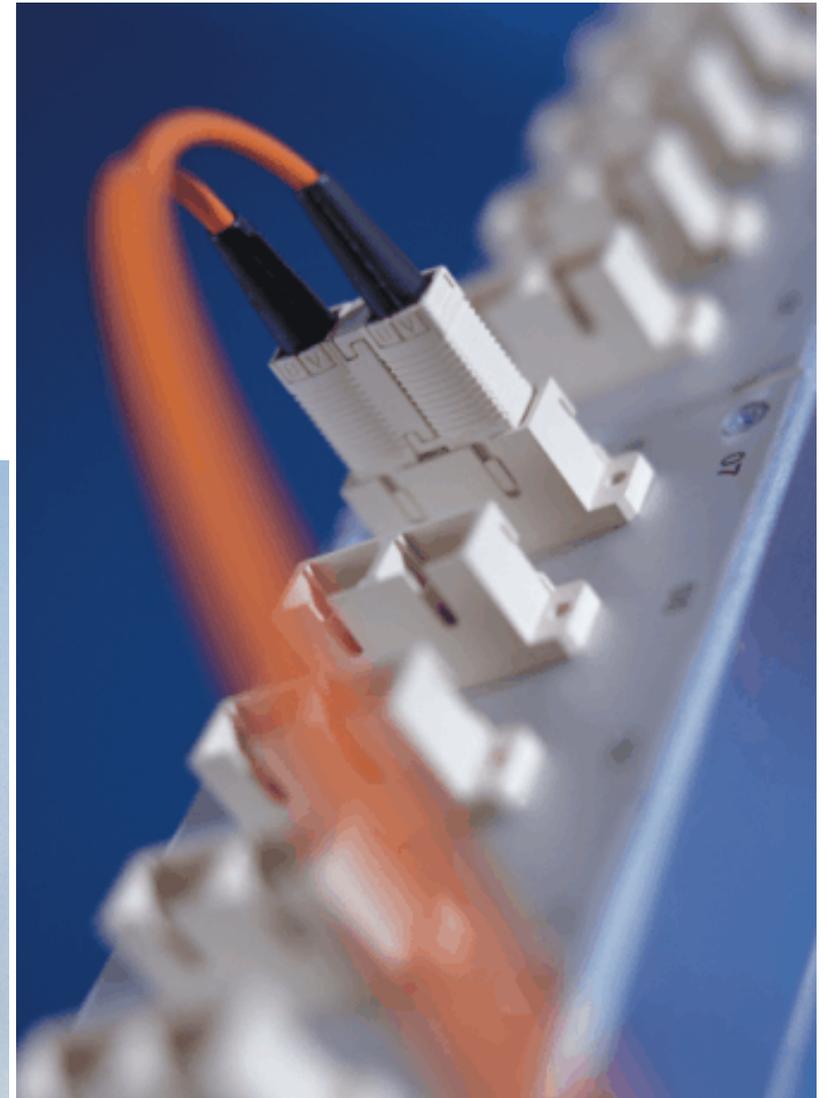
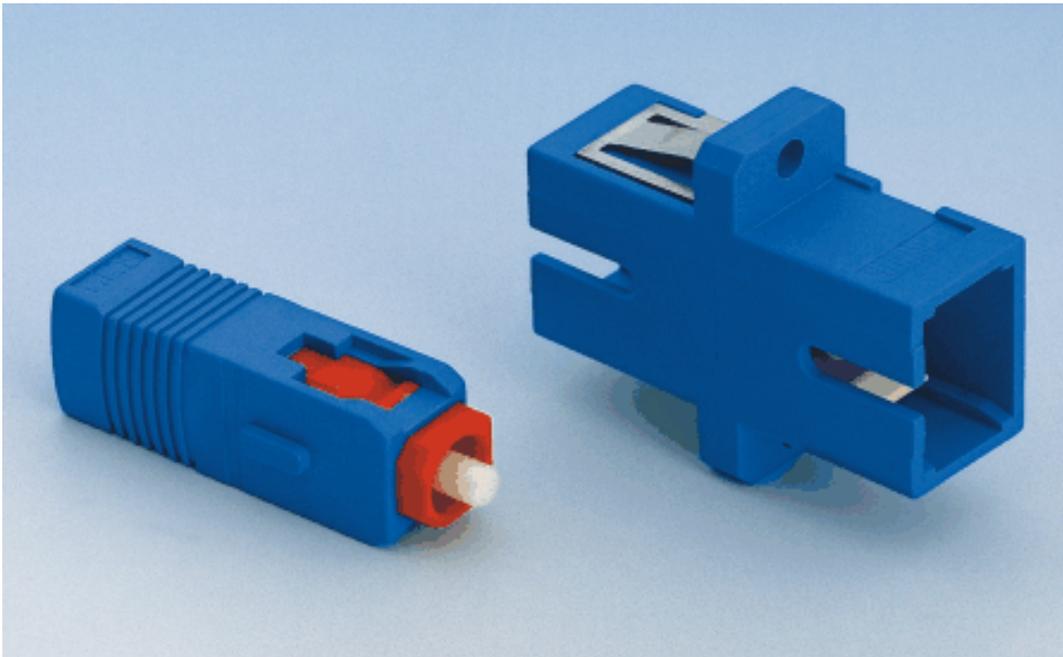
## 2.3.3 Optische Verbindungstechnik: Lösbare Verbindungen (3)

- **FC/PC-Stecker:** Dieser Stecker ist einsetzbar für Multimode- (ITU Empfehlung G.651) und Monomode-LWL (ITU-T Empfehlung G.652)



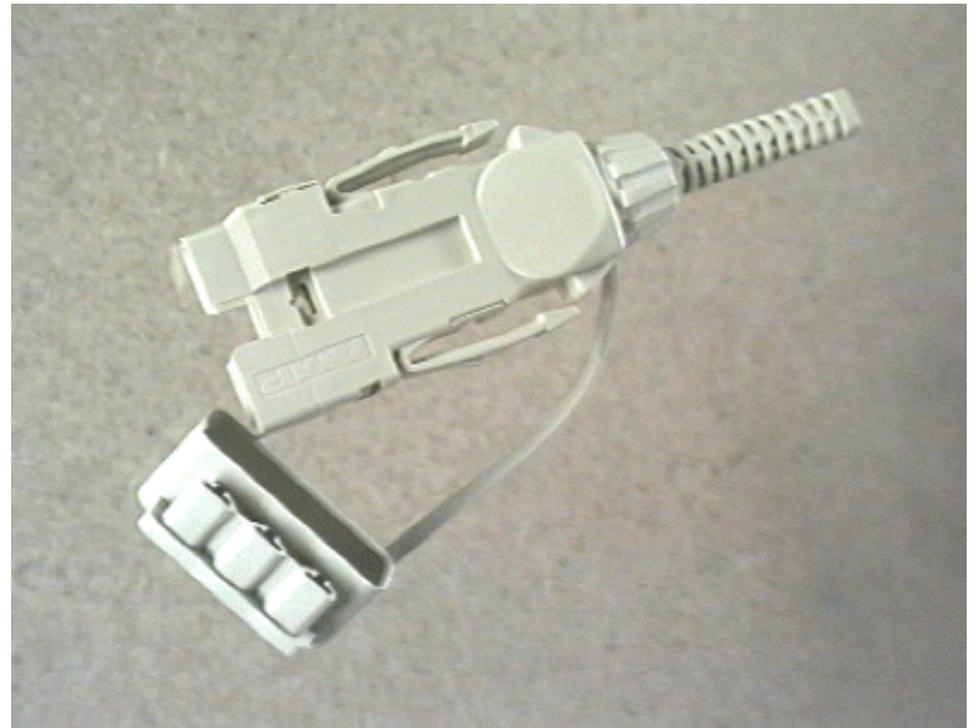
## 2.3.3 Optische Verbindungstechnik: Lösbare Verbindungen (4)

- **SC-Stecker:** polarisierter Push-Pull-Stecker, verwendbar für Multimode- und Monomode-LWL



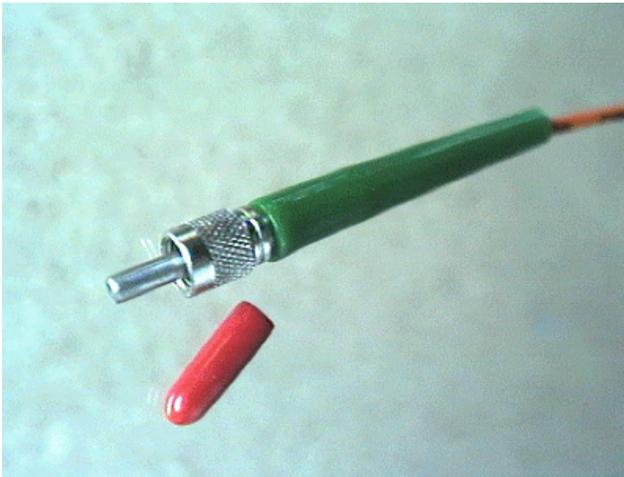
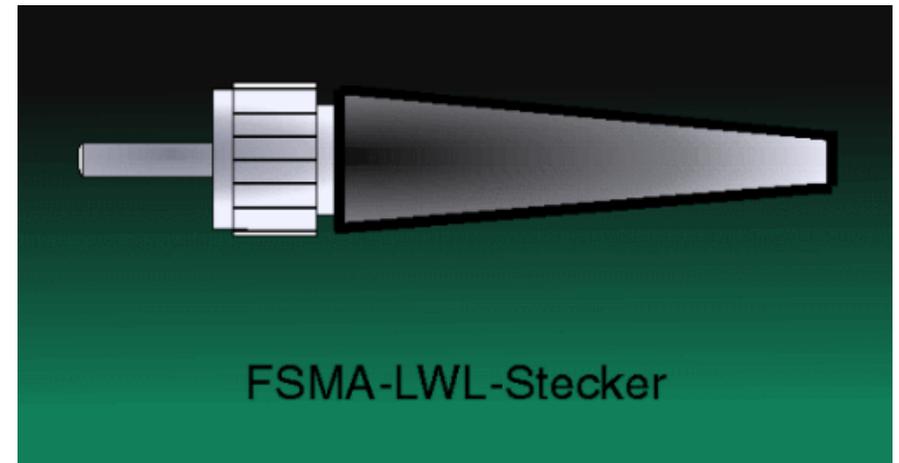
## 2.3.3 Optische Verbindungstechnik: Lösbare Verbindungen (5)

- **MIC-Stecker** („media interface connector“): codierbarer Duplex-Stecker mit Schnappverriegelung für Multimode- und Monomode-LWL



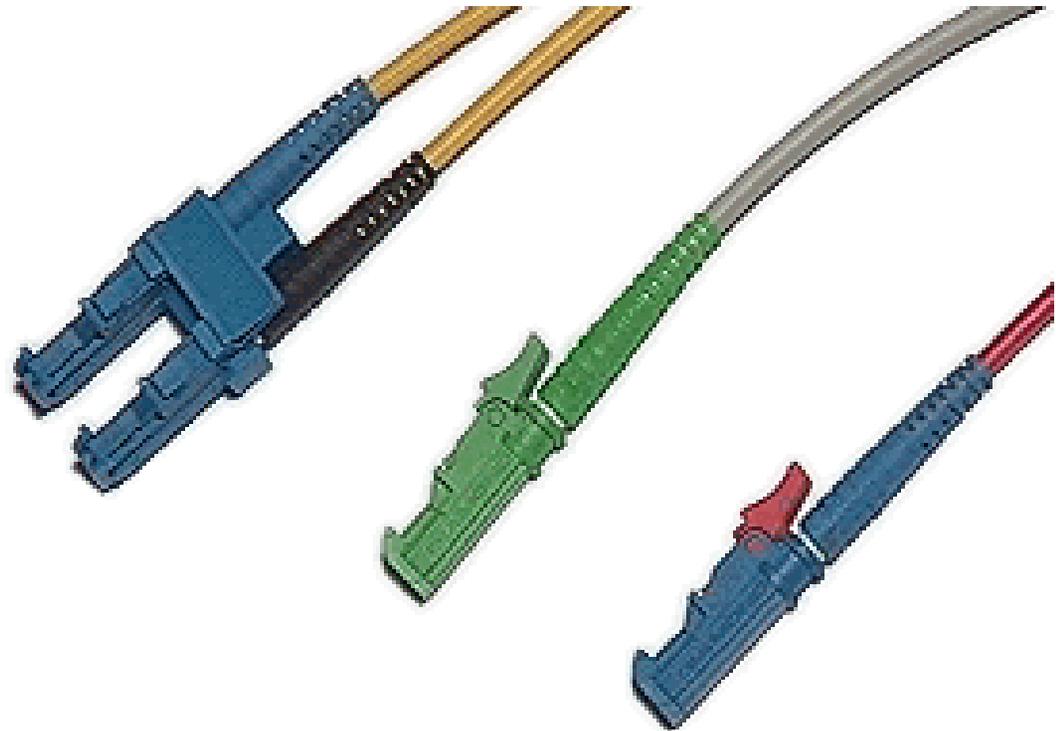
## 2.3.3 Optische Verbindungstechnik: Lösbare Verbindungen (6)

- **FSMA-Stecker** („field installable subminiature assembly“): erster international genormter Stecker, für Multimode-LWL



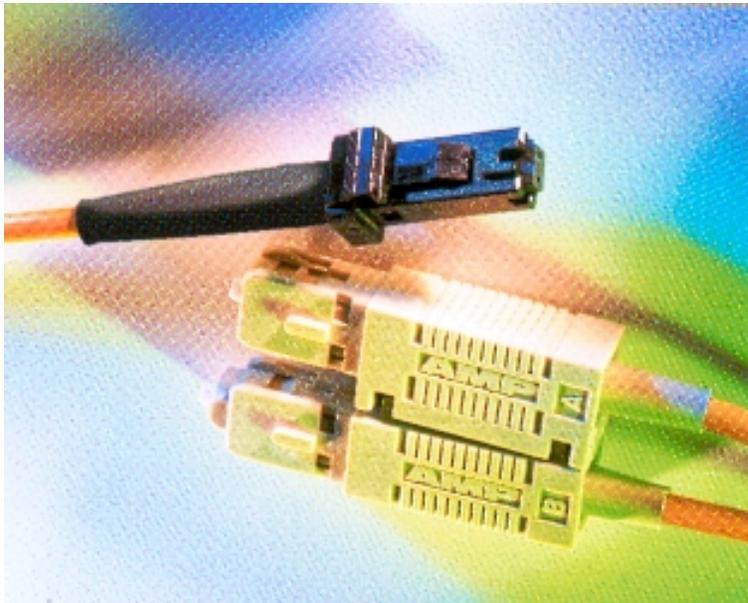
## 2.3.3 Optische Verbindungstechnik: Lösbare Verbindungen (7)

- **E-2000-Stecker:** von Fa. Diamond (Schweiz) entwickelt, für Multimode- und Monomode-LWL geeignet



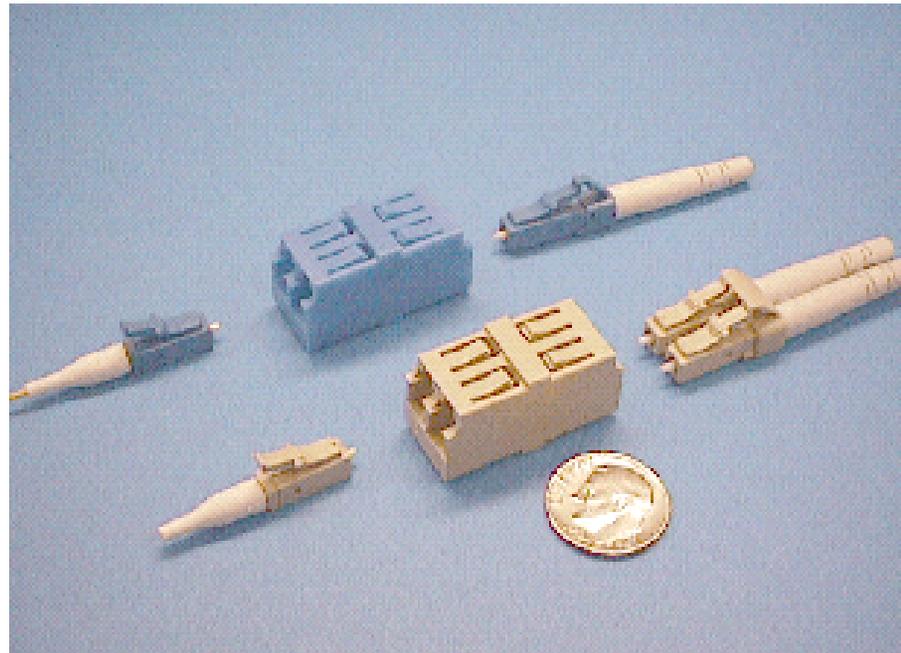
## 2.3.3 Optische Verbindungstechnik: Lösbare Verbindungen (8)

- **ESCON-Stecker:** für Kanalverbindung bei Großrechnern, verwandt mit dem MIC-Stecker
- **MT-RJ-Stecker (100 Mbit/s):** Multimode Stecker mit 2 - Faser – Ferrule, zur Standardisierung eingereicht



## 2.3.3 Optische Verbindungstechnik: Lösbare Verbindungen (9)

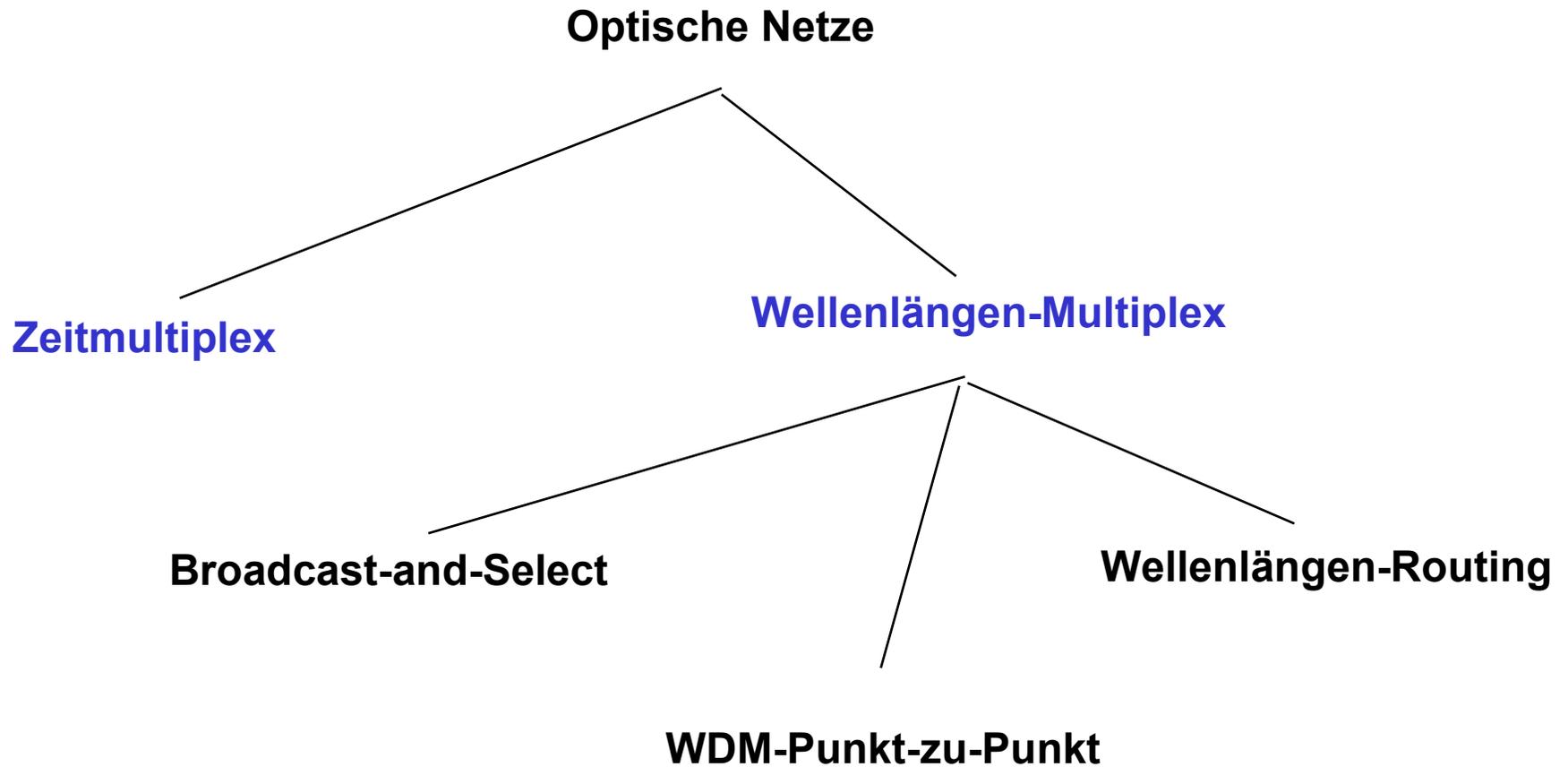
- **LC-Stecker (Gigabit/s)**
  - basiert auf einer Einzelfaser-Keramikhülse mit 1,25 mm Durchmesser für einen Lichtwellenleiter;



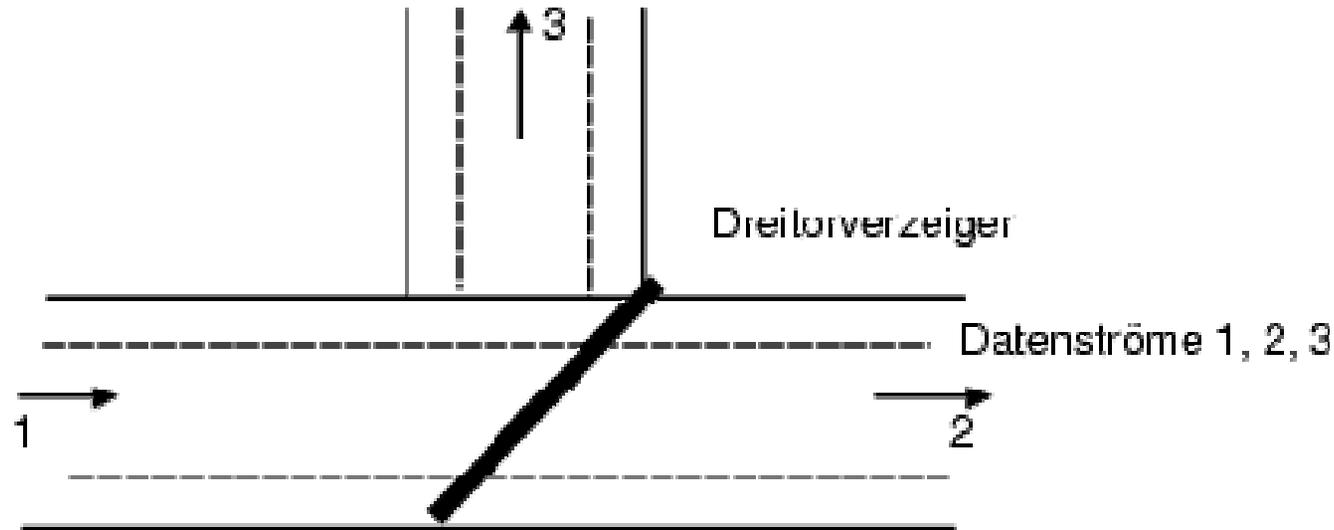
- Darüber hinaus sind unter der Vielzahl weiterer noch folgende zu nennen: SMA-Stecker, LSA-Stecker, PKI-Stecker, Biconic-Stecker, Galaxy-Stecker und der Mini-MT-Stecker

## 2.3.4 Optische Netze

---



## 2.3.4 Optische Verzweiger und Sternkoppler



**Konstruktionsprinzipien: halbdurchlässiger Spiegel oder Faserversatzprinzip**



**Mögliche Strahlenwege beim Dreitorverzweiger (T-Koppler)**

**Heute üblich: Optische Sternkoppler, meist mit opto-elektrischer Wandlung**

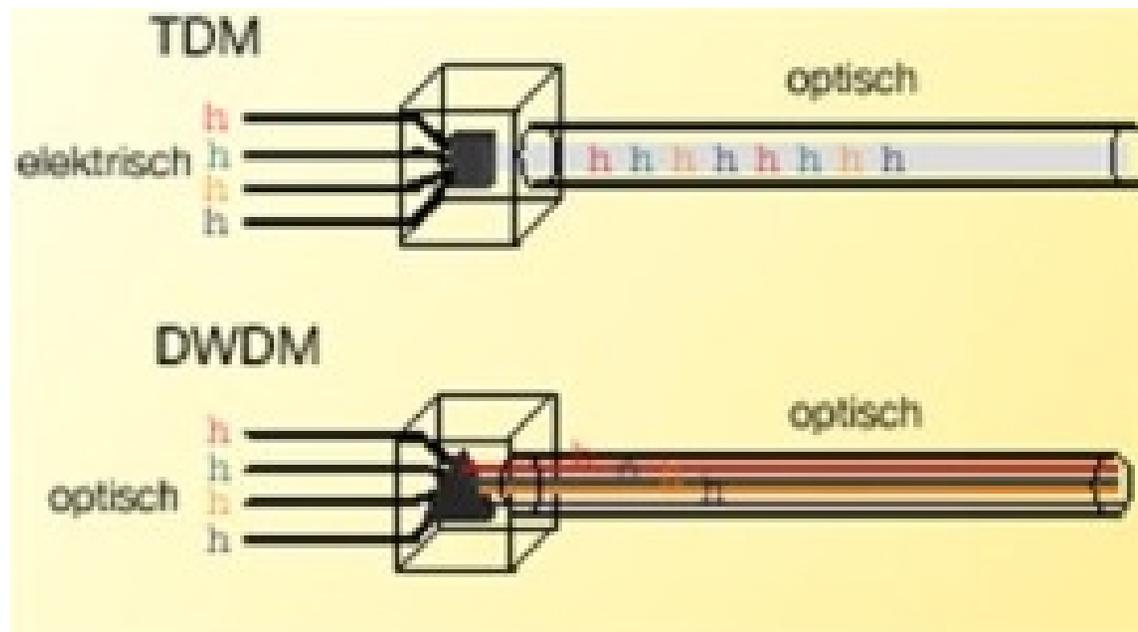
## 2.3.4 Ersatzschaltungen

---

- ❑ In optischen Netzen können mit der WDM-Technik verschiedene Varianten von Ersatzschaltungen aufgebaut werden, um die Auswirkung von Fehlern auf der Übertragungsstrecke (z.B. Faserbruch) oder in den Netzknoten zu begrenzen.
- ❑ Zwei der wichtigsten Verfahren:
  - **Pfadersatzschaltung:**  
Zwei disjunkte Wege durch das Netz; im Fehlerfall Umschalten auf Ersatzweg
  - **Multiplex-Sektion-Ersatzschaltung:**  
Netzknoten, die die fehlerhafte Multiplex-Sektion begrenzen, müssen Ersatzweg über benachbarte Netzknoten schalten

## 2.3.4.1 WDM-Systeme: Motivation

- **Steigerung der Übertragungskapazität durch reines Zeitmultiplextechnik:**
    - von heute üblichen 2,5 Gbit/s auf 10 Gbit/s (Provider-Umfeld)
    - Steigerung über 10 Gbit/s: sehr aufwendig (Infrastruktur bereits vorhandener Netze i.d.R. für diese Bitraten auch nicht geeignet)
- => **WDM-Technik** genutzt, um vorhandene Infrastruktur möglichst gut und wirtschaftlich auszunutzen

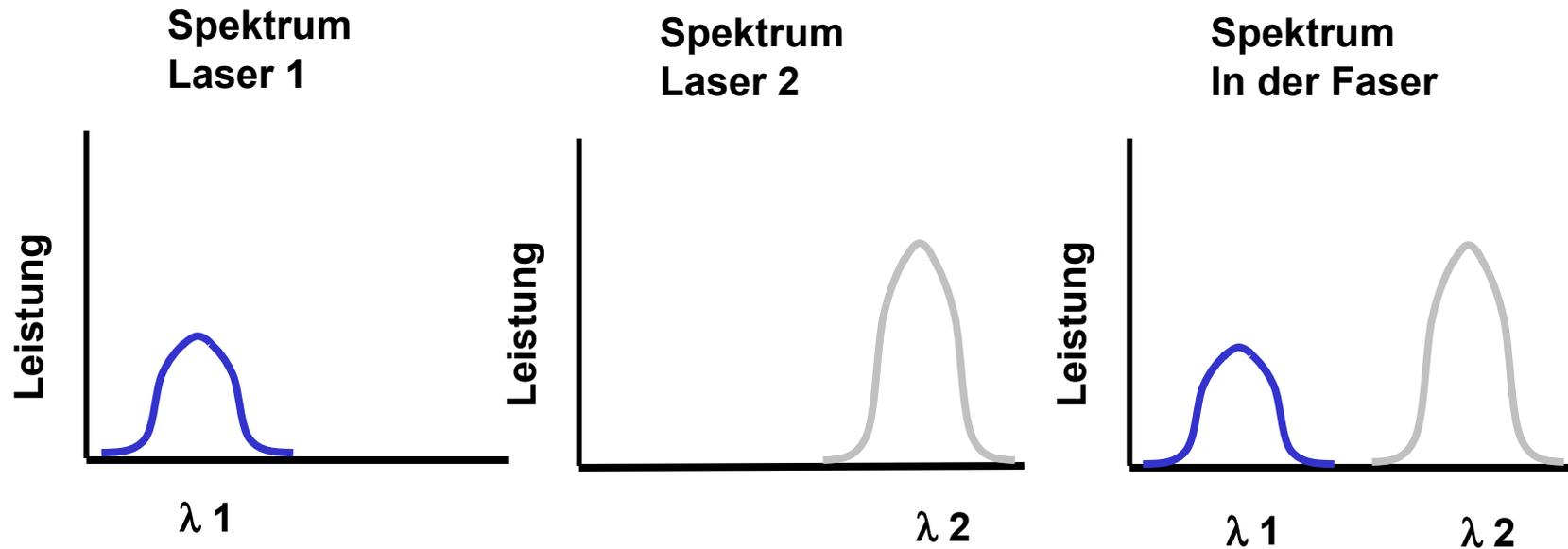
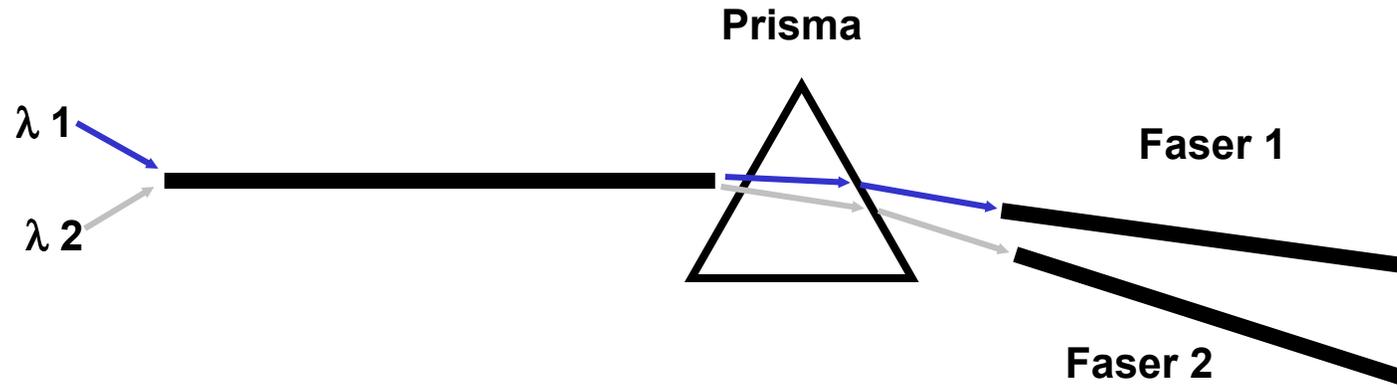


## 2.3.4.1 Wavelength Division Multiplexing (WDM)

---

- ❑ **Seit Mitte 90er Jahre: optische Wellenlängen-Multiplextechnik (Wavelength Division Multiplexing - WDM)**
- ❑ **Optische Analogie zum Frequenzmultiplexing der elektrischen Nachrichtentechnik: für jedes Signal ein eigener Frequenzbereich**
- ❑ **Mehrere Signale mit leicht unterschiedlichen Trägerwellenlängen (sog. „**Farben**“) auf einer Glasfaser zusammengeführt und gemeinsam übertragen (d.h. gemeinsame optische Verarbeitung)**
- ❑ **Datenübertragung erfolgt in bestimmten Wellenlängenfenstern:**
  - Im Wellenlängenfenster äußerst geringe Signal-Dämpfung
  - Optische Fenster von 850 nm, 1300 nm, 1550 nm
    - Bei steigenden Wellenlängen verbessert sich das Übertragungsverhalten
    - Nachteilig: bei Erhöhung der Wellenlänge steigt Preis der Koppelkomponenten

## 2.3.4.1 WDM-Systeme: Das Prinzip



## 2.3.4.1 WDM-Systeme (Fortsetzung)

---

- ❑ **Typische WDM-Übertragungssysteme:**
  - Wellenlängen im Bereich um 1480 - 1620 nm
  - Mit spektralem Abstand der Übertragungskanäle von 25, 50, 100 oder 200 GHz
- ❑ **Übertragung auf jedem optischen Übertragungskanal:**
  - Meist Bitraten von 2,5 Gbit/s
  - In der letzten Zeit vermehrt auch bis zu 10 Gbit/s im Provider-Umfeld

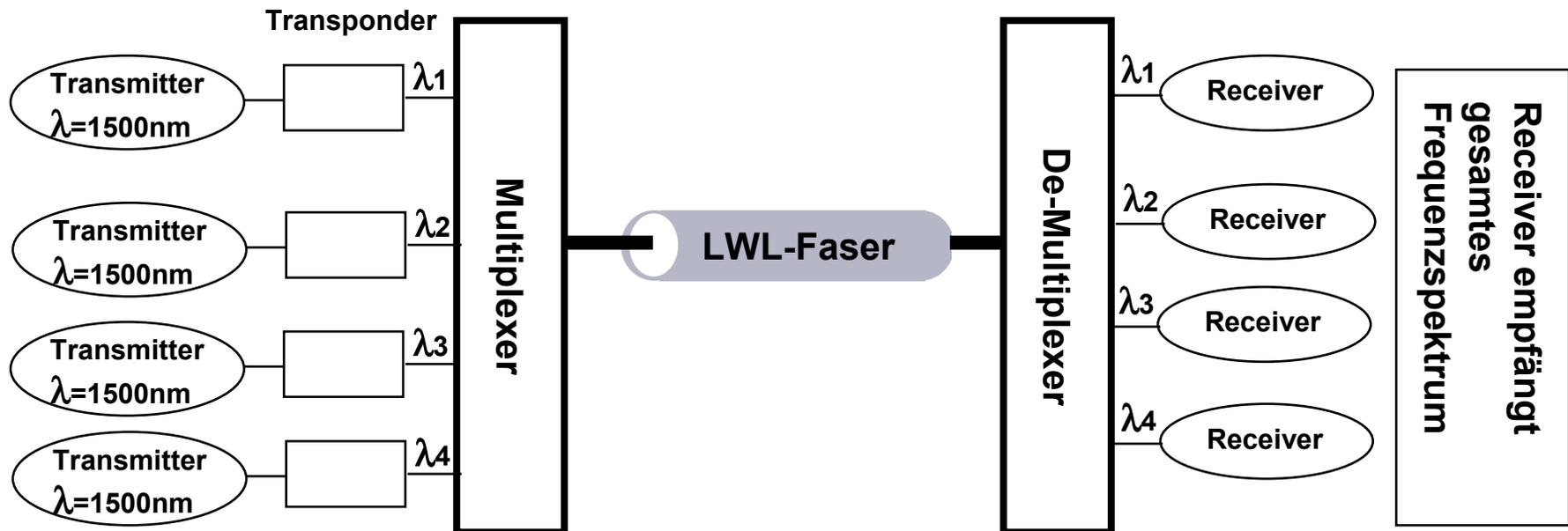
## 2.3.4.1 WDM: Abstimmbarer Laser

---

- ❑ Werden in WDM- und DWDM-Systemen als Ersatzlaser eingesetzt
- ❑ In der DWDM-Technik wird mit hundert und mehr Wellenlängen gearbeitet, und damit mit ebenso vielen Lasern
- ❑ Diese Laser können über einen Wellenlängenbereich von 40 nm abgestimmt werden, so dass sie in einem 100-GHz-Raster (0,8 nm) insgesamt 50 Wellenlängen abdecken können

## 2.3.4.1 WDM Punkt-zu-Punkt-Netze

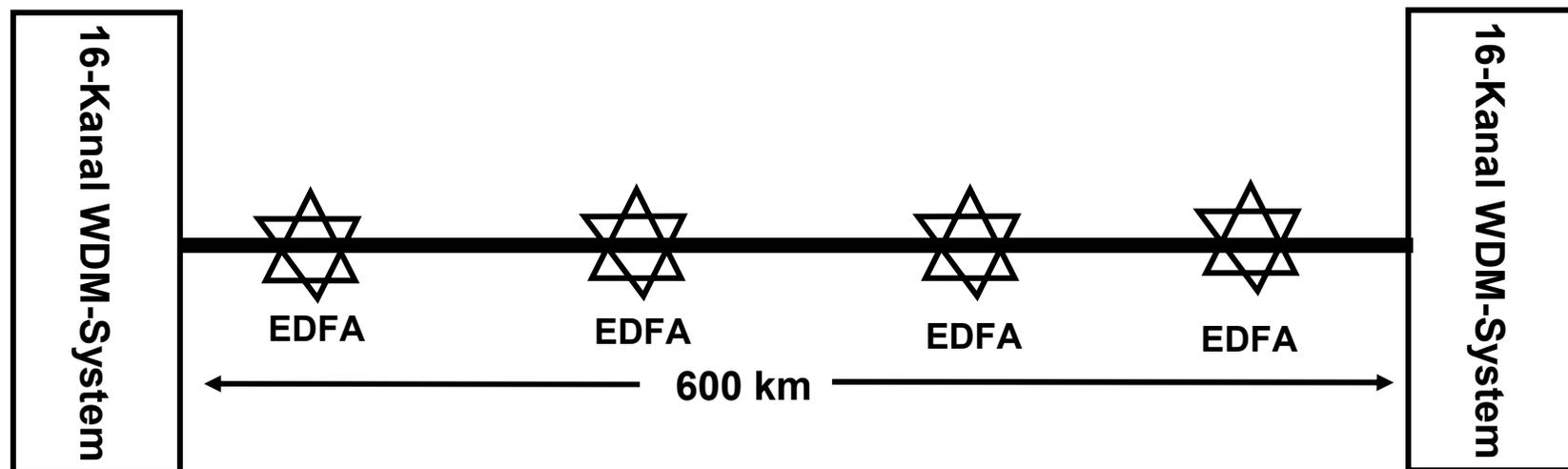
- ❑ Optimierte Nutzung der inhärenten Kapazität der Glasfasern



- ❑ Transparentes Verfahren
- ❑ Unabhängig von der verwendeten Übertragungstechnik (wie z.B. SDH, HiPPI, Escon, ATM, Fast-Ethernet, Gigabit-Ethernet usw.)
- ❑ Nur abhängig von der speziellen Bandbreite

## 2.3.4.1 WDM-Punkt-zu-Punkt-Netze

- **Einsatz von speziellen Verstärkern (Erbium Doped Fiber Amplifier, EDFA)**
  - Speziell dotierte Glasfasern (Erbium)
  - Erregung durch optische Pump-Laser
  - Energieabgabe an optisches Signal
- + **Reine optische Verstärkung, keine Wandlung notwendig**
- + **Erhöhte Reichweite, bis zu 120 km**
- + **Verstärkung eines breiten Spektralbereiches**



## 2.3.4.1 WDM-Systeme: Einsatz

---

### ❑ Internationale Carrier

- Transatlantik-Leitung, z.B. TAT-14
- Transkontinentale Leitungen (z.B. USA)

### ❑ Nationale Carrier

- Telekom, Bayernwerke, Netkom, o.tel.o, ...

⇒ Kombination von SDH und WDM zur Kostenminimierung

### ❑ Lokale Provider, wie z.B. das LRZ im Münchener Hochschulnetz (M'net)

- Bis zu 8 Kanäle, à 1, 250 Gbit/s, < 100 TDM
- Einsatz paralleler Netztechnologien (ATM, FDDI, Fast-Ethernet, Gigabit-Ethernet, Fiber-Channel)
- Kopplung von TK-Anlagen, über bestehende LWL-Leitungen

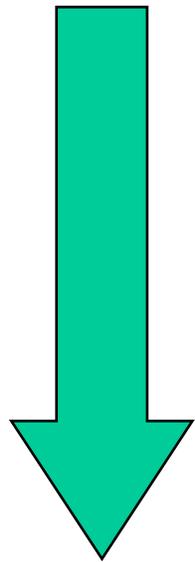
## 2.3.4.1 Von WDM zu (Dense)-WDM-Systemen: Entwicklungen (1)

---

- ❑ **160 Kanalsysteme à 10 Gbit/s im Labor ( $\Sigma = 1\text{TBit/s}$ )  
über mehrere 1000 km ohne Zwischenverstärker  
1 Tbit/s ~ gesamter Sprach-Datenverkehr der USA und  
weiterer 100.000 paralleler Fernsehkanäle sowie  
4.000.000 Telefongespräche auf einer Leitung**

## 2.3.4.1 Von WDM zu (Dense)-WDM-Systemen: Entwicklungen (2)

Weg von reinen Leitungsnachbildungen ...

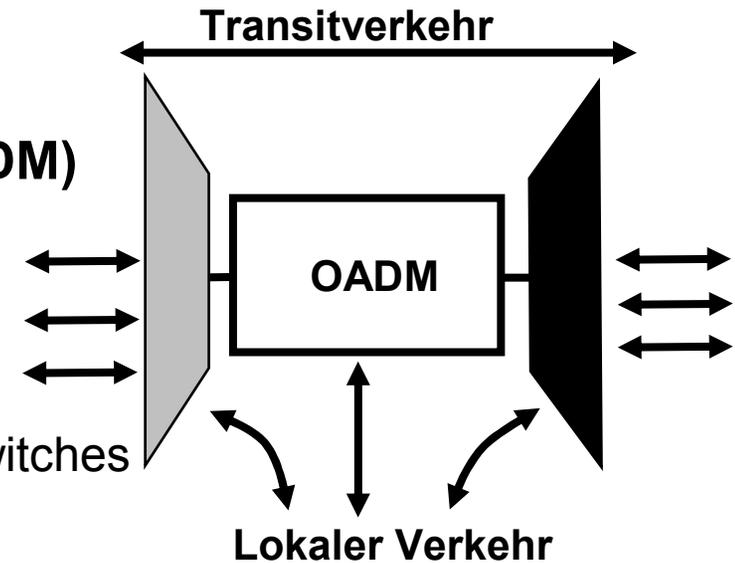


**Optische Add-Drop-Multiplexer (OADM)**

**Tunable Laser**

- Für Transponder: Reduktion der Kosten
- Als Grundvoraussetzung für Optische Switches

**Optische Switches**



... hin zu All-Optical-Networks

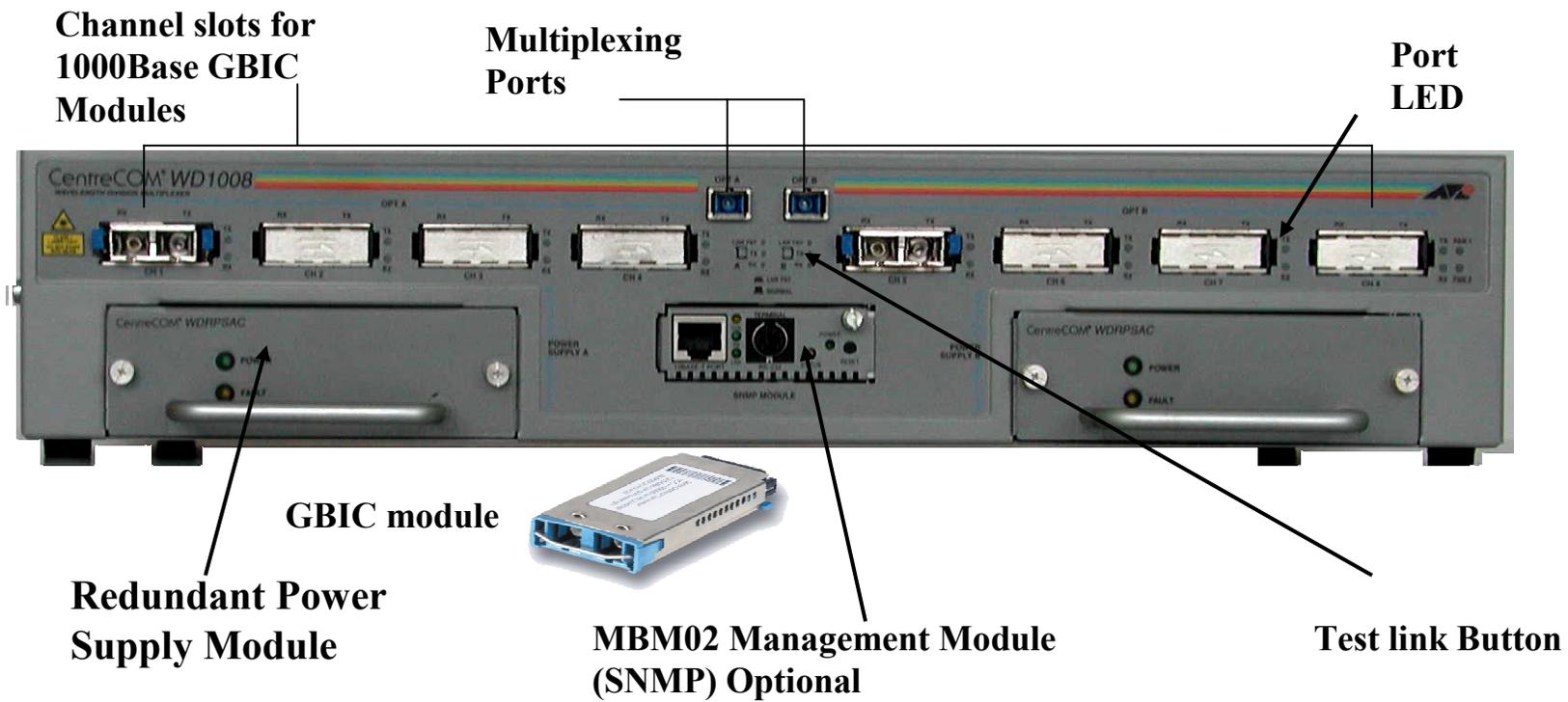
## 2.3.4.1 WDM: Anforderungen an Glasfaser

---

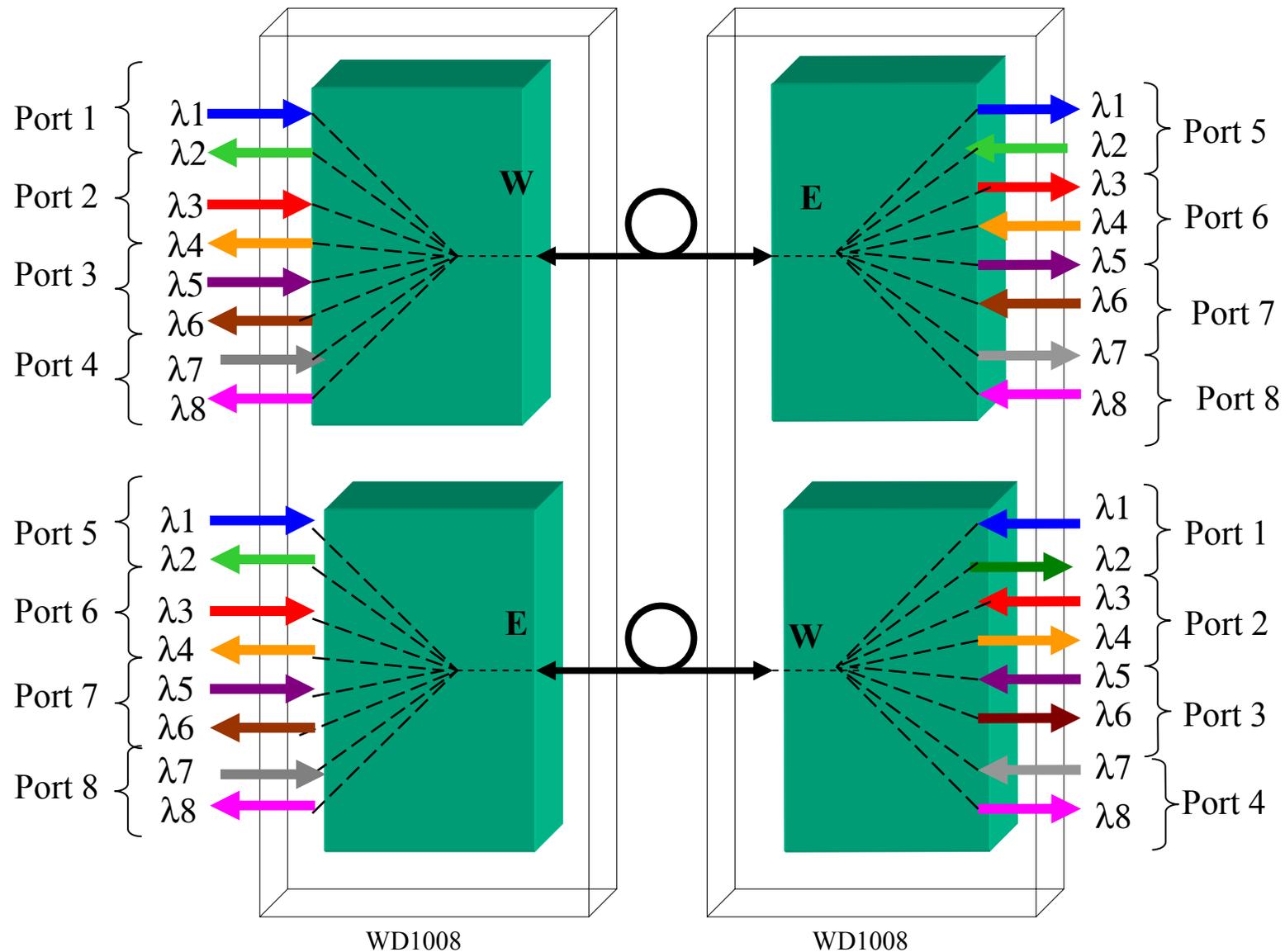
- **Die für WDM-Technik optimalen Glasfasern werden als „Non-zero dispersion shifted fibers“ bezeichnet**
  - Der nichtlineare Übertragungseffekt bei der Ausbreitung unterschiedlicher Frequenzen wird unterdrückt; es wird für eine gleichmäßige Ausbreitung der unterschiedlichen Wellenlängen gesorgt
  - Nicht alle Glasfaserkabel sind für die WDM-Technik nutzbar; müssen ggf. ausgewechselt werden
  - Spleißungen und Steckersysteme sind auf diesen Wellenlängenbereich auszulegen

## 2.3.4.1 Beispiel: WD1008 von Allied Telesyn

- CWDM Multiplexer, 8 Gigabit Ethernet



## 2.3.4.1 Beispiel: WD1008 von Allied Telesyn



## 2.3.4.1 DWDM vs. CWDM

---

### ❑ CDWM (Coarse WDM)

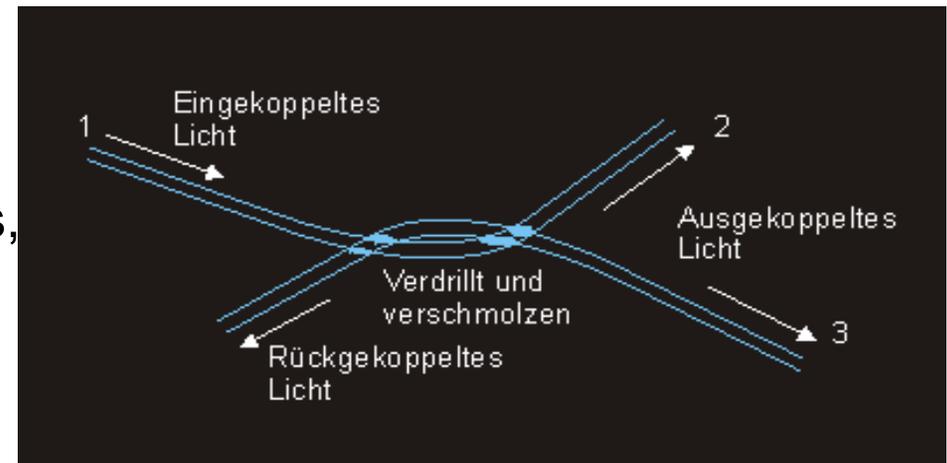
- Weniger als 16 Wellenlängen pro System
- Kleinere Kosten
- Einfaches Management
- Kleiner footprint
- Geeignet für Distanzen kleiner 100 km (LAN, Access-Netze)

### ❑ DWDM (Dense WDM)

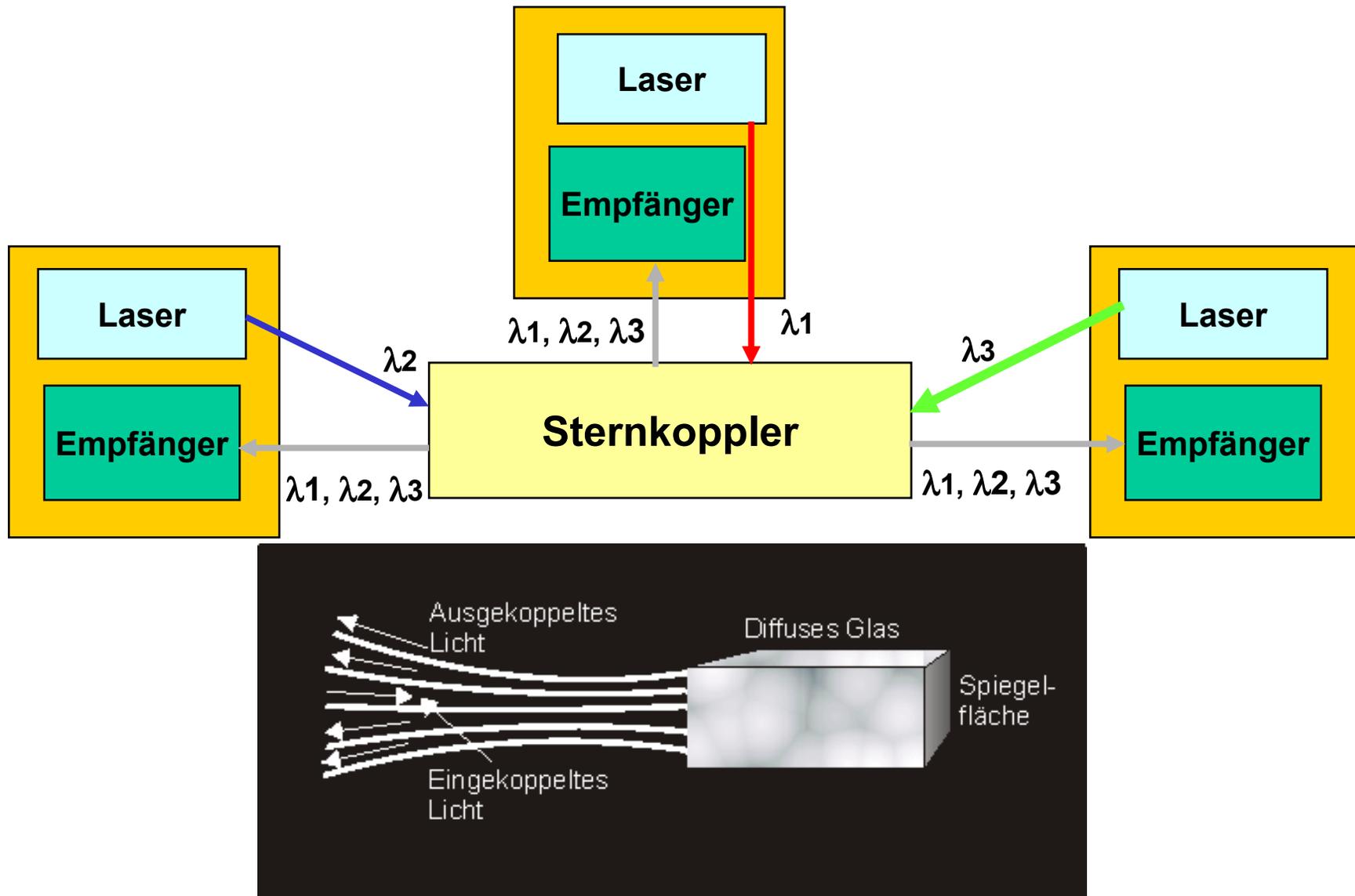
- Von 32 bis 80 Wellenlängen
- Höhere Kosten
- Komplexeres Management
- Larger footprint
- Geeignet für Distanzen von 100 bis 1000 km

## 2.3.4.2 Broadcast and Select (1)

- ❑ Sternkoppler sind Glasfaser-Koppelemente, bei denen ein eingehendes Lichtsignal sternförmig in mehrere Fasern aufgeteilt wird
- ❑ Verfahren, um ein Lichtsignal sternförmig auf mehrere Glasfasern aufzuteilen
  - Verdrillen und Verschmelzen von mehreren Fasern
  - Verwendung von diffusem Glas, das an einer Stirnseite verspiegelt ist. Das Lichtsignal wird an einer Stirnseite eingekoppelt, in dem diffusen Glas gebrochen, an der anderen Stirnseite am Spiegel reflektiert und in die anderen Fasern ausgekoppelt (hohe Dämpfung)
  - Verwendung von diffundierten Glasplättchen, in das Modenföhrnde Kanäle eindiffundiert sind und über die Lichtenergie ein- und ausgekoppelt wird

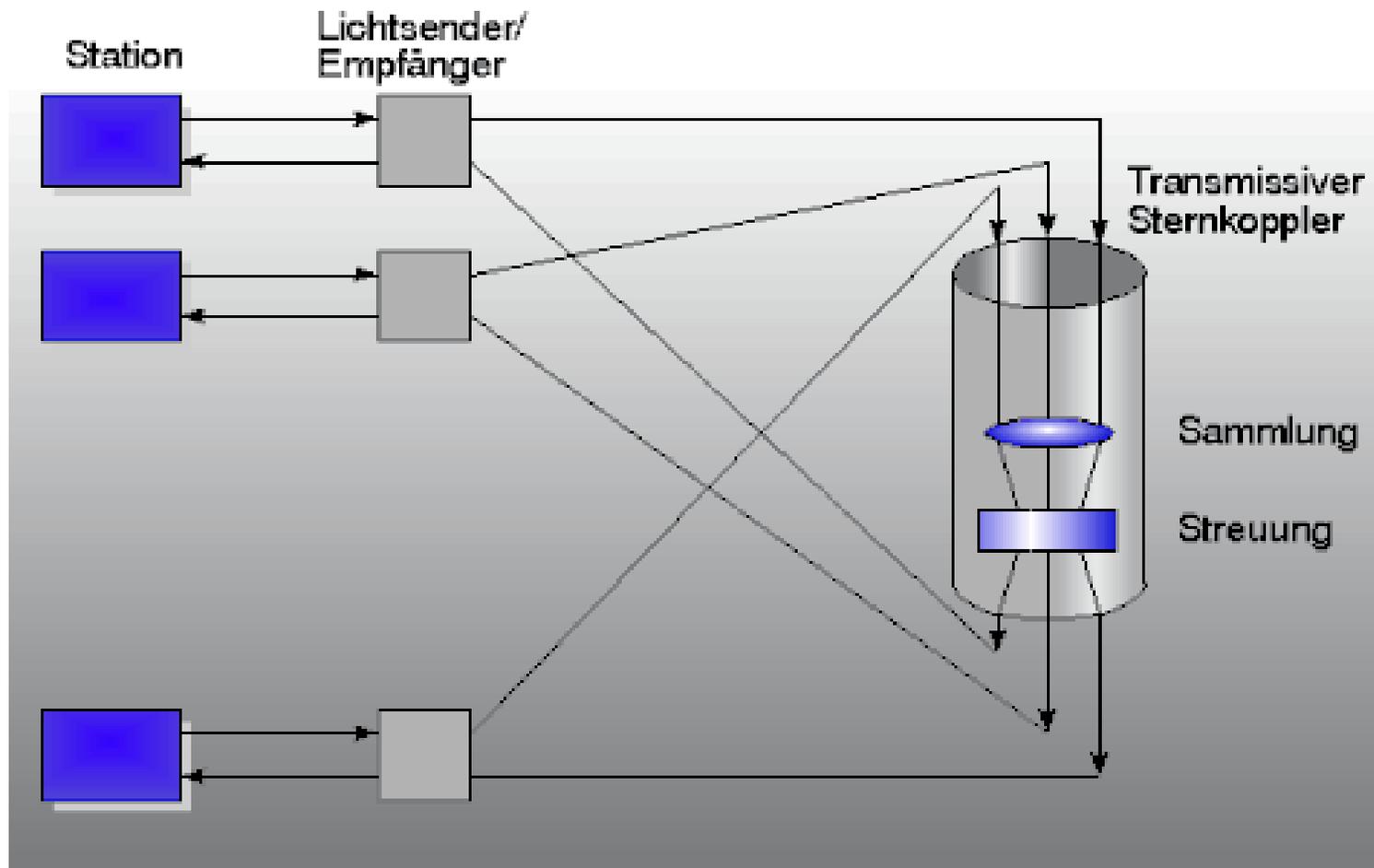


## 2.3.4.2 Broadcast and Select (2)



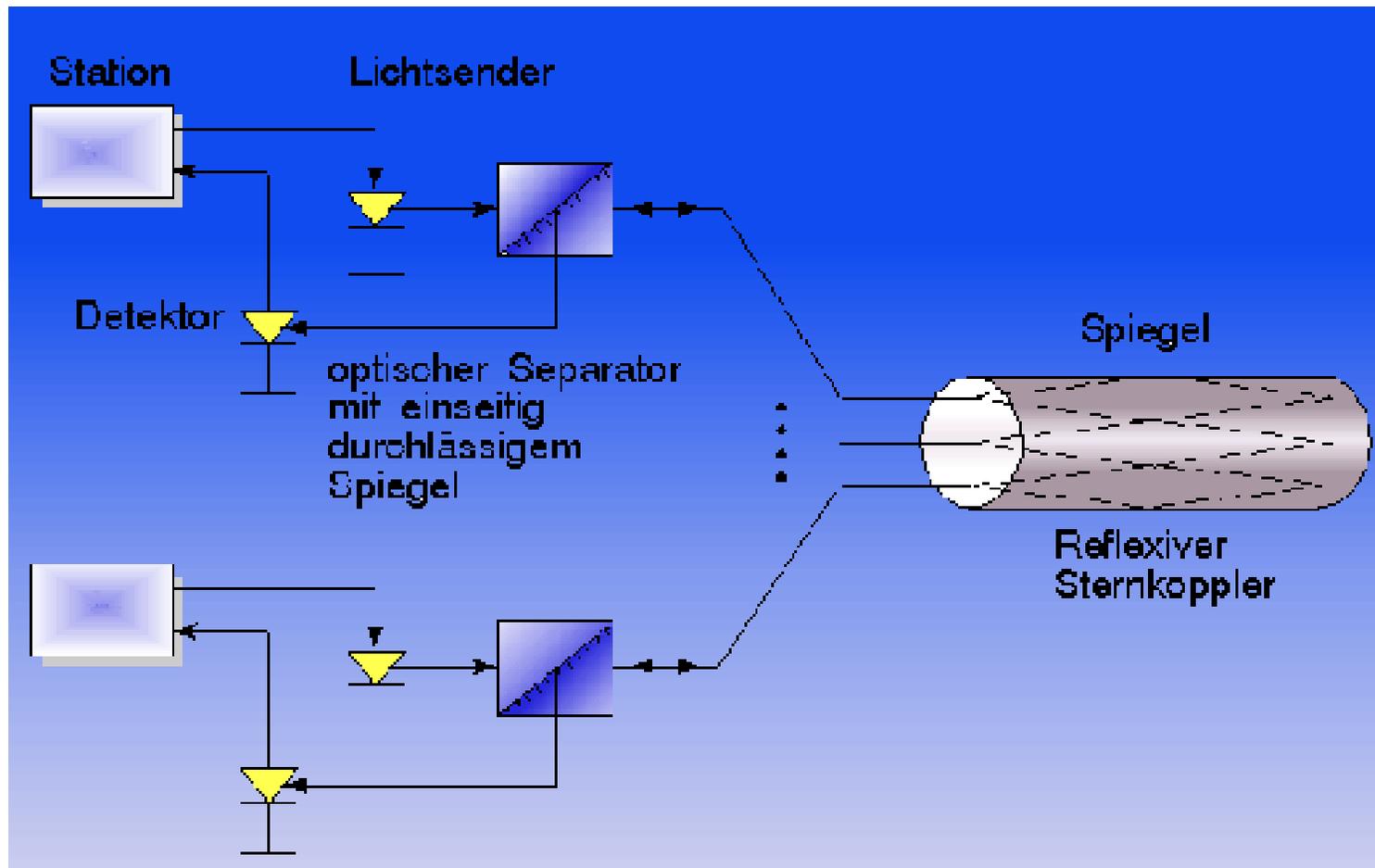
## 2.3.4.2 Broadcast and Select (3)

### □ Passiver Sternkoppler

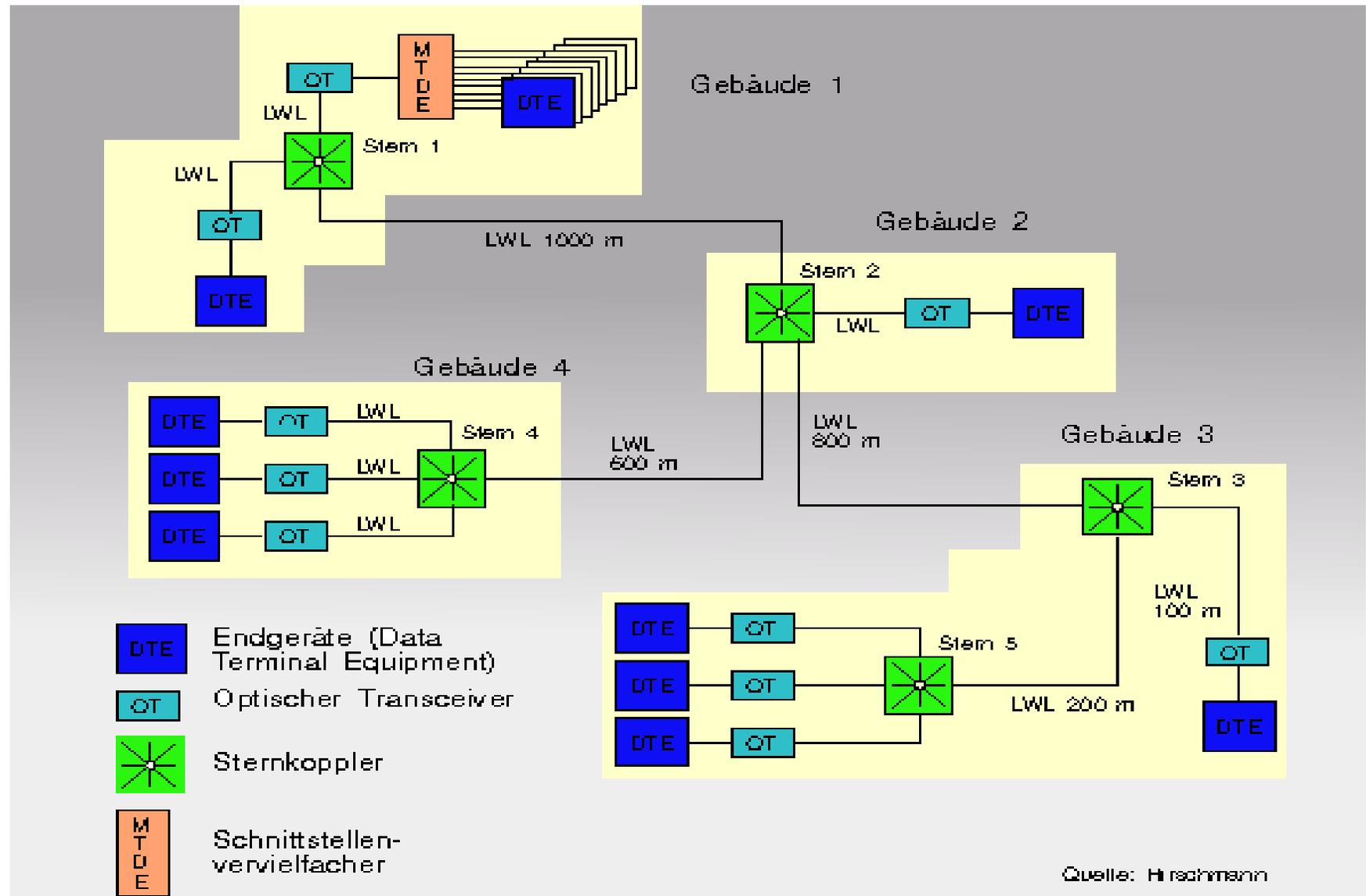


## 2.3.4.2 Broadcast and Select (4)

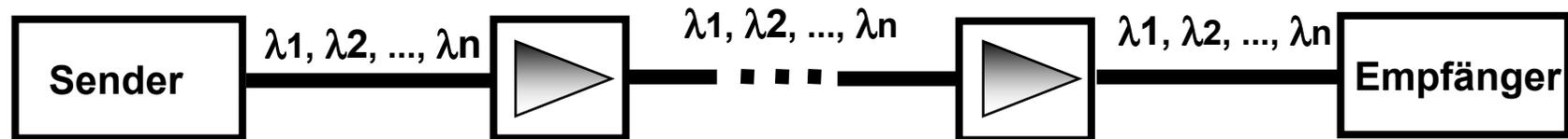
### □ Aktiver Sternkoppler



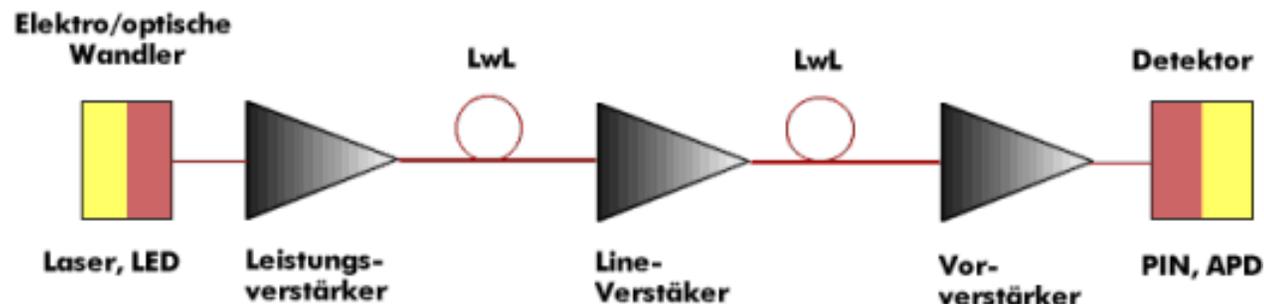
## 2.3.4.2 Broadcast and Select: Sternkoppler Konfiguration



## 2.3.4.3 Verstärkung durch Optische Verstärker



- ❑ Die optischen Verstärker verstärken jeweils alle eintreffenden Wellenlängen
- ❑ An rein optischen Verstärkern sind zu nennen der Semiconductor Optical Amplifier (SOA) und EDFA-Verstärker



## 2.3.4.3 Optische Verstärker

---

- ❑ Voraussetzung für die Übertragung über **große Entfernungen**
- ❑ Ein **optischer Verstärker** für den Wellenlängenbereich um die **1550 nm** besteht aus einer Erbium-dotierten Glasfaser, die vom Licht eines Pump-Lasers bei 980 nm oder 1480 nm angeregt wird und die ankommende Signalleistung durch den Effekt der stimulierten Emission verstärkt
- ❑ Wie bei jedem elektrischen Verstärker fügt auch der **optische Faserverstärker** dem Signal Rauschen hinzu, und bei der Kaskadierung dieser Verstärker verringert sich die nutzbare Bandbreite
- ❑ Die **Bandbreite** eines Faserverstärkers beträgt typischerweise 30 nm oder ca. **4 THz**

## 2.3.4.3 Signalregeneration

---

- ❑ Einsatz von **optischen Verstärkern**, mit denen das Signal zumindest in seiner Amplitude regeneriert werden kann
- ❑ Abstand zwischen **optischen Verstärkern**: zwischen **60 und 120 km** (damit Umfang des notwendigen Equipments drastisch reduziert)
- ❑ **WDM-System** so dimensionierbar, dass anfangs nur wenige Kanäle betrieben werden und bei wachsendem Bedarf weitere Kanäle, ohne zusätzliche Investitionen für Verstärker, implementierbar sind

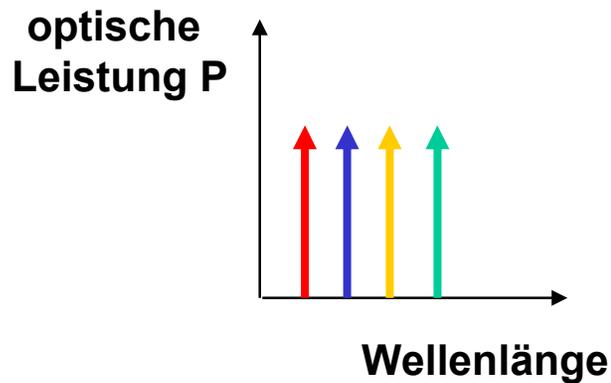
## 2.3.4.4 Terminal-Multiplexer

---

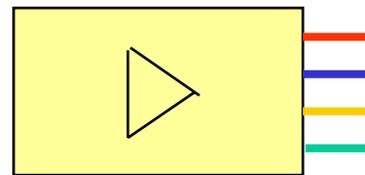
- ❑ **Bilden aus den einzelnen Signalen den **Wellenlängenmultiplex**, bzw. trennen dieses wieder in die einzelnen optischen Kanäle auf**
  - Wellenlängen und die Pegel der Eingangssignale müssen den Anforderungen des WDM-Systems, wie z.B. an das festgelegte Wellenlängengitter, angepasst werden
  - Dies erfolgt mit Hilfe eines sog. **Transponders**:  
Dieser detektiert Signale beliebiger Wellenlänge und setzt sie durch eine optisch-elektronisch-optische Wandlung in Signale mit vordefinierter Wellenlänge um
- ❑ **Sie enthalten i.d.R. optische Verstärker zur Konditionierung des optischen Summensignals**
- ❑ **Möglichkeiten zur Überwachung weiterer physikalischer Parameter**

## 2.3.4.4 Optischer Verstärker vs. Add-Drop-Multiplexer

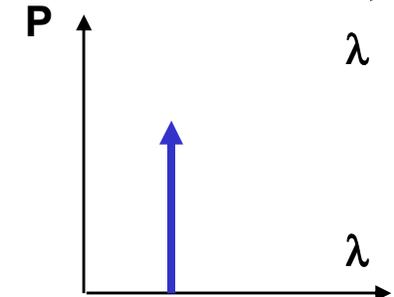
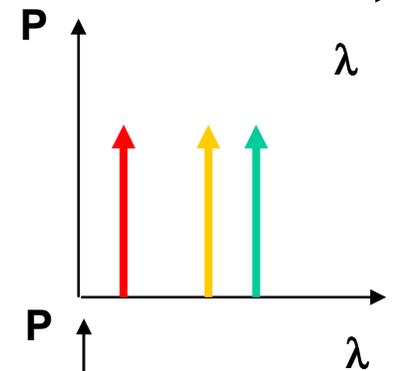
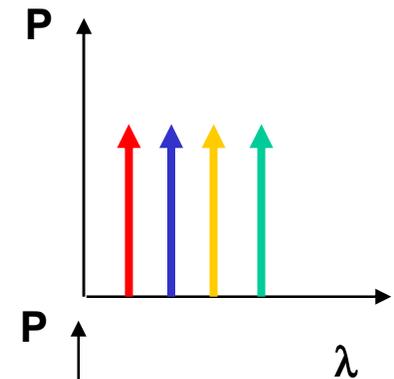
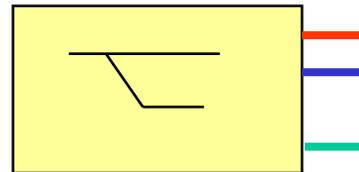
- **Gemeinsame optische Verarbeitung von Signalen am Beispiel eines optischen Verstärkers und eines optischen Add-Drop-Multiplexers**



Optischer Verstärker



Optischer Add-Drop-Multiplexer



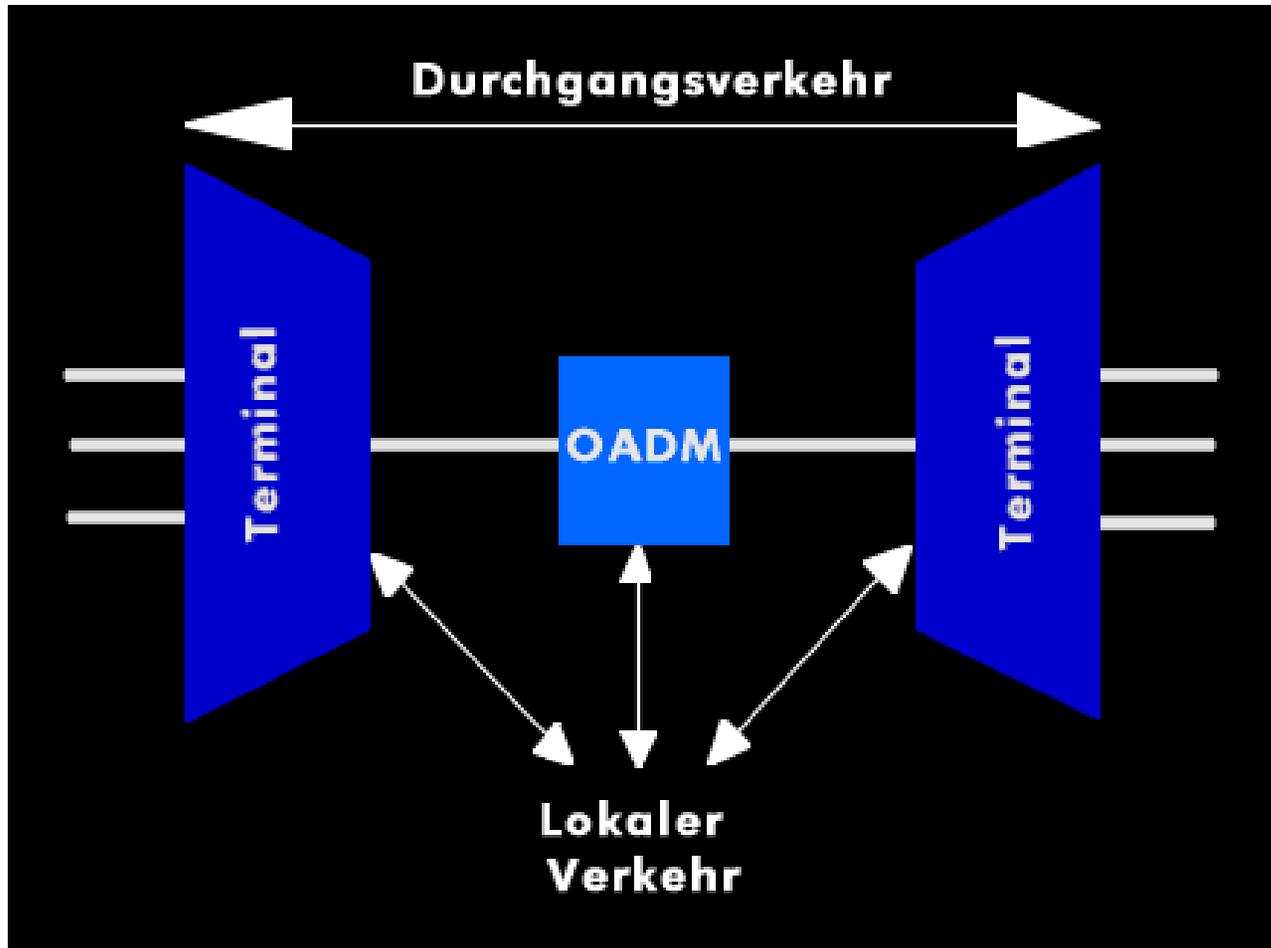
## 2.3.4.4 Add-Drop-Multiplexer (1)

---

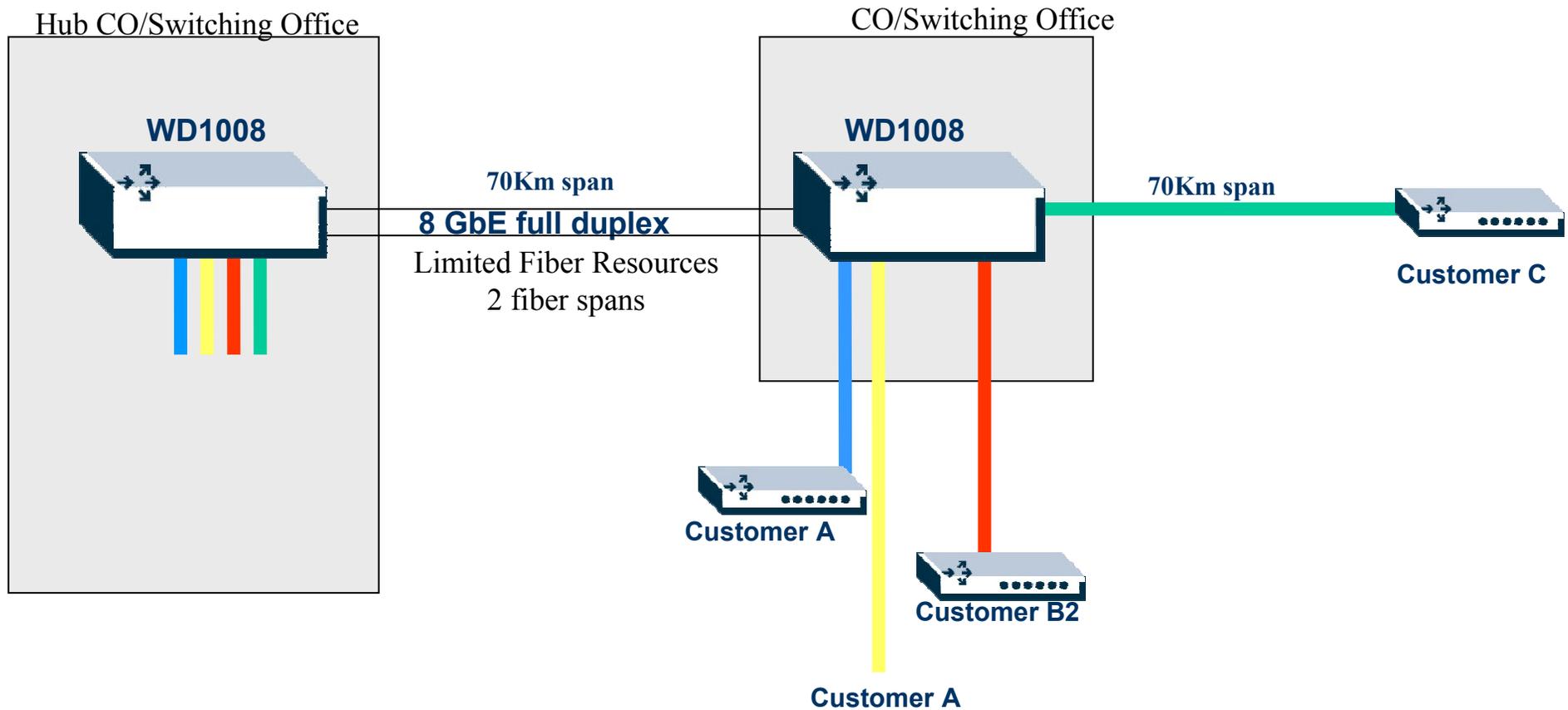
- ❑ **Optische Add-Drop-Multiplexer** dienen zur Ein- und Auskopplung von WDM-Signalen in Netzen mit ringförmiger Topologie
- ❑ Je nach Ausführung der verwendeten **optical add-drop unit** können fest definierte Kanäle oder wahlfreie Kanäle in das Wellenlängenmultiplex-Signal eingefügt oder aus diesem ausgekoppelt werden
- ❑ Die einzufügenden Signale müssen auf das Wellenlängenraster des Systems umgesetzt werden, z.B. mit **Transpondern**
- ❑ Auch hier werden ausgewählte physikalische Parameter überwacht und können Einrichtungen für optische Ersatzschaltungen implementiert sein

## 2.3.4.4 Add-Drop-Multiplexer (2)

### □ Funktion



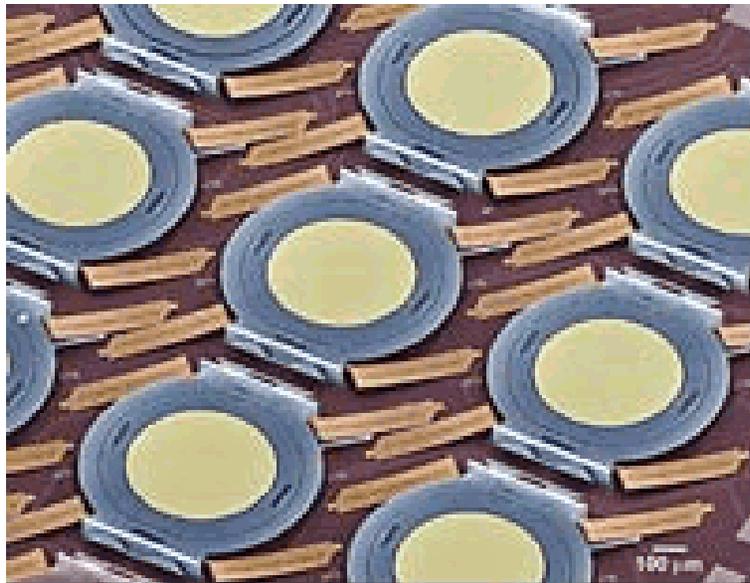
## 2.3.4.4 Beispiel eines Add-Drop-Multiplexers



## 2.3.4.5 Optical Cross Connect (1)

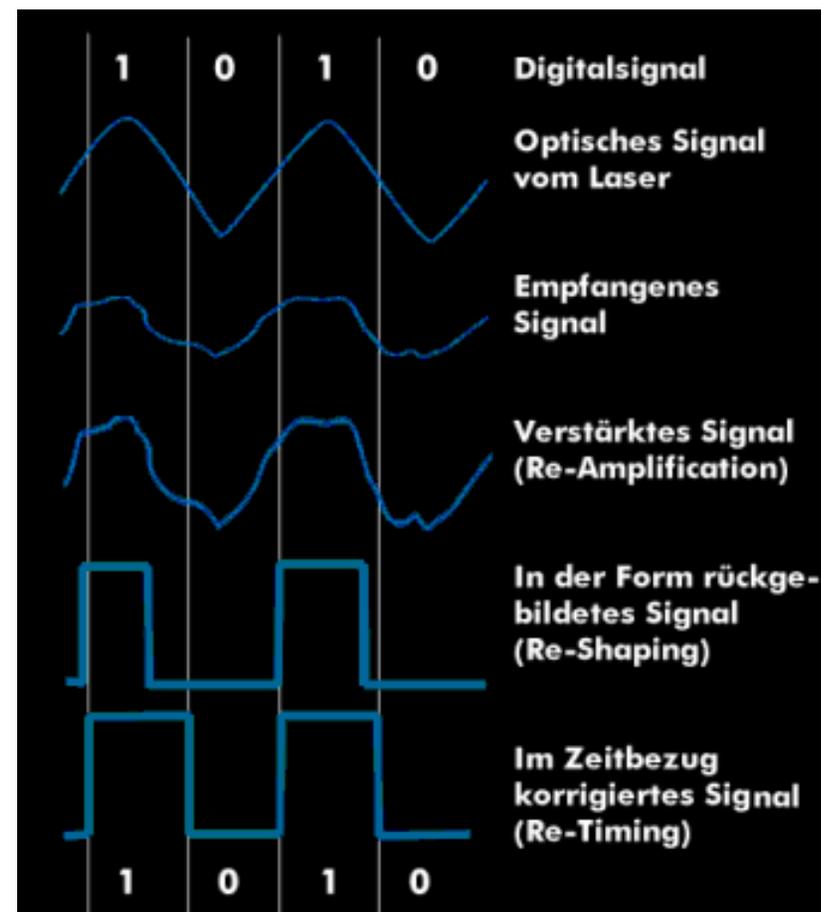
---

- ❑ Die komplexesten, aber auch leistungsfähigsten Netzelemente eines optischen Netzes sind **optische Cross-Connectoren**
- ❑ Sie bieten die verallgemeinerte Funktionalität der flexiblen optischen Add-Drop-Multiplexer, bei dem wahlfrei Kanäle ein- und ausgekoppelt werden können
- ❑ Optische Cross-Connectoren besitzen mehrere Ein- und Ausgänge, die wahlfrei miteinander verknüpfbar sind



## 2.3.4.5 Optical Cross-Connect (2)

- ❑ Neben dieser Schaltfunktion in der Raumlage können Kanäle i.A. auch in ihrer Wellenlängenlage verändert werden
- ❑ Realisierung von rein optischen Wellenlängenschaltstufen sehr aufwendig
- ❑ Die **3 R Regenerationsstufe** (reamplification, retiming, reshaping) kann notwendig werden, wenn eingehende Signale über sehr große Entfernungen oder über eine große Zahl von Knoten übertragen wurden



## 2.3.4.5 Optical Cross-Connect (3)

---

### □ Besteht aus zwei Komponenten:

- Kontroll-Komponente

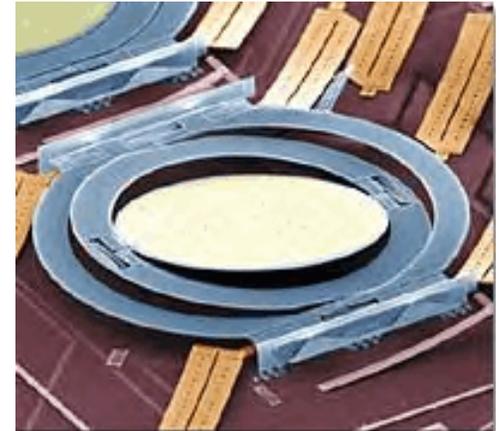
- Findet Ressourcen im optischen Netz, wie freie Wellenlängen, sammelt Topologie- und Zustandsinformationen, übernimmt die Pfadwahl und das Verbindungs-Management im optischen Netz und sorgt für Ausfallsicherheit

- Forwarding-Komponente

- Wird durch den Aufbau von Switching-Tabellen im Cross-Connect gesteuert (eingehendes Interface, eingehende Wellenlänge, ausgehendes Interface und ausgehende Wellenlänge)

## 2.3.4.5 Optische Switches

- Ohne Wellenlängenkonvertierung
- Mit elektronischer Wellenlängenkonvertierung
- Mit optischer Wellenlängenkonvertierung
  
- Optisches Circuit- und Paket-Switching**
  - Circuit-Switching
    - Wellenlängen zur statischen Verbindungen von Routern
    - Bandbreite einer Wellenlänge ist ggf. viel zu groß für einzelne Benutzer
    - Geringe Effizienz (Auslastung) für burst-artigen Verkehr
  - Packet-Switching
    - Flexibel, effizient, extrem aufwändige Implementierung
    - IP over WDM ist mit verbindungsorientierten Ansatz einfacher realisierbar
      - MPLS (MP $\lambda$ S)
      - Optical Burst Switching: Übertragung von Steuersignal auf separater Wellenlänge zur Switch-Steuerung



## 2.3.4.6 Standardisierung

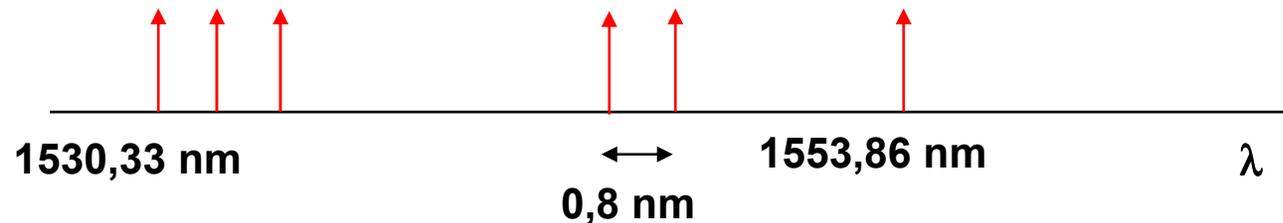
---

### □ Optical Internetworking Forum (OIF)

- Standardisierung reiner Glasfasernetze
- Konzentration auf Internetworking-Aspekte
- Bereitstellung von Mechanismen zum direkten Austausch zwischen den verschiedenen Networking-Layern und dem optischen Netz und seinen Komponenten

## 2.3.4.6 Standardisierung ITU-T $\lambda$ -Grid

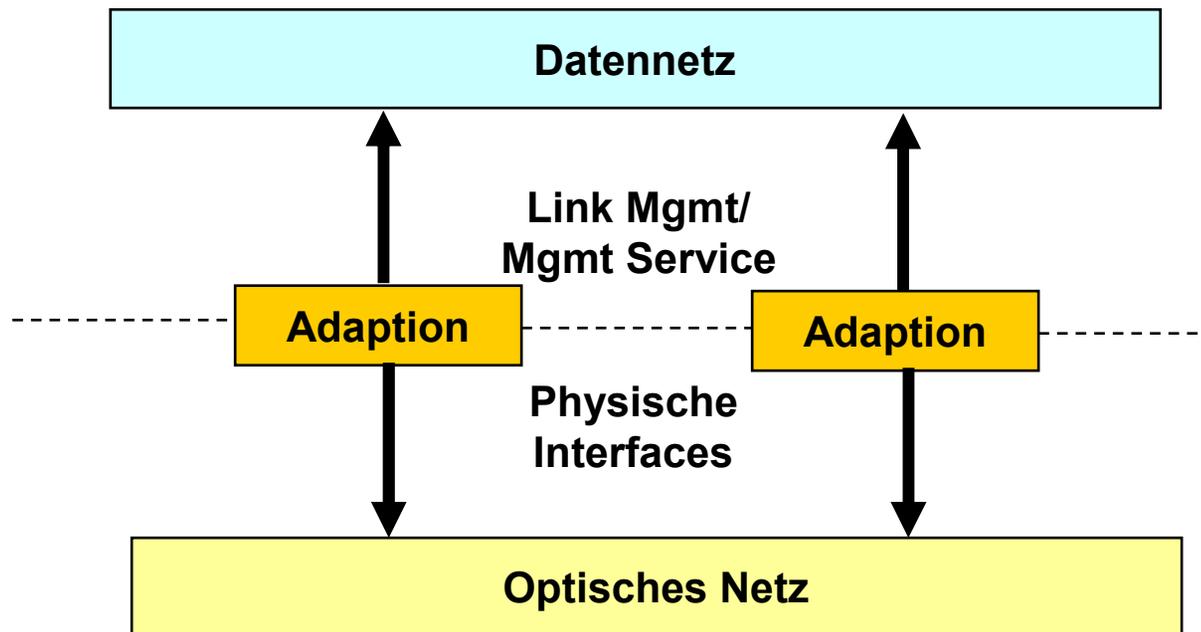
- Standardisierung der Wellenlängen (ITU-T, G. Standard)
  - Interoperabilität



- CWDM: 1270 nm bis 1610 nm, mit einem Abstand von 20 nm
  - DWDM: 1480 – 1620 nm, mit einem Abstand von 0,8 nm (100 GHz) und 1,6 nm (200 GHz)
- |       |            |            |
|-------|------------|------------|
| Ch #1 | 190100 GHz | 1577,03 nm |
| Ch #2 | 197200 GHz | 1520,25 nm |

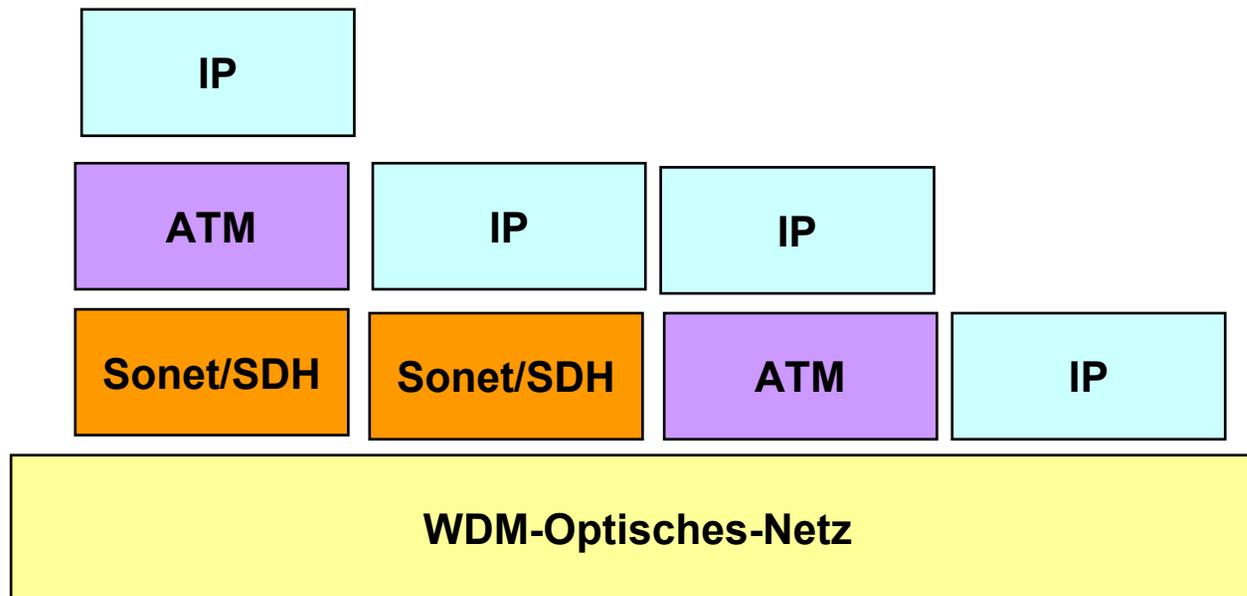
## 2.3.4.6 Optical Internetworking (1)

- ❑ WDM-Technologie als Übertragungsmechanismus in reinen Punkt-zu-Punkt-Verbindungen genutzt
- ❑ An den Endpunkten werden die Lichtsignale wieder in elektrische Impulse gewandelt und in den angeschlossenen Switches weiter vermittelt
- ❑ Optical-Internetworking-Reference Modell



## 2.3.4.6 Optical Internetworking (2)

### □ Optical-Internetworking-Overlay Modell



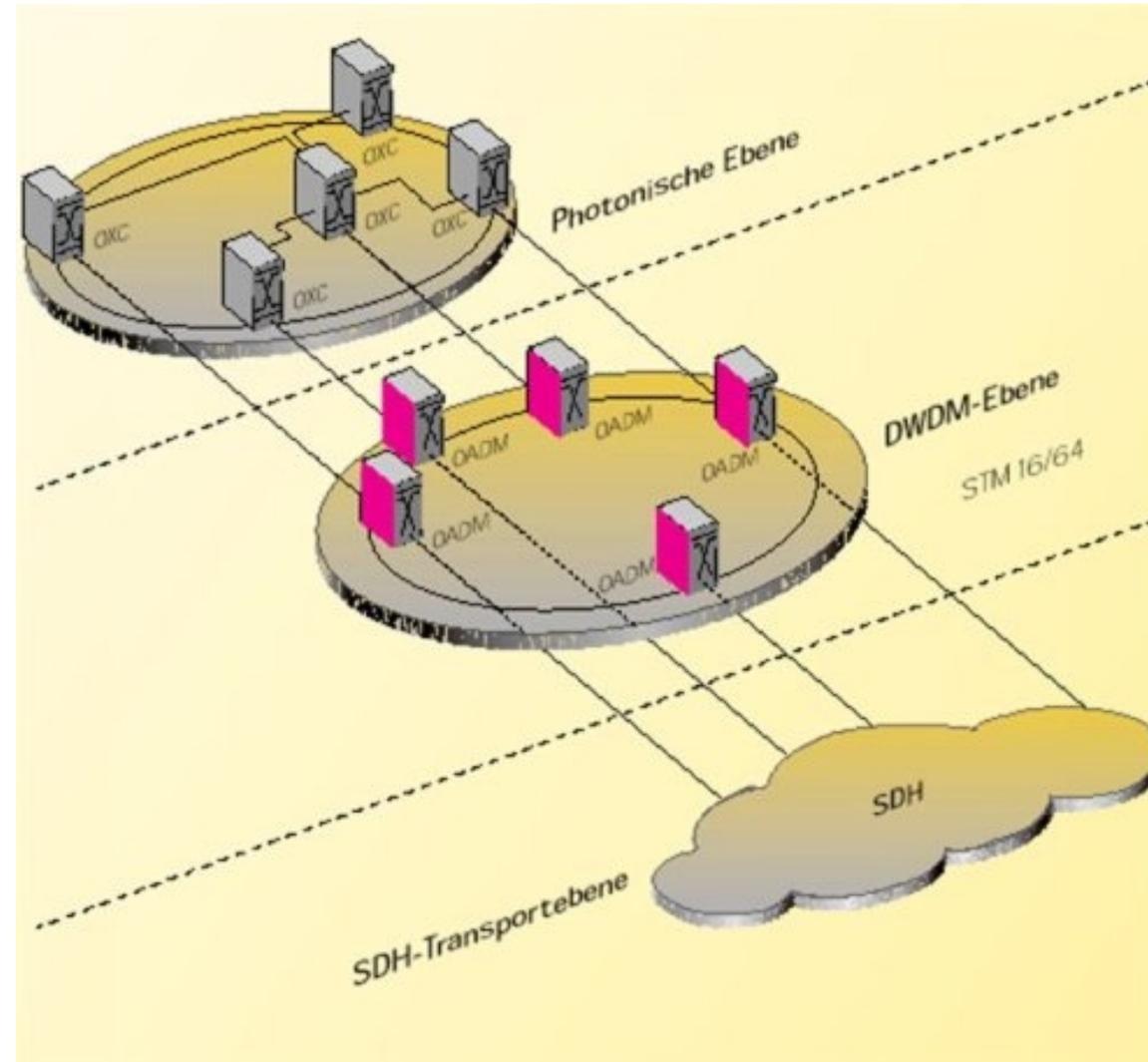
- Gegenüber Nutzer: IP
- Verschiedene Träger: pure WDM  
WDM-SONET/SDH etc.

## 2.3.4.6 Optical Internetworking (3)

### □ Beispiel

Amerika		Europa	Mbit/s
SONET		SDH	
STS-1/4		STM-1/12	12,000
STS-1/2		STM-1/6	26,920
STS-1	OC-1	STM-1/3	51,840
STS-3	OC-3	STM-1	155,520
STS-9	OC-9	STM-3	466,560
STS-12	OC-12	STM-4	622,080
STS-18	OC-18	STM-6	933,120
STS-24	OC-24	STM-8	1.244,160
STS-36	OC-36	STM-12	1.866,240
STS-48	OC-48	STM-16	2.488,370

STS Synchronous Transport Signal  
 OC Optical Carrier  
 STM Synchronous Transport Module



## 2.4 Medien für leiterungebundene Übertragung

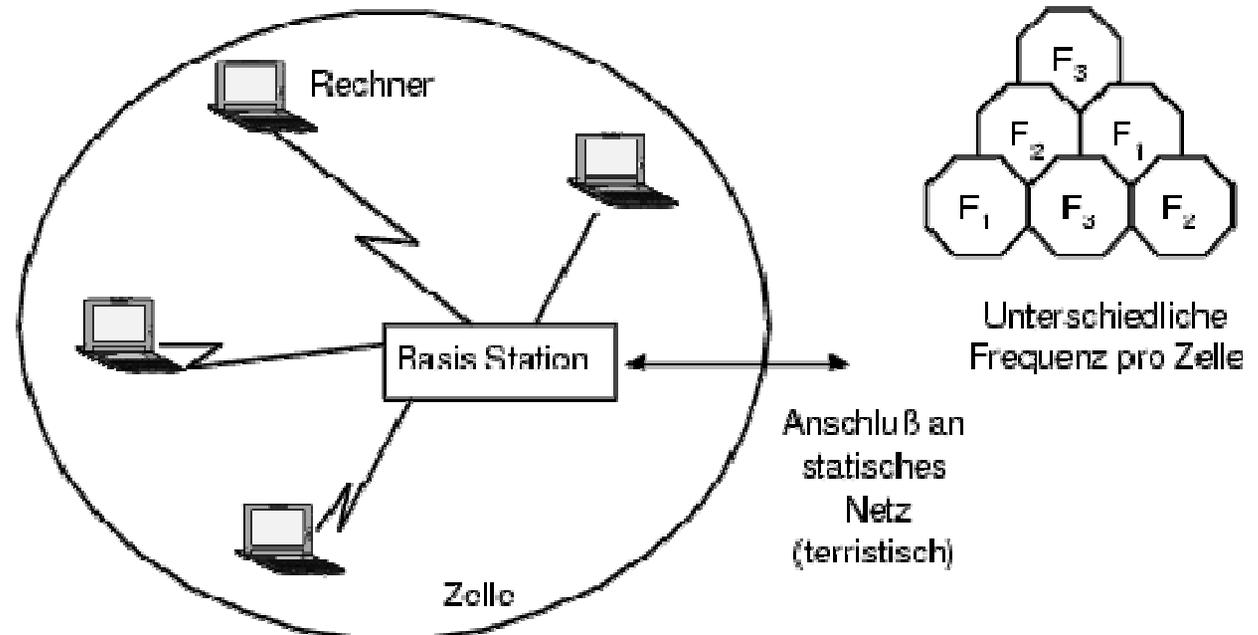
---

- 2.4.1 Sichtverbindung / IrDA
- 2.4.2 WLAN
- 2.4.3 Funkstrecken / Satelliten

## 2.4.1 Sichtübertragung

### □ Medien für Sichtübertragung

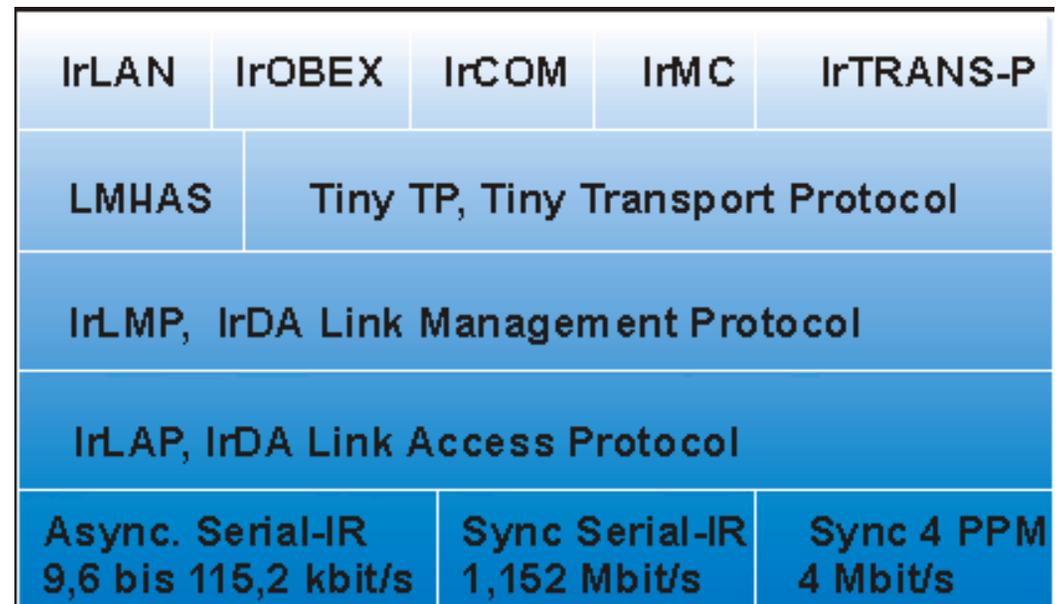
- Hier besteht zwischen Sender und Empfänger Sichtverbindung; dies reicht von wenigen Metern (z.B. bei Infrarot) bis hin zu 100 km (z.B. bei Funk)
  - Infrarot
  - Mikrowellen
  - Funk
  - Laser



- Rechner der Zelle kommunizieren i.a. nicht direkt untereinander, sondern über die Basis-Station

## 2.4.1 Sichtübertragung: IrDA (1)

- ❑ IrDA ist ein Netzkonzept für die drahtlose, auf Infrarotlicht basierende Punkt-zu-Punkt-Übertragung von Daten
- ❑ Konzept wurde in den 90er Jahren entwickelt und zuerst mit einer Übertragungsgeschwindigkeit von 115 kbit/s als Serial Infrared (SIR) standardisiert
- ❑ Später wurde die Übertragungsgeschwindigkeit in der FIR-Version, Fast Infrared, auf 4 Mbit/s (IrDA 1.1) und mit Very Fast IR (VFIR) auf 16 Mbit/s erhöht
- ❑ IrDA Protokoll-Stack



## 2.4.1 Sichtübertragung: IrDA (2)

---

- ❑ Die Bitübertragungsschicht des IrDA-Schichtenmodells sorgt für die Infrarot-Schnittstelle über die die bidirektionale, serielle Übertragung erfolgt
- ❑ Die Schnittstelle definiert die Signalparameter, das Codierverfahren die Lichtleistung usw. und sorgt für eine sichere Verbindung zwischen Sender und Empfänger.
- ❑ Die Entfernung reicht bis zu 3 m, wobei eine einwandfreie Übertragung bei bis zu einem Meter gewährleistet ist; der Abstrahlwinkel ist mit 30 Grad spezifiziert.

## 2.4.2 WLANs (1)

---

### □ Überblick über Standards

- 802.11 (ohne angehängten Buchstaben) wurde 1997 verabschiedet. Damit schrieb die IEEE die für alle WLAN-Hersteller verbindlichen Grundfunktionen der 2-MBit-802.11-WLANs fest, die seit 1999 auch in Zentraleuropa auf den Markt kamen. Diese Produkte arbeiten im 2,4-GHz-ISM-Band.
- 802.11a definiert 54-MBit-WLAN-Systeme im 5-GHz-Band von 5,15 bis 5,875 GHz
  - Vorteile:
    - Geringere Störanfälligkeit im Vergleich zu 802.11b oder 11g, da das 5-GHz-Frequenzband weniger von anderen Funktechniken genutzt wird
    - Im 5-GHz-Band stehen erheblich mehr Frequenzkanäle für WLANs zur Verfügung
  - Hauptnachteil:
    - Reichweite ist im 5-GHz-Band bei gleicher Sendeleistung kürzer als im 2,4-GHz-Band
    - 802.11a-Produkte im Labor mit der erlaubten Sendeleistung von bis zu 200 Milliwatt eine geringere Reichweite als die 11b-Produkte mit lediglich 100 Milliwatt (Lancom Systems)

## 2.4.2 WLANs (2)

---

### □ Überblick über Standards (Fortsetzung)

- 802.11i: Erweiterung der bisherigen Normen um den Aspekt der Sicherheit
  - 802.11i soll zum Beispiel durch Temporal Key Integrity Protocol (TKIP) das Problem der immer gleichen RC4-Schlüssel von WEP lösen
- 802.11g: Realisierung von 54 Mbit/s im 2,4-GHz-Bereich
  - Vorteil: Rückwärtskompatibel zu Komponenten, die nach 802.11b arbeiten
- Die 802.11h-Arbeitsgruppe erarbeitet im IEEE unter anderem ein verbessertes Powermanagement (TPC, Transmit Power Control) und eine dynamische Frequenzwahl (DFS, Dynamic Frequency Selection) für 5-GHz-WLAN-Module
  - 802.11h soll 802.11a so zu erweitern, dass der Standard auch die strengen ETSI-Anforderungen der europäischen Länder erfüllt

## 2.4.2 WLANs (3)

---

### □ Überblick über Standards (Fortsetzung)

- Mischlinge **802.11a/b/g-Module**
  - Bereits seit 2002 gibt es Dual-Band-WLAN-Access-Points, die 802.11b und 802.11a im selben Gerät kombinieren
- Vorteil:
  - Beide Frequenzbänder können mit dem gleichen Endgerät genutzt werden
- Nachteil:
  - 802.11a/b-Module sind in der Herstellung deutlich teurer als ein 11b/g-Kombi-Modul
- Auch Dual-Band-Triple-Mode-a/b/g-WLANs sind denkbar

## 2.4.3 Funkstrecken (1)

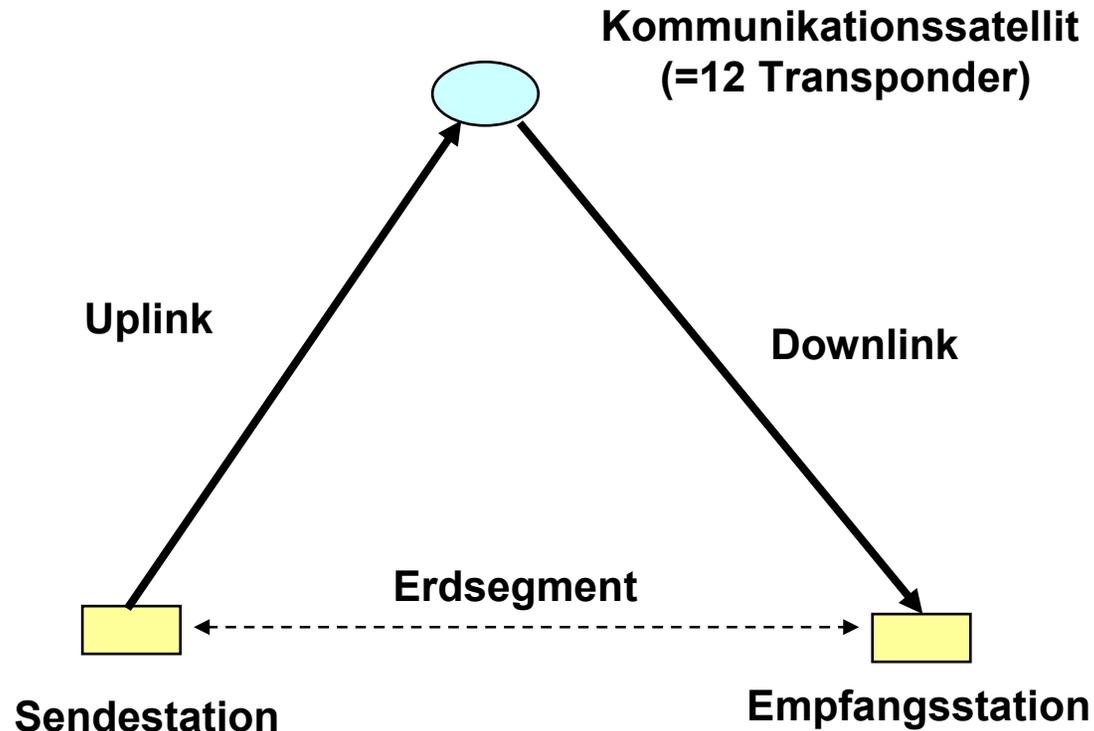
---

### □ Satelliten-Verbindungen

- Satellitenverbindung besteht aus Endstationen (Antennen, dishes) und einem Satelliten mit Transponder (empfängt auf einem bestimmten Frequenzband, verstärkt Signal und sendet es wieder aus)
- Extrem hohe Bandbreite (500 MHz), im 4/6 GHz Frequenzband
- Höhere Frequenzbänder wie 13/14 GHz werden seltener verwendet  
(Störanfälligkeit bei Regen, da Wasser Mikrowellen absorbiert)
- Gesamte Bandbreite wird meist über 12 Transponder mit jeweils 36 MHz aufgeteilt
- Datenraten eines Transponders: z.B. einmal 50 Mbit/s oder 800-mal 64 Kbit/s

## 2.4.3 Funkstrecken (2)

### □ Satelliten-Verbindungen (Fortsetzung)



### □ Transponder: Umsetzen Frequenz von Uplink auf Downlink-Kanal (Vermittlungsstation)

## 2.4.3 Funkstrecken (3)

---

### □ Satelliten-Orbits

- GEO: Geostationary Earth Orbit

- Höhe 22 282 miles := ca. 36.000 km
- Rotationsperiode 24 h
- Sichtzeit 24 h

- MEO

- LEO: Low Earth Orbit

- Höhe 100 – 500 miles := ca. 160 – 800 km
- Rotationsperiode  $\frac{1}{2}$  h
- Sichtzeit  $\leq \frac{1}{4}$  h

### □ LEO werden in Zukunft als Basis für individuelle Telekommunikationslösungen gesehen (Irridium, GPS, Galileo)

## 2.4.3 Funkstrecken (4)

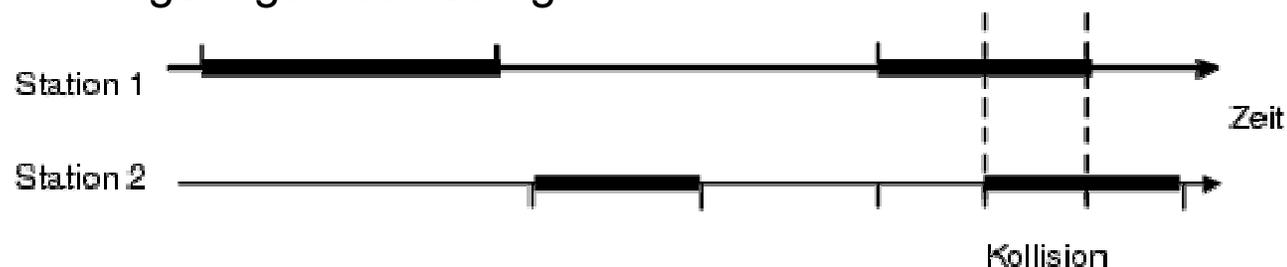
### □ Kanalzuordnungsverfahren für Shared Media (Luftschnittstelle)

#### ● Polling

- Aufteilung eines einzelnen Kanals unter mehreren Benutzern durch Polling (Umfrage)
- Satellit fragt jede Station im Umlaufverfahren ab; Teuer, u.a. wegen 270 ms Round Trip Delay für Umfrage/Antwort
- Falls Bodenstation über ein Netz verkoppelt, wäre das Polling auch durch die Erdstationen möglich (umlaufender Token zwischen den Bodenstationen)

#### ● ALOHA

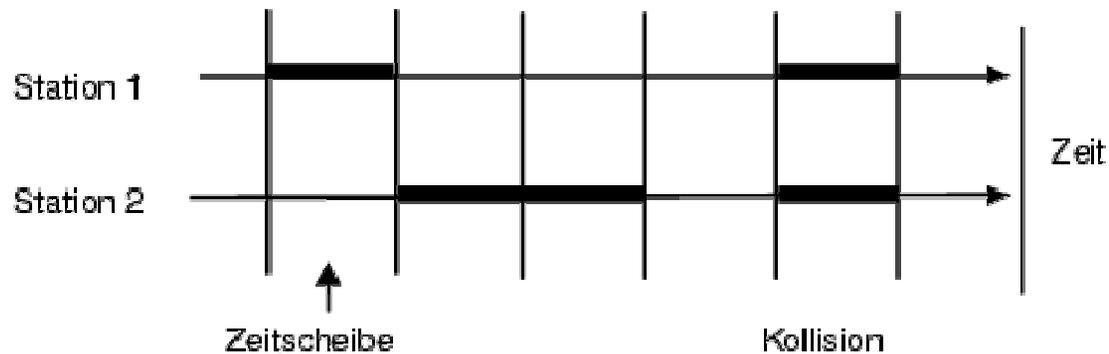
- Reines ALOHA: leicht implementierbar; jede Station sendet beliebig und wiederholt bei Kollision, aber nur 18% Kanaleffizienz  
-> zu geringe Auslastung



## 2.4.3 Funkstrecken (5)

- Slotted Aloha

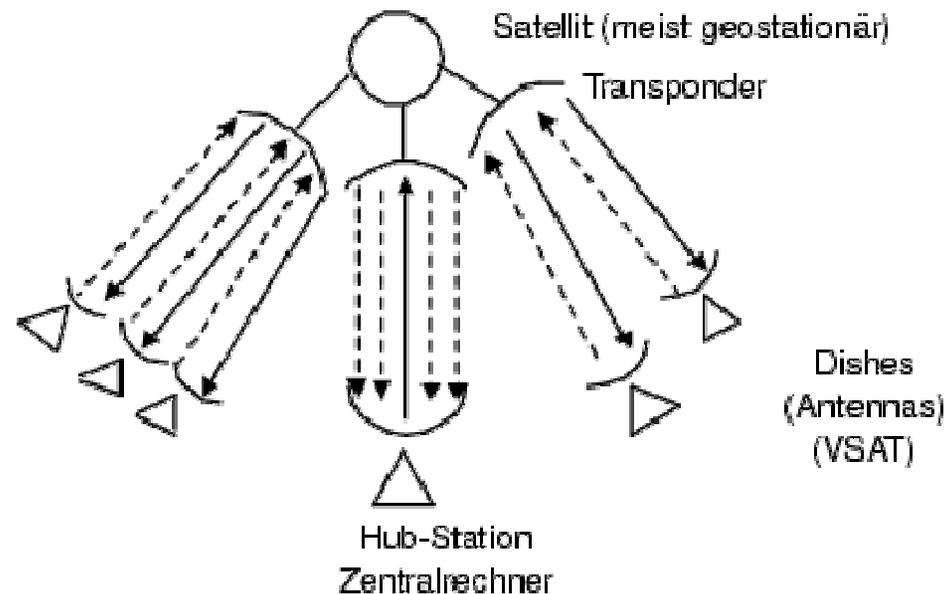
- Die Zeitscheibe beginnt immer an einem wohldefinierten Zeitpunkt
- Verdopplung der Effizienz -> 36% Auslastung
- Aber: notwendig, alle Stationen zu synchronisieren
- Lösung muss beim Satelliten liegen, da er inhärent ein Broadcast-Medium ist



## 2.4.3 Funkstrecken (6)

### □ Satelliten-Verbindungen (Fortsetzung)

- Hub-Station ist die Zentrale, die durch Broadcast mit allen anderen Rechnern kommuniziert
- Verwendung einer festen Frequenz durch Hub; alle anderen Rechner haben innerhalb eines Transponders jeweils eine andere eigene Sendefrequenz (VSAT – very small aperture terminals)



## 2.4.3 Funkstrecken (7)

---

### □ Medium-Zugangsschicht

- Ist bei Sichtübertragung und Satellitenverbindung erforderlich, da Shared Medium (z.B. Kanal)
- Frequenzmultiplexing (FDM)
  - Ältestes und am meisten angewandtes Kanalaufteilungsschema
  - 1 Transponder mit 36 Mbit/s kann statisch in ca. 500 PCM-Kanäle mit je 64 Kbit/s aufgeteilt werden
  - Nachteile:
    - Schutzbänder zwischen den Kanälen reduzieren die Bandbreite
    - Überwachung der Stationen kompliziert
    - Bei größerer Stationszahl oder wechselnder Stationsbelastung müssen Frequenzbänder dynamisch zugewiesen werden

## 2.4.3 Funkstrecken (8)

---

- **Zeitmultiplexing (TDM)** bei Zugriff auf einen Kanal
  - Weit verbreitet
  - Setzt zeitliche Synchronisation der Zeitfenster voraus (z.B. in ACTS, Advance Communication Technology Satellite)
  - Statische/dynamische Zuordnung der Zeitfenster
  - Generelles Problem
    - Auch wenn eine Station nur einen 64 Kbit/s-Kanal hat, muss sie in der Lage sein, 64-bit-Verkehr in einem Zeitfenster von 578 ns auszugeben -> d.h. sie muss eigentlich mit 110 Mbit/s arbeiten
    - Eine 64 Kbit/s-Station im TDM-Verfahren arbeitet tatsächlich in dieser Geschwindigkeit

## 2.4.3 Funkstrecken (9)

---

- **CDMA** (Code Division Multiple Access)
  - Code-Multiplexing, jedem Kanal wird eine eigener Coderaum (Teilmenge aller nutzbaren Codes) zugewiesen
  - Kein Problem der zeitlichen Synchronisation und der Kanalzuordnung
  - Verfahren ist dezentral und dynamisch
  - Nachteile:
    - Kapazität eines CDMA-Kanals  $<$  TDM
  - Anwendung bei Militär schon sein Jahrzehnten, allmählich auch in kommerziellen Anwendungen

### □ **Unterscheidung zwischen**

- definiertem Zugriff
- Zugriff auf Anforderung

## 2.4.3 Funkstrecken (10)

---

### □ Satellitensysteme

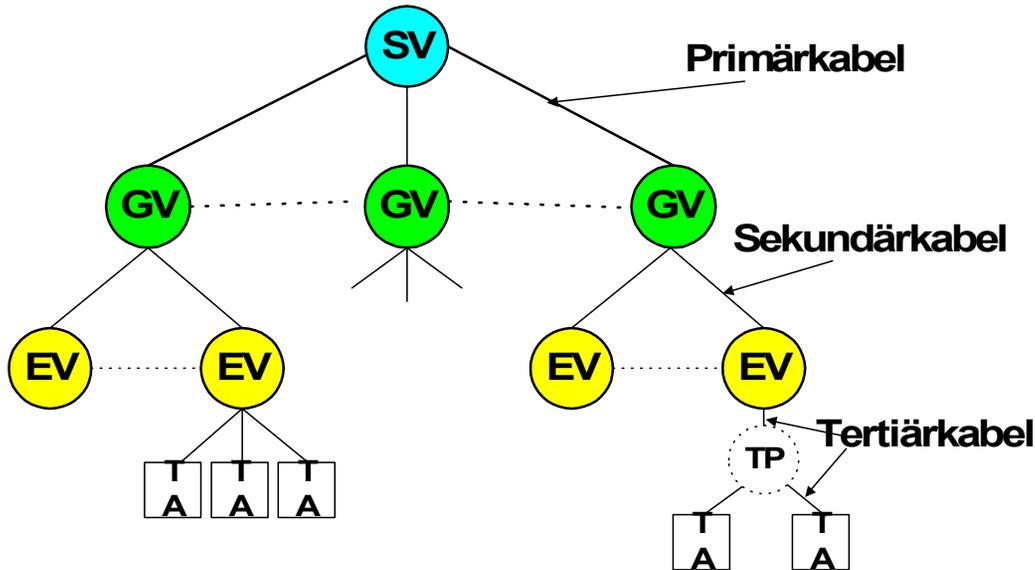
- INMARSAT
  - GEO-Satellitensystem, seit 1982 in Betrieb
  - 3 geostationäre Satelliten, Höhe 36000 km
- IRIDIUM
  - LEO-Satellitensystem
  - 66 Kommunikationssatelliten in ca. 800 km Höhe
  - Globales Netz für „Personal Communication“

## 2.5 Strukturierte Verkabelung

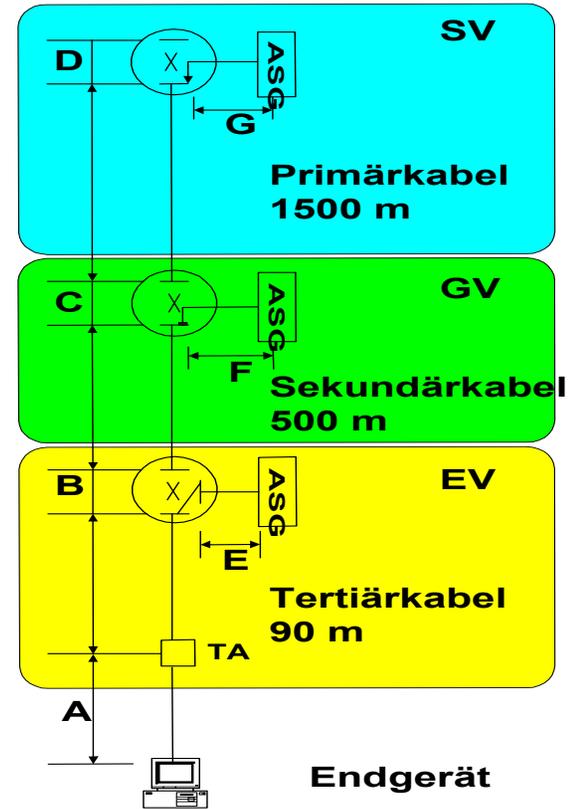
---



## 2.5 Strukturierte Verkabelung: Prinzip



**SV** Standortverteiler  
**GV** Gebäudeverteiler  
**EV** Etagenverteiler  
**TP** Kabelverzweiger (optional)  
**TA** Informationstechnische Anschlußdose



- Das richtige Kabel ist nicht alles, aber ohne das richtige Kabel ist alles ...
- Die richtige Struktur ergibt eine zukunftssichere Basis

## 2.5 Strukturierte Verkabelung: Draht vs. Glas

	<i>Draht</i>	<i>Glas (MM)</i>	<i>Glas (SM)</i>
Längenbeschränkung	0	+	++
Bandbreiten	0	+	++
Größe der notwendigen Kabelkanäle	-	+	+
Anzahl der Verteilerstandorte	-	+	+
Brandlast	-	+	+
Kosten der aktiven Komponenten	+	-	--
Verfügbarkeit aktiver Komponenten	+	-	--

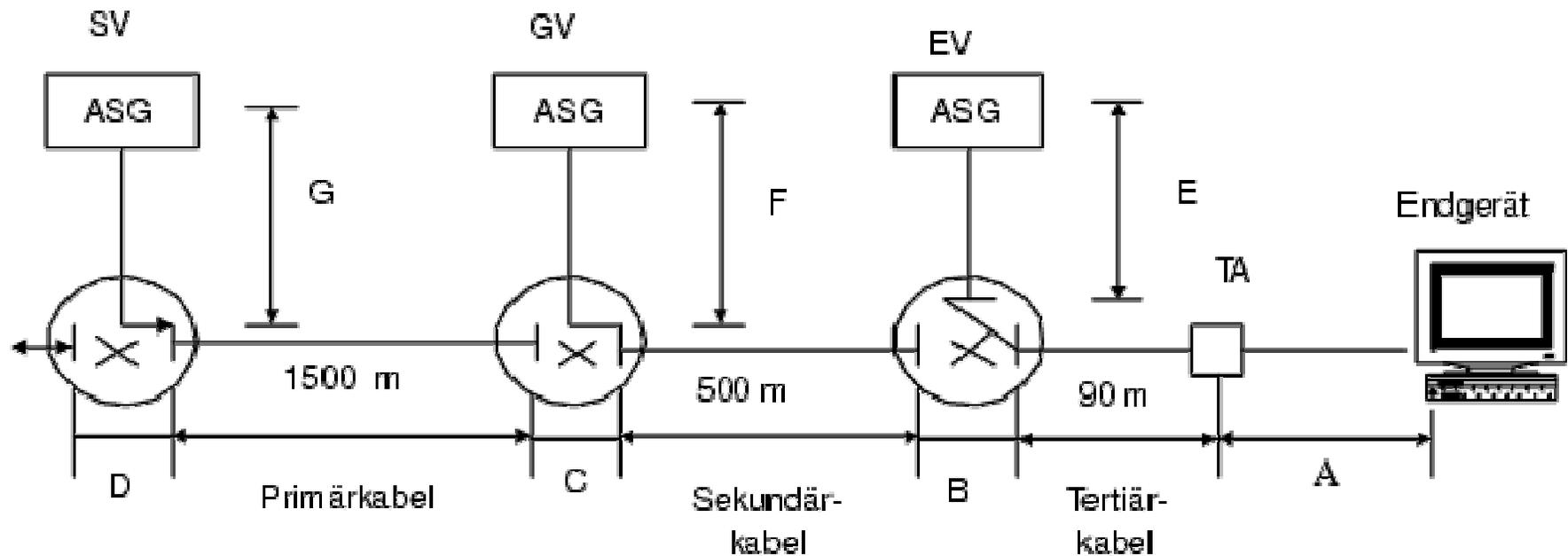
### Pros und Cons für beide Ansätze

#### Allgemeine Meinung :

- Glas ist zukunftssicherer
- in der Regel aber wesentlich teurer

## 2.5 Maximale Kabellängen

### □ Übersicht Standard EN 50173



$A+B+E \leq 10$  m Gesamtlänge

C und D  $\leq 20$  m

F und G  $\leq 30$  m

ASG anwendungsspezifisches Gerät

## 2.5 Maximale Kabellängen

---

### □ Eigenschaften von EN50173

- EN50173 gilt für die Netzanwendungsklassen A – D mit
  - **A: Sprachband und niederfrequente Anwendung**  $\leq 100$  kHz [Telefonie, ISDN-S0, X21)
  - **B: Daten mittlerer Rate**  $\leq 1$  MHz [ISDN-S0, X.21]
  - **C: Datenanwendungen mit hoher Rate**  $\leq 16$  MHz (Kategorie 3) [ISDN-S2M, 10 Base T, 4/16 Token Ring]
  - **D: Datenanwendungen mit sehr hoher Datenrate**  $\leq 100$  MHz (Kategorie 5!) [100 Base TX, ATM 155 Mbps, Gigabit Ethernet]
- Pro Klasse sind Kabeltypen (Kategorien) festgelegt; spezifiziert sind dabei Dämpfung, Störeinflüsse (z.B. Nebensprechen, Leitungsdämpfung), Schirmung, evtl. Wellenlänge, Verbindungstechnik (Stecker, Buchse)
- Weiterentwicklung der NORM in IEC 61873 (Ergänzung zu EN50173: 1999)
  - E: 200-250 MHz [ATM 155 Mbps, Gigabit-Ethernet]
  - F:  $\leq 600$  MHz -> Kategorie 6 S/STP
- USA-Standards: ESA/TIA568A (1995) Anhang 5 (1999) mit "Commercial Building Telecommunication Wiring Standard"
- ISO/IEC 11801 Generic Cabling for Customer Premise Cabling 1995 (neue Version mit Anhang 1999)

## 2.5 Leistungskategorien für strukturierte Verkabelung

### Nach ISO/IEC IS 11801

Kabeltyp	Klasse A (100 kHz)	Klasse B (1 MHz)	Klasse C (16 MHz)	Klasse D (100 MHz)	Klasse E (200 MHz)	Klasse F (600 MHz)	Optische Verbin- dung
Kategorie 3 (sym. Kupferkabel)	2 km	500 m	100 m	-	-	-	-
Kategorie 4 (sym. Kupferkabel)	3 km	600 m	150 m	-	-	-	-
Kategorie 5 (sym. Kupferkabel)	3 km	700 m	160 m	100 m	-	-	-
150 Ohm (sym. Kupferkabel)	3 km	1 km	250 m	150 m	-	-	-
Kategorie 6 (sym. Kupferkabel)	-	-	-	-	100 m	-	-
Kategorie 7 (sym. Kupferkabel)	-	-	-	-	-	100 m	-
Multimode Glasfaser	-	-	-	-	-	-	2 km
Monomode Glasfaser	-	-	-	-	-	-	3 km

## 2.6 Grundlagen der Codierung (Wiederholung RN) (1)

---

### Darstellung von Bitfolgen durch Signalwerte

### Kriterien

- Benötigte Bandbreite des Signals; Hochfrequenzteile nicht erwünscht (Bandbreitenbedarf, Störungen, Dämpfung)
- Gleichstromanteil möglichst klein halten; viele Leitungen übertragen niederfrequenten Teil schlecht
- Selbsttaktung wegen Bitsynchronisation; Sender und Empfänger haben ein gemeinsames Verständnis darüber, wo ein Bit beginnt
- Implementierungsaufwand

### Einfache Beispiele:

- binäre Signale (Übertragung 1 Bit/Schritt)
- quaternäre Signale (Übertragung 2 Bit/Schritt), d.h. 4 Signallevels
- oktonäre Signale (Übertragung 3 Bit/Schritt), d.h. 8 Signallevels

## 2.6 Grundlagen der Codierung (Wiederholung RN) (2)

---

### □ Es wird unterschieden zwischen:

#### ● Leitungscodierung

Hat die Aufgabe, die Digitalwerte an das physikalische Übertragungsmedium anzupassen

- Binäre Codes: verwenden 2 Signalpegel
- Ternäre Codes: verwenden 3 Signalpegel
- Mehrwertige Codes: z.B. PAM5x5 eingesetzt beim Gigabit-Ethernet

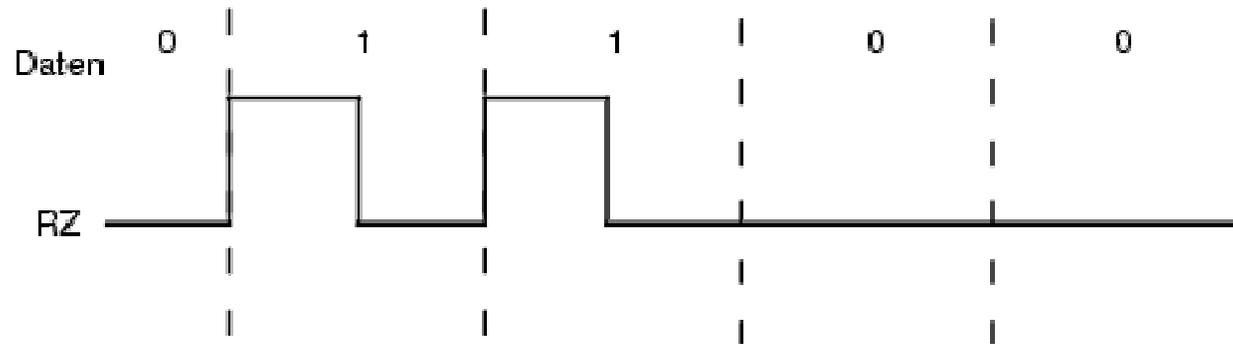
#### ● Quellencodierung

Das zu codierende Signal wird unmittelbar von der analogen Form in eine binäre Zeichenfolge umgesetzt mit dem Ziel, möglichst geringe Verfälschungen der Quelleninformation zu erzielen

## 2.6 Grundlagen der Codierung (Wiederholung RN) (3)

### □ Codierungsverfahren

- RZ-Verfahren („return-to-zero“)
- Codierung wird so durchgeführt, dass 1-Bit durch positiven Impuls und 0-Bit durch keinen Impuls dargestellt wird; Signal kehrt in der Bitmitte auf keinen Impuls zurück

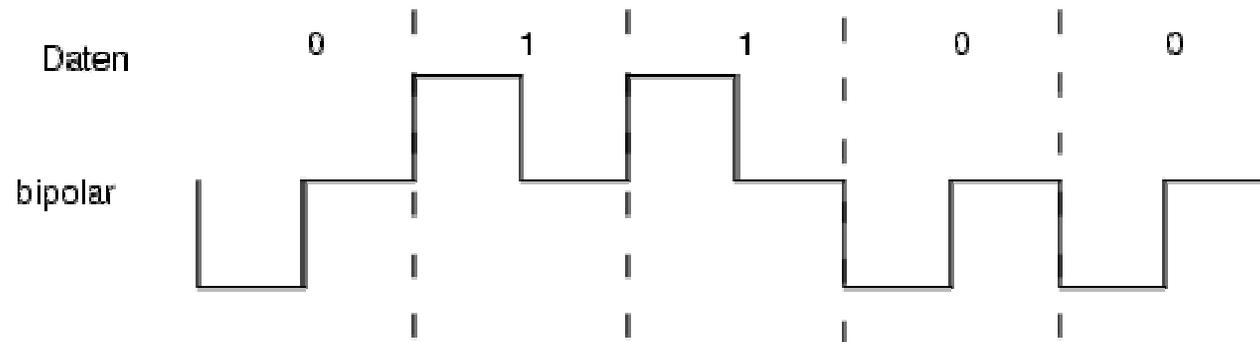


- Nicht selbsttaktend, da bei langen 0-Bitfolgen Anfang eines Taktes auf der Empfangsseite nicht mehr erkannt wird

## 2.6 Grundlagen der Codierung (Wiederholung RN) (4)

### □ Codierungsverfahren (Fortsetzung)

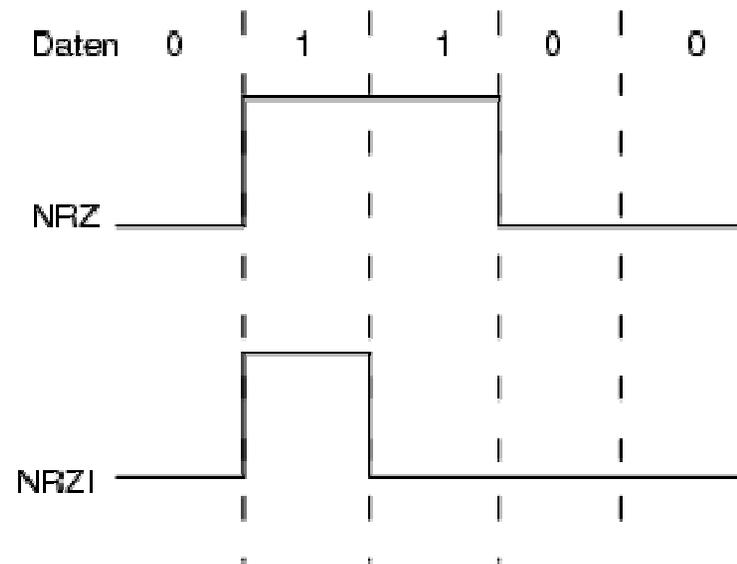
- Bipolares Verfahren
- Das bipolare Verfahren ist eine Variation des RZ-Verfahrens; hier werden 1-Bit durch positiven Impuls und 0-Bit durch negativen Impuls dargestellt



## 2.6 Grundlagen der Codierung (Wiederholung RN) (5)

### □ Codierungsverfahren (Fortsetzung)

- NRZ-Verfahren („non-return-to-zero“)

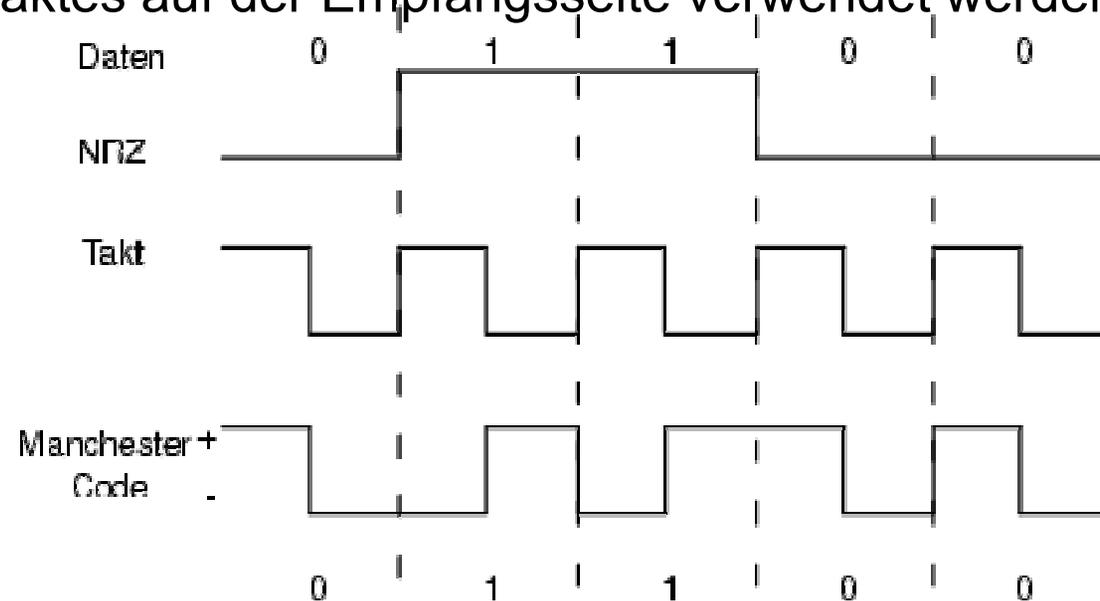


- Eine Variante ist das *NRZI Verfahren* ; hier ist der Signalübergang am Anfang des Bitintervalls von Bedeutung; Flanke am Anfang □ 1-Bit; keine Flanke □ 0-Bit

## 2.6 Grundlagen der Codierung (Wiederholung RN) (6)

### □ Codierungsverfahren (Fortsetzung)

- Manchester-Coding
- Der Code ist selbsttaktend, d.h. jedes Bit kann zur Synchronisation des Taktes auf der Empfangsseite verwendet werden

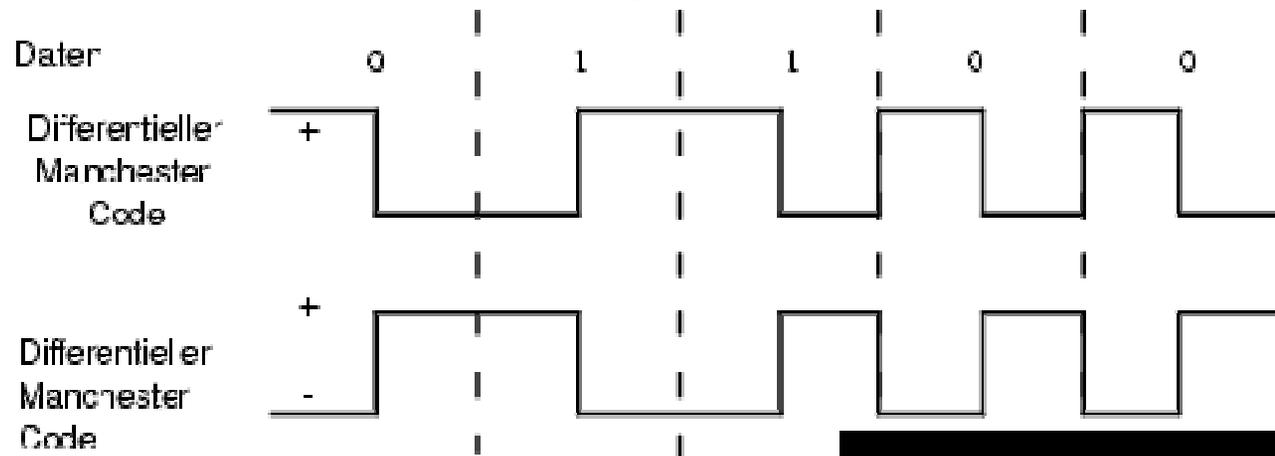


- relevant sind die Übergänge in der Mitte des Bitintervalls;
- ein +  $\rightarrow$  - Übergang repräsentiert ein 0-Bit;
- ein -  $\rightarrow$  + Übergang repräsentiert ein 1-Bit;

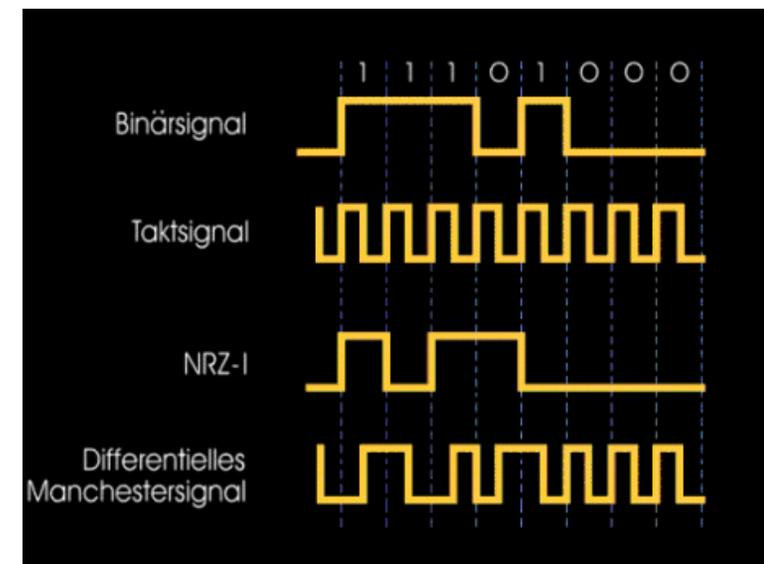
## 2.6 Grundlagen der Codierung (Wiederholung RN) (7)

### □ Codierungsverfahren (Fortsetzung)

#### ● Differentielle Manchester-Coding



- Eine Variante ist des Manchester Codes ist der Differentielle Manchester Code, der bei Token-Ring Topologien zur Anwendung kommt; Signalübergänge in der Mitte des Bitintervalls dienen nur zur Taktsynchronisation



## 2.6 Grundlagen der Codierung (Wiederholung RN) (8)

---

### □ Codierungsverfahren (Fortsetzung)

- Weitere Codierungen (Beispiele)

- 4B/3T-Codierung

Leitungscodierverfahren zur blockweisen Ternärcodierung von Binärsignalen, bei dem jeweils vier Binärelemente (Binärblock 4B) durch drei Ternärelemente (Ternärblock 3T) dargestellt werden; Die Codierung wird als Übertragungsverfahren beim ISDN-Basisanschluss verwendet

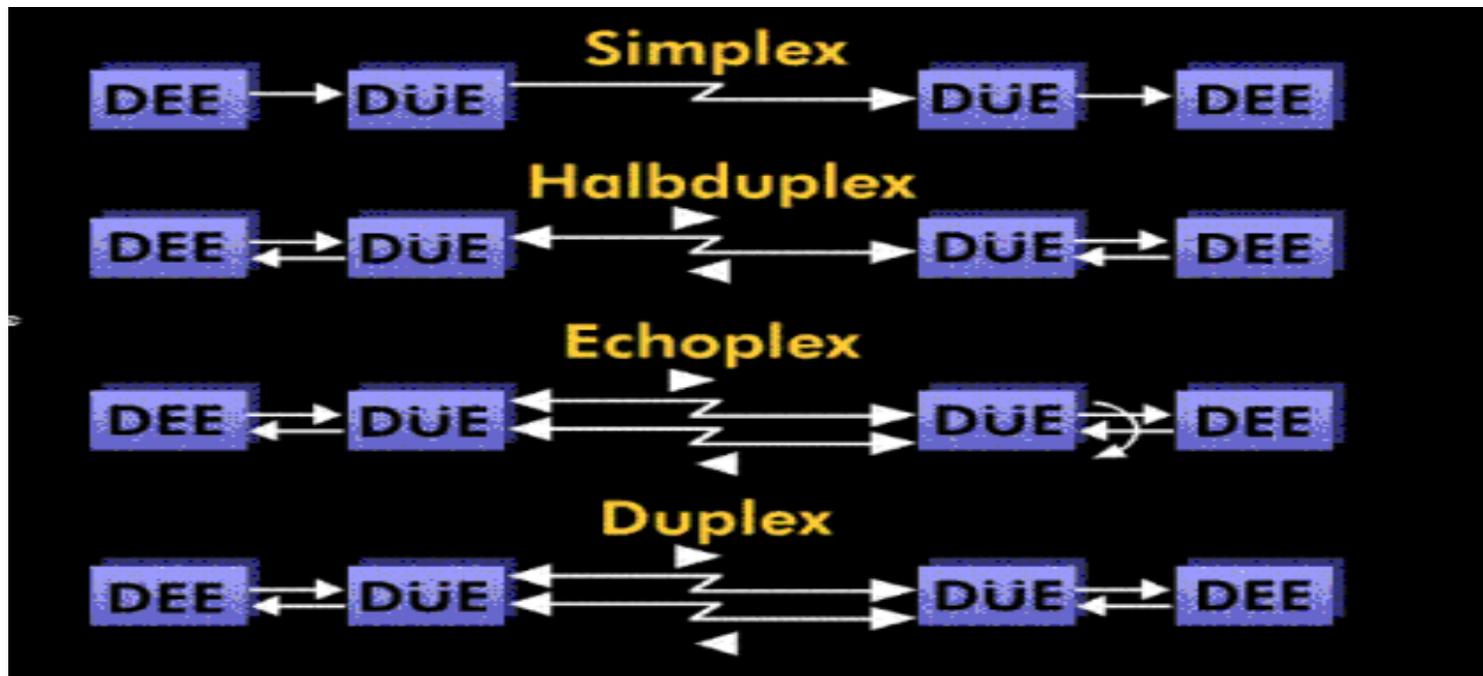
- 8B/10B-Codierung

Bei der 8B/10B-Codierung spricht man von einer Konvertierung eines 8-Bit-Wortes in ein 10-Bit-Wort; Die Codierung findet ihre Anwendung z.B. in Fiber-Channel, in Gigabit-Ethernet, 10-Gigabit-Ethernet

## 2.6 Grundlagen der Codierung (Wiederholung RN) (9)

### □ Übertragungsmodi

- Unterscheidung der Betriebsart
  - bezogen auf Signale: unidirektional, bidirektional
  - bezogen auf Daten: simplex, halbduplex, duplex



## 2.6 Grundlagen der Codierung (Wiederholung RN) (10)

---

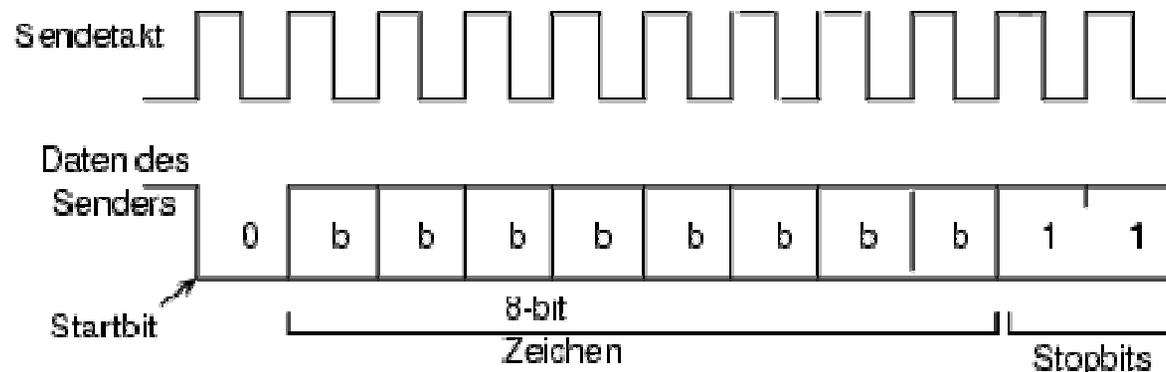
### □ Übertragungsmodi

- Unterscheidung nach Synchronisation durch Empfangseinheit
  - Schritt-Synchronisation (Bit-Synchronisation)
  - Zeichen-Synchronisation
  - Rahmen-Synchronisation ("frame")
- Die Synchronisation zwischen Sender und Empfänger kann auf eine von 2 Arten erfolgen:
  - Takt von Sender und Empfänger sind unabhängig; Empfänger synchronisiert sich beim Empfang jedes Zeichens
    - *asynchrone Übertragungsart*
  - Takt von Sender und Empfänger sind synchronisiert
    - *synchrone Übertragungsart*

## 2.6 Grundlagen der Codierung (Wiederholung RN) (11)

### □ Asynchrone Übertragungsart

- Jedes Zeichen ist bezüglich Schritt- und Zeichensynchronisation unabhängig; Start-/Stopbit für jedes zu übertragende Zeichen

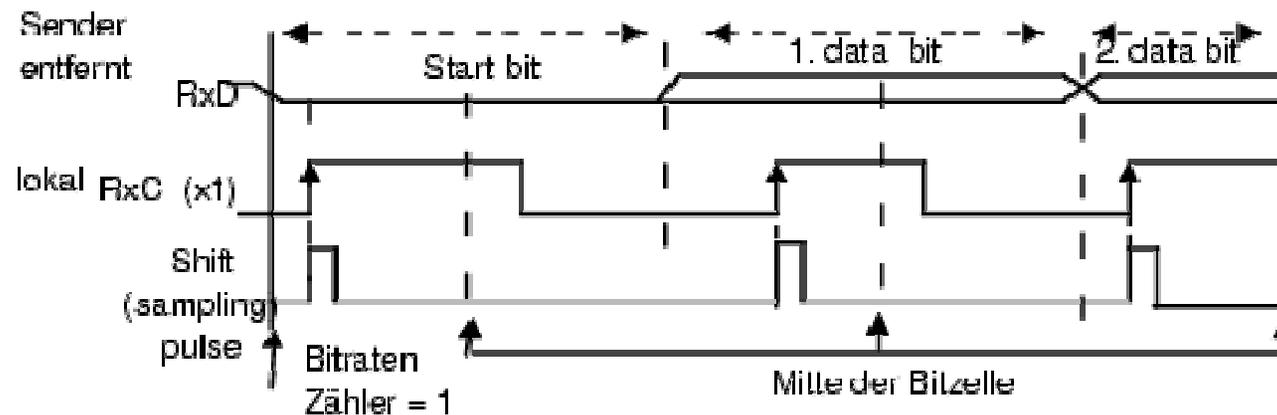


- bei Zeichenfolgen Verwendung von Start-/Stop-Zeichen zur frame-Synchronisation ("STX = start-of-text und ETX = end-of-text")
- Synchronisation besteht nur für die Dauer eines zu übertragenden Zeichens, bis zur Übertragung des nächsten Zeichens entsteht ein asynchroner Abstand

## 2.6 Grundlagen der Codierung (Wiederholung RN) (12)

### □ Asynchrone Übertragungsart (Fortsetzung)

- Empfängertakt=Datenrate

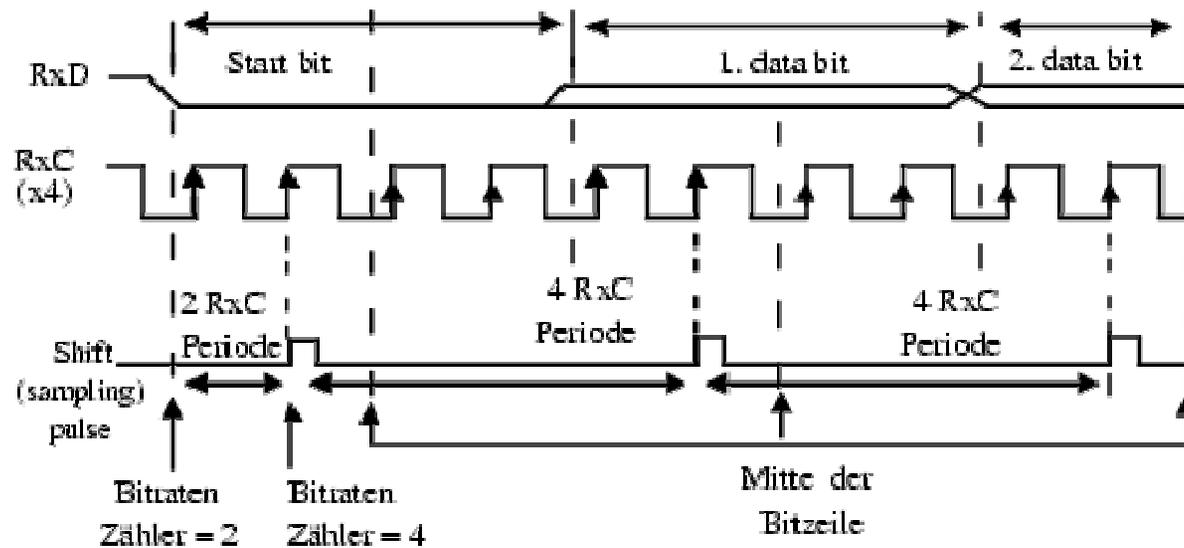


- Bestimmung der Bitzellen-Mitte zum guten Erkennen des Signals
- Empfängertakt ist fest durch Empfänger festgelegt

## 2.6 Grundlagen der Codierung (Wiederholung RN) (13)

### □ Asynchrone Übertragungsart (Fortsetzung)

- Empfängertakt = 4 \* Datenrate

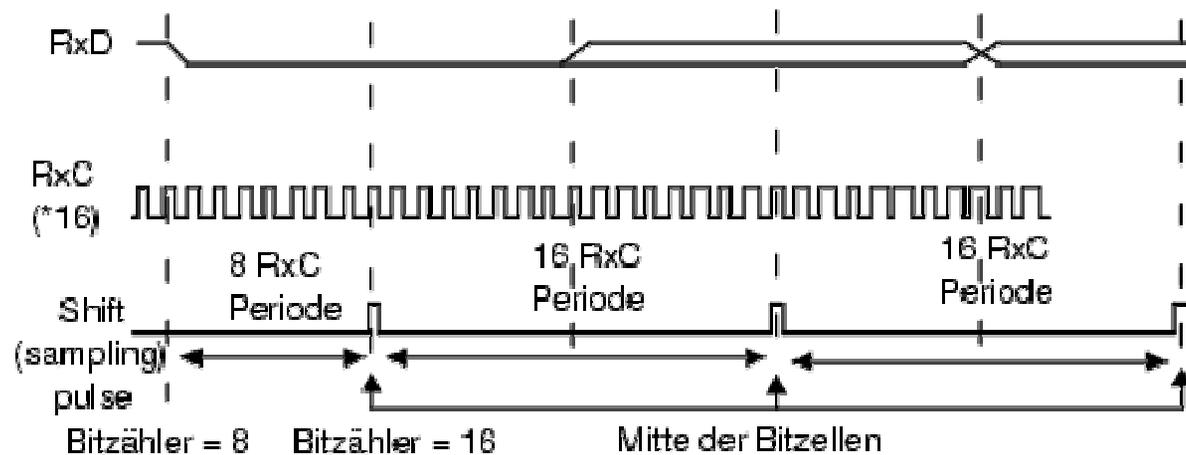


- Maximale Abweichung vom richtigen Abtastzeitpunkt beträgt 25%

## 2.6 Grundlagen der Codierung (Wiederholung RN) (14)

### □ Asynchrone Übertragungsart (Fortsetzung)

- Empfängertakt =  $16 \cdot \text{Datenrate}$



## 2.6 Grundlagen der Codierung (Wiederholung RN) (15)

---

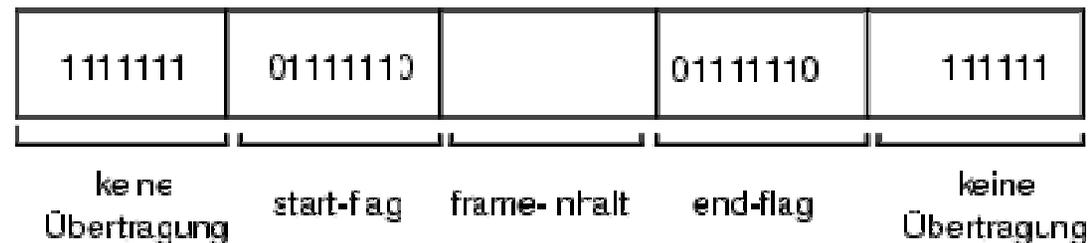
### □ Synchrone Übertragungsart

- Die gesamte Zeichenfolge (frame) wird als fortlaufende Bitsequenz übertragen, wobei zwischen Sender und Empfänger Schritt-Synchronisation besteht
  - erfordert hohe Zeitstabilität der beiden Seiten  
-> Taktgeberunterstützung durch geeigneten Code
- Synchronisationsmuster am Frame-Anfang
- Die zu übertragende Bitfolge wird geschlossen in einem Frame innerhalb eines festen Zeitrasters versandt; zwischen den Datenstationen herrscht Schrittsynchronität
- Das für die Synchronisation erforderliche Taktsignal wird in der Regel vom öffentlichen Netz geliefert und am Anfang einer zu übertragenden Zeichenfolge als Synchronisationszeichen übertragen

## 2.6 Grundlagen der Codierung (Wiederholung RN) (16)

### □ Synchroner Übertragungsart

- Start-Stop-Zeichen (Fortsetzung)



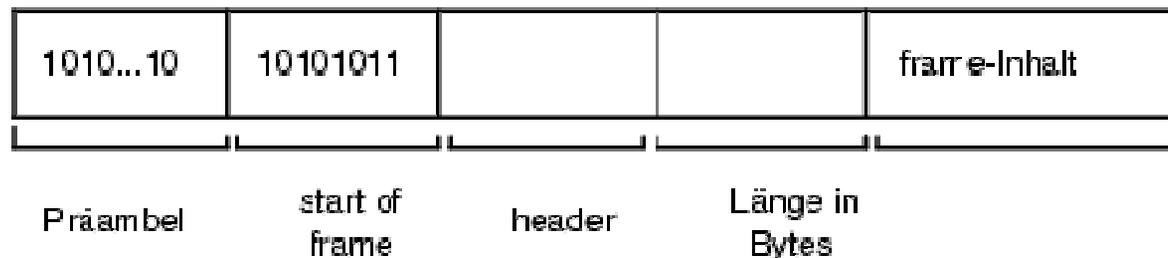
- Automatisches Einfügen eines 0-Bit nach 5 aufeinanderfolgenden 1-Bits, damit start/end-flag eindeutig bleiben; dieser Vorgang heißt *„bit-stuffing“*

## 2.6 Grundlagen der Codierung (Wiederholung RN) (17)

### □ Synchroner Übertragungsart

#### ● Framelänge

- In einigen LAN's wird anstelle der Frame-Ende Anzeige am Anfang die Frame-Länge spezifiziert; Empfänger muss nur noch die Anzahl der empfangenen Bytes zählen, um Frame-Ende zu bestimmen; z.B. CSMA/CD benutzt Anzahl während Token-Ring und Token-Bus endflag verwenden
- Beispiel



---

# **Kapitel 3: LAN-Komponenten**

# 3 LAN Komponenten

---

- 3.1 Grundlagen zum Aufbau von LANs
- 3.2 LANs nach IEEE 802.3 (Ethernet)
- 3.3 Drahtlose LANs
- 3.4 Bluetooth
- 3.5 Power over Ethernet (PoE)
- 3.6 LAN Verbundkomponenten
- 3.7 Switches
- 3.8 Router
- 3.9 Aufbau von Netzkomponenten
- 3.10 Management von LAN-Komponenten

# 3.1 Grundlagen zum Aufbau von LANs

---

- 3.1.1 Installationskriterien
- 3.1.2 Kategorien
- 3.1.3 Topologien
- 3.1.4 LAN-Referenzmodell
- 3.1.5 LAN-Implementierungsmodell
- 3.1.6 IEEE-Standards im Überblick

## 3.1.1 Installationskriterien

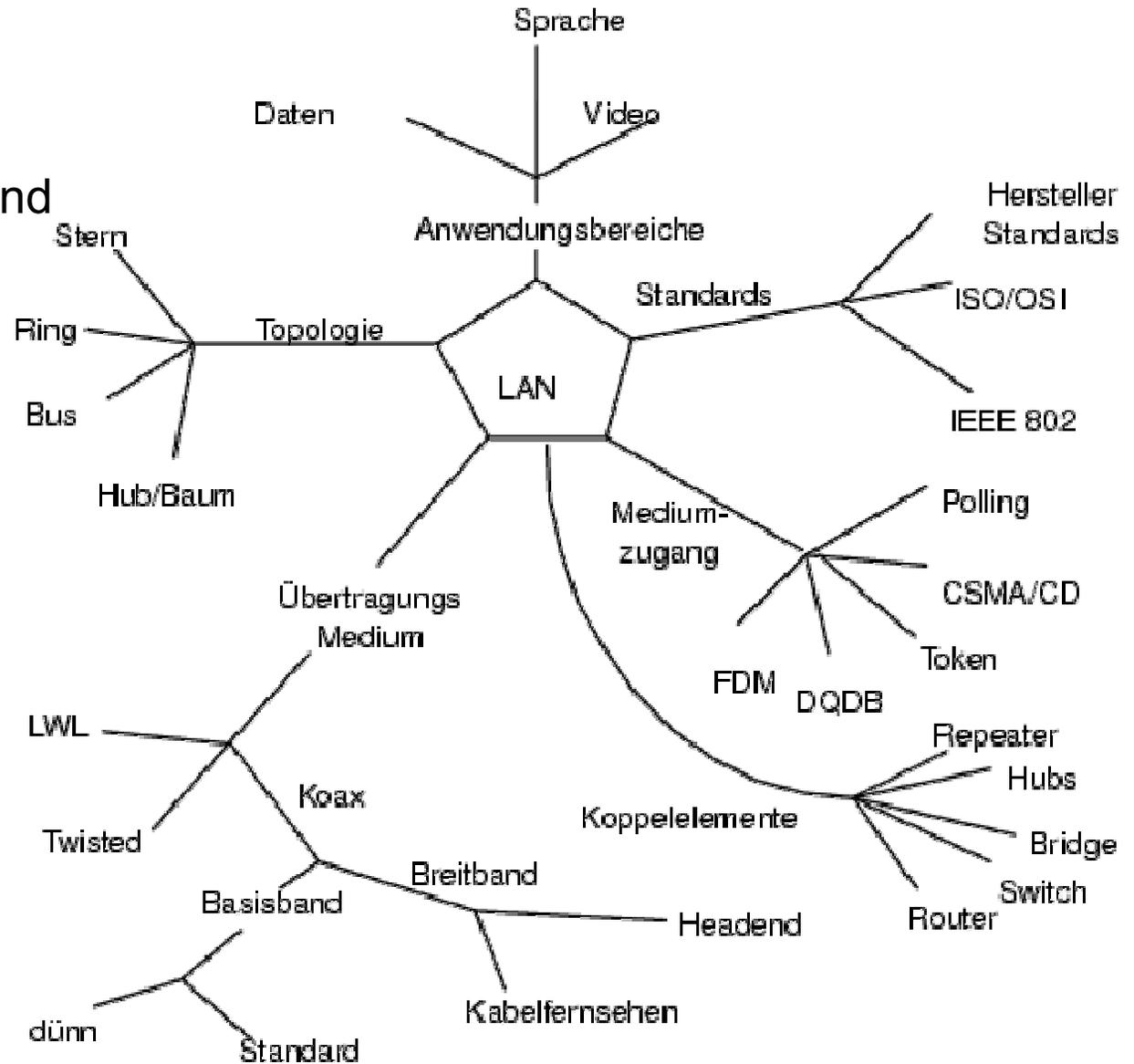
---

- ❑ **Aspekte, die bei der Installation von LAN's zu berücksichtigen sind:**
  - bevorzugt unterstützter Anwendungsbereich
  - bevorzugt unterstützte Informationstypen
  - erwartete Verkehrscharakteristik
  - Verbindungsart
  - Topologie
  - Übertragungsmedien
  - Art des Zugangs zum Übertragungsmedium
  - unterstützte Protokollhierarchie
- ❑ **Bit-Übertragungsschicht ist abhängig vom benutzten Medium; Medium-Zugang (Teil der Sicherungsschicht; Schicht 2a; "mac = medium access control") ist abhängig von Zugriffsstrategie und Netztopologie**

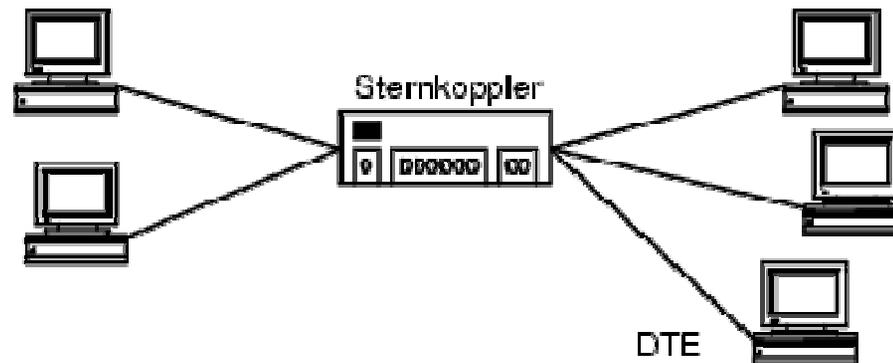
## 3.1.2 Kategorisierung von LANs

### □ Einteilung der LANs

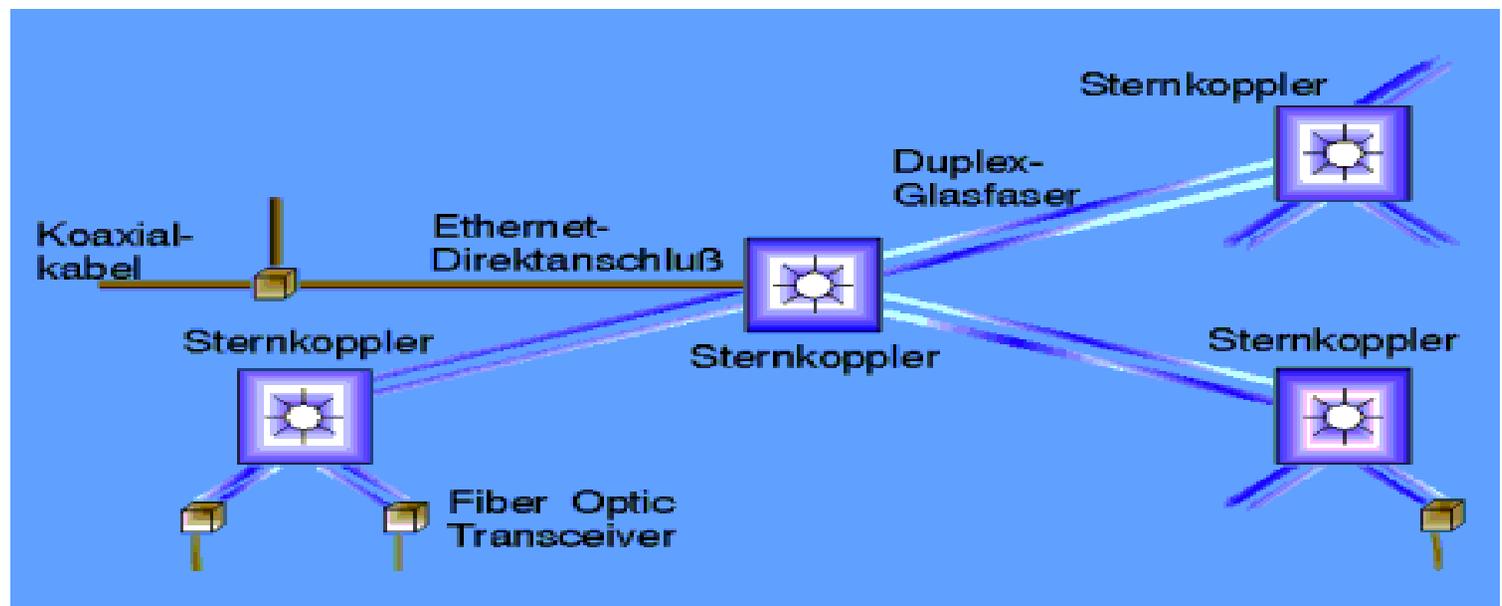
- Taxonomie von LANs entsprechend verschiedener Aspekte



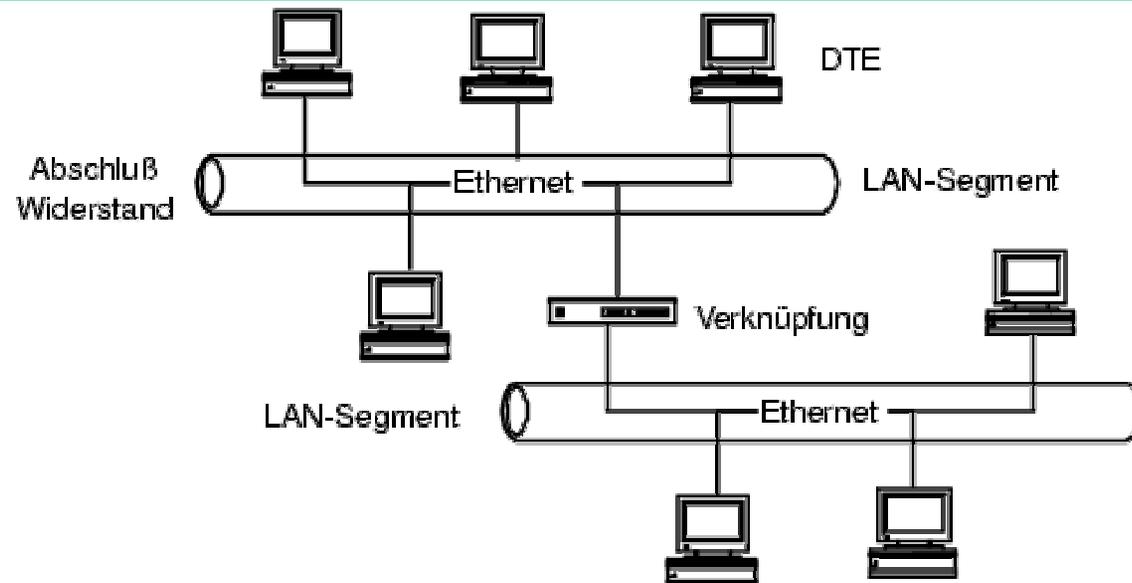
### 3.1.3 Topologien (1): Sterntopologie



- Ein typisches Beispiel für Sterntopologien sind die privaten Telefonanlagen; Sternkoppler kann als Vermittlung angesehen werden

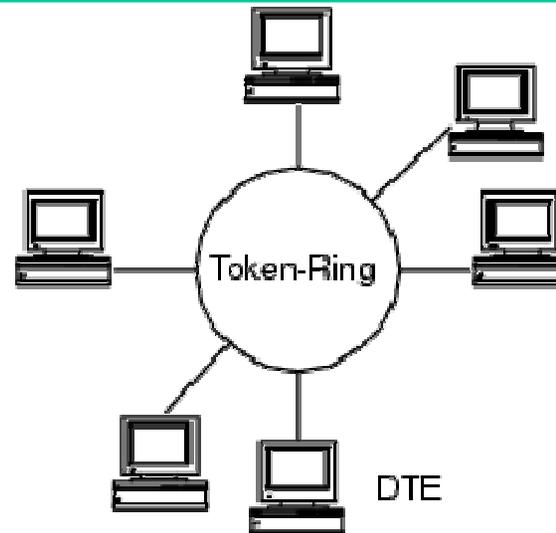


## 3.1.3 Topologien (2): Bustopologie



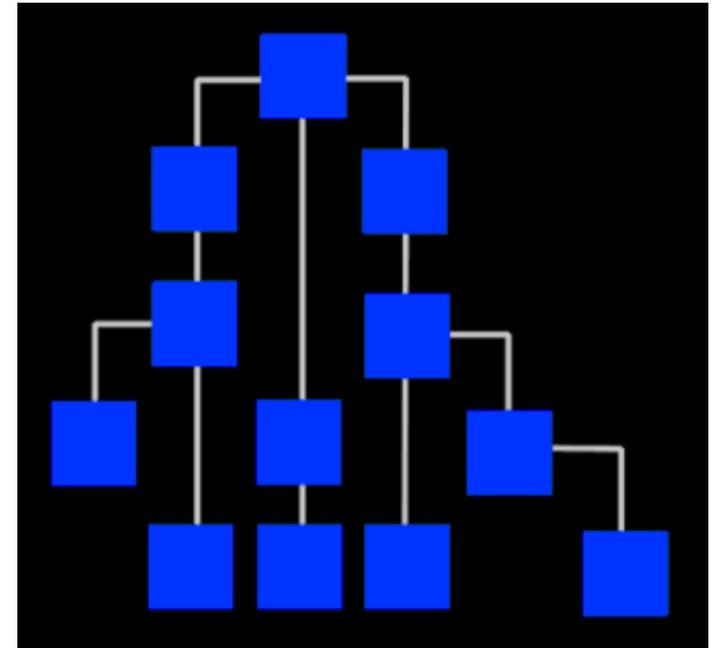
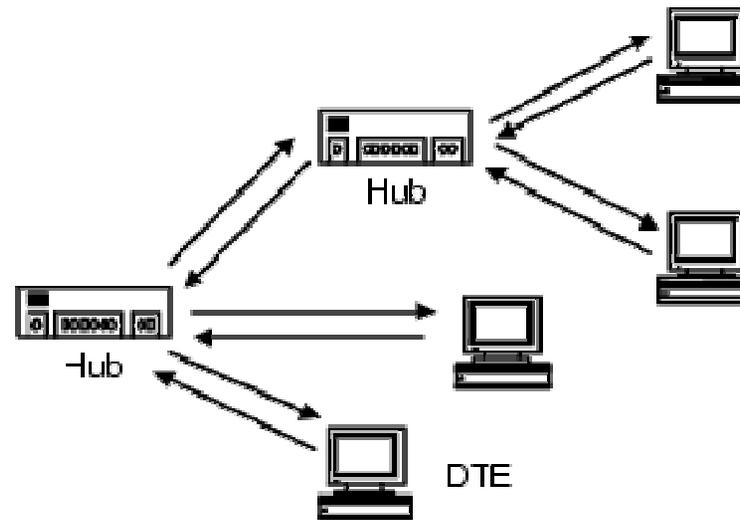
- ❑ **Alle Teilnehmerstationen an ein gemeinsames Übertragungsmedium angeschlossen**
- ❑ **Stationen können beliebig hinzugefügt oder weggenommen werden**
- ❑ **Vorteile der Bustopologie:**
  - Leichte Erweiterbarkeit, in der Modularität, der einfachen Implementierung und der dezentralen Kontrolle.
- ❑ **Nachteilig:**
  - Anfälligkeit gegenüber Ausfall des Mediums, die fehlende Abhörsicherheit und eventuelle (von der MAC-Schicht abhängige) unvorhersehbare Wartezeiten.

## 3.1.3 Topologien (3): Ringtopologie



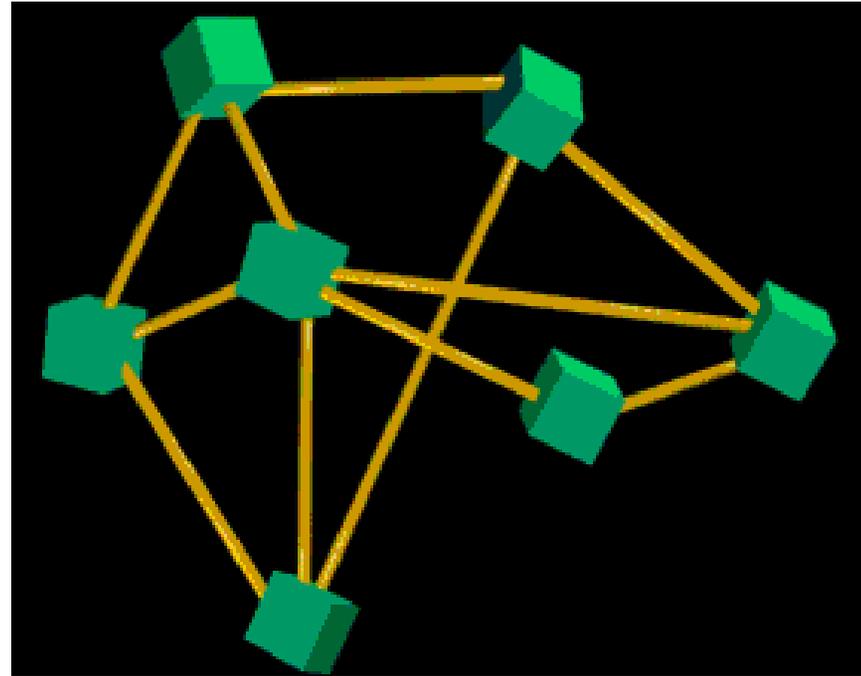
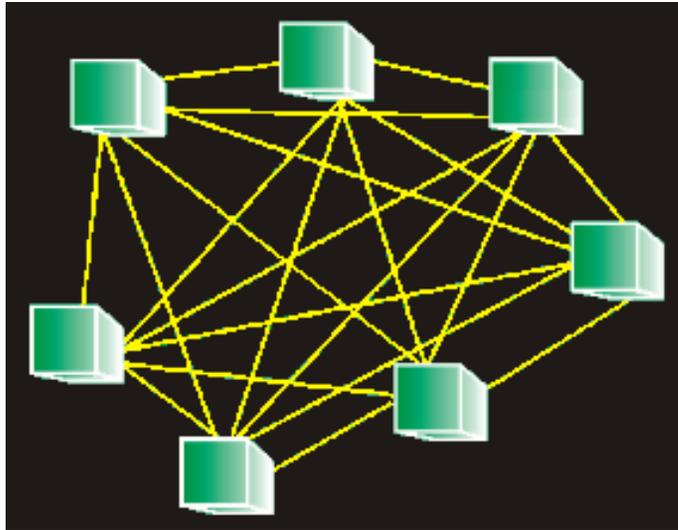
- ❑ Die Informationsübertragung erfolgt in einer vorgegebenen Übertragungsrichtung
- ❑ Der Zugriff auf das Übertragungsmedium sequentiell von Station zu Station mittels Abrufsystem von der Zentralstation oder durch ein Token
- ❑ Ringtopologien sind leicht erweiterbar, haben eine geringere Leitungsanzahl als Sterntopologien und eine dezentralisierbare Protokollstruktur
- ❑ Nachteile entstehen bei Leitungs- oder Stationsausfall sowie bei der Dauer der Nachrichtenübertragung, die proportional zur Anzahl der angeschlossenen Stationen ansteigt

## 3.1.3 Topologien (4): Baumtopologie



- ❑ Besonders beliebt, z.B. für die Organisation von größeren Mengen von Teilnehmerstationen oder Knoten
- ❑ In der Kommunikationstechnik gibt es sowohl logische Baumstrukturen nach dem Spanning Tree Algorithmus, als auch physische
- ❑ Eignet sich gut für flächendeckende Verkabelung oder für Netze in mehrstöckigen Gebäuden
- ❑ Baumtopologien werden bei Breitbandnetzen (IEEE 802.4) und bei Metropolitan Area Networks (MAN IEEE 802.6) verwendet

### 3.1.3 Topologien (5): Vermaschung



- ❑ Die Knoten sind auf mehreren Wegen miteinander verbunden, jedoch nicht notwendigerweise jeder mit jedem (außer bei Vollvermaschung)
- ❑ Diese Struktur, vorwiegend bei Weitverkehrsnetzen anzutreffen, hat den Vorteil, dass bei Staus oder Leitungsunterbrechungen zwischen einzelnen Knoten alternative Wege benutzt werden können
- ❑ Die Vermittlungsintelligenz ist in den Netzknoten angeordnet

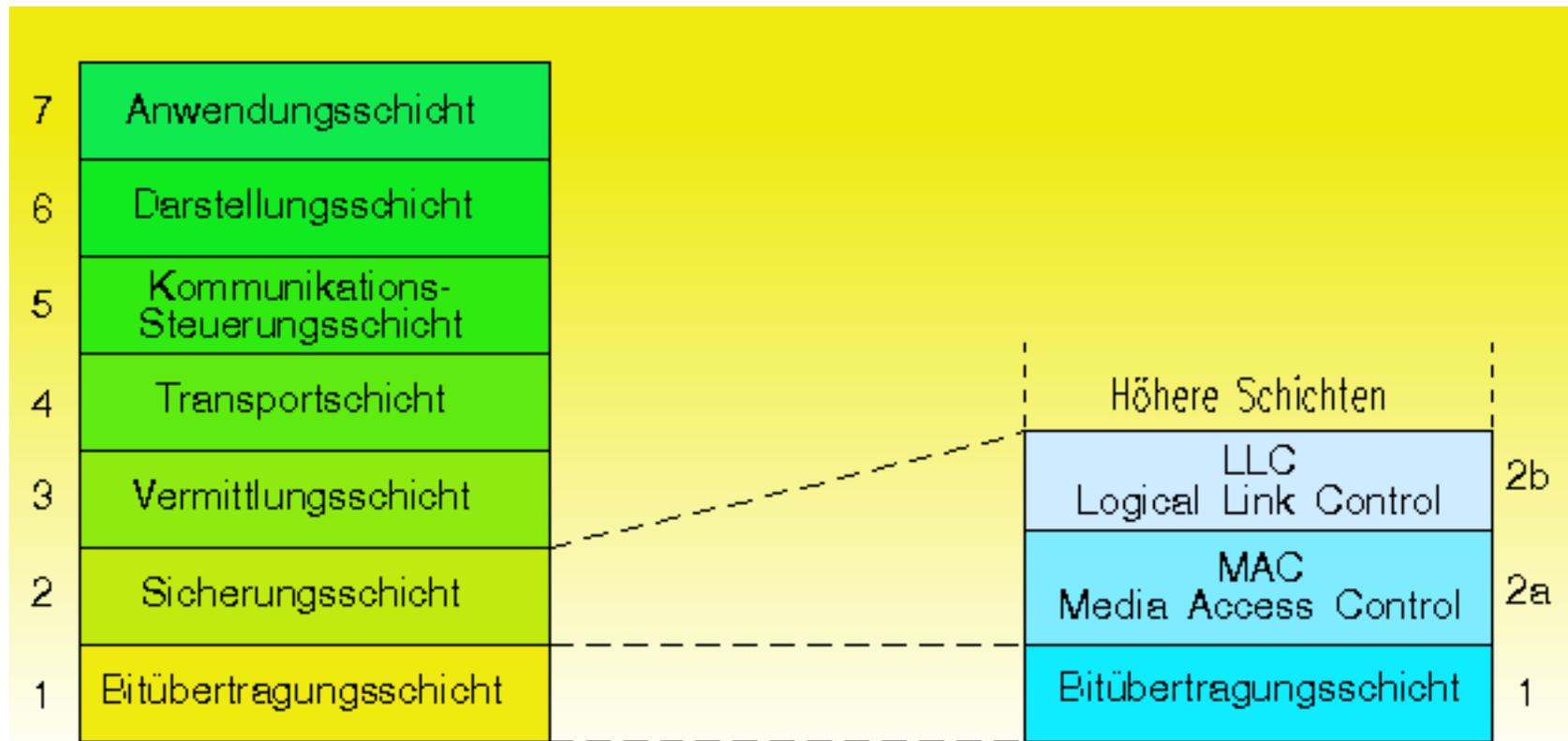
## 3.1.4 LAN-Referenzmodell (1)

---

- ❑ **Insgesamt existieren unterschiedliche LAN-Techniken, je nach Wahl nachfolgender Aspekte:**
  - **Netzstruktur**
    - Physikalisches Medium (Material, Bandbreite, Stöempfindlichkeit, Installation)
    - Konfiguration (Topologie, Ausdehnung, Stationsanzahl)
    - Signalstruktur (Basisband/Breitband, Codierung, Datenrate)
  - **Zugriffsverfahren**
    - Selektionsverfahren (Polling, Token Passing)
    - Reservierungsmethoden (FDM, fixed TDM)
    - Stochastische Verfahren (Aloha, CSMA/CD)
- ❑ **Netzdienste (Transportdienste, Managementdienste)**
- ❑ **Protokollhierarchien (XNS, IPX-Novell, TCP/IP, ISO)**

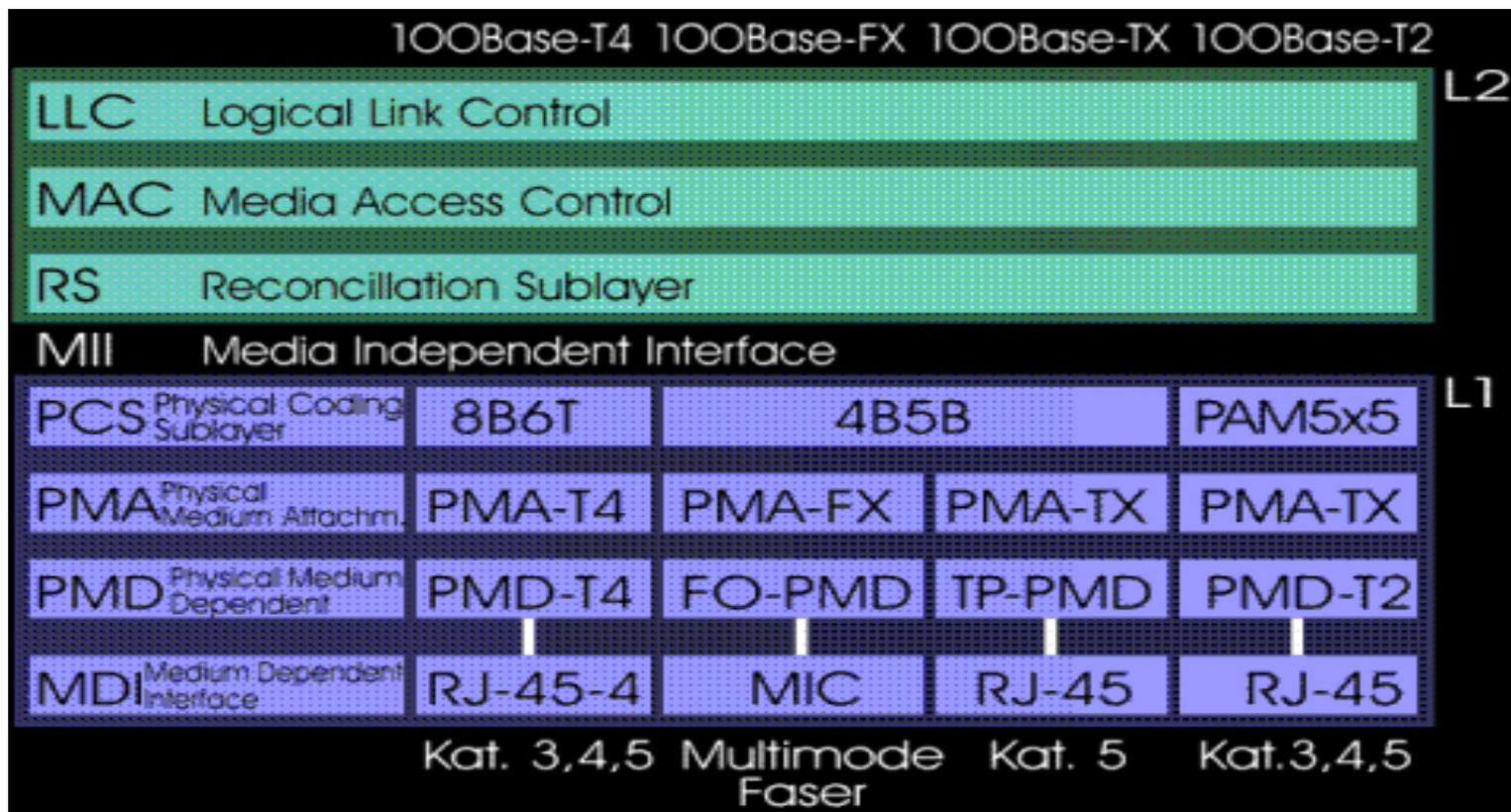
## 3.1.4 LAN-Referenzmodell (2)

- Das LAN-Schichtenmodell wird von den Arbeitskreisen jeweils den Anforderungen entsprechend modifiziert; So ist beispielsweise bei den 10-Mbit/s-Varianten nach 802.3 die Sicherungsschicht in zwei Teilschichten und die Bitübertragungsschicht in drei Teilschichten unterteilt



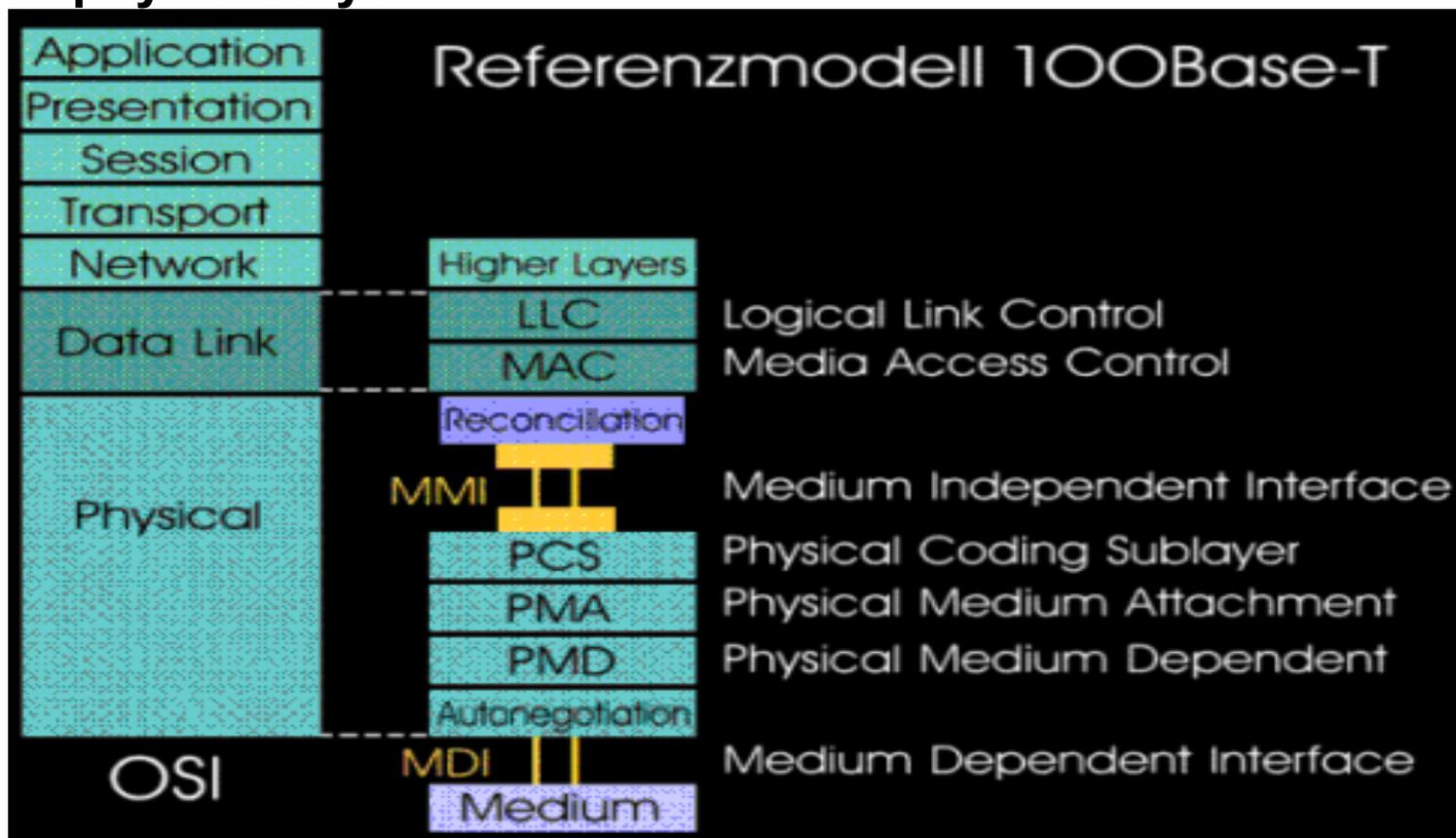
### 3.1.4 LAN-Referenzmodell (3)

- Bei den Hochgeschwindigkeitsvarianten nach 802.3U mit 100Base-T und 100Base-X wird die Sicherungsschicht dreigeteilt in Logical Link Control (LLC), Media Access Control (MAC) und Reconciliation-Teilschicht (RS)



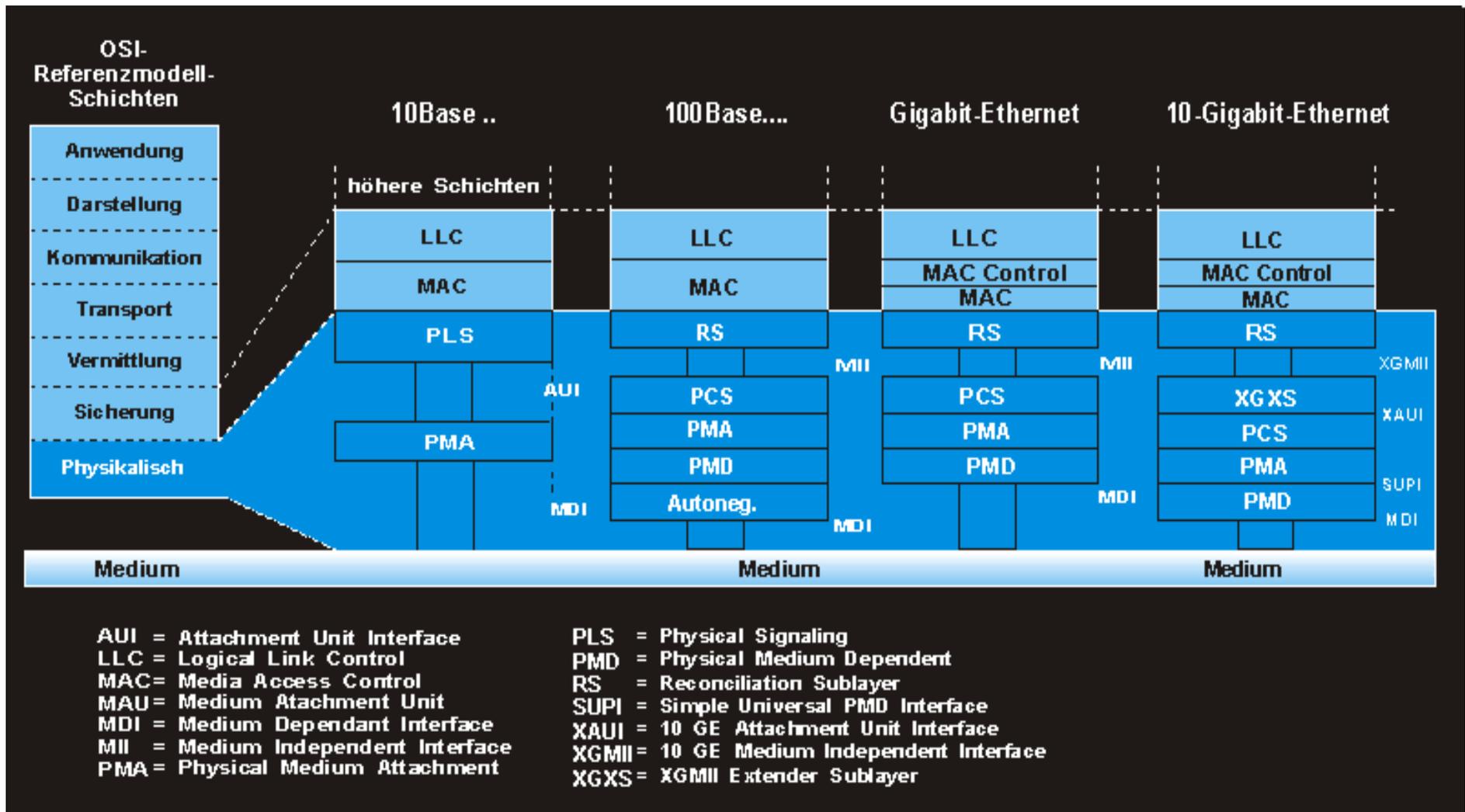
## 3.1.4 LAN-Referenzmodell (4)

- Der Reconciliation-Sublayer und das Media Independent Interface (MII) bilden bei den schnelleren Ethernet-Varianten - Fast-Ethernet, Gigabit-Ethernet und 10-Gigabit-Ethernet - zusammen den Zugang zum physical layer



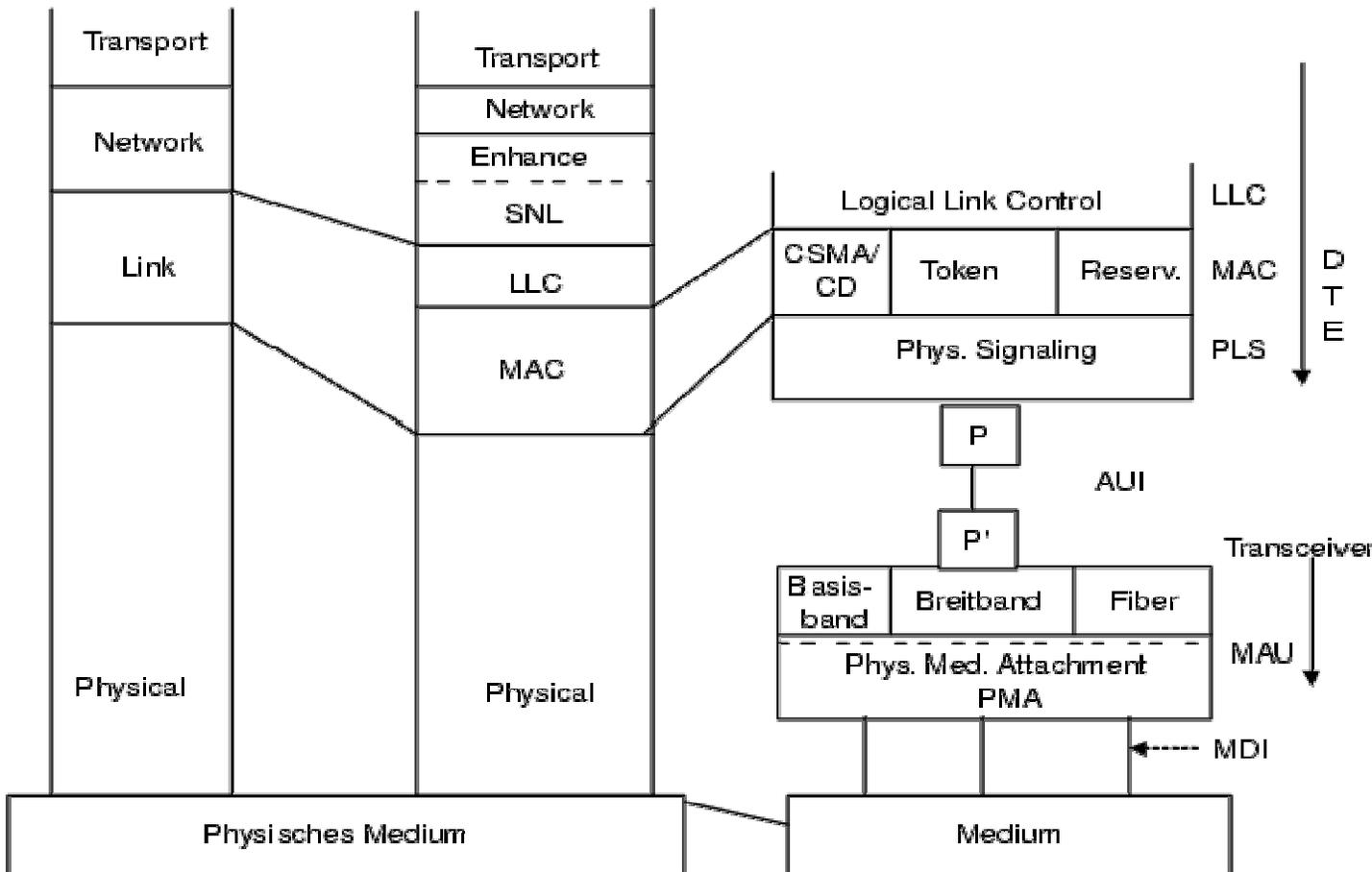
## 3.1.4 LAN-Referenzmodell (5)

### □ Schichtenmodell für die verschiedenen Ethernet-Varianten



## 3.1.5 LAN-Implementierungsmodell

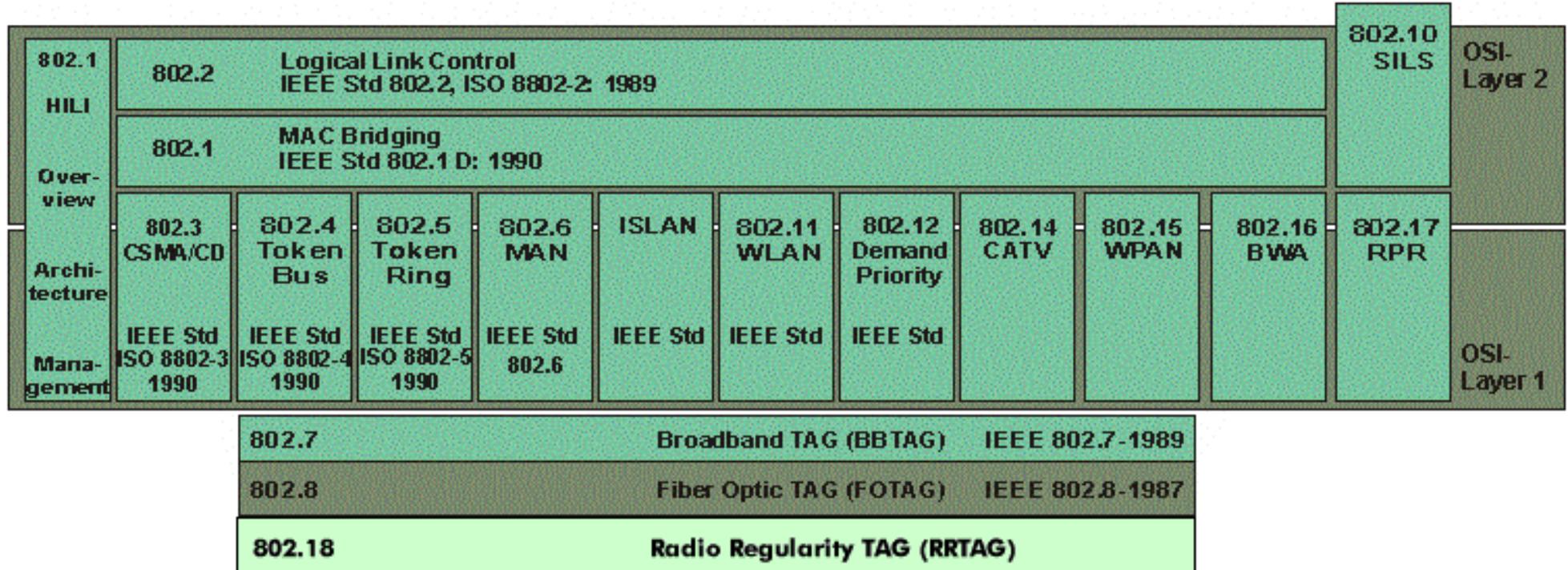
- Trotz verschiedener Aspekte hat sich zur systematischen Beschreibung von Schnittstellen, Diensten und Protokollen *ein* LAN-Implementierungs-Referenzmodell bewährt



SNL: Subnetwork Network Sublayer  
 LLC: Logical Link Control  
 MAC: Medium Access Control  
 MAU: Medium Attachment Unit  
 PLS: Physical Signaling  
 AUI: Attachment Unit Interface  
 MDI: Medium Dependent Interface

## 3.1.6 IEEE Standard 802 (1)

- IEEE hat für LANs abhängig vom gewählten Übertragungsmedium, der Netztopologie und dem Medium-Zugangsverfahren mehrere Standards definiert, die in der Reihe 802 zusammengefasst sind



## 3.1.6 IEEE Standard 802 (2)

---

- ❑ Für jeden LAN-Typ ergeben sich unterschiedliche Komponenten wie z.B.:
  - unterstützte Medien
  - Anschlusskomponenten (z.B. Transceiver)
  - Verbundkomponenten (Repeater, Bridges, Router)
- ❑ Übertragungsmedien
  - bei Ethernet: Koaxialkabel/Basisband bei Bus-Topologie und Twisted Pair für Hubtopologie (Fast Ethernet)
  - bei Token-Ring: Shielded Twisted Pair (STP)
  - gemäß Norm "Strukturierte Verkabelung" EN 50173, also
    - STP im Tertiärbereich (Typ 5/6), (Raten bis 155 Mbps)
    - LWL im Primär/Sekundärbereich
    - Hubstrukturen

## 3.1.6 IEEE 802.1

---

- ❑ Beschäftigt sich mit Fragen, die alle IEEE-802-Arbeitskreise und LAN-Typen betreffen; dazu gehören insbesondere allgemeine Management-Fragen und Aspekte des Internetworking
- ❑ Es wurden bereits eine ganze Reihe von Normen dieses Arbeitskreises veröffentlicht (u.A.):
  - **802.1a-1990: Overview and Architecture**
  - **802.1b-1992: LAN / MAN Management**
  - **802.1q: Virtual LANs, VLAN, Architecture and Bridging, GVRP, GARP VLAN Registration Protocol**
  - **802.1v: VLAN Classification by Protocol and Port: Die Gruppe arbeitet an der Klassifikation von virtuellen LANs nach Port und Protokoll**
  - **802.1X: Port Based Network Access Control**

## 3.2 LANs nach IEEE 802.3

---

- ❑ 3.2.1 Manchester Codierung
- ❑ 3.2.2 CSMA/CD
- ❑ 3.2.3 Varianten
  - 10 Mbit/s
  - 100 Mbit/s (802.3n)
  - 1 Gbit/s (802.3z)
  - 10 Gbit/s (802.3ae)

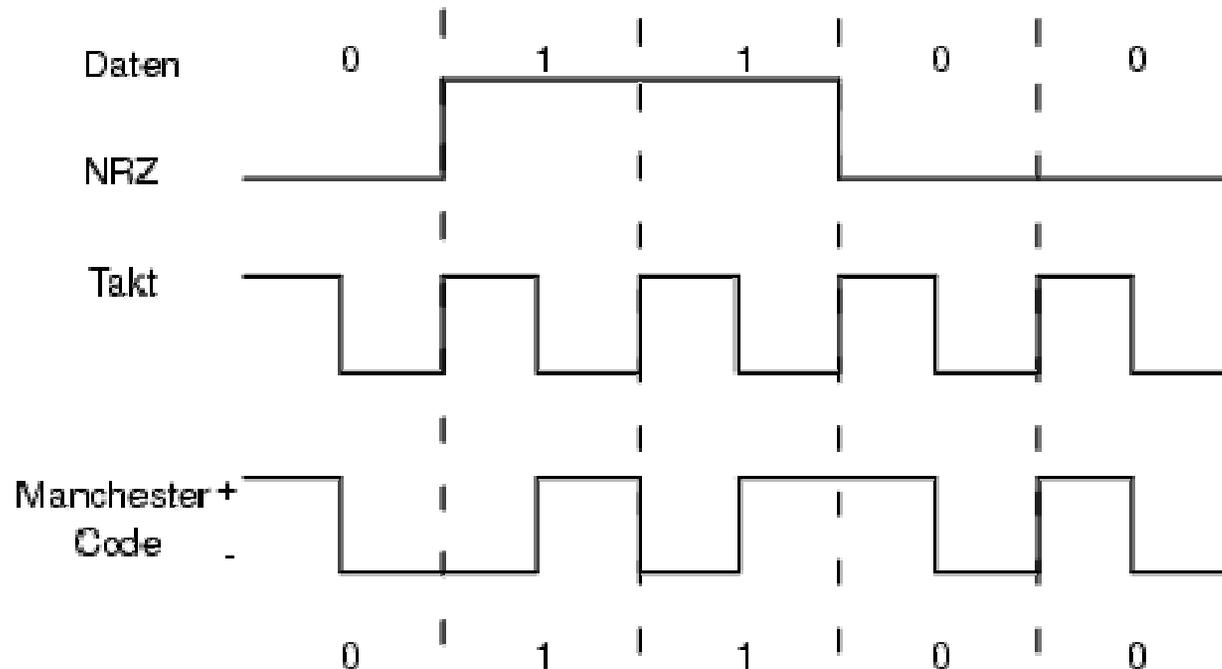
## 3.2 Standard-Ethernet (IEEE 802.3)

---

10Base5	Standard Koaxialkabel (0,5 Zoll Durchmesser); maximale Segmentlänge von 500 m, Basisband
10Base2	Dünnes Koaxialkabel (0,25 Zoll Durchmesser); maximale Segmentlänge 200 m; Basisband
10BaseT	Twisted Pair-Kabel mit Hub (Stern)-Topologie; Basisband
10BaseF	Lichtwellenleiter mit Hub (Stern)-Topologie; Basisband
10Broad36	TV-Koaxialkabel (36 MHz Bandbreite) mit Kopfstation (Head-End); Breitband
100BaseT	STP mit Hub (Stern); Basisband
1000BaseT	Twisted Pair mit Hub

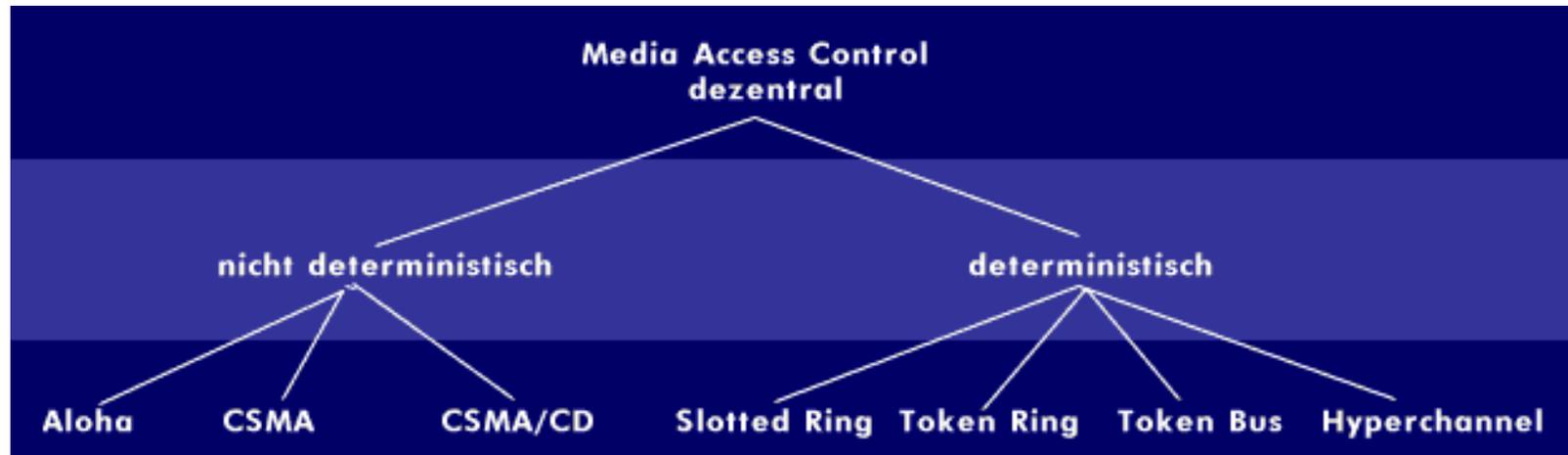
## 3.2.1 Manchester-Kodierung (z.B. bei 10Base5)

- ❑ **Kodierung von 0 oder 1 erfolgt durch Flankenwechsel in der Mitte der Darstellung eines Bits; Der wird zur Synchronisation verwendet**
  - 0: Wechsel von +0,85 V nach -0,85 V
  - 1: Wechsel von -0,85 V nach +0,85 V
- ❑ **Man benötigt zwei Schritte, um ein Bit zukodieren, d.h. die Baudrate ist doppelt so groß wie die Bitrate**
- ❑ **Anwendung bei Bustopologien für LANs**



## 3.2.2 Zugriffsverfahren des Ethernet: CSMA/CD (1)

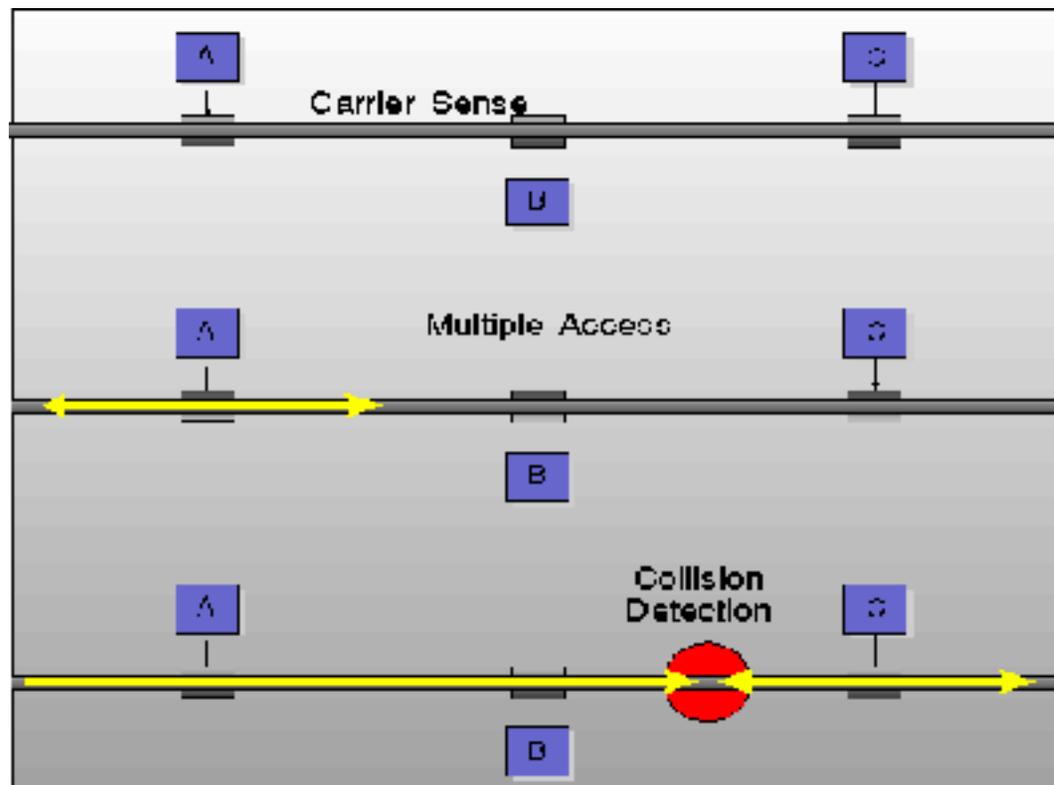
### □ Zugriffsverfahren (allgemein)



- **CSMA/CD („Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection“)** gehört zu den kollisionsbehafteten Verfahren, denen ein **Konkurrenzschema zugrunde liegt**; es umfasst 3 Teilaktivitäten
  - Carrier sense: Lauschen auf der Leitung (Listen-before-Talk)

## 3.2.2 Zugriffsverfahren des Ethernet: CSMA/CD (2)

- Collision detection: Mithören während des Sendens, um eine Kollision zu erkennen (Listen-while-Talking) und
- Backoff-Algorithmus: Wiederaufsetzen einer Sendung nach einen Konfliktfall



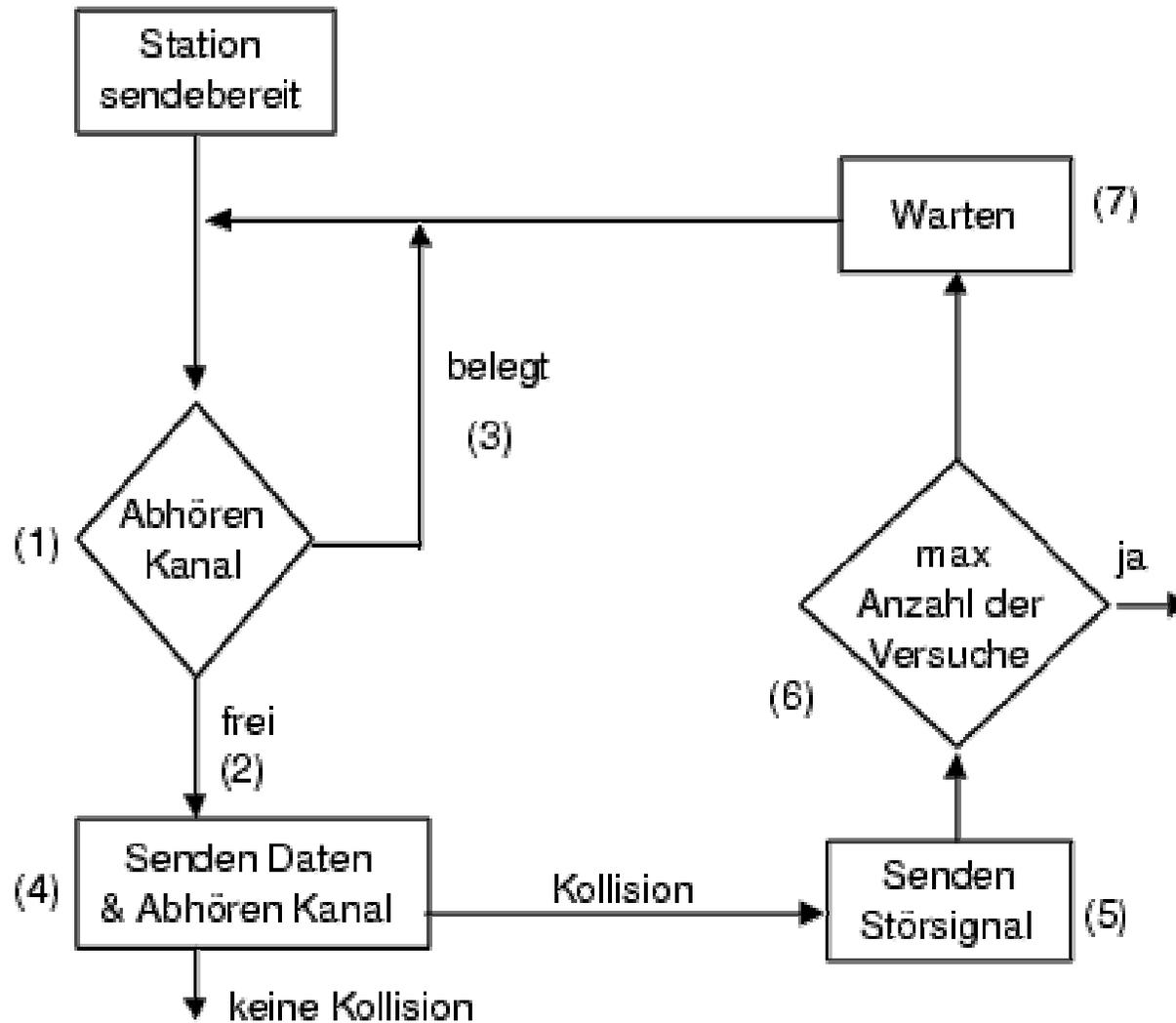
## 3.2.2 CSMA/CD

---

### □ Parameter des CSMA/CD-Standards

- Datenrate: 10 Mbps mit Manchester Codierung bei 10Base5
- Slot time: 512 Bitübertragungen
- Übertragungsfrist ("interframe gap"): 9.6 Mikrosekunden; Warten nach Entdeckung einer freien Leitung
- max. Fehlversuche: 16
- Backoff-Obergrenze: 10; definiert das Intervall für die zufällige Wartezeit
- Störsignal: 32 bits
- max. Framelänge: 1518 bytes
- min. Framelänge: 64 bytes

## 3.2.2.1 Graphische Übersicht von CSMA/CD



## 3.2.2.2 Einzelschritte von CSMA/CD (1)

---

### 1. Sendewillige Station überwacht Übertragungsmedium

- Entdecken des Carrier-Signals: Medium belegt, d.h. im Zustand 0-Bit oder 1-Bit

### 2. Übertragungsmedium frei -> Übertragung kann beginnen

- Nach Freiwerden des Mediums kurze Frist abwarten, damit alle Teilnehmer das vorherige Paket ohne Beeinträchtigung empfangen können. Wartezeit („Interframe Gap“) beträgt ca. 9,6 Mikrosekunden

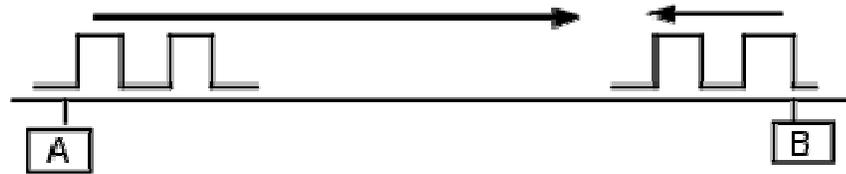
### 3. Übertragungsmedium nicht frei -> warten bis es frei wird, danach 2

### 4. Während der Übertragung simultane Abhörung des Kanals

- Unterschied zwischen gesendeter Information und Information auf Medium -> Kollision hat stattgefunden, d.h. auch eine andere Station hat angefangen zu senden; Kollisionen treten am Anfang einer Übertragung auf (wegen Medienüberwachung)

## 3.2.2.2 Einzelschritte von CSMA/CD (2)

- *Kollisionsfenster*:  $2 * \text{Signallaufzeit}$  des ersten Framebit durch gesamtes Übertragungsmedium



5. Senden eines Störsignals, Länge von 4-6 Bytes ("jam signal")

6. maximale Anzahl von Fehlversuchen

7. Warten gemäß *Backoff Strategie* ("truncated binary exponential backoff")

- Berechnung der Wartezeit abhängig von der Anzahl der Wiederholungen
- $i * \text{Warteperiode}$  ("slot-time") mit  $i \in \mathbb{N}$  und  $0 \leq i \leq 2^k$
- $k = \min(\text{Anzahl Wiederholungen}, \text{Backoff-Obergrenze})$

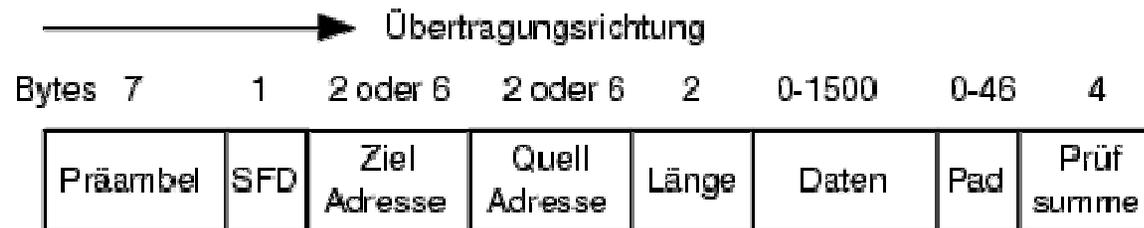
**Beispiel:**

1. Kollision:  $i \in [0,2]$ , d.h.  $i = 0,1,2$

10. Kollision:  $i \in [0,1024]$

### 3.2.2.3 CSMA/CD: Frameaufbau (1)

- **Frameaufbau: Standard definiert eine minimale (512 bits) und maximale Framelänge (1518 bytes)**



- **Präambel:** dient dem Empfänger zur Bitsynchronisation und zur Lokalisierung des 1. Framebits; besteht aus Bitmuster 10101010 je Byte
- **SFD:** "start of frame delimiter" kennzeichnet den Frame-Anfang; Bitmuster 10101011
- **Ziel-/Quelladresse:** spezifizieren das empfangende (möglicherweise mehrere) und sendende DTE; innerhalb eines LAN nur einheitliche Längen erlaubt (16 oder 48 Bit)
- **Länge:** spezifiziert die Anzahl der Bytes im Datenfeld
- **Pad:** da Datenlänge 0 erlaubt ist, müssen Füllbits ("pad bits") übertragen werden, damit minimale Framelänge erreicht wird
- **Prüfsumme:** Generatorpolynom vom Grad 32 ("CRC")

## 3.2.2.3 CSMA/CD: Frameaufbau (2)

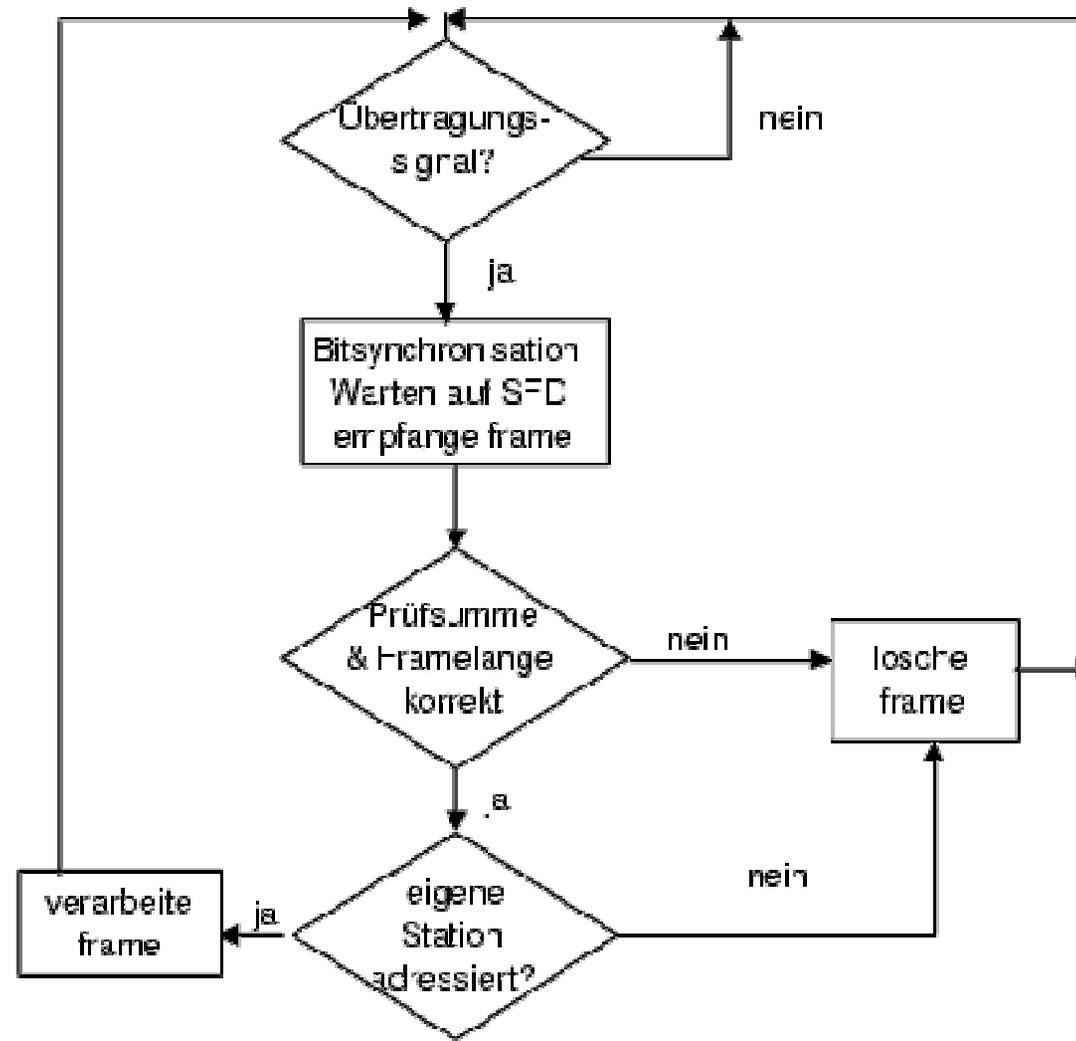
---

### □ Frameaufbau (Fortsetzung)

- Frame ist ungültig, falls
  - Framelänge inkonsistent mit Inhalt des Längenfeldes
  - Frame verletzt minimale und maximale Grenzen
  - CRC-Prüfung ergibt Fehler
  - Framelänge ist kein Vielfaches von 8

## 3.2.2.3 CSMA/CD: Übertragung von Frames

### □ Empfangen eines Frames



## 3.2.3.1 Ethernet-Varianten für 10 Mbit/s (1)

---

### □ Ethernet-Verkabelung

- **10Base5**; Dickes Koaxialkabel; Max Segment 500m; Knoten/Seg. 100; ursprüngliches Kabel, heute veraltet
- **10Base2**; Dünnes Koaxialkabel; Max Segment 185m; Knoten/Seg. 30;
- **10BaseT**; Twisted Pair; Max Segment 100m; Knoten/Seg. 1024; kostengünstigstes System
- **10BaseF**; Glasfaser; Max Segment 2000m; Knoten/Seg. 1024; beste Lösung zwischen Gebäuden

## 3.2.3.1 Ethernet-Varianten für 10 Mbit/s (2)

---

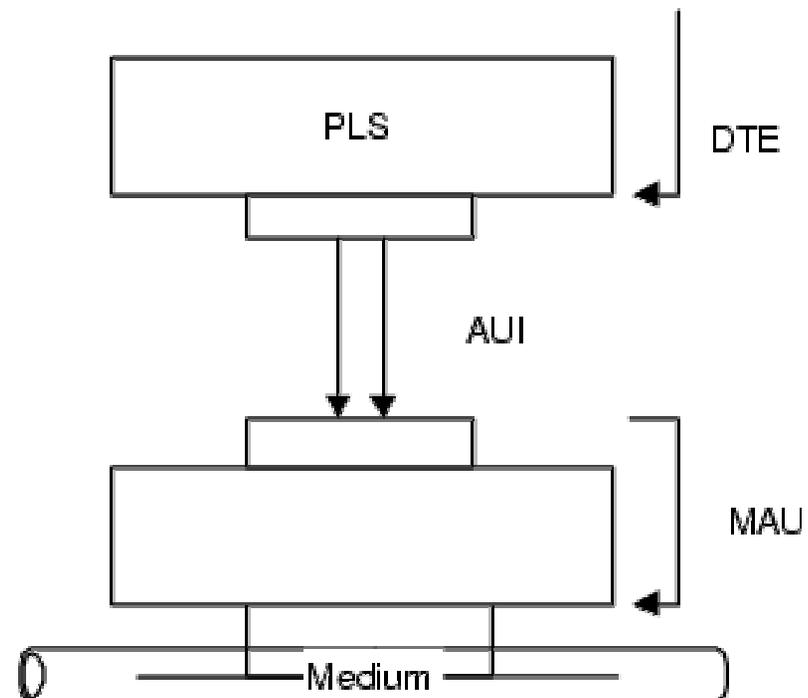
### □ 10Base5 (Standard-Ethernet)

- Klassische Ausführung eines CSMA/CD-Bussystems mit Basisbandübertragung
- Ein 10Base-5-Segment darf 500 m nicht überschreiten
- Höchstens 100 MAUs dürfen an einem Segment angeschlossen werden, wobei ein Minimalabstand von 2,5 m nicht unterschritten werden darf; mit einer Laufzeitverzögerung von höchstens 2.165 ns
- Ein AUI-Kabel darf maximal 50 m lang werden; eine maximale Laufzeitverzögerung von 257 ns
- Zwischen zwei Stationen dürfen höchstens fünf LAN-Segmente und vier Repeater liegen, die "eigenen" Segmente eingeschlossen; von den Segmenten dürfen allerdings nur drei Segmente Koaxialsegmente sein („5-4-3“-Regel)

## 3.2.3.1 Ethernet-Varianten für 10 Mbit/s (3)

### □ 10Base5 (Standard-Ethernet)

- Transceiver
  - Unterteilung von Schicht 1



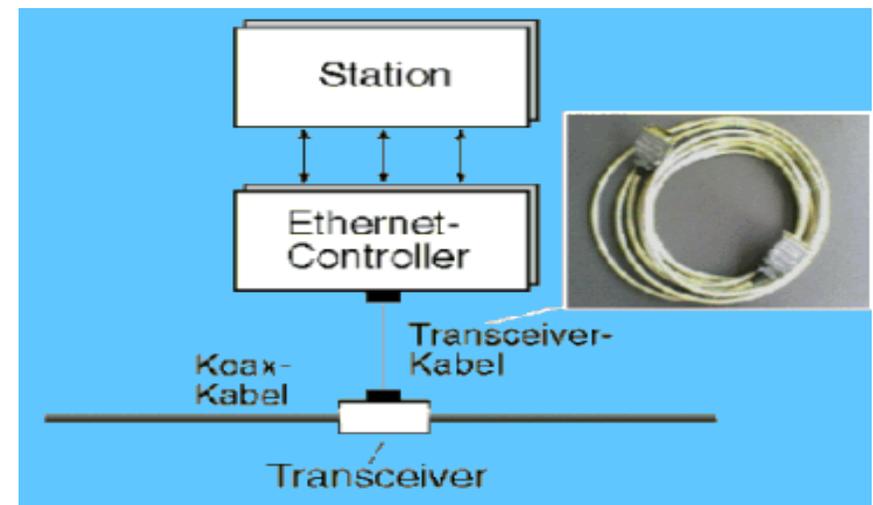
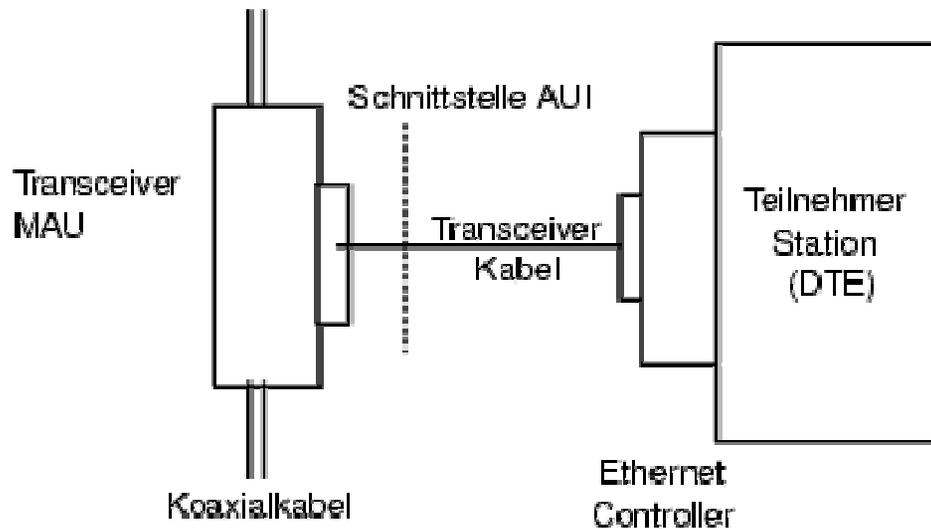
*PLS* ("physical signaling")

*AUI* ("attachment unit interface")

*MAU* ("medium attachment unit")

## 3.2.3.1 Ethernet-Varianten für 10 Mbit/s (4)

- 10Base5 (Standard-Ethernet)
  - Transceiver-Anschluss



## 3.2.3.1 Ethernet-Varianten für 10 Mbit/s (5)

---

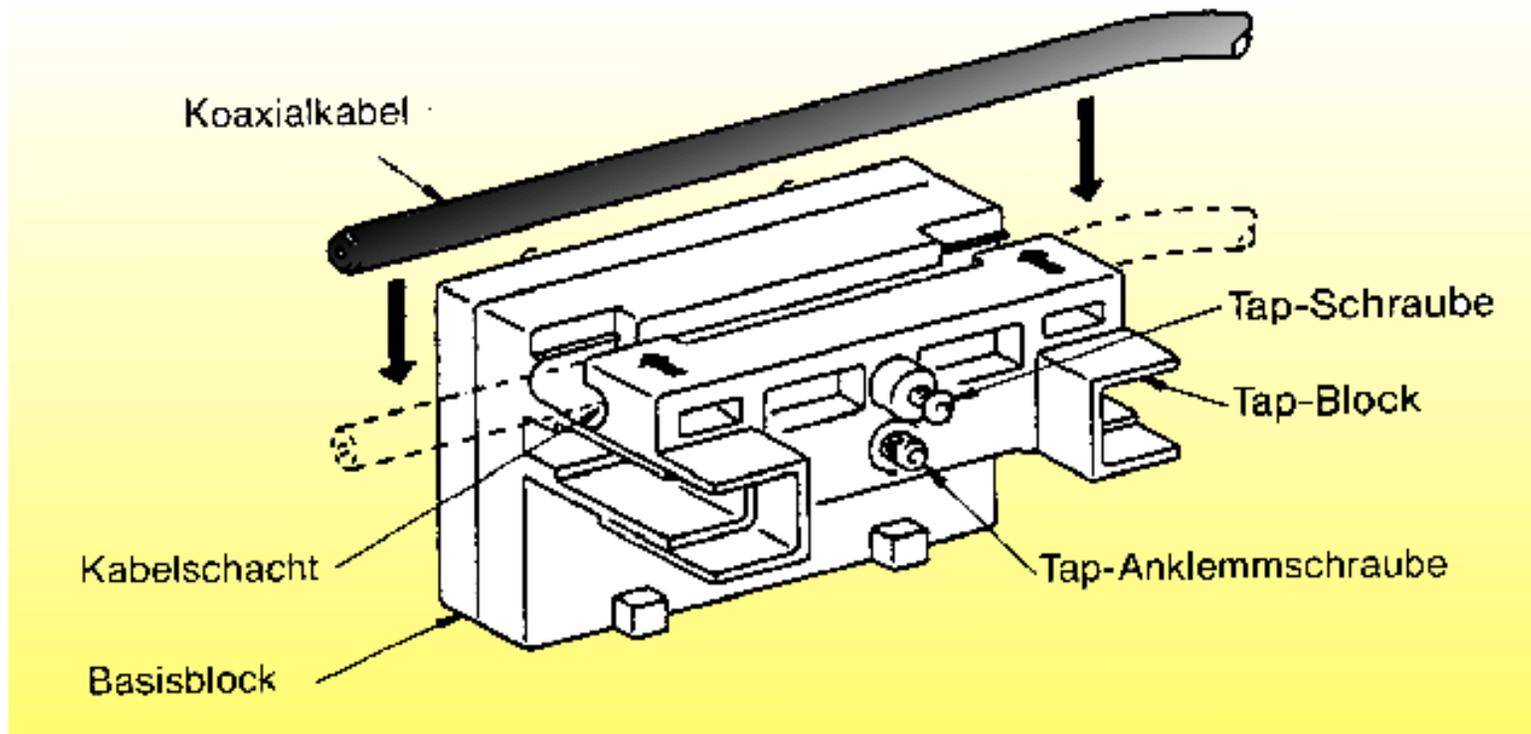
### □ 10Base5 (Standard-Ethernet)

- Transceiver
  - Transceiver ist ein Kombinationswort aus Transmitter (Sender) und Receiver (Empfänger) und bezeichnet eine Sende/Empfangseinrichtung
  - Der Transceiver realisiert den Netzzugang einer Station an das Ethernet und entspricht damit der Medium-Anschlusseinheit (MAU)
- Aufgaben eines Transceivers
  - Senden und Empfangen von Daten
  - Entdecken von Kollisionen auf Übertragungsmedium
  - Isolierung des Kabels von der Schnittstelle zum DTE
  - Schutz des Kabels vor Fehlverhalten verursacht von Transceiver oder DTE
  - (z.B. Jabber Control, d.h. Schutz vor langen Frames)

### 3.2.3.1 Ethernet-Varianten für 10 Mbit/s (6)

#### □ 10Base5 (Standard-Ethernet) (Fortsetzung)

- Montageblock mit eingelegten Yellow-Kabel

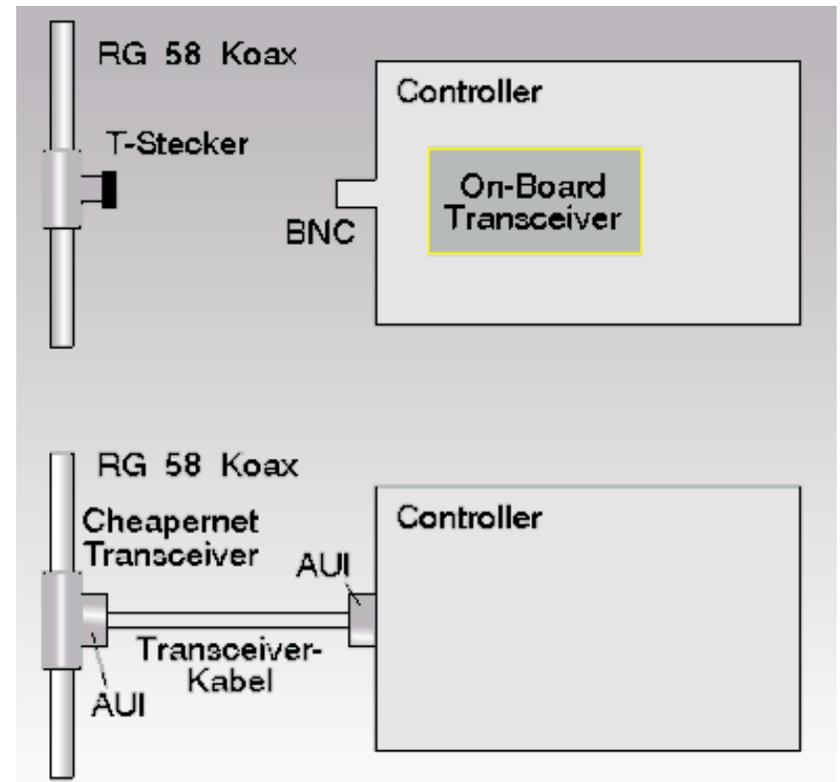


## 3.2.3.1 Ethernet-Varianten für 10 Mbit/s (7)

### □ 10Base5 (Standard-Ethernet) (Fortsetzung)

- Der Transceiver kann, wie im Falle des klassischen Yellow-Cable-Anschlusses, direkt am Kabel angeschlossen werden, mittels einer so genannten Vampirklammer (man bohrt, während des Betriebes, ein Loch in das Kabel, das bis zum Mittelleiter reicht), oder er befindet sich auf dem Controller-Board
- Er kann allerdings auch als externe Einheit ausgeführt sein
- Transceiver-Anschluss

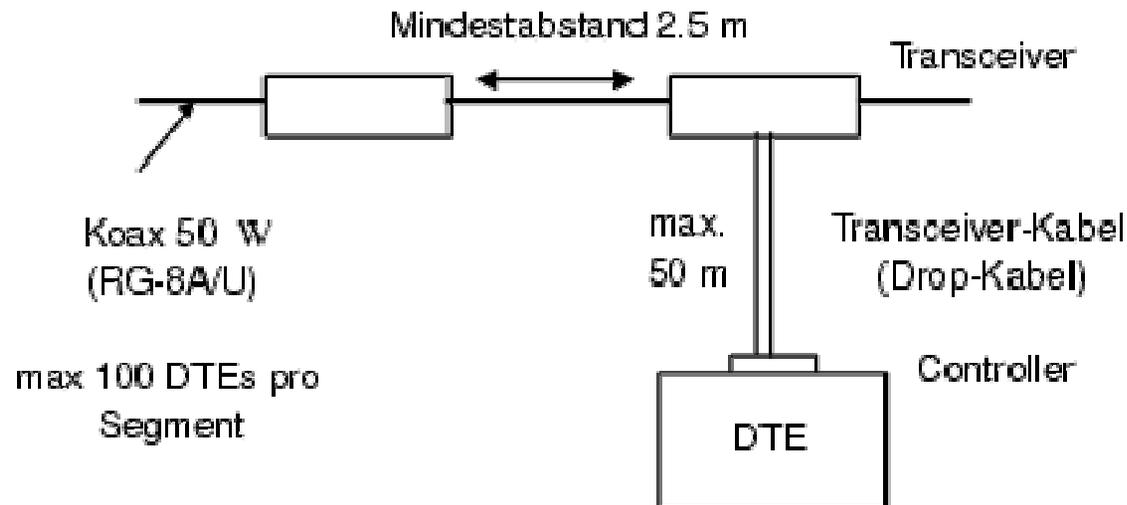
BNC-Transceiver



### 3.2.3.1 Ethernet-Varianten für 10 Mbit/s (8)

#### □ 10Base5 (Standard-Ethernet) (Fortsetzung)

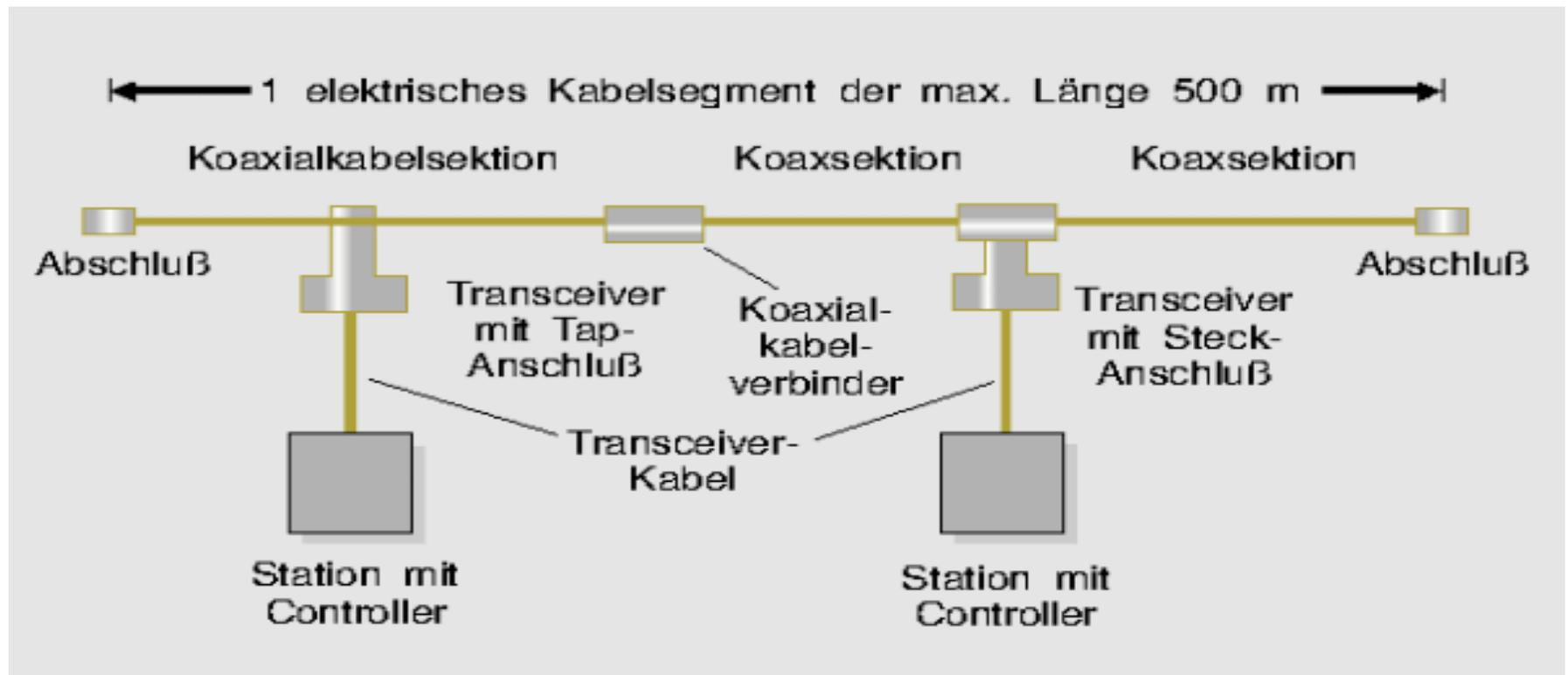
- Transceiver: Topologie



- Zwischen je 2 Ethernet Stationen dürfen maximal 4 Repeater liegen □  
maximale Ausdehnung eines Ethernets ist beschränkt auf 2.5 km
- Anschluss des Transceivers mittels
  - T-Verbindung
  - Tap-Verbindung

## 3.2.3.1 Ethernet-Varianten für 10 Mbit/s (9)

- 10Base5 (Standard-Ethernet)
  - Ethernet-Segmente

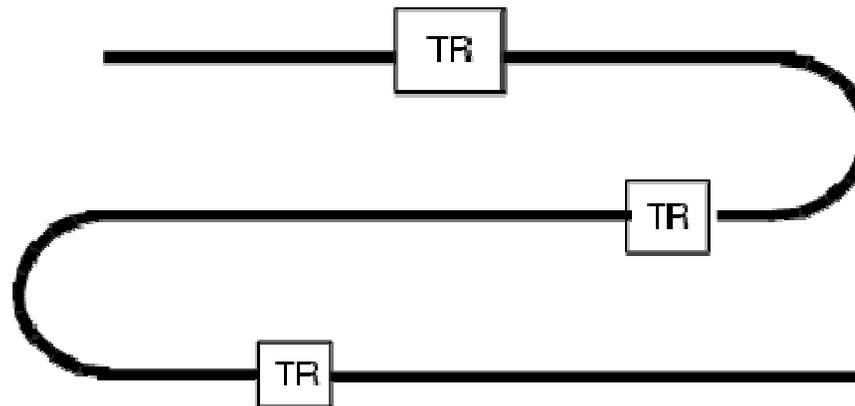


## 3.2.3.1 Ethernet-Varianten für 10 Mbit/s (10)

---

### □ 10Base5 (Standard-Ethernet)

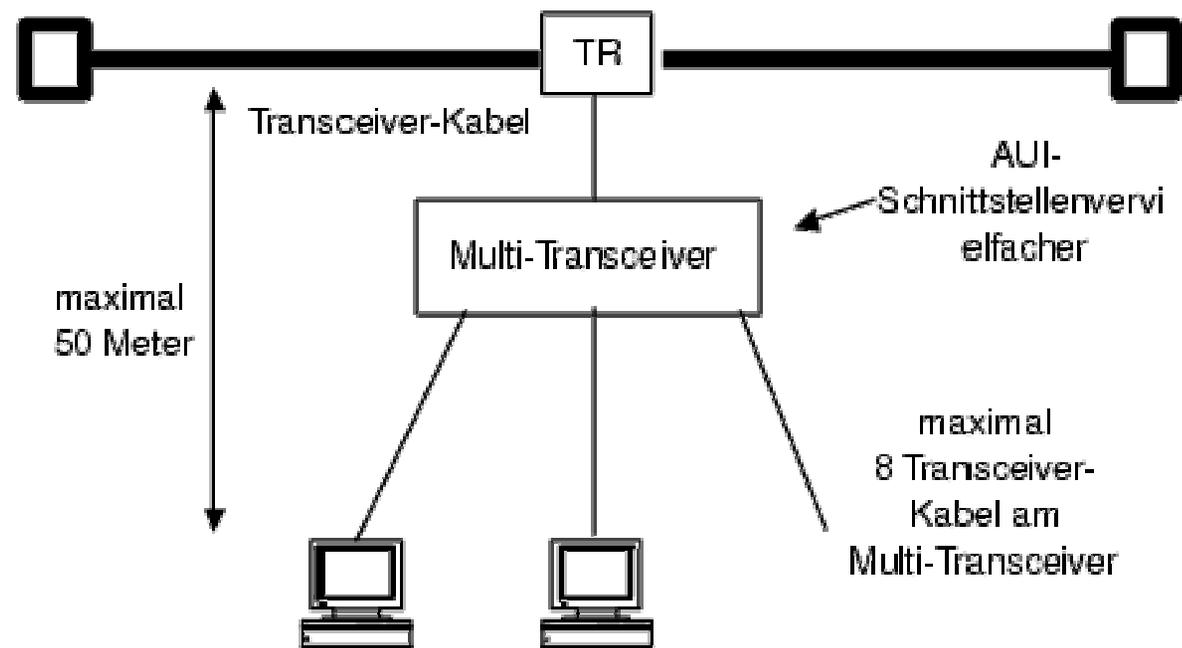
- Schleifenbildung



- pro Ethernet-Station ein Transceiver; zwischen 2 Transceivern sind 2.5 m Kabel notwendig
- Lösung: Verwendung Multi-Transceiver zur Vervielfachung der AUI Schnittstelle

## 3.2.3.1 Ethernet-Varianten für 10 Mbit/s (11)

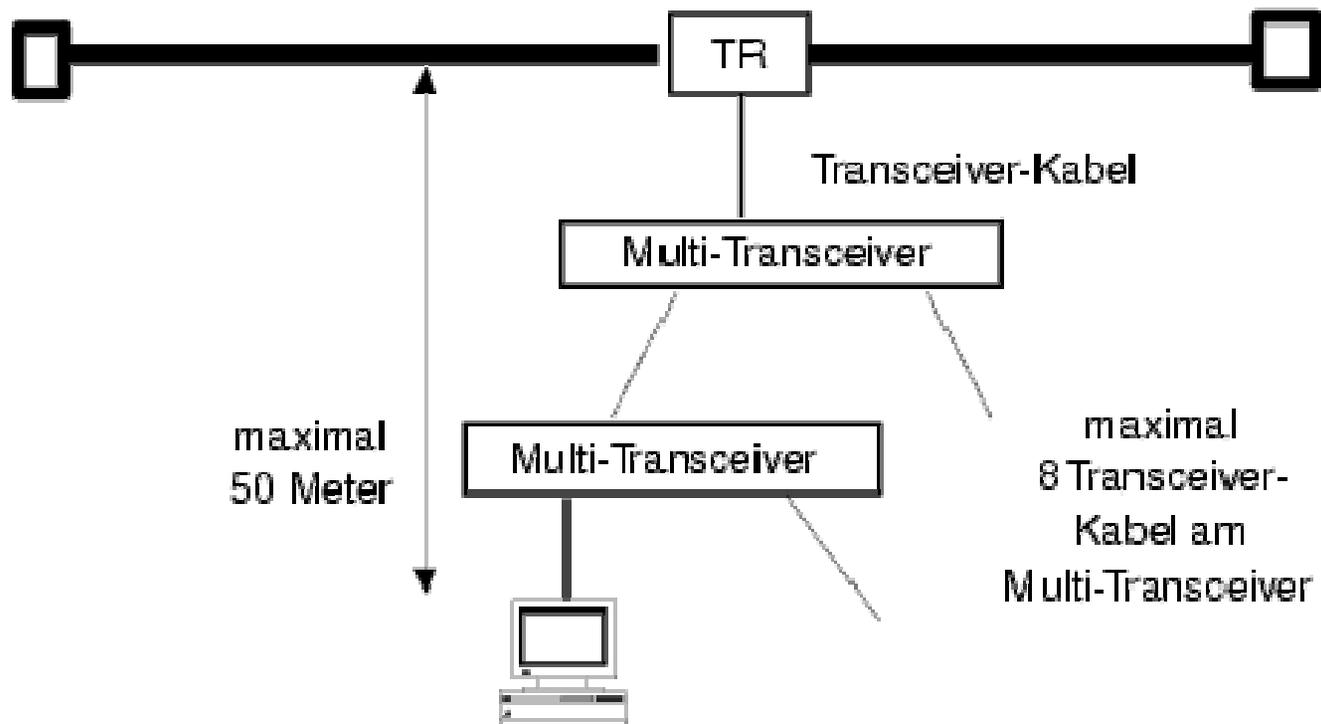
- 10Base5 (Standard-Ethernet)
  - Multitransceiver



### 3.2.3.1 Ethernet-Varianten für 10 Mbit/s (12)

#### □ 10Base5 (Standard-Ethernet)

- Kaskadierung von Multitransceivern



## 3.2.3.1 Ethernet-Varianten für 10 Mbit/s (13)

---

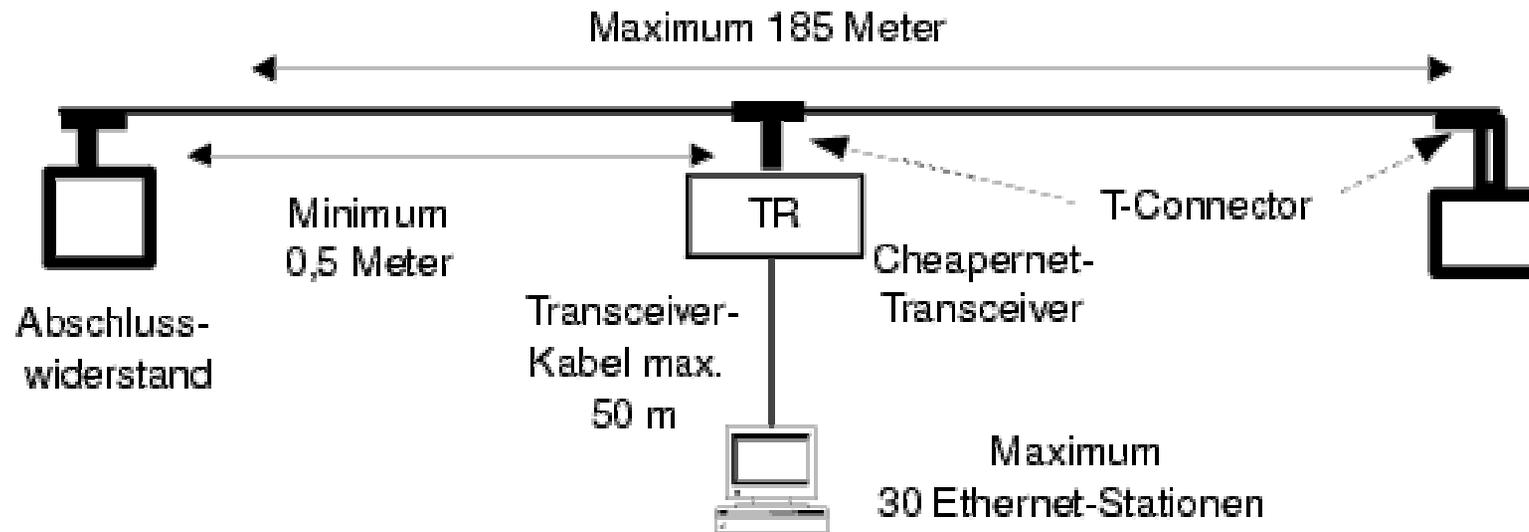
### □ 10Base2 (Cheapernet)

- Der Standard 10Base-2 beschreibt eine Ethernet-Variante mit einem dünnen Koaxialkabel
- Die Datenrate beträgt 10 Mbit/s und die Topologie ist wie bei 10Base-5 ein Bus, allerdings nur von der max. Länge 185 m pro LAN-Segment ohne Repeater
- An ein LAN-Segment können bis zu 30 Stationen angeschlossen werden
- Im Gegensatz zum 10Base-5 befindet sich eine Cheapernet-MAU meistens komplett auf der Adapterkarte, die dann zum Anschluss an das LAN-Segment einen BNC-T-Konnektor bzw. eine BNC-Buchse besitzen muss
- 10Base-2 kennt ebenfalls das Konzept der Repeater
- Mittels geeigneter Geräte lassen sich 10Base-5- und 10Base-2-Segmente untereinander mischen, wobei ähnliche Randbedingungen gelten wie bei 10Base-5
- Ein reines Cheapernet kann somit maximal 925 m lang werden
- 10Base-2 wird kaum noch eingesetzt, die sternförmige Twisted-Pair-Verkabelung von 10Base-T ist eine wirtschaftliche Alternative

### 3.2.3.1 Ethernet-Varianten für 10 Mbit/s (14)

#### □ 10Base2

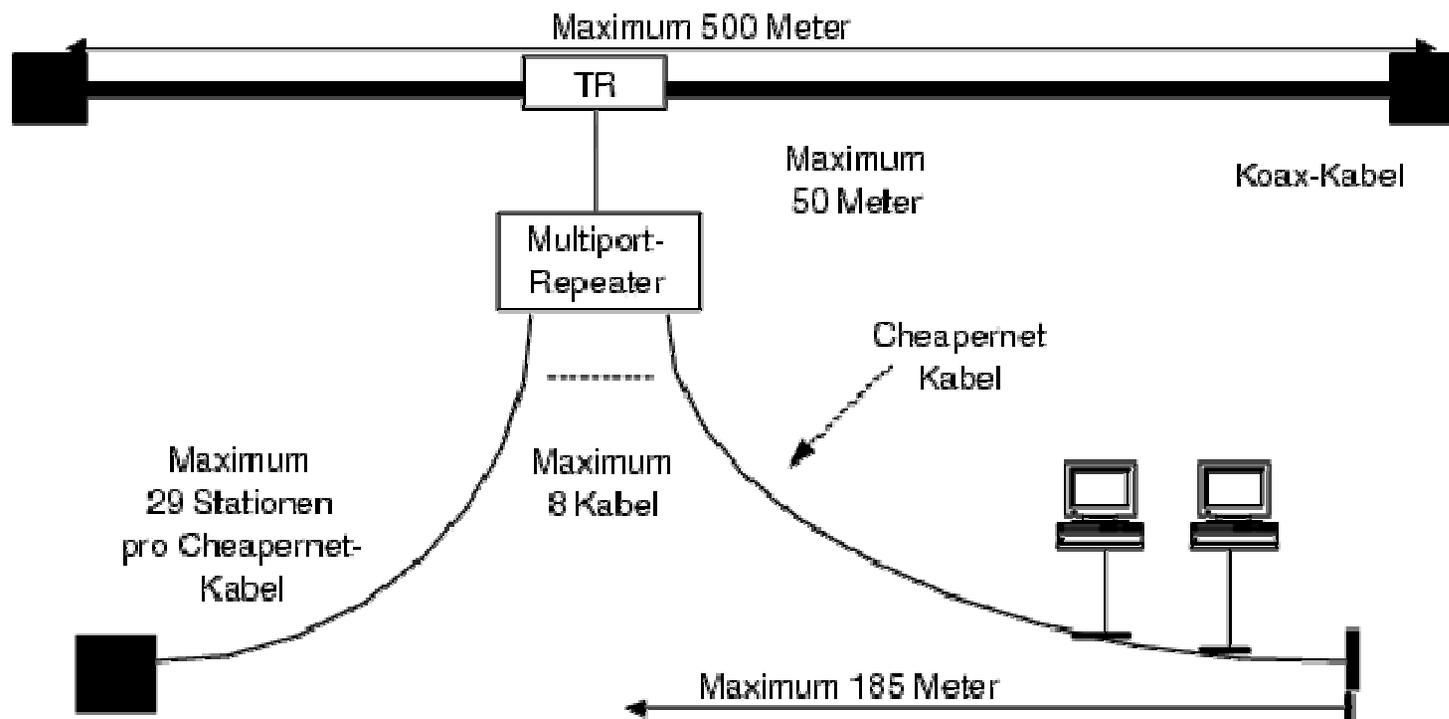
- Eigenschaften



## 3.2.3.1 Ethernet-Varianten für 10 Mbit/s (15)

### □ 10Base2

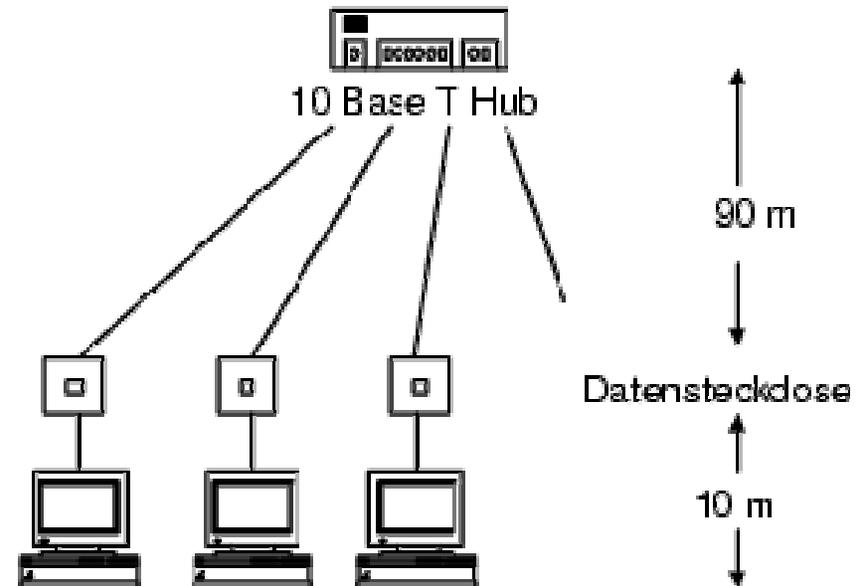
- Eigenschaften



## 3.2.3.1 Ethernet-Varianten für 10 Mbit/s (16)

### □ 10BaseT

- Twisted Pair (STP und UTP)
- Topologie: Physischer Stern/Logischer Bus



- Hub ist Repeater (kollabierter Bus)
- Kabel: UTP, meist STP, Dämpfung < 11,5 dB, Segmentverzögerung < 1000 ns
- Maximale Netzlänge mit kaskadierten Hubs: 2,5 km, Stecker: RJ 45

## 3.2.3.1 Ethernet-Varianten für 10 Mbit/s (17)

---

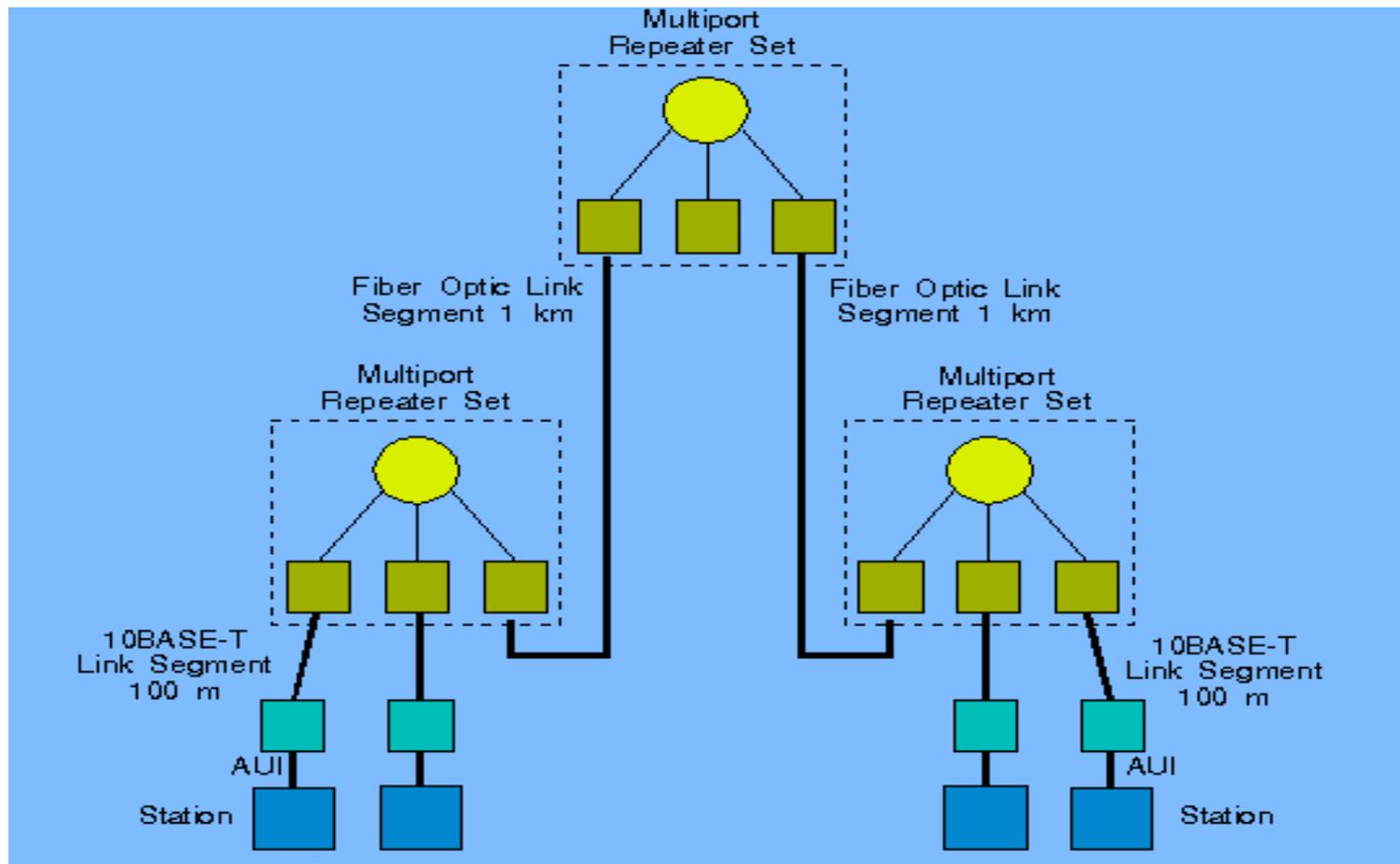
### □ 10BaseT

- Der »Bus« konzentriert sich bei dieser 802.3-Version in einem Hub
- Alle Stationen sind mit diesem Hub sternförmig über Vierdraht-Leitungen verbunden; es werden zwei Adernpaare des TP-Kabels verwendet: Receive und Transmit
- Die max. Entfernung zwischen zwei MAUs ohne Zwischenverstärker wurde auf 100 m festgelegt, wobei der Hub ebenfalls eine Ansammlung von MAUs darstellt, die über den internen Bus des Hubs zusammengeschaltet werden
- In diesen 100 m sind allerdings Wandsteckdosen und Rangierverteiler sowie die Entfernungen, z.B. zwischen Endgeräten und Steckdosen, inbegriffen

## 3.2.3.1 Ethernet-Varianten für 10 Mbit/s (18)

### □ 10BaseT

- Beispiel einer Konfiguration



### 3.2.3.1 Ethernet-Varianten für 10 Mbit/s (19)

---

#### □ 10BaseF

- IEEE hat in der Arbeitsgruppe 802.8a das Thema Fiber Optic Media standardisiert und dabei fünf Alternativen behandelt: Aktive Ringe, passive und aktive Sternkoppler mit jeweils synchroner oder asynchroner Übertragung
- Hub ist ein optischer Sternkoppler; der passive Sternkoppler unterscheidet sich vom aktiven unter anderem dadurch, dass Übertragungsmedium und Sternkoppler vollständig passiv sind, keine Abstrahlung und keine Stromversorgung haben
- Die Entfernung zwischen FOMAU und Sternkoppler kann bis zu 500m betragen, eine Unterstützung von 1024 Ethernet-Knoten in einem Netz ist möglich
- 10 BaseF-LANs gestatten, 10 BaseT und 10 Base2 und 10 Base5 zu einem Gesamt-LAN zu verbinden
- Eingesetzt werden Gradientenfasern 50/125 Mikrometer und 62,5/125 Mikrometer

## 3.2.3.1 Ethernet-Varianten für 10 Mbit/s (20)

---

### □ 10BaseF (Fortsetzung)

#### ● Eigenschaften

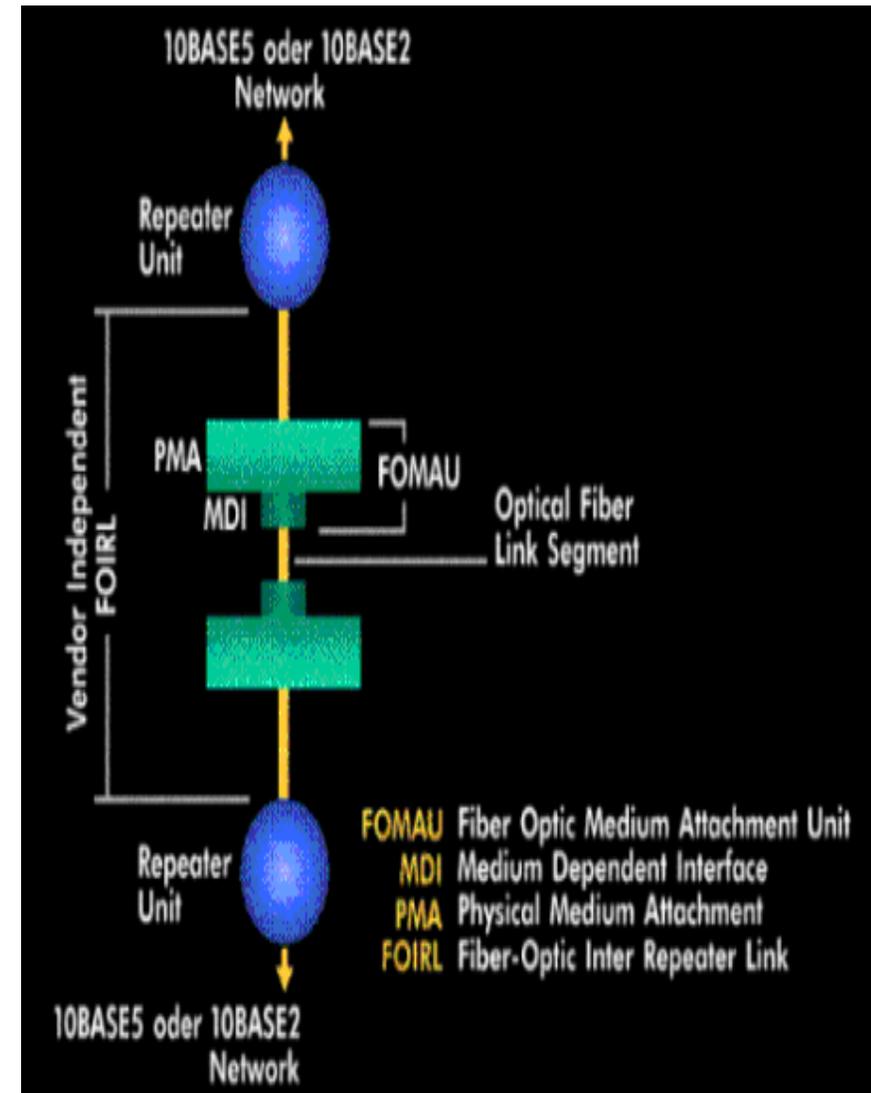
- Bei **10Base-FB** können bis zu 15 Repeater kaskadiert werden; jedes Segment kann max. 2 km lang sein; ist ausschließlich für Backbone-Anwendungen festgelegt. 10BaseF beschreibt alle Funktionen zur Datenübertragung zwischen aktiven Sternkopplern
- Die andere Variante **10Base-FL** ist eine Erweiterung des FOIRL(FiberOpticInterRepeaterLink)-Standards auf 2 km; Diese Variante hat maximal fünf Repeater für eine dreistufige Netzhierarchie und ist abwärtskompatibel mit FOIRL-Komponenten; 10Base-FL beschreibt alle Funktionen zur Datenübertragung von einer MAU zu einem aktiven Sternkoppler und Verbindungen zwischen Sternkopplern

## 3.2.3.1 Ethernet-Varianten für 10 Mbit/s (21)

### □ 10BaseF (Fortsetzung)

#### ● Eigenschaften

- Das optische Link-Segment zwischen den beiden Hälften eines Remote-Repeater ist im **FOIRL (Fiber Optic Inter Repeater Link)** standardisiert
- Das FOIRL-Interface arbeitet mit einer typischen Wellenlänge von 850 nm über Lichtwellenleiter in Duplex
- Der Standard sieht Gradientenfasern mit 50/125 µm, 62,5/125 µm, 85/125 µm und 100/140 µm vor



## 3.2.3.1 Ethernet-Varianten für 10 Mbit/s (22)

---

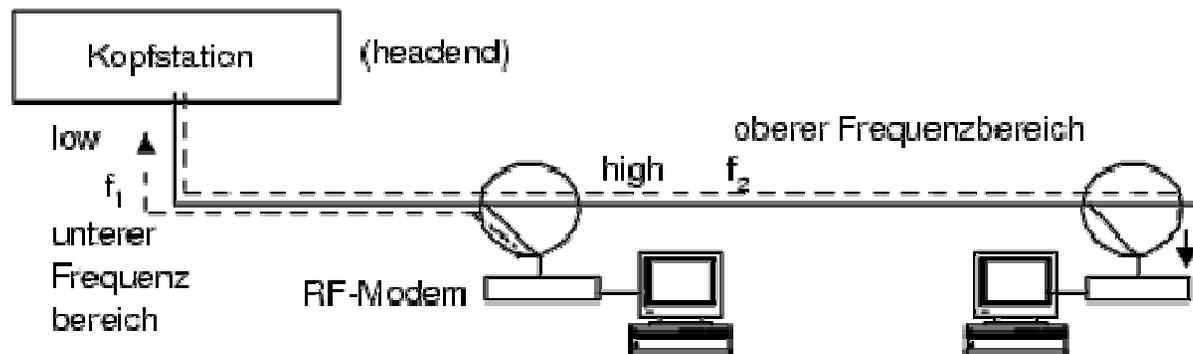
### □ **Breitband Koaxialkabel: 10Broad36**

- Analoge Übertragung mit Aufteilung der Gesamtbandbreite in Frequenzbereiche
  - Zuteilung an Kanäle
  - FDM ("Frequency Division Multiplexing")
- Kabelfernsehen: unidirektionale Verbindung
  - für Datenkommunikation jedoch bidirektionale Verbindung notwendig
- Die Topologie ist ein unregelmäßiger Baum, dessen Wurzel die Head-End-Station ist; verwendet wird ein 75-Ohm-Breitband Koaxialkabel
- Unterschiedliche Frequenzbereiche für Sender und Empfänger

## 3.2.3.1 Ethernet-Varianten für 10 Mbit/s (23)

### □ Breitband Koaxialkabel: 10Broad36

- Einkabel-Systeme

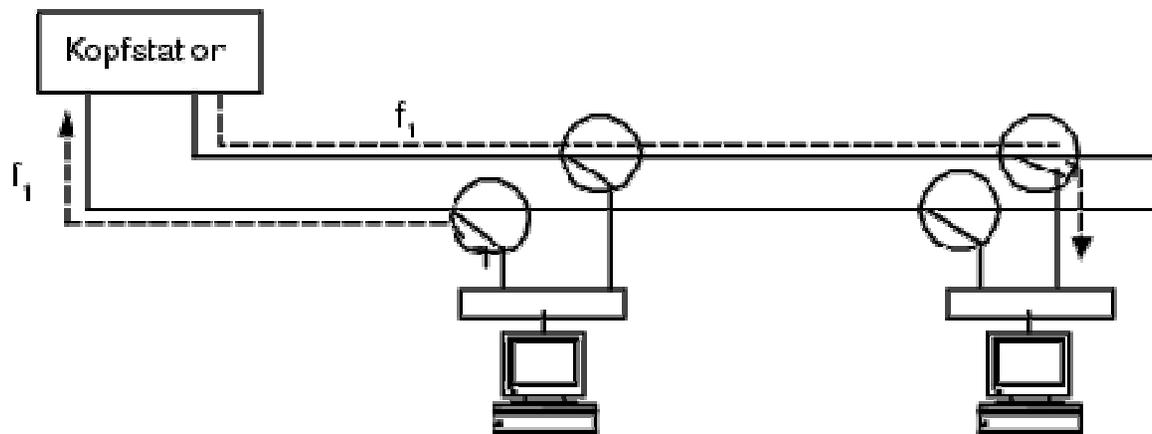


- Headend dient sowohl als Verstärker als auch Umsetzter der Sende- und Empfangssignale; Unterscheidung zwischen Rückwärtskanälen (Sendern) und Vorwärtskanälen (Empfängern)
- Vorwärtskanäle im unteren Frequenzbereich; Rückwärtskanäle im oberen Frequenzbereich

## 3.2.3.1 Ethernet-Varianten für 10 Mbit/s (24)

### □ Breitband Koaxialkabel: 10Broad36

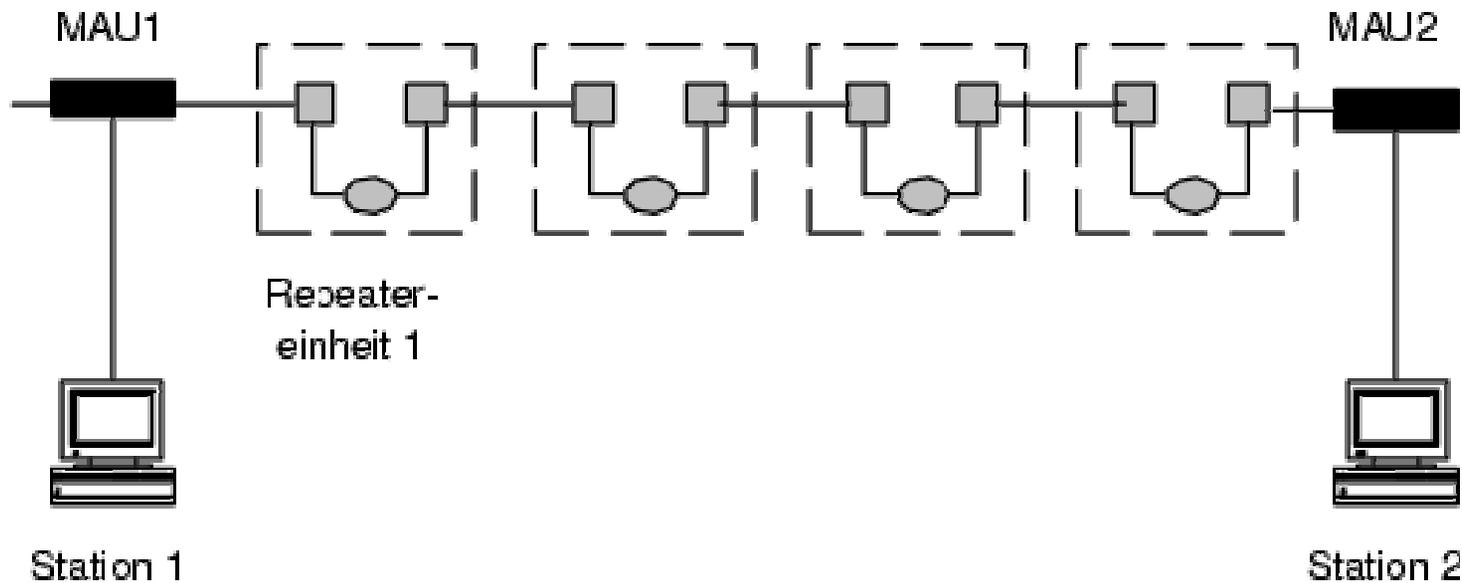
- Duales Kabel
  - getrennte Kabel für Senden und Empfangen



- Einsatz von Breitband im Produktionsbereich; leichte Integration von verschiedenen Diensten zur Realisierung einer Duplex-Verbindung zwischen 2 DTE; auf der Datenebene sind 2 getrennte Kanäle notwendig

## 3.2.3.1 Ethernet-Varianten für 10 Mbit/s (25)

### □ Designregeln für 10Base2 und 10Base5



	10Base2	10Base5
Maximale Stationenzahl pro Segment	30	100
Maximale Repeaterzahl	4	4
Minimale Segmentlänge (minimaler Stationsabstand)	0,5 m	2,5 m
Maximale Segmentlänge	185 m	500 m
Minimaler Biegeradius	5 cm	25 cm
Maximale Dämpfung pro Segment	8,5 dB	8,5 dB
Maximale Übertragungsverzögerung pro Segment	950 ns	2165 ns

## 3.2.3.1 Ethernet-Varianten für 10 Mbit/s (26)

### □ Designregeln für 10BaseT/FB/FL und FOIRL

#### 10Base-T Parameter

	Grenzwerte
Maximale Segmentlänge	100 m
Maximale Dämpfung (10 MHz)	< 11,5 dB
Störspannung (40 Hz – 150 Hz)	< 50 mV
Störspannung (150 Hz – 16 MHz)	< 50 mV
Störspannung (16 MHz – 100 MHz)	< 300 mV
Maximale Übertragungsverzögerung pro Segment	1000 ns

	Maximale Segmentlänge	Maximale Dämpfung	Ausbreitungsgeschwind.	Maximale Übertragungsver.
FOIRL	1 km	9 dB	0,66 c	5000 ns
10Base-FB	2 km	12,5 dB	0,66 c	1000 ns
10Base-FL	2 km	12,5 dB	0,66 c	1000 ns

#### Max.-Konfiguration:

max. Weg zwischen 2 Stationen □ 5 Segmente mit 4 Repeater

Von den 5 Segmenten können maximal 3 Koax-Segmente sein, die anderen sind dann Linksegmente (auf Basis von FOIRL) □ max Weg 2500 m, min. Weg 2,5 m

Konfliktparameter K ist gleich 0.21

## 3.2.3.2 Ethernet-Varianten für 100 Mbit/s (IEEE 802.3n) (1)

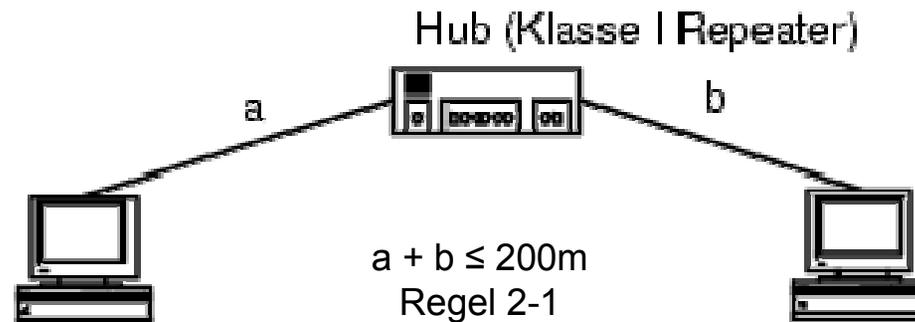
---

- ❑ **Ausbreitungsgeschwindigkeit in 10BaseT und 100BaseT gleich**
  - Weil höhere Rate, folgt aus Kollisionsparameter kleinere Entfernung
  - Entscheidung: CSMA/CD unverändert, Frame unverändert
- ❑ **Übertragungsmedien**
  - 4 Paar UTP, 100BaseT,
  - 2 Paar UTP/STP: 100Base TX,
  - Glasfaser: 100BaseFX
- ❑ **100BaseT-LANs: Topologie nur Stern**
  - 100BaseT4: 4 Adernpaare UTP mindestens der Kategorie 3 mit 8B/6T-Codierung
  - 100BaseTX: 2 Adernpaare UTP bzw. STP der Kategorie 5; zur Übertragung werden 2 Adernpaare benötigt, 4B/5B-Codierung
  - 100BaseFX: Gradientenfaser 62.5/125 Mikrometer
- ❑ **Klasse I-Repeater (Hub): unterstützen unterschiedliche Übertragungsmedien**
- ❑ **Klasse II-Repeater: unterstützen nur das gleiche Übertragungsmedium**

## 3.2.3.2 Ethernet-Varianten für 100 Mbit/s (IEEE 802.3n) (2)

### □ Repeater-Regeln

- Klasse-I Repeater (Hub)



- Regel 2-1

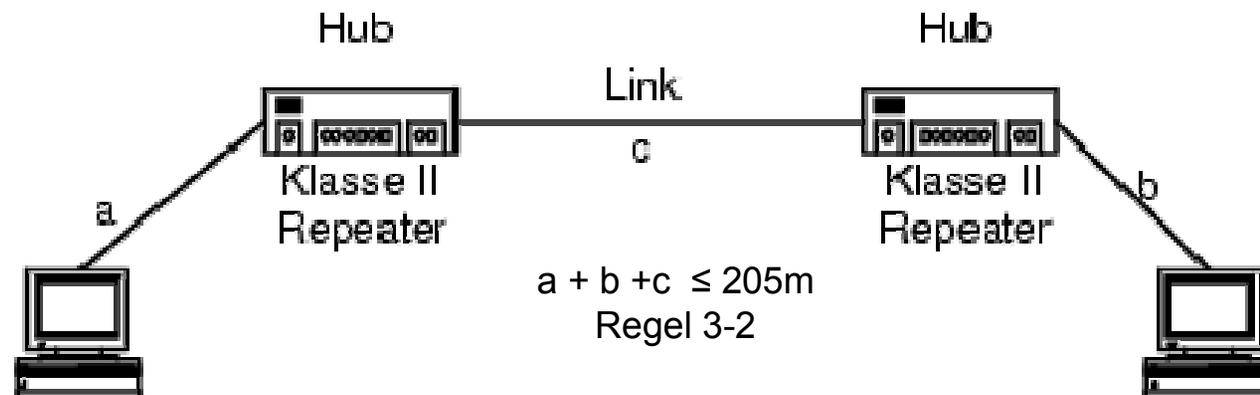
- Ein Pfad zwischen 2 DTEs darf sich maximal aus 2 Linksegmenten und einem Klasse-I Repeater zusammensetzen. Kollisionsdomäne besteht hier aus einem Hub

## 3.2.3.2 Ethernet-Varianten für 100 Mbit/s (IEEE 802.3n) (3)

### □ Repeater-Regeln

- Regel 3-2:

- Ein Pfad darf maximal aus 3 Linksegmenten und 2 Klasse-II-Repeatern bestehen
- Kollisionsdomäne darf maximal aus 2 Klasse-II-Repeatern bestehen



- Mehrere Kollisionsdomänen können über Fast Ethernet Switches zu einem größeren Fast Ethernet LAN verbunden werden
- Viele Interface-Karten verfügen heute über Autonegotiation 10/100 Mbps, dadurch leichte Migration

## 3.2.3.2 Ethernet-Varianten für 100 Mbit/s (IEEE 802.3n) (4)

### □ Kopplung von 100BaseT-Stationen

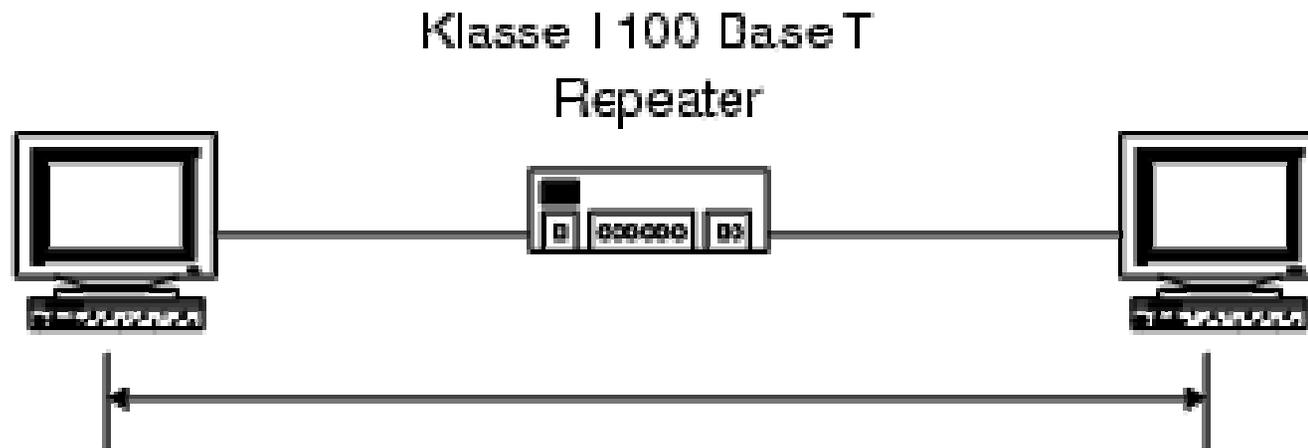
- Direkte Kopplung von 100BaseT-Stationen
  - Stationen arbeiten im Full-Duplex-Betrieb
  - Maximale Entfernung zwischen zwei Stationen:
    - Twisted Pair: 100 m
    - Glasfaser: 400 m



## 3.2.3.2 Ethernet-Varianten für 100 Mbit/s (IEEE 802.3n) (5)

### □ Kopplung mit Klasse-I Repeater

- Verwendung unterschiedlicher Medien zwischen Hub und Stationen
- Maximale Entfernung zwischen zwei Stationen:
  - Twisted Pair: 200 m
  - Glasfaser: 240 m



- Ein Repeater ist eine aktive Komponente, die Regenerierungsfunktionen in Ethernet-LANs übernimmt und auf der Bitübertragungsschicht arbeitet
- Repeater regeneriert den Signalverlauf sowie Pegel und Takt

## 3.2.3.2 Ethernet-Varianten für 100 Mbit/s (IEEE 802.3n) (6)

---

### □ Kopplung mit Klasse-II Repeater

- Maximale Entfernung zwischen zwei Stationen mit einem Klasse II Repeater:
  - Twisted Pair: 200 m
  - Glasfaser: 318 m
- Maximale Entfernung zwischen zwei Stationen mit zwei Klasse II Repeater:
  - Twisted Pair: 205 m
  - Glasfaser: 226 m

## 3.2.3.2 Ethernet-Varianten für 100 Mbit/s (IEEE 802.3n) (7)

---

### □ Verzögerungskomponenten in 100BaseT

Netztopologie	Verzögerung in Bit-Zeiten/Meter	Max Verzögerungszeit in Bit-Zeiten
Zwei Netzknoten	-	100
UTP Cat 3	0,57	114
UTP Cat 4	0,57	114
UTP Cat 5	0,556	111,2
STP	0,556	111,2
Glasfaser	0,501	408
Klasse-1-Repeater	-	168
Klasse-2-Repeater	-	92

## 3.2.3.2 Ethernet-Varianten für 100 Mbit/s (IEEE 802.3n) (8)

---

### □ Autonegotiation-Protokoll

- Die 100BaseT-Komponenten sind in der Lage, vor der ersten Übertragung die Übertragungsmethode zu vereinbaren
  - Mit dem Autonegotiation-Verfahren, früher als NWay bezeichnet, können Repeater oder Endgeräte feststellen, über welche Funktionalität die Gegenseite verfügt, so dass ein automatisches Konfigurieren unterschiedlicher Geräte möglich ist
  - Varianten: 10/100 Mbps, vollduplex / halbduplex
- Hierarchie für die Aushandlung
  - 100BaseTX Fullduplex
  - 100BaseT4
  - 100BaseTX
  - 100Base T Fullduplex
  - 10BaseT Halbduplex

T, TX und T4 unterscheiden sich in der Codierung; T verwendet Manchester Codierung, während T4 den Code 8B/6T und TX den Code 4B/5B verwendet

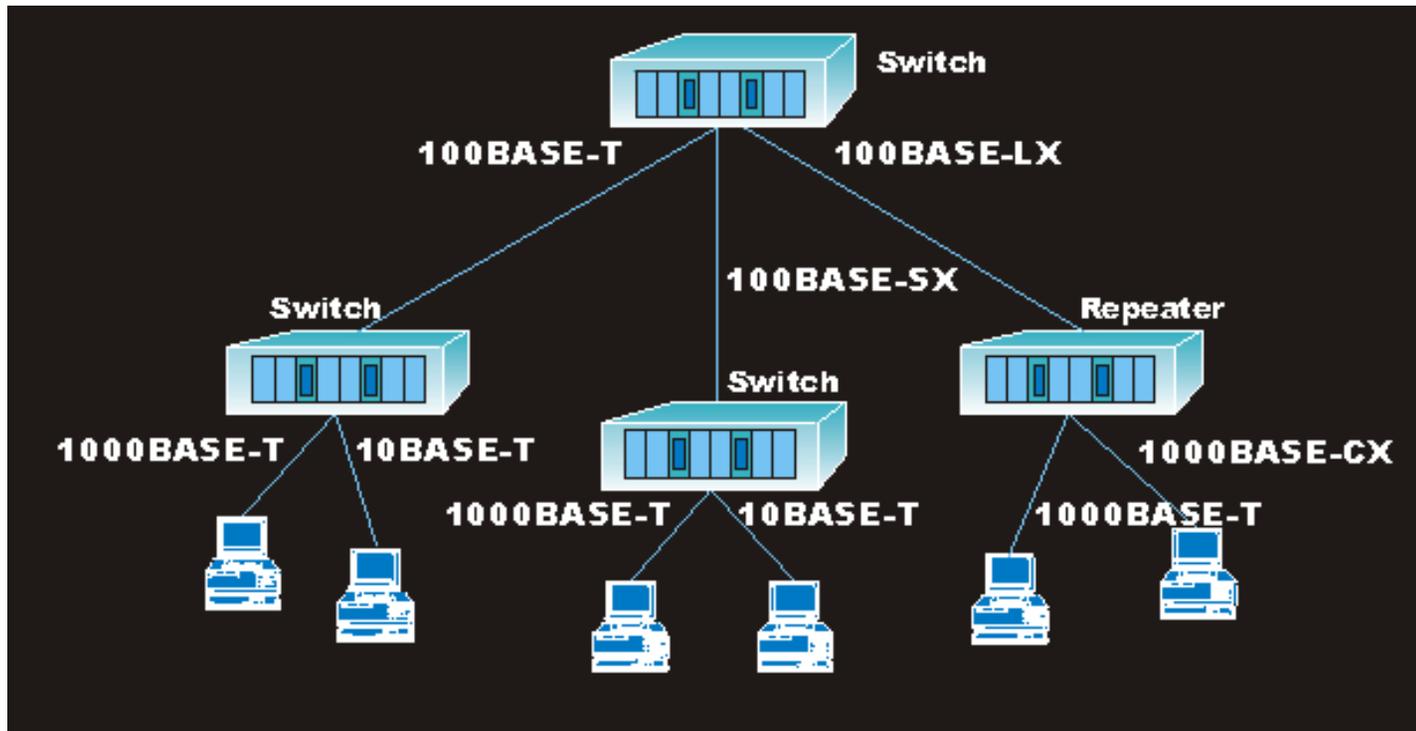
### 3.2.3.3 Ethernet-Varianten für Gigabit-Ethernet (IEEE 802.3z) (1)

---

- ❑ **Standard für Ethernet Verfahren mit 1000 Mb/s; verabschiedet im Jahre 1998**
  - **Evolution von Standard Ethernet mit 10 Mb/s zu einem Hochgeschwindigkeitsnetz**
  - **Migration von Standard-Ethernet mit Übergang**
    - **Vom gemeinsamen Koaxialkabel zum dedizierten Übertragungsmedium (optisch oder Twisted Pair)**
    - **Von gemeinsamer Bandbreite zur dedizierten Übertragungs-Bandbreite**
    - **Von Halbduplex zu Vollduplex**
- ❑ **Übertragungsrage von 1 Gbit/s u.a. interessant für LAN-Backbones**

## 3.2.3.3 Ethernet-Varianten für Gigabit-Ethernet (IEEE 802.3z) (2)

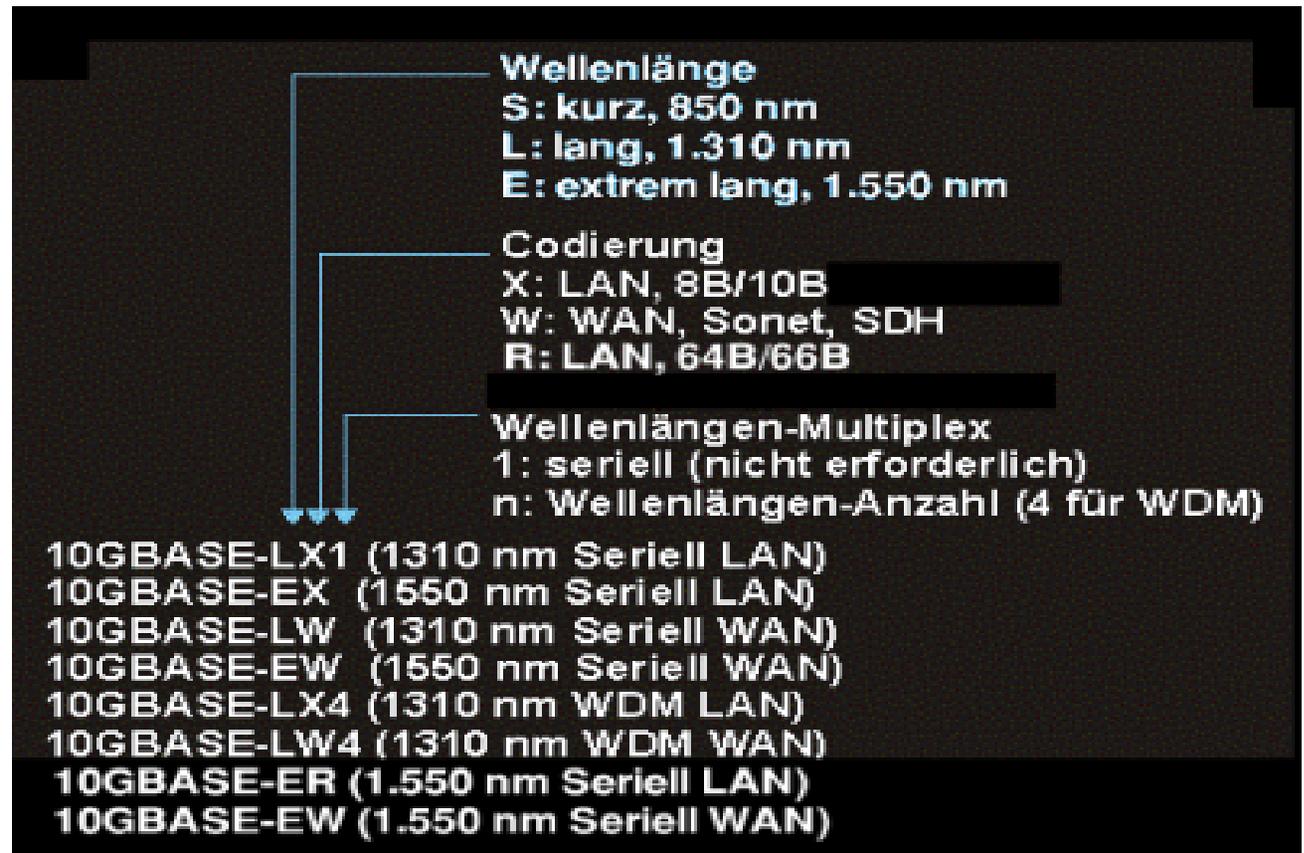
### □ Konfiguration



### 3.2.3.3 Ethernet-Varianten für Gigabit-Ethernet (IEEE 802.3z) (3)

- Der Normentwurf für die Gigabit-Ethernet-Architektur definiert einerseits Änderungen am existierenden CSMA/CD-Verfahren, andererseits umfasst der Basisstandard neben dem MAC-Layer vier unterschiedliche physikalische Technologien:

- 1000Base-LX
- 1000Base-SX
- 1000Base-CX
- 1000Base-T



### 3.2.3.3 Ethernet-Varianten für Gigabit-Ethernet (IEEE 802.3z) (4)

- ❑ Gigabit-Ethernet bietet sowohl einen Vollduplexmodus für Punkt-zu-Punkt-Verbindungen als auch einen Halbduplexmodus
- ❑ Der Vollduplexmodus wird mittels Monomodefasern oder Fiber-Channel mit Multimodefasern realisiert, wobei Entfernungen von 200 m bis 2 km überbrückt werden können
- ❑ Bei Halbduplex-Betrieb wird als Basistechnologie mit Fiber-Channel gearbeitet



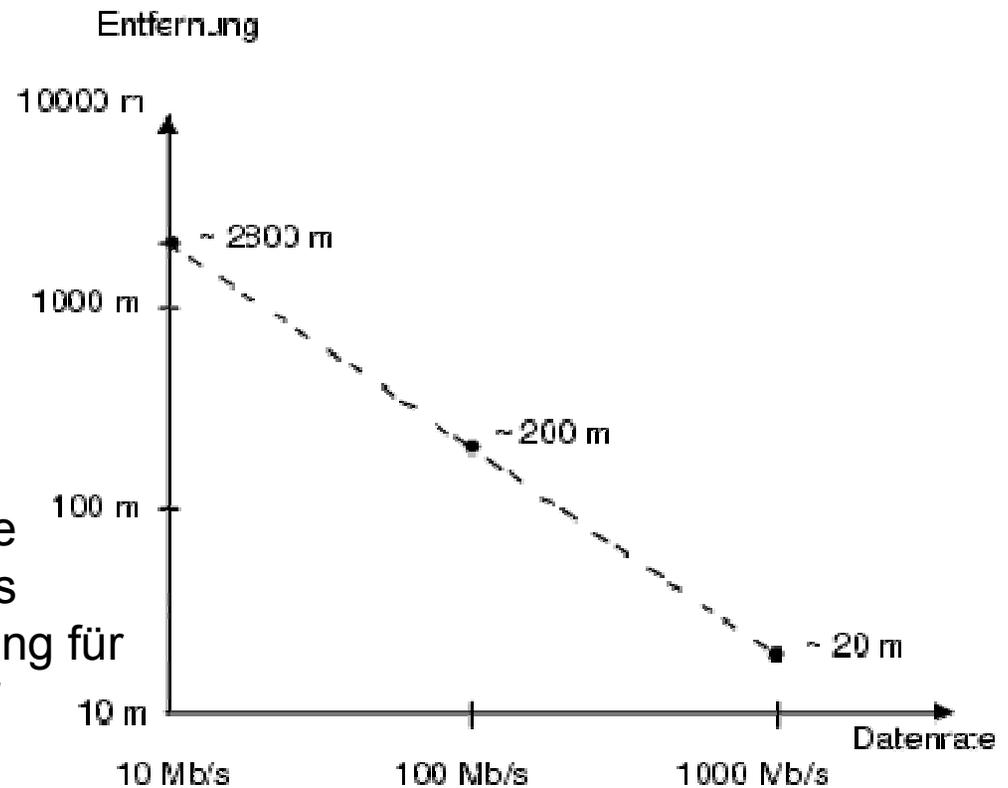
### 3.2.3.3 Ethernet-Varianten für Gigabit-Ethernet (IEEE 802.3z) (5)

#### □ Halbduplex MAC-Verfahren

- Bei Halbduplex steht Empfangsleitung während des Sendens für Kollisionserkennung zur Verfügung.
  - CSMA/CD erfordert eine minimale Framelänge (512 bits), damit Kollisionen auch bei maximaler LAN-Ausdehnung erkannt werden können

#### ● Netzausdehnung

- Erhöhung der Datenrate führt zu einer Reduzierung der Netzausdehnung, falls minimale Framelänge beibehalten werden soll
- unveränderte Übernahme des CSMA/CD-Standards würde die Netzausdehnung für Datenrate 1000 Mb/s auf ca. 20 m reduzieren

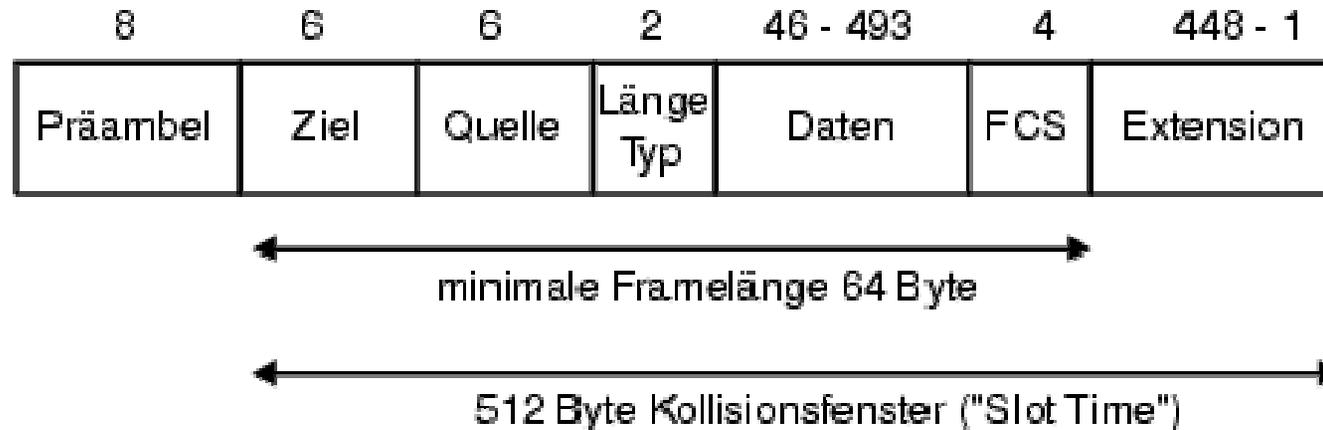


### 3.2.3.3 Ethernet-Varianten für Gigabit-Ethernet (IEEE 802.3z) (6)

#### □ Halbduplex MAC-Verfahren

##### ● Carrier-Extension

- Modifikation des CSMA/CD-Verfahrens durch Erhöhung der Minimallänge bei der *Übertragung* ; die Maximallänge der Frames bleibt unverändert
- Falls Frame zwischen 64-511 Bytes lang, werden am Ende zusätzlich 448-1 Byte angehängt



## 3.2.3.3 Ethernet-Varianten für Gigabit-Ethernet (IEEE 802.3z) (7)

---

### □ Halbduplex MAC-Verfahren

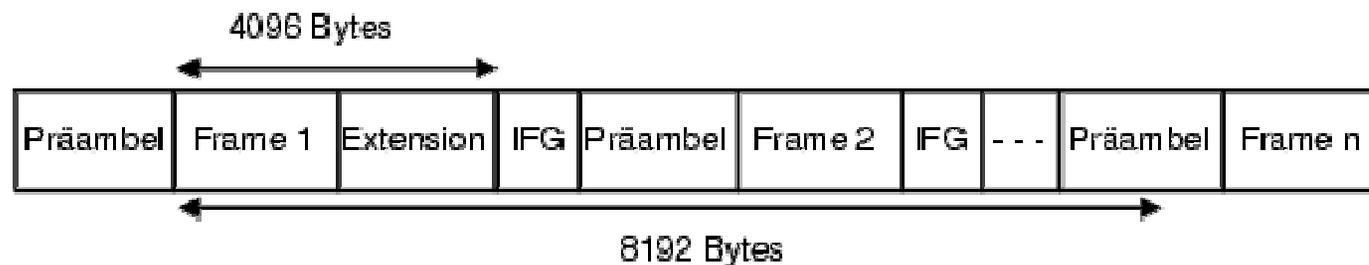
- Carrier-Extension
  - Extension beinhaltet Symbole, die von der Bitübertragungsschicht festgelegt werden; sie werden von empfangender Station nicht interpretiert
- Falls Frame  $\geq 512$  Byte, keine Änderung
- Damit wird Kollisionsfenster auf 4096 bits erweitert; Ausdehnung des Netzes um das 8-fache
- Das Extension-Feld wird vom FCS nicht berücksichtigt

### 3.2.3.3 Ethernet-Varianten für Gigabit-Ethernet (IEEE 802.3z) (8)

#### □ Halbduplex MAC-Verfahren

##### ● Frame Bursting

- Eine Station kann mehrere Frames zusammenfassen und in einem Schwung senden



- Bis zum Start des letzten zu übertragenden Frames sind maximal 8192 Bytes vergangen (einschließlich InterFrame Gap IFG)

### 3.2.3.3 Ethernet-Varianten für Gigabit-Ethernet (IEEE 802.3z) (9)

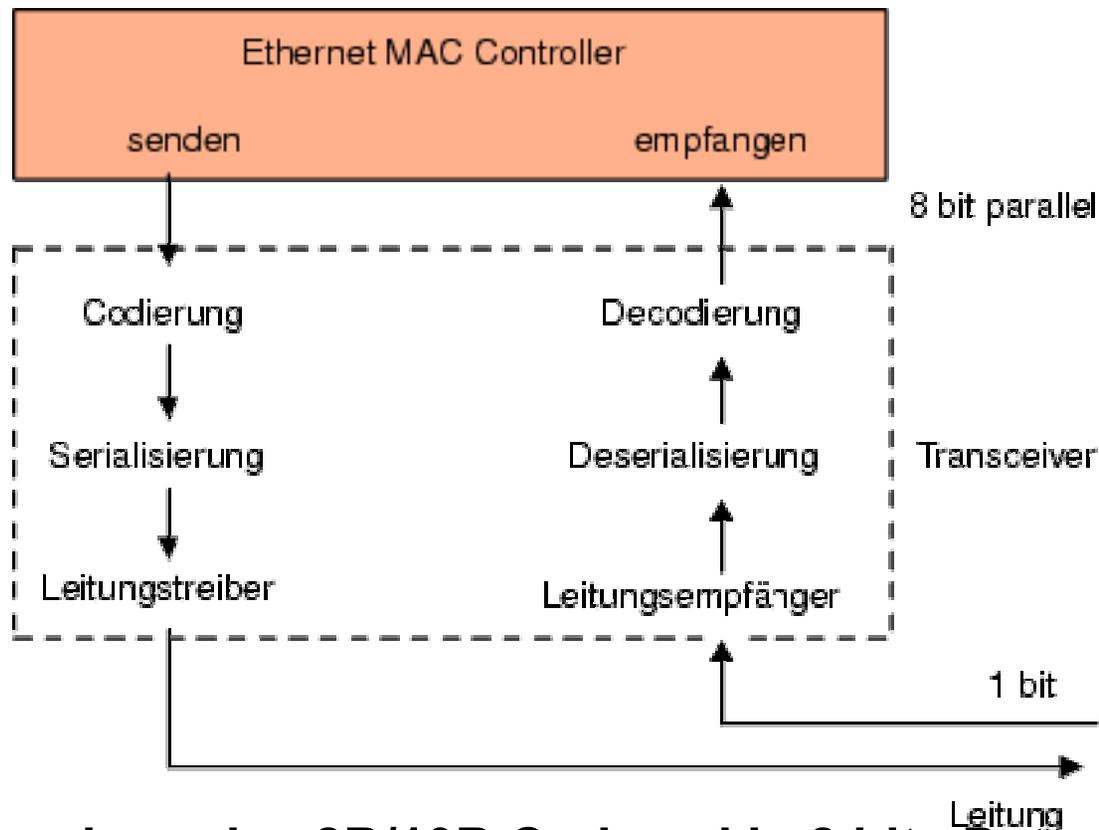
---

#### □ Vollduplex-MAC-Verfahren

- Weil kein MA, deshalb auch kein Konflikt möglich, also kein CS oder CD
  - Konfliktauflösung verlagert sich in Hub
  - Simultanes Senden und Empfangen von Frames
  - im Vollduplex-Betrieb gibt es kein Kollisionsfenster, Extension-Feld, Backoff-Algorithmus
  - maximale Framelänge (1518 Bytes) und IFG bleiben unverändert
- Flusskontrolle
  - Bei Halbduplex liegt *implizite* Flusssteuerung durch Kollision und Backoff vor; bei Vollduplex, d.h. Baumstruktur, entweder Back Pressure oder explizite Flusssteuerung
    - Pufferüberlauf bei der empfangenden Station oder beim Switch
      - Senden des MAC-Kontrollframes Pause an Sender von Frames
      - Sender unterbricht Übertragung von Frames nach Beendigung des aktuellen Frames
    - Beendigung der Pufferprobleme
      - Senden eines Cancel-Pause Kontrollframes

### 3.2.3.3 Ethernet-Varianten für Gigabit-Ethernet (IEEE 802.3z) (10)

#### □ Bitübertragungsschicht



- Verwendung des 8B/10B Codes, d.h. 8 bits Daten werden für Übertragung auf 10 bit abgebildet; Anstelle von Manchester Codierung verwendet Gigabit Ethernet NRZ Übertragungscodierung

### 3.2.3.3 Ethernet-Varianten für Gigabit-Ethernet (IEEE 802.3z) (11)

---

#### □ 1000Base-SX

- Diese Gigabit-Ethernet-Variante arbeitet mit einem Laser mit kurzer Wellenlänge, deswegen auch der Buchstabe S, der für Short Wavelength steht
- Mit der 850-nm-Quelle werden je nach Glasfaserdurchmesser der Multimodefasern in der Praxis Entfernungen von 270 m (62,5  $\mu\text{m}$ ) bzw. 550 m (50  $\mu\text{m}$ ) erreicht
- Bei diesen Entfernungen ist zu berücksichtigen, dass es sich um eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung im Full-Duplex handelt, also ohne CSMA/CD
- Die Baudrate ist wie bei der 1000LX-Version 1,25 Gbaud
- Dämpfungsbudget beträgt 7,0 dB
- 1000Base-SX verwendet als Stecker den Duplex-SC-Stecker

### 3.2.3.3 Ethernet-Varianten für Gigabit-Ethernet (IEEE 802.3z) (12)

---

#### □ 1000Base-LX

- 1000Base-LX ist eine Variante von Gigabit-Ethernet, die mit Glasfaser arbeitet. Dabei steht der Buchstabe L für Long Wavelength.
- Bei dieser Variante kommt ein Laser mit einer Wellenlänge von 1300 nm, spezifiziert sind 1270 nm bis 1355 nm, zum Einsatz.
- 1000Base-LX kann mit Multimodefasern und mit Monomodefasern arbeiten
  - Die Reichweiten unterscheiden sich dabei allerdings beträchtlich: Mit Multimodefasern von 62,5  $\mu\text{m}$  und 50  $\mu\text{m}$  wird eine Entfernung von 550 m überbrückt und mit einer Monomodefaser 3 km.
- Dabei ist zu berücksichtigen, dass es sich um Punkt-zu-Punkt-Verbindungen in Full-Duplex handelt, also ohne CSMA/CD

### 3.2.3.3 Ethernet-Varianten für Gigabit-Ethernet (IEEE 802.3z) (13)

---

#### □ 1000Base-CX

- Die CX-Variante ist für Gigabit-Ethernet über STP-Kabel mit 150 Ohm standardisiert
- Die 1000Base-CX-Variante eignet sich für Endgeräte-Anschlüsse mit einer Entfernung von 25 Meter über STP-Kabel

#### □ 1000Base-T

- Die Arbeitsgruppe IEEE 802.3ab 1000Base-T beschäftigt sich mit der Standardisierung der Gigabit-Ethernet-Technologie über Kabel der Kategorie 5 für die Arbeitsplatzverkabelung mit bis zu 100 m Länge
- Der Basisstandard dieser Technologie umfasst den MAC-Layer, der bis auf die höhere Geschwindigkeit gegenüber dem klassischen 10-Mbit/s-Ethernet und dem Fast-Ethernet unverändert bleibt
- Die Basisprinzipien von 1000Base-T wurden der 100Base-T2-Technik entnommen; das bedeutet, dass man mit vier Adernpaaren arbeitet. Um 1 Gbit/s vollduplex übertragen zu können, muss jedes Adernpaar in jede Richtung 250 Mbit/s übertragen
- Die Übertragung auf den Leiterpaaren erfolgt mittels einer fünfstufigen Pulsamplitudenmodulation (PAM5).

## 3.2.3.4 Ethernet-Varianten für 10-Gigabit-Ethernet (IEEE 802.3ae)

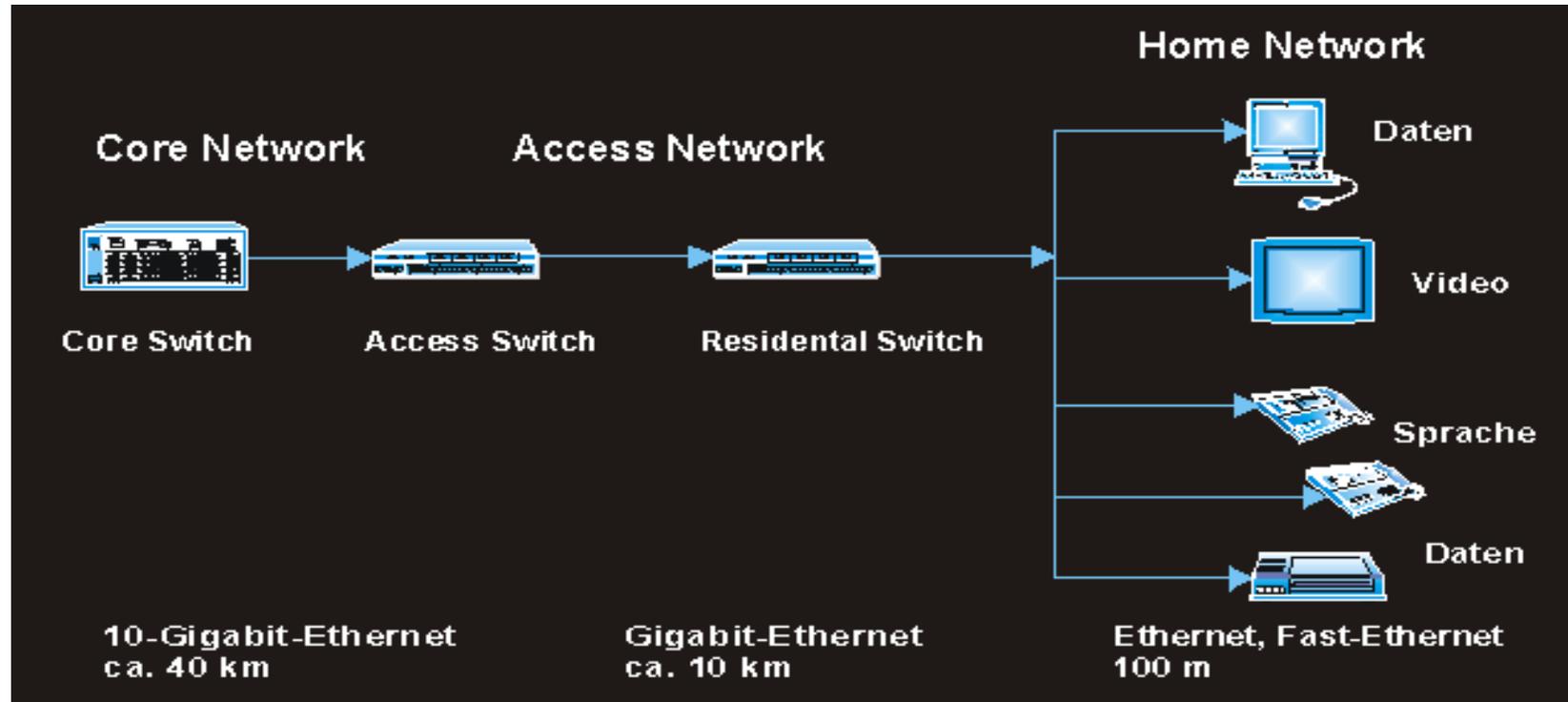
---

### □ Eigenschaften

- Beibehaltung des 802.3- und Ethernet-Frame-Formats und der bestehenden minimalen und maximalen Frame-Länge
- Die Einhaltung der IEEE 802 Functional Requirements mit Ausnahme des Hamming-Abstandes
- Die Unterstützung von Sternstrukturen mit Punkt-zu-Punkt-Verbindungen und lediglich ein Vollduplex-Modus nach IEEE 802.3x
- Der im 10-Gigabit-Ethernet benutzte Vollduplex-Modus bedeutet den Abschied vom CSMA/CD-Zugangsverfahren und damit vom klassischen Ethernet
- Gigabit-Ethernet war also die letzte Ethernet-Technologie, auch wenn 10-Gigabit-Ethernet noch diesen Namen trägt

## 3.2.3.4 Ethernet-Varianten für 10-Gigabit-Ethernet (IEEE 802.3ae)

### □ Punkt-zu-Punkt-Verbindung mit 10-Gigabit-Ethernet



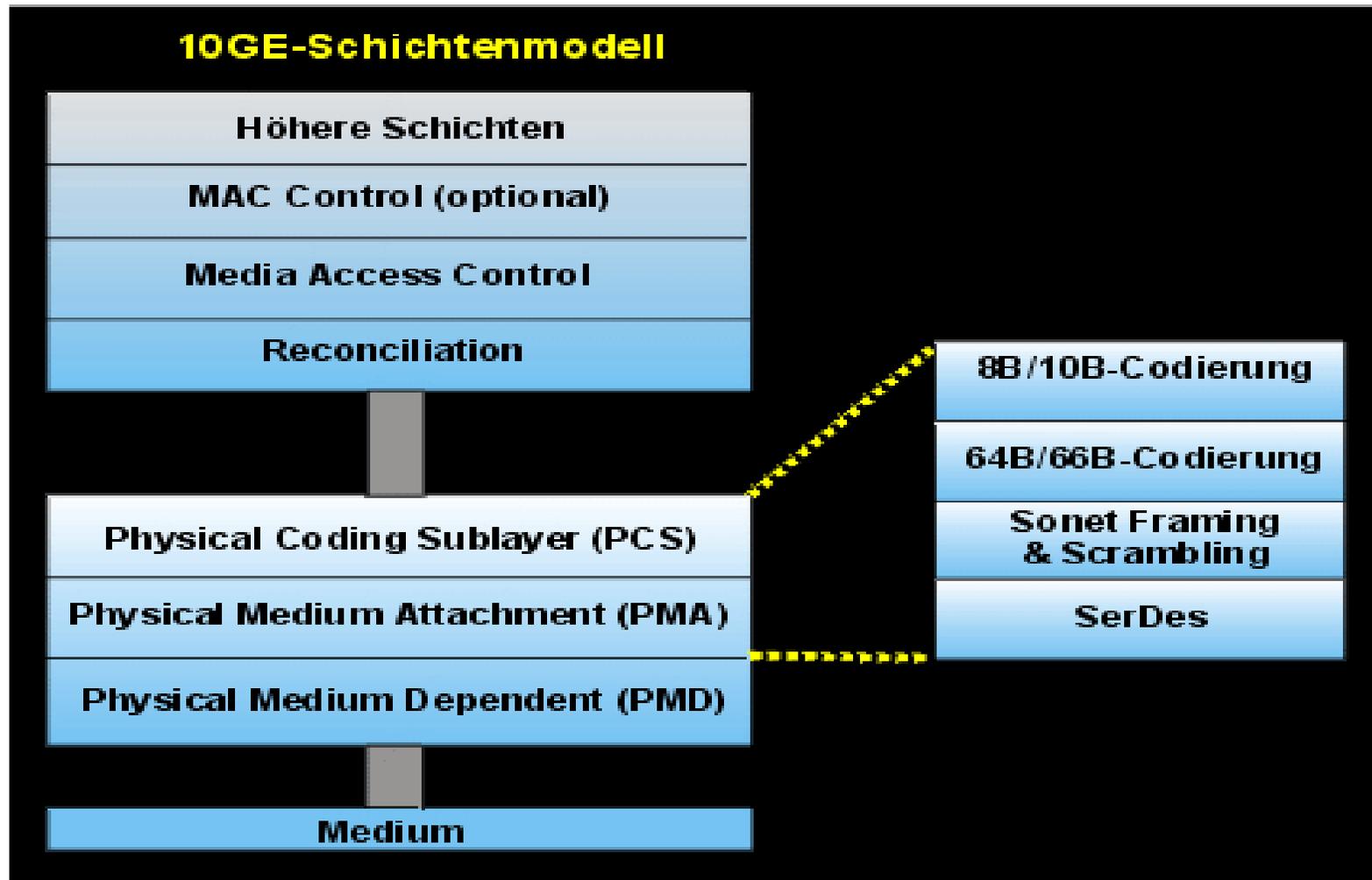
## 3.2.3.4 Ethernet-Varianten für 10-Gigabit-Ethernet (IEEE 802.3ae)

---

- ❑ **10-Gigabit Medium Independent Interface (XGMII)**
  - XGMII ist das Interface zwischen dem MAC-Layer und dem Physical Layer bei 10-Gigabit-Ethernet
  - XGMII kann eine maximale physische Länge von nur 7 cm überbrücken. Eine Verlängerung erfolgt über das XAUI (10 Gigabit attachment unit interface)
- ❑ **10-Gigabit Schichtenmodell**
  - Für das Schichtenmodell von 10GE wurden im Unterschied zu Gigabit-Ethernet einige neue Schichten und Schnittstellen definiert

## 3.2.3.4 Ethernet-Varianten für 10-Gigabit-Ethernet (IEEE 802.3ae)

### □ 10-GE-Schichtenmodell



## 3.2.3.4 Ethernet-Varianten für 10-Gigabit-Ethernet (IEEE 802.3ae)

---

### □ 10-GE-Schichtenmodell

- Als Schnittstelle zwischen dem MAC-Layer und Physical Coding Sublayer (PCS) oder XGMII Extender Sublayer (XGXS) dient XGMII
- Für die Codierung der Daten ist die PCS-Schicht zuständig
- Als Codierverfahren für WAN-Anwendungen wurde eine effiziente Block-Codierung ausgewählt, die 64B/66B-Codierung, die nur zwei zusätzliche Bits für einen 64-Bit-Datenblock benötigt
- Neben dieser neuen Codiertechnik kommt bei LAN-Anwendungen die 8B/10B-Codierung zur Anwendung

## 3.2.3.4 Ethernet-Varianten für 10-Gigabit-Ethernet (IEEE 802.3ae)

### □ 10-GE-Interfaces

Version	Klasse	Fenster	Codierung	Typ
10GBASE-SR	10GBASE-R	850 nm	64b/66b	seriell
10GBASE-SW	10GBASE-W	850 nm	64b/66b	SONET/SDH
10GBASE-LX4	10GBASE-X	1310 nm	8b/10b	DWDM
10GBASE-LW4	10GBASE-W	1310 nm	64b/66b	SONET/SDH
10GBASE-LR	10GBASE-R	1310 nm	64b/66b	seriell
10GBASE-LW	10GBASE-W	1310 nm	64b/66b	SONET/SDH
10GBASE-ER	10GBASE-R	1550 nm	64b/66b	seriell
10GBASE-EW	10GBASE-W	1550 nm	64b/66b	SONET/SDH

## 3.3 Drahtlose LANs

---

- ❑ 3.3.1 IEEE-Standard 802.11
  - Topologien
  - Schichten und Funktionen
  - Dienste
  - Roaming
  - IEEE-802.11-Standards
- ❑ 3.3.2 ETSI Hyperlan
- ❑ 3.3.3 Komponenten



## 3.3 Charakteristika drahtloser LANs

---

### □ Vorteile

- räumlich flexibel innerhalb eines Empfangsbereichs
- Ad-hoc-Netze ohne vorherige Planung machbar
- keine Verkabelungsprobleme (z.B. historische Gebäude, Feuerschutz, Ästhetik)
- unanfälliger gegenüber Katastrophen wie Erdbeben, Feuer - und auch unachtsamen Benutzern, die Stecker ziehen!

### □ Nachteile

- im Allgemeinen sehr niedrige Übertragungsraten im Vergleich zu Festnetzen (1-10 Mbit/s) bei größerer Nutzerzahl
- Proprietäre leistungsstärkere Lösungen, Standards wie IEEE 802.11 sind weniger leistungsfähig und brauchen ihre Zeit
- müssen viele nationale Restriktionen beachten, wenn sie mit Funk arbeiten, globale Regelungen werden erst langsam geschaffen (z.B. bietet Europa mehr Kanäle als die USA)

## 3.3 Entwurfsziele für drahtlose LANs

---

- Weltweite Funktion**
- Möglichst geringe Leistungsaufnahme wegen Batteriebetrieb**
- Betrieb ohne Sondergenehmigungen bzw. Lizenzen möglich**
- Robuste Übertragungstechnik**
- Vereinfachung der (spontanen) Zusammenarbeit bei Treffen**
- Einfache Handhabung und Verwaltung**
- Schutz bereits getätigter Investitionen im Festnetzbereich**
- Sicherheit hinsichtlich Abhören vertraulicher Daten und auch hinsichtlich der Emissionen**
- Transparenz hinsichtlich der Anwendungen und Protokolle höherer Schichten**

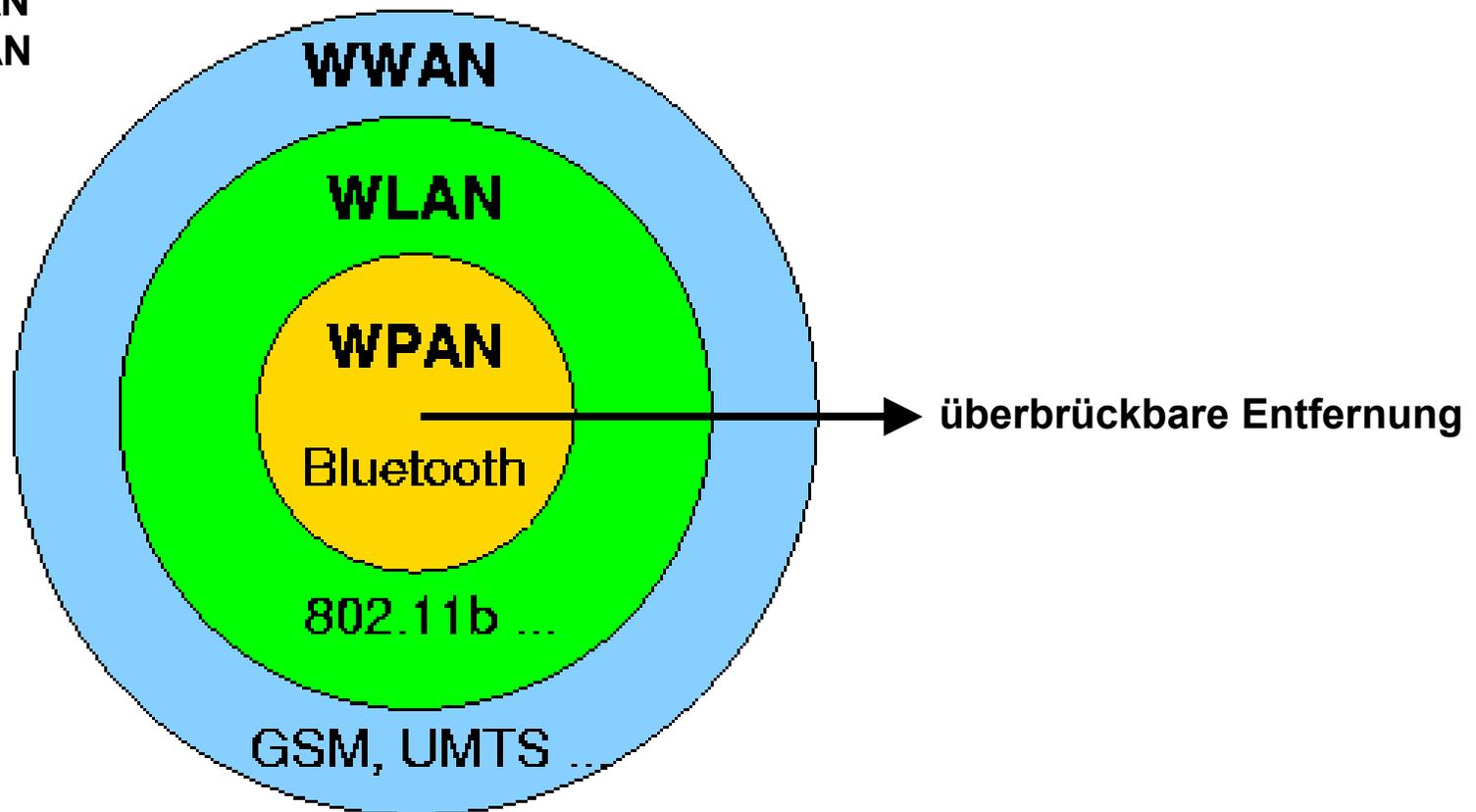
## 3.3 Drahtlose Netze im Vergleich

**WWAN:** Wireless WAN

**WLAN:** Wireless LAN

**WPAN:** Wireless PAN

**PAN:** Personal  
Area  
Network



## 3.3 Vergleich Infrarot-/Funktechniken

---

### ❑ Infrarot

- Einsatz von IR-Dioden, diffuses Licht, Reflektion von Wänden

### ❑ Vorteile

- sehr billig und einfach
- keine Lizenzen nötig
- einfache Abschirmung

### ❑ Nachteile

- Interferenzen durch Sonnenlicht, Wärmequellen etc.
- wird leicht abgeschattet
- niedrige Bandbreite

### ❑ Einsatz

- als IrDA (Infrared Data Association) -Schnittstelle in fast jedem Mobilrechner verfügbar

### ❑ Funktechnik

- heute meist Nutzung des 2,4 GHz lizenzfreien Bandes

### ❑ Vorteile

- Erfahrungen aus dem WAN und Telefonbereich können übertragen werden
- Abdeckung einer größeren Fläche mit Durchdringung von Wänden

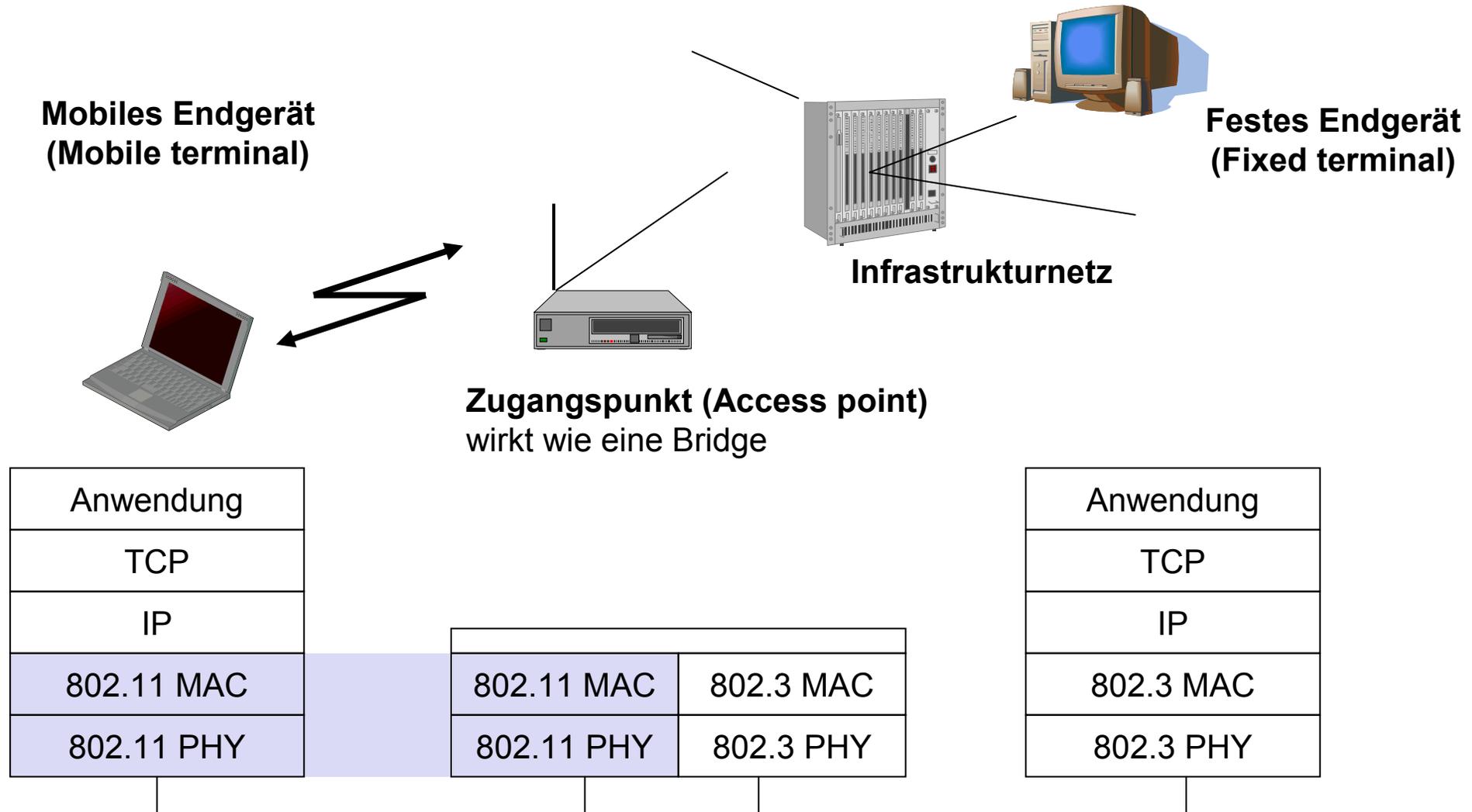
### ❑ Nachteile

- enger Frequenzbereich frei
- schwierigere Abschirmung, Interferenzen mit Elektrogeräten

### ❑ Einsatz

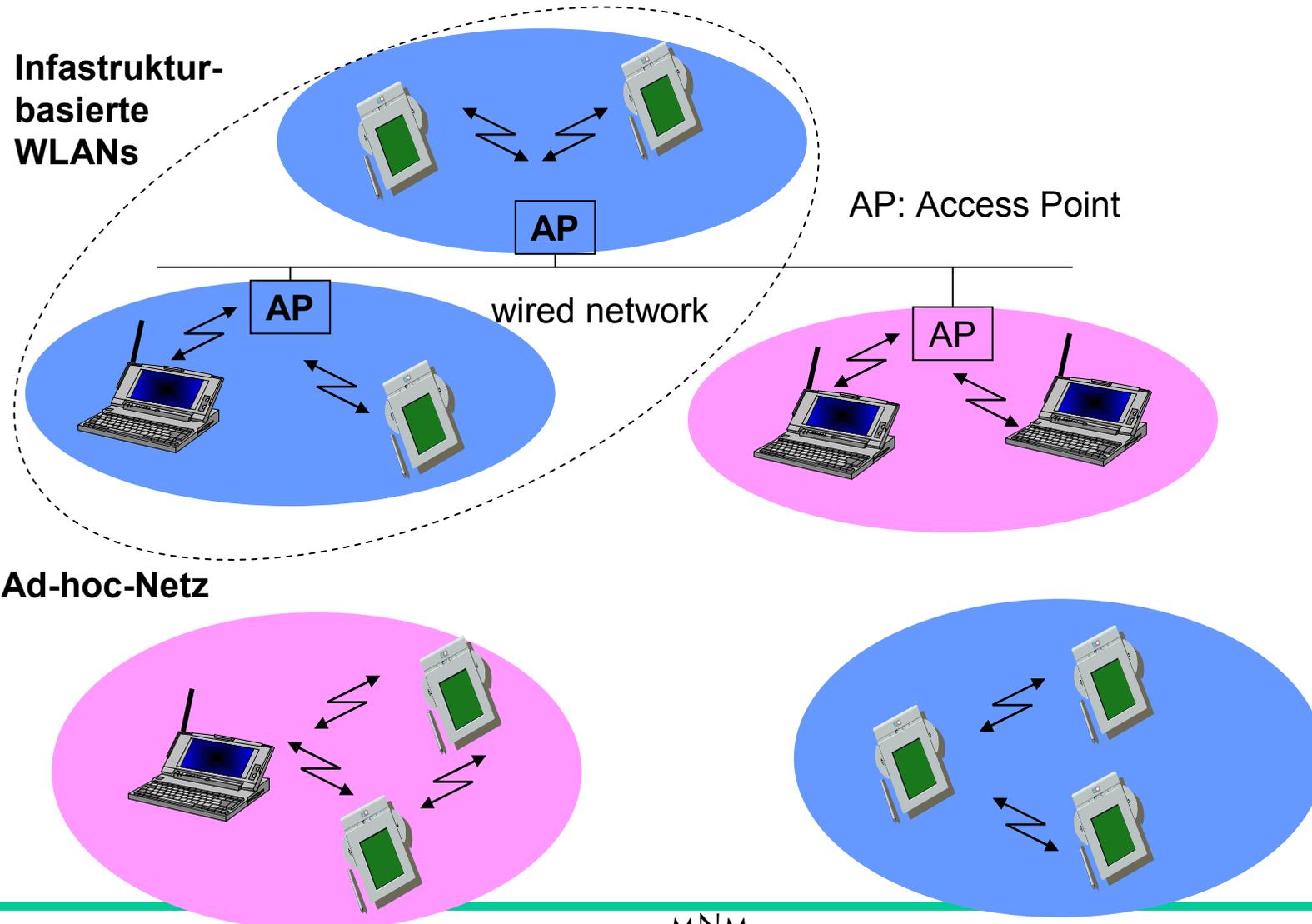
- vielfältige, separate Produkte

### 3.3.1 IEEE-Standard 802.11 (Basisversion)

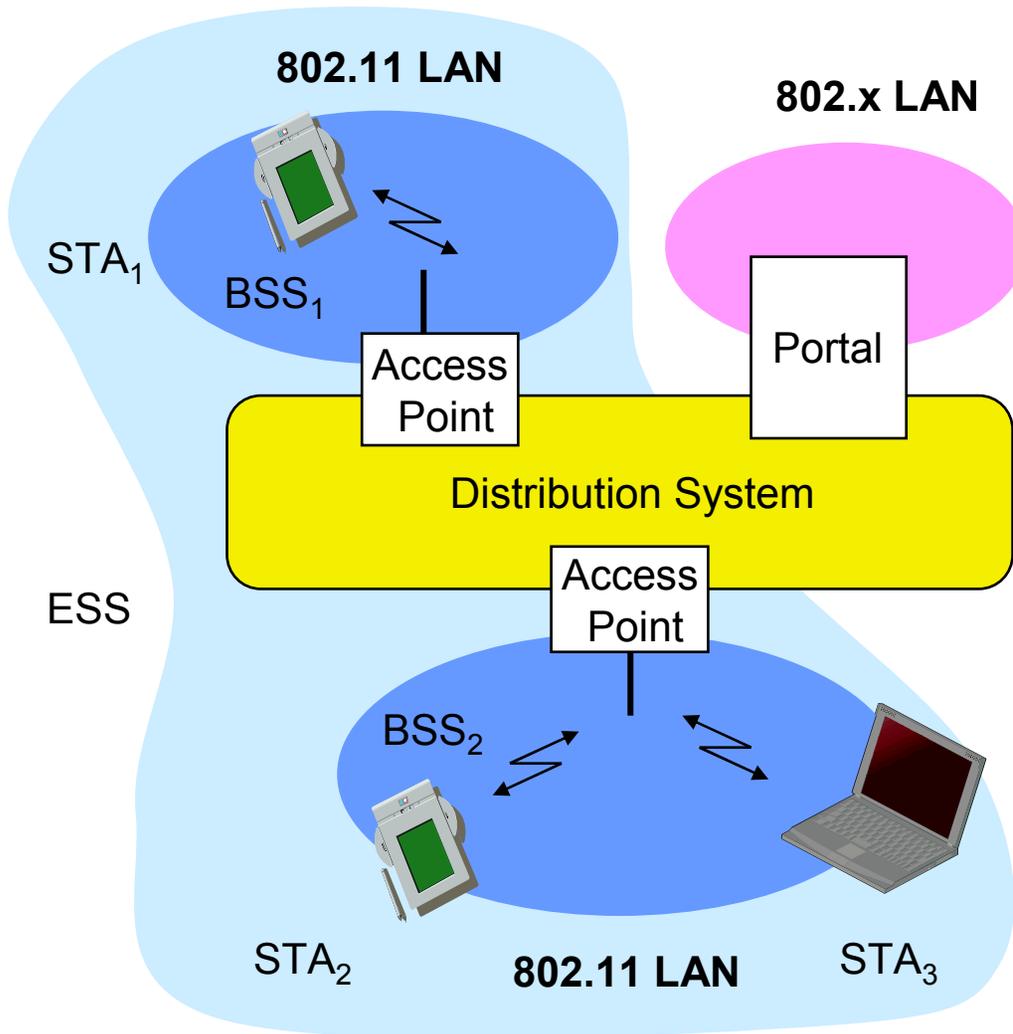


## 3.3.1.1 Topologien nach IEEE 802.11 (1)

### □ Infrastruktur-basierte WLANs vs. Ad-Hoc-Netze



## 3.3.1.1 Topologien nach IEEE 802.11 (2): Infrastrukturnetz



### Station (STA)

- Rechner mit Zugriffsfunktion auf das drahtlose Medium und Funkkontakt zum Access Point

### Basic Service Set (BSS)

- Gruppe von Stationen, die dieselbe Funkfrequenz nutzen

### Access Point

- Station, die sowohl in das Funk-LAN als auch das verbindende Festnetz (Distribution System) integriert ist

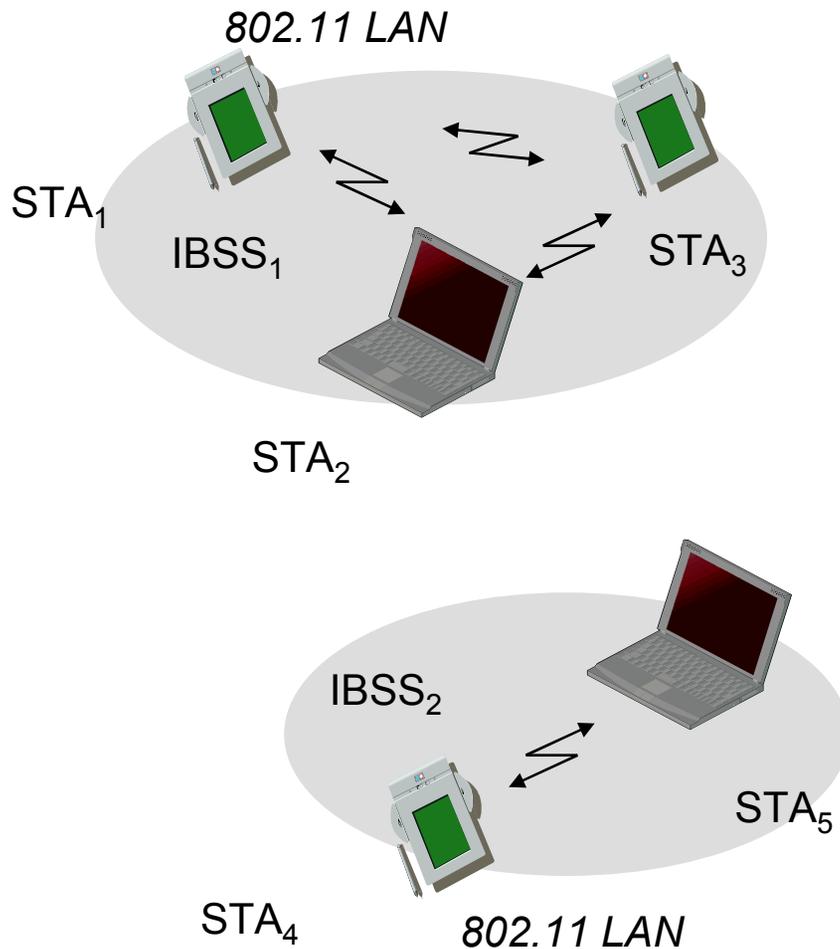
### Portal

- Übergang in ein anderes Festnetz

### Distribution System

- Verbindung verschiedener Zellen um ein Netz (ESS, Extended Service Set) zu bilden

## 3.3.1.1 Topologien nach IEEE 802.11 (3): Ad-hoc-Netz



### □ Direkte Kommunikation mit begrenzter Reichweite

- Station (STA):  
Rechner mit Zugriffsfunktion auf das drahtlose Medium
- Independent Basic Service Set (IBSS):  
Gruppe von Stationen, die dieselbe Funkfrequenz nutzen
- Netz besteht aus den Geräten selbst
- Punkt-zu-Punkt Verbindungen
- Geräte kommunizieren direkt miteinander
- geeignet für kleine Netze oder um 2 bestehende Netze miteinander zu verbinden
- Schwierigkeiten mit der Funknetzwerkarte
- Treiberprobleme bei verschiedenen Betriebssystemen

## 3.3.1.2 Schichten und Funktionen

### ❑ MAC

- Zugriffsmechanismus, Fragmentierung, Verschlüsselung

### ❑ MAC Management

- Synchronisierung, Roaming, MIB, Power

### ❑ PLCP

- Clear Channel Assessment Signal (Carrier Sense)

### ❑ PMD

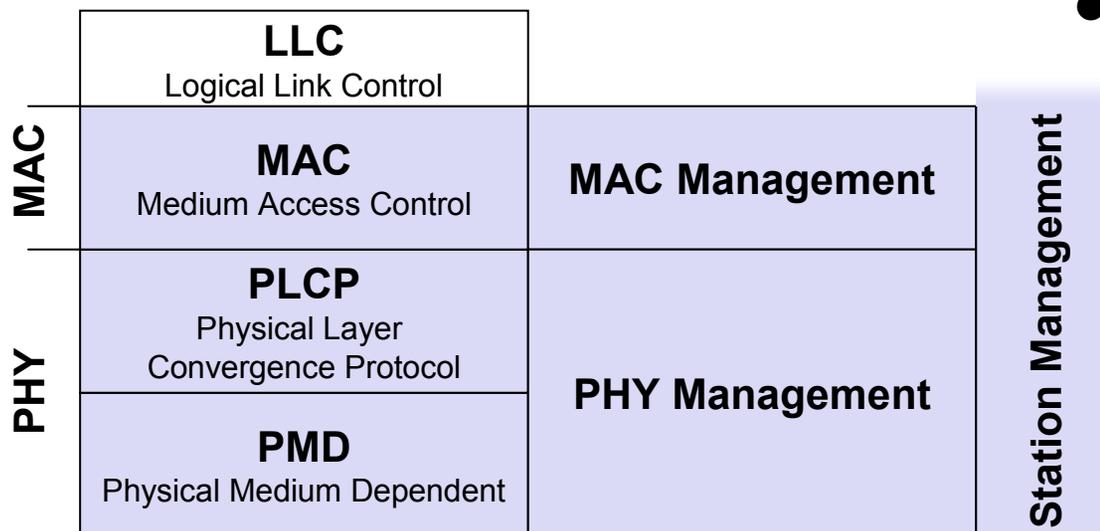
- Modulation, Codierung

### ❑ PHY Management

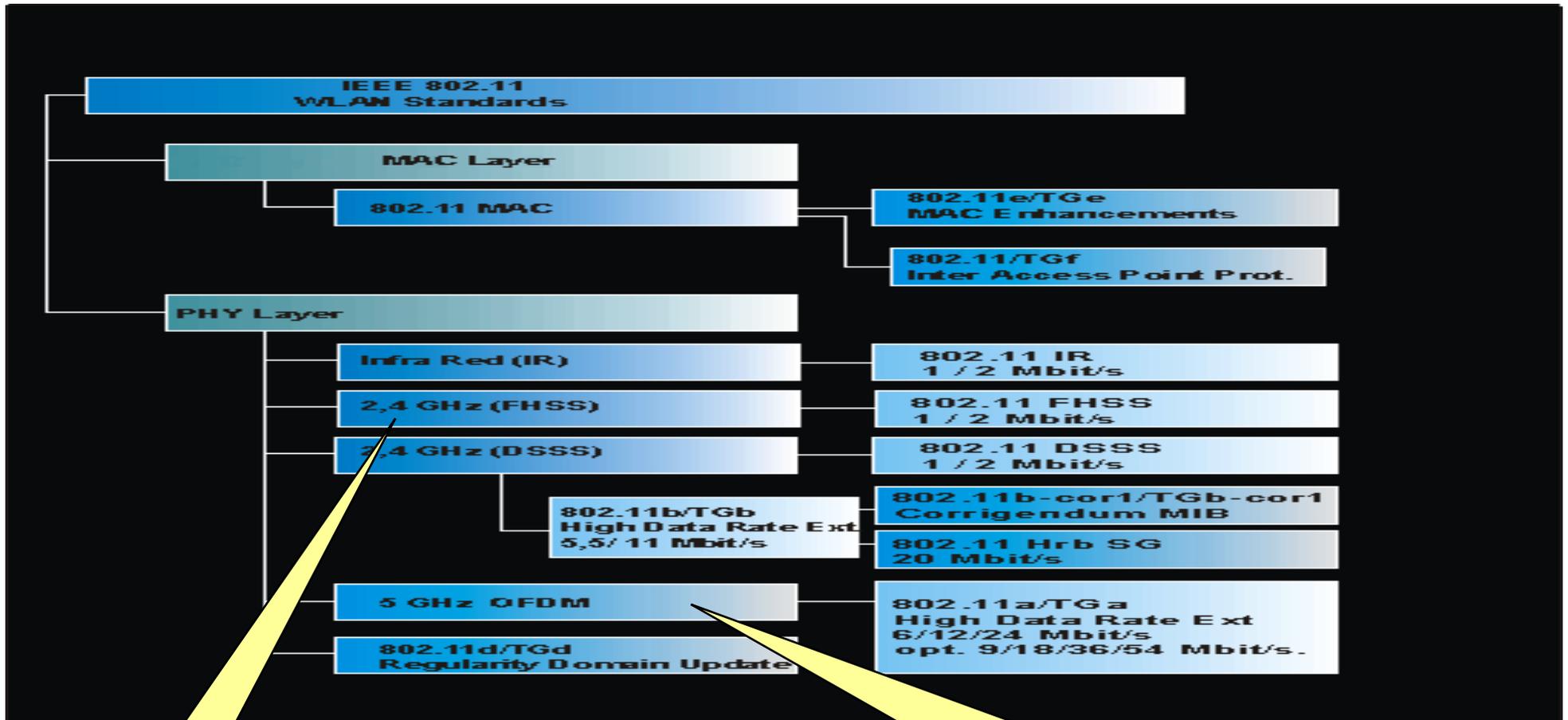
- Kanalwahl, MIB

### ❑ Station Management

- Koordination der Management-Funktionen



### 3.3.1.2 Mögliche Schichten innerhalb 802.11

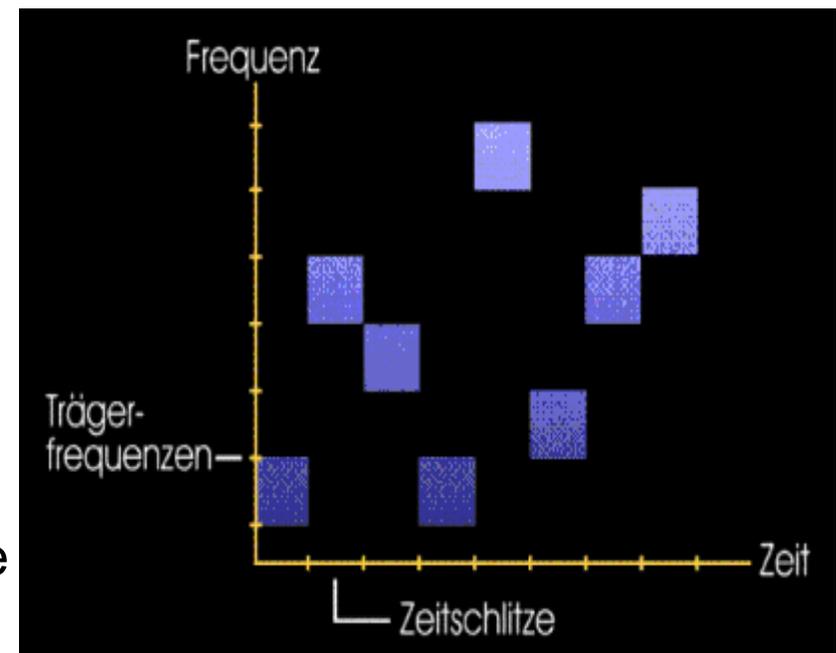


**FHSS,  
DSSS  
(1997)**

**OFDM, HR-DSSS  
(1999, um höhere Bandbreiten  
zu erzielen)**

## 3.3.1.2.1 Bitübertragungsschicht (1)

- ❑ **3 Varianten: 2 Funk (vornehmlich im 2,4 GHz-Band), 1 IR**
  - Datenrate 1 bzw. 2 Mbit/s
- ❑ **Funkvariante 1: FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)**
  - Verwendet 79 Kanäle, jeder Kanal ist 1 MHz breit, Nutzsignal wird auf eine sich sprunghaft ändernde Trägerfrequenz aufmoduliert
  - Ein Generator für Pseudozufallszahlen erzeugt die Folge der Frequenzen, auf die gewechselt wird
  - **Verweilzeit** (Dwell Time): Zeitspanne, in der eine Frequenz aktiv ist (muss unter 400 ms liegen)
  - Mindestmaß an Sicherheit; unempfindlich gegenüber Funkstörungen, geringe Bandbreite



## 3.3.1.2.1 Bitübertragungsschicht (2)

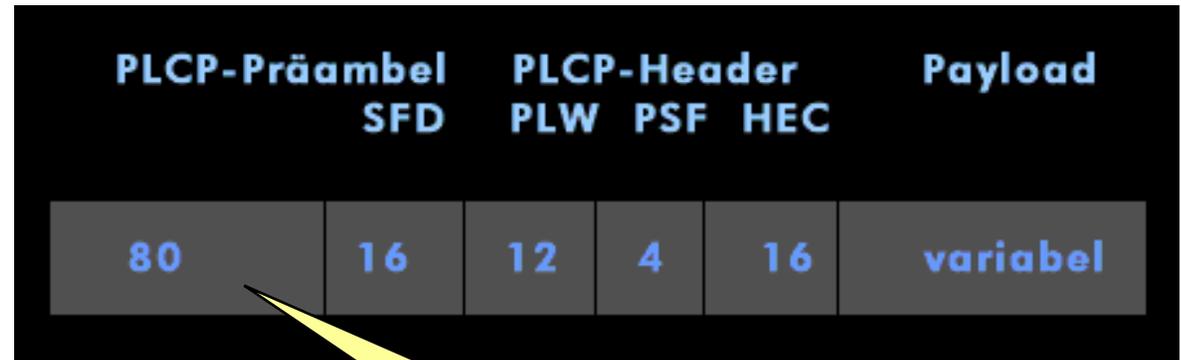
---

- Die Sprungfolge wird durch einen Pseudo-Zufallsgenerator bestimmt, wobei die minimale Sprungdistanz mindestens 6 Kanäle beträgt
- Für die Frequenzsprungtechnik sind darüber hinaus mindestens 20 Frequenzsprünge pro Sekunde vorgeschrieben
- Damit das Signal vom Empfänger erkannt werden kann, muss dem Empfänger die Reihenfolge des Frequenzwechsels im Voraus bekannt sein, was durch das Aushandeln der Frequenzfolge zwischen Sender und Empfänger erfolgt

## 3.3.1.2.1 FHSS Paketformat

### ❑ Synchronisation

- Synch. mit 010101... Muster



### ❑ SFD (Start Frame Delimiter)

- 0000110010111101 Startmuster

### ❑ PLW (PLCP\_PDU Length Word)

- Länge der Nutzdaten inkl. 32 bit CRC der Nutzdaten,  $PLW < 4096$

### ❑ PSF (PLCP Signaling Field)

- Art der Nutzdaten (1 or 2 Mbit/s)

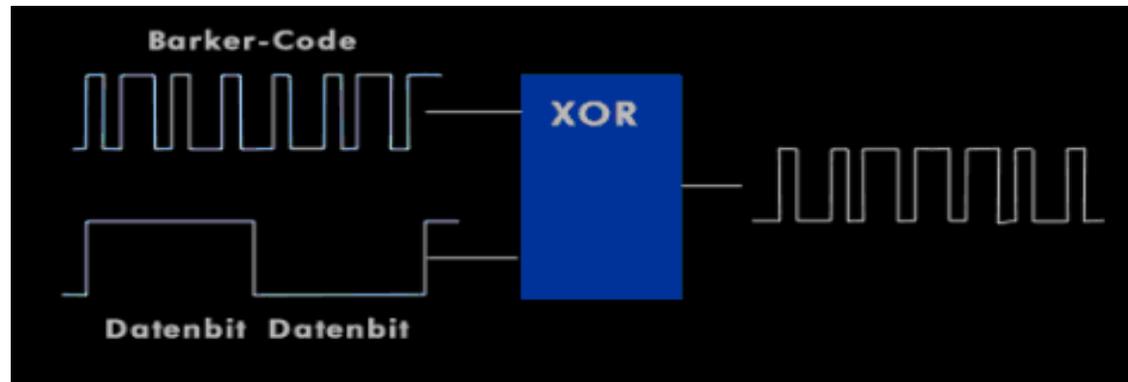
### ❑ HEC (Header Error Check)

- CRC mit  $x^{16}+x^{12}+x^5+1$

## 3.3.1.2.1 Bitübertragungsschicht (3)

### □ Funkvariante 2: DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)

- Gewisse Ähnlichkeit mit CDMA
- Jedes Bit wird in der Form von 11 Chips unter Verwendung der so genannten *Barker-Folge* übertragen
  - Chip-Sequenz: +1, -1, +1, +1, -1, +1, +1, +1, -1, -1, -1 (ein Barker-Code)



- 2,4-GHz-Frequenzband in 22 MHz bis 26 MHz breite Frequenzbänder unterteilt
- Das Verhältnis von gespreizter Bandbreite zu Übertragungsgeschwindigkeit heißt **Spreizverhältnis**
  - Ist dieses Verhältnis 10, sind die Übertragungs- und Sicherheitsbedingungen ideal

## 3.3.1.2.1 DSSS Paketformat

PLCP-Präambel		PLCP-Header				Payload
Sync. 128 bits	SFD 16 bits	Signal 8 bits	Service 8 bits	Länge 16 bits	CRC 16 bits	variabel

- Synchronisation**
  - synch., Leistungssteuerung, Signaldetektion, Frequenzanpassung
- SFD (Start Frame Delimiter)**
  - 1111001110100000
- Signal**
  - Datenrate der Nutzlast (0A: 1 Mbit/s DBPSK; 14: 2 Mbit/s DQPSK)
- Service (Dienstkennung)**
  - Ein Leistungsmerkmal von ISDN, mit dem die Verbindung unter inkompatiblen Endgeräten verhindert wird
- Length**
  - reserviert, 00: gemäß 802.11  Länge der Nutzdaten
- HEC (Header Error Check)**
  - Schutz der Felder signal, service und length,  $x^{16}+x^{12}+x^5+1$

## 3.3.1.2.1 Bitübertragungsschicht (4)

---

### □ OFDM, Orthogonal Frequency Division Multiplex

- Wurde erstmals bei drahtlosen Hochgeschwindigkeits-LANs (802.11a) verwendet
  - 52 Kanäle insgesamt, 48 für Daten, 4 für Synchronisation
- Orthogonale Frequenzmultiplex-Technik verwendet mehrere Trägerfrequenzen für die Übertragung eines Digitalsignals, diese Trägerfrequenzen werden allerdings nur mit einer verringerten Übertragungsrate moduliert
- Zu diesem Zweck wird bei OFDM das zur Verfügung stehende Frequenzband in mehrere Trägerbänder unterteilt
- Aufteilung des Signals in viele schmale Bänder
  - Vorteil: bessere Immunität gegen Störungen, Möglichkeit nicht benachbarte Bänder zu verwenden
  - Kompatibel mit dem europäischen HiperLAN/2-System

## 3.3.1.2.1 Bitübertragungsschicht (5)

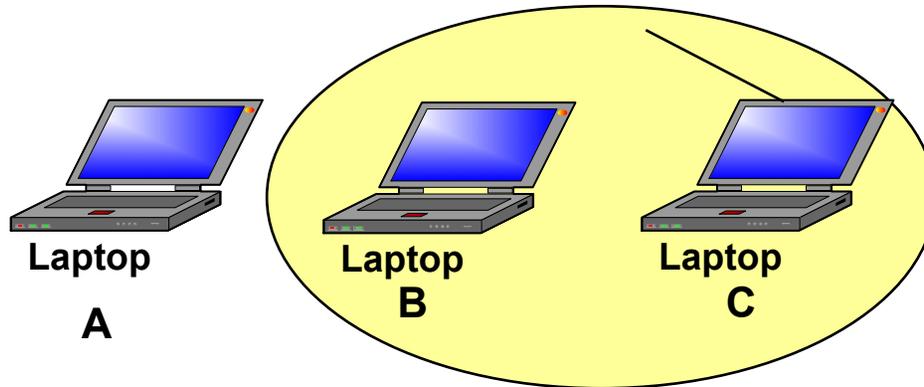
---

- ❑ **HR-DSSS (High Rate Direct Sequence Spread Spectrum)**
  - Wird bei 802.11b eingesetzt
  - Verwendet 11 Millionen Chips/s, um 11Mbit/s auf dem 2,4-GHz-Band zu erzielen
  - Datenübertragungsrate kann dynamisch während der Übertragung angepasst werden
  - Reichweite von 802.11b etwa siebenmal größer als 802.11a, aber langsamer
- ❑ **802.11g verwendet OFDM-Modulationsverfahren von 802.11a, arbeitet aber im dem schmaleren 2.4-GHz-Band zusammen mit 802.11b**

## 3.3.1.2.2 MAC-Schicht

### ❑ Hidden-Station-Problem

Reichweite von C

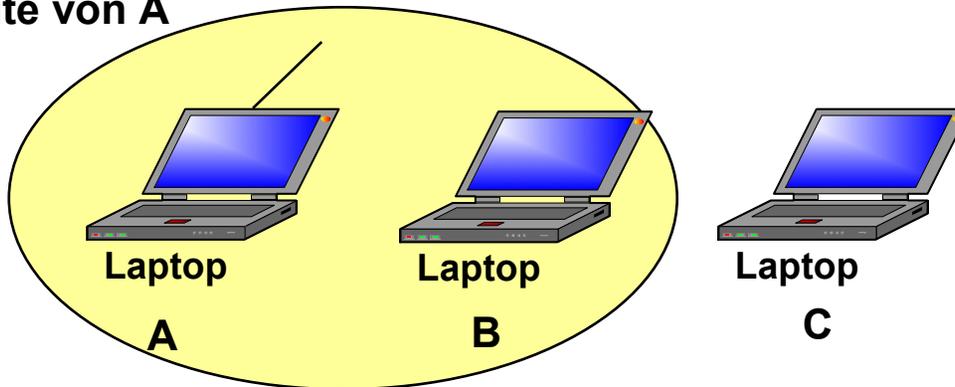


A möchte an B senden,  
kann aber nicht erkennen,  
dass B beschäftigt ist

C überträgt Daten

### ❑ Exposed-Station-Problem

Reichweite von A



B möchte an C senden und  
ist irrtümlich der Auffassung,  
dass die Übertragung  
nicht gelingt

A überträgt Daten

## 3.3.1.2.2 MAC-Schicht: Betriebsmodi (1)

---

### ❑ WLANs nach IEEE 802.11

- Es handelt sich hierbei übertragungstechnisch um ein Shared-Media-Verfahren mit CSMA/CA, mit dem keine Dienstgütemerkmale (QoS) garantiert werden können

### ❑ Zur Lösung des Hidden-Station- und des Exposed-Station-Problems werden zwei Betriebsmodi angeboten:

#### ● Distributed Coordination Function (DCF):

- Verteilte Koordinierungsfunktion
- Keine zentrale Kontrolle, daher ähnlich zu Ethernet
- Alle Implementierungen müssen diesen Modus unterstützen
- Protokoll **CSMA/CA** (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)

#### ● Point Coordination Function (PCF):

- Punktbezogene Koordinierungsfunktion
- Die Basisstation steuert die gesamte Aktivität in einer Zelle
- Die Implementierung ist optional

## 3.3.1.2.2 MAC-Schicht: CSMA/CA (1)

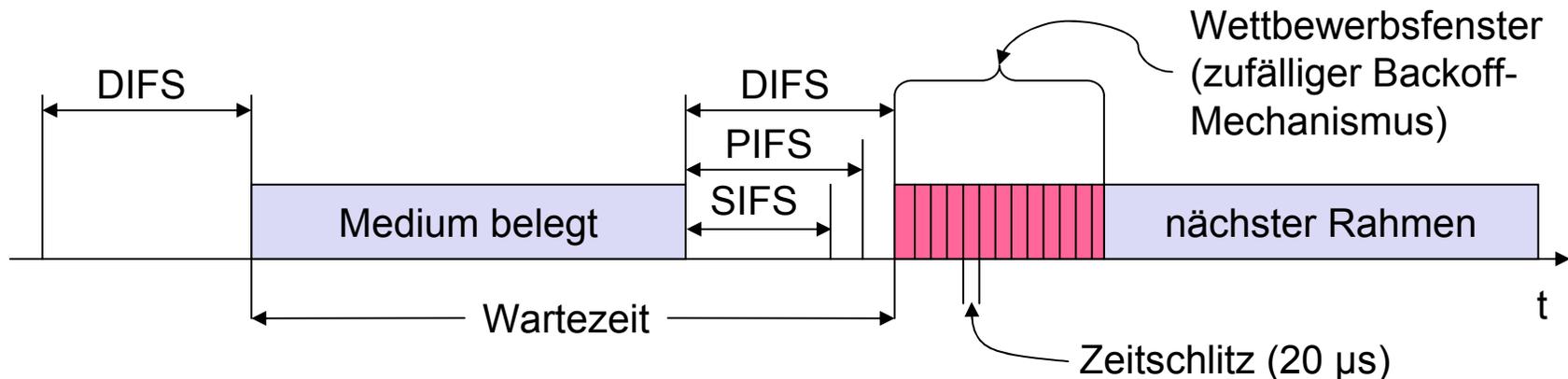
---

- ❑ **Bei diesem Protokoll wird physische und virtueller Kanalprüfung verwendet**
- ❑ **Vorgehensweise**
  - Sendewillige Station hört das Medium ab (Carrier Sense basierend auf CCA, Clear Channel Assessment)
  - Ist das Medium für die Dauer eines Inter-Frame Space (IFS) frei, wird gesendet (IFS je nach Sendertyp gewählt)
  - Ist das Medium belegt, wird auf einen freien IFS gewartet und dann zusätzlich um eine zufällige Backoff-Zeit verzögert (Kollisionsvermeidung, in Vielfachen einer Slot-Zeit)
  - Wird das Medium während der Backoff-Zeit von einer anderen Station belegt, bleibt der Backoff-Timer so lange stehen

## 3.3.1.2.2 MAC-Schicht: Betriebsmodi (2)

### □ Modus 1:

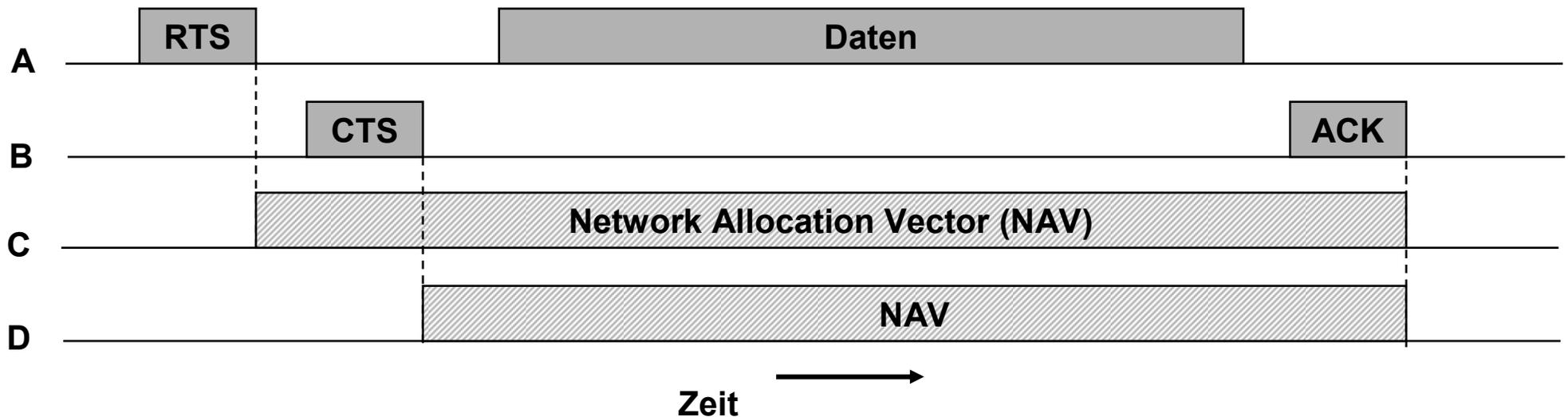
- werden durch Staffelung der Zugriffszeitpunkte geregelt
- keine garantierten Prioritäten
- **SIFS (Short Inter Frame Spacing) – 10  $\mu$ s**
  - höchste Priorität, für ACK, CTS, Antwort auf Polling
- **PIFS (PCF (Point Coordination Function) IFS) – 30  $\mu$ s**
  - mittlere Priorität, für zeitbegrenzte Dienste mittels PCF
- **DIFS (DCF, Distributed Coordination Function IFS) – 50  $\mu$ s**
  - niedrigste Priorität, für asynchrone Datendienste
- **EIFS (Extended InterFrame Spacing)**
  - Wird von einer Station verwendet, die gerade einen fehlerhaften oder ungültigen Rahmen erhalten hat, um dies zu berichten



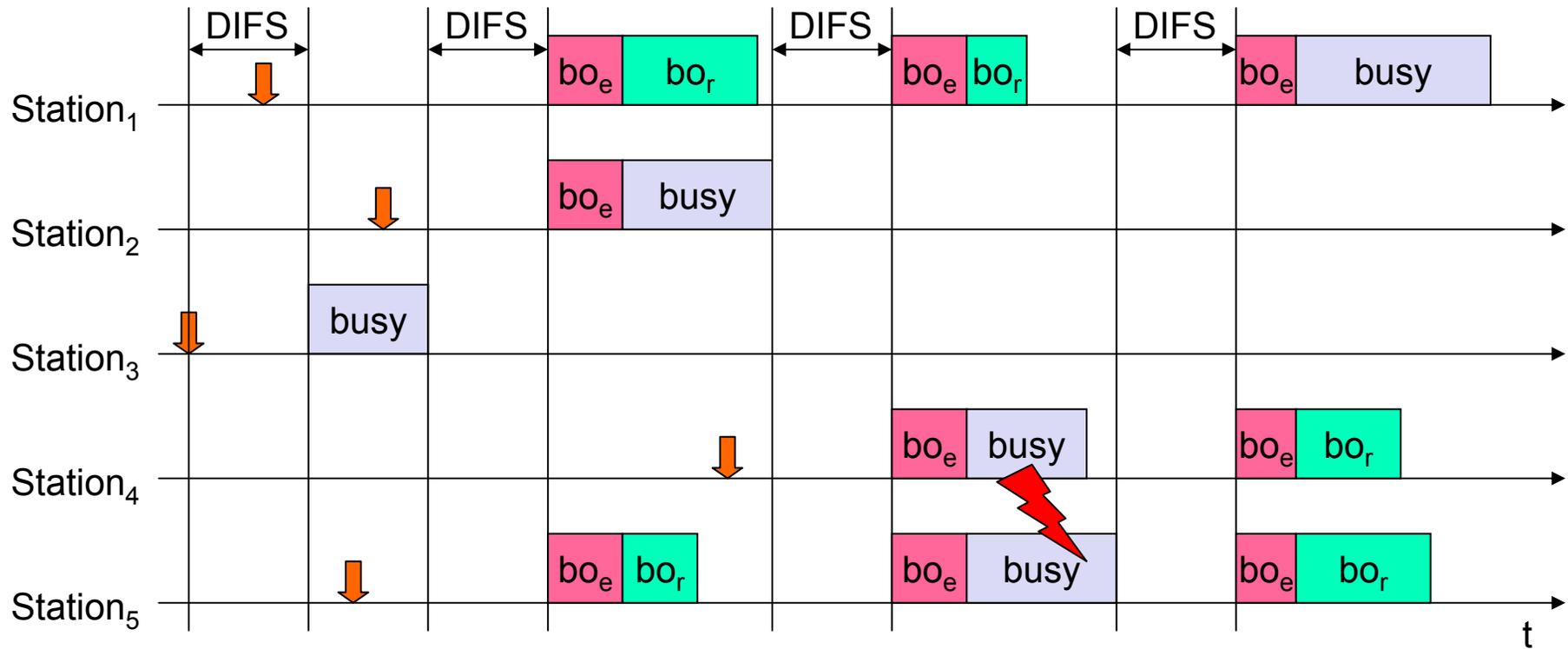
## 3.3.1.2.2 MAC-Schicht: CSMA/CA (2)

### □ Modus 2:

- Basiert auf MACAW und virtueller Kanalprüfung
- Im Beispiel (s.u.) möchte A an B Daten senden; Beginnt mit der Übertragung eines RTS-Rahmen an B, um die Erlaubnis anzufordern, einen Rahmen zu senden
- C ist in Reichweite von A (eventuell auch von B, aber dieses ist nicht relevant)
- D ist in Reichweite von B, aber nicht von A



### 3.3.1.2.2 Stationen im Wettbewerb - einfache Version



Medium belegt (frame, ack etc.)



verstrichene backoff Zeit



Paketankunft am MAC-SAP

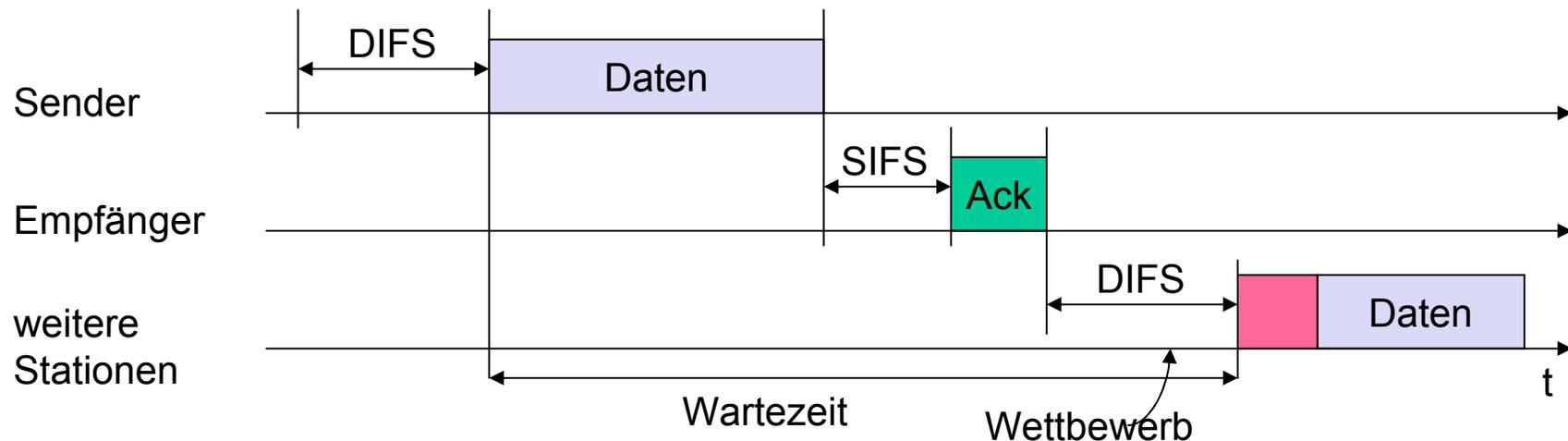


verbleibende backoff Zeit

## 3.3.1.2.2 CSMA/CA-Verfahren (3)

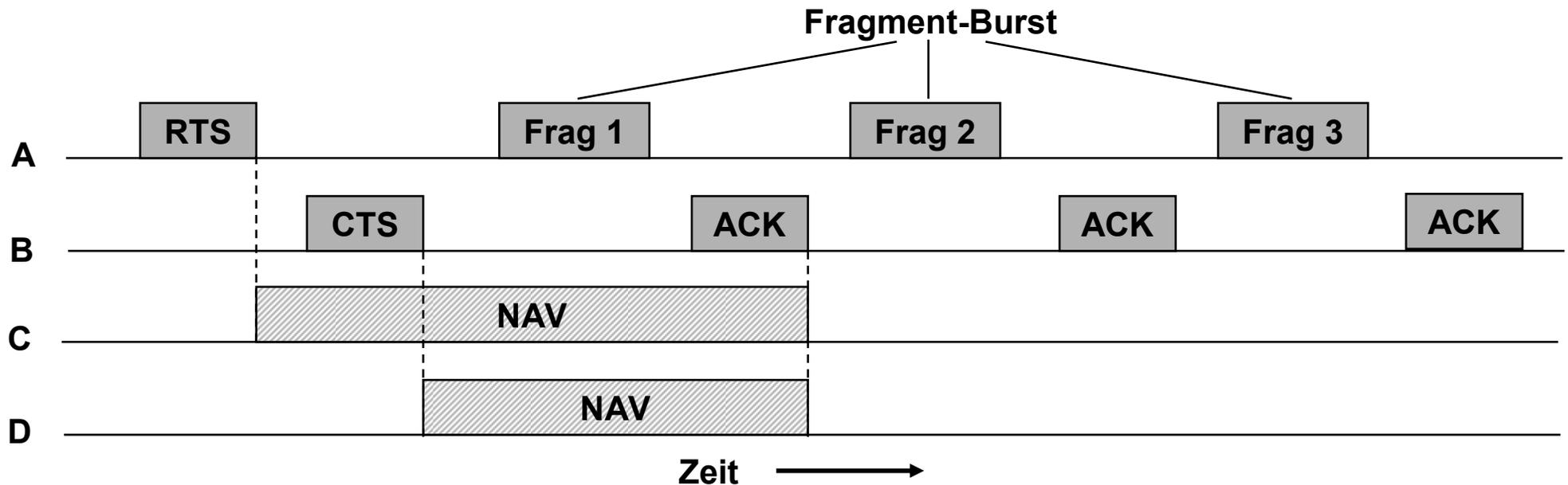
### □ Senden von Unicast-Paketen

- Daten können nach Abwarten von DIFS gesendet werden
- Empfänger antworten sofort (nach SIFS), falls das Paket korrekt empfangen wurde (CRC)
- Im Fehlerfall wird das Paket automatisch wiederholt



## 3.3.1.2.2 MAC-Schicht: Fragmentierung

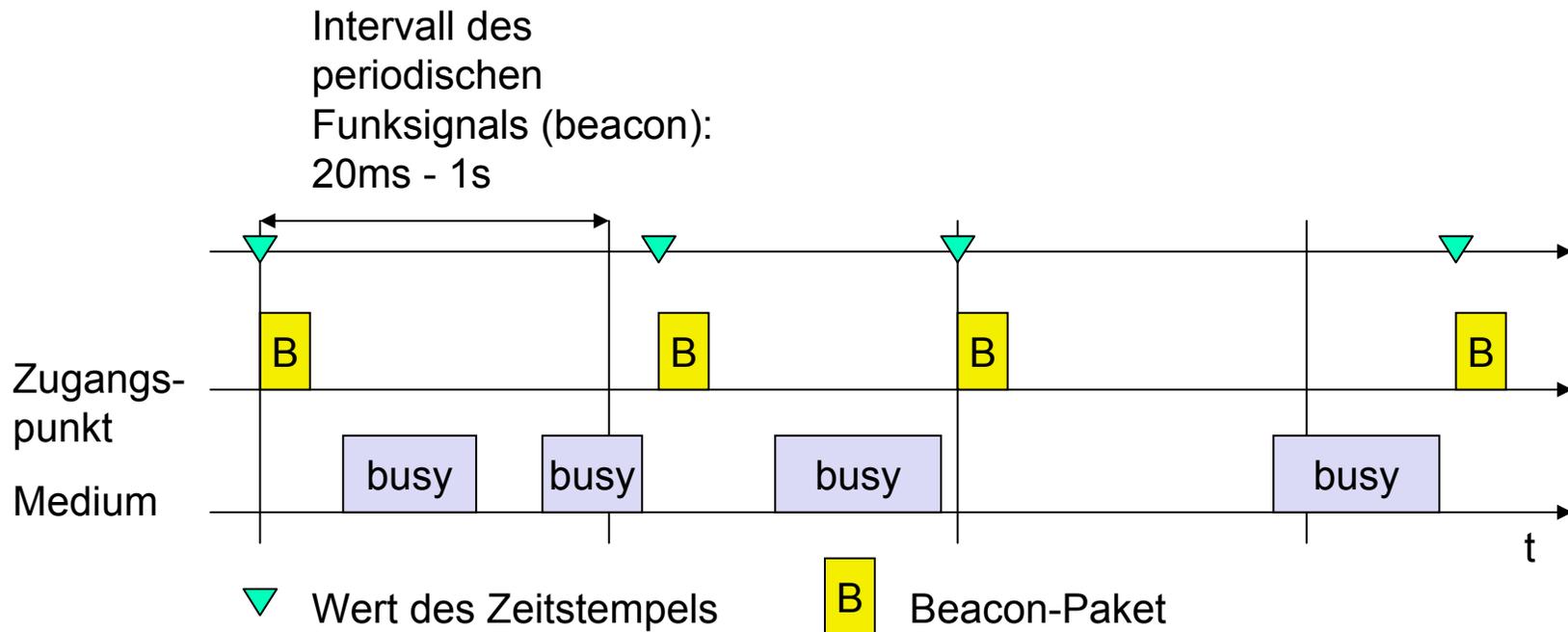
- ❑ Um nicht eine hohe Wahrscheinlichkeit zu haben, dass Rahmen durch Fehler erneut gesendet werden müssen, können Rahmen fragmentiert werden
- ❑ Jedes Fragment hat seine eigene Prüfsumme
- ❑ Fragmente werden durchnummeriert und mit dem Stop-and-Wait-Protokoll bestätigt



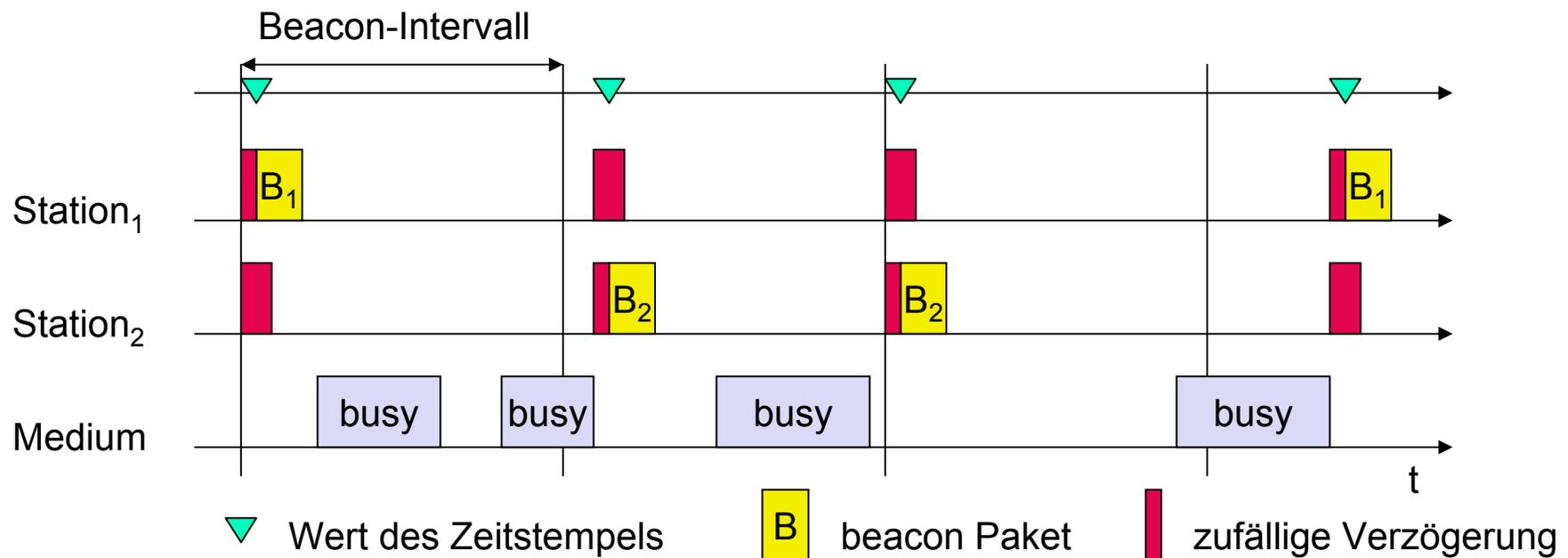
## 3.3.1.2.2 MAC-Schicht: PCF-Modus

### Synchronisation mit einem „Leuchtfener“ (Infrastruktur)

- Ein Beacon-Rahmen wird in periodischen Abständen gesendet
- Enthält Systemparameter (Frequenzsprungfolgen, Verweilzeiten, Taktsynchronisation ...)
- Fordert neue Stationen für das „polling“ auf

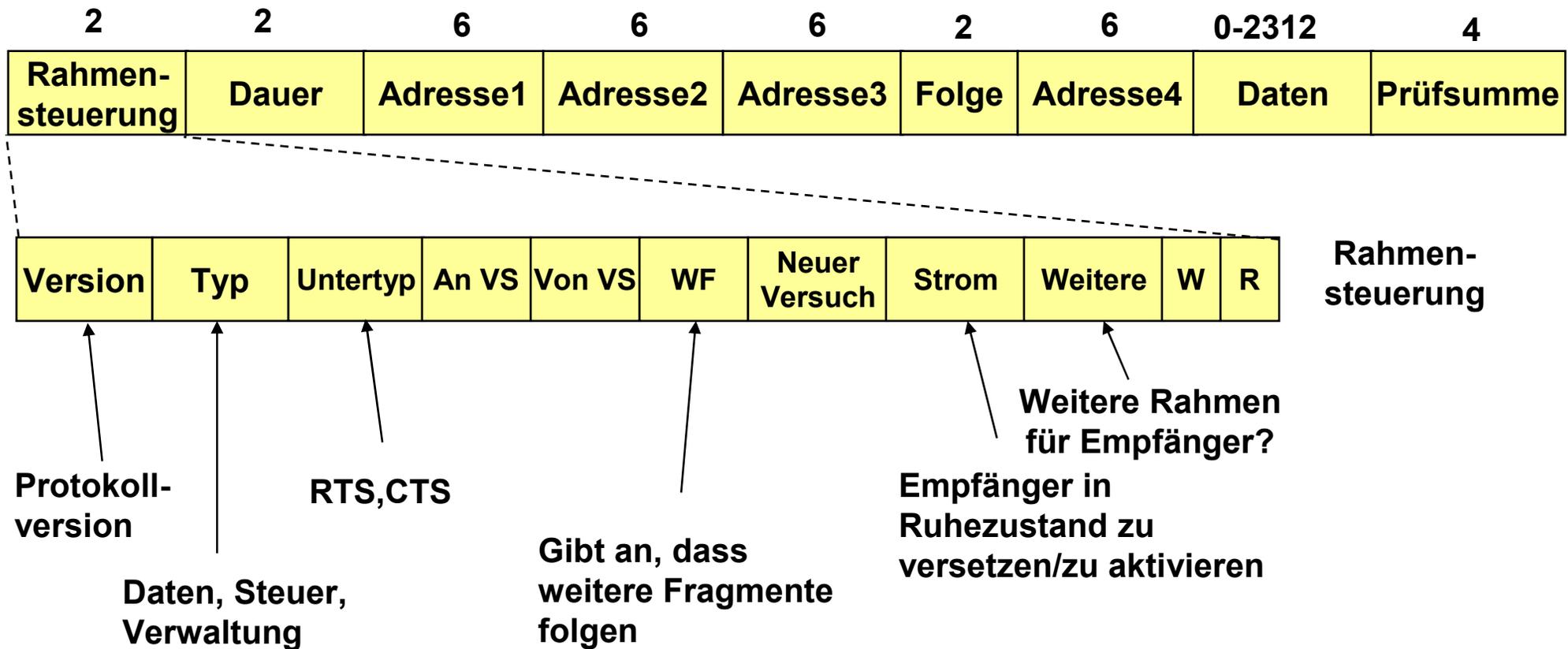


### 3.3.1.2.2 Synchronisation mit Beacon (ad-hoc)



### 3.3.1.2.2 MAC-Schicht: Rahmenstruktur

- ❑ Es sind drei verschiedene Rahmenklassen definiert für **Daten**, **Steuerung** und **Verwaltung**
- ❑ **Datenrahmen**



## 3.3.1.3 Dienste (1)

---

### ❑ Dienste sind in 2 Kategorien unterteilt:

#### ● Verteilungsdienste

- Verwaltung der Zellenzugehörigkeit und die Interaktion mit den Stationen **außerhalb** der Zelle

#### ● Stationsdienste

- Aktivität **innerhalb** einer Zelle

### ❑ Verteilungsdienste

#### ● Assoziation

- Mit diesen Dienst bauen Mobilstationen eine Verbindung zur Basisstation auf
- Beim Eintritt gibt Station ihre Identität und Leistungsmerkmale bekannt
- Wird eine Mobilstation angenommen, muss sie sich zunächst authentifizieren

#### ● Trennung

## 3.3.1.3 Dienste (2)

---

- **Erneute Verbindung**

- Station kann Basisstation wechseln

- **Verteilung**

- Legt fest, wie Rahmen zur Basisstation weitergeleitet werden (Funk, Festnetz)

- **Integration**

- Übersetzung von 802.11-Format in das vom Zielnetz benötigte Format

- **Stationsdienste**

- **Authentifizierung**

- Basisstation sendet einen speziellen Herausforderungsrahmen (Challenge Frame), um zu prüfen, ob die Mobilstation den geheimen Schlüssel (Passwort) kennt
- Mobilstation entschlüsselt den Rahmen und schickt ihn an die Basisstation zurück

## 3.3.1.3 Dienste (3)

---

- **Aufhebung der Authentifizierung**
- **Datenschutz**
  - Verschlüsselungsalgorithmus RC4
- **Datenzustellung**

## 3.3.1.4 Problemstellung - Roaming

---

- ❑ **Keine oder schlechte Verbindung? - Dann:**
- ❑ **Scanning**
  - Abtasten der Umgebung (Medium nach „Leuchtfener“ von APs abhören oder Probe ins Medium senden und Antwort abwarten)
- ❑ **Reassociation Request**
  - Station sendet Anfrage an AP(s)
- ❑ **Reassociation Response**
  - bei Erfolg, d.h. ein AP hat geantwortet, nimmt Station nun teil
  - bei Misserfolg weiterhin Scanning
- ❑ **AP akzeptiert Reassociation Request**
  - Anzeigen der neuen Station an das Distribution System
  - Distribution System aktualisiert Datenbestand (d.h. wer ist wo)
  - normalerweise wird alter AP vom Distribution System informiert

## 3.3.1.5 IEEE 802.11 Standards: Übersicht (1)

---

- ❑ **802.11a**
  - High Speed Physical Layer im 5-GHz-Band
  - Der Standard basiert auf OFDM und der Direct-Sequence-Modulation (DSSS)
  - 802.11a arbeitet mit acht 20-MHz-Kanälen im Frequenzband von 5,15 GHz bis 5,35 GHz
  - Die Übertragungsgeschwindigkeit kann in 6-Mbit/s-Intervallen zwischen 6 Mbit/s und maximal 54 Mbit/s skaliert werden
- ❑ **802.11b**
  - Erweiterung im 2,4-GHz-Band
  - Diese Technik sieht Übertragungsraten von 5,5 Mbit/s über 11 Mbit/s bis 20 Mbit/s vor
  - Als Modulationstechnik wird CCK benutzt und zwar ausschließlich mittels Spreizbandtechnik
- ❑ **802.11c: Supplement to Bridge Standard**
- ❑ **802.11d: Regulatory Domain Updates**
- ❑ **802.11e: MAC Enhancement. Definition von Verfahren mit denen dem Anwender Quality of Service-Funktionen (QoS) zur Verfügung gestellt werden**

## 3.3.1.5 IEEE 802.11 Standards: Übersicht (2)

---

- ❑ **802.11f: Inter Access Point Protocol**
  - Ein Protokoll, über das sich Access Points (AP) miteinander unterhalten können
- ❑ **802.11g**
  - Übertragungsraten bis 54 Mbit/s, Übertragung im 2,4-GHz-Band
  - Modulationsverfahren ist das Orthogonal Frequency Division Multiplex (OFDM)
  - 802.11g ist rückwärtskompatibel zu 802.11b
  - Als Modulationsverfahren wird Complementary Code Keying (CCK) wie in 802.11b eingesetzt und Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) wie in 802.11a; Optional sind außerdem die Modulationsverfahren CCK-OFDM und CCK- PBCC zugelassen
- ❑ **802.11h: Frequenzspektrum von 802.11a**
- ❑ **802.11i: Sicherheit, Verlängerung des Initialisierungsvektors von 24 Bit auf 128 Bit**
- ❑ **802.11 Hrb: Datenraten über 20 Mbit/s**

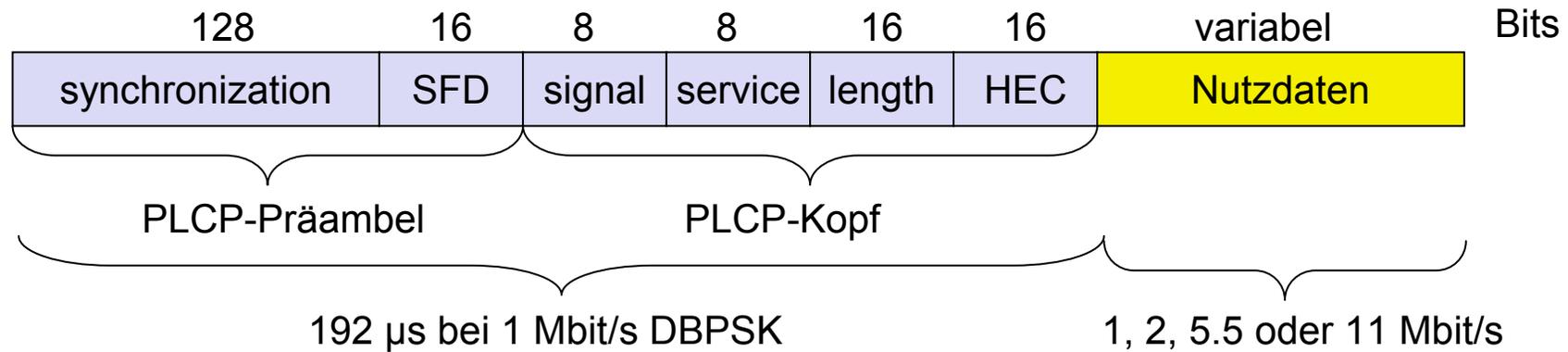
## 3.3.1.5.1 IEEE 802.11b

---

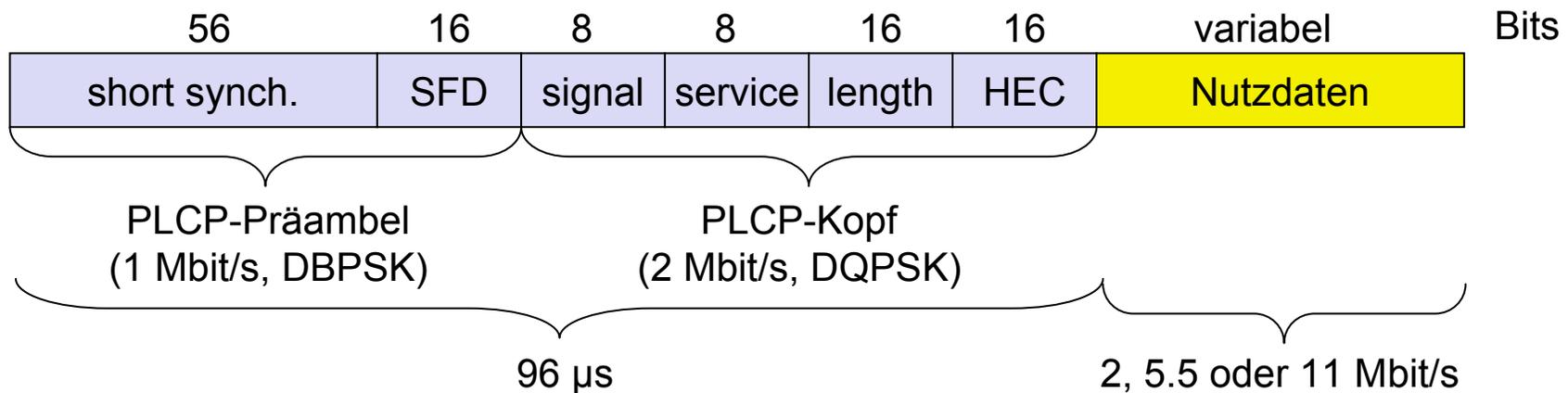
- ❑ **Datenraten**
  - 1, 2, 5,5, 11 Mbit/s, abhängig von SNR
  - Nutzdatenrate max. ca. 6 Mbit/s
- ❑ **Kommunikationsbereich**
  - 300m Außen-, 30m Innenbereich
  - Max. Datenrate bis ~10m (in Gebäuden)
- ❑ **Frequenzbereich**
  - Freies 2.4 GHz ISM-Band
- ❑ **Sicherheit**
  - Begrenzt, WEP unsicher, SSID
- ❑ **Kosten**
  - 150€ Adapter, 250€ Zugangspunkt
- ❑ **Verfügbarkeit**
  - Viele Produkte, viele Anbieter
- ❑ **Verbindungsaufbaudauer**
  - Verbindungslos, „always on“
- ❑ **Dienstgüte**
  - Typ: Best effort, keine Garantien (solange kein „Polling“ eingesetzt wird, nur begrenzte Produktunterstützung)
- ❑ **Verwaltbarkeit**
  - Begrenzt (keine automatische Schlüsselverteilung, symmetrische Verschlüsselung)
- ❑ **Spezielle Vor-/Nachteile**
  - Vorteil: viele installierte Systeme, große Erfahrung, weltweite Verfügbarkeit, freies ISM-Band, viele Firmen, integriert in Laptops, einfaches System
  - Nachteil: starke Störungen auf dem ISM-Band, keine Dienstgüte, relativ niedrige Datenraten

### 3.3.1.5.1 802.11b: PHY-Rahmenformate

#### □ Langes PLCP-PPDU-Format

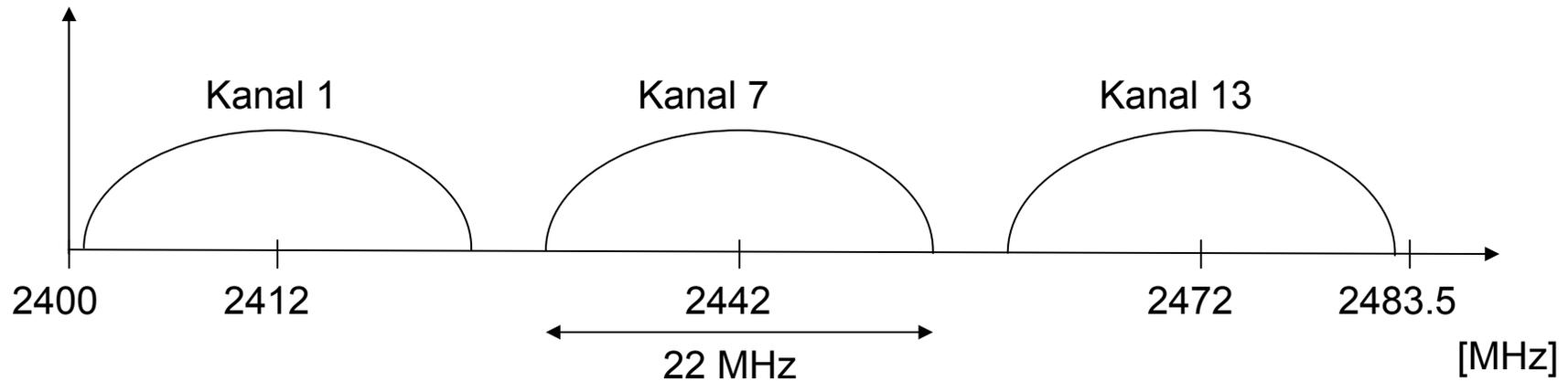


#### □ Kurzes PLCP-PPDU-Format (optional)

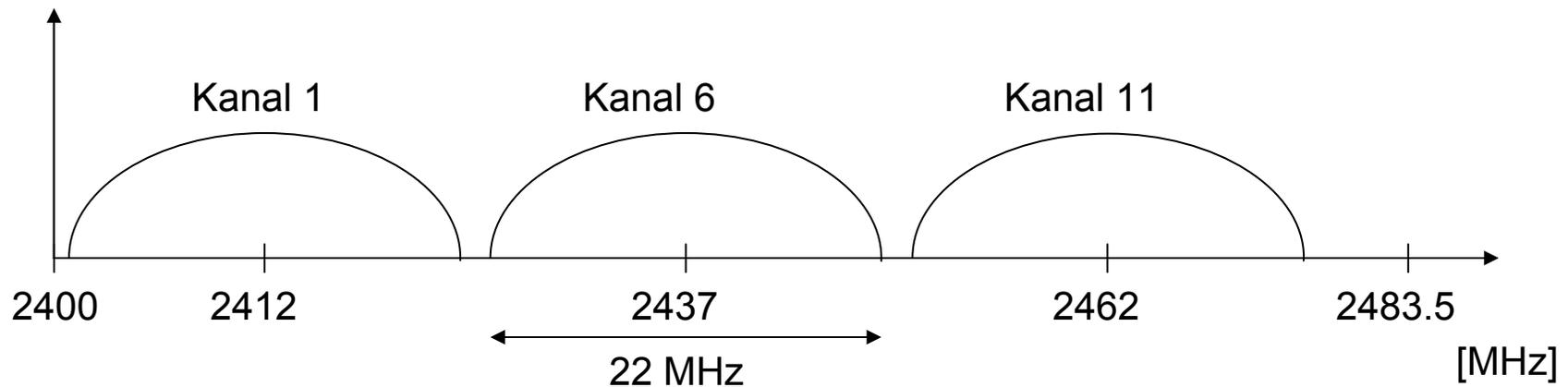


### 3.3.1.5.1 Nicht überlappende Kanalwahl

Europa (ETSI)



US (FCC)/Canada (IC)



## 3.3.1.5.2 IEEE 802.11a

---

### Datenraten

- 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbit/s, abhängig von SNR
- Nutzdatenrate (1500 byte Pakete): 5,3 (6), 18 (24), 24 (36), 32 (54)
- 6, 12, 24 Mbit/s verpflichtend

### Kommunikationsbereich

- 100m Außen-, 10m Innenbereich
  - E.g., 54 Mbit/s up to 5 m, 48 up to 12 m, 36 up to 25 m, 24 up to 30m, 18 up to 40 m, 12 up to 60 m

### Frequenzbereich

- Free 5.15-5.25, 5.25-5.35, 5.725-5.825 GHz ISM-band

### Sicherheit

- Begrenzt, WEP unsicher, SSID

### Kosten

- 280€ Adapter, 500€ Zugangspunkt

### Verfügbarkeit

- Einige Produkte, einige Firmen

### Verbindungsaufbaudauer

- Verbindungslos, „always on“

### Dienstgüte

- Typ. Best effort, keine Garantien (wie alle anderen 802.11 Produkte)

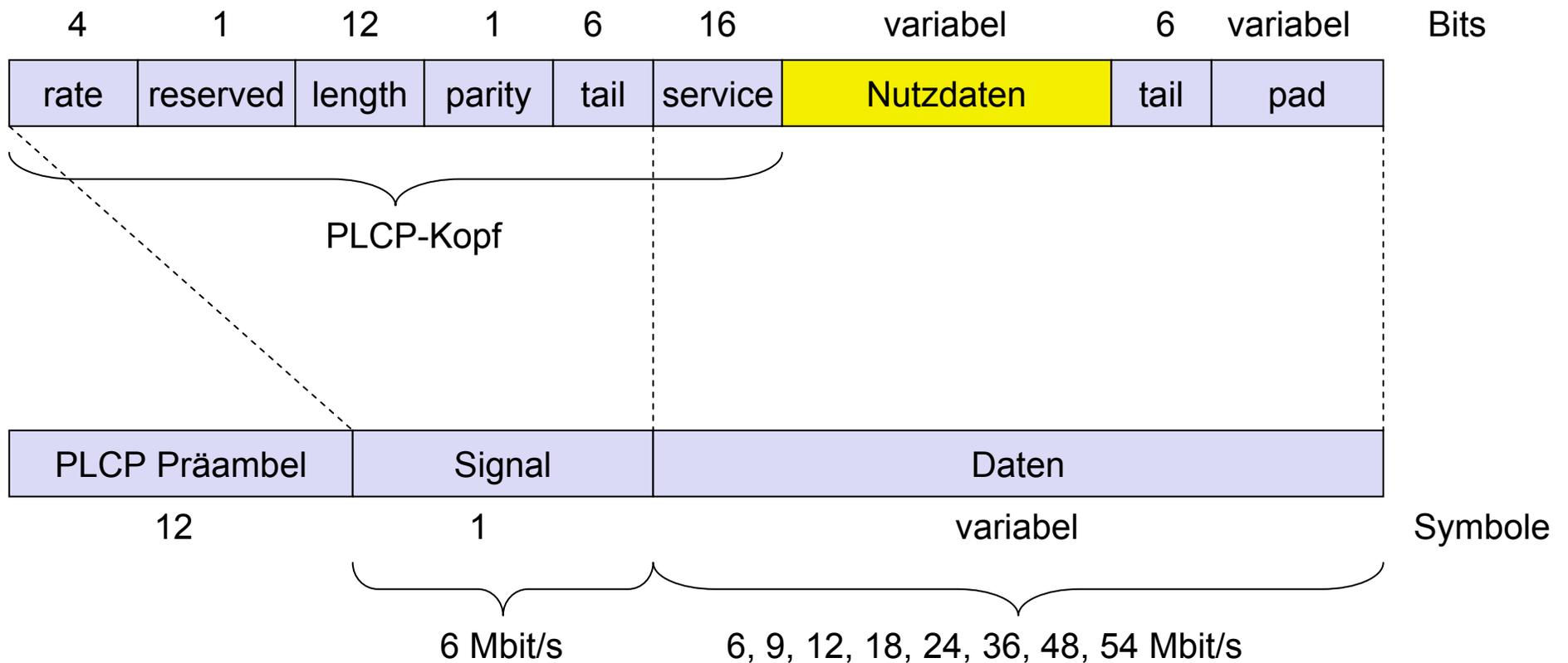
### Verwaltbarkeit

- Begrenzt (keine automatische Schlüsselverteilung, symmetrische Verschlüsselung)

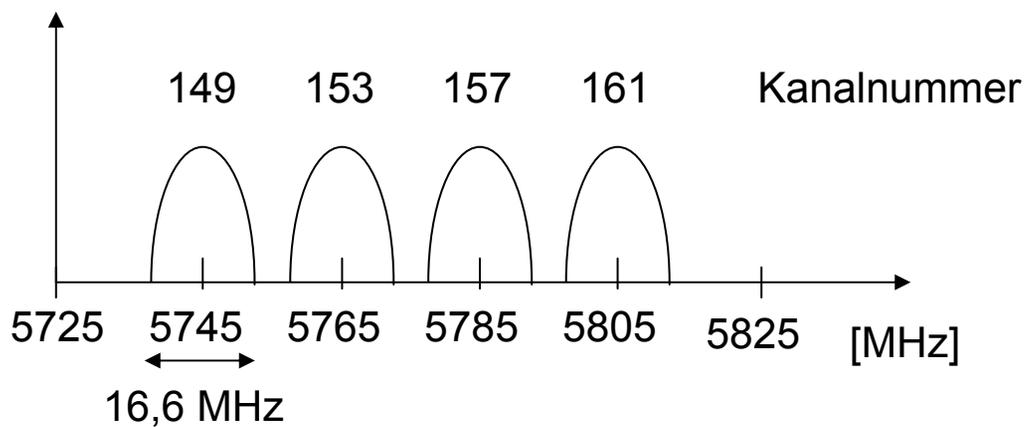
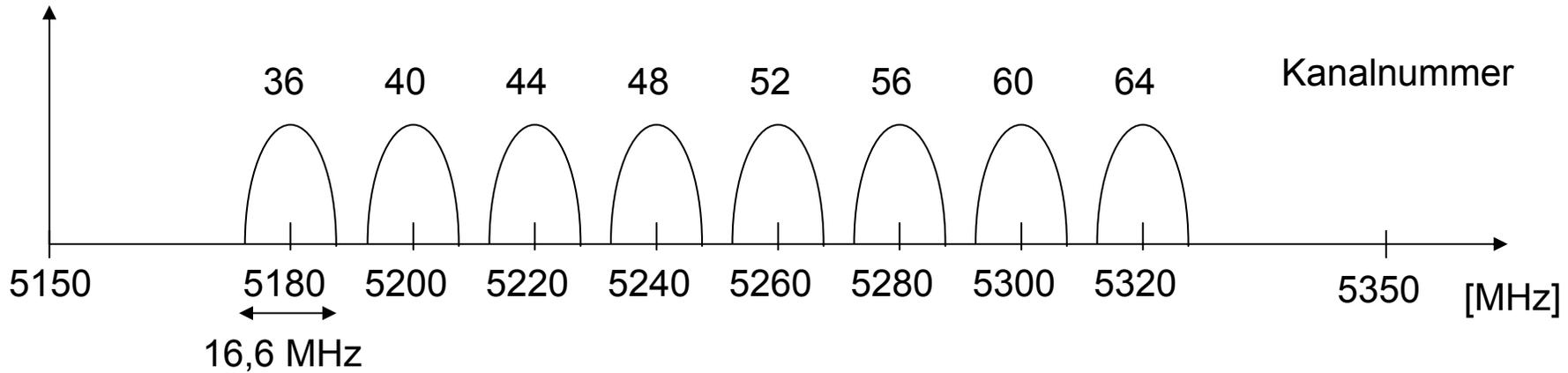
### Spezielle Vor-/Nachteile

- Vorteil: passt in das 802.x System, freies ISM-Band, verfügbar, einfach, nutzt das (noch) freiere 5 GHz Band
- Nachteil: (noch) nicht in Europa zertifiziert, derzeit nur USA (Harmonisierung derzeit im Gange), stärkere Abschattung auf Grund der höheren Frequenz, keine Dienstgüte

### 3.3.1.5.2 IEEE 802.11a: PHY-Rahmenformat



### 3.3.1.5.2 Nutzbare Kanäle für 802.11a / US U-NII



Mittelfrequenz =  
 $5000 + 5 \cdot \text{Kanalnummer}$  [MHz]

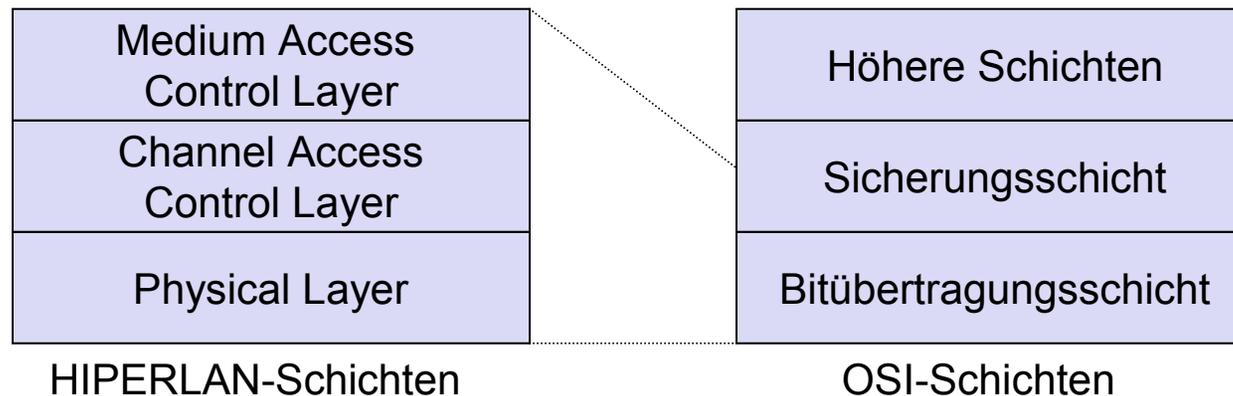
## 3.3.2 ETSI - HIPERLAN

### □ ETSI-Standard

- europäischer Standard, vgl. GSM, DECT, ...
- Ergänzung lokaler Netze und Ankopplung an Festnetze
- zeitkritische Dienste von Anfang an integriert

### □ HIPERLAN-Familie

- ein Standard kann nicht alle Anforderungen abdecken
  - Reichweite, Bandbreite, Dienstgüteunterstützung
  - kommerzielle Rahmenbedingungen
- HIPERLAN 1 1996 verabschiedet – keine Produkte!



## 3.3.2 Übersicht: ursprüngliche HIPERLAN-Familie

	HIPERLAN 1	HIPERLAN 2	HIPERLAN 3	HIPERLAN 4
Anwendung	drahtloses LAN	Zugang zu ATM-Festnetzen	funkbasierte Anschlußnetze	Punkt-zu-Punkt drahtlose ATM-Verbindungen
Frequenz	5,1-5,3GHz			17,2-17,3GHz
Topologie	dezentral ad-hoc/infrastruktur	zellular, zentral	Punkt-zu-Mehrpunkt	Punkt-zu-Punkt
Antenne	omnidirektional		direktional	
Reichweite	50m	50-100m	5000m	150m
Dienstgüte	statistisch	wie ATM-Festnetze (VBR, CBR, ABR, UBR)		
Mobilität	<10m/s		quasistationär	
Schnittstelle	konventionelle LAN	ATM-Netze		
Datenrate	23,5Mbit/s	>20Mbit/s		155Mbit/s
Energiesparmaßnahmen	ja		nicht zwingend	

**HIPERLAN 1 erreichte nie richtigen Produktstatus, die anderen Standards wurden umbenannt und modifiziert!**

### 3.3.3 Wireless LAN: Komponenten

---



**Wireless USB-Adapter**



**WLAN-Karte**



**Access Point für 802.11b**



**Access Point mit  
Routing-Funktionen**



**Access Point mit  
Zusatzfunktionen**



**Access Point für 802.11g**

## 3.4 Bluetooth

---

- 3.4.1 Eigenschaften
- 3.4.2 Netztopologien
- 3.4.3 Technologie
- 3.4.4 Komponenten
- 3.4.5 Weiterentwicklungen

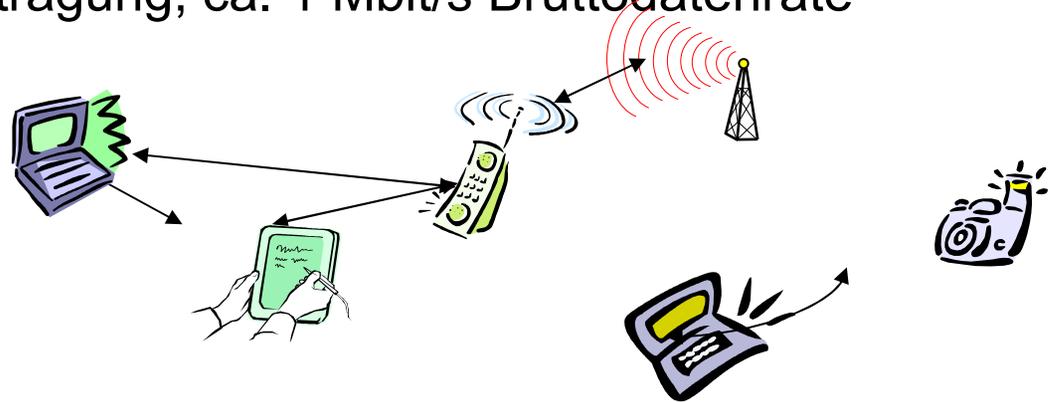
## 3.4 Bluetooth - IEEE 802.15 (1)

### □ Idee

- Universelles Funksystem für drahtlose Ad-hoc-Verbindungen
- Verknüpfung von Computer mit Peripherie, tragbaren Geräten, PDAs, Handys – im Wesentlichen ein leistungsfähigerer IrDA-Ersatz
- Eingebettet in andere Geräte, Ziel: 5€/Gerät (2002: 50€/USB Bluetooth)
- Kleine Reichweite (10 m), niedrige Leistungsaufnahme, lizenzfrei im 2,45 GHz-ISM-Band
- Sprach- und Datenübertragung, ca. 1 Mbit/s Bruttodatenrate



Eines der ersten Module (Ericsson).



## 3.4 Bluetooth - IEEE 802.15 (2)

---

### ❑ Geschichte

- 1994: Ericsson (Mattison/Haartsen), “MC-link”-Projekt
- Umbenennung des Projekts: Bluetooth nach Harald “Blåtand” Gormsen [Sohn des Gorm], König von Dänemark im 10. Jahrhundert
- 1998: Gründung der Bluetooth SIG, [www.bluetooth.org](http://www.bluetooth.org)
- 1999: Errichtung eines Runsteins durch Ericsson/Lund ;-)
- 2001: Erste Produkte für den Massenmarkt, Verabschiedung des Standards 1.1

(früher:  Bluetooth™ )



### ❑ Special Interest Group

- Gründungsmitglieder: Ericsson, Intel, IBM, Nokia, Toshiba, später hinzugekommene Förderer: 3Com, Agere (früher: Lucent), Microsoft, Motorola; über 2500 Mitglieder
- Gemeinsame Spezifikation und Zertifizierung von Produkten

### ❑ IEEE 802.11 – Konkurrenz, erster PAN-Standard 802.15.1 genehmigt

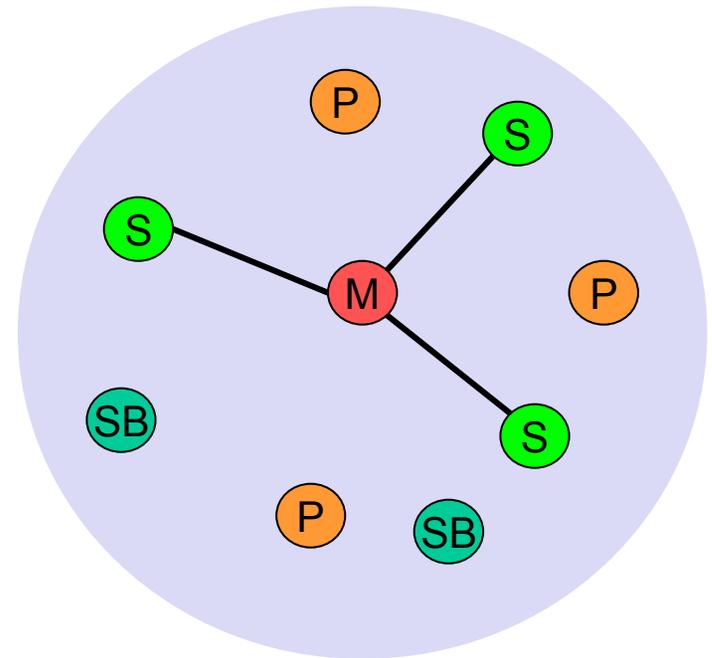
## 3.4.1 Eigenschaften

---

- ❑ **2.4 GHz ISM Band, 79 (23) RF Kanäle, 1 MHz Trägerabstand**
  - Kanal 0: 2402 MHz ... Kanal 78: 2480 MHz
  - G-FSK Modulation, 1-100 mW Sendeleistung
- ❑ **FHSS und TDD**
  - Frequenzsprungverfahren mit 1600 Sprüngen/s
  - Sprungfolge pseudozufällig, vorgegeben durch einen Master
  - Time division duplex zur Richtungstrennung
- ❑ **Sprachverbindung – SCO (Synchronous Connection Oriented)**
  - FEC (forward error correction), keine Übertragungswiederholung, 64 kbit/s duplex, Punkt-zu-Punkt, leitungsvermittelt
- ❑ **Datenverbindung – ACL (Asynchronous ConnectionLess)**
  - Asynchron, schnelle Bestätigung, Punkt-zu-Mehrpunkt, bis zu 433,9 kbit/s symmetrisch oder 723,2/57,6 kbit/s asymmetrisch, paketvermittelt
- ❑ **Topologie**
  - Überlappende Piconetze (Sterne) bilden ein „Scatternet“ (Streunetz)

## 3.4.2 Netztopologien: Piconetze

- ❑ Eine Ansammlung von Geräten welche spontan (ad-hoc) vernetzt wird
- ❑ Ein Gerät wird zum Master, die anderen verhalten sich als Slaves während der Lebensdauer des Piconetzes
- ❑ Der Master bestimmt die Sprungfolge, die Slaves müssen sich darauf synchronisieren
- ❑ Jedes Piconetz hat eine eindeutige Sprungfolge
- ❑ Teilnahme an einem Piconetz = Synchronisation auf die Sprungfolge
- ❑ Jedes Piconetz hat **einen Master** und gleichzeitig bis zu 7 Slaves (> 200 können „geparkt“ werden)



M=Master      P=Parked  
S=Slave        SB=Standby

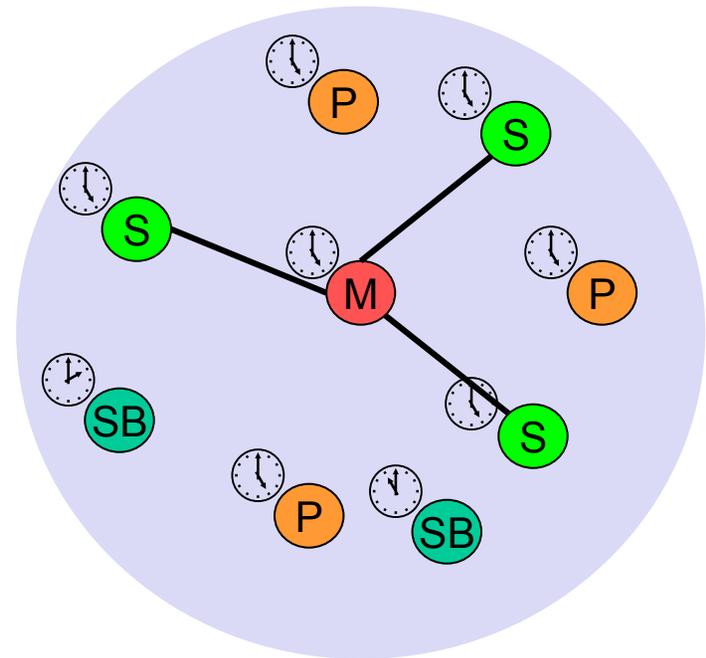
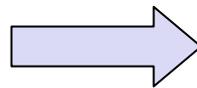
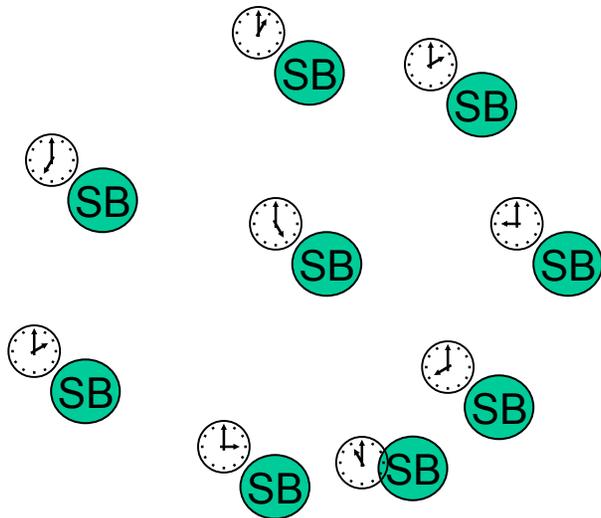
## 3.4.2 Netztopologien: Bildung eines Pikonetzes

### □ Alle Geräte im Pikonetz springen synchron

- Der Master übergibt dem Slave seine Uhrzeit und Gerätekenung
  - Sprungfolge: bestimmt durch die Gerätekenung (48 Bit, weltweit eindeutig)
  - Die Phase in der Sprungfolge wird durch die Uhrzeit bestimmt

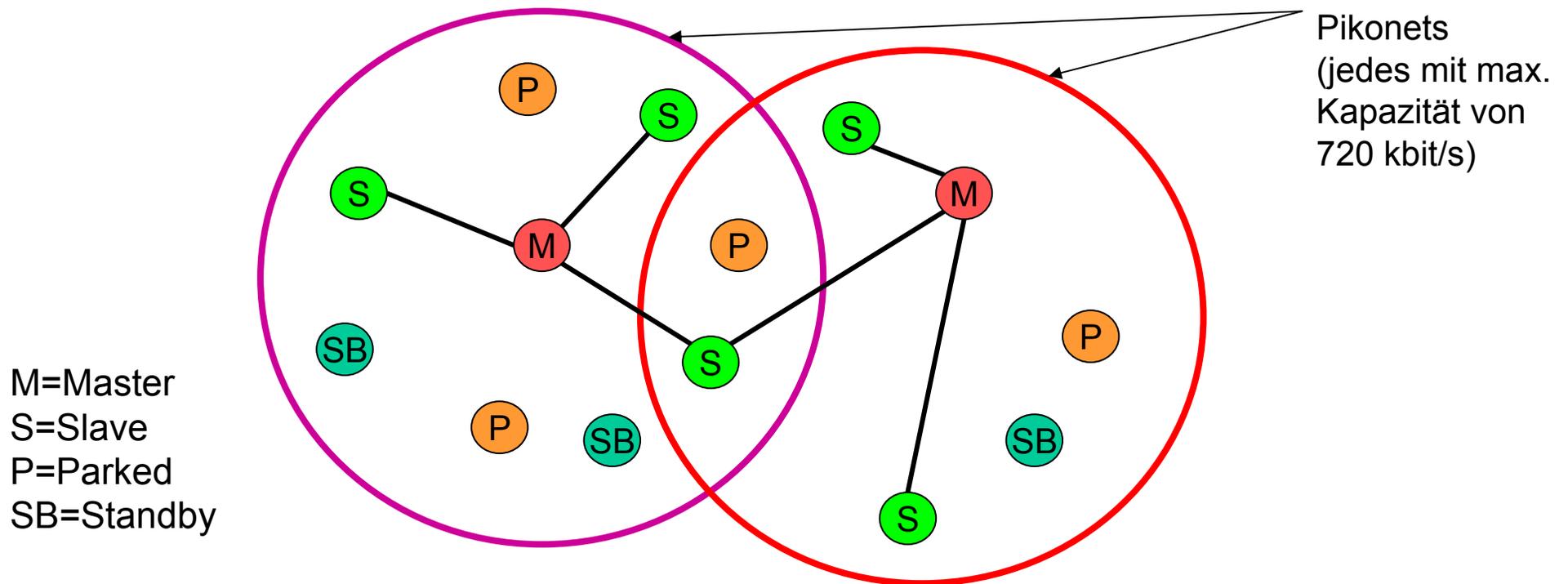
### □ Adressierung

- Active Member Address (AMA, 3 bit)
- Parked Member Address (PMA, 8 bit)

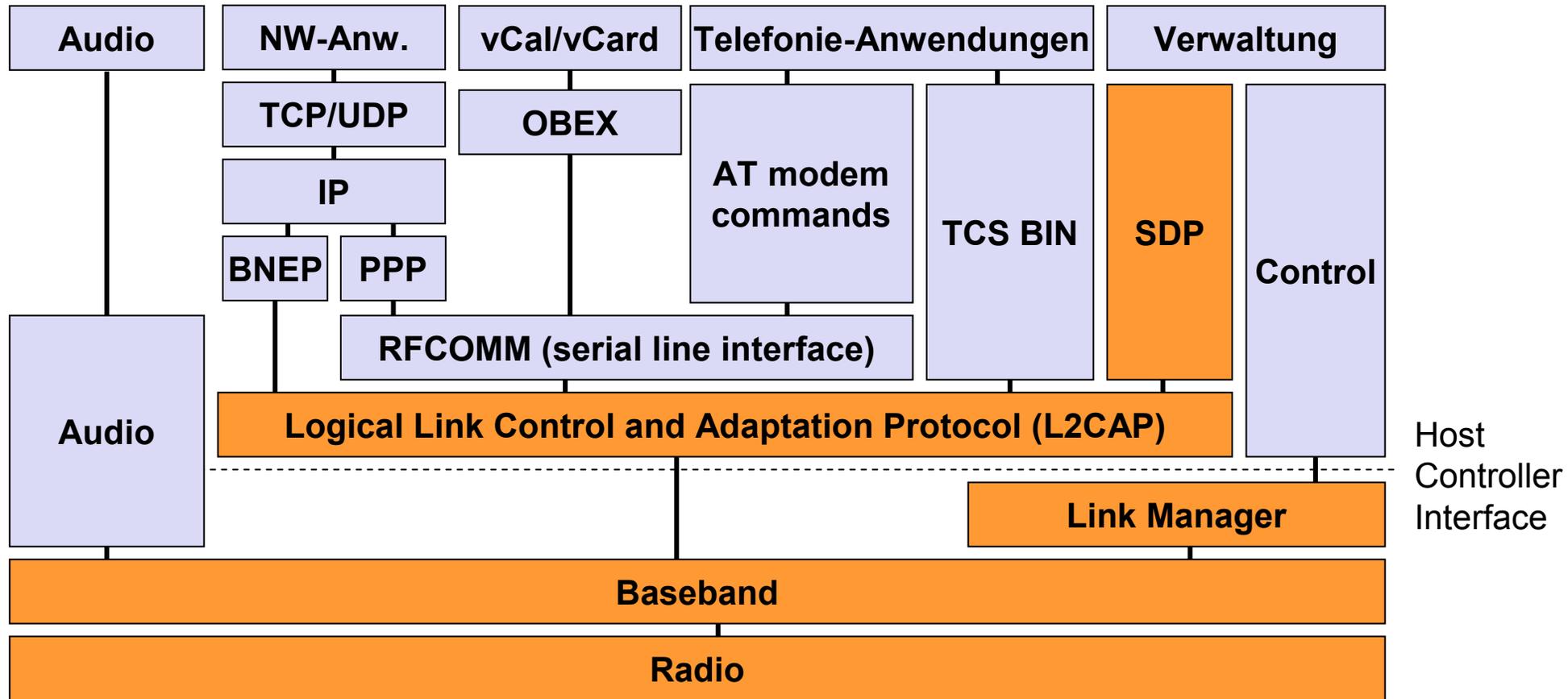


## 3.4.2 Netztopologien: Scatternet

- ❑ **Verbindung mehrerer räumlich naher Piconetze durch gemeinsame Master- oder Slave-Geräte**
  - Geräte können Slaves in einem Piconetz sein, Master in einem anderen
- ❑ **Kommunikation zwischen Piconetzen**
  - Geräte, welche zwischen den Piconetzen hin und her springen



### 3.4.3 Bluetooth Technologie: Protokolle (1)



AT: attention sequence  
 OBEX: object exchange  
 TCS BIN: telephony control protocol specification – binary  
 BNEP: Bluetooth network encapsulation protocol

SDP: service discovery protocol  
 RFCOMM: radio frequency comm.

## 3.4.3 Bluetooth Technologie: Protokolle (2)

### ❑ Piconetz/Kanaldefinition

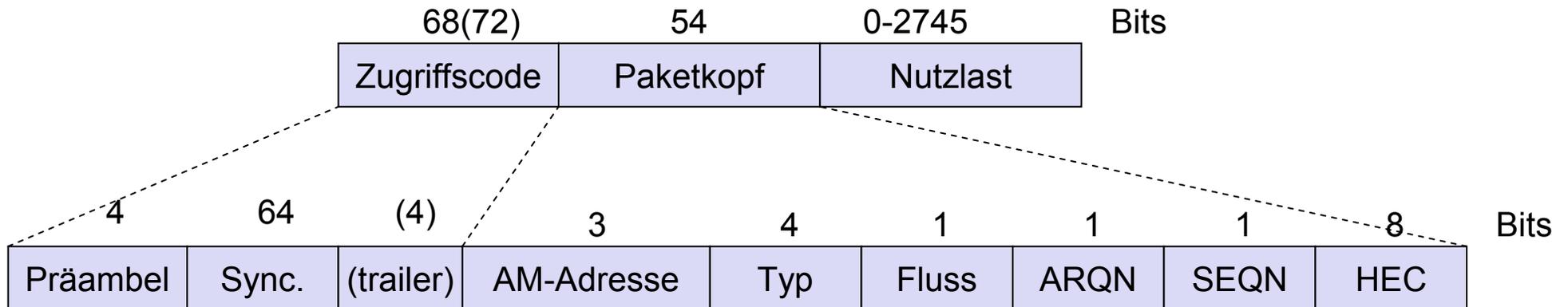
### ❑ PHY-Pakete

- Zugriffscode

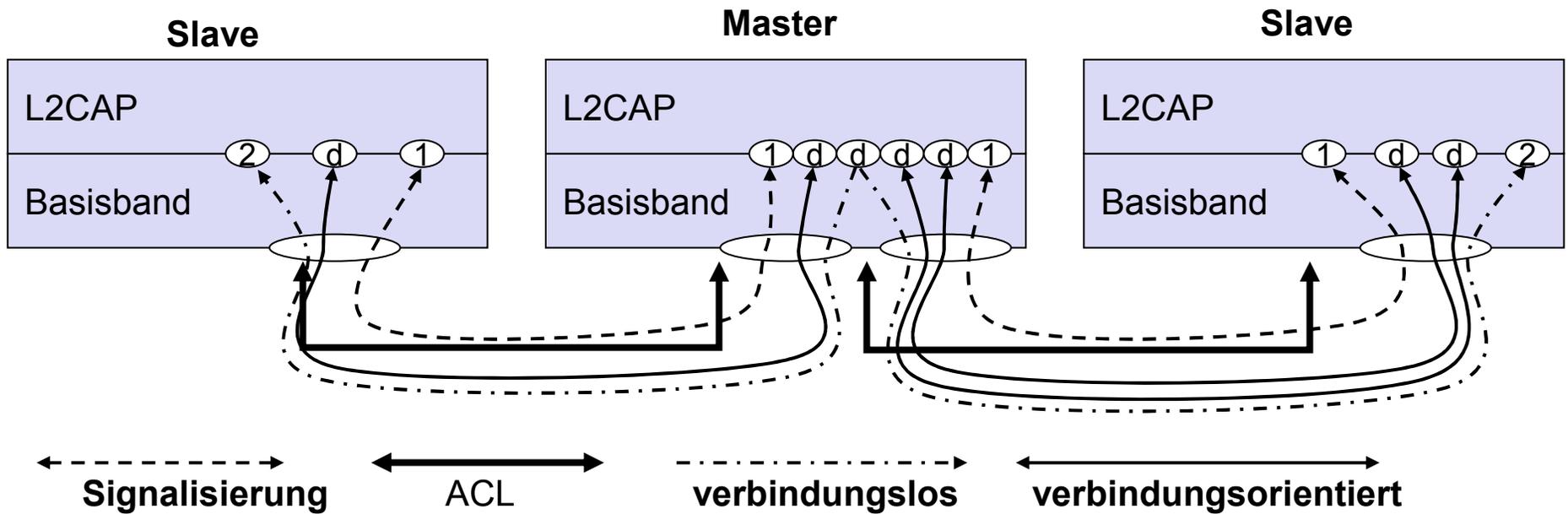
- Kanal, Gerätezugriff, z.B., vom Master abgeleitet

- Paketkopf

- 1/3-FEC, Active Member-Adresse (1 master, 7 slaves), Verbindungstyp, Alternating Bit ARQ/SEQ, Prüfsumme



### 3.4.3 Bluetooth Technologie: L2CAP – logische Kanäle



## 3.4.3 Bluetooth Technologie: SDP – Service Discovery Protocol

---

### ❑ **Protokoll zum Suchen und Erkennen von Diensten**

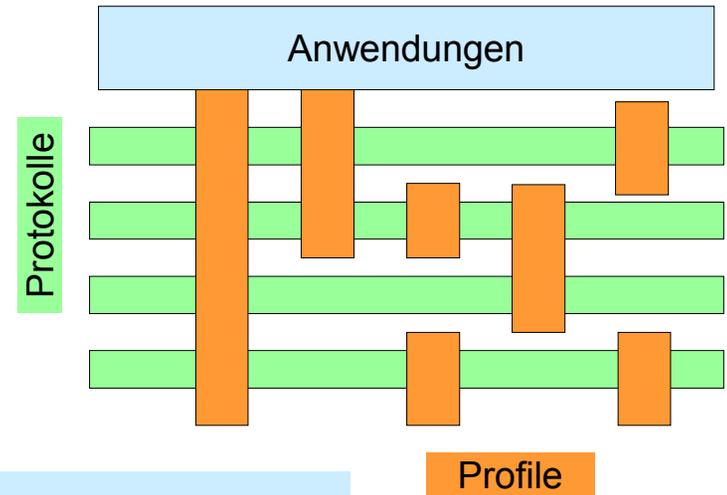
- Suchen nach Diensten in Funkreichweite
- Angepasst an das hochdynamische Umfeld
- Kann durch weitere Protokolle wie z.B. SLP, Jini, Salutation, ... ergänzt werden
- Definiert nur das Entdecken, nicht die Nutzung von Diensten
- Zwischenspeicherung bereits erkannter Dienste
- Schrittweise Entdeckung

### ❑ **Dienstbeschreibung**

- Informationen über Dienste durch Attribute dargestellt
- Attribute bestehen aus einer 16-bit-Kennung (Name) und einem Wert
- Kennungen können von 128 bit Universally Unique Identifiers (UUID) abgeleitet werden

## 3.4.3 Bluetooth Technologie: Profile

- Stellen Standardlösungen für bestimmte Nutzungsszenarien dar
  - Vertikaler Schnitt durch den Protokollstapel
  - Basis für Interoperabilität
- Generic Access Profile
- Service Discovery Application Profile
- Cordless Telephony Profile
- Intercom Profile
- Serial Port Profile
- Headset Profile
- Dial-up Networking Profile
- Fax Profile
- LAN Access Profile
- Generic Object Exchange Profile
- Object Push Profile
- File Transfer Profile
- Synchronization Profile



### Weitere Profile

Advanced Audio Distribution  
PAN  
Audio Video Remote Control  
Basic Printing  
Basic Imaging  
Extended Service Discovery  
Generic Audio Video Distribution  
Hands Free  
Hardcopy Cable Replacement

## 3.4.3 Bluetooth Technologie: Überblick

---

### ❑ Datenraten

- Synchron, verbindungsorientiert: 64 kbit/s
- Asynchron, verbindungslos
  - 433,9 kbit/s symmetrisch
  - 723,2 / 57,6 kbit/s asymmetrisch

### ❑ Reichweite

- POS (Personal Operating Space) bis zu 10 m
- Spezielle Sender bis zu 100 m

### ❑ Frequenz

- Free 2.4 GHz ISM-band

### ❑ Sicherheit

- Challenge/response (SAFER+), Sprungfolge

### ❑ Kosten

- 50€ Adapter, fallen auf bis zu 5€

### ❑ Verfügbarkeit

- Bereits in einige Produkten integriert, viele Anbieter

### ❑ Verbindungsaufbaudauer

- Hängt von der Betriebsart ab
- Max. 2,56 s, im Mittel 0,64 s

### ❑ Dienstgüte

- Garantien, ARQ/FEC

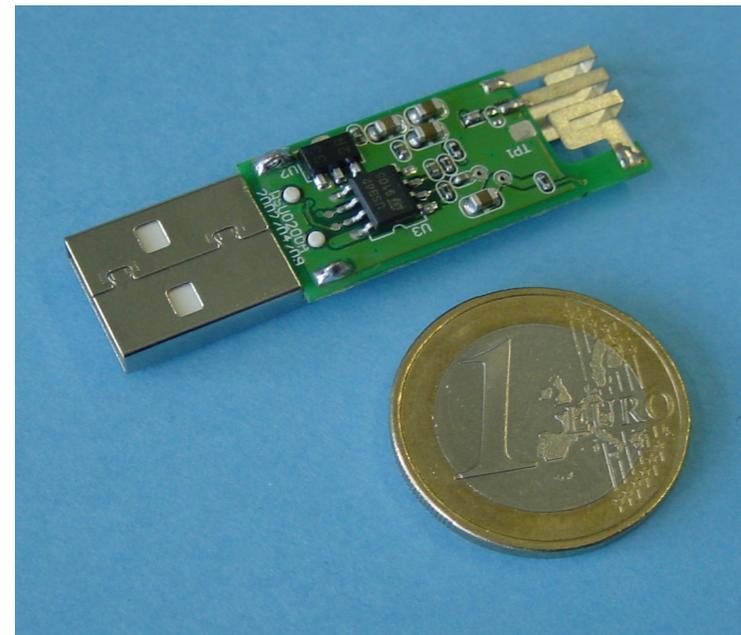
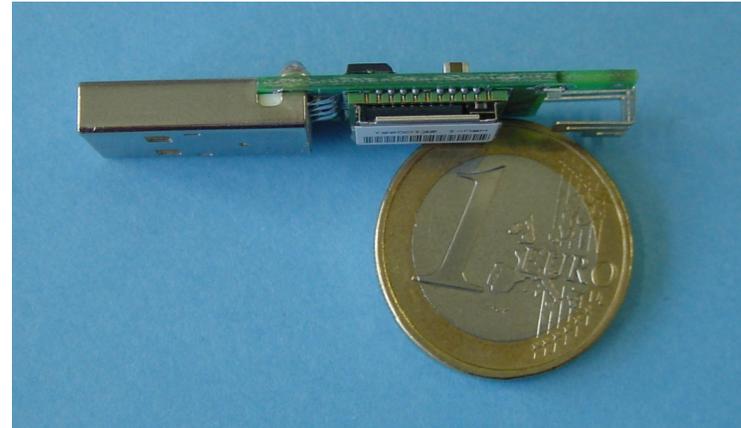
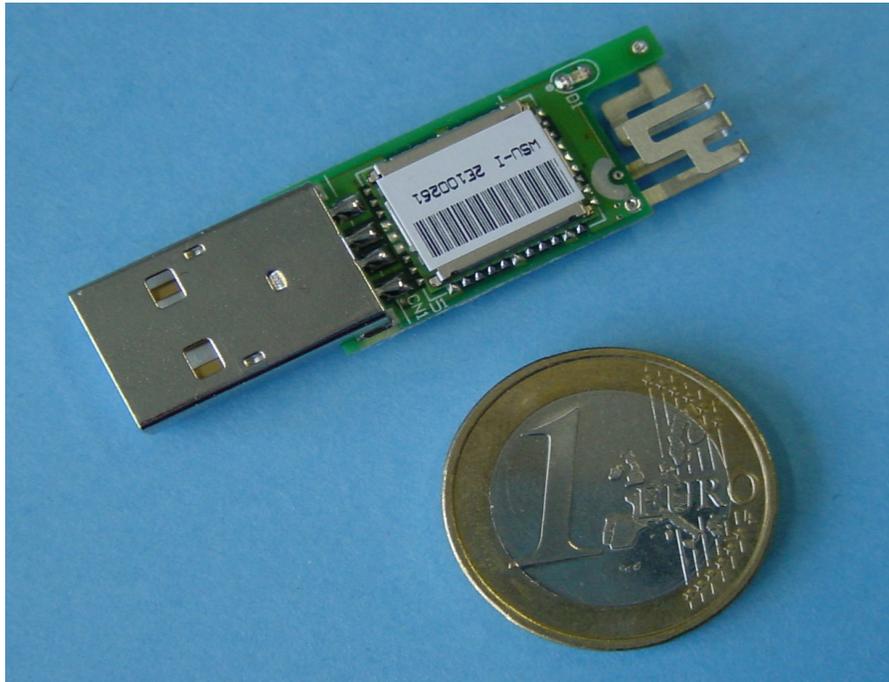
### ❑ Verwaltbarkeit

- Öffentliche/private Schlüssel benötigt, Schlüsselverwaltung nicht spezifiziert, einfache Systemintegration

### ❑ Vorteile/Nachteile

- Vorteile: bereits in Produkte integriert, weltweit verfügbar, freies ISM-Band, diverse Anbieter, einfaches System, einfache spontane Kommunikation, Punkt-zu-Punkt
- Nachteile: Interferenzen auf dem ISM-Band, eingeschränkte Reichweite, max. 8 Geräte pro Netz, hohe Verbindungsaufbauverzögerung

## 3.4.4 Bluetooth Komponenten (1)



## 3.4.4 Bluetooth Komponenten (2)



**Bluetooth Tastatur und Maus**



**Stift mit Bluetooth**



**Bluetooth USB-Stick**



**Mobiltelefon mit Bluetooth**



**Bluetooth Headset**



**Bluetooth-Drucker Adapter**

## 3.4.5 Weiterentwicklungen (1): WPAN - IEEE 802.15

---

### ❑ 802.15-2: Koexistenz

- Koexistenz von drahtlosen persönlichen Netzen (802.15) und drahtlosen lokalen Netzen (802.11), Beschreibung der Störungen

### ❑ 802.15-3: Höhere Datenraten

- Standard für WPANs mit höheren Datenraten (20 Mbit/s or mehr), aber immer noch billig und niedrige Leistungsaufnahme
- Datenraten: 11, 22, 33, 44, 55 Mbit/s
- Dienstgüte: isochrones Protokoll
- Ad hoc peer-to-peer Netze
- Sicherheit
- Batteriebetrieb muss möglich sein
- Billig, einfach, ...
- Speziell ausgerichtet, um den wachsenden Bedarf im Bereich der Bildübertragung, Multimedia-Datenübertragung im Konsumerbereich abzudecken

## 3.4.5 Weiterentwicklungen (2): WPAN - IEEE 802.15

---

### □ 802.15-4: Niedrige Datenraten und sehr niedrige Leistungsaufnahme

- Lösung für niedrige Datenraten, Batterielebensdauern von Monaten bis zu Jahren, sehr geringe Komplexität
- Mögliche Anwendungen: Sensoren, interaktive Spielzeuge, Fernsteuerungen, Heimautomatisierung, ...
- Datenraten 2-250 KBit/s, Latenz bis hinunter zu 15 ms
- Master-Slave oder Peer-to-Peer Betrieb
- Bis zu 254 Geräten oder 64516 Verteilknoten
- Unterstützung für verzögerungskritische Geräte, z.B. Joysticks
- CSMA/CA Medienzugriff (datenzentriert) mit/ohne Zeitschlitz
- Automatischer Netzaufbau durch einen Koordinator
- Dynamische Geräteadressierung
- Hohe Übertragungszuverlässigkeit durch Bestätigungen
- Gezielte Leistungssteuerung um eine geringe Aufnahme sicher zu stellen
- 16 Kanäle im 2,4-GHz-ISM-Band, 10 Kanäle im 915-MHz-US-ISM-Band und ein Kanal im europäischen 868-MHz-Band

## 3.5 Power over Ethernet (PoE)

---

- 3.5.1 Systemaufbau
- 3.5.2 PoE-Technik
- 3.5.3 Einschränkungen
- 3.5.4 Komponenten
- 3.5.5 PoE vs. Powerline

## 3.5 Power over Ethernet (PoE): IEEE 802.3af

### ❑ Grundidee:

- Geräte in lokalen Netzen könnten ihren Strom auch über die Netzkabel (Twisted Pair) beziehen
- Kabel für die Stromversorgung könnten eingespart werden

### ❑ Einsatzgebiete

- Consumer (Netz-Kameras, Lautsprecher usw. )
- Access Points für drahtlose Netze (WLAN oder Bluetooth)
- Kommunikation, wobei VoIP-Geräte besonders profitieren können
- Industrie (Embedded Internet, intelligente Sensoren/Aktoren)
- Weltweit genormte Stromversorgung



### ❑ Bisher:

- Proprietäre Lösungen von einigen Herstellern ohne große Verbreitung -> Gefahr eine alte Komponente durch die Stromzufuhr zu beschädigen

### ❑ 1999: Bildung einer Task Force in der IEEE-Arbeitsgruppe 802

### ❑ Seit Juli 2003: IEEE Standard **802.3af**

## 3.5 Power over Ethernet (PoE): IEEE 802.3af

---

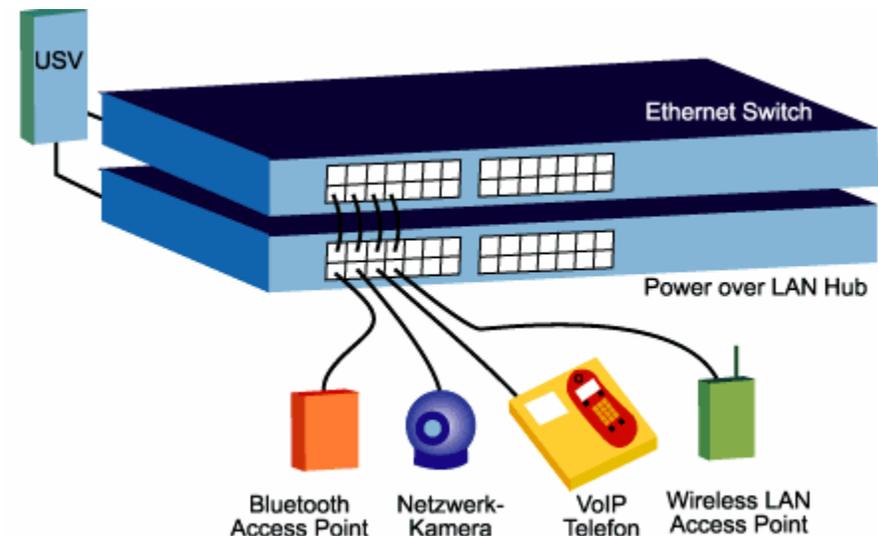
- ❑ **Alternative Bezeichnungen:**
  - Power over LAN (PoL) oder Active Ethernet
- ❑ **Idee nicht neu: Problemstellungen**
  - Es existieren proprietäre Lösungen bereits auf den Markt
  - Jedoch mangelnde Kompatibilität und Interoperabilität
    - ➔ keine allzu große Verbreitung
    - ➔ Gefahr, Komponenten durch Verschaltung mit inkompatiblem Equipment zu beschädigen
- ❑ **Kompatibilität von PoE-Geräten**
  - getestet vom **Power over Ethernet Consortium am Interoperability Lab (IOL)** der Universität von New Hampshire

## 3.5.1 Systemaufbau

### □ IEEE 802.3af unterscheidet zwischen zwei Basiskomponenten:

- **Powered Devices (PD):** Energieverbraucher; müssen den „DTE Power via MDI“-Modus unterstützen
- **Power Sourcing Equipment (PSE):** Energieversorger; aktive Netzkomponenten mit direktem PoE-Support oder Patchfelder mit „DTE Power via MDI“-Unterstützung in Frage; Unterscheidung nach der Stromspeisung

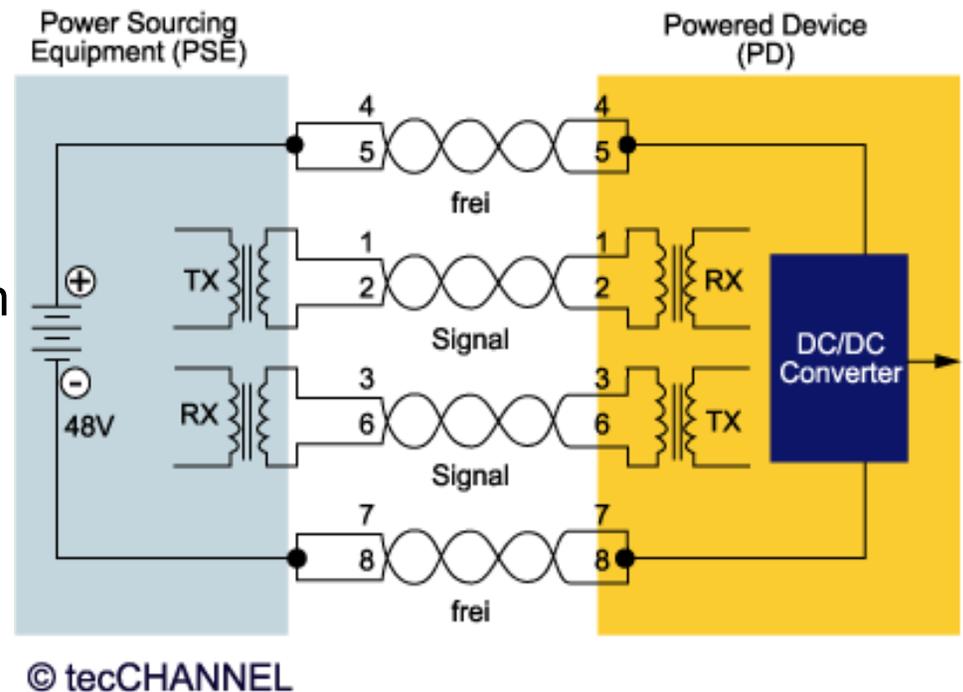
- **Endspan Insertion:**  
aktive Komponenten (meist Switches), die Netzgeräte über Ethernet direkt mit Strom versorgen
- **Midspan Insertion:**  
Zwischenschaltung eines Power-Hubs (siehe rechts)



## 3.5.2 Technik allgemein

### □ Eckdaten

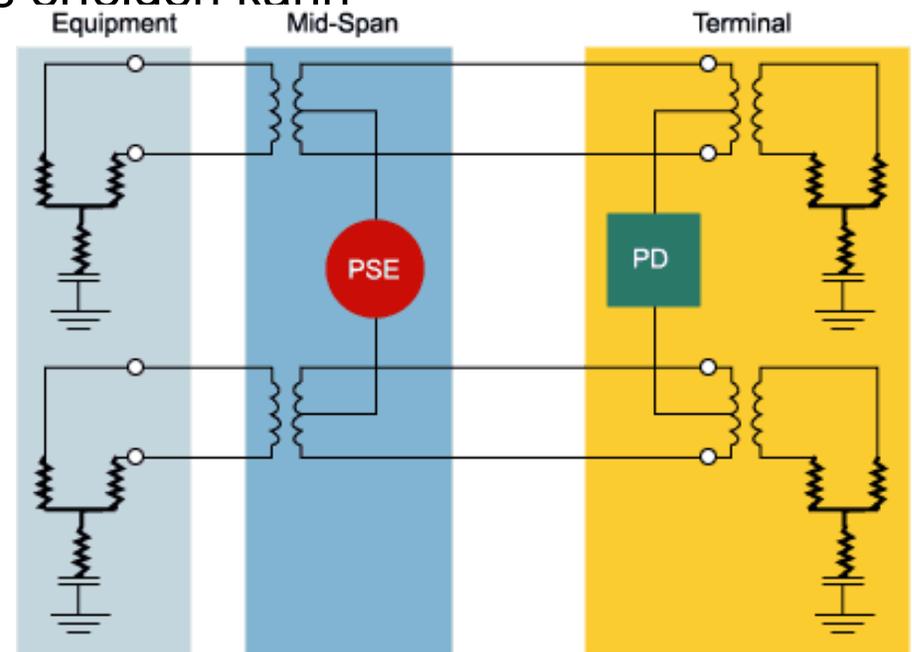
- Gleichspannung von 48 V
- Maximale Übertragungsstrecke 100 m
- Stromaufnahme im Dauerbetrieb maximal 350 mA
- Maximale Einspeiseleistung 15,4 Watt
- Maximale Leistungsaufnahme eines Endgerätes 13 Watt (nach Abzug der Leitungsverluste)
- Während einer Startphase von 100 ms darf ein Gerät auch bis zu 500 mA abnehmen
- Stromversorgung erfolgt über normale Kat3 oder Kat5-Kabel, Standard-RJ45-Stecker (möglich, da von 4 Kabeln nur 2 für die Signalübertragung verwendet werden)



## 3.5.2 Technik: Strom über Signalleitungen

### □ Alternative:

- Strom bei Bedarf auch über die Signalleitungen (TX/RX) transportieren (so genannte „Phantom-Einspeisung“)
- PoE nutzt die Tatsache, dass Ethernet-Transceiver über Übertrager angeschlossen sind, an denen die Ein- und Auskopplung des Gleichstroms erfolgen kann
- eignet sich speziell für Installationen, bei denen die anderen zwei Adernpaare für zusätzliche Anwendungen wie etwa ISDN
- auch GBit-Ethernet belegt alle acht Adern



© tecCHANNEL

## 3.5.2 Technik: Schutz der Geräte

---

### ❑ **Zentrale Aufgabe der Standardisierung**

- Verhinderung von Schäden an nicht PoE-fähigen Endgeräten -> automatische Erkennung der angeschlossenen Endgeräte
  - Nicht PoE-fähige Endgeräte dürfen bei Anschluss an PoE keine Schäden erleiden
  - PoE-Geräte müssen schon vor dem Einschalten mitteilen, dass sie eine Stromversorgung benötigen
  - In beiden Fällen dürfen auch Fehlkonfigurationen nicht zu Schäden führen

### ❑ **Verfahren: Resistive Power Discovery**

- Der Energieversorger (PSE) prüft das Endgerät (PD) auf Kompatibilität, bevor der Strom angelegt wird
- Hierzu werden periodisch minimale Ströme erzeugt und so erkannt, ob das Gerät einen 25-kOhm-Abschlusswiderstand enthält
- Ist dies der Fall kann die Stromversorgung über das Netz erfolgen

## 3.5.3 Einschränkungen

---

### ❑ Einsatz mit 10- und 100-MBit/s-Ethernet

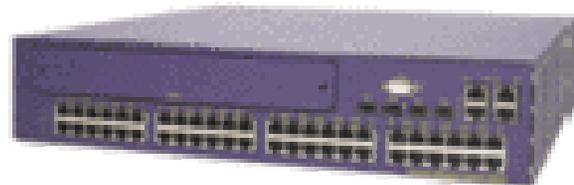
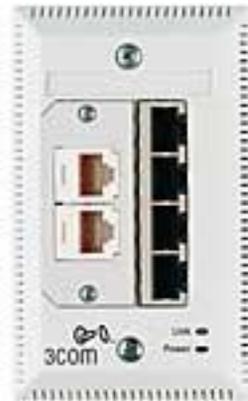
- GBit-Ethernet verwendet alle vier Adernpaare zur Übertragung, hier wäre jedoch eine Energieversorgung über die Signalleitungen möglich (aber Stromversorgung führt zu zusätzlichen Störsignalen auf den Signalleitungen)

### ❑ SNMP-Schnittstelle fehlt bis dato

- 802.3af regelt lediglich die Implementation, nicht aber das Management.
- IEEE und IETF arbeiten dem Vernehmen nach bereits zusammen an einem entsprechenden PoE-MIB-Modul

## 3.5.4 Komponentenbeispiele

---

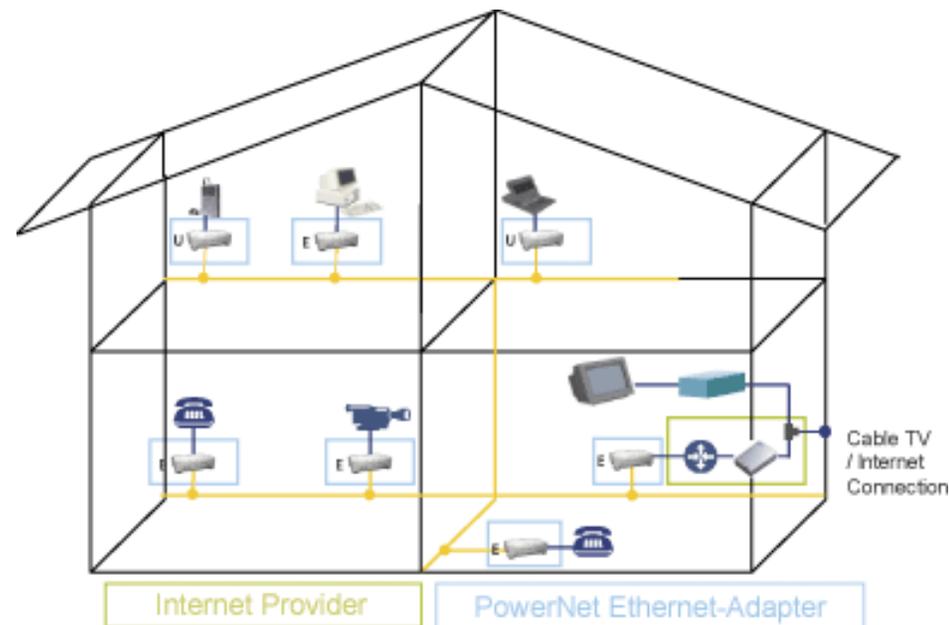


**Summit 300-48**

## 3.5.5 PoE vs. Powerline

### □ Powerline (LAN aus der Steckdose)

- ist eine Technik, mit der Sprache, Daten und Bewegtbild über das Stromnetz übertragen werden können
- Diese Technik kann im Anschlussbereich zur Überbrückung der **letzten Meile** und für die In-House-Vernetzung eingesetzt werden



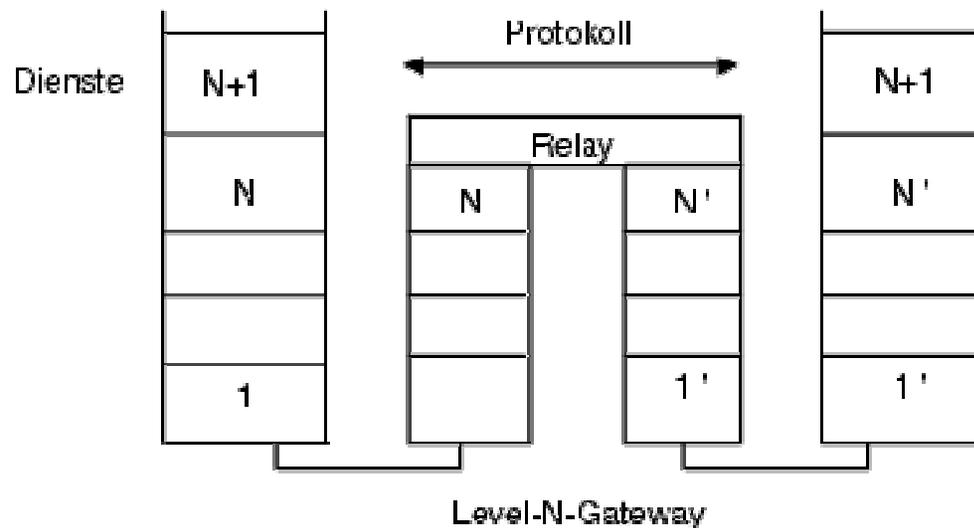
## 3.6. LAN-Verbundkomponenten

---

- 3.6.1 Generelle Kopplungsmöglichkeiten
- 3.6.2 Gateways
- 3.6.3 Repeater
- 3.6.4 Hubs
- 3.6.5 Bridges
- 3.6.6 Verknüpfung unterschiedlicher LAN-Typen
- 3.6.7 Transparente Bridges
- 3.6.8 Spanning-Tree-Algorithmus für Bridges

## 3.6 LAN-Verbundkomponenten: Einführung

- ❑ **Problemstellungen: Längenbeschränkungen von LAN-Segmenten**
  - Ethernet-Segmente dürfen höchstens 500 m bei Standard-Koaxialkabel lang sein (wegen Dämpfung)
    - Einfügung eines Repeaters zur Signalverstärkung (Schicht 1)
- ❑ **Notwendig:**
  - Kopplung von LANs
- ❑ **Gateway:** allgemeiner Begriff für eine Kopplung auf Schicht  $N$



## 3.6.1 Generelle Kopplungsmöglichkeiten (1)

---

### □ Kopplung entsprechend der Ebenen

- **Physical Layer: Repeater** (bitserielle Weitergabe), Hubs (Multiport-Repeater mit Medienanpassung)
- **Data Link Layer: Bridges** (Store-and-Forward auf Frame-Ebene, benützt zusätzliche Informationen über Netztopologie), ferner **Switch**
- **Network Layer: Router** (benutzt IP-Protokolle)

## 3.6.1 Generelle Kopplungsmöglichkeiten (2)

	Repeater/Hub	Bridges/Switch	Router/Switch
OSI/ISO-Layer	Physical	Data Link	Network
Store-and-Forward	Bits	Frames	Messages
Adressierung	keine	MAC-Adresse/Port	Internet-Adresse
Netzerweiterung	nein	ja	ja
Filter	nein	ja	ja
Durchsatz	hoch	mittel	geringer
Kosten	gering	mittel	mittel
Entfernung	beschränkt	beliebig	beliebig
Medienanpassung	nein/ja	ja	ja

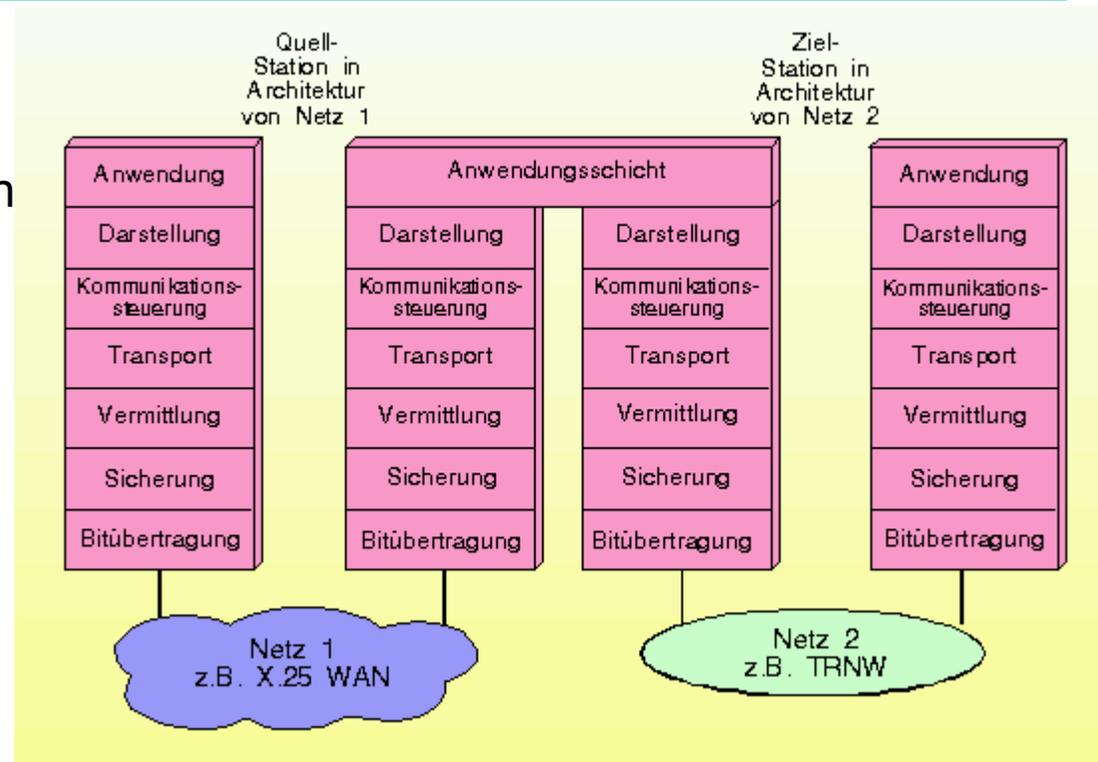
## 3.6.2 Gateways (1)

### □ Eigenschaften:

- Schnittstellenkomponente zwischen gekoppelten Netzen

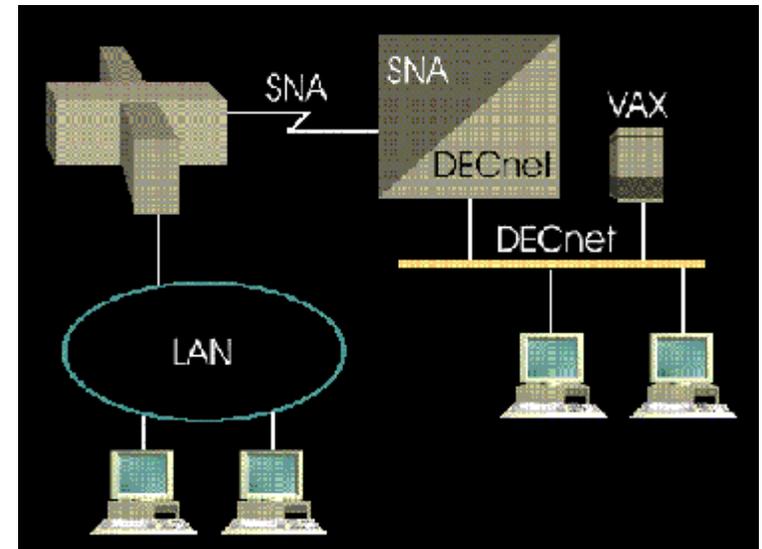
### □ Aufgaben eines Gateways

- Adressierung über Netzgrenzen und Adressabbildung
- Abbilden unterschiedlicher Wegewahlstrategien in Teilnetzen auf (globale) Wegewahl
- Anpassen der Nachrichten bzgl. Format, Länge, Reihenfolge
- Anpassung von Netzzugangsmechanismen
- Abstimmung von Protokollparametern (Fenstergrößen, Timeouts)
- Anpassung von Flusssteuerungsmechanismen, Fehlermeldemechanismen
- Abbildung von Diensten (z.B. verbindungsorientiert -> verbindungslos) und deren Dienstgüteparametern



## 3.6.2 Gateways (2)

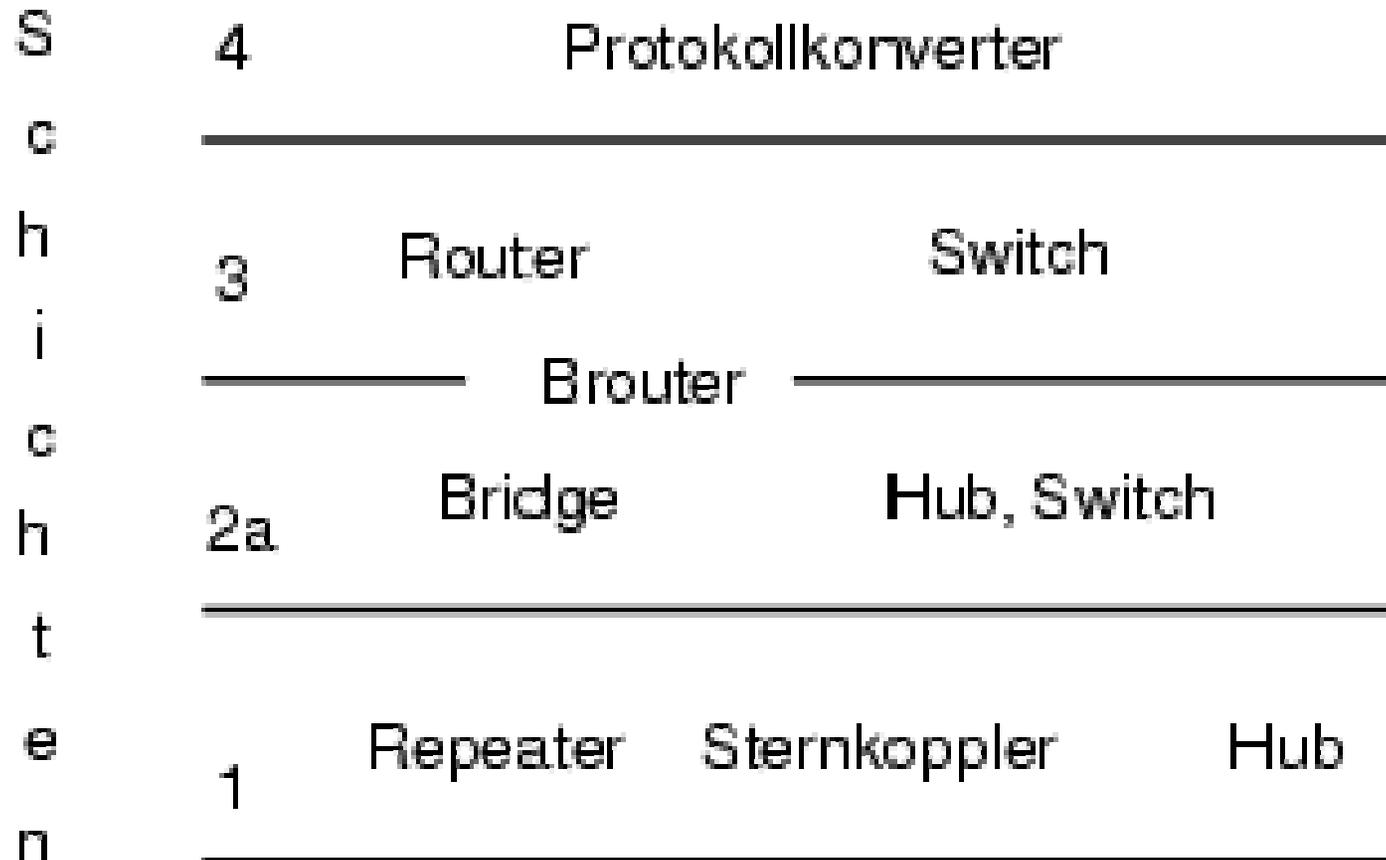
- ❑ **Umfang der unterstützten Funktionen eines Gateways ist abhängig von der Schicht des Gateways**
- ❑ **Beispiel: Gateways zwischen unterschiedlichen Netzarchitekturen**
- ❑ **Folgende LAN-Kopplungen sind denkbar (LANx und LANY sind unterschiedliche LANs u.U. sogar unterschiedliche LAN-Typen):**
  - LANx – GW – LANx
  - LANx – GW – LANY
  - LANx – GW – WAN – GW – LANx
  - LANx - GW – WAN – GW – LANY



## 3.6.2 Gateways (3)

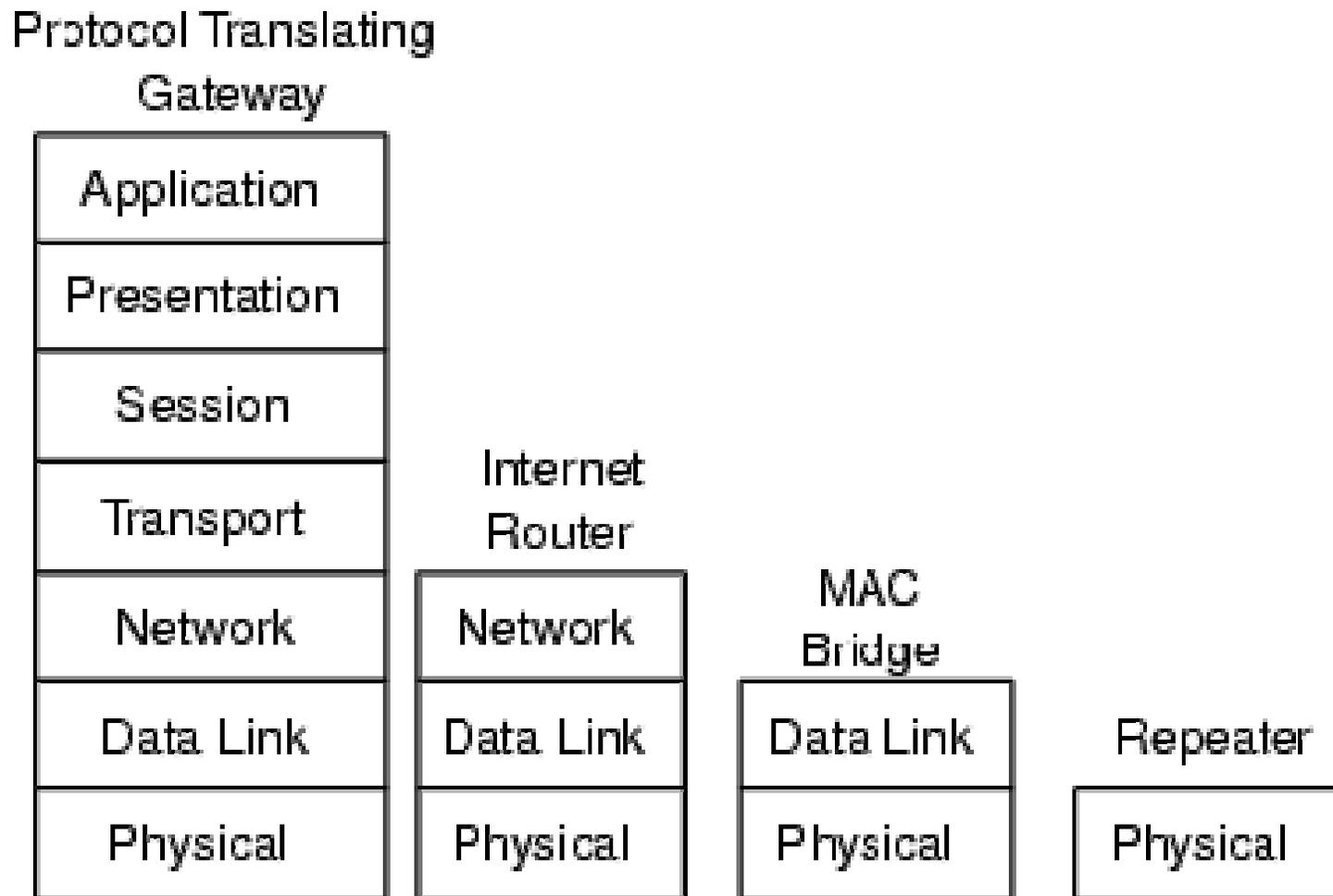
---

- Klassifizierung der Schicht-N-Gateway nach dem ISO/OSI-Modell



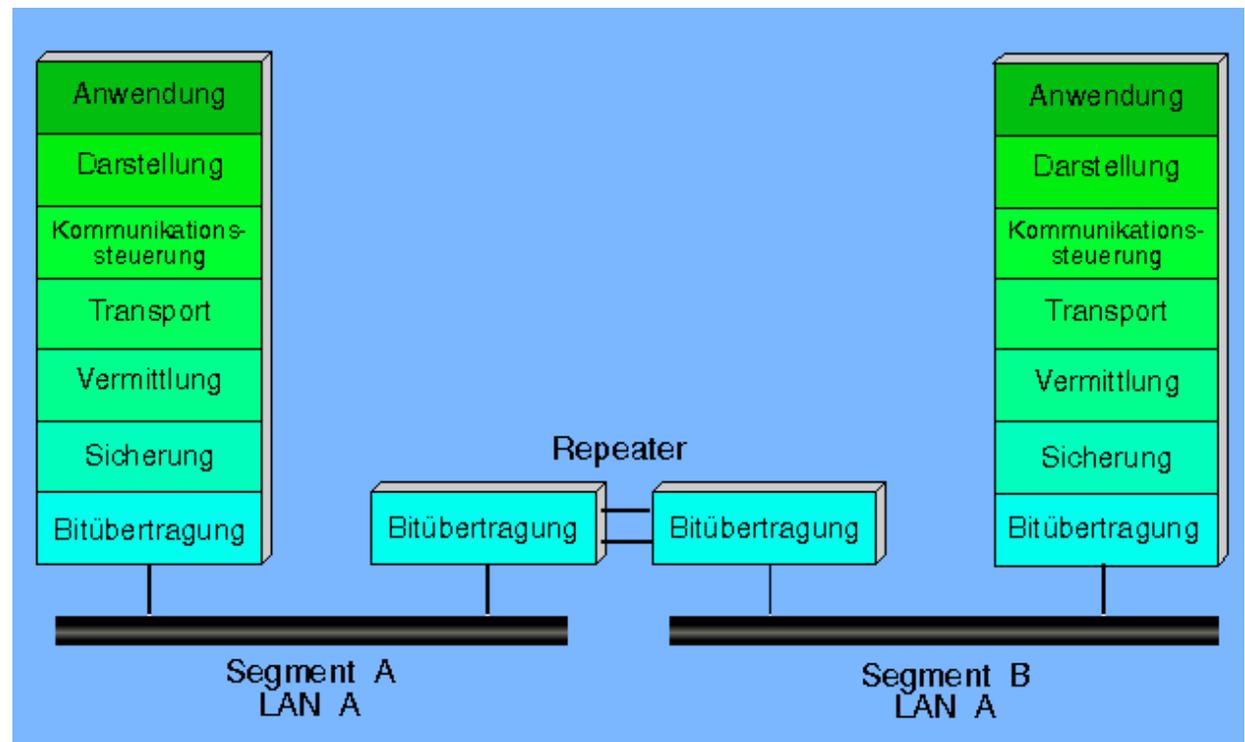
## 3.6.3 Gateways (4)

### □ Ebenen der verschiedenen Gateways



## 3.6.3 Repeater (1)

- ❑ Repeater verknüpfen LAN-Segmente zu einem größeren LAN
- ❑ Verstärken die elektrischen Signale (entspricht Physical Layer Relay)
- ❑ Weiterleiten der Signale an alle Segmente (Frame gelangt ins gesamte LAN, auch wenn er nur für ein Segment bestimmt ist -> verstärkte Netzlast)
- ❑ Repeater-Funktionalität im OSI-Referenzmodell



## 3.6.3 Repeater (2)

---

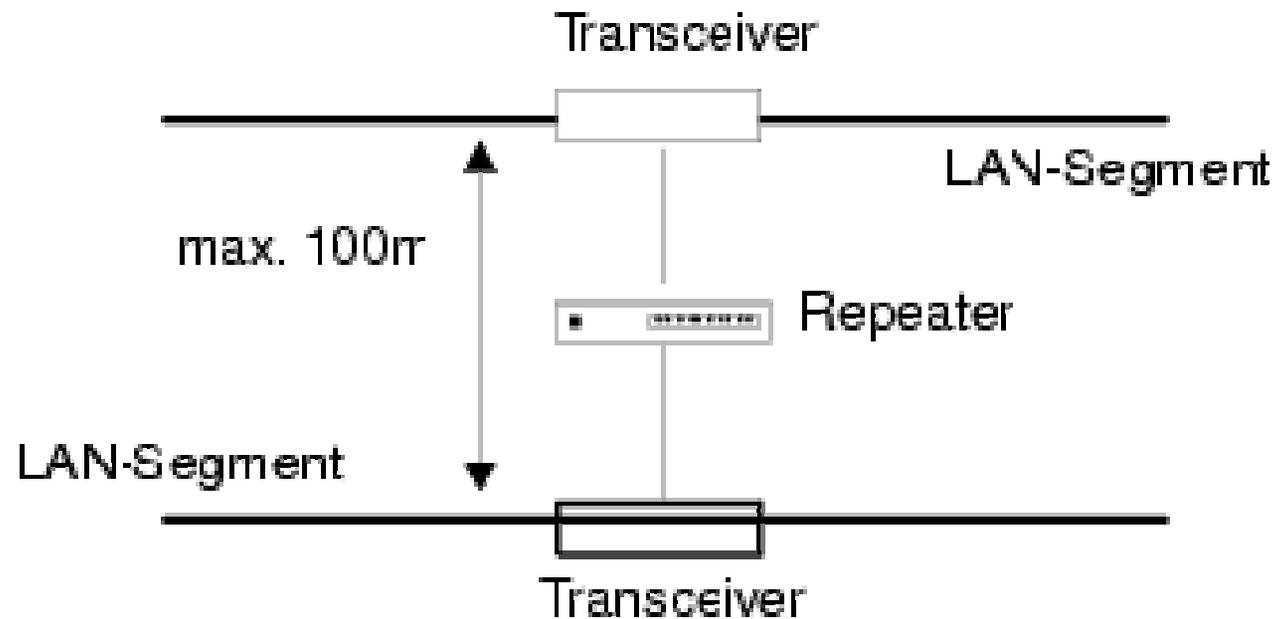
### ❑ Aufgaben eines Repeaters:

- Kollisionserkennung und Erzeugung eines Störsignals bei Kollisionen (bei Ethernet-Repeatern)
- Abtrennen fehlerhafter LAN-Segmente
- Unterscheidung zwischen
  - Lokale Repeater
  - Entfernte Repeater
- Achtung: Repeater-gekoppelte Netze bilden einen Kollisionsbereich (z.B. ein LAN auf Basis von Ethernet)

### ❑ Repeater sind protokoltransparent

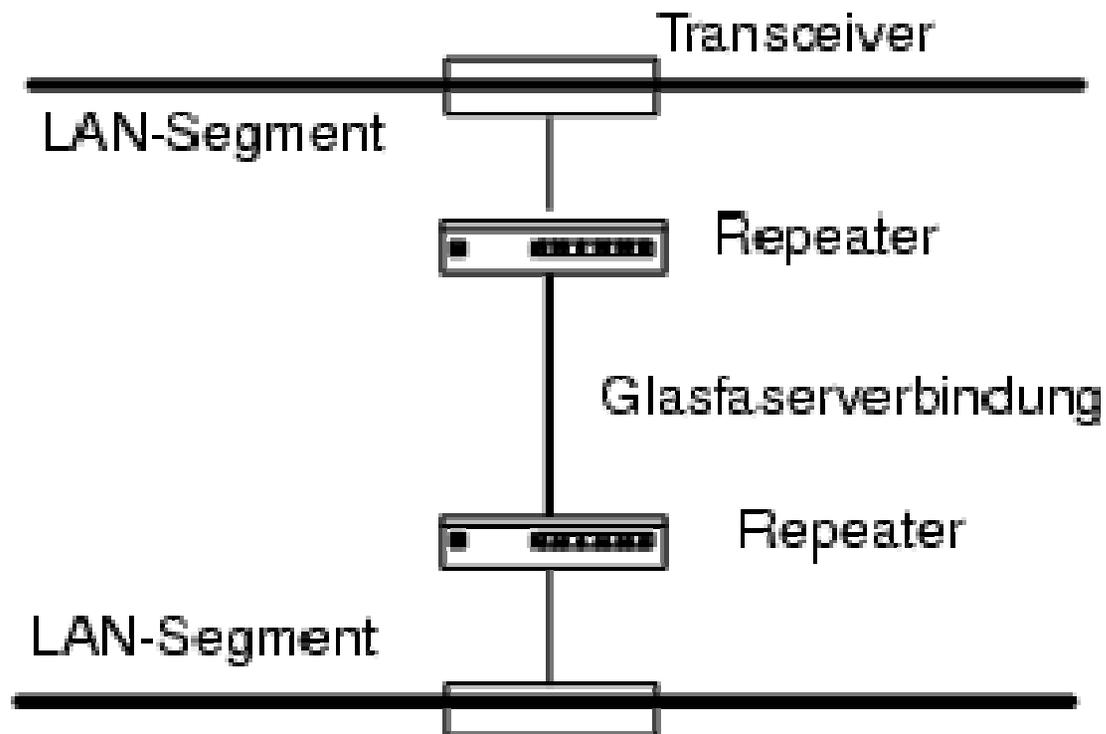
## 3.6.3 Lokale Repeater

- Ein lokaler Repeater dient zur direkten Verknüpfung zweier LAN-Segmente; maximale Transceiver-Kabellänge ist 50 m



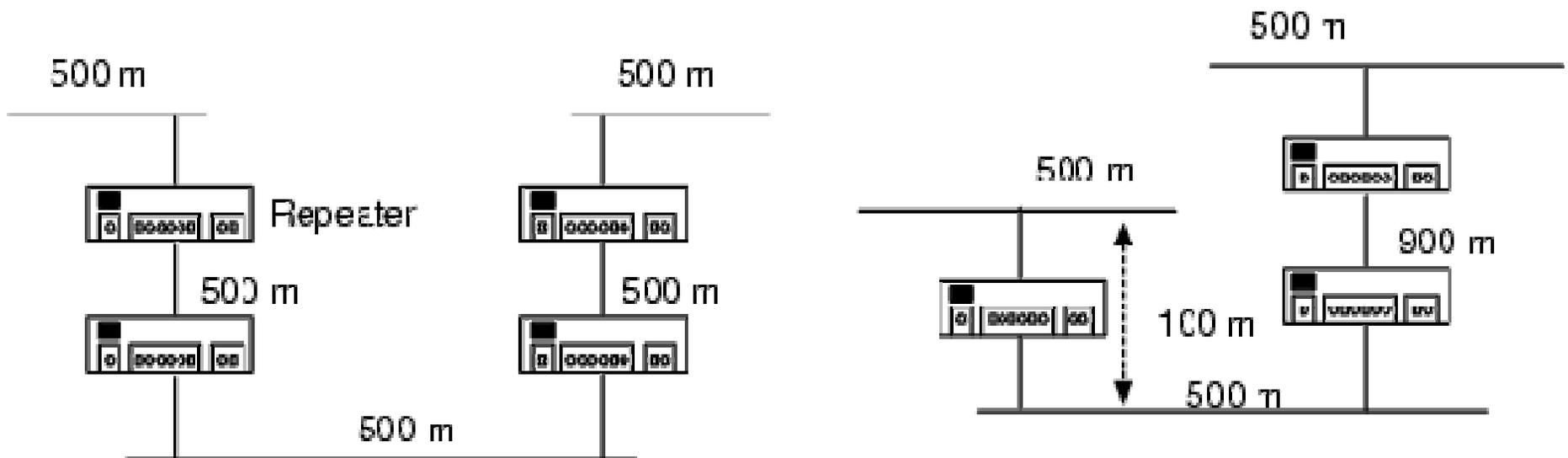
### 3.6.3 Entfernte Repeater

- ❑ Ein entfernter Repeater ist in zwei Hälften geteilt -> LAN-Segmente können weiter entfernt sein
- ❑ Bis zu maximal 12 km bei Einsatz von Glasfaserverbindungen
- ❑ Ein Multiport-Repeater: mehrere Ausgangsports (10Base2, 10BaseT), obsolete



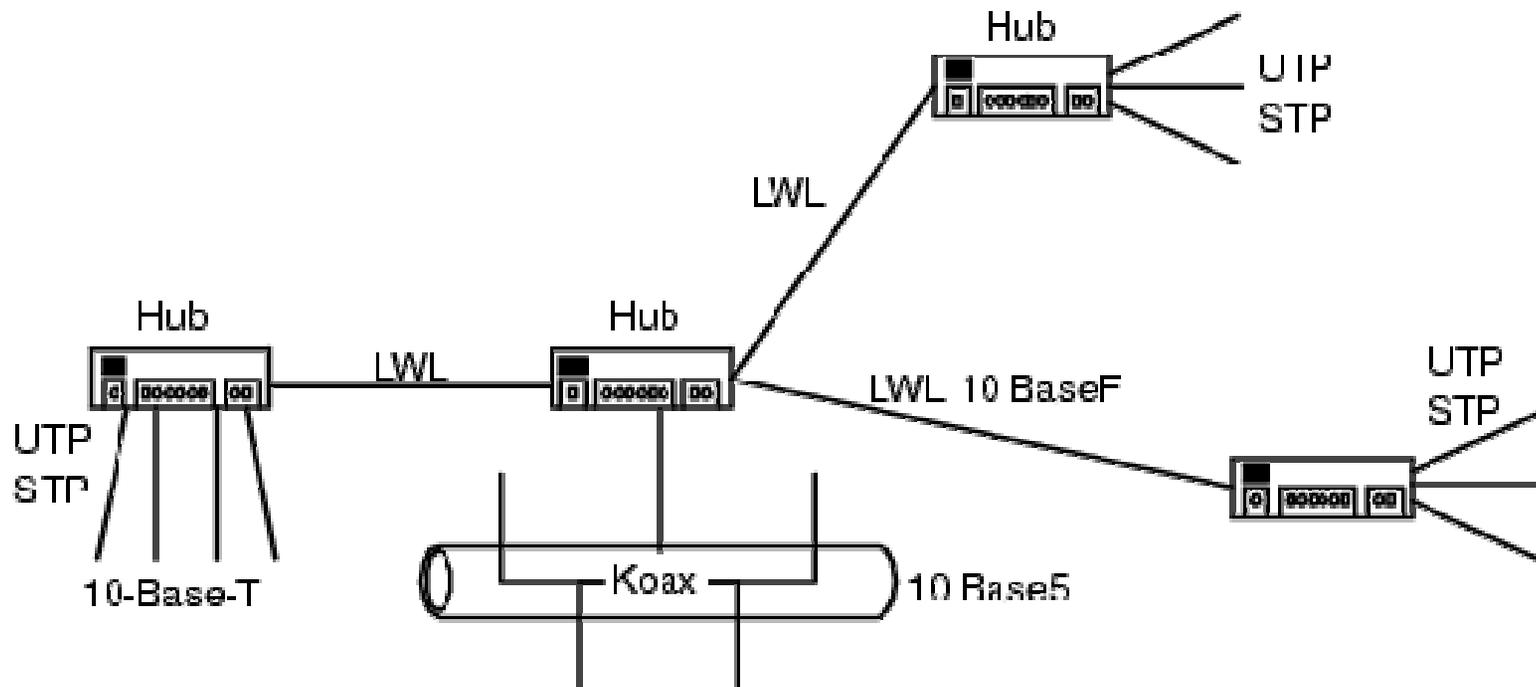
### 3.6.3 Repeater: maximale Konfiguration eines Ethernets

- 5 Segmente und 4 Repeater, davon max. 3 Koaxsegmente und 2 Linksegmente -> 2500m zwischen zwei DTEs. Die maximale Konfiguration wurde durch den IEEE Standard vorgeschrieben.
  - Bei 4 Repeatern: Länge FOIRL (Fiber Optic Inter Repeater Link)  $\leq$  500 m
  - Bei 3 Repeatern: Länge FOIRL  $\leq$  1000 m; d.h. Summe Linksegmente  $\leq$  1000 m
  - Maximal 2 entfernte Repeater auf Kommunikationsweg



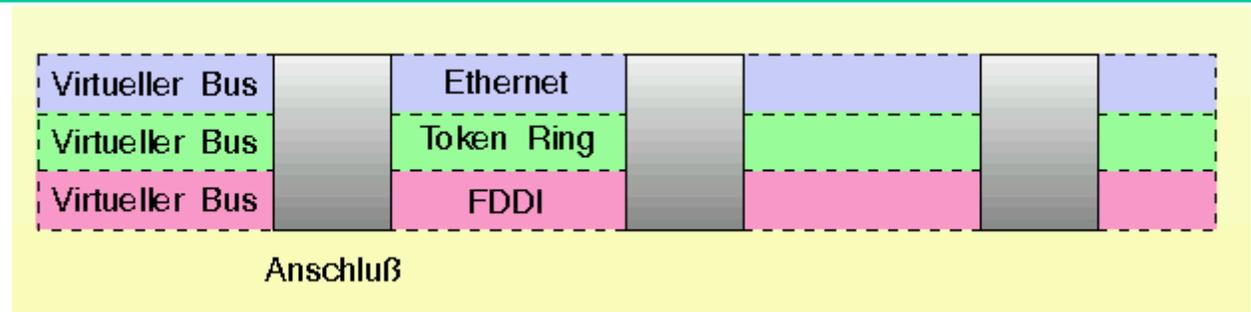
## 3.6.4 Hubs / Sternkoppler (1)

- ❑ Hubs als zentrales Kopplungselement (Wiring Hub), koppelt verschiedenste Medien auf Ebene 1
- ❑ Hubs dienen hier zur Verstärkung und zur Signalumsetzung



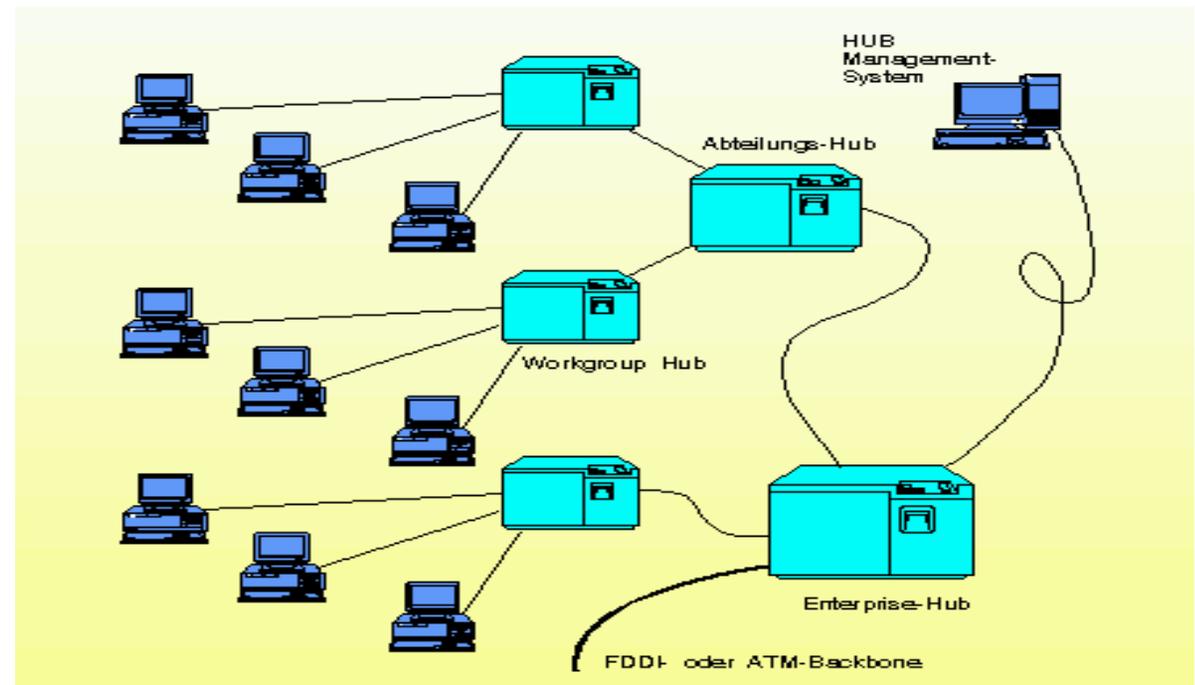
## 3.6.4 Hubs / Sternkoppler (2)

- ❑ Hub-Backplane als segmentierter Bus



- Ein Backplane implementiert die logische und physische Zusammenschaltung der Einsteckmodule

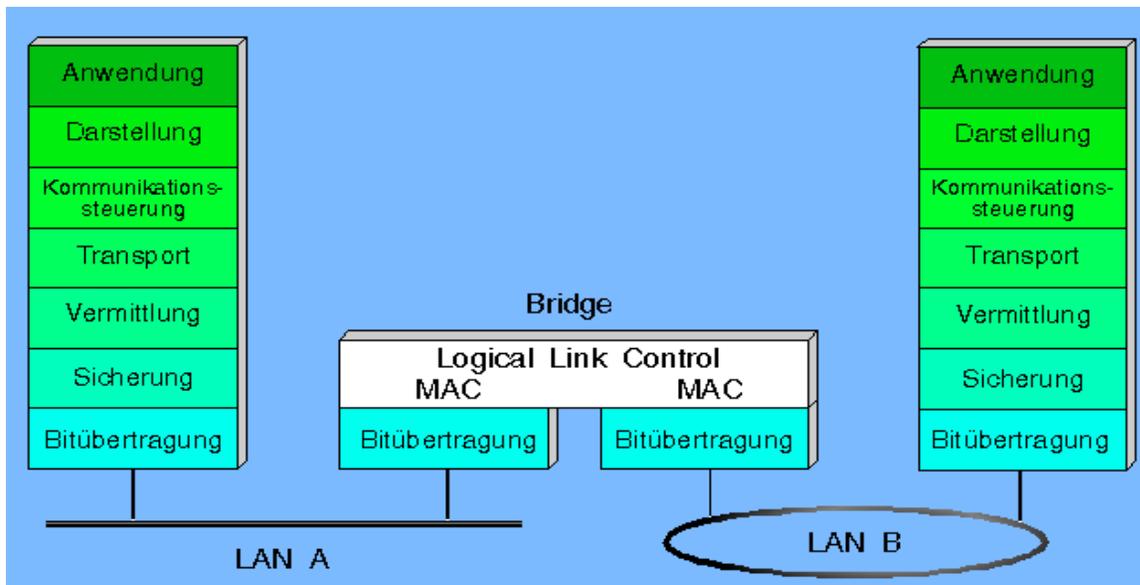
- ❑ Beispiel einer Hub-Hierarchie
- ❑ Bei Neubeschaffungen → Switches



## 3.6.5 Bridges / Brücken

### □ Einführung:

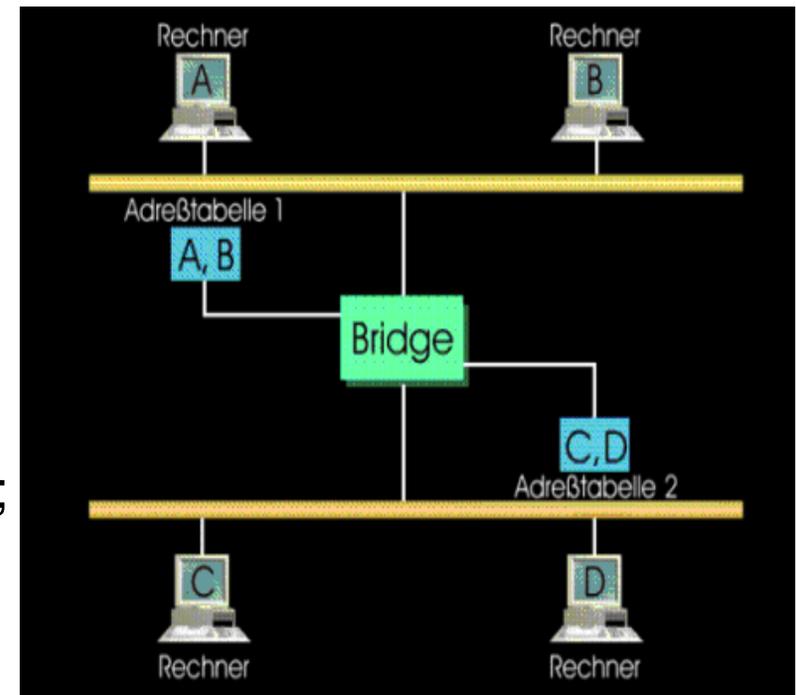
- Über Repeater verbundene LAN-Segmente sind an LAN-Beschränkungen gebunden (d.h. maximale Ausdehnung, Anzahl DTEs)
- Beschränkungen können durch Brücken (**Level-2a-Gateways**) aufgehoben werden
- Einsatz von Brücken, die als „Store-and-Forward“-Geräte agieren, d.h. jedes LAN-Segment wird als eigenes LAN interpretiert
- Im Allgemeinen hat eine einfache Bridge nur 2 Ports



**Kopplung von LAN-Segment auf der Medium-Zugangsschicht (Schicht 2a); Verwendung meist zur Verknüpfung von zwei IEEE 802-LANs -> Eventuell Modifikation des MAC-Frames (transparent für höhere Schichten)**

## 3.6.5 Eigenschaften von Brücken (1)

- ❑ **Bridges puffern empfangene Frames**
  - Store-and-Forward Modus; fehlerhafte Frames werden herausgefiltert; nur fehlerfreie, relevante Frames werden propagiert
  - durch Pufferung unterschiedliche MAC-Protokolle verwendbar;
- ❑ **Fehlende Flusskontrolle auf Schicht 2a**
  - ➔ Puffer in Bridge können überlaufen
- ❑ **Aufgaben einer Bridge:**
  - Medienunabhängigkeit bei Kopplung
  - Unabhängigkeit vom Zugriffsverfahren der Einzel-LANs z.B. CSMA/CD oder Token-Ring
  - Adresstransparenz für höhere Protokolle
  - Lastentkopplung des lokalen Verkehrs; es werden nur relevante Frames propagiert
  - Fehlereingrenzung bis Ebene 2a



## 3.6.5 Eigenschaften von Brücken (2)

---

- ❑ **Aufgaben einer Bridge:**
  - Schutzfunktionen über Filtermechanismen  
Darunter versteht man das gezielte Weiterleiten bzw. Blockieren von Frames
  - Redundanz-Möglichkeit durch Alternativ-Wege  
Achtung: Schleifen müssen vermieden werden
  - Grundsätzliche Management-Funktionalität der Komponente Bridge
- ❑ **Interne Schnittstellen, z.B. zwischen den beiden unabhängigen MAC-Instanzen und der Relay-Instanz**
- ❑ **Filter-Bridges**
  - Filterkriterien sind u.a.: das Typfeld eines Ethernet-Paketes, die Paketlänge, Broadcastpakete oder die Absender-/Empfängeradresse
  - Filterfunktion wird durch den „Forwarding Process“ wahrgenommen, der sich der Einträge in Filterdatenbank bedient; Filtereinträge können statisch oder dynamisch sein.

## 3.6.5 Einsatzgebiete von Bridges

### ❑ Lokale Bridges

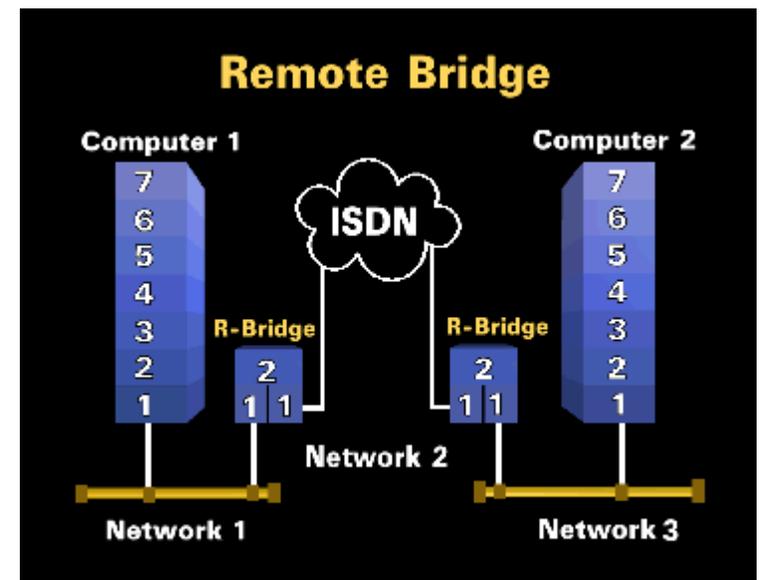
- Verbinden LAN-Segmente direkt, als Subnetzkopplung innerhalb eines Unternehmens- oder Campus-Netzes
- Die Verbindung wird über die LAN-Eingangsports und -Ausgangsports der Brücke hergestellt, d.h. mit Ein- und Ausgangsgeschwindigkeiten der LAN-Bandbreite

### ❑ Remote Bridges

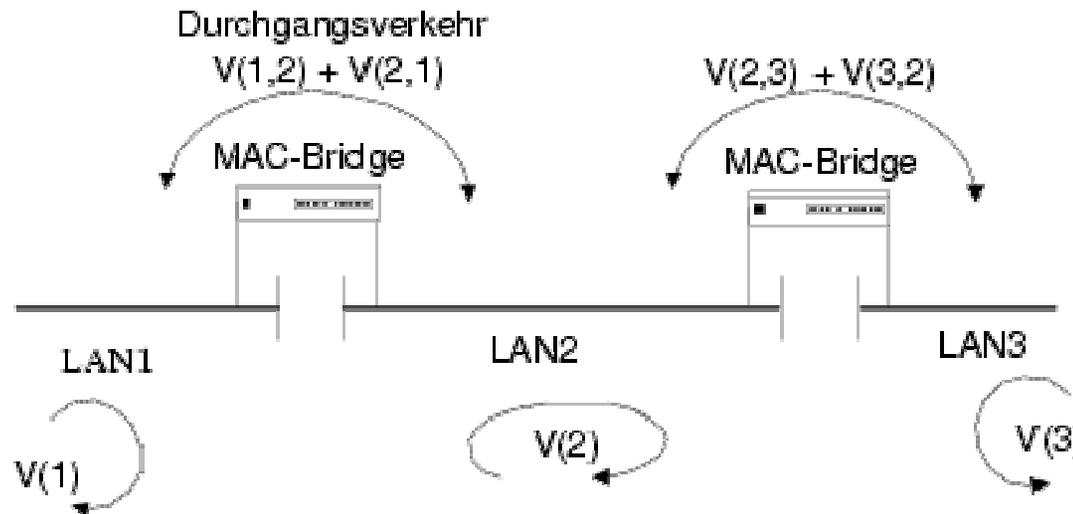
- Die Remote-Brücke verbindet räumlich entfernte Subnetze auf der MAC-Schicht über private Leitungen oder Weitverkehrsnetze
- Wird immer paarweise eingesetzt

### ❑ Multiport Bridges

- Hat mehr als zwei Ports, kann also mehrere Subnetze miteinander verbinden; bis zu 20



## 3.6.5 Bridge: Charakteristische Zahlen



### □ Definition

- $V(i)$ : mittlere Verkehrsraten im Ethernet (i) (lokaler Verkehr)
- $V(i,j)$ : Segmentübergreifende Verkehrsrate, d.h. von i nach j.
- $F(i,j)$ : Filterrate der Bridge. Und zwar bzgl. dem Verkehr von i nach j.
- $D(i,j)$ : Durchsatzrate der Bridge

### □ Forderung

- $D(i,j) \geq V(i,j) + V(j,i)$ : Der Durchsatz ist größer als der Verkehr in beide Richtungen
- $F(i,j) \geq V(i) + V(j)$ : Die Filterrate ist größer als der Verkehr in beiden Netzen

## 3.6.6 Verknüpfung unterschiedlicher LAN-Typen (1)

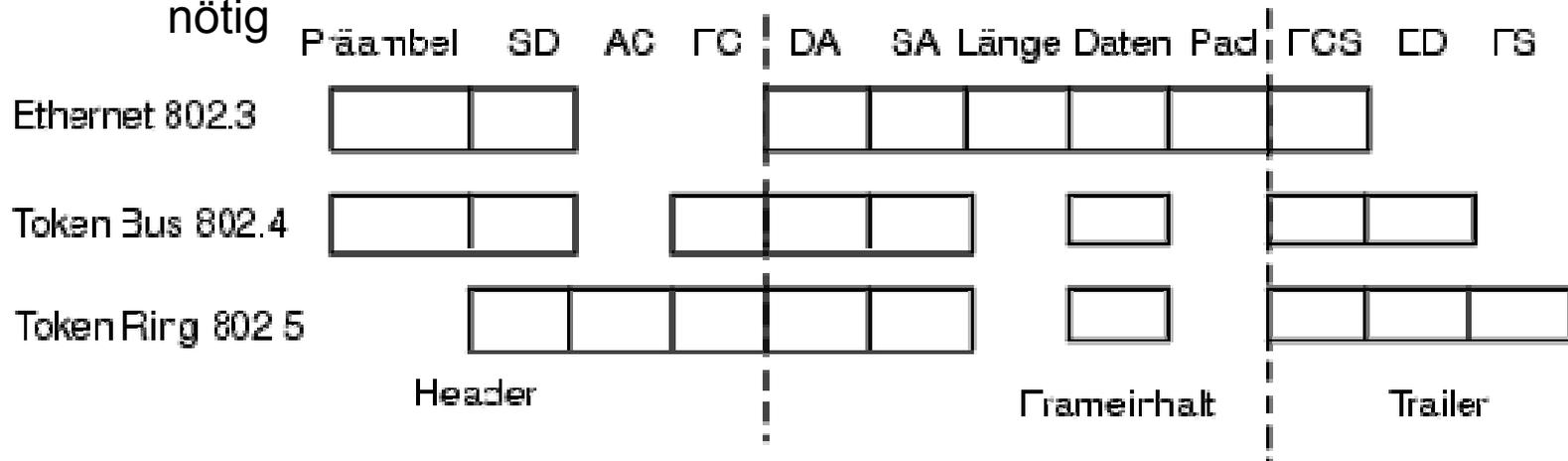
### ❑ Probleme bei der Verknüpfung unterschiedlicher LANs wegen:

- Unterschiedlichen Frameformats
- Unterschiedlicher Framelänge
- Verwendung von Prioritäten
- Broadcasting (extreme Auswirkungen auf Netzlast möglich)

### ❑ Frame-Format

- Unterschiedliche Formate für Ethernet, Token-Ring und Token-Bus (historisch bedingt)

➔ Eventuell Reformatierung und neue Berechnung der Prüfsumme nötig



## 3.6.6 Verknüpfung unterschiedlicher LAN-Typen (2)

---

### □ Datenrate

- Probleme bei der Verbindung von LANs mit unterschiedlichen Datenraten
  - 802.3 (Ethernet): 1, 2, 10, 100, 1000 Mbps, 10Gbps
  - 802.4 (Token Bus): 1, 5, 10 Mbps
  - 802.5 (Token Ring): 1, 4, 16, 100 Mbps
- Propagieren von einem langsamen Netz in ein schnelleres Netz ist kein Problem; andere Richtung: Gefahr von Pufferüberläufen in der Bridge

### □ Frame Länge

- Unterschiedliche Frame Längen erfordern die Aufteilung von zu langen Frames (Segmentierung)
  - 802.3: 1518 Bytes
  - 802.4: 8191 Bytes
  - 802.5: abhängig vom Ringumfang

## 3.6.6 Verknüpfung unterschiedlicher LAN-Typen (3)

---

- Spezielle Probleme, falls Frame für Ziel-LAN zu lang; es existieren 3 Möglichkeiten, die Situation zu behandeln:
  - Löschen des Frames
  - Sender muss Obergrenzen auf Weg zu Ziel-DTE kennen oder
  - Segmentierung von zu großen Frames
- Letztere Funktionalität wird meist auf Vermittlungsschicht angeboten, d.h. Einsatz von Router

### □ Prioritäten

- Behandlung der Prioritäten hängt von den Übergängen ab:
  - Token Bus/Token Ring -> Ethernet: Verlust der Priorität, bei Token Ring wird FS als Bestätigung verwendet, hier bestätigt ersatzweise die Bridge, ohne den wirklichen Empfang überprüfen zu können
  - Ethernet -> Token Bus/Token Ring: Generierung von Prioritäten

## 3.6.6 Verknüpfung unterschiedlicher LAN-Typen (4)

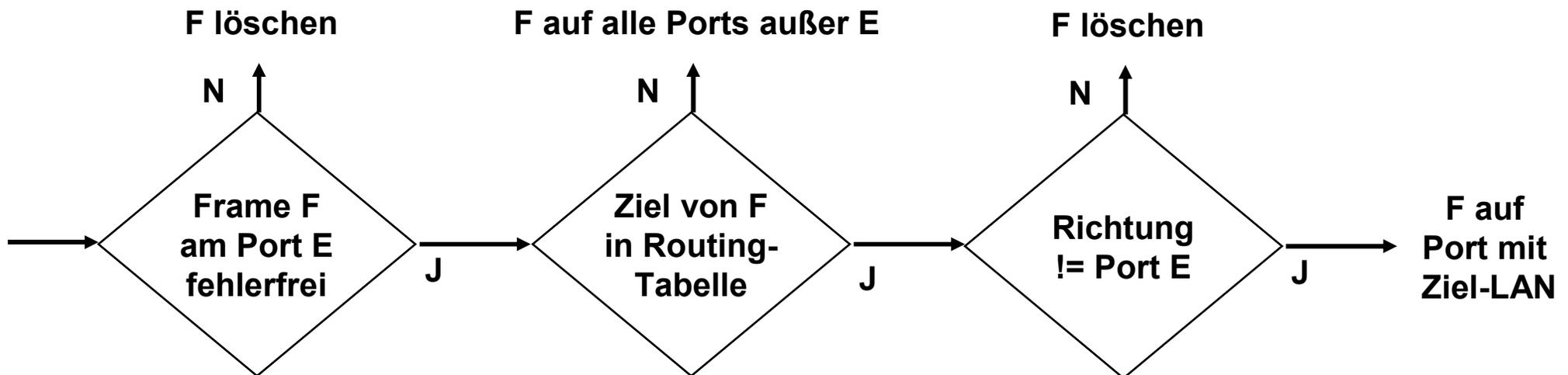
---

### □ Wegewahl in Bridge-Verbunden

- Abhängig von dem Routing der zu propagierenden Bridges können 2 Klassen von Bridges unterschieden werden:
  - **Transparente Bridges:**
    - überträgt Frames auf Hop-Basis und arbeitet nach einer Tabelle, in der die Endknoten und Brückenports einander zugeordnet sind (je nach Lernmechanismus und Spanning-Tree-Verfahren)
    - Dieses Verfahren heißt transparent, weil die Lage der Brücken für die Endknoten transparent ist
    - Dieser Ansatz wird für das Ethernet verwendet
  - **Quell-Routing Bridges:**
    - Spezifizierung eines Routing-Algorithmus auf LLC-Ebene
    - Der Hauptteil der Wegfindung wird von den Quellstationen (sendende Station handhabt die Routing-Tabellen über alle offenen, aktiven Verbindungen) durchgeführt, d.h. gesendeter Frame muss Routing-Information enthalten
    - Komplementäres Verfahren zum Spanning-Tree-Protokoll, um redundante Strukturen zu erkennen. DTEs müssen Topologie kennen
    - Dieser Ansatz wird für den Token Ring verwendet

## 3.6.7 Transparente Bridges (1)

- ❑ Ziel ist die vollkommene Transparenz für die kommunizierenden DTEs, d.h. sie sind sich nicht bewusst, dass ihre Kommunikation über ein/mehrere Bridges erfolgt
- ❑ Eigenschaften:
  - Routing-Tabelle je Bridge
  - Diese dient zur Entscheidung, ob und wie die gepufferten Frames propagiert werden müssen
  - Routing-Tabelle enthält eine Zuordnung zwischen DTE-Adresse und den für diese Adresse zu wählenden Ausgang der Bridge (Port)



## 3.6.7 Transparente Bridges (2)

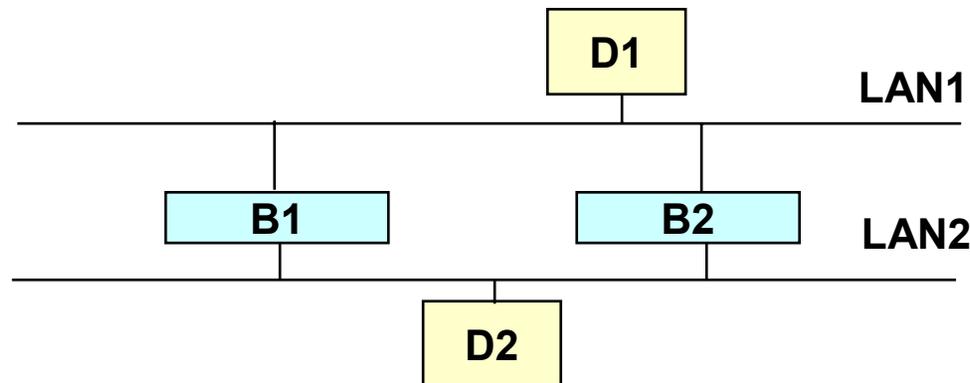
---

- ❑ **Bei der Initialisierung des Netzverbundes ist Routing-Tabelle i.a. leer**
  - ➔ **Lernmechanismus** und **Flooding**-Algorithmus notwendig, d.h. falls kein Eintrag in Routing-Tabelle, wird Frame auf **alle** Ausgangsports propagiert
- ❑ **Lernmechanismus zur Bestimmung der Routing-Tabelle**
  - Hier werden die Quelladressen der empfangenen Frames betrachtet; falls Quelladresse noch nicht in Routing-Tabelle -> Eintrag mit Zuordnung des Ausgangsports, auf dem Frame empfangen wurde
  - Der Mechanismus ist ein-/ausschaltbar; Verwendung eines Alterungsmechanismus (löscht Einträge aus Routing-Tabelle), um auf Veränderungen zu reagieren
- ❑ **Vermeidung von Schleifen:**
  - Falls mehrere Bridges parallel zwischen 2 LANs eingesetzt werden, führt dies zu Problemen

## 3.6.7 Transparente Brücken: Schleifenbeispiel

- Beispiel:

- LAN1 und LAN2 jeweils direkt mit den Bridges B1 und B2 verbunden; D1 ist verbunden mit LAN1 und D2 mit LAN2
- Ein Frame F wird von D1 nach D2 gesendet, wobei D2 vorher unbekannt ist
- Bei Verwendung von Flooding durch B1 und B2 oszilliert F zwischen LAN1 und LAN2; falls Bridge bzgl. D1 immer noch im Flooding-Modus ist, würde der Ausgangsport jeweils aktualisiert werden, z.B. zuerst LAN1, dann LAN2, dann LAN1, etc.

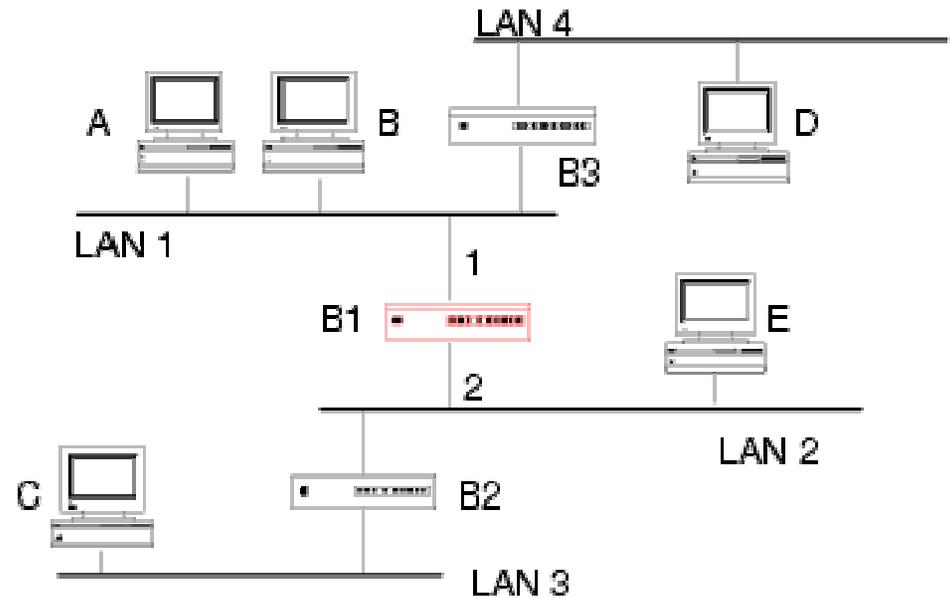


- ➔ Abwendung des Algorithmus zur Bestimmung des minimal aufspannenden Baumes („Spanning Tree Algorithm“); es ergibt sich eine aktive Verbundtopologie

## 3.6.7 Transparente Brücken: Beispiel Lernmechanismus

### □ Auswirkungen des Lernmechanismus auf Routingtabelle von B1:

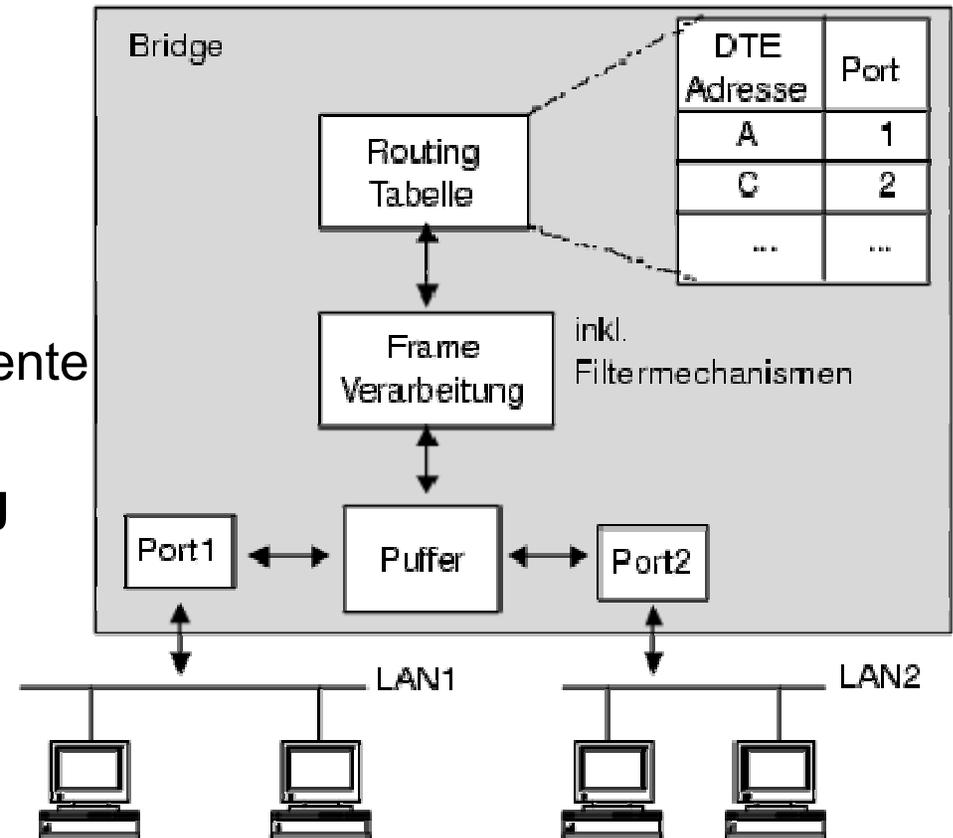
- Initialisierung: leere Tabelle
- Nachricht A -> E: Eintrag (A,1);  
-> Propagieren auf 2 (Flooding)
- Nachricht E -> A: Eintrag (E,2);  
-> Propagieren auf 1
- Nachricht C -> D: Eintrag (C,2); -> Propagieren auf 1 (Flooding)
- Nachricht E -> C: - -> -, weil auf Port 2-Seite



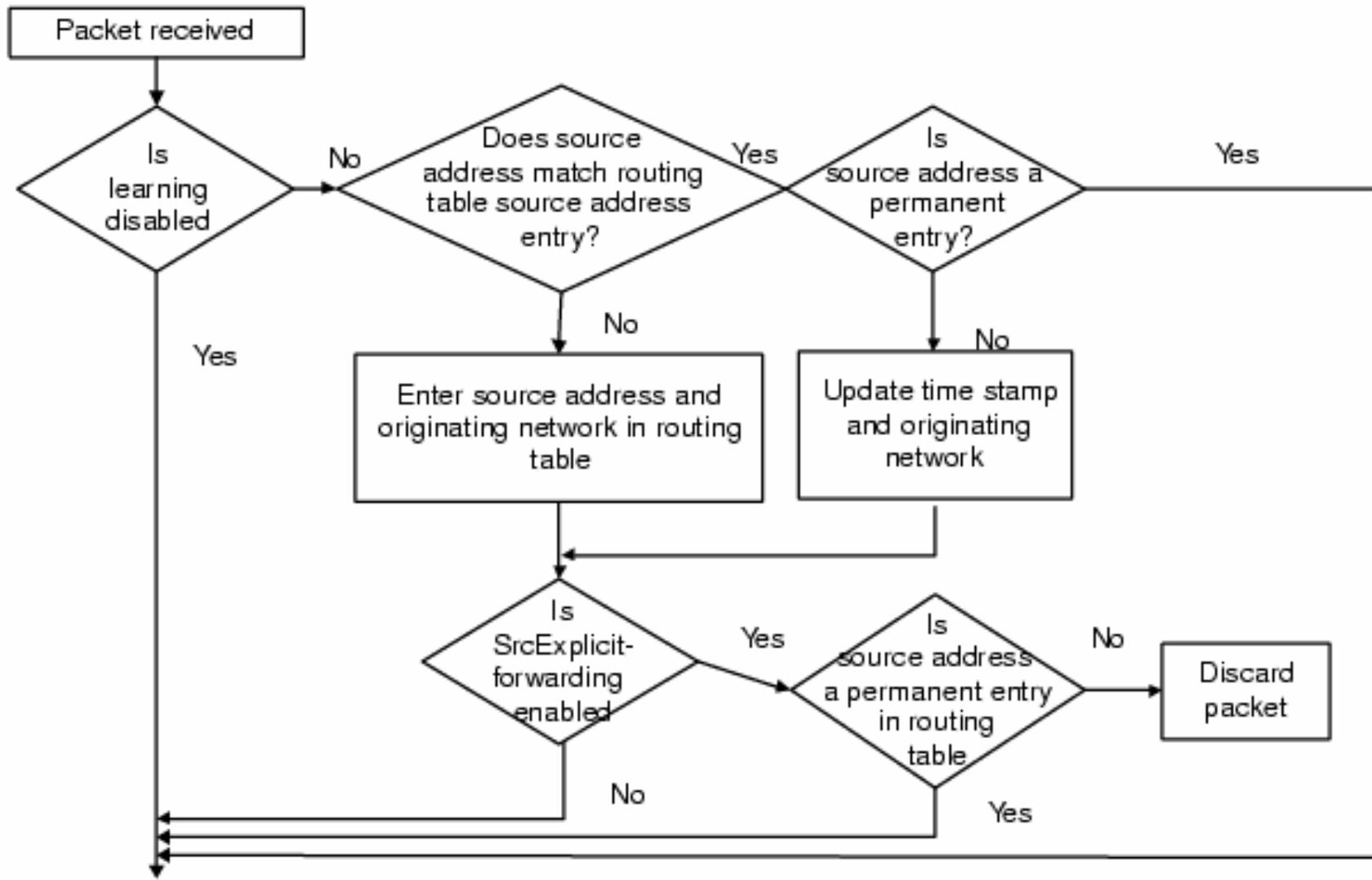
## 3.6.7 Transparente Brücken: Architektur

- Eine Bridge besteht aus:
  - Ports
  - Puffer
  - Routingtabelle
  - Frame-Verarbeitungs-komponente

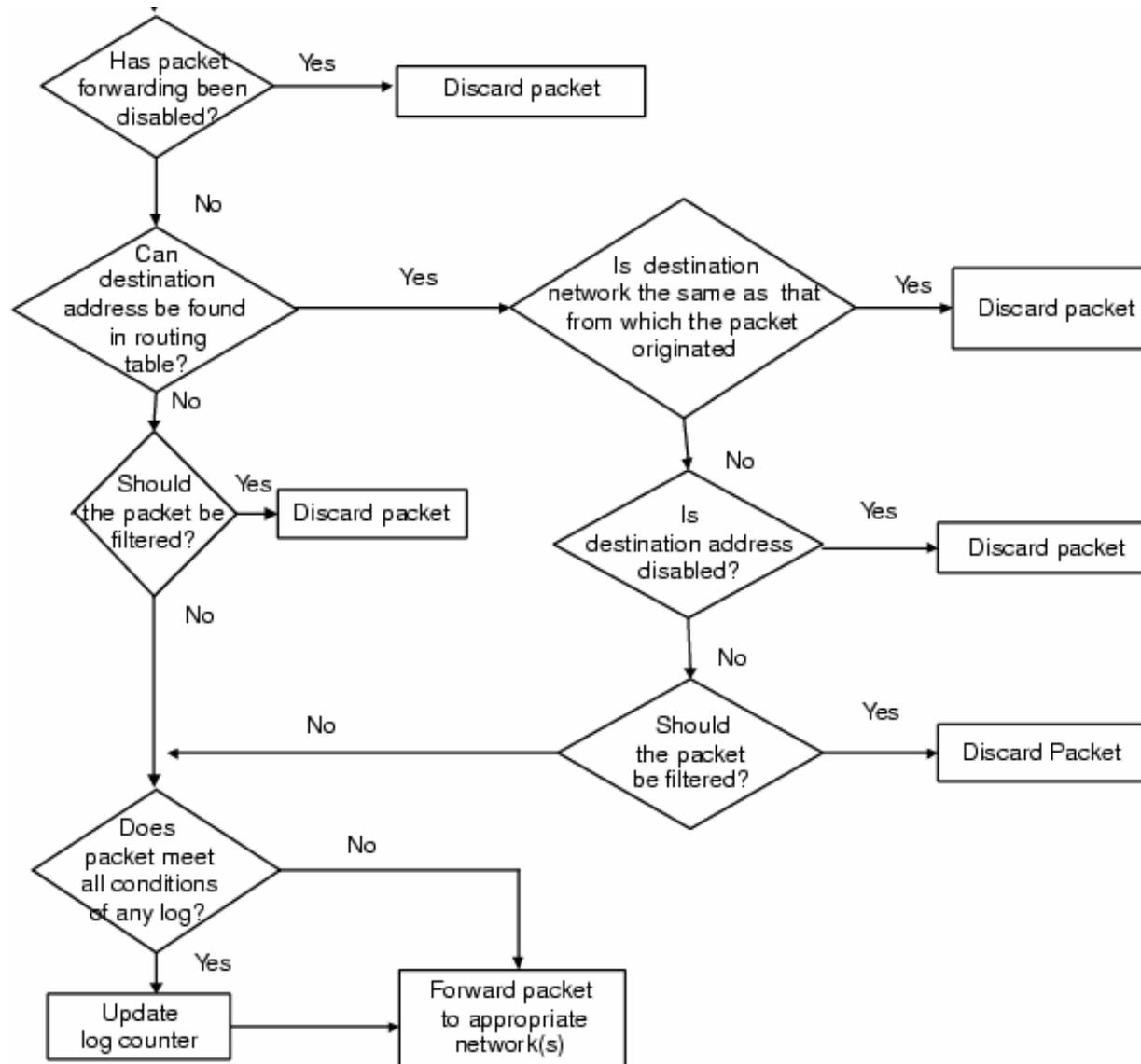
- Aktualisierung der Routing-tabelle nach Topologieänderung  
-> **Änderungsmechanismus:**  
d.h. Rücksetzen eines Eintrags in der Routing-Tabelle nach längerer Inaktivität; Umfang der Routing-Tabelle wird begrenzt, da nur für aktive DTE ein Eintrag besteht; mittels Lernmechanismus/Flooding erfolgen Neueintragungen



## 3.6.7 Transparente Brücken: Arbeitsweise einer Bridge (3Com)



## 3.6.7 Transparente Brücken: Arbeitsweise einer Bridge (3Com)



## 3.6.8 Spanning-Tree-Algorithmus für Bridges (1)

---

- **Ablauf (Bridge ist spezifiziert durch Paar (eindeutiger Identifikator, Priorität), ID stammt vom Hersteller, Priorität kann benutzt werden, um Bandbreite für Topologie zu optimieren**
  - Bestimmung der „Root-Bridge“ R: Bridge mit kleinstem Identifikator; andere Möglichkeit wäre höchste Priorität (bei mehrere gilt wiederum ID) -> Root-Bridge eindeutig
  - Jede Bridge B (außer Root-Bridge) bestimmt Wegekosten zwischen B und Root R bzgl. Ports -> Port mit minimalen Kosten wird Root-Port; Wegekostenbestimmung mit Hilfe der LAN-Datenraten (höhere Datenrate = geringere Wegekosten); bei Gleichheit gilt Portnummer; Wegekosten können Laufzeit, Zahl der durchlaufenen Bridges oder echte Gebühren sein
  - Für jedes LAN S werden Bridge-Ports zur Propagierung von Frames bestimmt („Designated Bridge“ und „Designated Port“)  
= Port mit geringsten Wegekosten zur Wurzel über alle in Frage kommenden Bridges

## 3.6.8 Spannung-Tree-Algorithmus für Bridges (2)

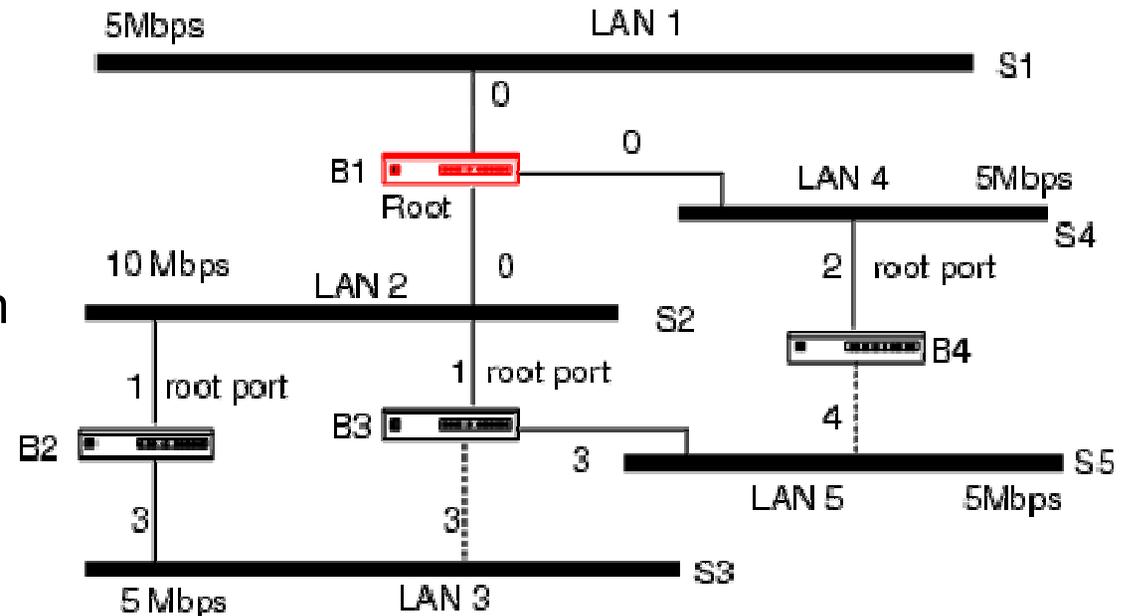
---

- Für jedes LAN wird eine Bridge zu R bestimmt (Bridge mit kostengünstigsten Port) und dann dessen Port; ein Root-Port ist immer ein Designated Port, da gewisse LANs nur über Root-Port erreichbar; bei allen Bridge-Ports wird Port mit geringsten Wegekosten gewählt (bei Gleichheit kleinste ID); andere Ports erhalten Zustand blockiert d.h. es werden über diese keine Frames propagiert.

## 3.6.8 Spanning-Tree-Algorithmus für Bridges: Beispiel (1)

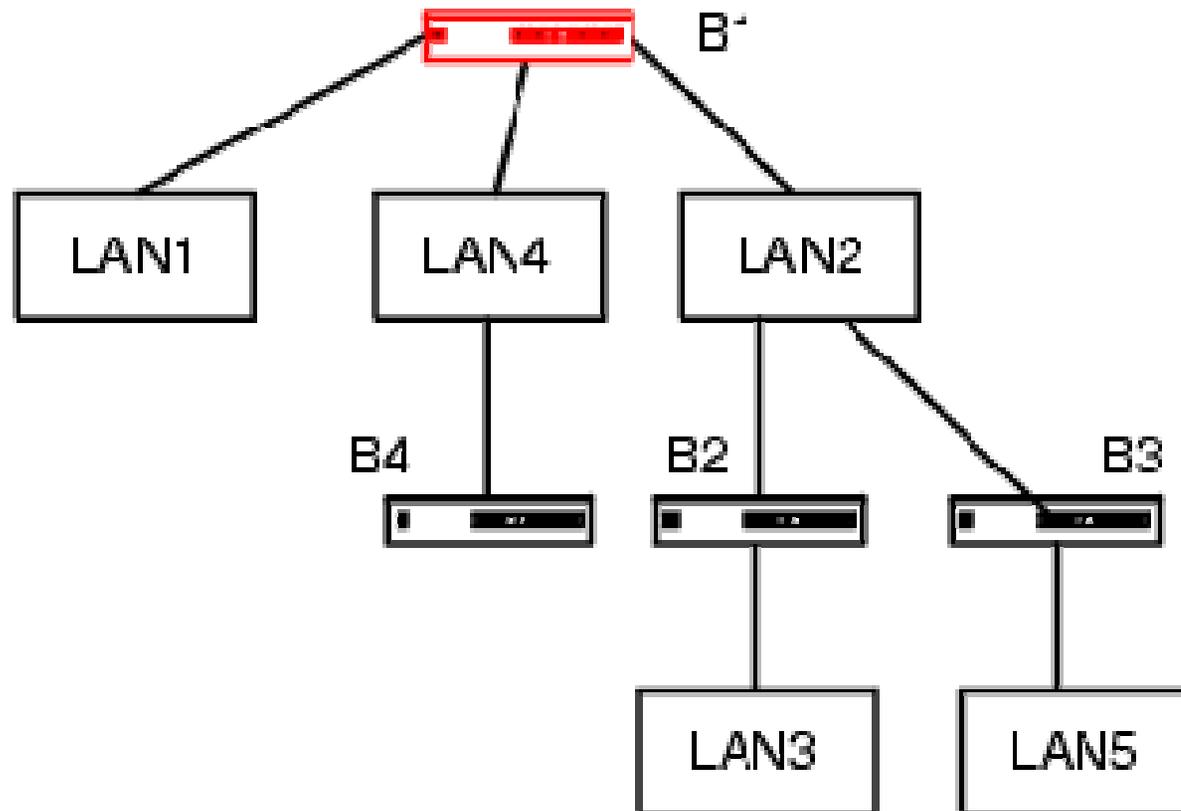
### □ Beispiel

- B1 ist Root-Bridge
- RP sind die bestimmten Root-Ports
- Nummern an Portausgängen bezeichnen Wegekosten zur Root-Bridge
- S2 hat Kosten 1, alle restlichen Segmente  $S_i$  haben Kosten 2. Für S3 wird B2 als Designated Bridge ausgewählt (Wegekosten sind zwar gleich, aber  $B2 < B3$ ); somit ist der Port zu S3 der Designated Port
- Für S5 wird B3 statt B4 ausgewählt, da geringere Wegekosten



## 3.6.8 Spanning-Tree-Algorithmus: Beispiel (2)

- Es ergibt sich folgende Netzstruktur



## 3.6.8 Spanning-Tree-Algorithmus: Kontrollframes

---

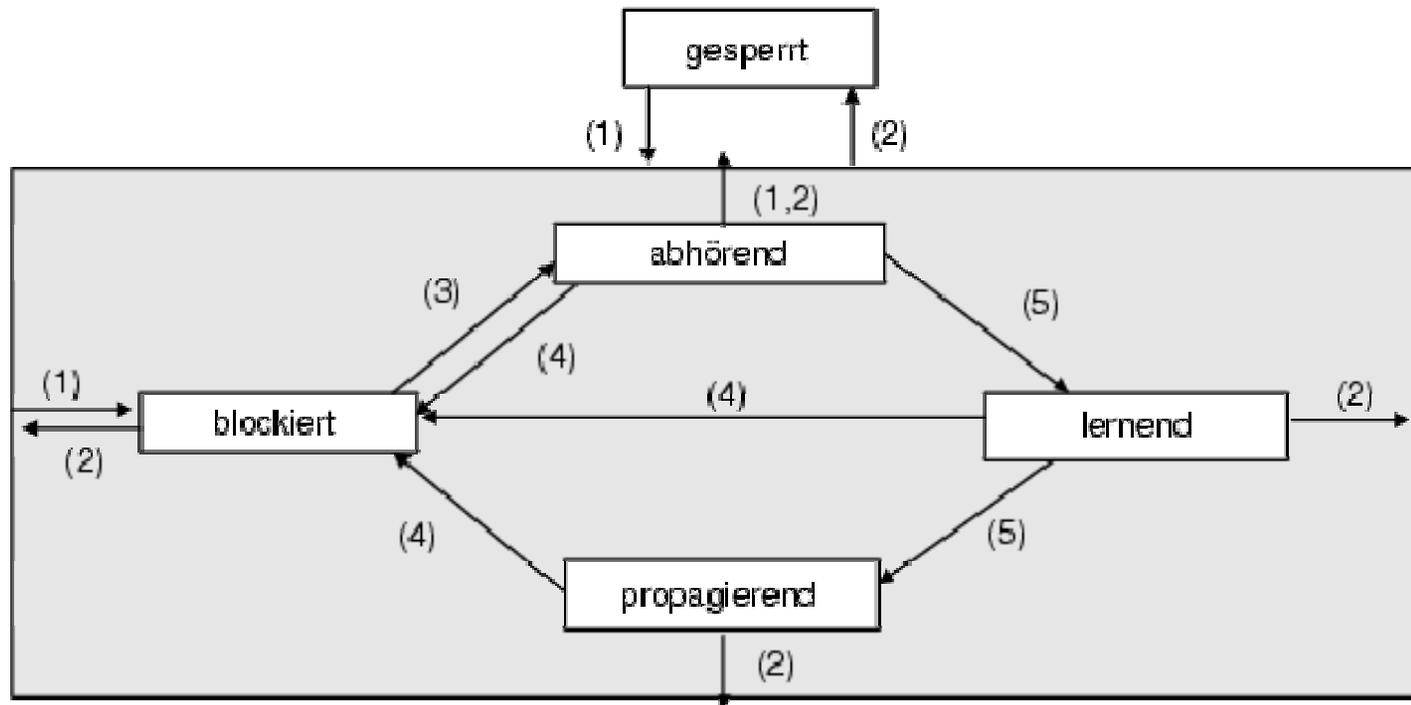
- ❑ **Spanning-Tree Algorithmus wird bei Initialisierung des Netzes und periodisch während aktivem Netzbetrieb durchgeführt**
- ❑ **Rapid Spanning Tree (IEEE 802.1d)**
  - Umschaltung im Bereich weniger Millisekunden (können aber nicht garantiert werden -> wichtig für Service Level Agreements)
  - Kritikpunkt an RSTP sind die fehlende Fehlerverwaltung
- ❑ **Aktualisierung bei Topologieänderungen notwendig**
  - **Konfigurations-Kontrollframe**
    - dient bei Initialisierung der Topologie zur Bestimmung der Root-Bridge und der Wegekosten
    - nach Initialisierung wird dieser Kontrollframe regelmäßig durch Root-Bridge zur Aktualisierung der Portzustände verschickt
  - **Management-Kontrollframe**
    - bei Änderung eines Portzustandes wird dies allen Bridges auf dem Weg zur Root-Bridge mitgeteilt

## 3.6.8 Spanning-Tree-Algorithmus: Zustände eines Ports

---

- Ein Port befindet sich in einem der folgenden Zustände:
  - **Gesperrt**: Nur Management-Kontrollframes werden empfangen und verarbeitet
  - **Blockiert**: Nur Management- und Konfigurations-Kontrollframes werden empfangen und verarbeitet
  - **Abhörend**: Alle Kontrollframes werden empfangen und verarbeitet, z.B. Benachrichtigung an Root-Bridge über Änderungen eines Portstatus
  - **Lernend**: Alle Kontrollframes werden empfangen und verarbeitet; Datenframes werden vom Lernmechanismus interpretiert, aber nicht propagiert
  - **Propagierend**: Alle Kontrollframes werden verarbeitet; Datenframes werden verarbeitet und propagiert

## 3.6.8 Spanning-Tree-Algorithmus: Zustandsübergänge



- (1) Port enabled, by management or initialization (Übergang nach blockiert). Verwendung eines Management-Kontrollframes
- (2) Port disabled, by management or failure (Übergang nach gesperrt) Verwendung eines Management-Kontrollframes
- (3) Algorithm selects as Designated or Root Port
- (4) Algorithm selects as not Designated or Root Port
- (5) Protocol timer expiry (Forwarding Timer)

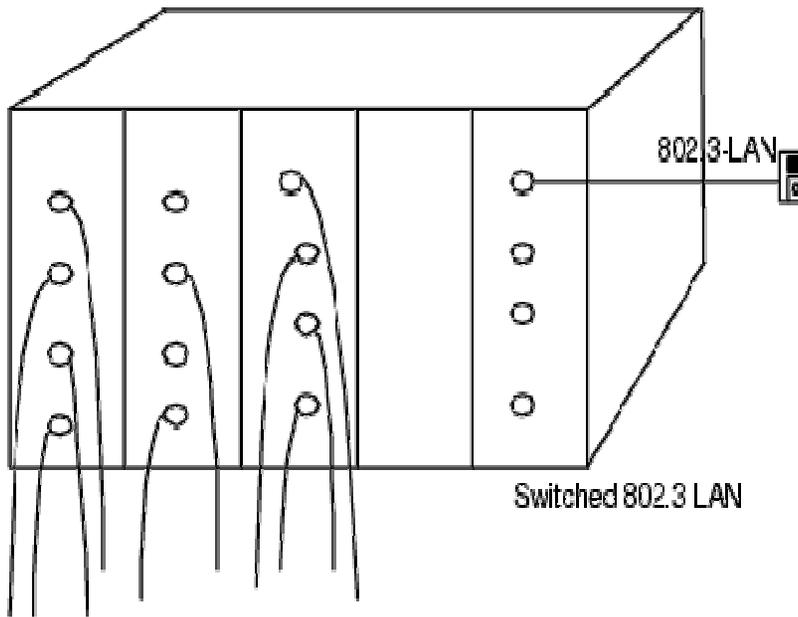
## 3.7 Switches

---

- 3.7.1 Grundlagen
- 3.7.2 Kategorisierung von Switches
- 3.7.3 Angriffe
- 3.7.4 Realisierungsmöglichkeiten von VLANs
- 3.7.5 Zugangskontrolle mit 802.1x
- 3.7.6 Produkte
- 3.7.7 Managementwerkzeuge

## 3.7 Switches

- ❑ **Switch (englisch für Schalter):**
  - Einheit, in der Vermittlungsfunktionen durchgeführt werden (Pfadschaltefunktion)
- ❑ **LAN-Switches sind Frame-Switches, arbeiten auf Ebene 2 wie Multiport-Bridges (i.a. hat Bridge nur 2 Ports)**



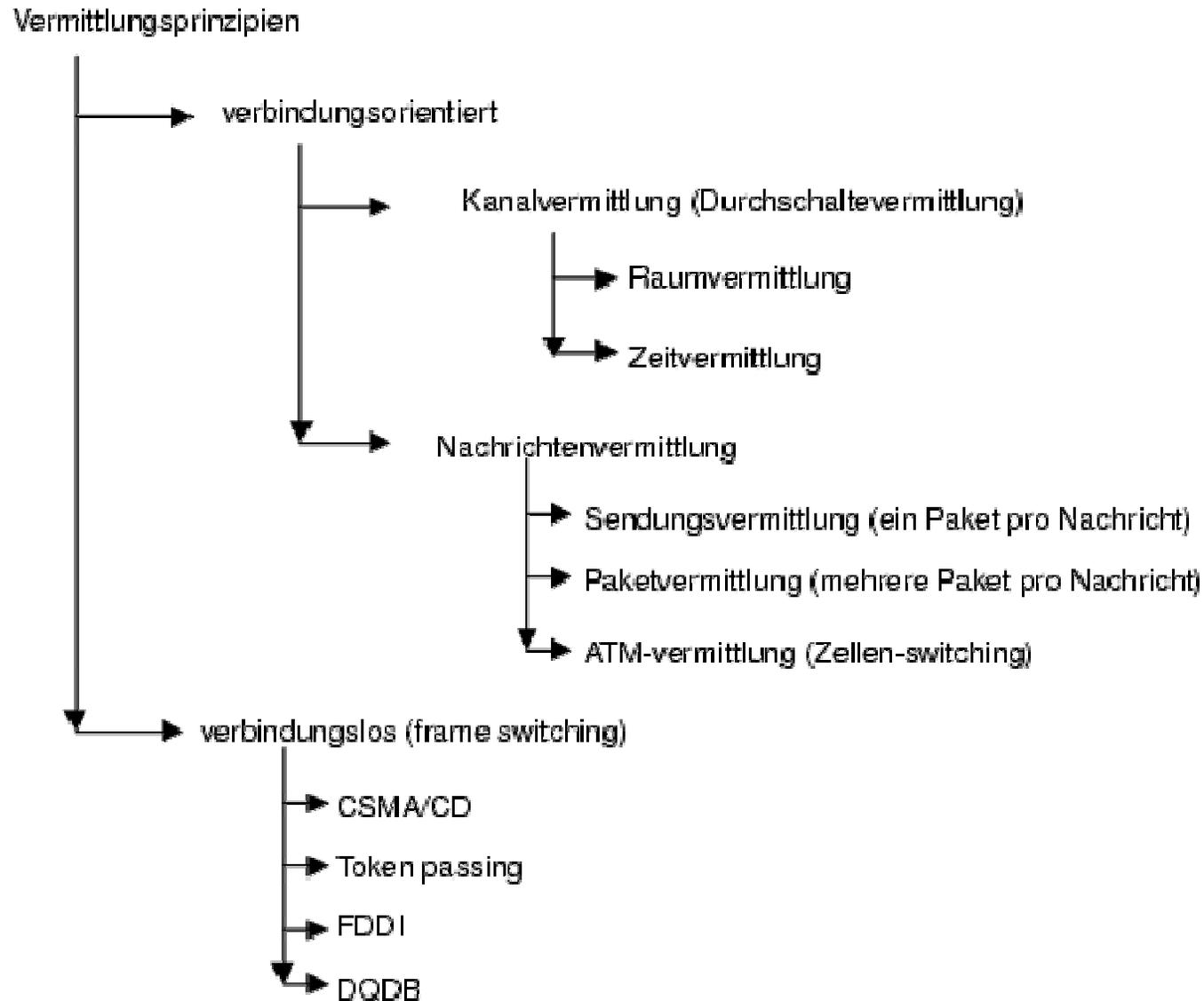
## 3.7 Switches

---

### □ Eigenschaften

- Ermöglichen exklusive und nach Bedarf wechselnde Verbindungen zwischen angeschlossenen Segmenten
- Oft mehrere gleichzeitige Verbindungen in einem Switch, hardwareunterstützt an jedem Port mit kurzen Latenzzeiten (im Mikrosekunden-Bereich)
- Zuordnungstabelle MAC-Adresse <-> Port  
Zuordnungstabelle wird je Port gehalten oder auch global für Switch
- Üblicherweise große Portanzahl (> 10)

## 3.7.1 Switches - Grundlagen: Vermittlungsprinzipien



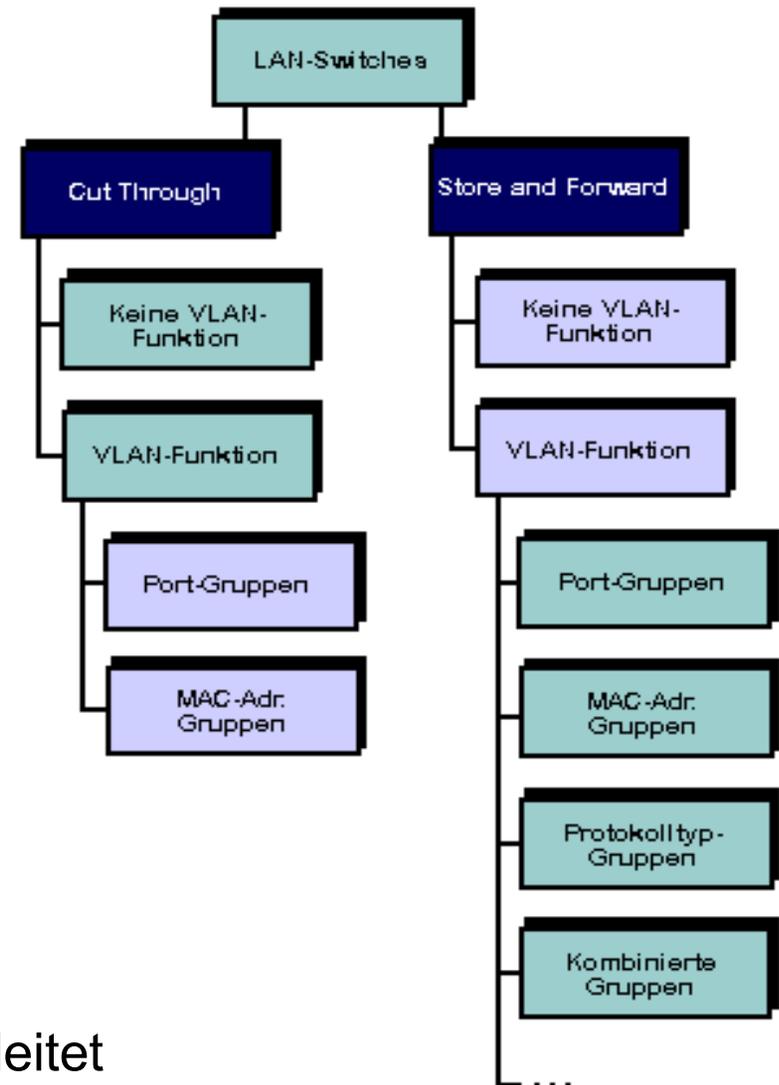
## 3.7.1 Switches - Grundlagen: Forwarding-Techniken (1)

### ❑ Store-and-Forward/Buffered

- Check des gesamten Frames; CRC, Fehlerseparierung
- Variable Framelängen
- Latenzzeit variabel und relativ hoch, Zwischenspeicherung bei unterschiedlichen Portgeschwindigkeiten erforderlich

### ❑ Cut-Through/Fast-Forwarding/On-the-Fly

- Weitervermittlung bereits nach Auslesen der Adressinformation (die ersten 14 Bytes), also eventuell bevor Datenende am Eingangsport
- Konstantes Transit-Delay, aber fehlerhafte Frames werden weitergeleitet



## 3.7.1 Switches - Grundlagen: Forwarding-Techniken (2)

---

- Adaptive Cut-Through
  - Cut-Through-Modus, aber gleichzeitig CRC überprüfen  
Ist Fehlerrate größer als Schwellwert, umschalten in Store-and-Forward
- Near-Cut-Through
  - Es werden die ersten 64 Bytes abgewartet. Damit bleiben Kollisionen lokal (minimale Framelänge)

## 3.7.1 Switches - Grundlagen: Forwarding-Techniken (2)

---

- Die Funktion Minimierung des Transit-Delays stand zu Beginn der Switching-Technologie immer im Vordergrund der Diskussion. Ein Store-and-Forward-Mechanismus war und muss aber in den meisten Fällen auch bei Cut-Through-Geräten implementiert sein, da
  - die Unterstützung unterschiedlicher Link-Geschwindigkeiten in einem Gerät (10/100/1000 Mbit/s Ethernet) und
  - das Belegtsein des Ausgabeportsimmer eine Zwischenpufferung der entsprechenden Datenpakete notwendig macht

## 3.7.2 Kategorisierung von Switches (1)

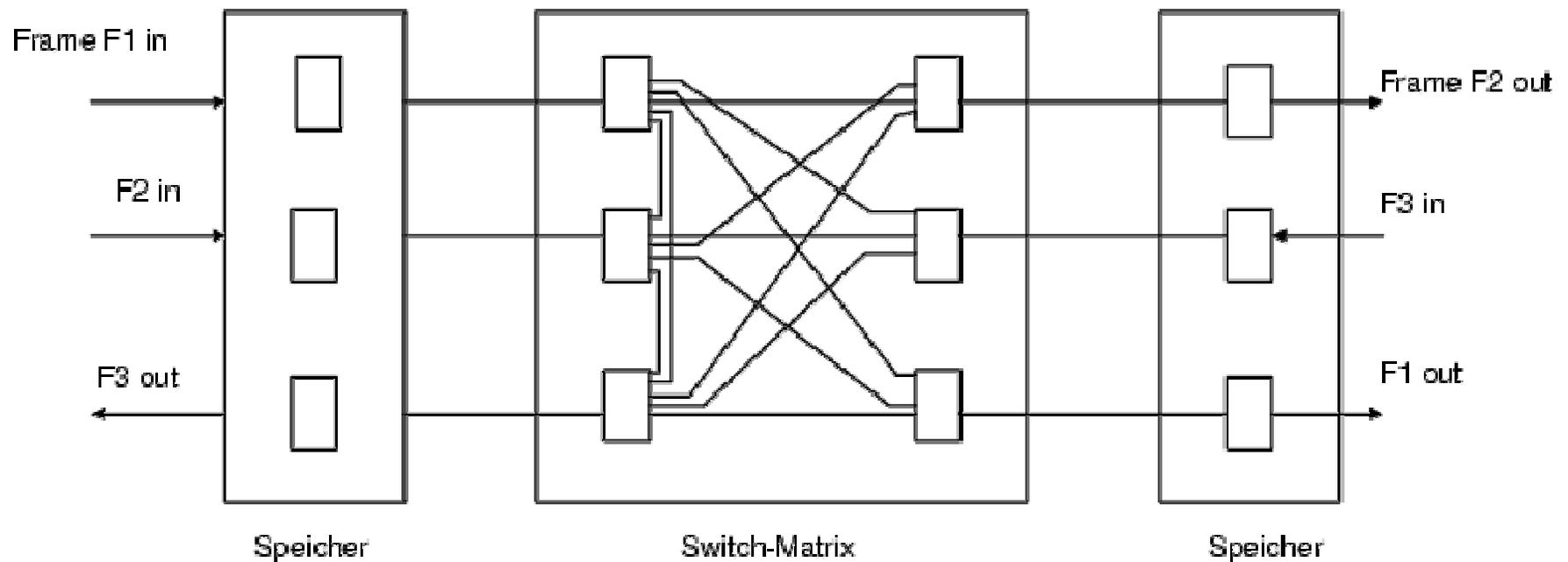
---

- Welche Vermittlungstechnologie?
- Wie sieht das Speicherkonzept aus? Ist Non-Blocking-Architecture vorhanden? Welche Puffer werden verwendet?
- Datendurchsatz unter Lastbedingungen?
- Möglichkeit zur Bildung von Portgruppen? Welche Ports werden zusammengefasst, Bildung von sogenannten Fatpipes.
- Latenzzeiten des Switches
- Effektive Aggregatbandbreite des Switches
  - Unterstützt Switch mehrere parallele Übertragungen?
  - Kann Switch für VLANs nutzbar gemacht werden?
- Sind Managementwerkzeuge integriert?

## 3.7.2 Kategorisierung von Switches (2)

### □ Kriterien der Unterscheidung

- Art der Switch-Fabric (internes Schaltnetz)
  - **Matrix-Struktur** (Cross-Point Matrix-Switches)



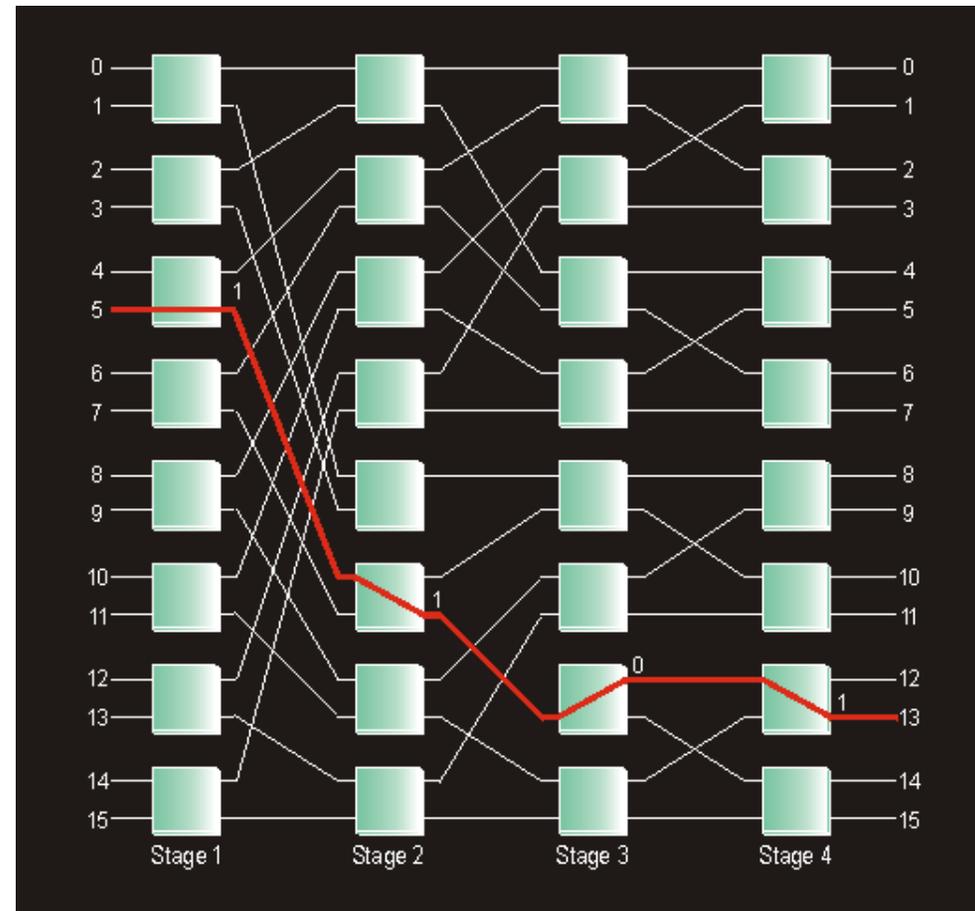
## 3.7.2 Kategorisierung von Switches (3)

### □ Kriterien der Unterscheidung

- Art der Switch-Fabric (internes Schaltnetz)

- Matrix-Struktur

- Alle Ports sind untereinander über eine Matrix verbunden
- Weiterleitung eines Frames nach Dekodierung der Zieladresse über direkte Verbindung zum Ausgangsport
- Falls Ausgangsport belegt, ist Zwischenspeicherung über FIFO-Puffer üblich; Größe des Puffers bestimmt Paketverlust durch Switch



## 3.7.2 Kategorisierung von Switches (4)

---

### □ Kriterien der Unterscheidung

- Art der Switch-Fabric (internes Schaltnetz)
  - **Shared-Memory (Zentralspeichertopologie)**
    - Im kleineren, preisgünstigeren Systemen eingesetzt
  - **Shared-Media Architekturen (High Speed Backplane)**
    - In modularen Switches mit hoher Portdichte (leistungsfähige Backplane) eingesetzt
- Bandbreite der Switch-Fabric (kumulierte Bandbreite)
- Internes Datenformat (Frames oder Zellen)
- Pufferung (Überlastverhalten)
- Anzahl Ports, Unterstützung von High-Speed-Ports, maximale Anzahl unterschiedlicher MAC-Adressen pro Port bzw. maximale Anzahl pro Switch (Private Switch, Segment-Switch), Fehlertoleranz
- Management-Möglichkeiten

## 3.7.2 Kategorisierung von Switches (5)

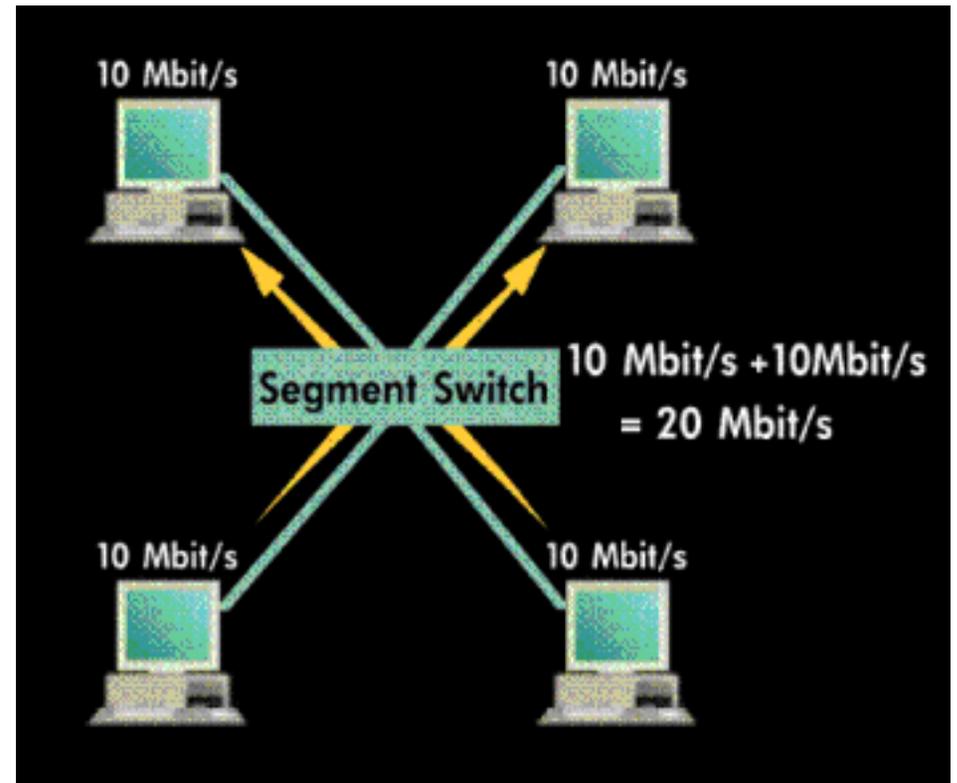
Ferner ist zu unterscheiden

- **Segment-Switching**

- mehrere MAC-Adressen pro Port)
- Häufigster Anwendungsfall

- **Port-Switching**

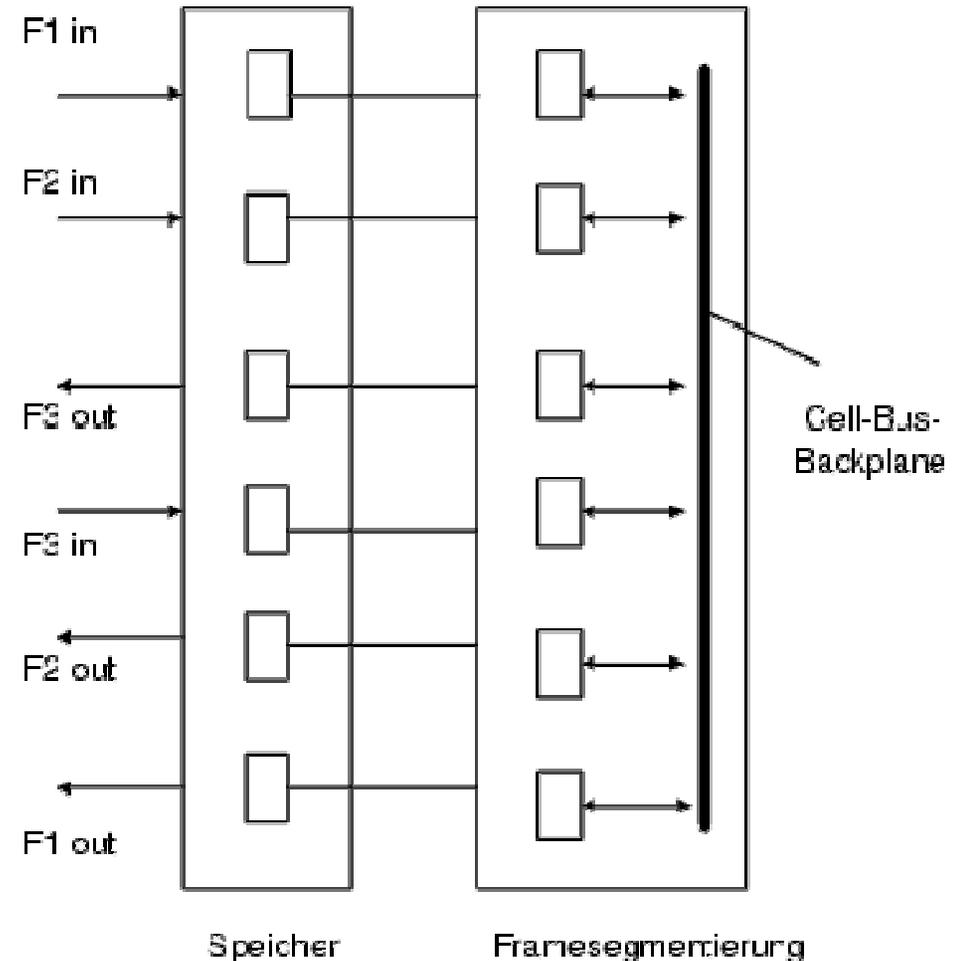
- eine MAC-Adresse pro Port
- Spezialkonfiguration (Sicherheitsaspekt, 802.1x)



## 3.7.2 Kategorisierung von Switches (6)

### □ Cell-Bus-Switch

- Unterschiedlich lange Frames werden:
  - segmentiert in Zellen gleicher Länge
  - durch Segmentierung wird Ausgangsport-Blocking unwahrscheinlicher
  - Zwischenspeichern am Ausgangsport zu Reassemblierung, u.U. von parallel mehreren Frames
- Bus wird durch Zeitmultiplexverfahren den Eingangsports zugeordnet; Speicherstruktur, Hierarchie und Backplane-Geschwindigkeit müssen aufeinander abgestimmt sein!



## 3.7.3 Angriffe

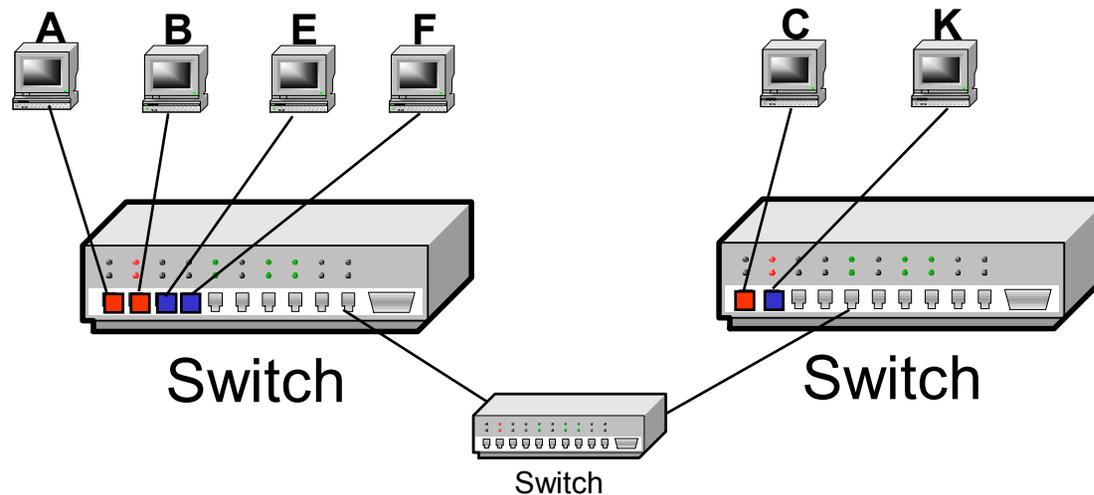
---

- ❑ **Problemstellung: MAC-Quelladressen, die über einen Port empfangen werden, werden ohne weitere Prüfung in die Adresstabelle eingetragen (-> es findet keine Authentifizierung statt)**
- ❑ **Es können mindestens zwei Angriffsarten unterschieden werden**
  - **MAC-Spoofing:** ein Angreifer versendet Rahmen mit der Source-MAC-Adresse eines anderen Hosts; Switch verwirft bisherige Zuordnung -> trägt den Port des Angreifers ein
  - **MAC-Flooding:** ein Angreifer versendet viele Rahmen mit verschiedenen, künstlich erzeugten Quelladressen, die die für das Netz gültigen MAC-Adressen aus der Adresstabelle des Switches verdrängen

## 3.7.4 Realisierungsalternativen von VLANs (1)

### □ Layer-1-VLANs (Port-basierende VLANs)

- Einzelne **Ports** der Switches sind bestimmten VLANs zugeordnet
- Sicherheit:
  - jeder Rechner, der an einem Port angeschlossen wird, gehört zu diesem VLAN (Portzuweisung zum VLAN)
  - Erweiterung -> Benutzer-Authentifizierung (802.1x)



VLAN1 Verwaltung  
VLAN2 Entwicklung

## 3.7.4 Realisierungsalternativen von VLANs (2)

---

- ❑ **Das gleiche Prinzip der Gruppenzugehörigkeit wird auf verschiedenen Ebenen des OSI-Modells angewandt:**
  - Layer-2-VLANs: Zuordnung zu einem VLAN anhand der **MAC-Adresse**
  - Layer-3-VLANs: Zuordnung zu einem VLAN anhand der **IP-Adresse**
  - Policy-basierende VLANs: Zuordnung zu einem VLAN anhand von **Policies** (Kombination von Kriterien: Port, MAC-, IP-Adresse)  
Sicherheit: hoch
- ❑ **Portunabhängigkeit**
- ❑ **Gestufte Sicherheitskonfigurationen**, die wegen der physischen Struktur anders nicht möglich wären

## 3.7.4 Benutzerbezogene VLANs

---

- ❑ **VLAN-ID des Benutzers wird auf dem RADIUS-Server gespeichert (Tunnel-Attribut)**
- ❑ **RADIUS-Server übermittelt VLAN-ID nach erfolgreicher Authentifizierung an Switch bzw. Accesspoint**
- ❑ **Benutzerport wird dynamisch in das entsprechende VLAN gelegt**
- ❑ **„Native“ VLAN für RADIUS-Kennungen ohne VLAN-ID**

## 3.7.4 Guest-VLAN

---

- ❑ **Authentifizierung erfolgreich**
  - Port kommt in benutzerspezifisches oder „native“ VLAN
- ❑ **Authentifizierung nicht erfolgreich**
  - Kein 802.1X-fähiger Client
  - Keine gültige Kennung
  - Port wird freigeschaltet
  - Port kommt in das Guest-VLAN
- ❑ **Anwendungsgebiet**
  - Gastbenutzer ohne gültige Kennung (z.B. bei Tagung)
  - Weiche Migration nach 802.1X

## 3.7.5 Was ist 802.1X?

---

- Authentifizierung auf Layer 2**
- Portbasierend (physischer Switchport oder logischer Port auf dem Accesspoint)**
- Basiert auf Extensible Authentication Protocol (EAP)**
- Authentifizierung durch RADIUS, LDAP usw.**
- Verschlüsselung nur während der Authentifizierung**
- Erweiterte Funktionen:**
  - Dynamische WEP-Keys (wired equivalent privacy)
  - Accounting
  - Benutzerbezogene VLANs
  - „Guest“-VLANs

## 3.7.5 Authentifizierung mit IEEE 802.1X

---

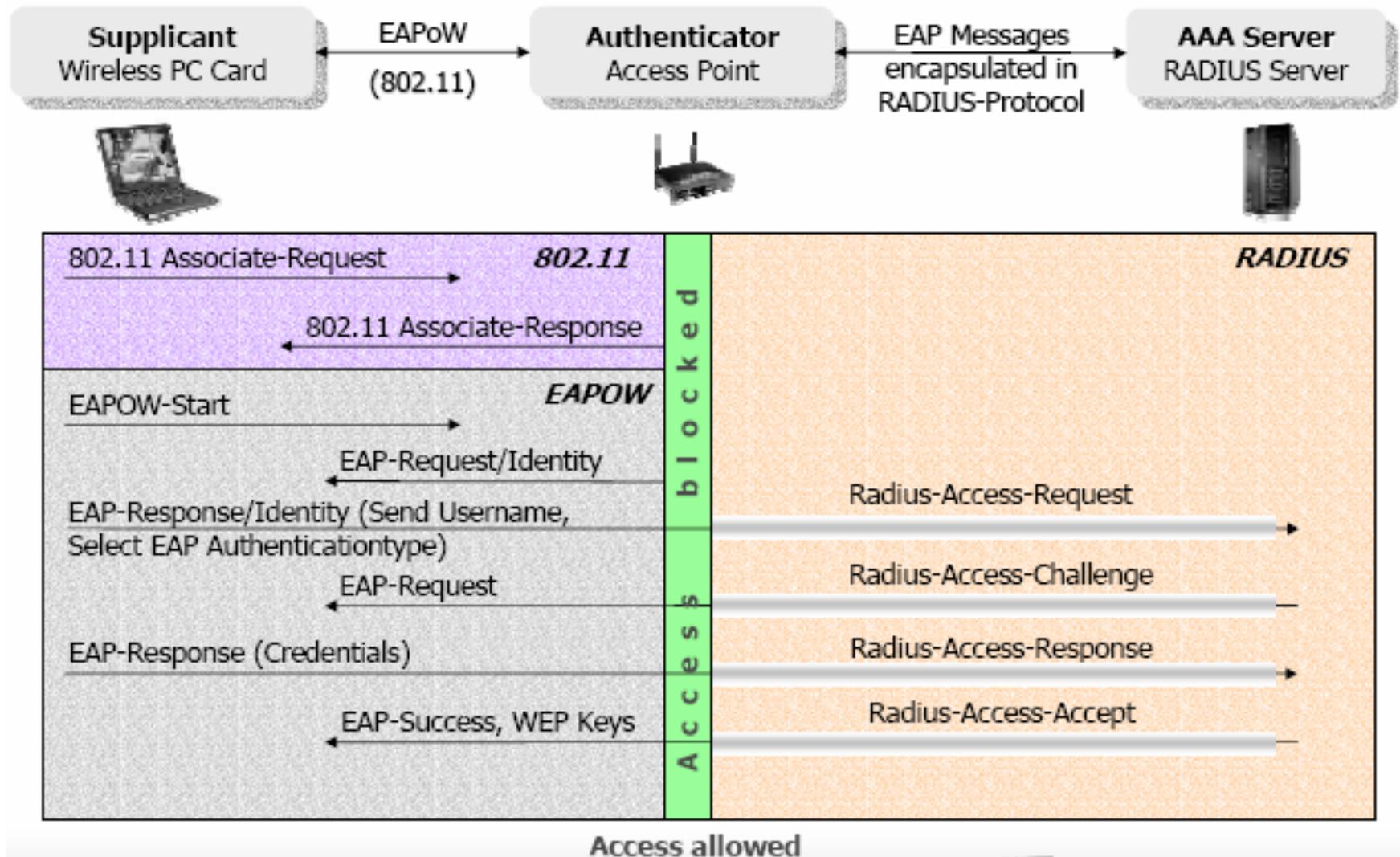
### □ Layer 2

- MAC-Adress-Filter am Switch bzw. Access-Point
- Zugang nur für „bekannte“ MAC-Adressen
- Authentifizierung des Rechners
- Nachteile:
  - MAC-Adresse kann leicht gefälscht werden
  - Aufwändige Pflege der Adressen

### □ Layer 3

- VPN-Server mit IPsec
- Authentifizierung des Benutzers
- Verschlüsselte Datenübertragung
- Nachteile:
  - Authentifizierung erst auf Layer 3
  - Skalierbarkeit

## 3.7.5 Funktionsweise von 802.1X



## 3.7.5 IEEE 802.1X: EAP-Typen (1)

---

### □ EAP-MD5

- Funktionsweise wie bei CHAP (challenge handshake authentication protocol)
- Client sendet Kennung an den RADIUS-Server
- RADIUS-Server sendet „Challenge“
- Client generiert MD5-Hash mit Passwort als Key
- Client sendet Hash an RADIUS-Server
- Nachteile:
  - Kennung muss unverschlüsselt beim Server vorliegen
  - Keine Authentifizierung des Servers  
(Man-in-the-middle-Attacke möglich)

## 3.7.5 IEEE 802.1X: EAP-Typen (2)

---

### □ EAP-TLS (Transport Layer Security)

- RADIUS-Server sendet Zertifikat an Client
- Client überprüft Server-Zertifikat und sendet eigenes Zertifikat
- RADIUS-Server überprüft Client-Zertifikat
- Nachteile:
  - Zertifikat für jeden Client erforderlich
  - PKI muss vorhanden sein
  - Kennung des Clients wird unverschlüsselt im Zertifikat übertragen

## 3.7.5 IEEE 802.1X: EAP-Typen (3)

---

### □ EAP-TTLS (Tunneled TLS)

- Authentifizierung erfolgt in 2 Phasen
- Phase 1:
  - TLS-Tunnel wird zwischen Client und RADIUS-Server aufgebaut
  - Authentifizierung des RADIUS-Servers durch ein Zertifikat
- Phase 2:
  - Authentifizierung mit Kennung und Passwort erfolgt verschlüsselt über den TLS-Tunnel durch PAP (password authentication protocol), CHAP oder MS-CHAP
- Vorteile gegenüber EAP-TLS:
  - Kein Client-Zertifikat notwendig
  - Benutzerkennung wird verschlüsselt übertragen

## 3.7.5 IEEE 802.1X: EAP-Typen (4)

---

### □ PEAP (Protected EAP)

- Entwicklung von Microsoft und Cisco
- Funktionsweise fast identisch mit EAP-TTLS
- Zweistufige Authentifizierung
  - Aufbau eines TLS-Tunnels
  - Benutzerauthentifizierung
- Benutzerauthentifizierung z.Zt. nur mit MS-CHAP

## 3.7.5 IEEE 802.1X: EAP-Typen (5)

---

### ❑ LEAP (Lightweight EAP)

- Proprietäres Protokoll von Cisco
- Funktionsweise vergleichbar mit EAP-MD5

### ❑ EAP-AKA, EAP-SIM

- Authentifizierung durch SIM-Karte des GSM- (EAP-SIM) bzw. UMTS-Handys (EAP-AKA)
- Anwendung bei Hotspots (z.B. mit Smartphones)
- Accounting über Mobilfunk-Betreiber

## 3.7.5 802.1X-Clients

	Windows 2000 SP3 oder XP	Mac OS X 10.3	Xsupplicant Linux, FreeBSD	Aegis- Client Meetingho use	Odyssey- Client Funk Software
EAP-MD5	✓		✓	✓	✓
EAP-TLS	✓	✓	✓	✓	✓
EAP-TTLS		✓	✓	✓	✓
PEAP	✓	✓	✓	✓	✓
LEAP		✓		✓	✓

Aegis-Client: Windows 98/ME/NT/2000/XP, Mac OS X, Linux, Solaris, Pcket PC 2002, Windows Mobile 2003

Odyssey-Client: Windows 98/ME/2000/XP, Pocket PC 2002, Windows Mobile 2003

## 3.7.5 IEEE 802.1X: Dynamische WEP-Keys und Accounting

---

### □ Dynamische WEP-Keys

- Voraussetzung: Verschlüsselte Verbindung zwischen Client und RADIUS-Server (nicht bei EAP-MD5)
- Generierung der Session-Keys durch Client und Server
- Gleichzeitige Verwendung von „Rapid Rekeying“ erhöht Sicherheit

### □ Accounting

- Switch bzw. Accesspoint führen Statistiken
  - Basis ist Interface (physikalischer oder logischer Port)
  - Übertragenes Datenvolumen
  - Uptime eines Interfaces
- Daten werden bei Verbindungsende an RADIUS-Server geschickt

## 3.7.6 Produkte

---

- **Switches sind in unterschiedlichen Leistungsklassen verfügbar:**
  - **Workgroup-Switches**
    - Es wird davon ausgegangen, dass nur ein oder einige wenige Endgeräte an einen Port angeschlossen werden
  - **Enterprise-Switches**
    - Über einen Port können ganze LAN-Segmente erreichbar sein

## 3.7.7 Management-Werkzeuge

- **Komponenten-spezifische Werkzeuge**
  - Z.B. HP TopTools für das Management der HP-Switches

SWX1-0CP - HP J4819A ProCurve Switch 5308XL - Microsoft Internet Explorer

Adresse <http://swx1-0cp.net.lrz-muenchen.de/>

**SWX1-0CP - Status: Information**  
HP J4819A ProCurve Switch 5308XL

Identity Status **Configuration** Security Diagnostics Support

Device View Fault Detection System Info IP Configuration  
Port Configuration Quality of Service Monitor Port Device Features  
VLAN Configuration Support/Mgmt URL

Click on a port or its LED to select it. If you wish to select several ports at once, hold down the **Ctrl** key while clicking on the additional ports. Click here for the [meaning of the port icons](#).

HEWLETT PACKARD  
Switch 5308XL  
HP J4819A

Console RS-232

Power  
Fault

1 2 3 4 (A) 1 2 3 4 (B)  
1 2 3 4 (C) 1 2 3 4 (D)  
E F  
G H

For advanced configuration start a [telnet session to the switch console](#).

Select All Ports Enable Selected Ports

On-Line Help Internet

## 3.8 Router

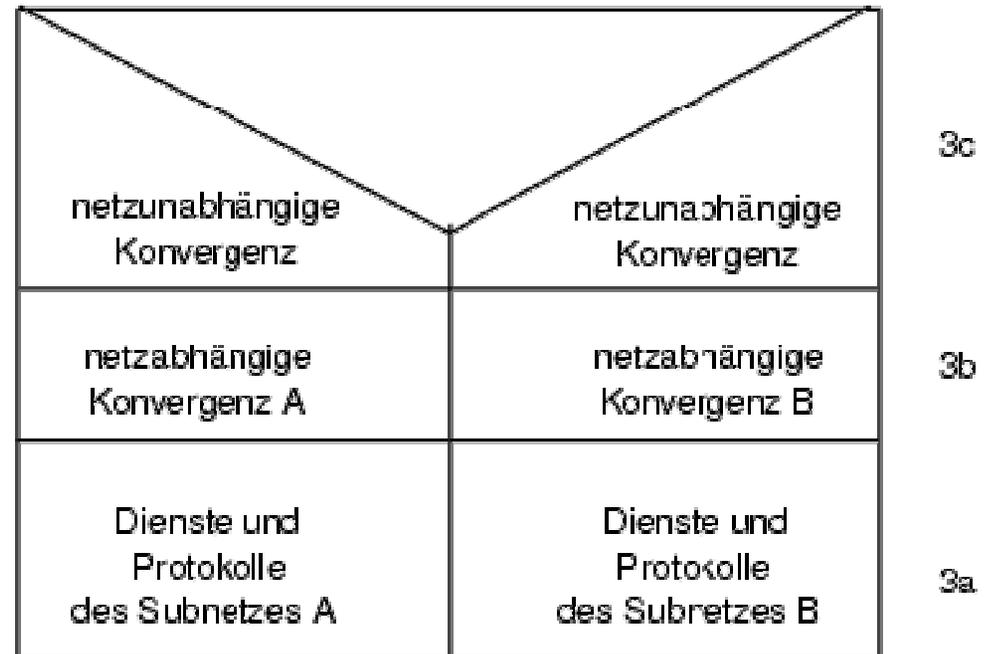
---

- 3.8.1 Grundfunktionen eines Routers
- 3.8.2 Adressierungsschema
  - IPv4
  - IPv6
- 3.8.3 Routingverfahren
- 3.8.4 Protokolle in einem IP-Router
- 3.8.5 Funktionsweise eines Routers
- 3.8.6 Brouter
- 3.8.7 Router Management

## 3.8.1 Grundfunktionen eines Routers

### □ Allgemeines

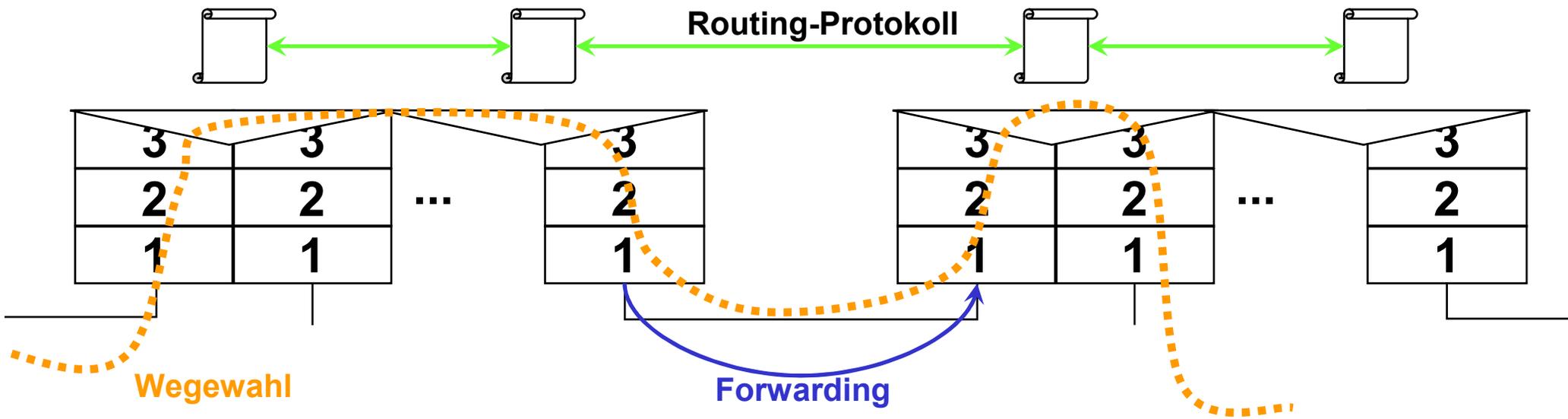
- Router sind Level-3-Gateways, d.h. sie verbinden Netze auf der Schicht 3 (genauer: das gemeinsame Protokoll des Verbundnetzes ist das Protokoll der Schicht 3c)



- In LAN-Standards sind nur die Schichten 1, 2a und 2b festgelegt; alle Geräte, die auf Schicht 3 oder höher arbeiten, gehören zu protokoll-spezifischen Systemen
- Router ermöglichen die *Strukturierung des Gesamtnetzes* (Verbundnetzes) in logische Subnetzarchitekturen, in unterschiedlichen LAN-Technologien
- Router sind *nicht transparent*

## 3.8.1 Grundfunktionen eines Routers

- ❑ Routing := Wegewahl
- ❑ Forwarding := wörtlich „Weiterschieben der Daten“
- ❑ Häufig: Konvergenz unterschiedlicher Technologien
  
- ❑ Routing und Forwarding können zeitlich entkoppelt werden
- ❑ Verwendung von eigenen Schicht3-Adressen
- ❑ Wissen über Wege kann mit Routing-Protokollen „erworben“ werden



## 3.8.1 Grundfunktionen eines Routers -

---

### □ Beispiele von Schicht-3-Protokollen

		Routingprotokolle
X.25-PLP	Datex-P	
IP	Internet	RIP, OSPF
ISO-IP	ISO	IS-IS
IDP-XNS	Xerox	
IPX	Netware/Novel	RIP, NLSP
DECNet	Digital/Compaq	DRP
	Appletalk	RTMP

## 3.8.1 Grundfunktionen eines Routers

---

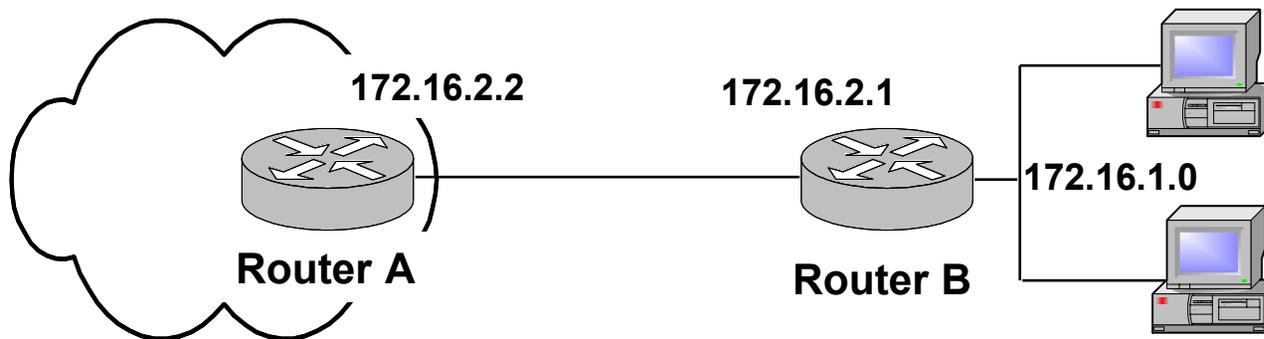
### □ Statisches Routing:

- Basiert, wie der Name schon sagt, auf einer festen Vorgabe des Weges zwischen zwei beliebigen Endsystemen
- Diese Vorgabe wird bei der Einrichtung, d.h. Installation des Netzes getroffen und in der Regel als feste Tabelle im Router abgespeichert
- Routing-Tabellen werden explizit durch Netzadministrator verwaltet
- Routing-Tabellen müssen bei jeder Topologieänderung (auch nach aufgetretenen Fehlern) aktualisiert werden
- Statische Routen können wichtig sein, wenn das Routing-Protokoll keine Route zu einem bestimmten Ziel aufbauen kann -> „Gateway of Last Resort“

## 3.8.1 Grundfunktionen eines Routers

### □ Statische Routen

- Beispiel



```
routerA(config) # ip route 172.16.1.0 255.255.255.0 172.16.2.1
```

Zielnetz

IP-Adresse des nächsten  
Router-Interfaces auf der  
Route zum Ziel

```
routerB(config) # ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 172.16.2.2
```

Route zu einem nicht existierenden  
Unternetz

## 3.8.1 Grundfunktionen eines Routers

---

### □ **Dynamisches Routing:**

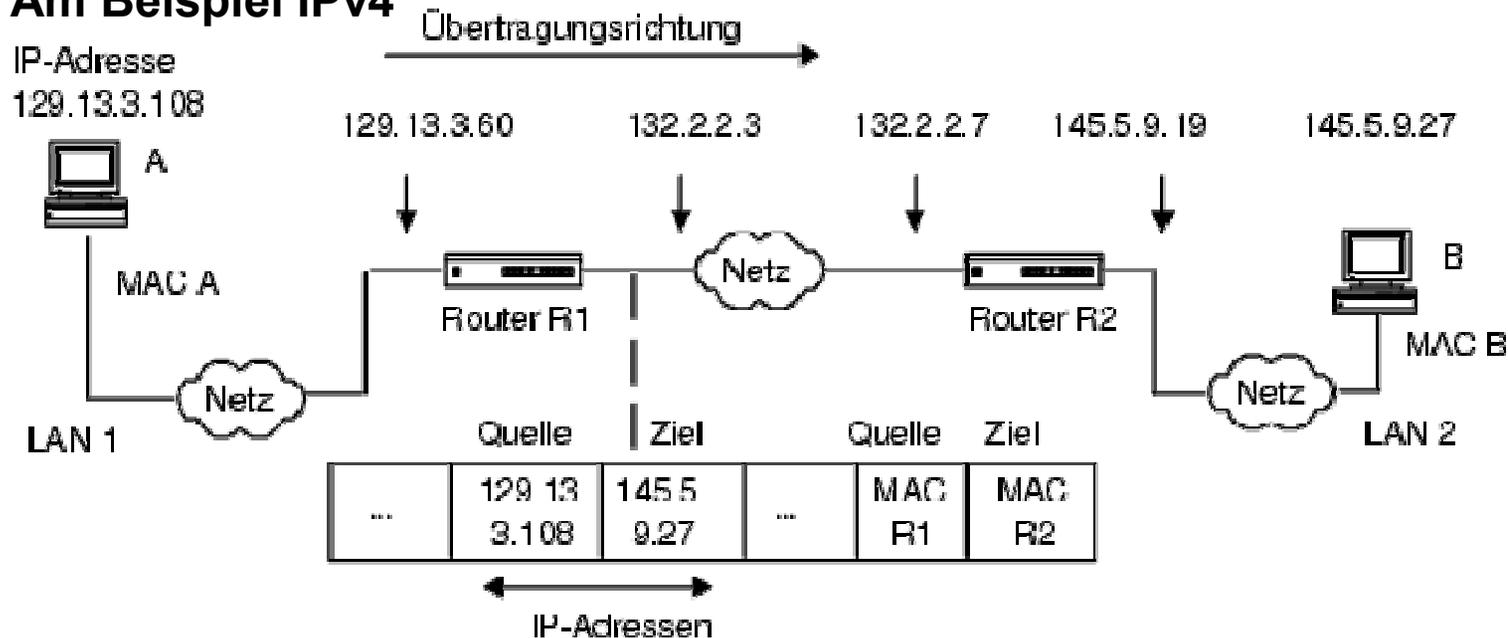
- Router informieren sich gegenseitig über Topologieänderungen mittels geeigneter Routing-Protokolle
- Die optimale Wegewahl, die durch die so genannte Metrik gewichtet wird, wird nach einer anfänglichen Parametersetzung allein durch das Routing-Protokoll bestimmt und ist so für den Benutzer transparent.

### □ **Aufgaben in Routern:**

- Relaying: Paketbezogene Wegewahlentscheidung häufig lastbezogen; Propagierung im allgemeinen nicht DTE-, sondern subnetzbezogen
- Evtl. Fragmentierung
- Evtl. Filterung  
(z.B. Broadcast-Unterdrückung oder für Firewall-Zwecke)
- Router unterstützen multiple Wege;

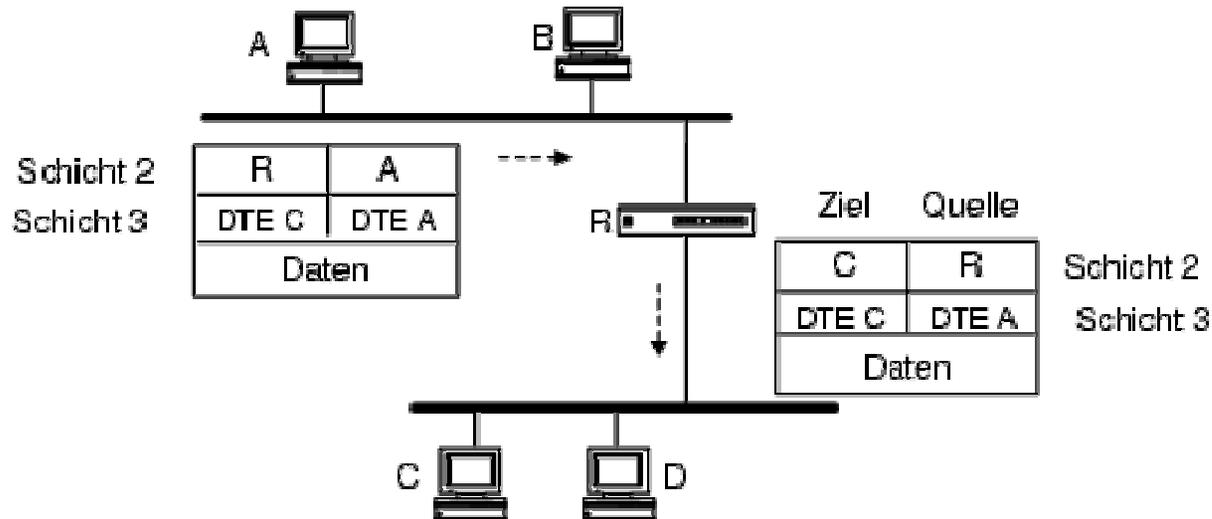
## 3.8.1 Grundfunktionen: Propagierung von Information

### □ Am Beispiel IPv4



- **Schicht 3: Netzadressen (IP) der Quell- und Zielsysteme**
- **In DTE (Sender) und Router: Einkapseln in MAC-Adressen (Schicht 2). Dies entspricht einem Link zweier benachbarter Systeme**
- **Jeder Router**
  - Ermitteln der IP-Adresse des nächsten Hops auf dem Weg (beispielsweise mittels einer Routing-Tabelle)
  - Abbilden dieser Adresse auf eine Anschlusspunkt (= MAC)-Adresse; Eventuell mittels Adressauflösungsprotokollen (ARP, RARP)

## 3.8.1 Beispiel: Propagierung von Nachrichten



- MAC-Adressen müssen nur im jeweiligen Subnetz eindeutig sein; A,B,C,D sind hier jeweils Netzadressen;**
- neben der Adressumsetzung auf der MAC-Ebene muss Router gegebenenfalls auch die**
- Prüfsumme neu bestimmen**
- > Verarbeitung aufwendiger als bei Bridge oder Hub**

## 3.8.2 Adressierungsschema

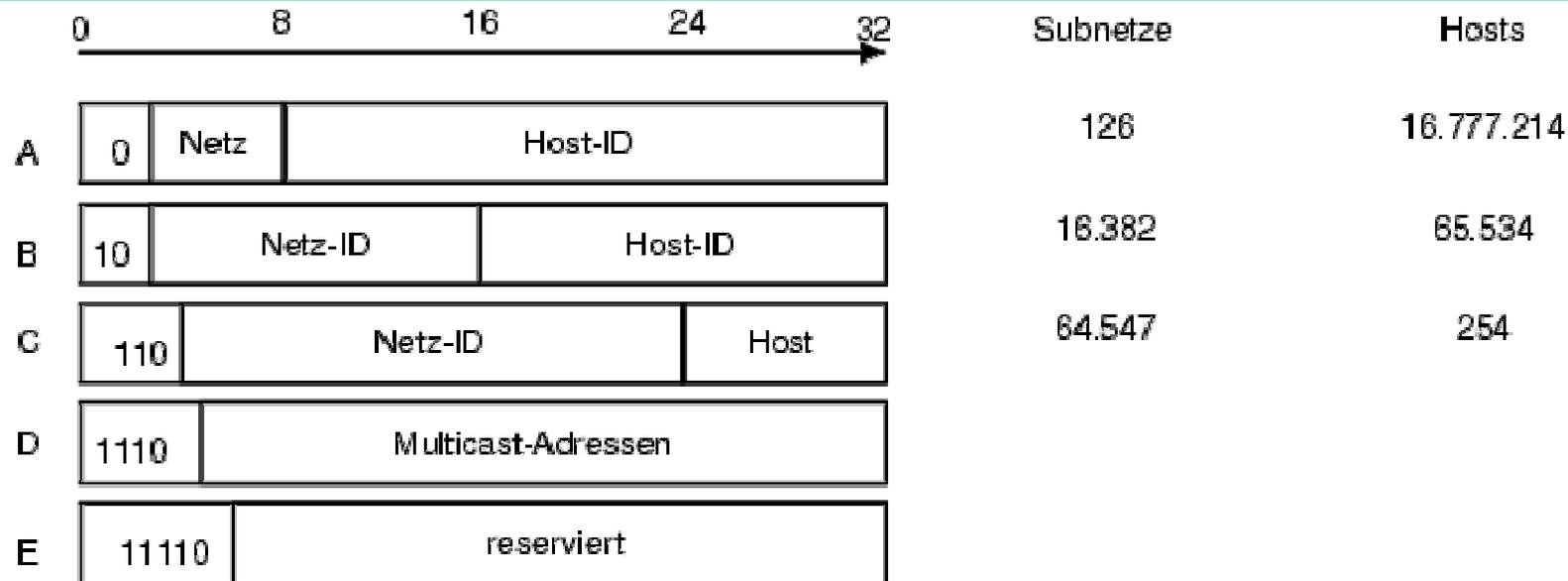
---

- ❑ **Global eindeutige Adressierung auf Schicht 3c**
- ❑ **Adressierung mittels Router**
  - Router werden direkt adressiert
  - Router verarbeiten nur Pakete, die an sie direkt adressiert sind
  - Bridges puffern alle Frames eines angeschlossenen Subnetzes -> Entscheidung, ob Löschen oder Propagieren durch Bridge

**Üblicherweise: hierarchisches Adressschema mit Unterscheidung der Adressen von Teilnehmerstationen und Netzkennungen**

- ❑ **IP-Adresskonzept**
- ❑ **ISO-Netzadressen (NSAP-Adressen)**
- ❑ **IEEE-802-Adressen (flache Adressen)**

## 3.8.2 Adressierungsschema: IPv4



- Die Adresse besteht aus Netz-IDs und Host-IDs. Nur die Netz-IDs werden zentral vom Network Information Center vergeben; die Klasse gibt an, wie groß der Byte-Anteil der Netz-IDs ist
- Adressklassen:
  - Klasse A: Adressbereich 1.0.0.0 – 127.255.255.255
  - Klasse B: Adressbereich 128.0.0.0 – 191.255.255.255
  - Klasse C: Adressbereich 192.0.0.0 – 223.255.255.255
  - Klasse D: Adressbereich 224.0.0.0 – 239.255.255.255 (verwendet durch Videokonferenzsysteme, z.B. durch Mbone-Werkzeuge)
  - Klasse E: Adressbereich 240.0.0.0 – 247.255.255.255

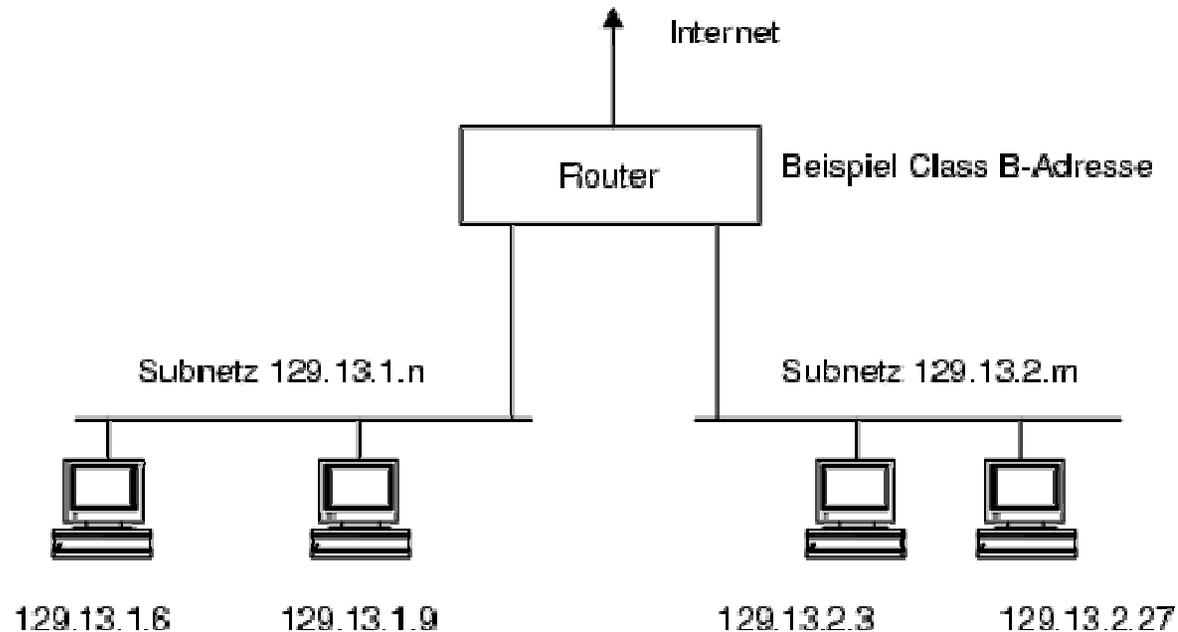
## 3.8.2 Adressierungsschema: IPv4

---

- **Sondernummern: Es existieren eine Reihe von IP-Adressen mit einer speziellen Bedeutung**
  - Alles 0: dieser Host
  - Alles 1: Broadcast
  - Netz-ID = 0: dieses Netz
  - Host-ID = 1: Broadcast in Teilnetz
  - $127 * x * y * z$ : Schleifentest

## 3.8.2 Adressierungsschema: IPv4 - Subnetze

- Subnetzadressen ermöglichen weitere Strukturierung innerhalb des Netzes



1. Subnetz hat Adressen 129.13.1.n

2. Subnetz hat Adressen 129.13.2.m

Durch Subnetzmaske werden die ersten 3 Bytes als Netzkennung ausgewertet. Subnetzmaske lautet hier:

11111111 11111111 11111111 00000000

## 3.8.2 Adressierungsschema: IPv4 – Subnetze

- ❑ **Beispiele für Netz- und Broadcast-Adressen in den unterschiedlichen IPv4-Adressklassen**

Netzklasse	Adresse des Netzes	Subnetz-Maske	Broadcast-Adresse in diesem Netz
A	126.0.0.0	255.0.0.0	126.255.255.255
B	139.1.0.0	255.255.0.0	139.1.255.255
C	219.1.123.0	255.255.255.0	219.1.123.255

- ❑ **Subnetting:** Aufteilung eines IP-Netzes in mehrere Teilnetze (-> Netzmaske)
- ❑ **Supernetting:** mehrere einzelne Netze zusammenzufassen
  - Mehrere Netze können durch ein gemeinsamen IP-Präfix adressiert werden -> Verringerung der Komplexität der Routing-Tabellen

## 3.8.2 Adressierungsschema: IPv4 – CIDR

---

### □ Classless Interdomain Routing (CIDR)

- Ursprünglich als Interimslösung bis zur Einführung von IPv6
- Beschreibt ein Verfahren zur effektiveren Nutzung der bestehenden 32 Bit umfassenden IP-Adresse (RFC 1517 -1520)
- Bei diesem Verfahren werden IP-Adressen zusammengefasst, wobei ein Block von aufeinander folgenden IP-Adressen der Klasse C als ein Netz behandelt werden kann
- Das CIDR-Verfahren reduziert die in Routern gespeicherten Routing-Tabellen durch einen Präfix in der IP-Adresse
- Mit diesem Präfix kann ein großer Internet Service Provider bzw. ein Betreiber eines großen Teils des Internets gekennzeichnet werden
- Dadurch können auch darunter liegende Netze zusammengefasst werden; so genanntes Supernetting
- Die Methode wird u.a. im BGP-Protokoll eingesetzt

## 3.8.2 Adressierungsschema: IPv4 – CIDR

---

### □ Classless Interdomain Routing (CIDR)

- Struktur: 

Network prefix	Subnet ID	Host ID
----------------	-----------	---------

  
← extended network prefix →
- Notation: `<network>/<prefix length>`
- Beispiel: `192.168.121.0/26`  
Die 26 ersten Bits bilden Netz-ID
- Zweck:
  - Grenzen zwischen Netz-ID und Host-ID werden flexibel
  - „Vorwahl“ eines Netzes, repräsentiert IP-Adressblock

## 3.8.2 Adressierungsschema: IPv4 – NAT

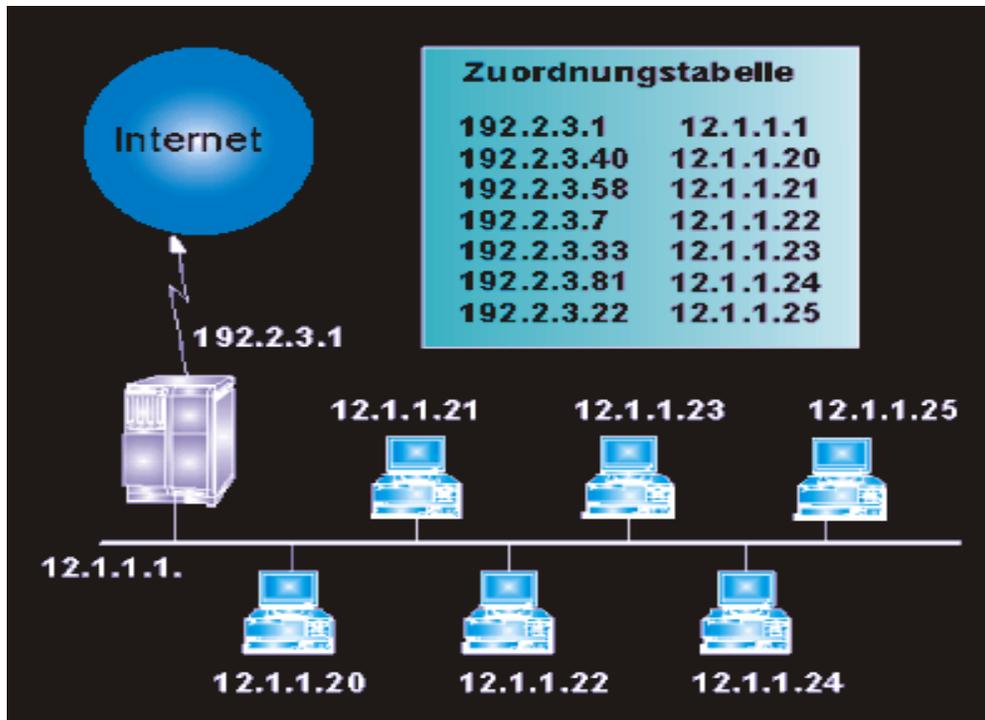
---

### □ NAT (network address translation)

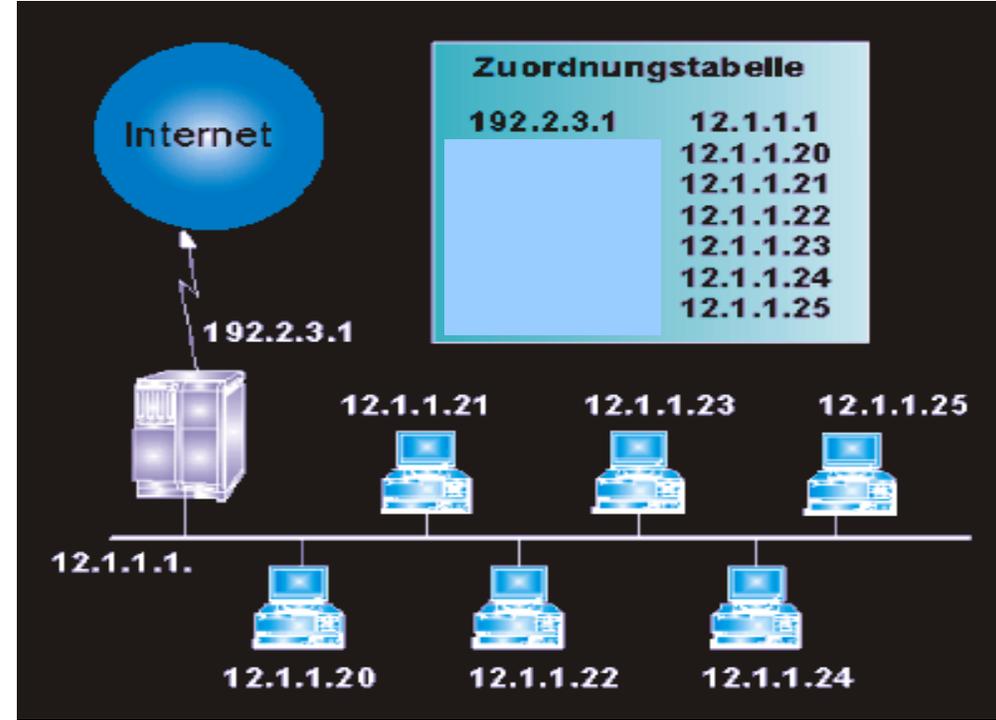
- Ein Verfahren, um eine IP-Adresse für mehrere Rechner innerhalb von Firmennetzen (Intranets) zur Kommunikation ins Internet zu verwenden, RFC 1918, RFC 2663
- NAT kann nur an „Netzgrenzen“ verwendet werden
- Das NAT-Verfahren registriert (nicht öffentliche) IP-Adressen eines Intranets und ordnet diese meist einer öffentlich registrierten IP-Adresse zu
- Der Vorteil dieses Verfahrens liegt darin, dass Rechner innerhalb des Unternehmensnetzes keine öffentlichen IP-Adressen benötigen aber dennoch Kommunikationsrelationen ins Internet aufbauen können
- Rechner, die Kommunikationsrelationen zu anderen, externen Rechnern aufbauen, erhalten beim Routing einen Tabelleneintrag

## 3.8.2 Adressierungsschema: IPv4 – NAT

### □ Adress-Zuordnung 1 zu 1



### □ Adress-Zuordnung 1 zu n



## 3.8.2 Adressierungsschema: IPv6

---

- ❑ Internet-Protokoll **IPv6** (RFC 2460, 2466) besteht aus 128 Bit statt bisher 32 Bit
- ❑ **Eigenschaften**
  - Längere Adressen (128 Bit anstatt 32 Bit)
  - Im allgemeinen ist IPv6 nicht mit IPv4 kompatibel (aber mit anderen Protokollen wie z.B. TCP, ICMP, IGMP, OSPF, BGP, DNS)
  - Vereinfachung des Headers (7 anstatt 13 Felder)
  - Sicherheit
- ❑ **Notation**
  - 8 Gruppen von je vier hexadezimalen Ziffern, getrennt durch Doppelpunkte, z.B.  
8000:0000:0000:0000:0123:4567:89AB:CDEF
  - IPv4-Adressen können wie folgt geschrieben werden  
::192.31.20.46

## 3.8.2 Adressierungsschema: IPv6

---

- ❑ **IPv6 unterstützt 3 Adressierungsarten:**
  - Unicast
  - Multicast
  - Anycast (identifiziert eine Reihe von Komponenten; die Nachricht wird der „nächsten“ Komponente zugestellt („nächste“ wird durch das Routing-Protokoll definiert))
- ❑ **Bisher wird IPv6 nur sehr zögerlich unterstützt**

## 3.8.3 Routing-Verfahren

- ❑ **Kombination von Forwarding und Wegewahl**
- ❑ **Wesen eines Routing-Verfahrens:**
- ❑ **Korrektheit**
  - Einfachheit
  - Robustheit
  - Stabilität
  - Fairness
  - Optimalität
  - Art der Verbindung: verbindungslos (Datagrammdienst) oder verbindungsorientiert (virtuelle Verbindung)

	virtuelle Verbindung	Datagramm
Zieladresse	nur beim Verbindungsaufbau notwendig	in jedem Paket notwendig
Fehlerbehandlung	im Subnetzdienst	in höheren Schichten (End-DTE's)
Flußkontrolle	durch Subnetz	durch höhere Schichten (End-DTE's)
Reihenfolge	Ankunft wie Absenderzeitenfolge	willkürliche Ankunft möglich
expliziter Verbindungsauf-/abbau	ja	nein

## 3.8.3 Einteilung der Routing-Verfahren

---

- ❑ **Unterscheidung nach**
  - Statisch oder dynamisch (adaptive)
  - Zentral oder verteilt
- ❑ **Verteilte adaptive Routing-Algorithmen zur Bestimmung der Wegewahlinformation**
  - **Distanzvektoralgorithmus (DVA)**
    - Routing nach dem Entfernungsvektor
  - **Link State Algorithmen (LSA)**
    - Routing nach dem Verbindungszustand

## 3.8.3 Distanzvektoralgorithmen (DVA)

---

- ❑ DVA wird auch Bellman-Ford Verfahren genannt
- ❑ Prinzip
  - Jeder Router verwaltet eine Tabelle (einen Vektor), die für jedes Ziel die bestmöglich bekannte Entfernung und die zu verwendende Leitung enthält
  - Es wird angenommen, dass jeder Router die „Entfernung“ zu seinen Nachbarn kennt
  - **Metrik** ist der kürzeste Weg
    - Geringste Anzahl von Hops -> RIP
    - Geringste Übertragungszeit -> HELLO; Geringste Anzahl der auf dem Weg berührten Router
  - Algorithmus ist lokaladaptiv z.B. alle 30 sec komplette Routing-Information an alle Nachbarn  
-> Informationslast  $O(\#Router, \#Subnetze)$

## 3.8.3 Distanzvektoralgorithmen (DVA)

---

### □ Charakteristisch:

- Einfache Implementierung
- Broadcast der Routing-Info (-> Netzlast)
- Schrittweise Ausbreitung (-> Schleifengefahr). Bei 15 Hops: 15 x 30 sec = 7 min. Einträge in Routing-Tabelle des RIP werden alle 180 sec gelöscht, falls keine Änderung
- Jeder Router berechnet aus allen Informationen seine Routing-Tabelle
- Hat in der Praxis einen großen Nachteil (d.h. der Algorithmus führt zu richtigen Lösung, tut dies aber nur sehr langsam)
- RIP definiert in RFC 1058, RIPv2 definiert in RFC 2453
- Einsatz als Interior Gateway Protocol
- Zunehmende Ablösung durch OSPF

## 3.8.3 Link State Algorithmen (LSA)

---

### □ Prinzip:

- Netz wird als gerichteter Graph angesehen d.h. hierarchische Struktur
- Propagierung der Routing-Info nur an Nachbar-Router innerhalb der eigenen Hierarchieebene
- Basis ist der Dijkstra-Algorithmus; Quellensenken-Baum-Berechnung
- Routing-Metrik =  $f$  (Übertragungs-Kapazität, aktuelle Warteschlangenlänge an Ports, Verzögerung etc.)
- Routing Propagation i.a. schneller als bei DVA
- Beispiel: OSPF („Open Shortest Path First“)

## 3.8.3 Link State Algorithmen (LSA)

---

### ❑ Ermittlung der Nachbar-Router

- Jeder Router sendet ein spezielles HELLO-Paket auf jeder Punkt-zu-Punkt-Leitung
- Der Router am anderen Ende muss eine Antwort zurücksenden, durch die er seine Identität bekannt gibt

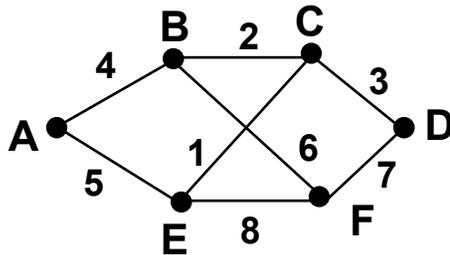
### ❑ Ermittlung der Leitungskosten

- Übertragungszeit zu ermitteln mit Aussenden eines speziellen ECHO-Pakets; die andere Seite muss es sofort wieder zurücksenden
- Durch Messen der Hin- und Rückreisezeit (geteilt durch zwei) kann der sendende Router die Übertragungszeit vernünftig abschätzen

## 3.8.3 Link State Algorithmen (LSA)

### □ Link-State-Pakete erstellen

- Beispiel



### Link-State-Pakete

A	
Folge-Nr.	
Alter	
B	4
E	5

B	
Folge-Nr.	
Alter	
A	4
C	2
F	6

C	
Folge-Nr.	
Alter	
B	2
D	3
E	1

D	
Folge-Nr.	
Alter	
C	3
F	7

E	
Folge-Nr.	
Alter	
A	5
C	1
F	8

F	
Folge-Nr.	
Alter	
B	6
D	7
E	8

### □ Link-State-Pakete verteilen

- Anwendung von Flooding
- Jedes Paket enthält eine Folgenummer, die bei jedem neu ausgesendeten Paket erhöht wird
- Router vermerken alle Paare (Quell-Router, Folgenummer)  
Ein neues Link-State-Paket wird mit der Paketliste verglichen; ist es neu, wird es an alle Leitungen außer derjenigen, auf der es eingegangen ist, ausgegeben

## 3.8.3 Link State Algorithmen (LSA)

---

### □ Charakteristisch:

- Propagierung nur bei Topologieänderung, Berechnung ziemlich aufwendig
- Angemessen für regelbasiertes Routing, Unterstützung von Dienstqualitäten
- Keine Schleifengefahr
- Schnelle Propagierung, deshalb mehr Hops (z.B. OSPF:1024)
- Beispiele von Protokollen: OSPF, IS-IS (Intermediate System – Intermediate System)

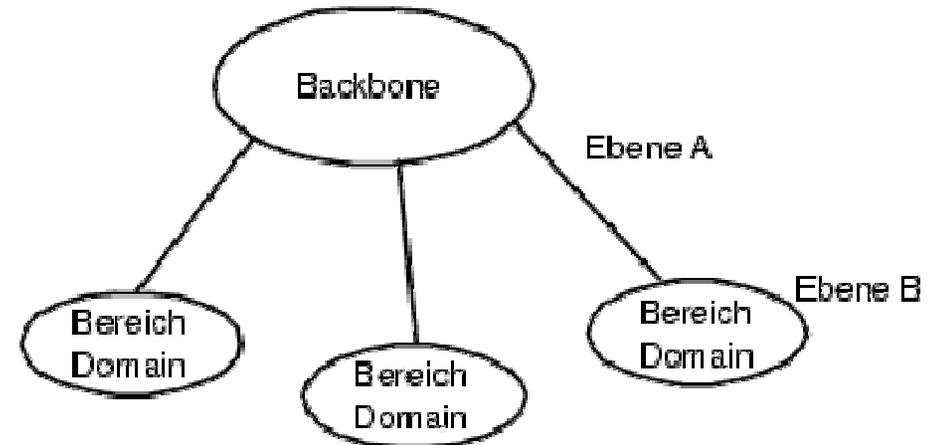
## 3.8.3 Routing-Bereiche – Hierarchisches Routing

### ❑ Problemstellung:

- Anwachsen der Routing-Tabellen

### ❑ Einsatzbereich im Internet:

- Ebene A (EGP): („Exterior Gateway Protocol“), domänen-übergreifend
  - Internet: BGP
- Ebene B (IGP): innerhalb der Domäne
  - Internet: RIP, OSPF
  - ISO: IS-IS, ES-IS

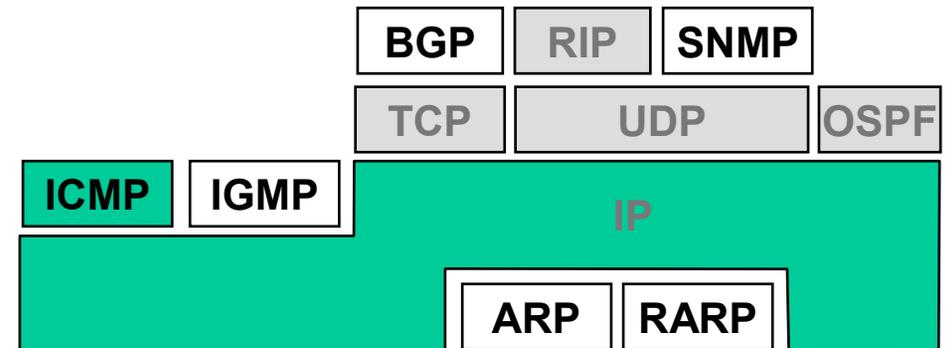


**Autonomes System (AS):** mehrere Netze, die unter einer gemeinsamen technischen Administration stehen sowie ein internes Routing-Protokoll und einheitliche Metriken verwenden

## 3.8.4 Protokolle in einem IP-Router

- ❑ **IP ist ein Schicht 3c-Protokoll, Datagramm-orientiert; IP-Protokoll unterstützt:**

- Fragmentierung
- Diensttypkennung
- Zeitstempel, Hop Count

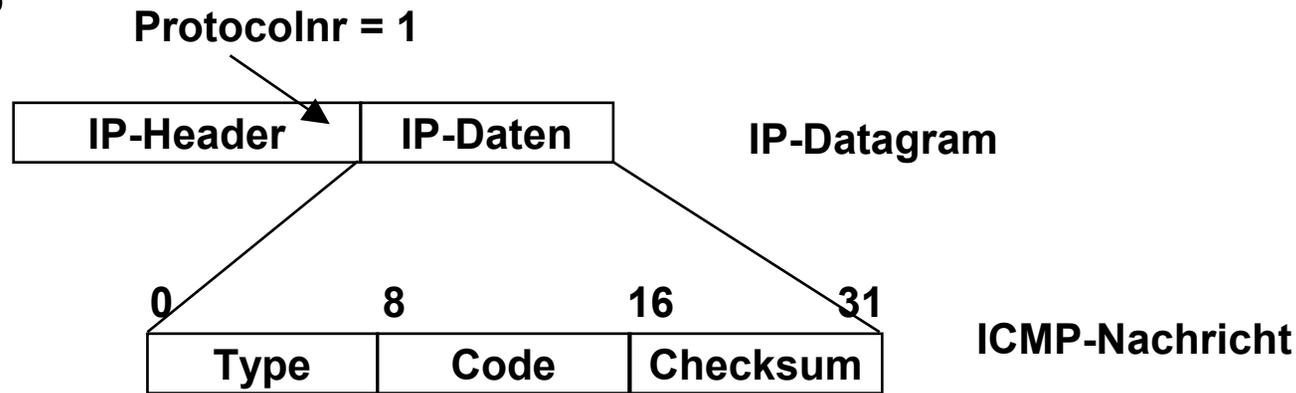


- ❑ **ICMP: Internet Control Message Protocol (RFC 792, 1256)**

- Fehlermeldemechanismus, mit dem ein Router anderen Routern oder auch DTEs Fehlermeldungen oder Steuernachrichten schicken kann
- Die Meldungen des ICMP-Protokolls sind in zwei Klassen definiert:
  - Fehlermeldungen und Informationsmeldungen
  - DEE nicht erreichbar,
  - Wegumleitung,
  - Ressourcen nicht mehr nutzbar
  - Zeit abgelaufen
  - Parameterproblem
  - DEE nicht erreichbar
  - Zeitmessung
  - Adressmaske
  - Router-Findung
  - Echo (Erreichbarkeit prüfen)

## 3.8.4 Protokolle in einem IP-Router

### □ ICMP



- Type: Unterscheidung von Nachrichten (Beispiele)

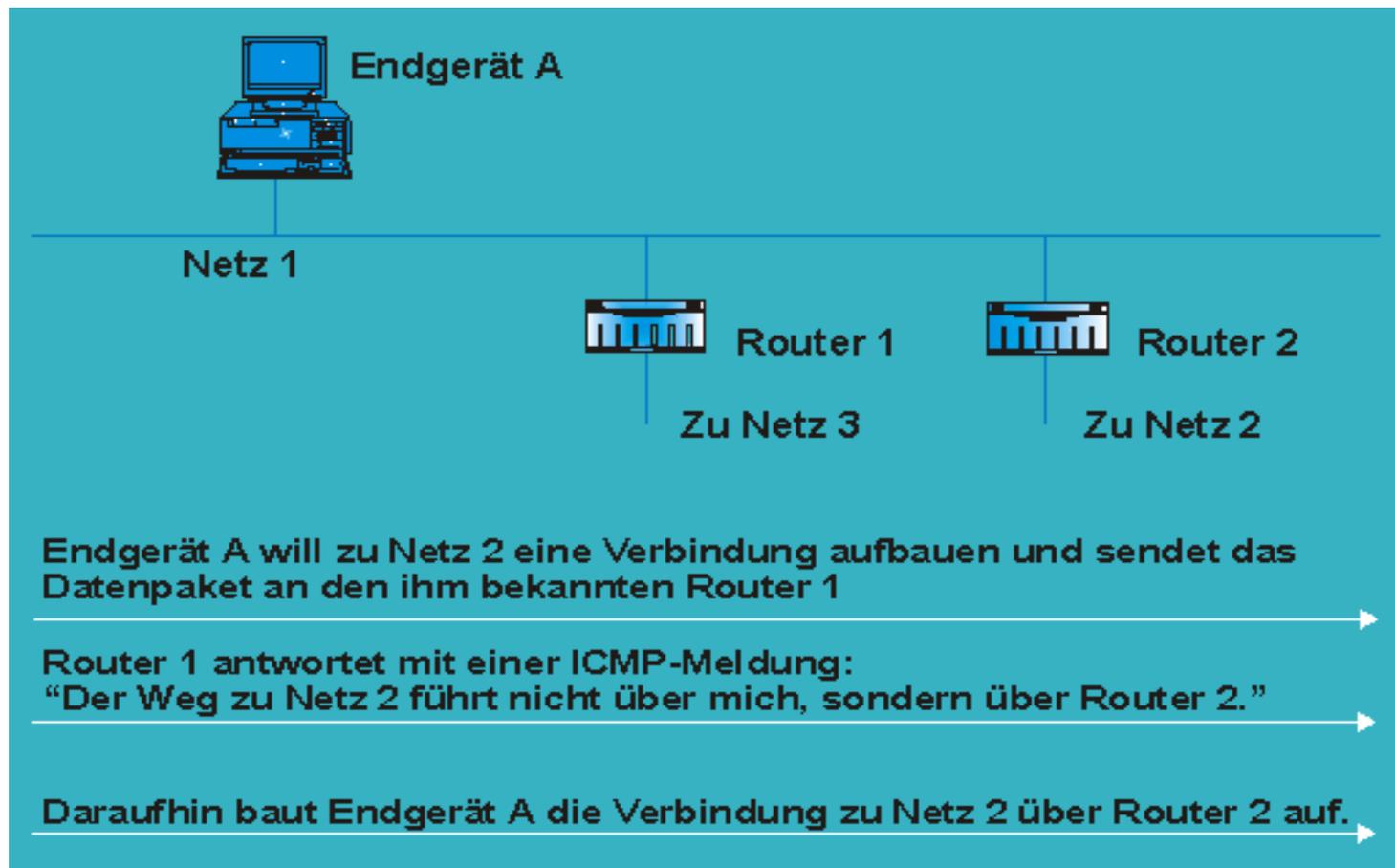
3 Destination unreachable + Code	8/0	Echo Request / Reply
4 Source Quench	9/10	Router Discovery (Advertisement / Solicitation)
5 Redirect Message	13/14	Time Stamp Request / Reply
11 Time Exceeded	15/16	Information Request / Reply
12 Parameter Type Problem	17/18	Adress Mask Request / Reply

- Code für Type 3 Nachrichten (Auswahl):

0 Net Unreachable	4 Fragmentation Needed and Don't Fragment was Set
1 Host Unreachable	5 Source Route Failed
2 Protocol Unreachable	6 Destination Network Unknown
3 Port Unreachable	7 Destination Host Unknown

## 3.8.4 Protokolle in einem IP-Router

- ❑ **ICMP: Internet Control Message Protocol**
  - Funktionsablauf

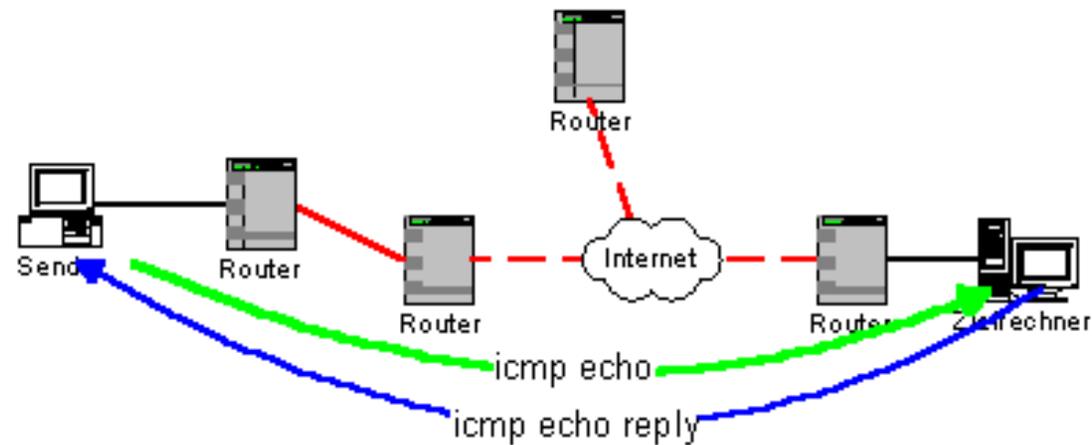


## 3.8.4 Protokolle in einem IP-Router

### □ ICMP: Internet Control Message Protocol: Basis für ping



Ping

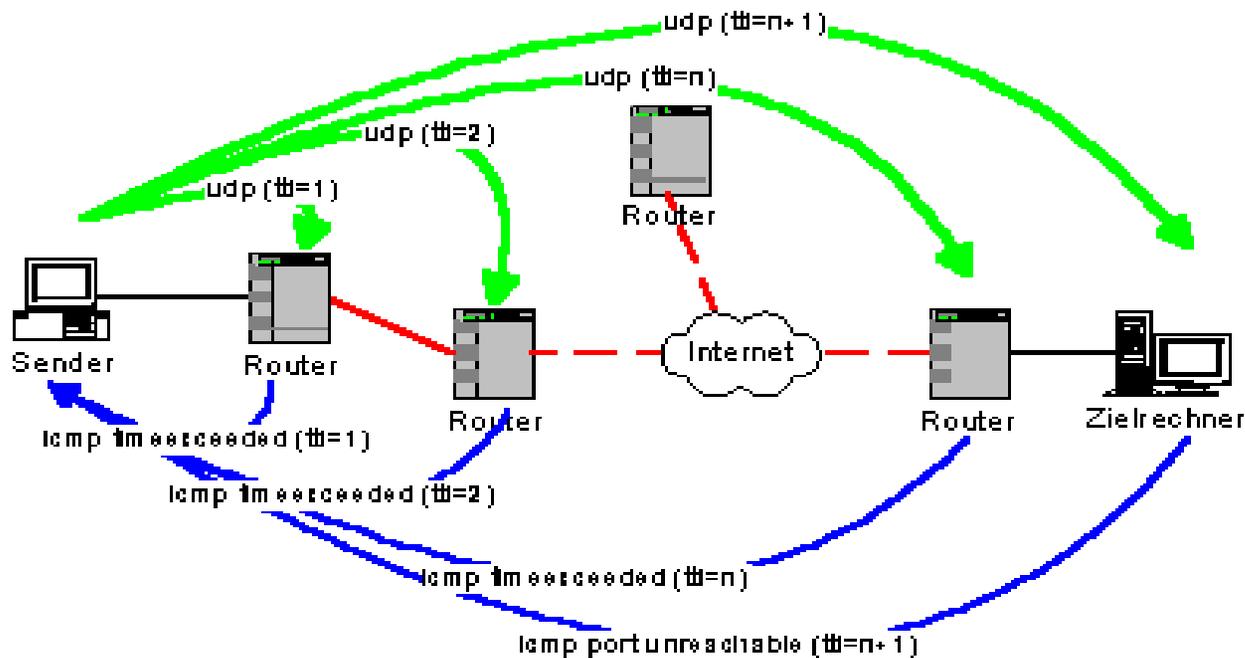


Verbindungsprobleme

## 3.8.4 Protokolle in einem IP-Router

- ❑ ICMP: Internet Control Message Protocol: Basis für traceroute

### Traceroute



Verbindungsprobleme

## 3.8.4 Protokolle in einem IP-Router

The screenshot shows a Windows desktop environment. In the foreground, the NeoTrace Express application is running, displaying a map of Europe and North America with a green path connecting Sunnyvale, CA to München, Germany. The path passes through Washington D.C. and Casablanca. Below the map are buttons for MAP, LIST, REGISTRANT, NETWORK, and TRACE. A 'Click Here to Upgrade' button is also visible.

In the background, a TraceRoute window is open, showing the results of a trace to www.mozilla.org. The window title is 'TraceRoute - www.mozilla.org'. The interface includes a menu bar (File, Edit, Options, View, Window, Help), a toolbar, and a table of hops. The table has columns for #, Address, Hostname, Message Type, TTL, and Time. The results show 19 hops, with most being 'TTL Exceeded in T...' and the final hop being an 'Echo Reply' from h-207-126-111-202-mozilla.sv.meer....

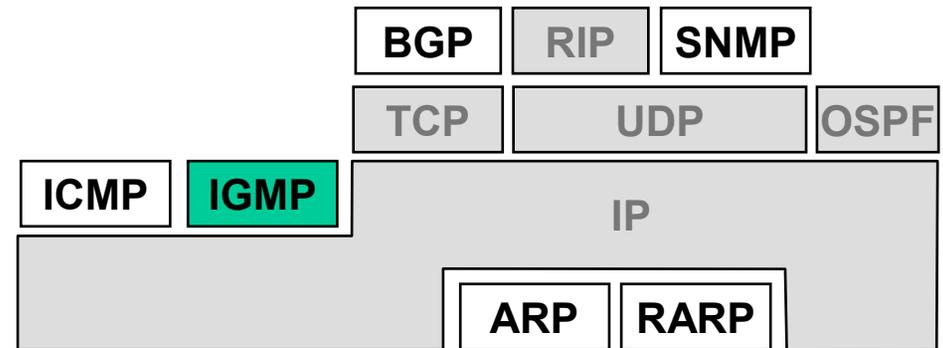
#	Address	Hostname	Message Type	TTL	Time
1	129.187.15.254	Unavailable	TTL Exceeded in T...	255	1.0
2	129.187.1.8	csrwan-neu.lrz-muenchen.de	TTL Exceeded in T...	254	0.5
3	129.187.9.17	csrwan.lrz-muenchen.de	TTL Exceeded in T...	253	3.4
4	188.1.37.13	ar-muenchen1-ge0-1-222.g-win.dfn...	TTL Exceeded in T...	252	5.7
5	188.1.74.1	cr-muenchen1-ge0-0.g-win.dfn.de	TTL Exceeded in T...	251	3.2
6	188.1.18.210	cr-leipzig1-po9-3.g-win.dfn.de	TTL Exceeded in T...	248	16.8
7	188.1.18.189	cr-frankfurt1-po10-0.g-win.dfn.de	TTL Exceeded in T...	249	15.2
8	188.1.80.42	ir-frankfurt2-po3-0.g-win.dfn.de	TTL Exceeded in T...	248	14.0
9	216.200.116.97	ge9-0.pr1.fra1.de.mfnx.net	TTL Exceeded in T...	247	14.1
10	216.200.116.209	so-0-1-0.cr2.fra1.de.mfnx.net	TTL Exceeded in T...	245	13.9
11	64.125.30.150	pos10-0.mpr1.ams1.nl.above.net	TTL Exceeded in T...	245	20.3
12	208.184.231.54	pos2-0.cr1.ams2.nl.above.net	TTL Exceeded in T...	244	20.6
13	64.125.31.153	so-5-0-0.cr1.lhr3.uk.above.net	TTL Exceeded in T...	242	26.6
14	64.125.31.186	so-7-0-0.cr1.dca2.us.above.net	TTL Exceeded in T...	241	98.6
15	208.184.233.133	so-6-3-0.mpr3.sjc2.us.above.net	TTL Exceeded in T...	240	16...
16	209.249.0.121	pos1-0.mpr1.pao1.us.above.net	TTL Exceeded in T...	240	16...
17	208.185.168.173	Unavailable	TTL Exceeded in T...	111	17...
18	207.126.111.2	metro0-111.sv.meer.net	TTL Exceeded in T...	111	17...
19	207.126.111.202	h-207-126-111-202-mozilla.sv.meer....	Echo Reply	237	17...

Out 19, in 19, loss 0%, times (min/avg/max) 0.5/57.8/172.5

## 3.8.4 Protokolle in einem IP-Router

### ❑ IGMP: Internet Group Management Protocol

- Dient zur Verwaltung von Gruppen (im Zusammenhang mit Class D-Adressen)
- Das IGMP-Protokoll wird für IP-Multicast, also für die Gruppenkommunikation eingesetzt
- Das IGMP-Protokoll baut auf dem IP-Protokoll auf, d.h. es wird von IP behandelt, als sei es ein Protokoll einer höheren Schicht
- IGMP-Daten werden immer mit einem vollständigen IP-Header verschickt, die eigentlichen IGMP-Meldungen befinden sich im anschließenden IP-Datenteil



## 3.8.4 Protokolle in einem IP-Router

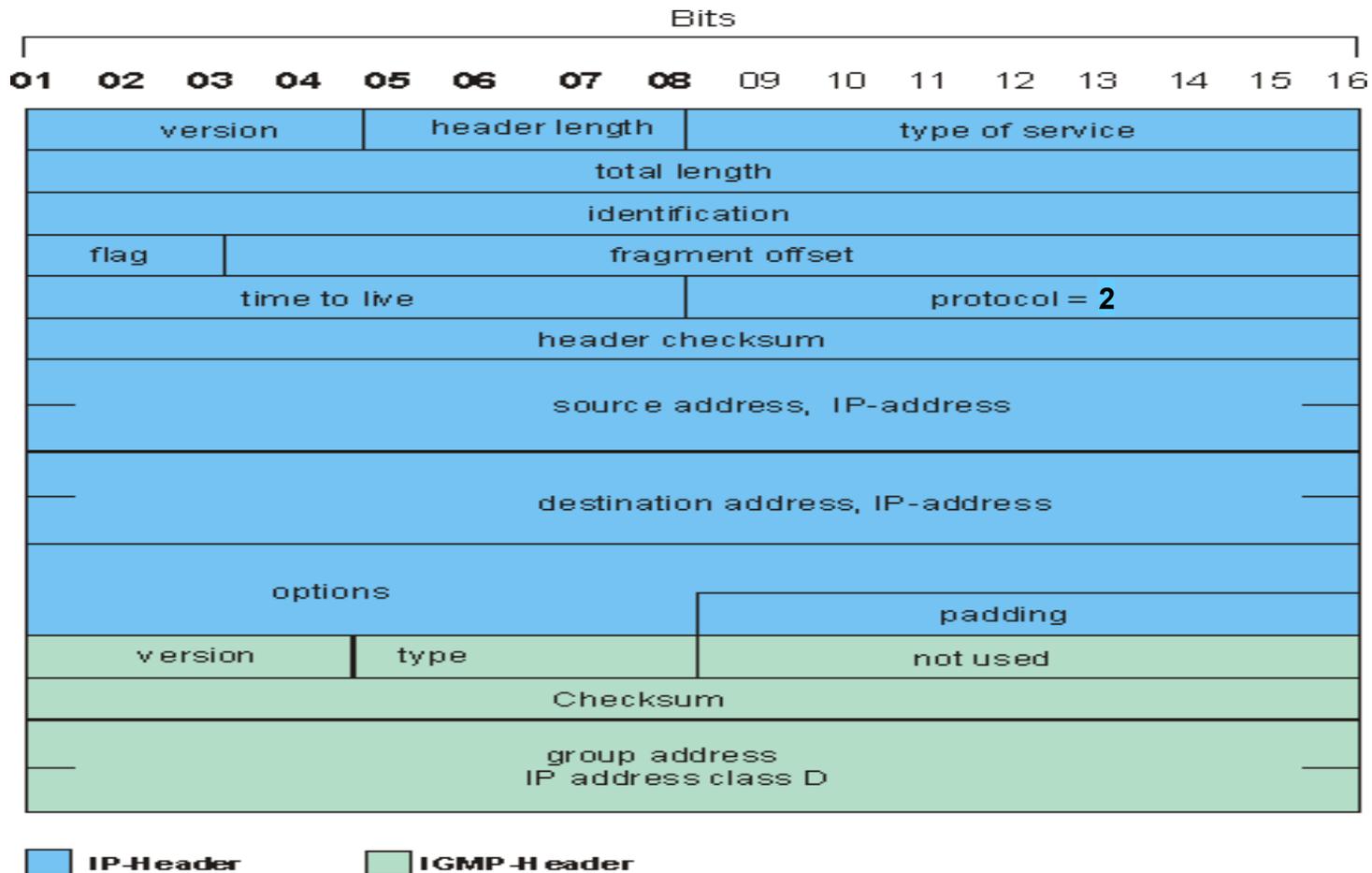
---

### □ IGMP – Problemfelder im Zusammenhang mit IP-Multicast (MC)

- Endsystemregistrierung: Empfänger eines IP-MC-Paketes muss Mitglied einer MC-Gruppe sein. Gruppenverwaltung mit IGMP
- Adress-Mapping: Abbildung von IP-MC auf IP-Adressen bzw. MAC (MC)-Adressen
- Multicast-Routing: Infos über MC-Gruppen verteilen und pflegen (spezielle Protokolle: PIM, MOSPF, DVMRP)
- Nicht jeder Router ist auch MC-Router
- IP-MC-Adressen sind Class-D-Adressen  
Reservierte Bereiche (All-Hosts, All-Routers, locale – RFC 1700)

## 3.8.4 Protokolle in einem IP-Router

- IGMP: Internet Group Management Protocol
  - Datenrahmen



## 3.8.4 Protokolle in einem IP-Router

---

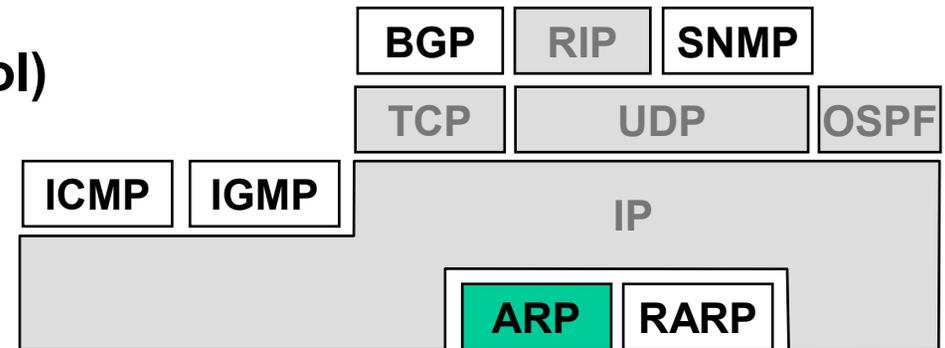
### □ IGMP – Version 2 in RFC 2236

- IGMP-Nachricht als Payload in IP, Protocol Type = 2
- Type-Felder für Host / MCRouter Kommunikation
  - MembershipQuery (0x11): Welche Gruppen, welche Mitglieder
  - Version1 MembershipRequest (0x12)
  - Version2 Membership Report (0x16)
  - LeaveGroup (0x17)
  - DVMP-Nachricht
  - Maximum Response Time
  - Gruppenadresse
- Ein MC-Router sendet alle 100 sec eine MembershipQuery an alle Endsysteme im LAN und führt Buch über Gruppen und Mitglieder

## 3.8.4 Protokolle in einem IP-Router (Fortsetzung)

### ❑ ARP (Address Resolution Protocol)

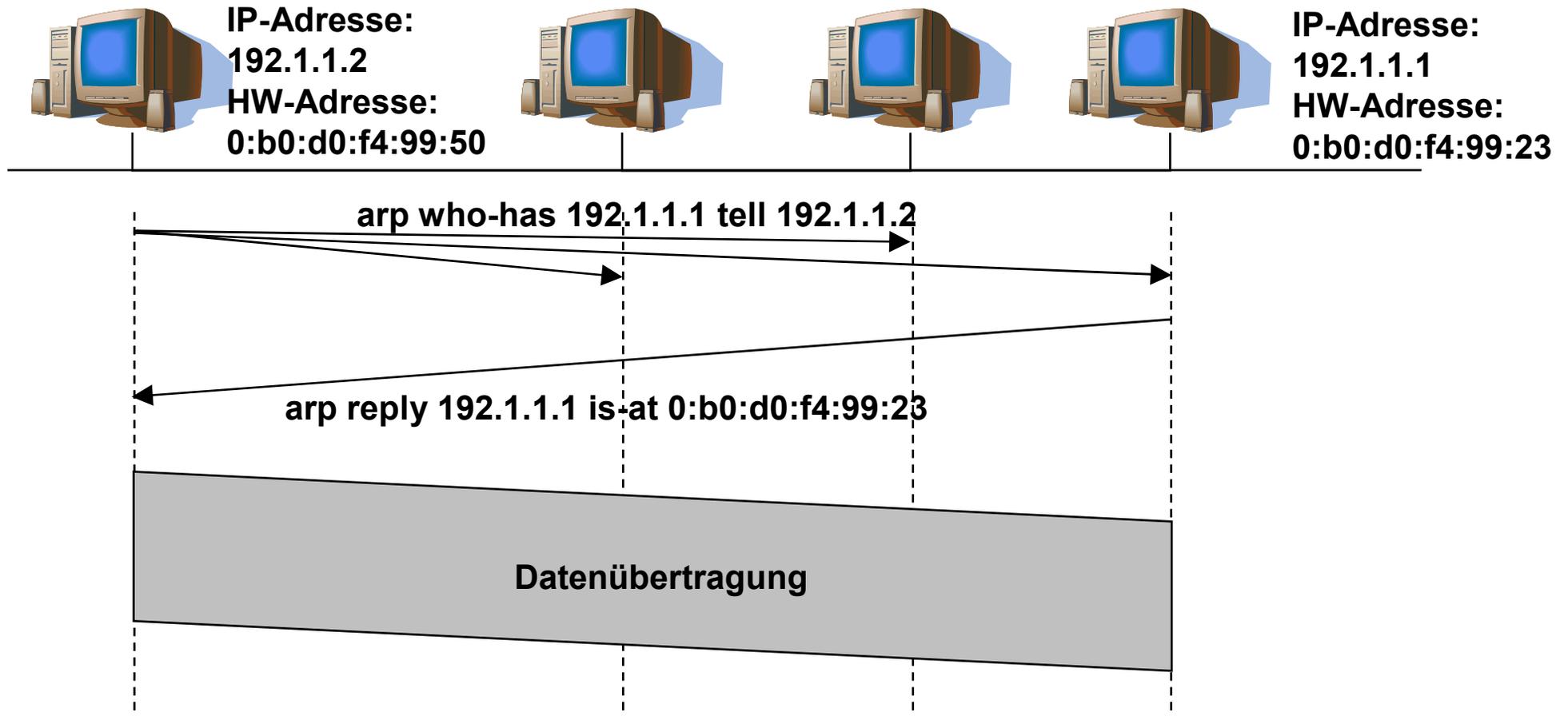
- ARP ist ein typisches ES-IS-Protokoll, das dazu dient, die MAC-Adressen in die zugehörigen IP-Adressen umzuwandeln, damit überhaupt eine Kommunikation auf der Vermittlungsschicht mittels des IP-Protokolls stattfinden kann
- Das ARP-Protokoll legt zu diesem Zweck Mapping-Tabellen an, die die MAC-Adressen den Netzwerkadressen zuordnen



## 3.8.4 Protokolle in einem IP-Router (Fortsetzung)

### □ ARP (Address Resolution Protocol)

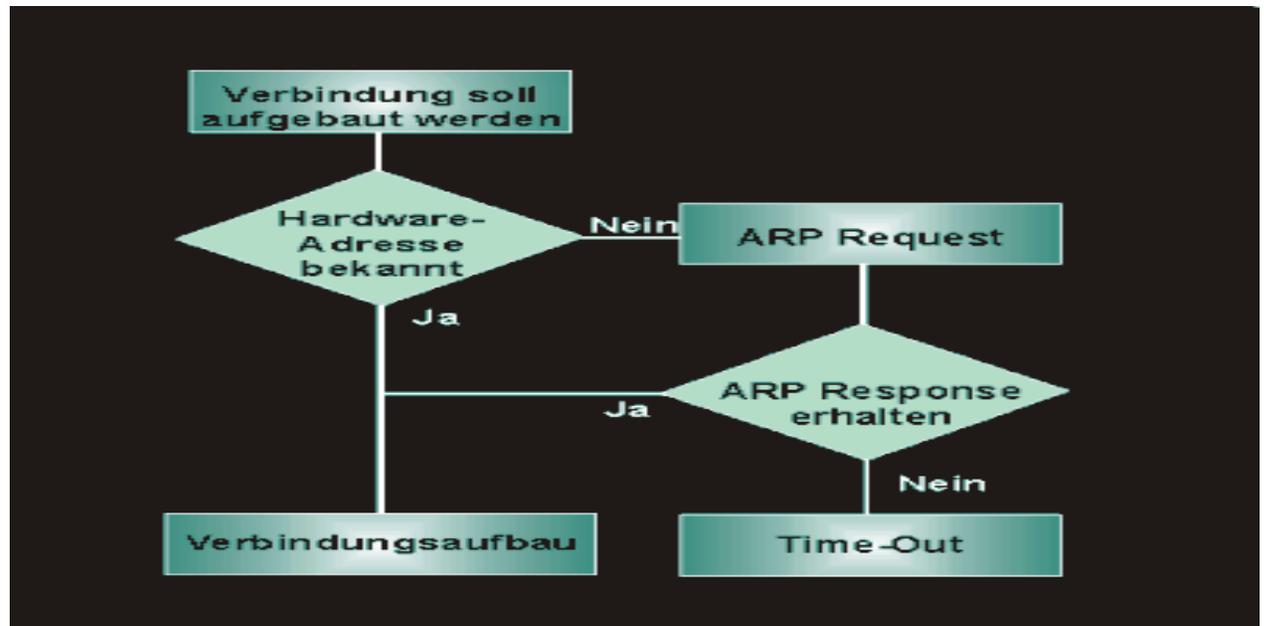
- Funktionsablauf



## 3.8.4 Protokolle in einem IP-Router (Fortsetzung)

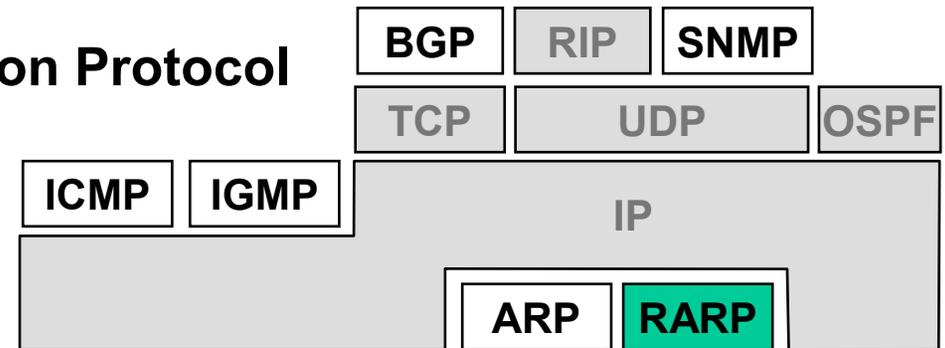
### □ ARP (Address Resolution Protocol)

- Hat ARP keinen Eintrag in seiner Tabelle, so wird über eine Anfrage an alle Netzknoten (Broadcast) die Ethernet-Adresse der zugehörigen Internet-Adresse erfragt
- Nur Netzknoten mit einem Eintrag zu dieser IP-Adresse antworten auf die Anfrage
- Die Antwort auf den ARP-Broadcast wird in der ARP-Adresstabelle gespeichert
- Flussdiagramm



## 3.8.4 Protokolle in einem IP-Router (Fortsetzung)

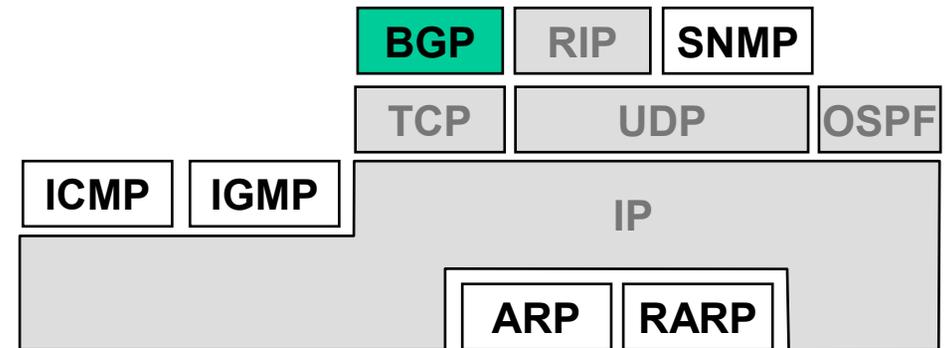
### ❑ RARP: Reverse Address Resolution Protocol



- Station kann eine IP-Adresse zu ihrer MAC-Adresse anfordern
- Anfrage als Broadcast
- Der RARP-Server (beliebiger Rechner) beantwortet Anfrage und liefert IP-Adresse zur MAC-Adresse des Anfragenden
- RARP arbeitet auf Schicht 2, ist aus dem Address-Resolution-Protokoll (ARP) abgeleitet und benutzt ähnliches Datenformat
- Adressverwaltung durch einen Server ermöglicht zentrale Adressvergabe

## 3.8.4 Protokolle in einem IP-Router (Fortsetzung)

- ❑ **BGP (border gateway protocol)**  
(Implementierung eines EGP  
(exterior gateway protocol)  
nach RFC 827)

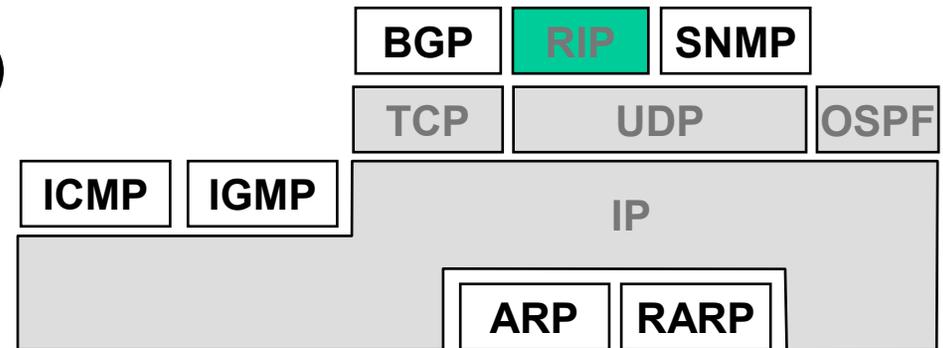


- Kommunikation zwischen Routern im Verbund komplexer Netze, sog. autonomer Systeme (AS; selbständige Routing Domänen)
- Externes Routingprotokoll (ERP )
- Erkennt einen Nachbar-Gateway und dessen Aktivierung; es kann Nachbar-Gateways testen, ob sie antworten, und periodisch »Routing Update Messages« zwischen Nachbar-Gateways austauschen
- RFC 904, 1771 – 1774, 1863, 1930, 2283

## 3.8.4 Protokolle in einem IP-Router (Fortsetzung)

### ❑ RIP (routing information protocol)

- Meist verwendetes IGP (Interior Gateway Protocol)

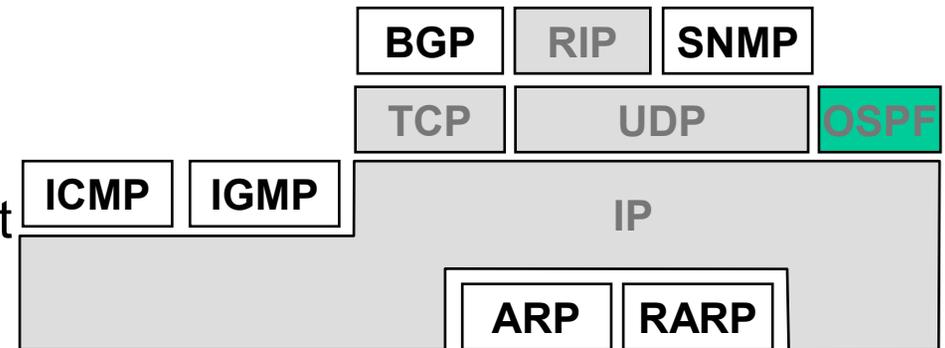


- Alle Router verteilen in Intervallen ihre eigenen Routing-Tabellen per Broadcast an Nachbarn
- Routing-Tabelle wird auf Basis der gewonnenen Informationen in jedem Router neu berechnet
- Maximale Routenlänge für Berechnung: 14 Hops
- RIPv2, baut auf Distance-Vector-Algorithmus auf und benutzt wie RIPv1 UDP für den Transport der Routing-Tabellen
- RIPv1 im RFC 1058 beschrieben, RIPv2 in den RFCs 1387 bis 1389, extended Version in RFCs 1721 bis 1724

## 3.8.4 Protokolle in einem IP-Router (Fortsetzung)

### ❑ OSPF (open shortest path first)

- IGP (Interior Gateway Protocol)
- Propagierung der Verfügbarkeit von Verbindungswegen zwischen Routern
- Unterstützt hierarchische Netzstrukturen
- Schnelles, dynamisches Verhalten in Bezug auf die Änderungen in der Netztopologie
- Dynamische Lastverteilung
- Geringer Overhead
- Berücksichtigung der Dienstleistungsmerkmale (TOS) im Routing
- Arbeitet nach Link-State-Algorithmus (LSA)
  - Lange Routen mit (max. 65.000) Zwischensystemen möglich
  - Subnetze lassen sich in Gruppen zusammenfassen
- RFC 2178



## 3.8.4 Protokolle in einem IP-Router (Fortsetzung)

---

### □ OSPF (open shortest path first)

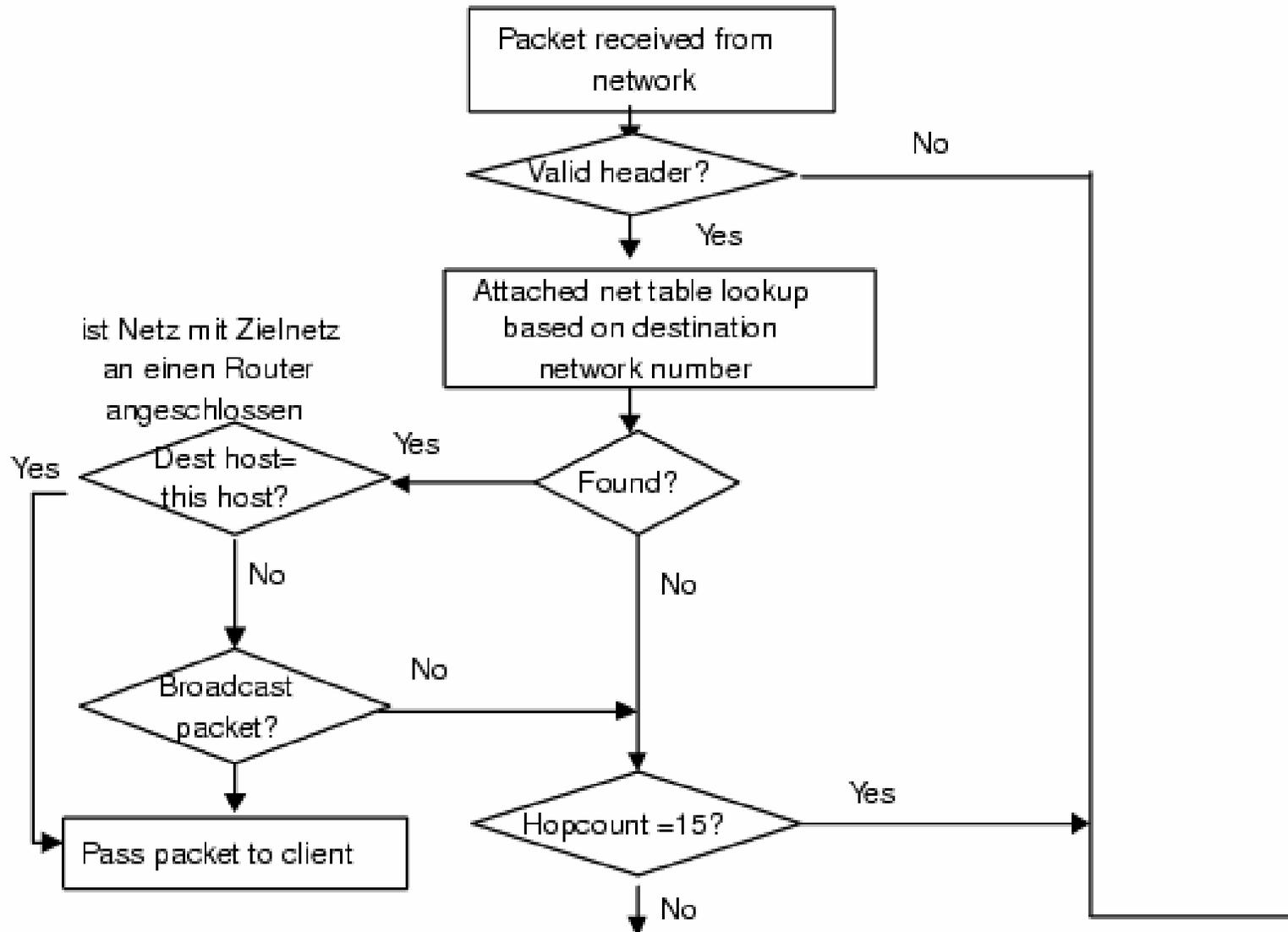
- Unterscheidet vier Router-Klassen

- Interne Router, die sich vollständig in einem Bereich befinden
- Grenz-Router, die zwei oder mehrere Bereiche verbinden
- Backbone-Router, die sich im Backbone befinden
- AS-Grenz-Router, die zwischen mehreren AS vermitteln

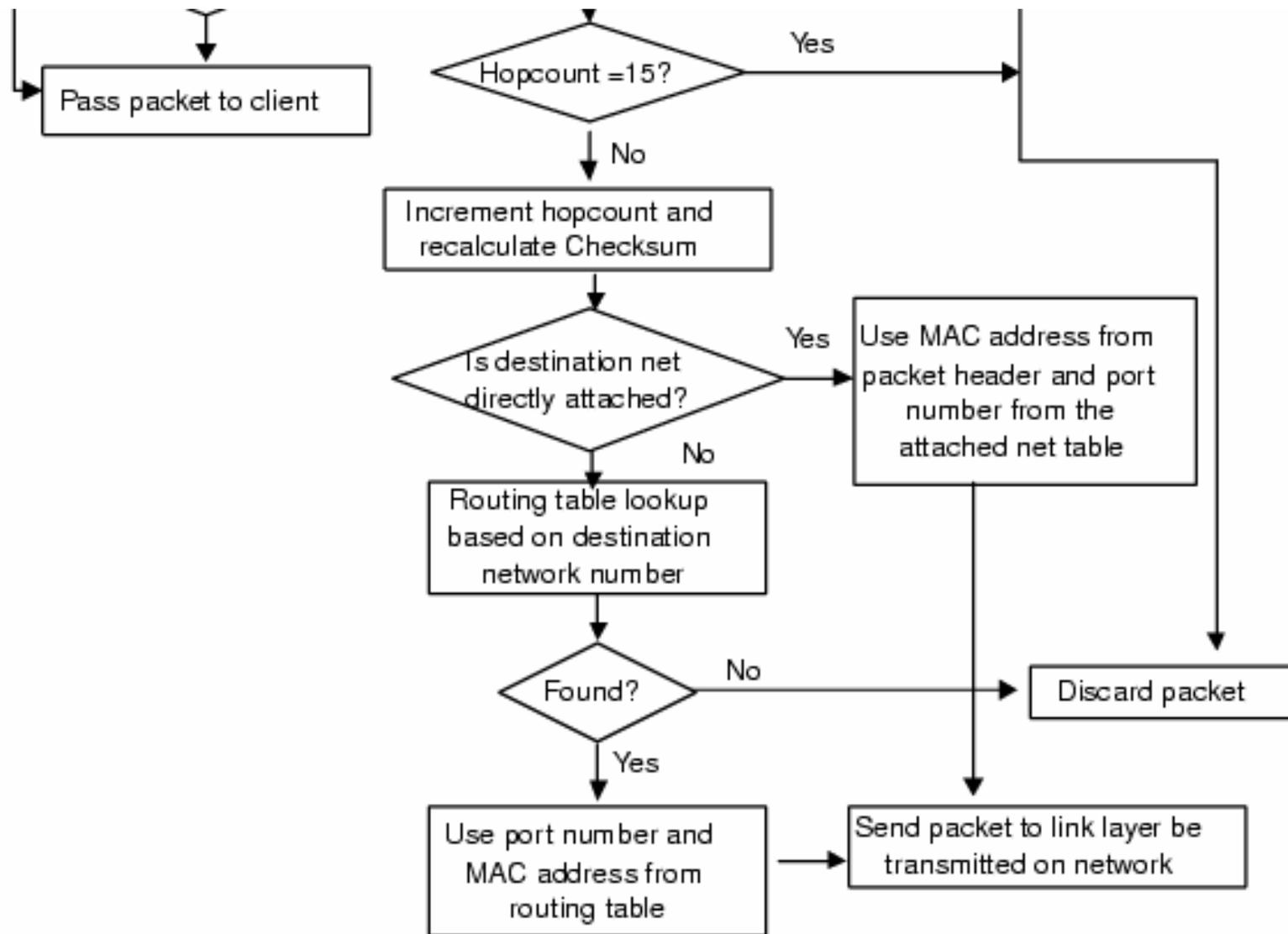
- Nachrichtentypen

Hello	Dient zur Feststellung, wer die Nachbarn sind
Link State Update	Gibt die Kosten des Senders an seine Nachbarn aus
Link State Ack	Bestätigt eine Link-State-Aktualisierung
Database Description	Gibt die neuesten Daten des Senders bekannt
Link State Request	Fordert Informationen vom Partner an

## 3.8.5 Funktionsweise eines Routers (oberer Teil)



## 3.8.5 Funktionsweise eines Routers (unterer Teil)



## 3.8.5 Funktionsweise eines Routers: Aufbau

**Netzschnittstellen**

**Routing Engine**

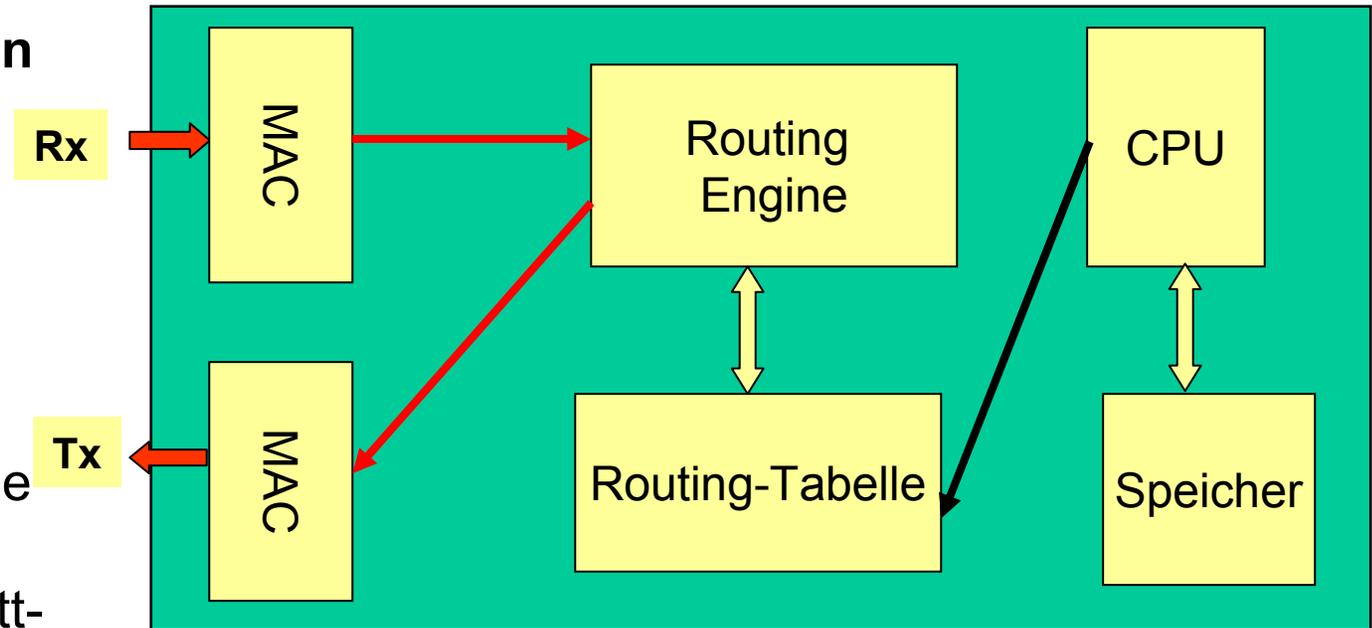
- Führt das Routing aus

**Routing-Tabelle**

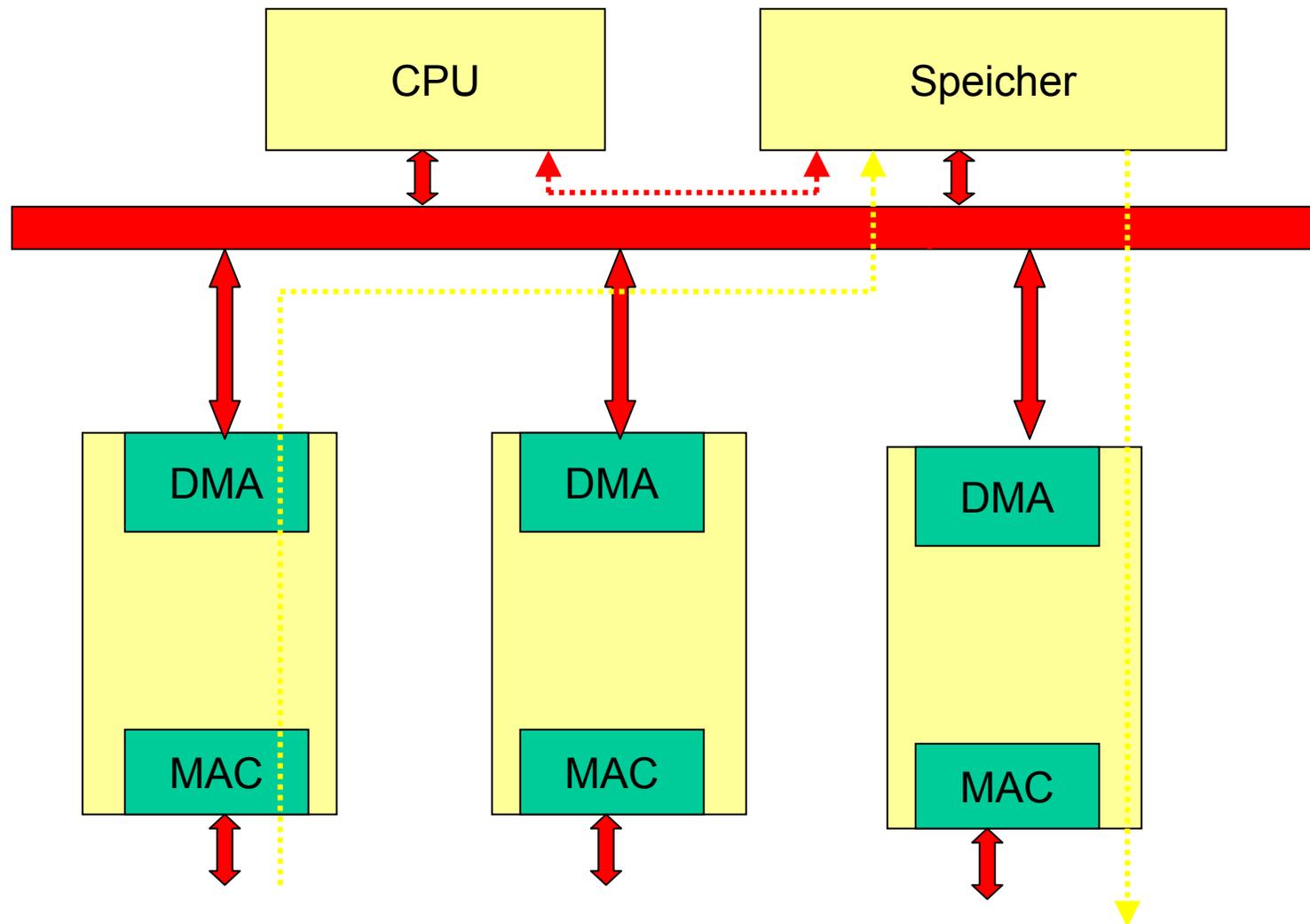
- Enthält Regeln welche Pakete über welche Schnittstellen weitergeleitet werden müssen

**I.d.R. wird die Funktionalität der Sicherungsschicht in Hardware (Interface Karten) ausgeführt**

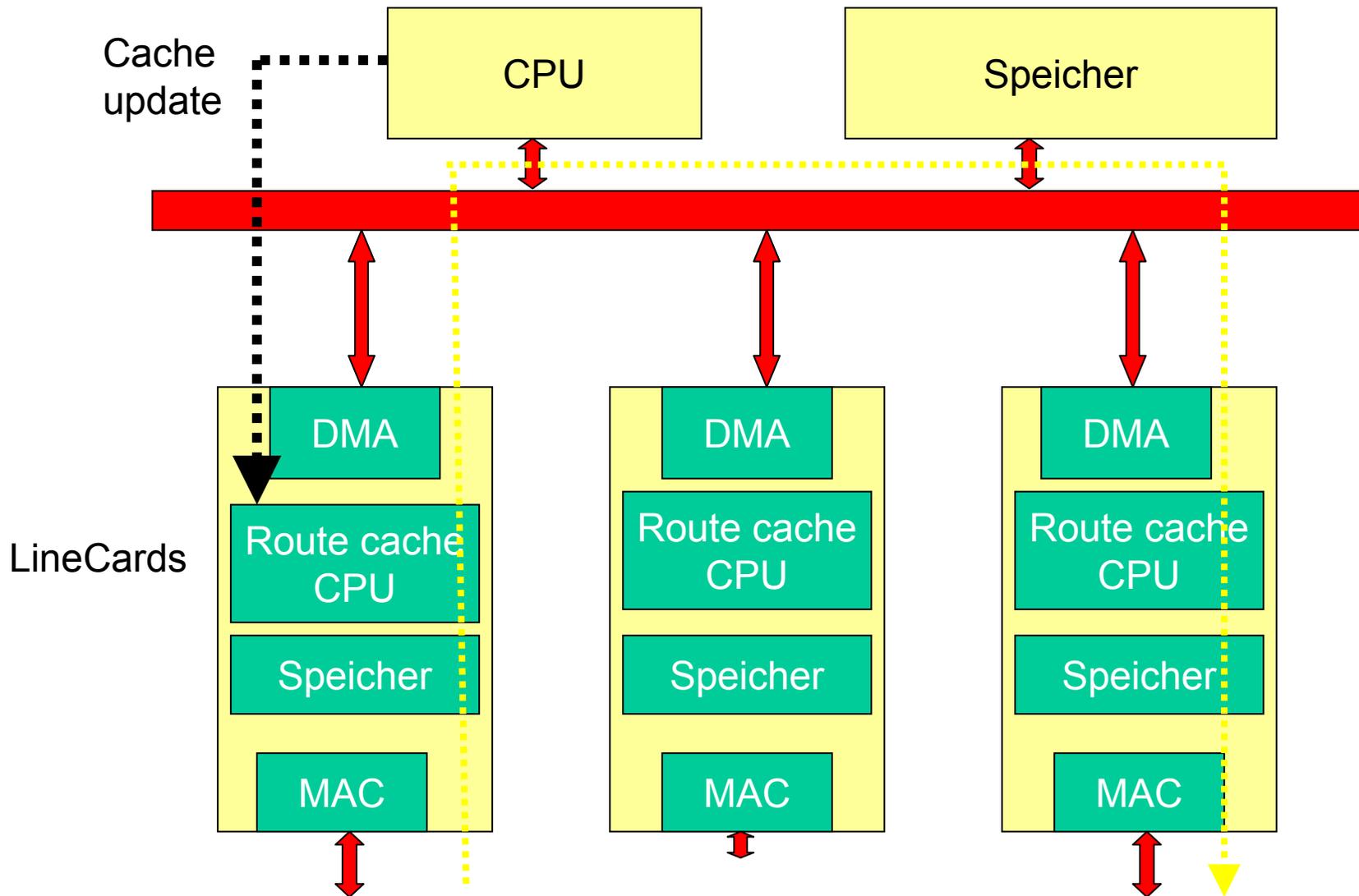
**Realisierung der Vermittlungsschicht oft (aber nicht notwendigerweise) in Software**



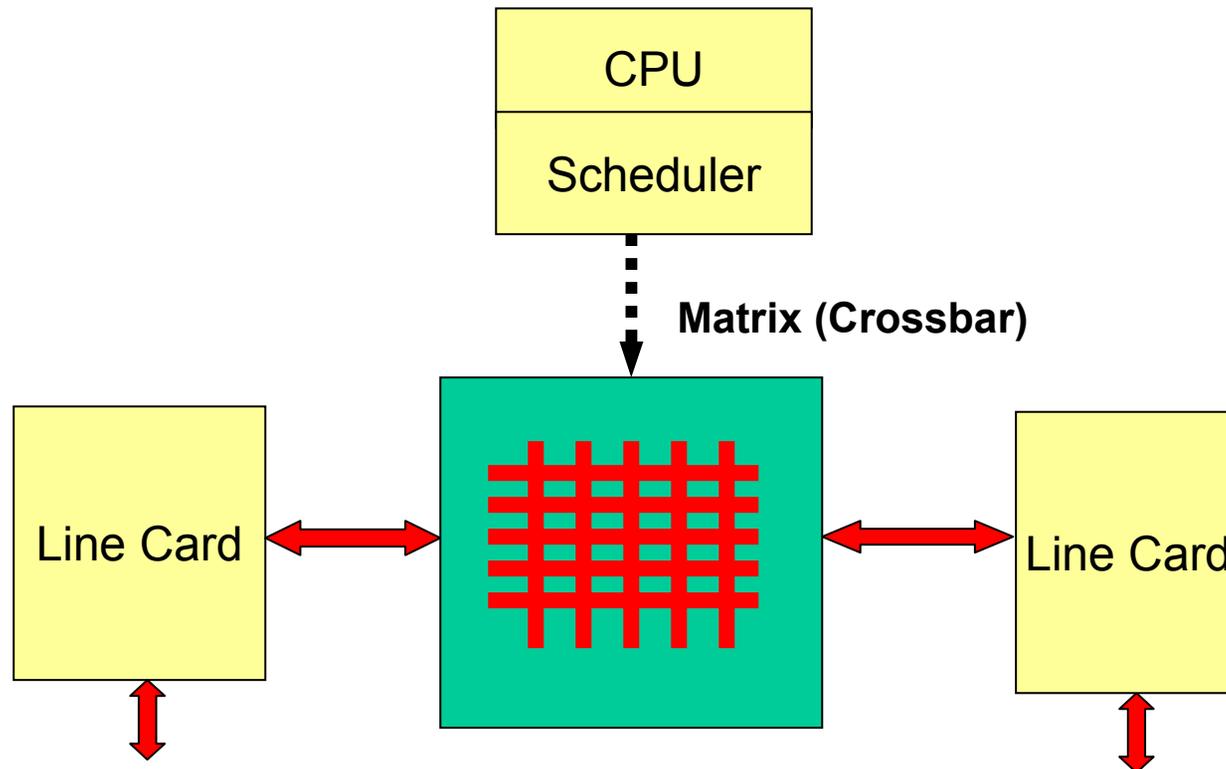
## 3.8.5 Funktionsweise eines Routers: Erste Generation



## 3.8.5 Funktionsweise eines Routers: Zweite Generation

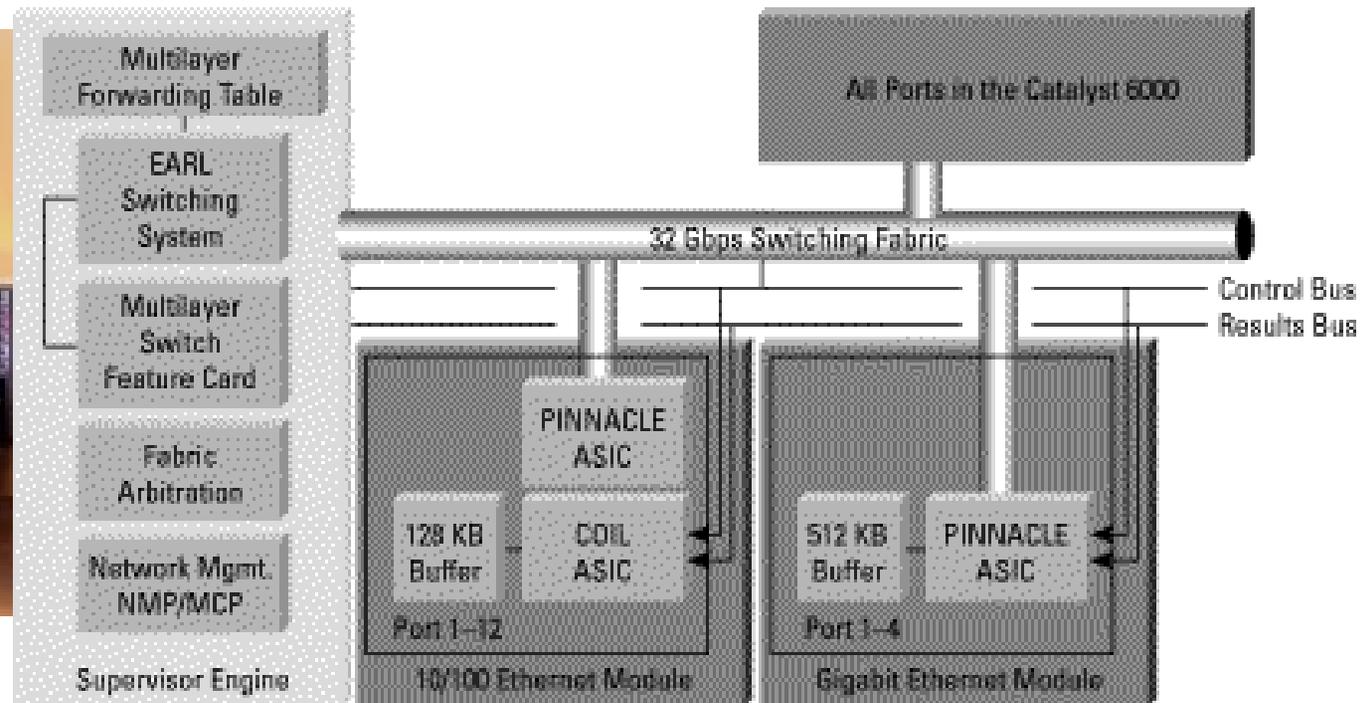


## 3.8.5 Funktionsweise eines Routers: Dritte Generation



# 3.8.5 Funktionsweise eines Routers: Beispiel Cisco Catalyst 6500

## Architektur



- Supervisor Engines
- Switch fabric modules
- Fast Ethernet modules
- Gigabit Ethernet modules
- 10 Gigabit Ethernet modules
- Voice Modules
- WAN Modules
- ATM Modules
- Multi Gigabit systems (content services, firewall, intrusion detection, IPSec/VPN, network analysis)
- Betriebssystem IOS (propriäter, aktuelle Version 12.3)

## 3.8.6 Brouter

---

- „Routing Bridge“ oder „Bridging Router“ (nicht klar definiert):
  - Kombination aus Router und Bridge
  - Bridge, angereichert um Routing-Funktionen wie Routing und Flussregelung
  - Transparent für höhere Protokolle
  - Verletzen reine OSI Architektur Philosophie
  - Beispiel
    - Pakete, die nicht geroutet werden können (z.B. Interpretation der Protokollfamilie nicht möglich), werden nach Bridge-Methode propagiert
    - Andere Möglichkeit: Alle Datenpakete werden nach Bridge-Methode propagiert; Brouter kommunizieren untereinander über ein Routingprotokoll zur besseren dynamischen Lastverteilung

## 3.8.7 Router-Management

---

### □ Managementrelevante Informationen sind

- Grundkonfiguration der Komponente (Gerätebestückung, Karten, Portcharakteristik, etc.)
- Adresstabellen (Netzadressen, MAC-Adresse)
- Mapping-Adressen (Netzadresse <-> MAC-Adresse)
- Routing Tabellen
- Filtereinträge (z.B. für Firewall-Filter)
- Protokoll-Tabellen (welche werden unterstützt, welche sind aktiv)
- Subnetzmasken
- Protokollparameter (z.B. Hallo-Timer, Dead-Timer, Metriken für Routing-Protokolle, Packet-Discard Policy, Retransmission Policy)
- Statistiken (z.B. IP Broadcasts, ICMP (Redirects, Unreachable Meldungen), IP-Fragmente, IP-Lastanteil, fehlerhafte Pakete, Filterverletzungen, Router-Auslastung)

## 3.9 Aufbau von Netzkomponenten

---

- 3.9.1 Hubs
- 3.9.2 Smart Hubs
- 3.9.3 Kategorien von Hubs
- 3.9.4 Hubsystemaufbau
- 3.9.5 Grundaufbau einer Netzkomponente

## 3.9.1 Hubs

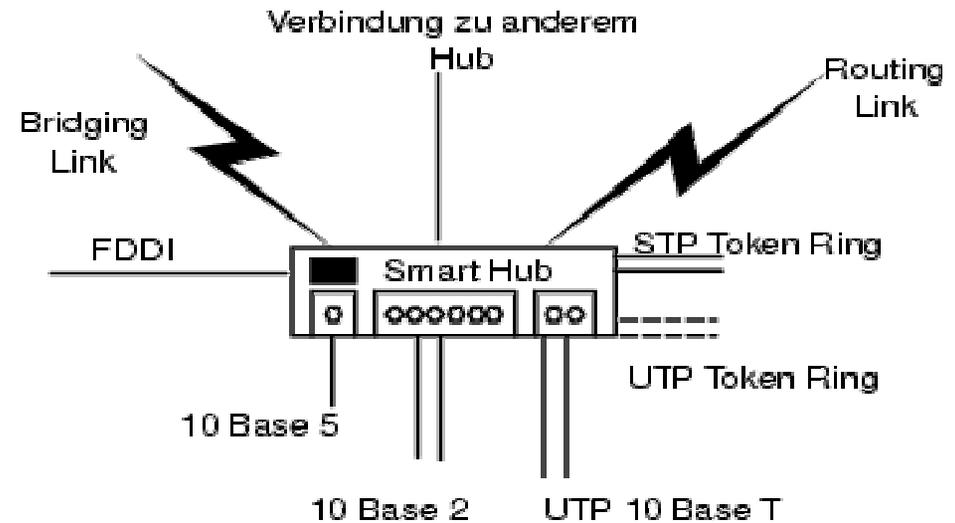
---

### □ Hubs

- Hubs (der Ebene 1) sind Multiport-Repeater
- Signalverstärkerfunktion und Frame-Propagation
- Signalumsetzung und Medienanpassung
- Natürlicher Zusammenhang mit strukturierter Verkabelung
- Bilden Aufpunkt für sternförmige bzw. baumartige Topologien (Wiring Concentrator, Cable Concentrator)
- Begriff ist nicht scharf definiert
  - Reicht von ursprünglich rein homogenen Sternkopplern („Wiring Junction“)
  - Über allgemeine Level-1-Hubs mit unterschiedlichen Medien (Multimedia Access Centers, „Dump Hubs“)
  - Bis zu „Intelligent Hubs“ und „Smart Hubs“ als Knotenpunkt verschiedenster LAN-Technologien (ein solcher Hub ist funktionell auch höheren Ebenen zuzuordnen)

## 3.9.2 Smart Hubs

- ❑ **Knotenpunkt verschiedenster LAN-Technologien mit Repeater-, Bridge-, und/oder Router-Funktion**
- ❑ **Smart Hubs sind Kombi-Geräte**
- ❑ **Vorteile:**
  - Gemeinsames Gehäuse, Stromzuführung
  - Vereinfachte Verkabelung
  - ein Hersteller für mehrere Funktionen
  - Konsistente Schnittstelle zum Funktionsaufruf
  - Integriertes Netzmanagement
- ❑ **Nachteile:**
  - Singuläre Fehlerquelle
  - Herstellerabhängigkeit (keine generelle Interoperabilität von Hubs)



**Firewire IEEE-1394  
DV 6-Port  
Switchable Router/  
Distributor Hub**

## 3.9.3 Kategorien von Hubs (1)

---

□ **Hubs sitzen in Schnittpunkten von Verkabelungshierarchien. Drei verschiedene Kategorien:**

- **Stackable Hubs:**

- Einfache Single-LAN-Konzentration, kaskadierte Dump Hubs
- Üblich: 10-24 Anschlussports und wenige LWL-Ports für Backbone-Anschluss
- Anschlussports üblicherweise über RJ45 (Twisted Pair Ports), aber auch BNC-Ports für 10Base2 und AUI für 10Base5
- Produkte unterscheiden sich nach
  - Anzahl der Hubs pro Stackcable
  - Ports
  - Kaskadiertiefe
  - Wirkung als Repeater (pro Hub oder Stack)

## 3.9.3 Kategorien von Hubs (2)

---

- **Modular Hubs:**

- Smart Hubs, unterstützen mehrere parallele LANs (üblich Ethernet, Token Ring, FDDI)
- Aufbau der Backplane ermöglicht es, die Einschubmodule an mehrere voneinander unabhängige Bussysteme anzuschließen
- Smart Hubs haben Bridgefunktionalität
- Mehrere physikalisch getrennte Netze werden über eine Backplane verbunden
- Enterprise Hubs sind verfügbar für
  - Ethernet [AUI (10Base5), BNC (10Base2), RJ45 (10BaseT), ST (10BaseF) – verschiedenste Fasern, Brücken- und Routermodule (local, remote), Terminal-Server-Module]
  - Token-Ring [UTP, STP, Glasfaser 802.5 J, 53 Ohm-Koaxial, Lobe Ports (RI,R0), Brücken- und Routermodule, SDLC/LLC Konvertierer]
  - FDDI
  - Sie unterstützen SNMP-Management

## 3.9.3 Kategorien von Hubs (3)

---

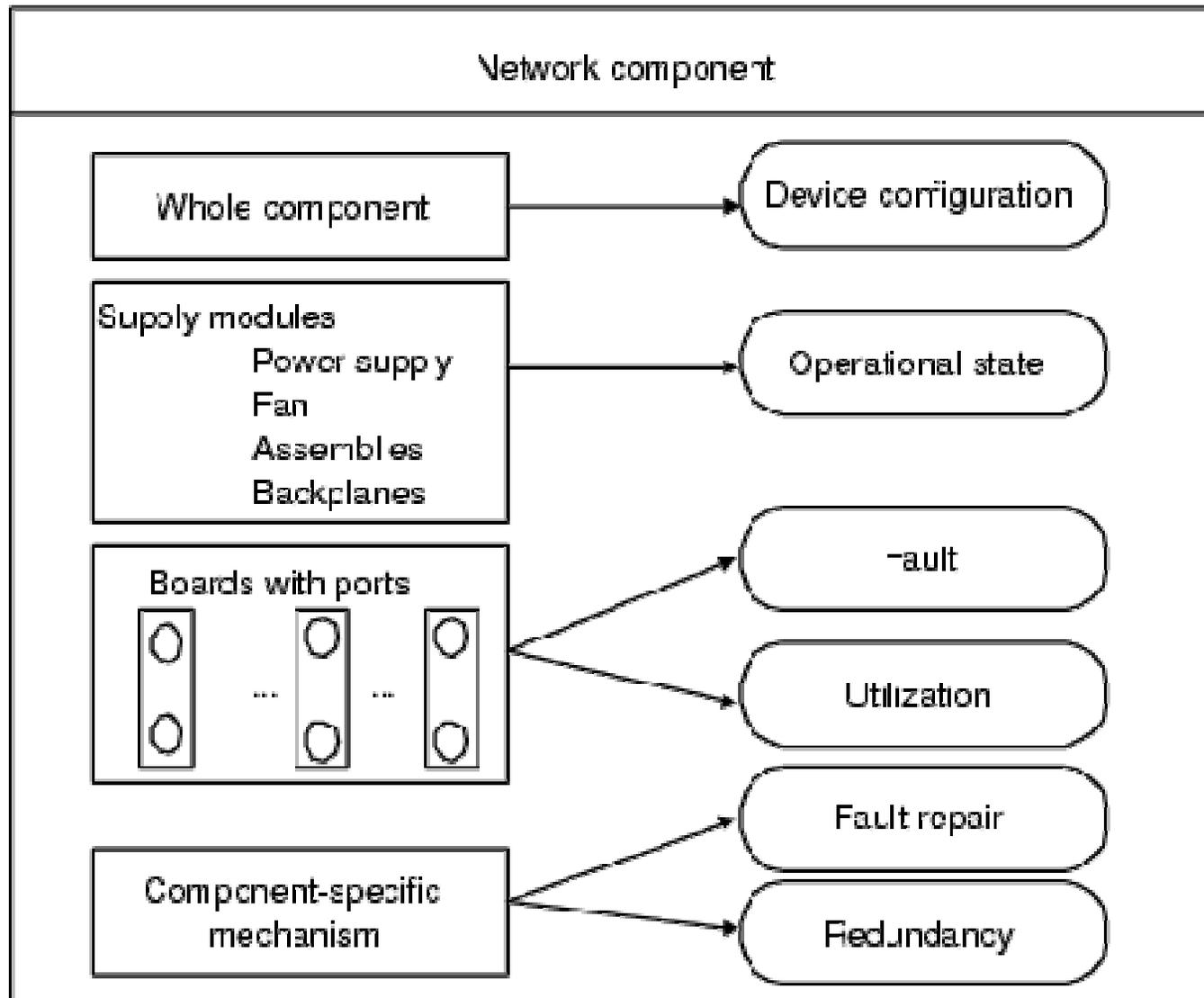
- Highend Hubs:
  - 100 Mbps Ethernet, ATM
  - „Collapsed Backbone Hubs“ – nicht für den Anschluss von Endgeräten konzipiert

## 3.9.4 Hubsystemaufbau

---

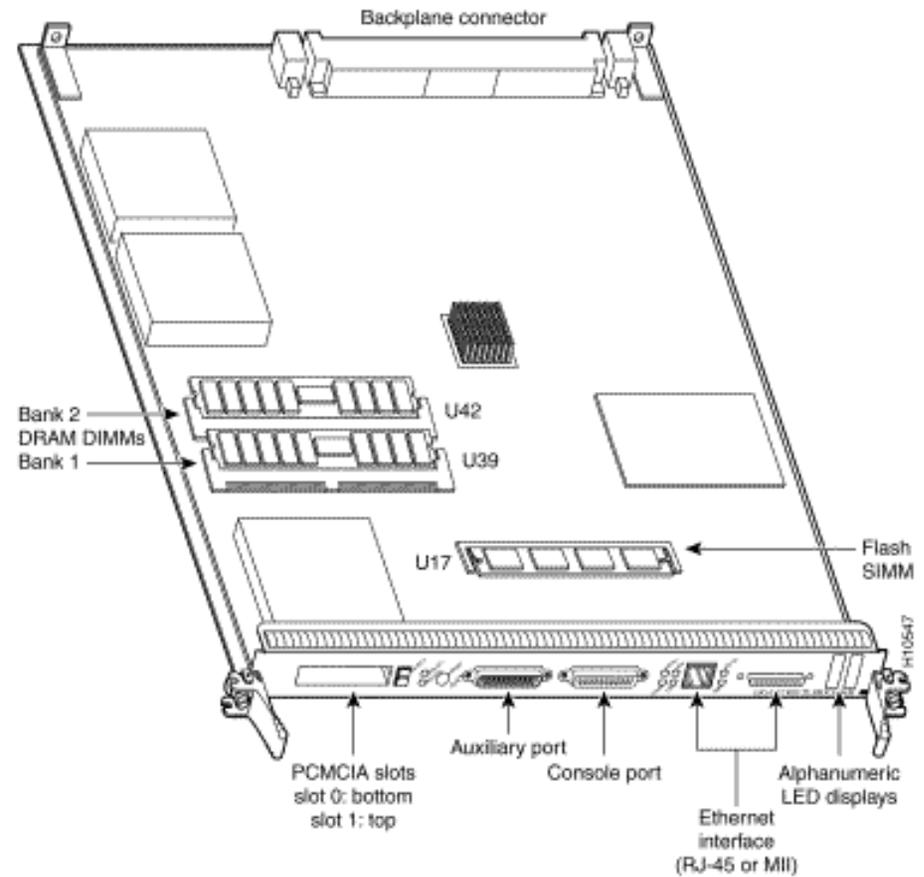
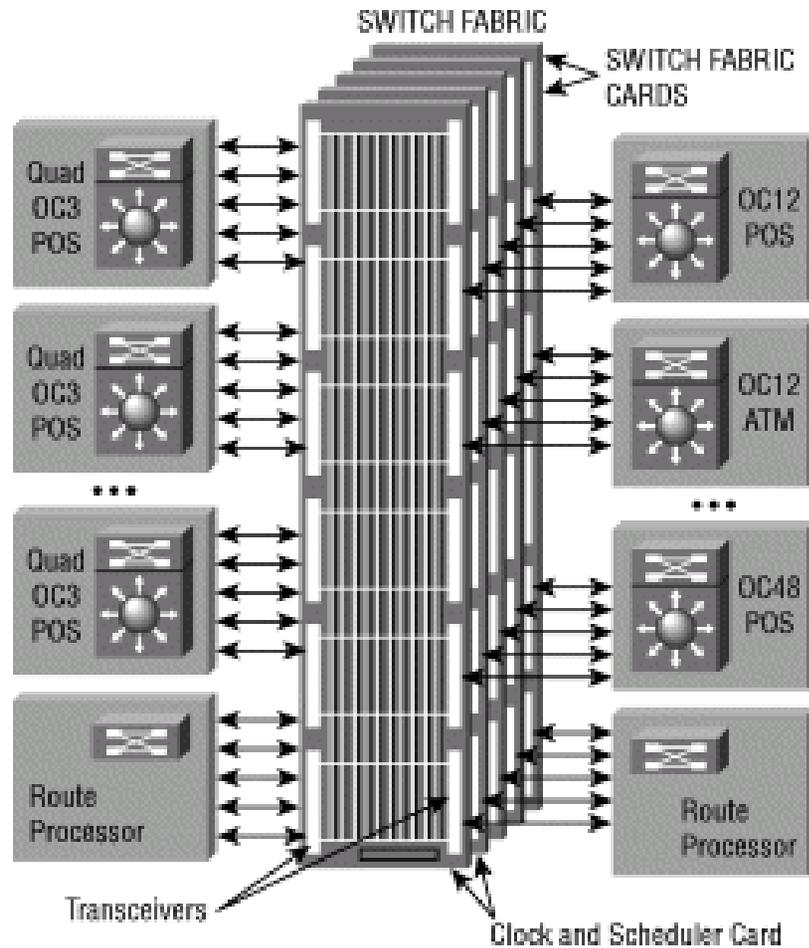
- ❑ **Einschubkarten („Link Modules“)**
- ❑ **Bus/Backplane („Processor Interconnect“)**
  - Mehrere unterschiedliche Datenbusse für verschiedene Netztypen (Ethernet, FDDI, Token Ring, ATM)
  - Management-Busse. Automatisches Erkennen aller Einschubmodule; Überwachung Verkehr und Modulstatus; Konfigurierung und Überprüfung Modulparameter.
  - Passive Backplane (keine aktiven Komponenten)
  - Aktive Backplane. Backplane hat Controllerfunktionen wie Taktgebung, Buszugriffssteuerung
- ❑ **Systemcontroller (Takt, Redundanz, Busmaster, Steuerung der Backplane, zentrale Verwaltung). Oft existiert Multiprozessorarchitektur; Fast Routing Engine**
- ❑ **Netzteil**
- ❑ **Lüfter. Redundanz kann sich beziehen auf Controller-Modul, Bus, Karten, Ports, Netzteil**

## 3.9.5 Grundaufbau einer Netzkomponente



# 3.9.5 Grundaufbau einer Netzkomponente

## Beispiel Cisco 12000 Series



## 3.10 Management von LAN-Komponenten

---

- 3.10.1 Management Architektur
- 3.10.2 Beispiel einer Architektur: Internet Management
- 3.10.3 Implementierungen in LAN-Komponenten
- 3.10.4 Anforderungen an Komponentenmanagement
- 3.10.5 Gesamtkonfiguration
- 3.10.6 Managementaspekte einer Bridge
- 3.10.7 Managementaspekte eines Routers
- 3.10.8 Protokolle zur automatisierten Konfiguration

## 3.10 Management von LAN-Komponenten

---

### Zielsetzung: Integriertes Management



- Heterogenität und Anzahl der Netze, der Endsysteme (PCs, Workstations, Hosts)
- Heterogenität von System-Hardware und -Software (Firewalls, WWW-Server, Mail-Server, aFTP-Server, Web-Browser, etc.)
- Verteilung von Informationen und Funktionalität auf verschiedene Komponenten

➔ Management **einer verteilten, heterogenen, komplexen** Umgebung

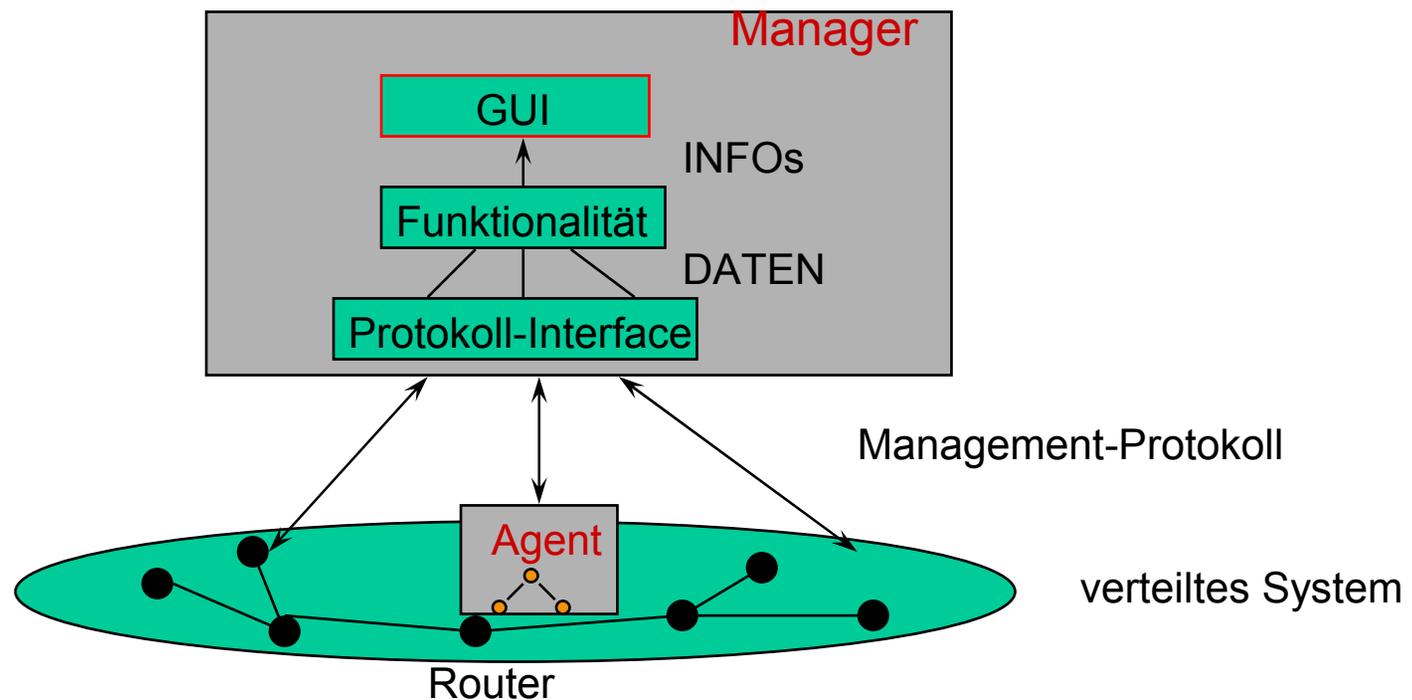


#### **Integriertes Management**

- “Das Netz ist der Rechner”, d.h. Zusammenwachsen von Netz-, System- und Anwendungsmanagement

## 3.10 Status-quo: Zentralisiertes Management

- ❑ Überwachung des verteilten Systems zentral vom Manager (Polling, Traps)



## 3.10.1 Einführung einer Management-Architektur

---

- ❑ **Komplexität erfordert eine integrierende Struktur für Lösungskonzepte und Implementierungen**

→ *Notwendigkeit einer Architektur für das Management*

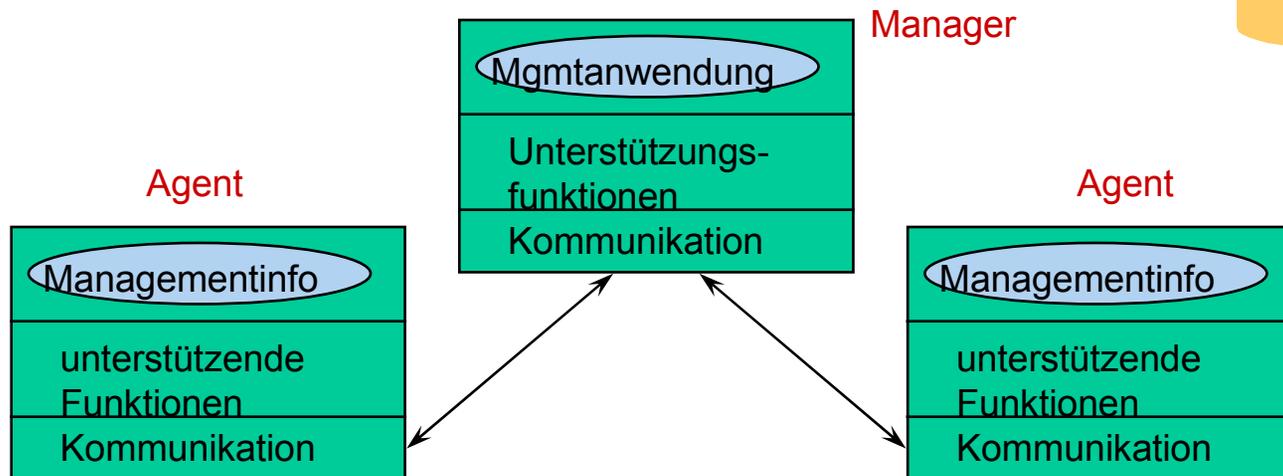
- ❑ **Prinzipiell sind zwei Klassen von Architekturen zu unterscheiden:**
  - Herstellerspezifisch
  - Herstellerübergreifend

→ *integrierte, offene Architektur*

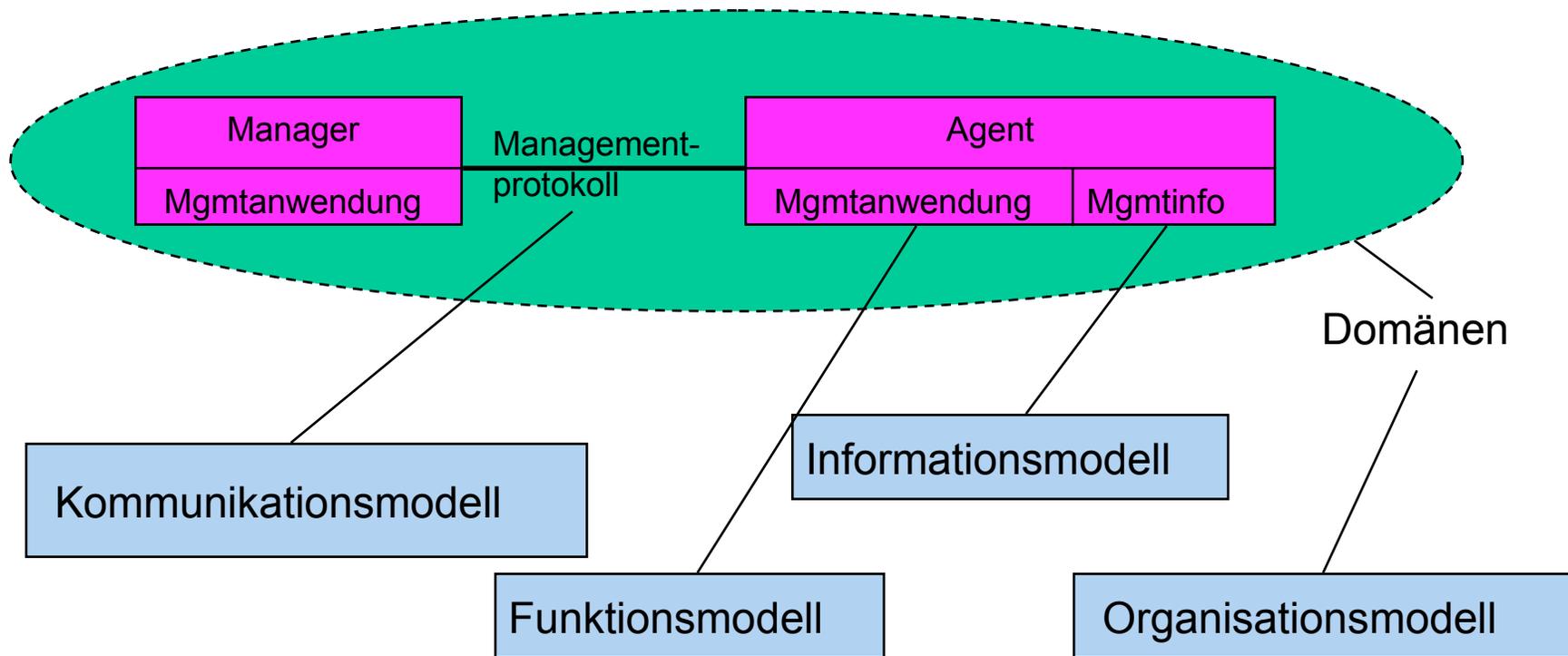
## 3.10.1 Managementarchitektur

### □ Elementare Eigenschaften einer integrierten Managementarchitektur

- Standardisierte Managementinformation, Managementprotokollen, Managementfunktionen
- Häufigstes Organisations-Prinzip: Manager-Agent-Model

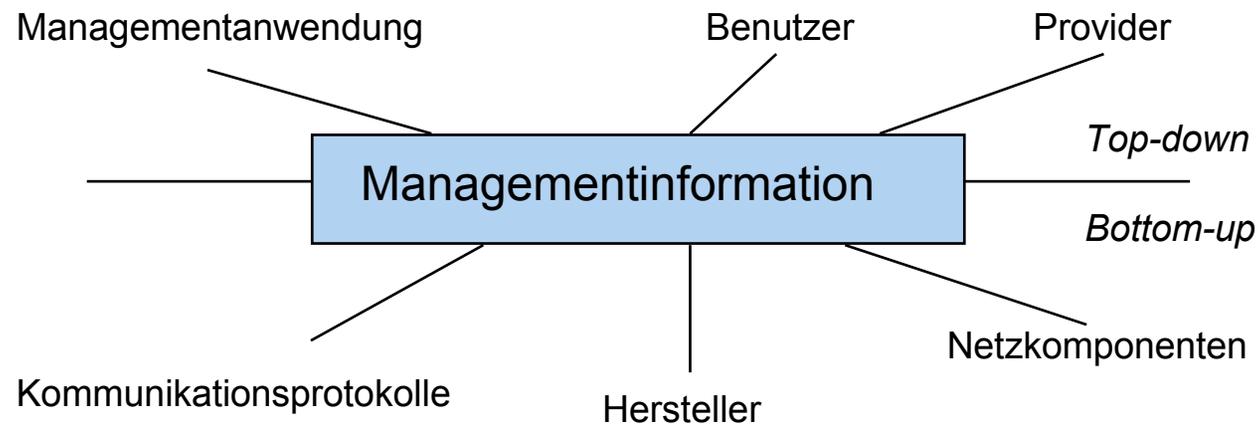


## 3.10.1 Teilmodelle der Architektur



## 3.10.1 Informationsmodell: Managementinformation

### □ Definition von konkreter Managementinformation



Managementinformationsbasen (MIBs)  
-- konzeptionelles Repository für Managementinformation

## 3.10.1 Funktionsmodell

---

- ❑ **Gliederung des Gesamtkomplexes Management in Funktionsbereiche (z.B. Fehlermanagement, Sicherheitsmgmt)**
- ❑ **Festlegung der Funktionalität der Bereiche**
- ❑ **Dienste zur Erbringung der Funktionalität**
- ❑ **Bereitstellung generischer, gemeinsam benutzbarer Funktionalität für Managementanwendungen**

## 3.10.1 Kommunikationsmodell

---

- ❑ **Management-Kommunikation erfolgt durch**
  - Statusabfragen
  - Austausch von Steuerinformation
  - (asynchrone) Ereignismeldungen
- ❑ **Aspekte des Kommunikationsmodells folglich:**
  - Festlegung der kommunizierenden Partner
  - Mechanismen für die genannten Kommunikationszwecke
  - Syntax und Semantik der Austauschformate

## 3.10.1 Organisationsmodell

---

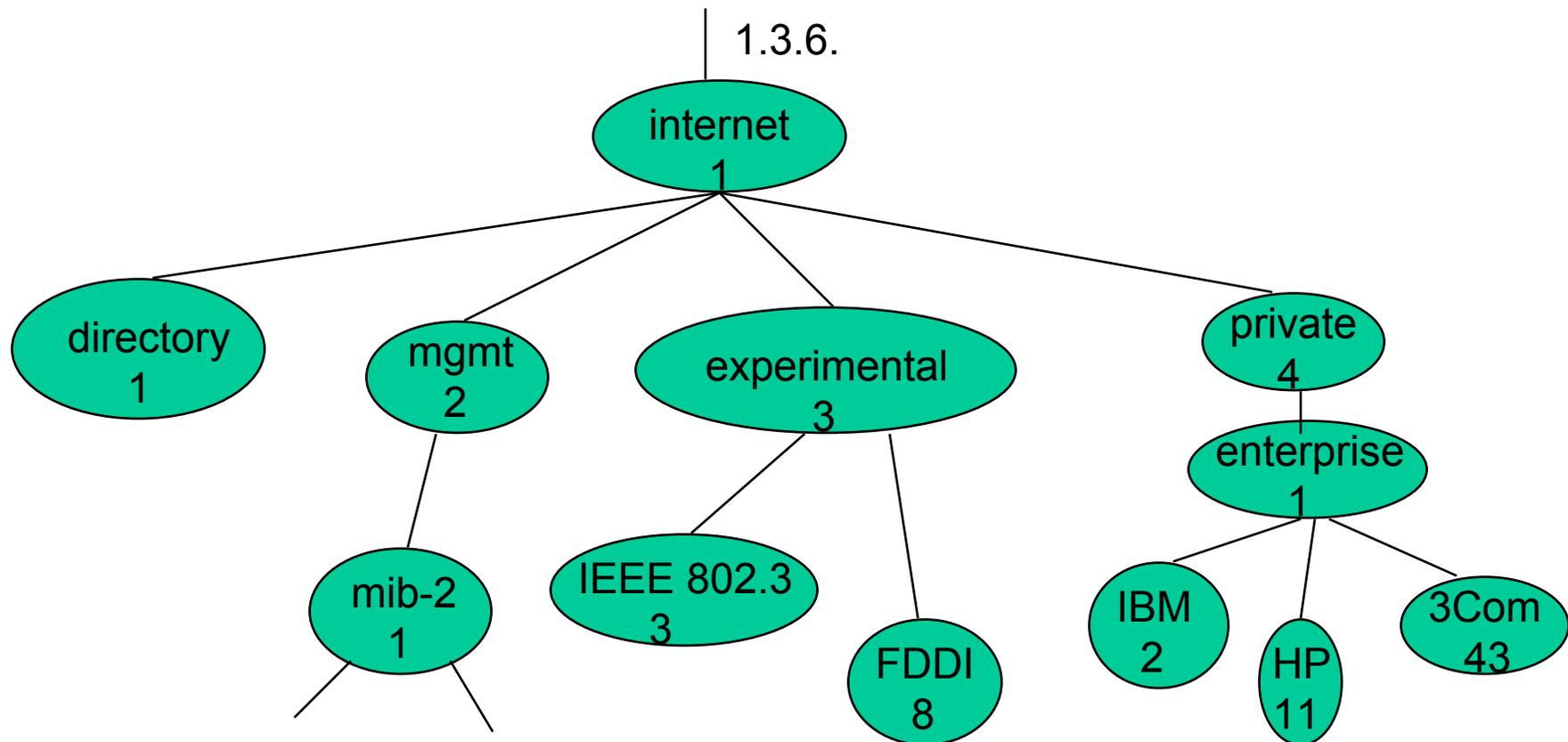
- ❑ **Anpassung des Managements an die Aufbau- und Ablauf-Organisation des Betreibers**
- ❑ **Domänenbildung:**
  - Gruppenbildung auf Ressourcen aus organ. Gründen
  - Management Policies
- ❑ **Festlegung von Rollen und Beziehungen der beteiligten Einheiten (z.B. Manager, Agent)**

## 3.10.2 Beispiele von Architekturen: Internet-Management

---

- ❑ **Ansatz: pragmatischer, einfacher als der universelle aber komplexe ISO-Ansatz**
- ❑ **Informationsmodell**
  - Modellansatz: Datentypansatz, Informationseinheiten: einfache und zusammengesetzte Variablen, RFC 1155 bzw. 1442 “Structure of Management Information”, MIB II (RFC 1213) - Basis Objektkatalog im Internet-Management
- ❑ **Funktionsmodell**
  - bisher kaum ausgeprägt, Ausnahme: RMON (Remote MONitoring), größter Teil der Funktionalität im Manager
- ❑ **Kommunikationsmodell**
  - Simple Network Management Protocol (SNMP), verbindungslos

## 3.10.2 Teile des Internet Registrierungsbaum



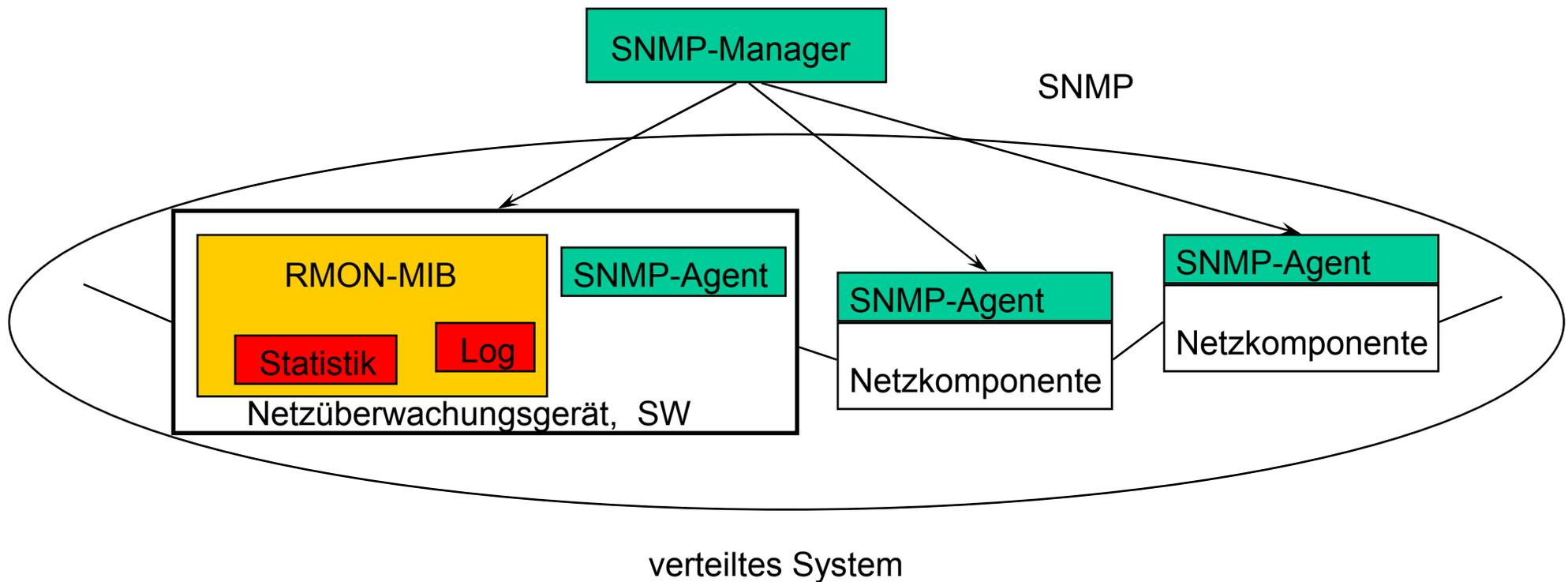
Standard MIB

Experimentielle MIBs

Private MIBs

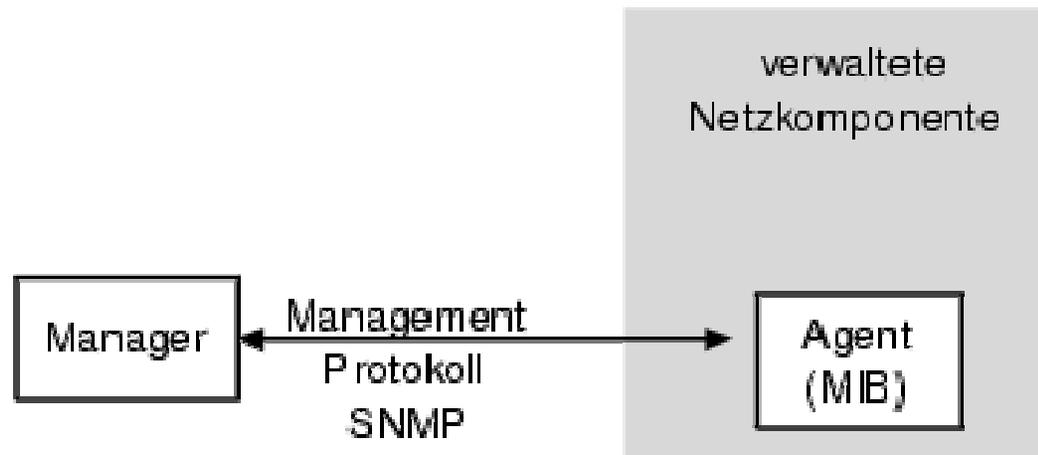
## 3.10.2 Internet-Management: RMON

### ❑ Remote MONitoring (RMON) - Performance-Informationen



## 3.10.3 Implementierungen in LAN-Komponenten (1)

- ❑ Im Umfeld von Netzkomponenten (LAN und Router) meist Internet-Managementarchitektur
- ❑ Internet-Architekturmodell:
  - Es existieren Manager, Agenten und zu verwaltende Netzkomponenten („Managed Nodes“)
  - Jeder zu verwaltenden Netzkomponente ist ein Agent zugeordnet, der mit einem oder mehreren Managern kommuniziert.
  - Agent läuft auf der Netzkomponente
  - Manager übernimmt die eigentlichen Managementaufgaben abhängig von den Informationen, die von Agenten über die zu verwaltenden Komponenten bereitgestellt werden



## 3.10.3 Implementierungen LAN-Komponenten (2)

---

- ❑ In LAN-Umgebung wird häufig das Internet-Management verwendet, d.h. als Agent-Protokoll kommt SNMP zum Einsatz
- ❑ Von der Netzkomponente bereitgestellte Managementinformation ist durch die MIB (Management Information Base) gegeben.
- ❑ Für Bridges gibt es standardisierte Internet-MIBs, für die meisten Komponenten kommen jedoch herstellerabhängige MIBs zur Anwendung.
- ❑ Solche MIBs können sehr umfangreich sein (mehrere hundert Variablen!)
- ❑ MIBs sind management-relevante Abstraktionen von realen Ressourcen, z.B. kann ein „Lüfter“ durch ein Boolean („ein“, „aus“) moduliert werden mit Operationen get und set.

## 3.10.4 Anforderungen an Komponentenmanagement

---

- ❑ **Konfiguration.** Darunter ist die Konfiguration der Komponente zu verstehen, so dass sie in den Betrieb des Netzes mitintegriert wird.
  - Allgemeine Parameter (z.B. IP-Adresse), Leistungsparameter, Sicherheitsparameter, Abrechnungsparameter
- ❑ **Überwachung während des Betriebs der Komponente im Netz, Fehlverhalten, Engpässe, Ressourcennutzung, Angriffe**
- ❑ **Gerätetypunabhängige Aufgaben**
  - Gesamtkonfiguration
  - Betriebszustandsüberwachung
  - Portüberwachung
- ❑ **Gerätetypabhängige Aufgaben**
  - Berücksichtigen die komponentenspezifischen Mechanismen; hier sind auch die FCAPS-Funktionen zu berücksichtigen

## 3.10.5 Gesamtkonfiguration (1)

---

- Komponente wird als gesamte Einheit betrachtet
- Zuordnung der IP-Adresse
- Festlegung des Zugriffs auf Bridge-Funktionalität, z.B. Schutz von Administratorfunktionen durch Paßwörter
- Booten von Bridges

## 3.10.5 Gesamtkonfiguration (2)

---

- Physische Installation**
- Grundkonfiguration (Basisinitialisierung, Boot-Diskette)**
- Zuteilung von Namen, Adressen, Domänen**
- Konfiguration der gerätespezifischen Funktion**
- Konfiguration der Baugruppen**
- Konfiguration der Ports. Aktivieren/Deaktivieren von Ports, Setzen von Port-Geschwindigkeiten, Setzen der maximalen Framegröße für Empfang/Senden über Port**
- Konfiguration der Sicherheitsparameter**
- Setzen von Grundparametern für das Monitoring (Timer, Poll-Router, Traps)**
- Darstellung der Konfiguration der Komponente**
- Überwachung des Betriebszustandes. Stromversorgung, Temperatur und Durchführung von Selbsttests**

## 3.10.6 Managementaspekte einer Bridge

---

- ❑ **Steuerung des Schleifenunterdrückungsmechanismus**
- ❑ **Steuerung des Verkehrsseparierungsmechanismus:**
  - Aktivieren/Deaktivieren und Steuerung des Lernmechanismus
  - Aktivieren/Deaktivieren der gelernten Adresstabelle. Im Zustand inaktiv werden nur manuell eingetragene MAC-Adressen berücksichtigt. Aufbau einer Filtertabelle zum Ausfiltern von Frames entsprechend ihrer Adressen; Festlegung des Zeitintervalls, wie lange MAC-Adressen in Adresstabelle bleiben, ohne gesendet zu haben
  - Aktivieren Spanning Tree-Verfahren (übliches Verfahren zur Schleifenunterdrückung)
  - Spezifikation von Bridge-Prioritäten zur Festlegung der Root-Bridge (Bridge in zentraler Lage im Netz hat höchste Priorität); Festlegung der Wegekosten
- ❑ **Lastüberwachung: CPU- und Pufferauslastung; verarbeitete Frames (Standard-, Multicast-, Broadcast-Frames)**
- ❑ **Fehlerüberwachung: Kollisionszähler; Auswertung von Fehlern, die durch Empfangen/Senden von MAC-Frames entstanden sind**

## 3.10.7 Managementaspekte eines Routers

---

- **Hier treten wie beim Bridge-Management die Aspekte Gesamtkonfiguration, Überwachung des Betriebszustands, Kommunikationsfehler-Analyse und Auslastungs-Ermittlung**
  - Konfiguration der verschiedenen Tabellen (Adresstabelle, Mapping-Tabelle, Routing-Tabelle). Router muss seinen angeschlossenen DTEs bekannt gemacht werden -> Eintragung der Netzadresse bei DTEs. Eintrag der Adressen der angeschlossenen DTEs in Routingtabelle
  - Routingverfahren: Festlegung der Parameter zur Durchführung des Wegewahlverfahrens (statisch oder dynamisch), z.B. Metriken bei Entscheidungsfindung (Hop-Anzahl, Leitungskapazität, Fehlerrate)
  - Protokollverarbeitung der Ebene 3
  - Eventuell Abbildung Ebene 3a auf 3c
  - Firewall-Management
  - Statistiken. Statistiken über Fehler bei der Verarbeitung von Paketen eines Protokolltyps; Einstellen von Zugangsfiltren für den weiteren Transport von Paketen

## 3.10.8 Protokolle zur automatisierten Konfiguration (1)

### □ BOOTP (bootstrap protocol)

- Das Bootstrap-Protokoll ist ein Client-Server-Protokoll, das der Vergabe von IP-Adressen dient
- Es kann überall dort eingesetzt werden, wo die Adressvergabe über das Netz erfolgen muss
- Beim BootP-Protokoll benutzen BootP-Client und -Server das UDP-Protokoll zur Kommunikation
- Dabei geht es im Wesentlichen um den Austausch eines Datenpaketes, in dem der BootP-Server dem Client wesentliche Informationen übermittelt
- Funktionsablauf



## 3.10.8 Protokolle zur automatisierten Konfiguration (2)

---

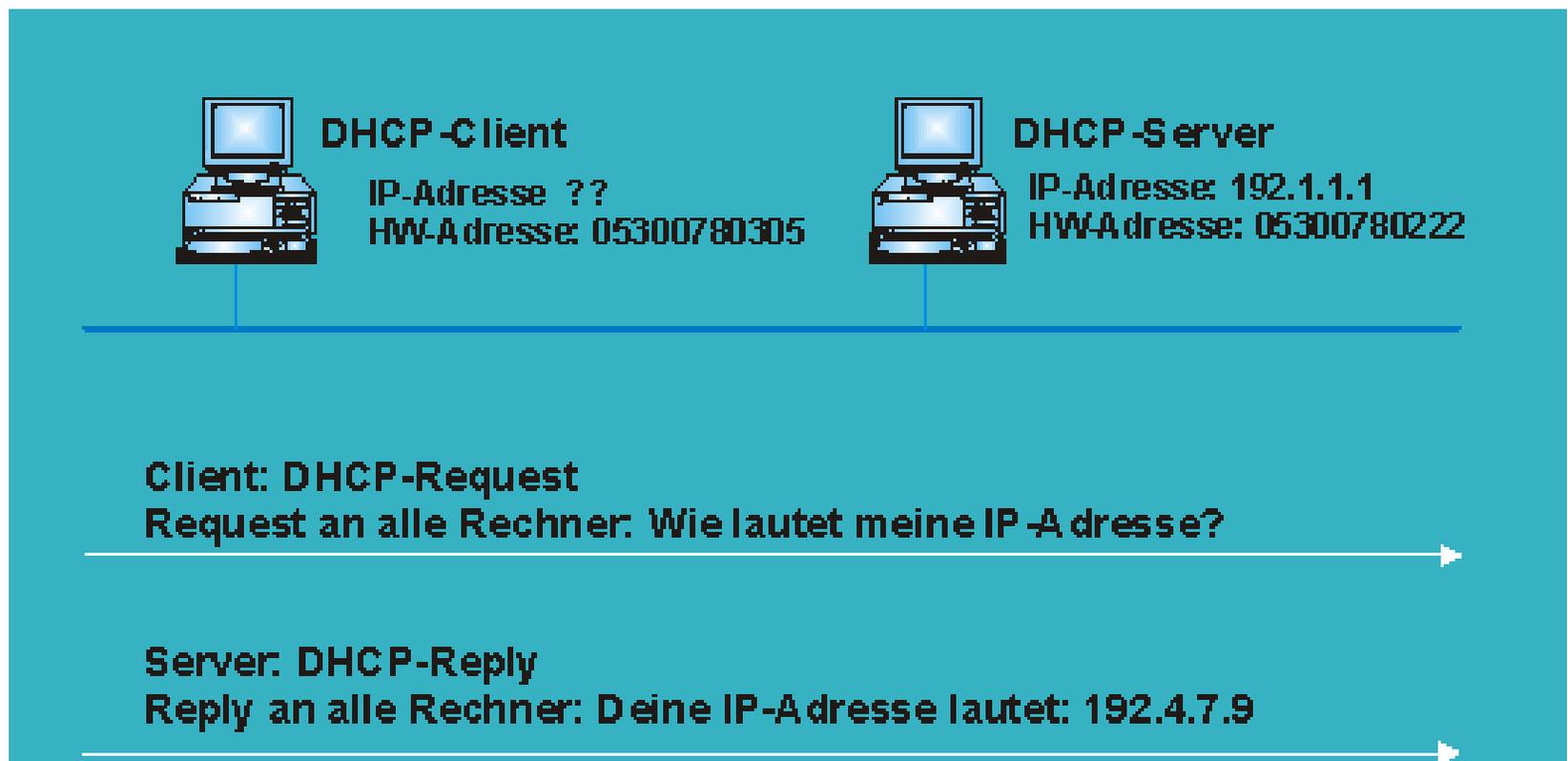
### □ DHCP (dynamic host configuration protocol)

- Das DHCP-Protokoll ist ein Client-Server-Protokoll, das den Aufwand für die Vergabe von IP-Adressen und sonstigen Parametern reduziert
- Mittels DHCP kann ein Netz-Administrator alle TCP/IP-Konfigurations-Parameter zentral verwalten und warten
- Das DHCP-Protokoll dient der dynamischen und automatischen Endgeräte-Konfiguration z.B. der Vergabe von IP-Adressen unter IPv4 und IPv6
- Die entsprechenden IP-Adressen werden von den angeschlossenen DHCP-Clients beim DHCP-Server angefordert
- Die Adressen werden einem Adresspool entnommen, der in einem DHCP-Server residiert
- Die Zuweisung der IP-Adresse kann automatisch, dynamisch oder manuell erfolgen

## 3.10.8 Protokolle zur automatisierten Konfiguration (3)

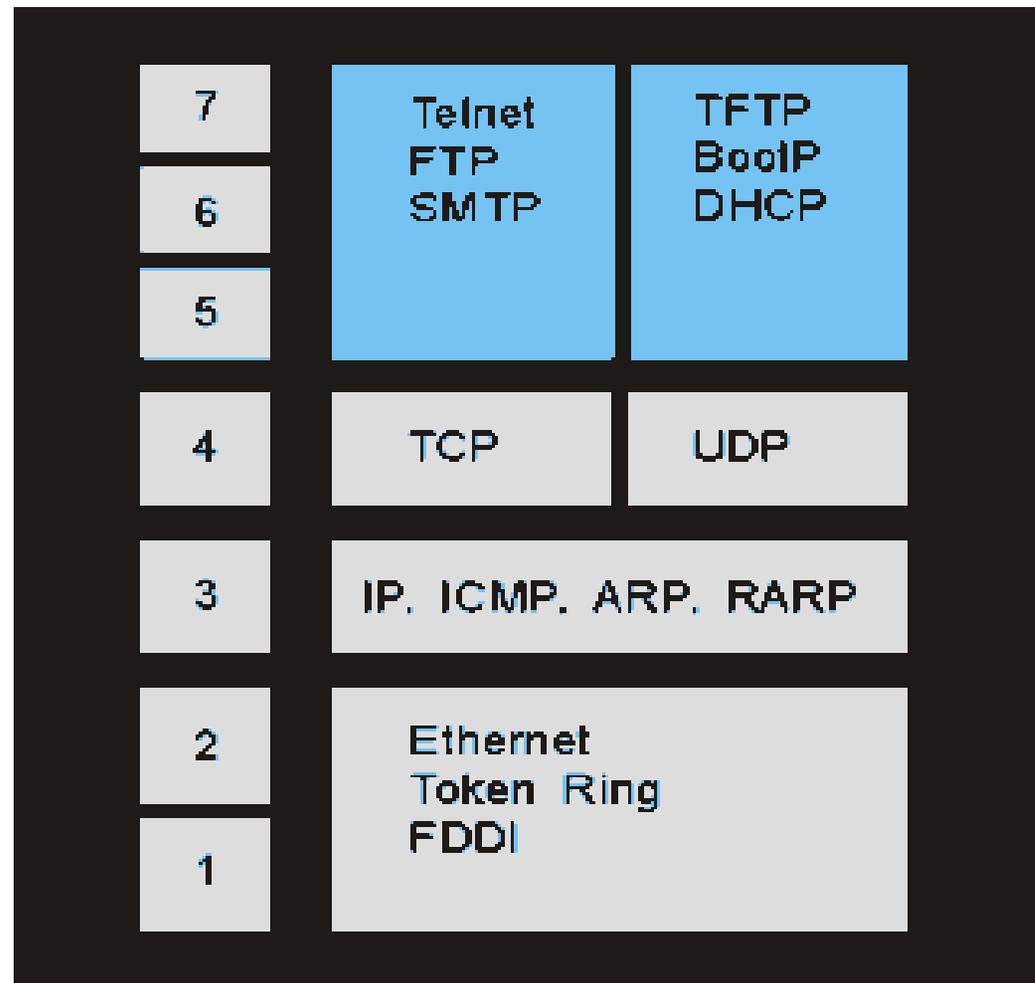
### □ DHCP (dynamic host configuration protocol)

- Funktionsablauf



## 3.10.8 Protokolle zur automatisierten Konfiguration (4)

### □ Einordnung ins OSI-Modell



---

# **Kapitel 4: WAN-Komponenten**

# 4 WAN Komponenten

---

- 4.1 Multiplextechniken als Grundlage zum Aufbau von WANs
- 4.2 WAN-Technologien
- 4.3 Endsystemanbindungen
- 4.4 Historische Entwicklung am Beispiel des deutschen Forschungsnetzes

# 4.1 Multiplextechniken

---

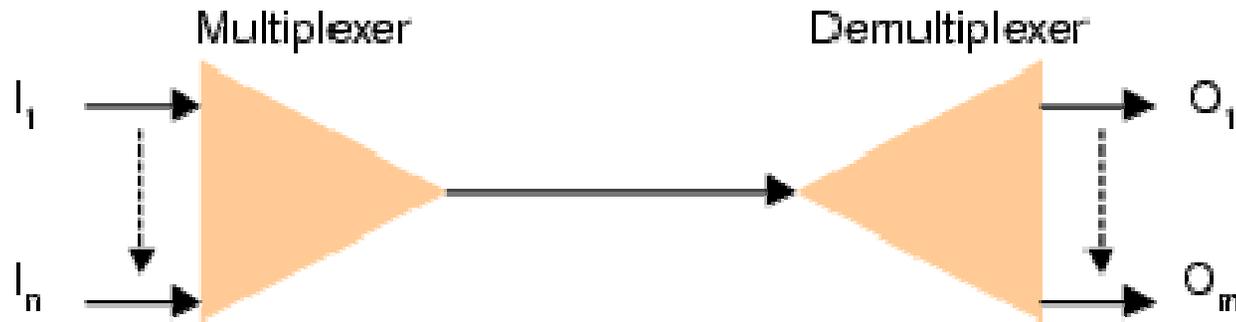
- 4.1.1 Prinzipien und Typen
- 4.1.2 Frequenzmultiplex
- 4.1.3 Zeitmultiplex
- 4.1.4 statistischer Multiplex
- 4.1.5 Multiplexhierarchien

## 4.1 Prinzipien: Multiplexer und Konzentrator

---

- ❑ **Ziel: Minimierung der Anzahl der Übertragungsleitungen**
- ❑ **Erreicht durch Zusammenfassung der Leitungen der Funktionseinheiten und Abbildung auf eine oder wenige Ausgangsleitungen**
- ❑ **Multiplexer werden häufig für verbesserte Auslastung von WAN-Leitungen (die einzelne LANs weltweit verknüpfen) verwendet**
- ❑ **Abhängig von der Kapazität der Eingangs- bzw. Ausgangsleitungen gibt es zwei Unterscheidungen**
  - Multiplexer
  - Konzentrator
  
- ❑ **Hinweis:**
  - „Leitungen“ können physisch oder logisch sein
  - Multiplexing kann damit auch auf höheren Schichten stattfinden
  - Beispiel: mehrere Anwendungen nutzen ein TCP-Verbindung

## 4.1.1 Prinzipien: Multiplexer

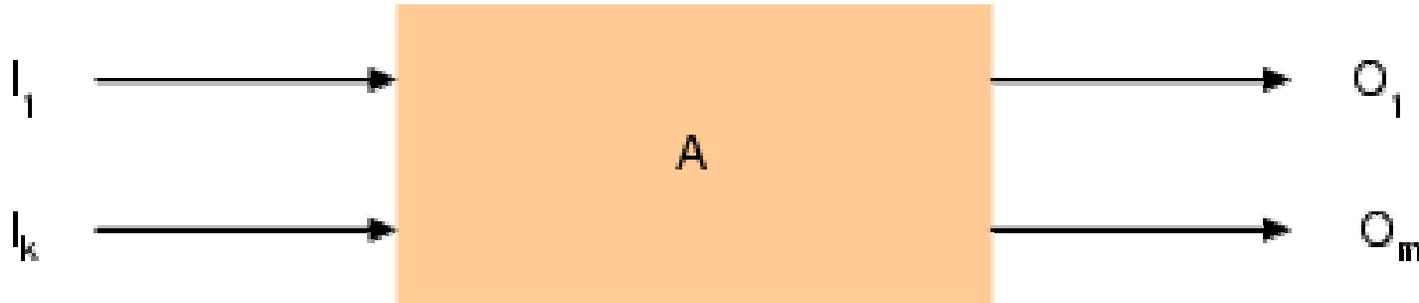


- ❑ Einem Multiplexer steht immer ein Demultiplexer gegenüber
- ❑ Definition: A ist ein Multiplexer, wenn gilt

$$\sum_{i=1..k} I_i \leq \sum_{i=1..m} O_i$$

**D.h. die Summe der Kapazitäten der Ausgangsleitungen ist wenigstens so groß wie die Summe der Eingangskapazitäten;  
Jede Eingangsinformation kann voll auf den Ausgangsleitungen untergebracht werden**

## 4.1.1 Prinzipien: Konzentrator



- **Definition: A ist ein Konzentrator, wenn gilt:**

$$\sum_{i=1..k} I_i > \sum_{i=1..m} O_i$$

**Die größere Kapazität der Eingangsleitungen muss auf die geringere Kapazität der Ausgangsleitungen abgebildet werden.**

- **In der Literatur wird jedoch der Begriff Multiplexer verwendet, d.h. der Begriff Multiplexer wird für beide Fälle verwendet.**
- **Terminalserver, Frontendrechner haben Konzentratorkfunktion**

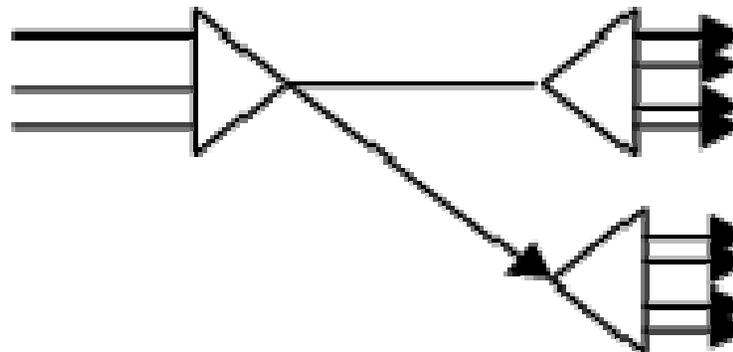
## 4.1.1 Prinzipien: Multiplexer-Typen

---

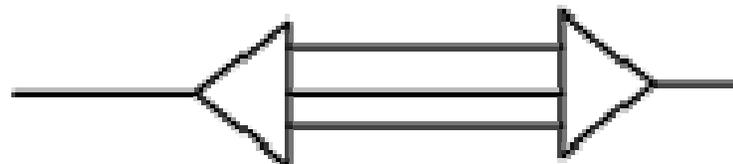
**Access Multiplexer**



**Switching  
Multiplexer**



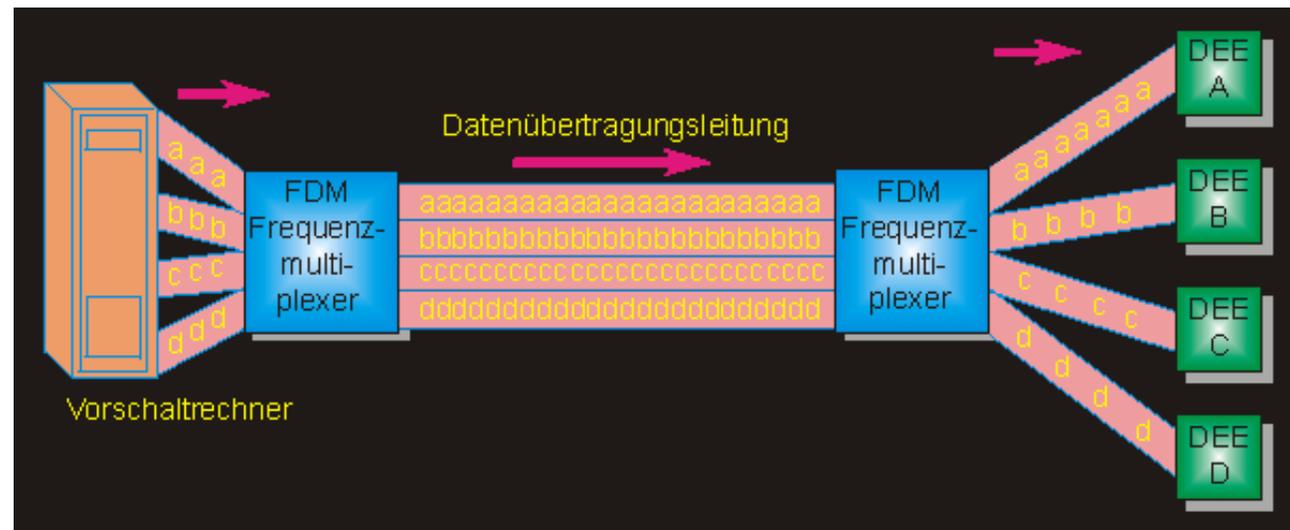
**Inverse Multiplexer  
(splitting)**



## 4.1.2 Frequenz-Multiplexing (FDM)

- ❑ Aufteilung der Frequenzspektrums in schmalere Frequenzbereiche (Subkanäle) mit fester Zuordnung
- ❑ Trennung der Bereiche durch Sicherheitsbänder
- ❑ Verfahren angewendet bei der Breitband-Kommunikation, z.B. Breitbandkoax oder xDSL-Techniken
- ❑ WDM bei der optischen Übertragung kann ebenfalls als FDM-Variante betrachtet werden
- ❑ Kanalspezifische RF Modems, um Information auf Träger aufzumodulieren

- Maximale Datenrate eines Kanals bestimmt durch Breite des Frequenzbandes



## 4.1.2 Wellenlängen-Multiplex (WDM) – spezielles FDM

---

- ❑ **Damit kann man in einer Faser mehrere logische Kanäle führen. WDM wird manchmal auch als OFDM („Optical Frequency Division Multiplex“) bezeichnet.**
  - Derzeit sind Produkte auf dem Markt mit 4, 8, 16, 32, ..., 128 „Farben“, wobei die Abstände der genutzten Wellenlängen etwa 3 nm (z.B. 1545, 1548, 1551, 1554 nm) sind oder auch nur 1 nm bei Dense WDM
  - WDM bedeutet bitparalleles Übertragen!
  - WDM-Komponenten sind optische Mischer und Filter
- ❑ **Frequenzmultiplex „mit Licht“**

## 4.1.3 Festes Zeitmultiplexing (TDM)

- ❑ **Strenges Abwechseln der angeschlossenen Funktionseinheiten; jedes DTE ist genau einem bestimmten Zeitabschnitt („Time Slot“) zugeordnet**



- ❑ **Falls bei Terminal keine Übertragung ansteht, bleibt Zeitabschnitt ungenutzt; i.a. Verwendung eines strikten Round Robin; Zeitabschnitte werden auf Positionen im zu übertragenden Block abgebildet**
  - **Abbildung auf feste Positionen innerhalb eines Blocks; Unterscheidung zwischen**
    - „Bit-interleaved“: von jedem Eingangskanal wird jeweils das nächste Bit ausgewählt; sehr kurze Verzögerungszeiten; benötigen wenig Speicher; geeignet für synchrone Kanäle
    - „Character-interleaved“: jeweils ein Zeichen pro Eingangskanal; längere Verzögerungszeiten; größere Puffer notwendig; ursprünglich für asynchrone Kanäle; Zuordnung ein Zeichen pro Frame -> jedoch viel Overhead

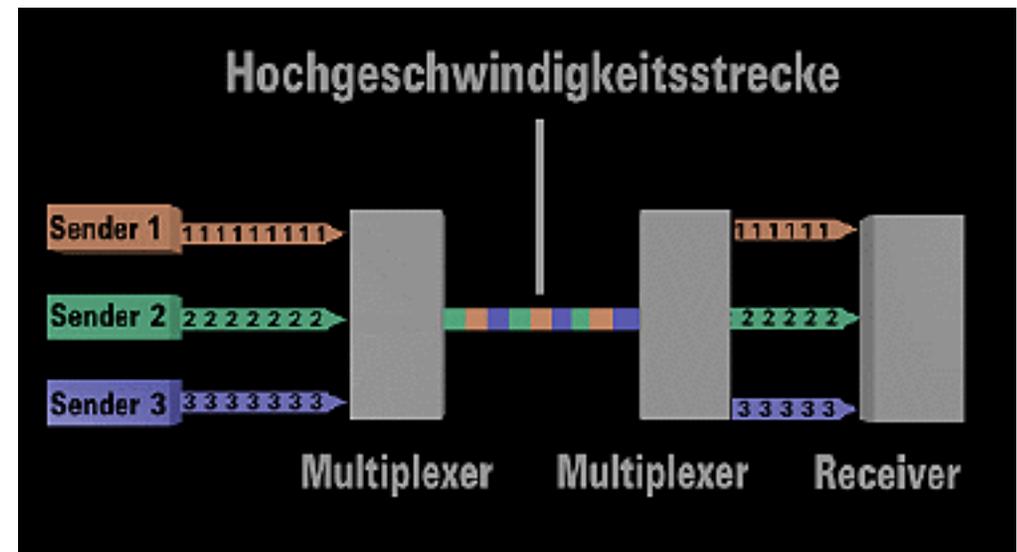
## 4.1.3 Festes Zeitmultiplexing (Fortsetzung)

### □ Datenraten-Adaptierung

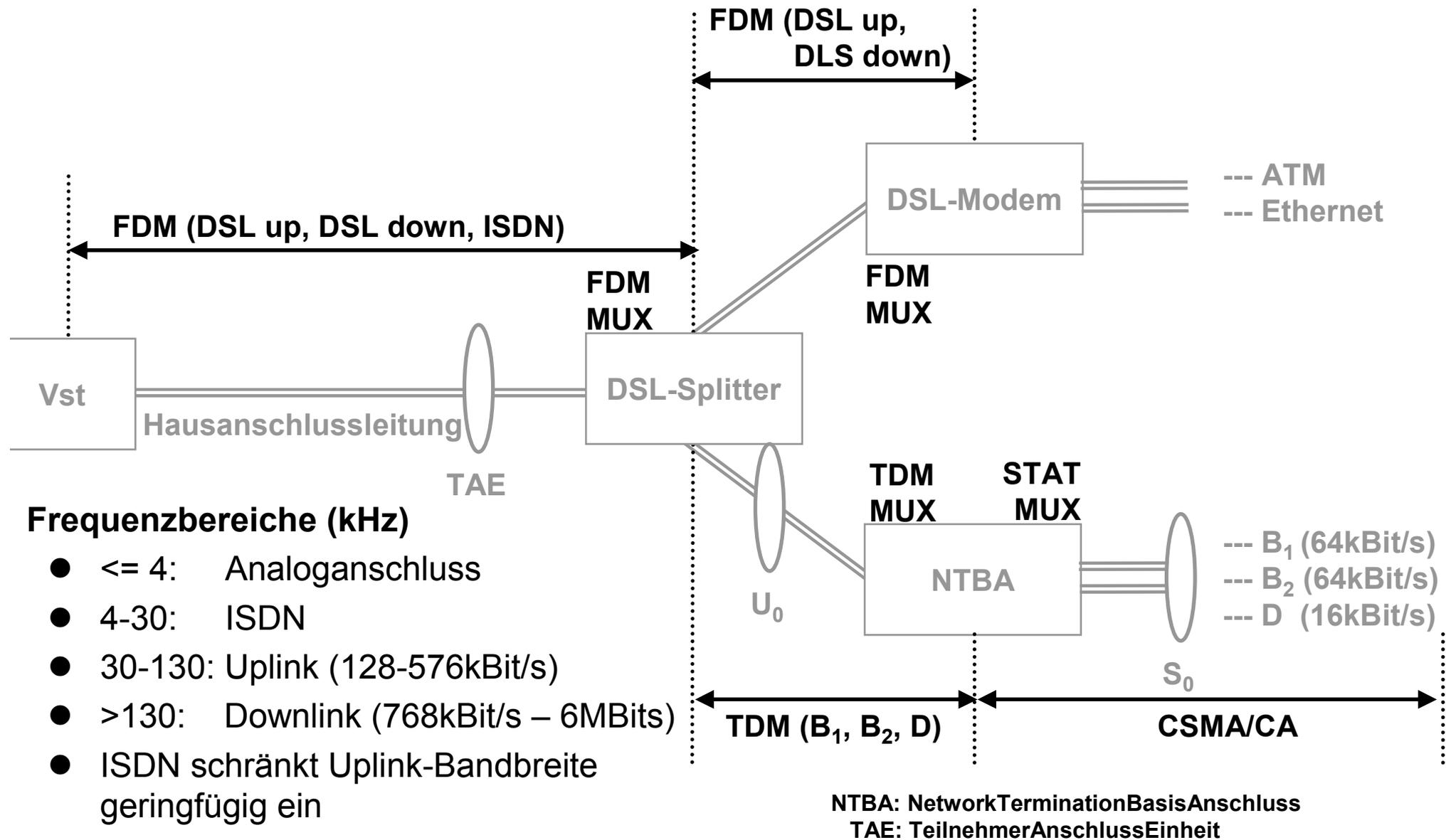
- Übertragung von Frames
- Zuordnung von Zeichenposition je nach Datenrate des Eingangskanals, d.h. einem Terminal mit höherer Datenrate werden mehrere Zeichenpositionen innerhalb des Frames zugeordnet

### □ Datenrate des Ausgangs $\geq$ Summe der Datenraten der Eingänge

- Da Terminals keinen kontinuierlichen Nachrichtenverkehr haben, sind i.a. Zeichenpositionen leer, d.h. Ausgang ist für Spitzenverkehr dimensioniert; deshalb Anpassung an mittlere Datenrate der Terminals

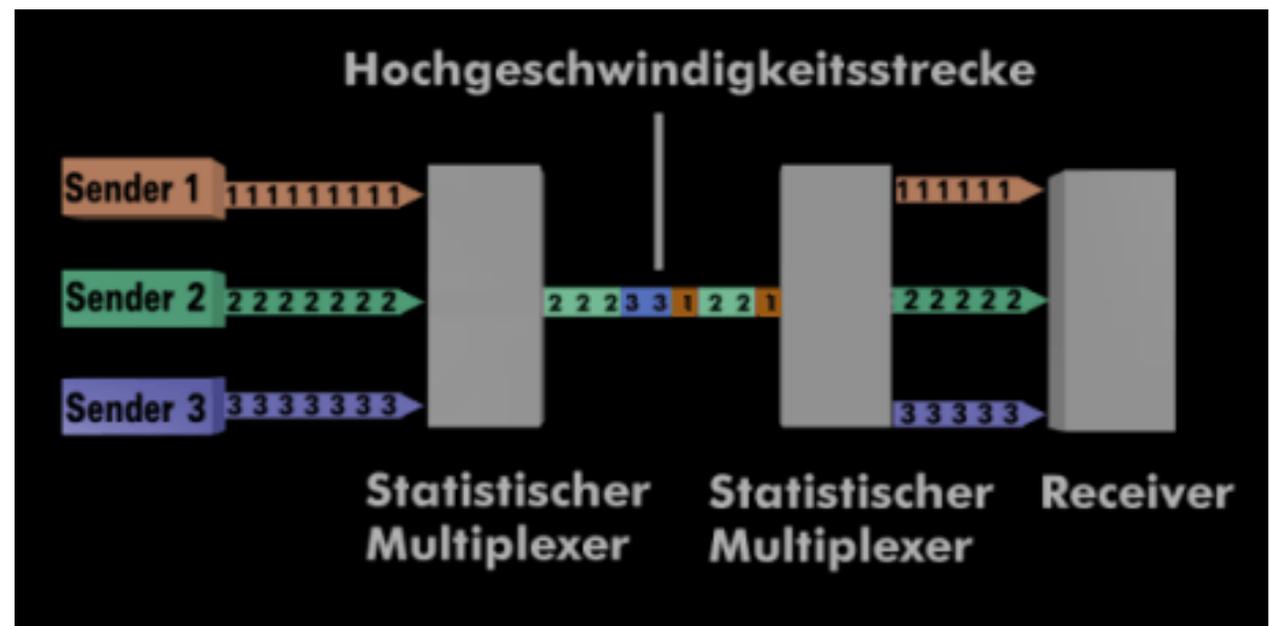


# Zusammenspiel von Multiplexern bei DSL und ISDN



## 4.1.4 Statistische Multiplexer

- ❑ Arbeiten nach dem Prinzip der Anpassung an die mittlere Datenrate der angeschlossenen Funktionseinheiten
- ❑ Abbildung einer größeren Eingangskapazität auf eine geringere Ausgangskapazität wird Konzentration genannt
- ❑ Ausnutzung der Leerzeiten von Terminals
- ❑ Jedoch kann zu gegebener Zeit auch mit maximaler Datenrate einer einzelnen Funktionseinheit übertragen werden -> Speicherkapazität, falls mehrere Funktionseinheiten gleichzeitig aktiv sind (Bearbeitung der Datenüberlast)
- ❑ Jedes Zeichen bzw. Gruppe von Zeichen muss einem Terminal zugeordnet werden können -> Terminal-Identifikator notwendig



## 4.1.4 Statistische Multiplexer: Frame-Aufbau

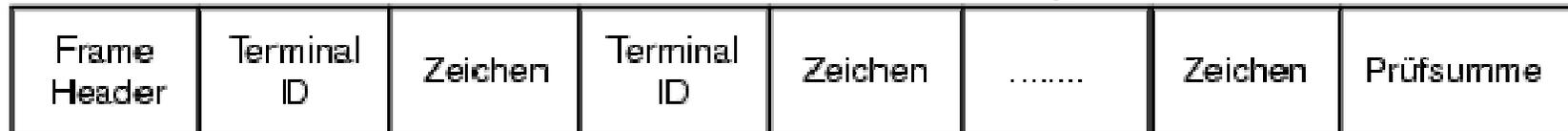
- **Der Aufbau eines Frames hängt davon ab, wie die zugehörigen Terminal-Identifikatoren integriert werden. Es gibt zwei Methoden**

- **Getrennte Frames pro Funktionseinheit**



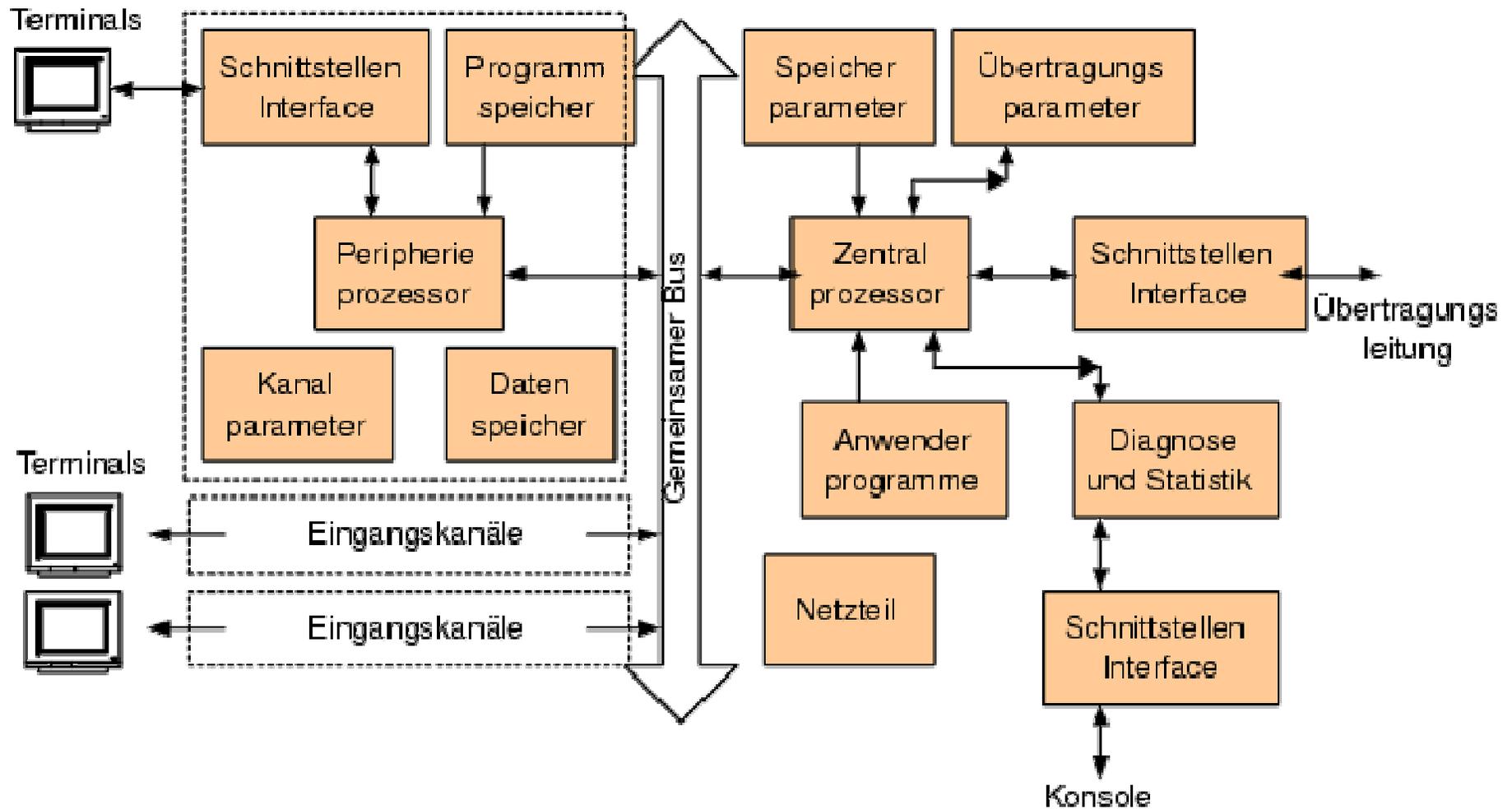
Langsame Reaktion, da mit der Übertragung gewartet wird, bis für Frame genügend Zeichen zur Übertragung anstehen; dies hängt jedoch davon ab, ob die Frames eine feste oder eine variable Länge besitzen

- **Mischen von Zeichen (True Division Interleaving)**



- **Schnellere Reaktion, jedoch größerer Overhead wegen mehrfacher Terminal-Identifikatoren; Anwendung von Aktivitätstabelle („Activity Map“), z.B. vor Zeichenfolge wird Aktivitätstabelle übertragen, die angibt, welche Terminals aktiv sind; pro Terminal höchstens 1 Zeichen in Frame; Aktivitätstabelle als Bitfeld variable Framelänge**

## 4.1.4 Statistische Multiplexer: Aufbau



## 4.1.4 Statistische Multiplexer: Aufbau (Fortsetzung)

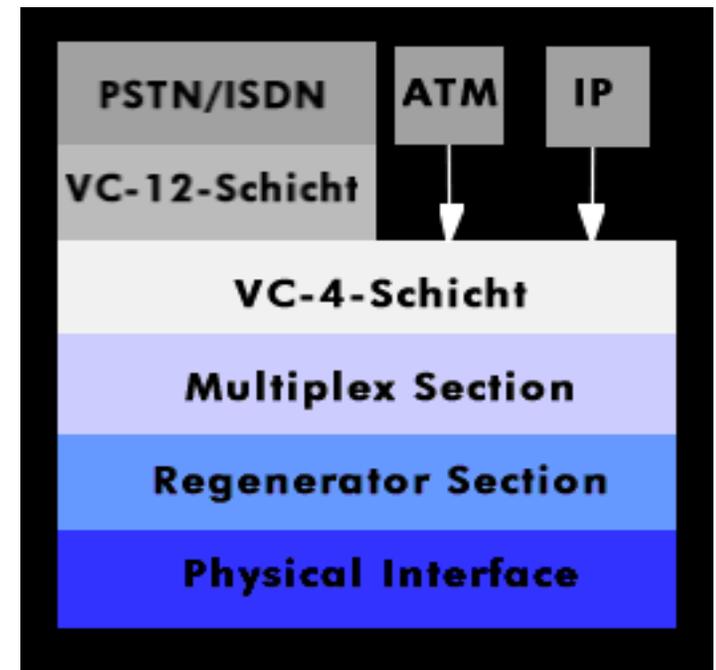
---

### □ Bestimmende Merkmale sind

- Anzahl Ports (in/out)
- Unterstützte Schnittstellen (in) – Protokolle, Übertragungsraten, Codes
- Art der Flusssteuerung
- Max. Summeneingangsrate
- Latenzzeit
- Durchsatz
- Managementunterstützung: SNMP, Konfiguration, Reporting, Statistik, Benutzerverwaltung
- Kompression

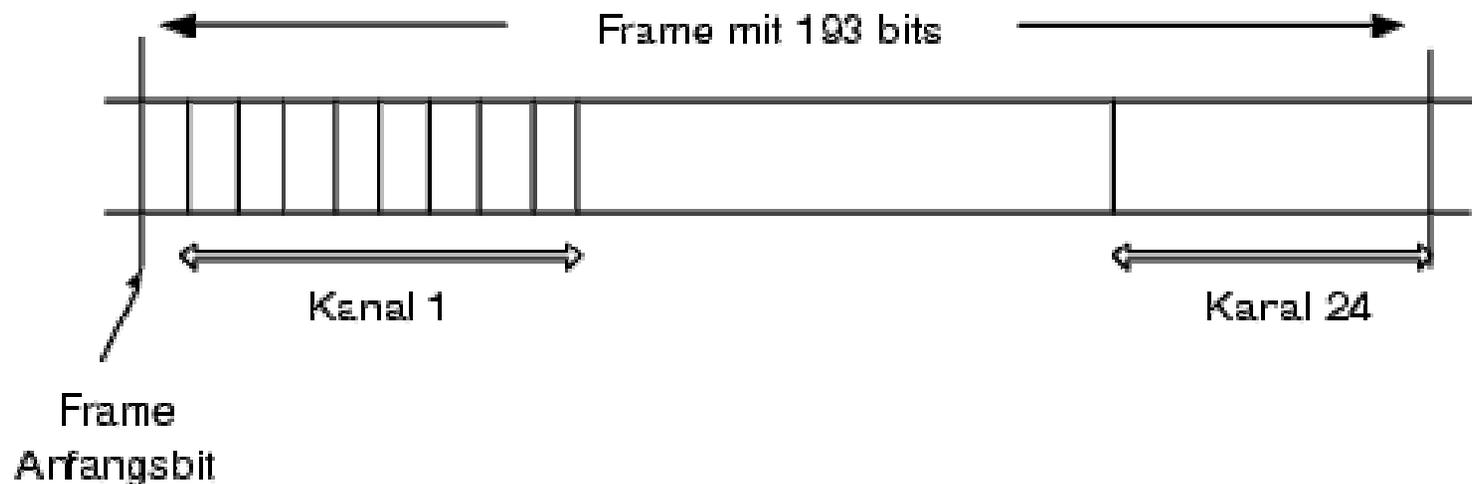
## 4.1.5 Multiplexhierarchien

- ❑ **SONET (Synchronous Optical Network): Nordamerikanische Multiplexhierarchie für optische Netze**
  - OC-n mit OC-1 = 51,84 Mbps
  - > OC-3 = 155,52 mbps, OC-12 = 622,08 Mbps
- ❑ **SDH (Synchronous Digital Hierarchy): Internationaler Standard äquivalent zu SONET**
  - STM-i mit STM-1 = 155,52 Mbps (d.h. ein Frame = 2340 Bytes)
  - SDH-Schichtenmodell:
    - besteht aus der physikalischen Schicht, die in der Regel über optische Übertragungsmedien realisiert wird, die aber auch Richtfunkstrecken oder Satellitenverbindungen umfassen kann
    - Über dieser Schicht befindet sich die Regenerator-Schicht, die die Regeneratorabschnitte umfasst
    - Innerhalb dieser Schicht erfolgt eine Signalisierung über den Regenerator Section Overhead (RSOH)



## 4.1.5 Multiplexhierarchien: Bell-System T1

- ❑ Multiplexen mehrerer asynchroner und synchroner Kanäle mit 64 kbps
- ❑ Digitale Übertragung, d.h. Anwendung von PCM (Pulse Code Modulation) zur Umwandlung von analoger in digitale Darstellung
- ❑ Daten und Sprache können parallel übertragen werden
- ❑ Zusammenfassung von 24 Kanälen mit jeweils 56/64 kbps



## 4.1.5 Multiplexhierarchien: Bell System T1 (Fortsetzung)

- ❑ **Information von Kanal i besteht aus 7 Datenbits und 1 Bit zur Darstellung von Kontrollinformation -> 56 kbps**
  - Bei 8 Datenbits -> 64 kbps
- ❑ **Ein Frame der Länge von 193 bits benötigt 125 Mikrosekunden (8000 \* 193 bit ergibt 1.544 Mbps)**
  - Datenrate 1.544 Mbps. Bell System T1 wird benutzt zur Kommunikation zwischen Telefonvermittlungsstellen
- ❑ **Standards**

in den USA und Japan

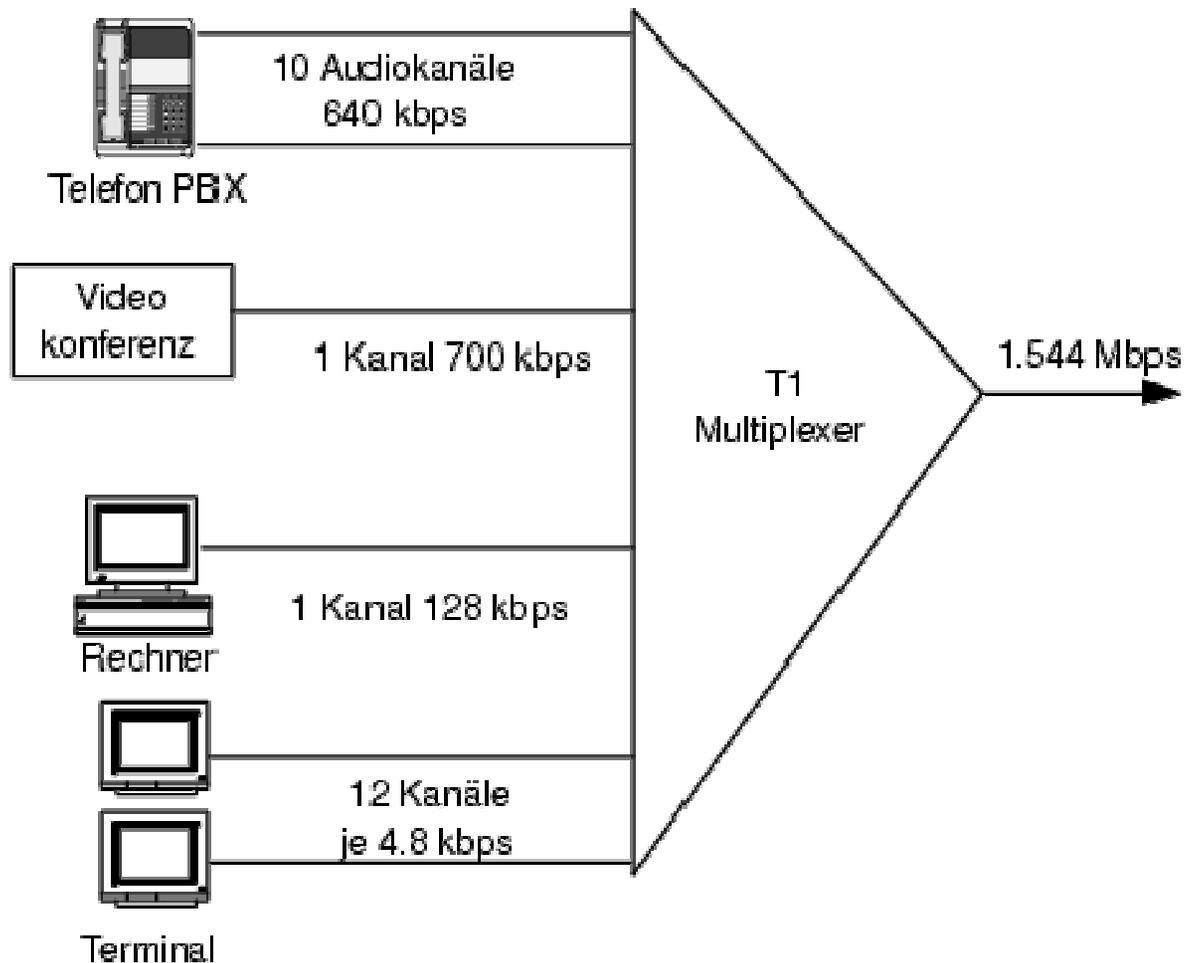
T1 DS1	1.544 Mbps	24 Kanäle je 64 kbps
T2 DS2	6.312 Mbps	96 Kanäle= 4 * T1
T3 DS3	44.736 Mbps	672 Kanäle= 28 * T1 = 7 * T2

in Europa

ITU E1	2.048 Mbps	30 Kanäle
ITU E2	8.448 Mbps	120 Kanäle
ITU E3	34.368 Mbps	480 Kanäle

## 4.1.5 Multiplexhierarchien: Beispiel für T1-Anwendung

- Beispiel für eine T1-Anwendung mit verschiedenen Medien.



## 4.2 WAN Technologien

---

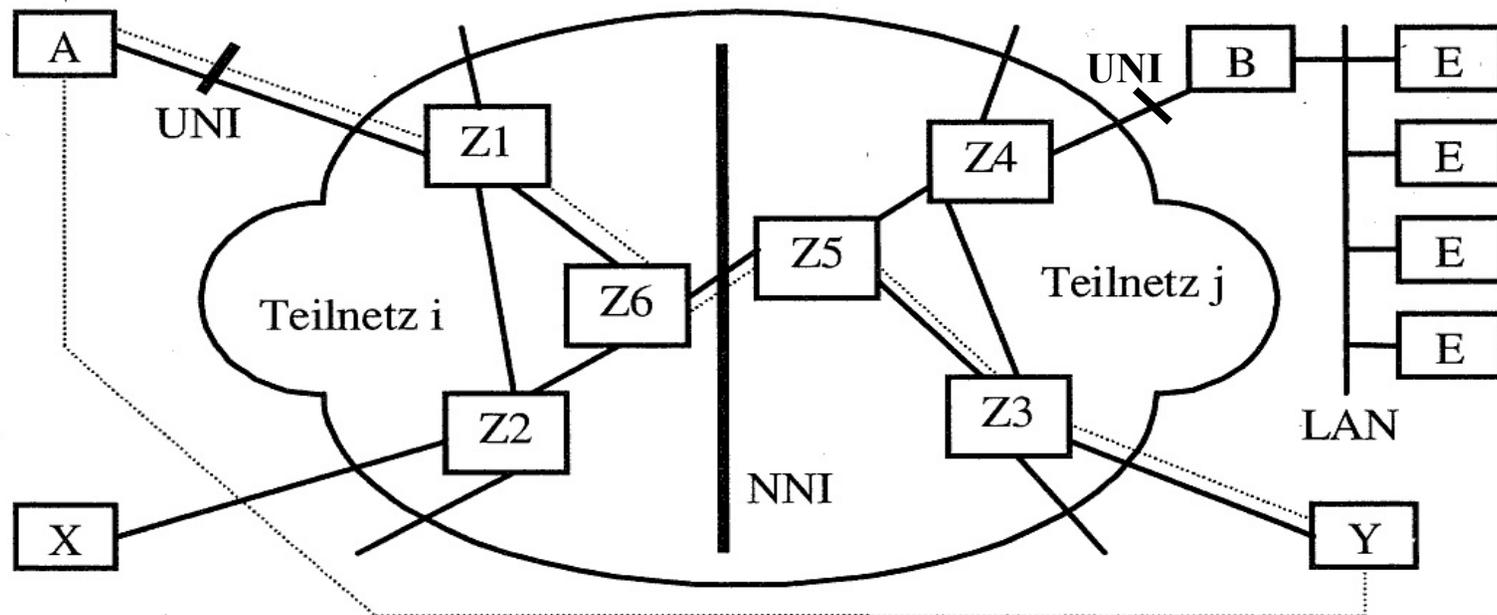
- 4.2.1 Überblick
- 4.2.2 Frame Relay
- 4.2.3 SDH
- 4.2.4 ISDN

## 4.2.1 Überblick

---

- ❑ **„Historisch“: noch im Einsatz, aber eher unbedeutend**
  - POTS (PainOldTelephonySystem, analoges Telefonnetz)
  - FrameRelay (statistisches Multiplexen auf Schicht 2)
  - X.25 (statistisches Multiplexen auf Schicht
- ❑ **Derzeitige Produktionsnetze**
  - ATM (meist auf SDH aufsetzend) -> Rechnernetze II
  - SDH (als MUX-Basis für z.B. ISDN, IP, ...)
- ❑ **???**
  - Erwartet werden rein optische Netze
    - Nicht nur LWL, sondern auch
    - Optisches Switching
    - Optisches Multiplexing

## 4.2.2 Frame Relay



- A, X, Y: Endsysteme (DTE) mit FR-Schnittstelle, z. B. Host  
B: FRAD (Frame Relay Access Device, z. B. Bridge oder Router)  
E: Endsysteme mit LAN-Schnittstelle  
Z1, Z2, Z3, Z4: Frame Relay Switch oder Multiplexer (zum Zugangsnetz)  
Z5, Z6: Frame Relay Switch im Kernnetzwerk  
----: logische Verbindung

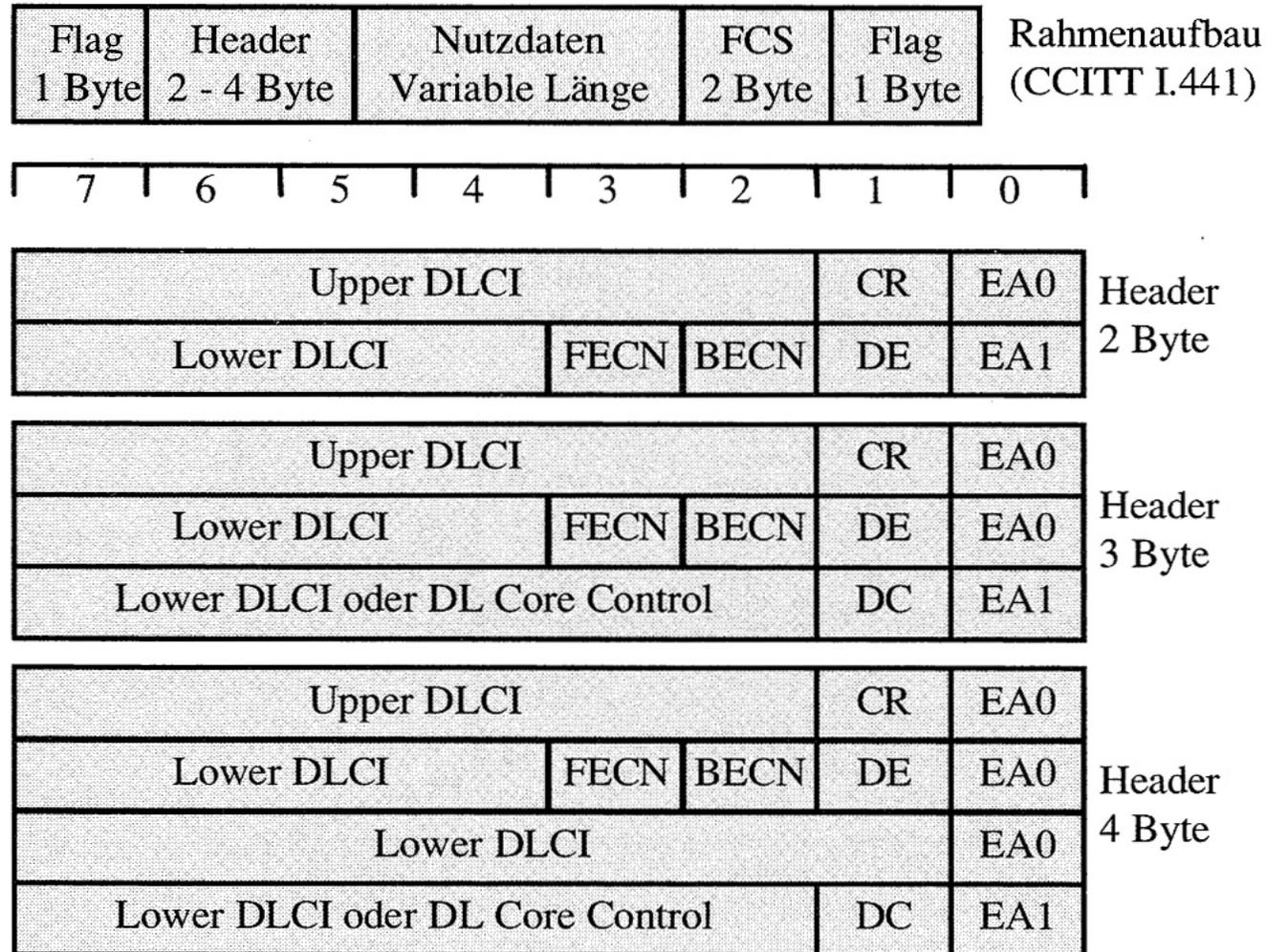
## 4.2.2 Frame Relay Verbindungen

- ❑ FR wirkt als statistischer Multiplexer der Ebene 2



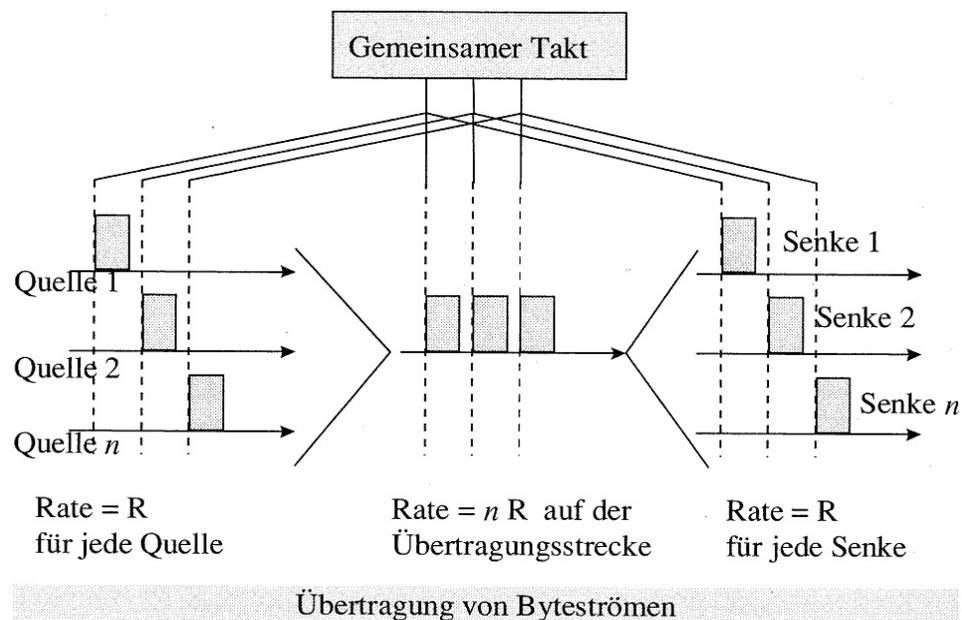
- ❑ Kennzeichnen der log. Verbindung mittels DLCI (Data Link Connection Identifier). DLCI identifiziert „Port“, d.h. Send-/Empfangspuffer
- ❑ Verbindungen sind bidirektional (PVC oder SVC)
- ❑ Als Adressen dienen X.121- oder E.164-Rufnummern. Beim Verb.-Aufbau Umsetzung Adressen in DLCI, die jeweils nur für einen Link eindeutig sind, d.h. DLCI-Mapping in FR-Knoten
- ❑ Übertragen werden Frames

## 4.2.2 FrameRelay: Frameformat



## 4.2.3 SDH - Überblick

- ❑ SDH (Synchronous Digital Hierarchy) ist synchrone Zeit-Multiplex-Übertragungstechnik für Glasfasern und Richtfunkstrecken
- ❑ SDH ist ITU-T standardisiert. SONET (Synchronous Optical Network) ist die USA-Variante
- ❑ Synchrone Arbeitsweise erlaubt direkte Ableitung der Signale in der Mux-Hierarchie



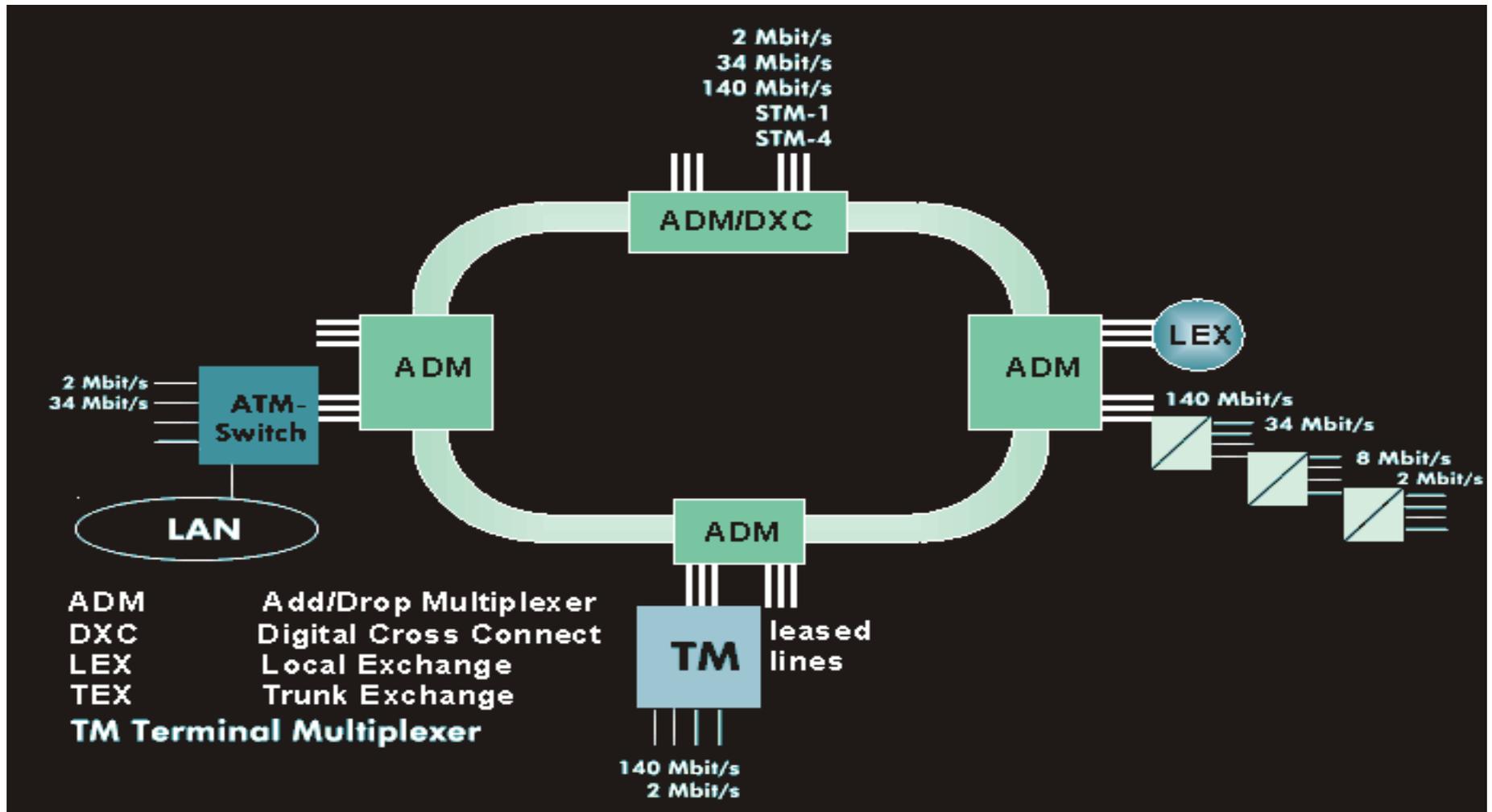
## 4.2.3 SDH (Synchronous Digital Hierarchy)

---

- ❑ Die Grundstruktur eines SDH-Netzes ist ein vermaschtes Netz, das in Ring- oder Bustopologie aufgebaut sein kann, und aus mehreren Multiplex- und Regenerator-Abschnitten besteht
- ❑ Die Knoten des SDH-Netzes können von Multiplexer, Add/Drop Multiplexer (ADM) oder Digital Cross Connect (DXC) gebildet werden. So wird der Abschnitt zwischen zwei Regeneratoren als Regenerator-Abschnitt bezeichnet, der Abschnitt zwischen zwei Multiplexern als Multiplexer-Abschnitt. Der Übertragungsabschnitt zwischen den Netzknoten ist der Pfad.
- ❑ In SDH-Netzen wird vorwiegend die optische Übertragungstechnik eingesetzt. Bedingt durch die überbrückbaren Entfernungen kommen nur Monomodefasern zum Einsatz, die bei 1.310 nm und 1.550 nm betrieben werden. Darüber hinaus können SDH-Übertragungstrecken auch über Richtfunk oder Satellitenverbindungen realisiert werden, allerdings mit eingeschränkter Übertragungsgeschwindigkeit.

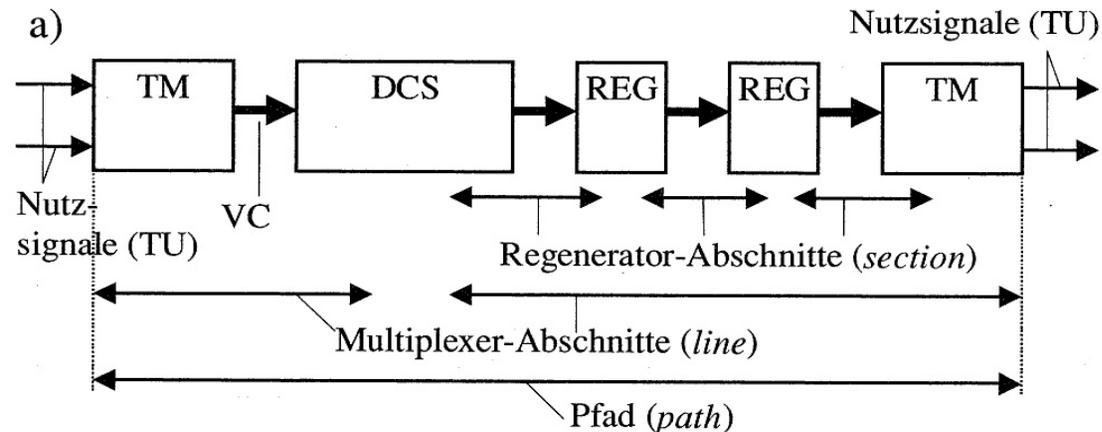
## 4.2.3 SDH

### □ Struktur eines SDH-Netzes

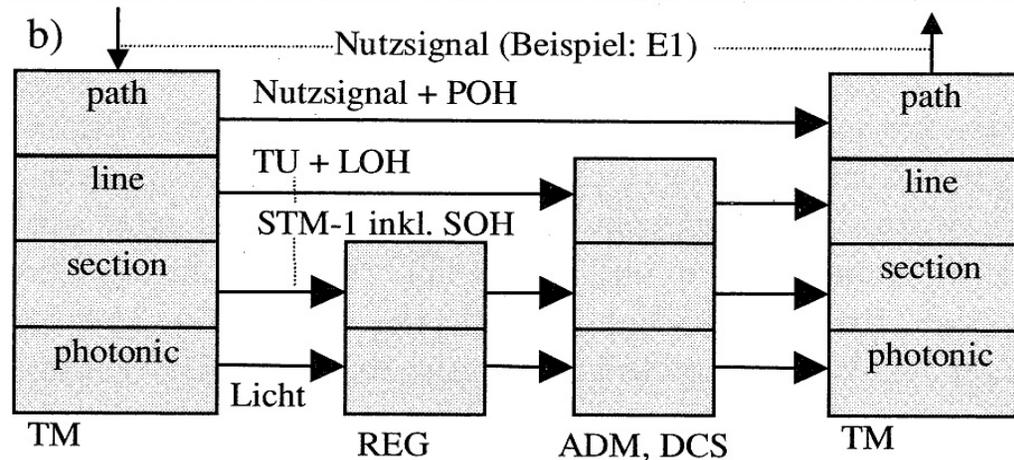


## 4.2.3.1 SDH – Architektur (1)

### □ Netzelemente und Protokollschichten



TU: Tributary Unit, VC: Virtual Container



## 4.2.3.1 SDH – Architektur (2)

---

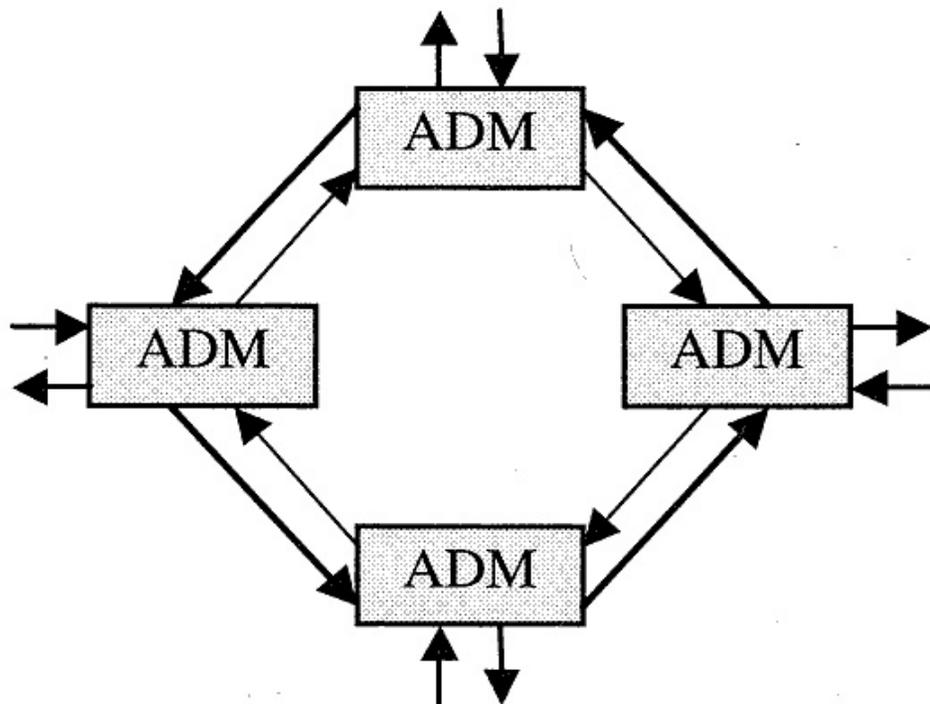
- ❑ **TM (Terminal-Multiplexer):** Zugang zum SDH-Netz für Endgeräte, hat mehrere Teilnehmerschnittstellen und ein/zwei Leitungsschnittstellen, kann mehrere Signale in eine SDH-Hierarchiestufe zusammenfassen
- ❑ **REG (Regenerator):** verstärkt optische Signale
- ❑ **ADM (Add-Drop-Multiplexer):** Funktionen wie TM, kann zusätzlich einzelne Kanäle (VC, Virtual Channels) aus Mux-Datenstrom heraustrennen (drop) oder einfügen (add)
- ❑ **DCS (Digital Cross-Connect System):** können VCs zwischen verschiedenen Ein-/Ausgabeleitungen schalten, vereinigen, ausfiltern

## 4.2.3.1 SDH – Architektur (3)

---

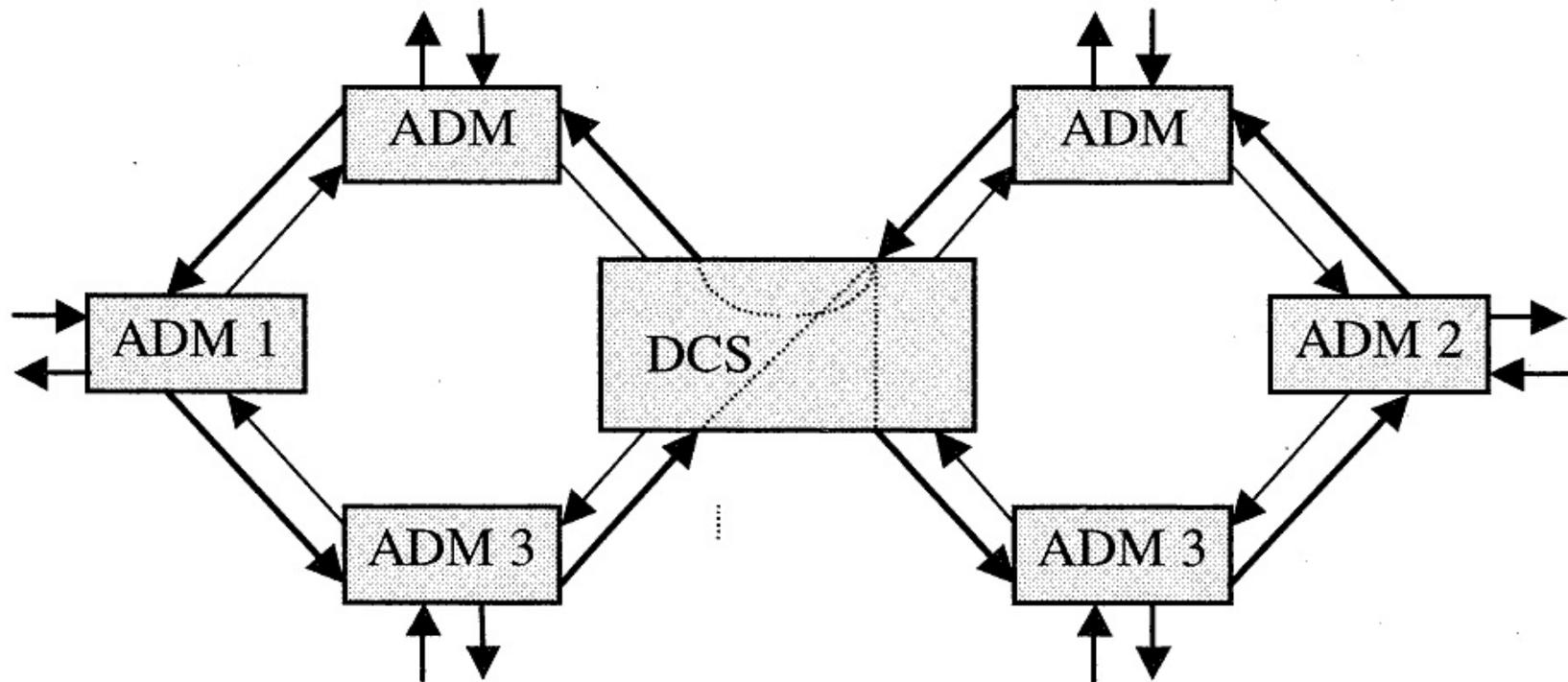
- ❑ **SDH-Funktionen gehören zur OSI-Schicht 1**
- ❑ **Optische Teilstrecken (photonic): bezieht sich auf opt.-Signale auf Glasfasern und opto-elektrische Wandlung**
- ❑ **Regenerator-Abschnitt (section): Glasfaserabschnitte zwischen REGs oder REGs und anderen Elementen**
- ❑ **Multiplexer-Abschnitt (line): P2P-Verbindung zwischen DCS und TM/ADM**
- ❑ **Pfad (path): Ende-zu-Ende-Verbindung zwischen TMs (über ADM, DCS, REGs hinweg)**

## 4.2.3.2 SDH – Topologie (1)



- ADM: Add Drop Multiplexer
- Einzelne Byteströme werden aus den umlaufenden Rahmen entfernt bzw. eingefügt
- Topologie: Doppelring
- Hauptring für Normalbetrieb
  - Ersatzring für Ausfalltoleranz
  - Betrieb vergleichbar FDDI-Doppelring

## 4.2.3.2 SDH – Topologie (2)

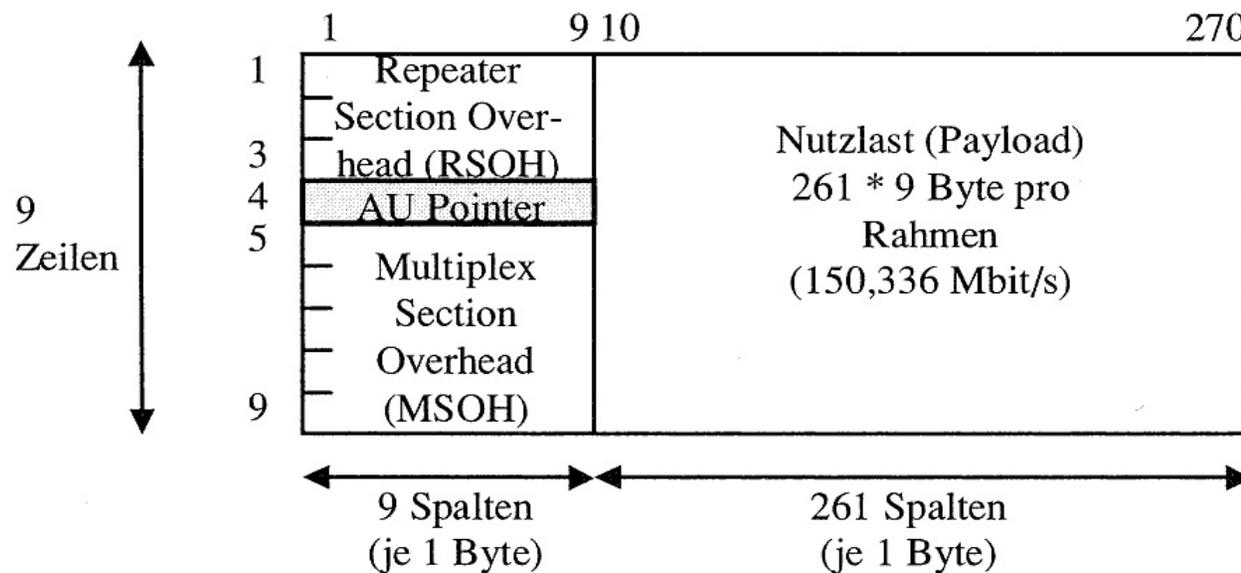


## 4.2.3.3 SDH – Hierarchiestufen

Hierarchiestufe SDH	Bitrate	Hierarchiestufe SONET	Signalbezeichnung SONET
--	51,84 Mbit/s	STS-1	OC-1
STM-1 *	155,52 Mbit/s	** STS-3	OC-3
STM-2	207,36 Mbit/s		
STM-3	466,56 Mbit/s	STS-9	OC-9
STM-4 *	622,08 Mbit/s	** STS-12	OC-12
STM-6	933,12 Mbit/s	STS-18	OC-18
STM-8	1244,16 Mbit/s	STS-24	OC-24
	1866,24 Mbit/s	STS-36	OC-36
STM-16 *	2488,32 Mbit/s	** STS-48	OC-48
STM-32	4976,64 Mbit/s	STS-96	OC-96
STM-64	9953,28 Mbit/s	STS-192	OC-192

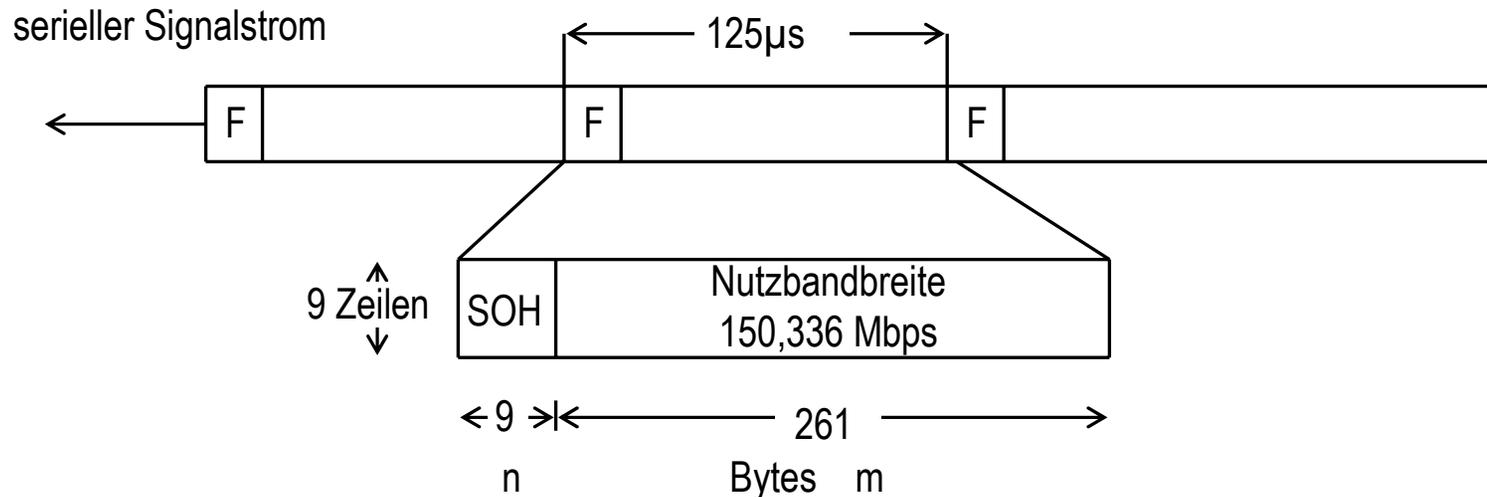
## 4.2.3.4 SDH – Multiplexstruktur (1)

- ❑ SDH überträgt Nutz- und Steuerdaten in einer (potentiell unendlichen) Folge von Rahmen. Jeder Rahmen besteht aus Overhead (Steuerdaten) und Payload (Nutzdaten und weitere Daten)
- ❑ STM-1-Rahmen:



## 4.2.3.4 SDH – Multiplexstruktur (2)

**2430 Byte-Rahmen, der mit 155.52 Mbps übertragen wird, d.h. Rahmenzeit = 125 $\mu$ s = Zeitwert zwischen 2 PCM Abtastwerten. Jedes Byte entspricht also Kanalkapazität 64kbps**



## 4.2.3.4 SDH – Multiplexstruktur (3)

---

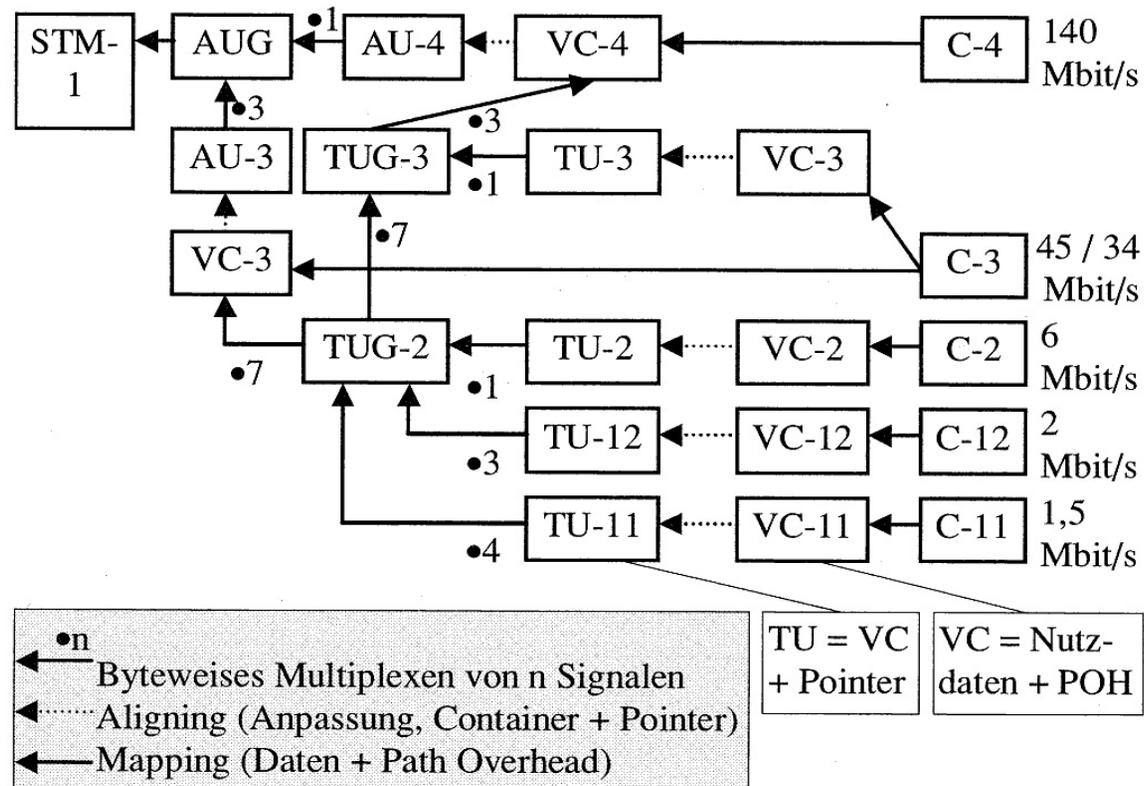
- ❑ **SOH-Bytes gewährleisten nur Transport von SDH-Nutzdaten zwischen zwei Netzelementen, haben nur in Section Gültigkeit**
- ❑ **Datentransport geschieht durch Einschachtelung von ineinander passenden Virtuellen Containern (VC) unterschiedlicher Größe und Struktur in das Nutzlastfeld**
- ❑ **Jeder VC besteht wieder aus einem Nutzlast-Container C und einem Pfadoverhead (POH).**
- ❑ **Einschachtelung der VC in Transportmodul nicht statisch, sondern dynamisch. Zum Auffinden der VC-Grenzen werden im jeweils hierarchisch höheren Steuerfeld Zeiger auf Container-Beginn mitgeführt. Wegen Synchronität können auch Laufzeit- und Taktdifferenzen ausgeglichen werden.**

## 4.2.3.4 SDH – Multiplexstruktur (4)

---

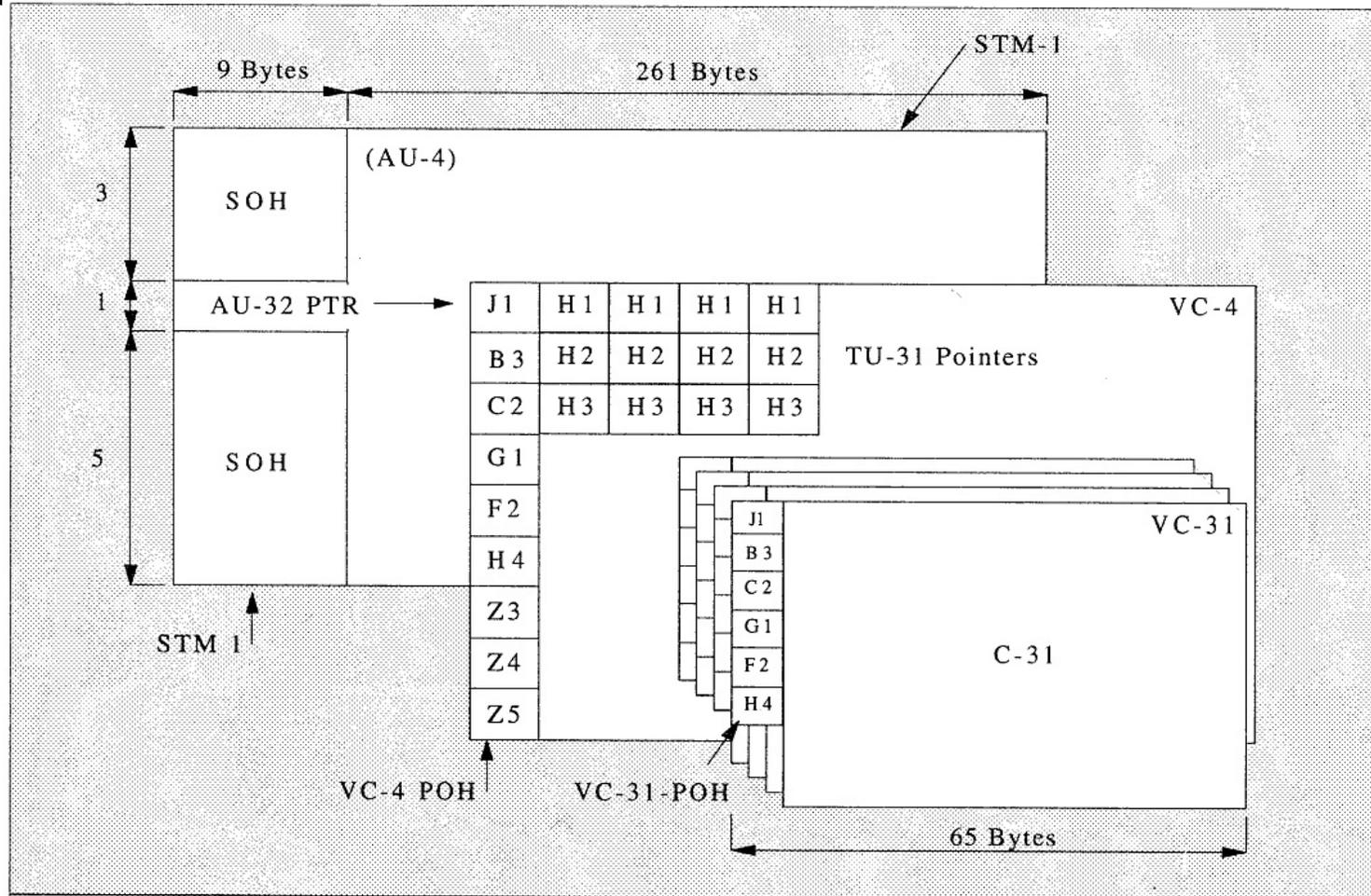
- ❑ **Container (C-i)**: Bereiche im Rahmen mit bestimmter Nutzlast (C4-C11). Jeder Container erhält zusätzlich POH mit Überwachungsinfo pfadbezogen.
- ❑ **Virtueller Container (VC-i)**
- ❑ **Tributary Unit (TU-i)**: VC und zugehörige Zeiger. Dadurch Auffinden der VCs in den unterschiedlichen Phasenlagen eines Rahmens.
- ❑ **Tributary Unit Group (TUG)**: Zusammenfassung von TU-i
- ❑ **Administrative Unit (AU-i)**
- ❑ **Administrative Unit Group (AUG)**
- ❑ **Synchronous Transport Module (STM-n)** Rahmen höherer Ordnung entstehen durch Multiplex niedrigerer STM-Rahmen  $STM-n = n \times STM-1$

## 4.2.3.4 SDH – Multiplexstruktur (5)



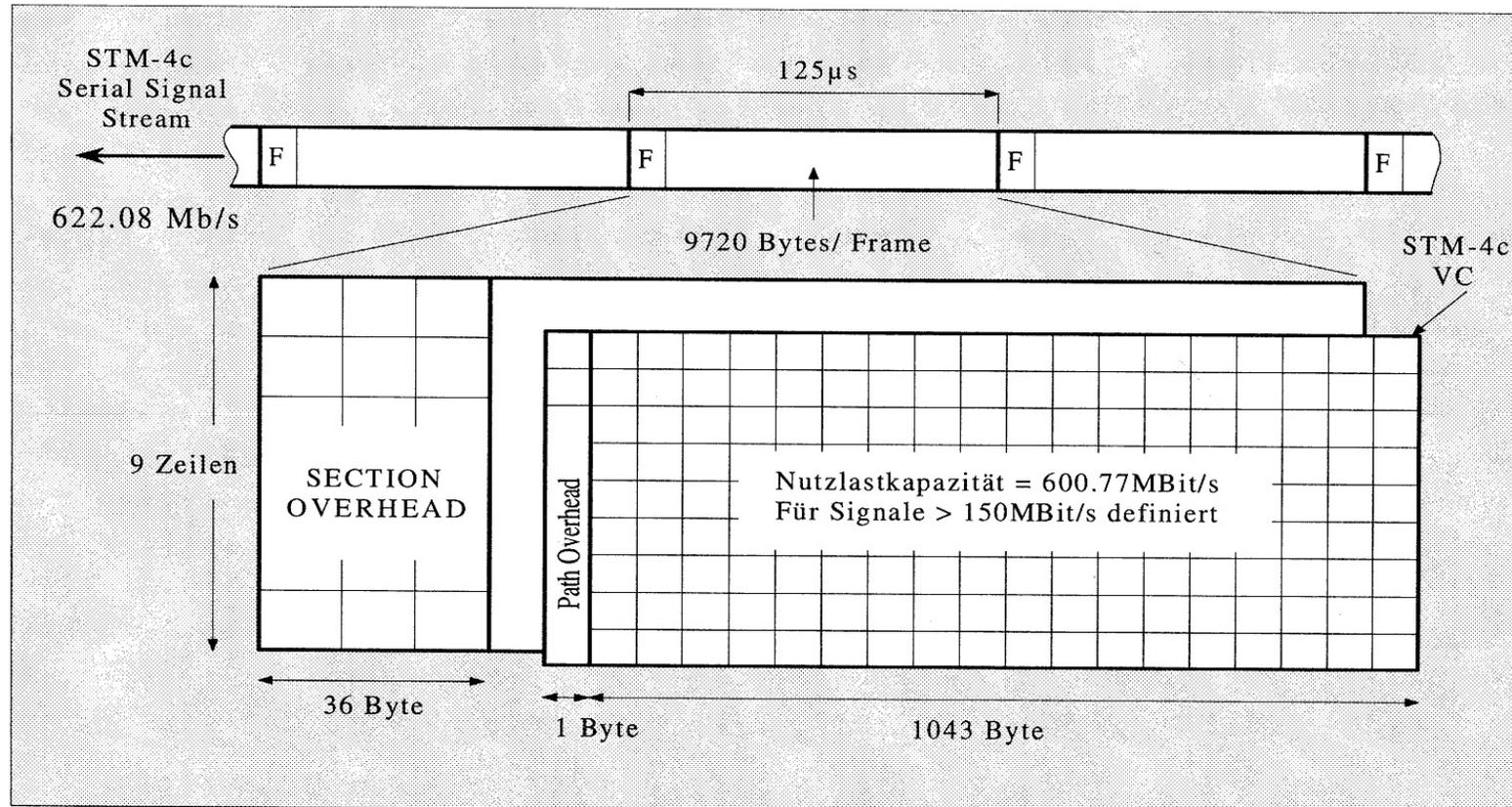
## 4.2.3.4 SDH – Multiplexstruktur (6)

- STM-1-Rahmen mit VC4 und VC31



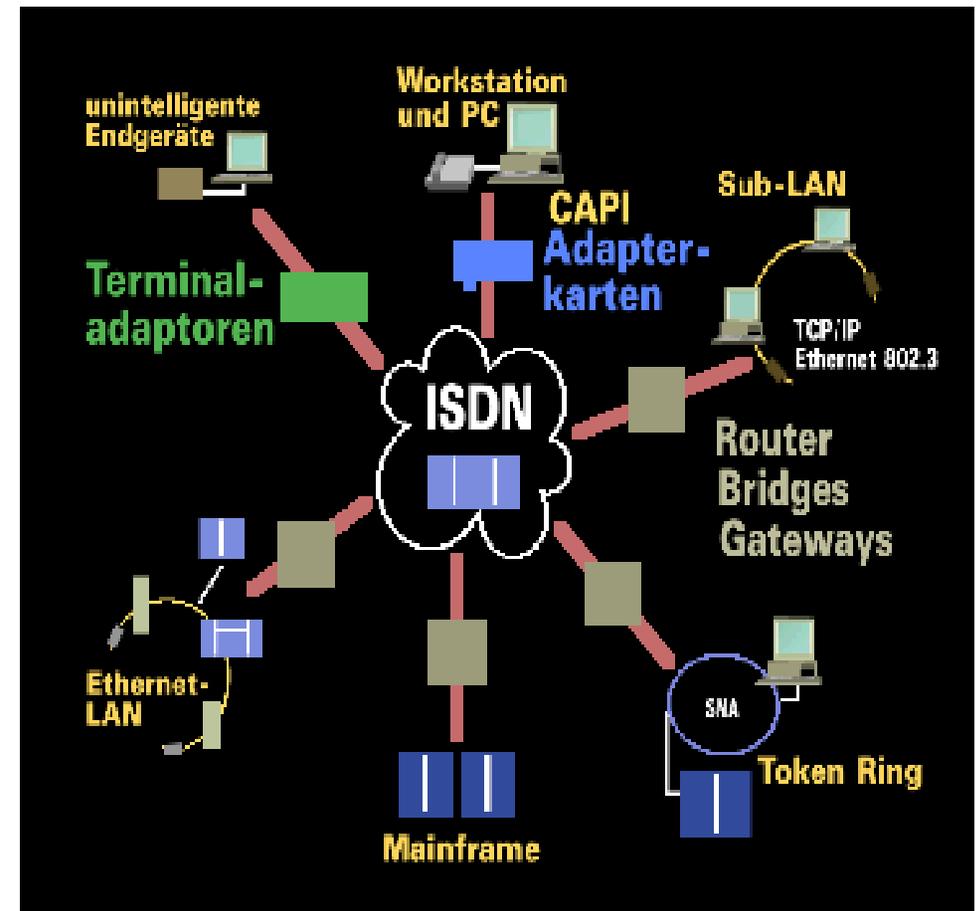
## 4.2.3.4 SDH – Multiplexstruktur (7)

### □ STM4c - Transportmodul



## 4.2.4 ISDN

- ❑ Früher: Trennung von unterschiedlichen Netzen für unterschiedliche Dienste ->
  - Telefonnetz
  - Netz für Datenübertragung
  - Kabelnetz für Fernsehprogramme
- ❑ Ziele von ISDN (Integrated Services Digital Network):
  - Eliminierung des Problems der verschiedenen Zugriffsmethoden (Telefon, Daten, Video, etc.)
  - Bereitstellung einer integrierten Umgebung zur Übertragung verschiedenen Dienste
- ❑ Szenario (ab etwa 1989)

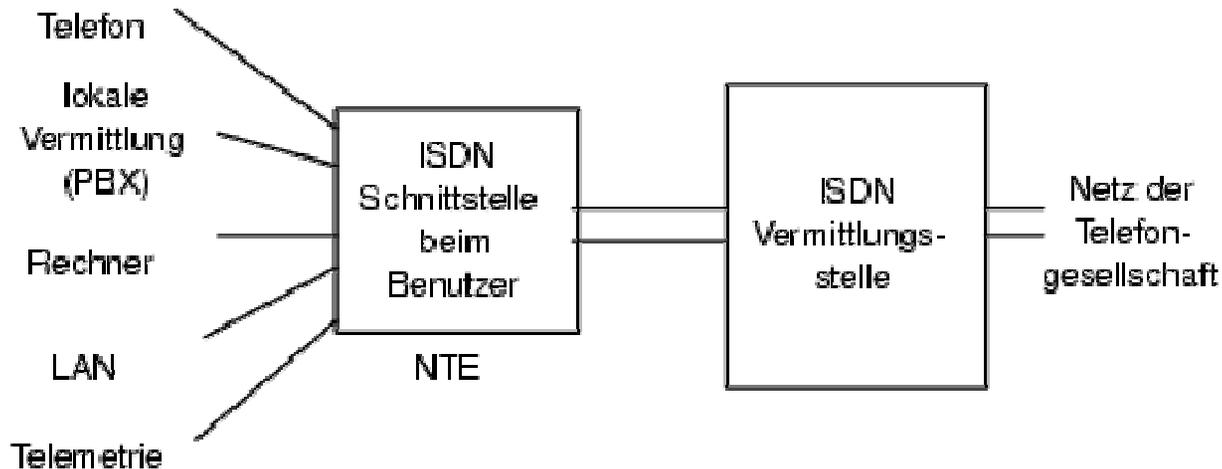


## 4.2.4.1 Aufbau eines ISDN-Benutzeranschlusses (1)

---

- ❑ **Integration verschiedener Services zur Übertragung in einem gemeinsamen Netz wie**
  - Telefon
  - Daten
  - Video
  - Telemetriedienste (Alarm, Zählerstand)
- ❑ **Innerhalb einer Telefongesellschaft können unterschiedliche Netze verwendet werden**
  - Dieses bleibt dem Kunden jedoch verborgen

## 4.2.4.1 Aufbau eines ISDN-Benutzeranschlusses (2)



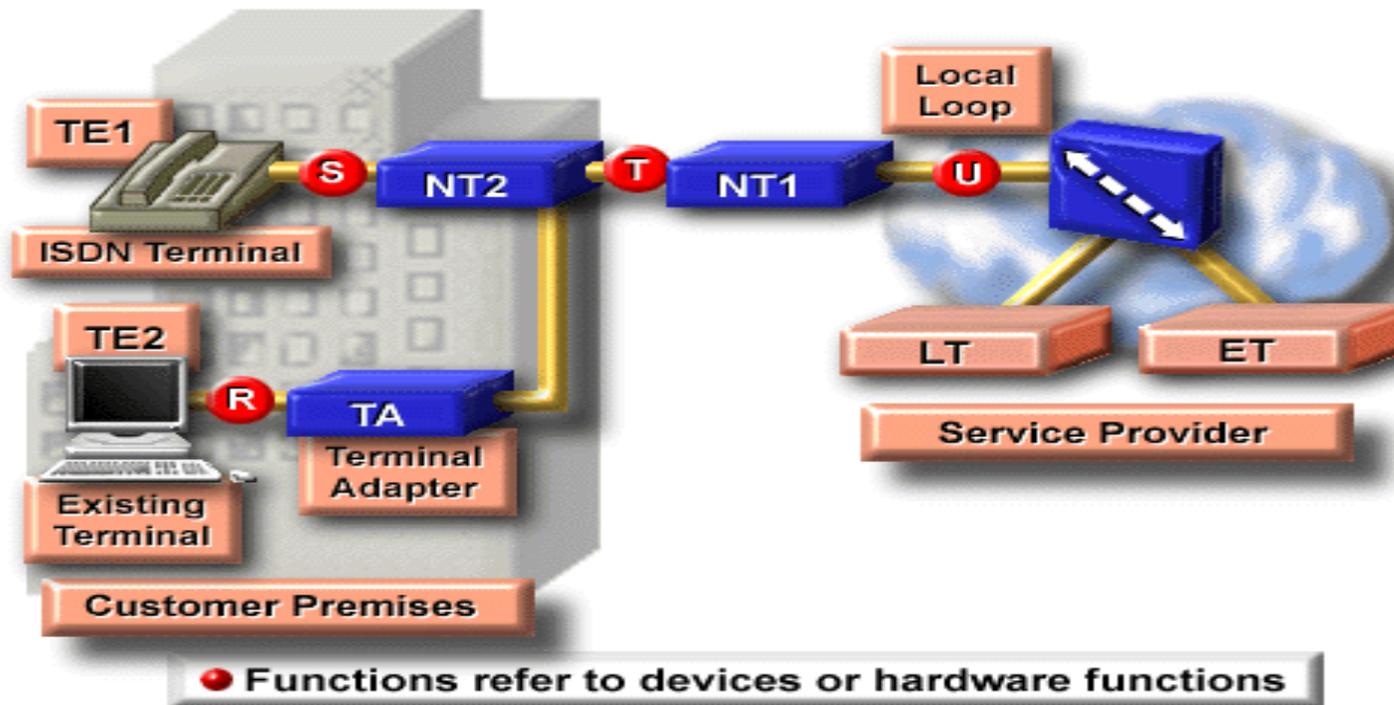
- **Das NTE kann z.T. von der Telefongesellschaft gestellt oder vom Benutzer gekauft werden**
  - Bei der Verbindung zwischen ISDN Vermittlungsstelle und der ISDN-Schnittstelle auf der Benutzerseite spricht man gelegentlich von einer digitalen Pipe
  - Bei den Endgeräten spricht man von Terminal Equipment TE
  - NTE = „Network Terminating Equipment“: Digitale Pipe kann mehrere unabhängige Kanäle unterstützen -> Erzeugung eines Bitstroms durch Zeitmultiplex (bei ADSL wird Frequenzmultiplex für die Übertragung genutzt)

## 4.2.4.2 ISDN Referenzmodell

### □ Aufbau und Referenzpunkte eines NTE:

- NTE stellt die Verbindung zwischen den Benutzerendgeräten und der Vermittlungsstelle her
- Dabei soll nicht nur der Anschluss von ISDN-Geräten, sondern auch der von nicht-ISDN-Geräten möglich sein

### ISDN Reference Points



TE1, TE2 sind Geräte des Benutzers. TE1 bezieht sich auf ISDN-Geräte und TE2 auf Nicht-ISDN-Geräte. U,T,S,R sind Standard-Zugriffspunkte für den Anschluss

## 4.2.4.3 ISDN-Kanäle (1)

---

- **Der ISDN-Standard umfasst eine Reihe von verschiedenen Kanälen, die mittels des TDM-Verfahrens miteinander verzahnt werden.**

### **Bekannteste Kanäle:**

- **B-Kanal:** 64 kbps transparenter, leitungsvermittelter, digitaler Kanal für Sprache und Daten
- **D-Kanal:** 16 kbps paketvermittelter, digitaler Kanal für Signalisierungsdaten. Kann u. U. für klein Datenmengen zur Datenübertragung verwendet werden
- Zusätzlich gibt es noch die digitalen H-Kanäle  
HO 384 kbps, H11 1536 kbps und H12 1920 kbps
- A 4kHz analoger Telefonkanal, C 8/16 kbps digitaler Kanal und E 64 kbps digitaler ISDN-Signalkanal. Bisher spielen jedoch die B- und D-Kanäle die wichtigste Rolle
- Daten- und Signalisierungskanäle sind strikt getrennt
- Wähl- und Festverbindungen werden unterstützt

## 4.2.4.3 ISDN-Kanäle (2)

- **Vorgesehene ISDN-Anschlussarten: Von ITU bzw. ANSI sind nur standardisierte Kanalkombinationen erlaubt**
  - **Basisanschluss: 2 B + 1 D**  
(heißt  $S_0$ , D-Kanal 16 kbit/s = 144 kBit/s netto, Vierdrahtschnittstelle)



- **Primäranschluss 30 B + 1 D**  
(heißt  $S^M$ , D-Kanal 64 kbits/s = 2048kBit/s netto)  
In USA und Japan existiert ein etwas modifizierter Primäranschluss:  
23 B + 1 D



## 4.2.4.4 ISDN-Funktionseinheiten (1)

---

### □ Lokaler Anschluss NT1

- NT1 repräsentiert die Schnittstelle zwischen der Benutzerumgebung und der Telefongesellschaft
- NT1 wird üblicherweise als Endpunkt der Telefongesellschaft beim Kunden angesehen.
- Funktionen der NT1:
  - Überwachung von Performanz, Stromzufuhr, Multiplexing zwischen den verschiedenen ISDN-Kanälen (B/D-Kanäle). NT1 beinhaltet Funktion der OSI-Schicht 1; U-Zugriffspunkt wird nur von ANSI und nicht von ITU spezifiziert, U-Schnittstelle (2 Draht) muss je Richtung 192kBit/s (144KBit/s netto + 48kBit/s Synchronisation) übertragen.
  - Zugriffspunkt T spezifiziert Schnittstelle für Basisdienste (z.B. einfacher ISDN-Telefonanschluss). Zugriffspunkt beschränkt sich auf Schicht 1, d.h. die Bitübertragung

## 4.2.4.4 ISDN-Funktionseinheiten (2)

---

### ❑ Lokale Vermittlung NT2:

- Darunter kann man sich ein benutzer-eigenes Vermittlungssystem (PBX) vorstellen, d.h. Funktionen von NT2 sind:
  - Vermitteln und Multiplexen auf Benutzerseite
  - Intelligentes Gerät mit Funktionen der OSI-Schicht 1 bis 3 (D-Kanal-Signalisierung)
  - Zugriffspunkt S spezifiziert Schnittstelle für zusätzliche Dienste. Zugriffspunkt umfasst die Schichten 1 bis 3

### ❑ Terminal Adapter TA:

- TA dient dazu, dass sich Nicht-ISDN-Geräte gegenüber dem Netz wie ein ISDN-Gerät präsentieren
- Erlaubt damit den Anschluss von analogen Telefonen
  - Zugriffspunkt R unterstützt existierende Standards (X-Standards, V-Standards, a/b Schnittstelle)

## 4.2.4.5 ISDN-Bitübertragungsschicht (1)

### □ Anschluss an NT1 bis NT2: Konfigurationen

- Punkt-zu-Punkt-Konfiguration



- Punkt-zu-Multipunkt-Konfiguration



- Der passive  $S_0$ -Bus enthält keine aktiven Komponenten wie Verstärker oder Repeater
- Variante: ISDN 6-fach Steckerleiste (kollabierter Bus)

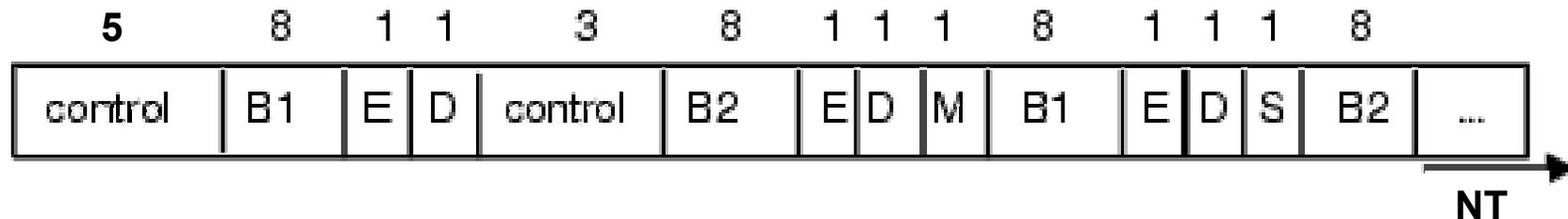
## 4.2.4.5 ISDN-Bitübertragungsschicht (2)

---

- Punkt-zu-Mehrpunkt-Konfiguration
  - Anschluss von bis zu 8 ISDN-Geräten am  $S_0$ -Bus;
    - Länge bis zu maximal 200m;
    - Geräte können passiv die Aktivität auf dem Bus verfolgen, ohne ihn zu beeinflussen
  - Jedes ISDN-Gerät (TE) hat eindeutige Adresse;
    - festgelegt nach NT1
    - Verbindung zwischen TE und NT1 besteht aus 2 Leitungspaaren, aufgeteilt in Send/Receive
    - Da i.a. für die Verbindung zwischen NT1 und ISDN-Vermittlungsstelle nur 1 Leitungspaar zur Verfügung steht (Zugriffspunkt U), ist ein spezieller Mechanismus für die Realisierung von Voll-Duplexverbindung notwendig (zu teuer, alle Leitungen neu zu verlegen)

## 4.2.4.5 Aufbau eines ISDN-Frames

- ❑ Für die Kommunikation zwischen NTE und TE an den S- bzw. T-Zugriffspunkten.
- ❑ Format ist richtungsabhängig (TE-Rahmen, NT-Rahmen)



- Control dient u.a. zur Framesynchronisation
  - S-Bit ist für zukünftige Standardisierung und M-Bit ist eine Anzeige für einen Multiframe, d.h. Gruppieren von Frames
  - Die E-Bits dienen zur Auflösung der Konkurrenz zwischen mehreren ISDN-Geräten bei Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindung
- Übertragung von 48 Bit-Frame in 250 Mikrosekunden -> Datenrate 192 kbps (4000 Rahmen pro Sekunde)
- 36 Datenbits pro Frame (16 B1, 16 B2, 4 D) in 250 Mikrosekunden -> Rate für Benutzerdaten 144 kbps

## 4.2.4.5 Punkt-zu-Multipunkt-Verbindung (1)

---

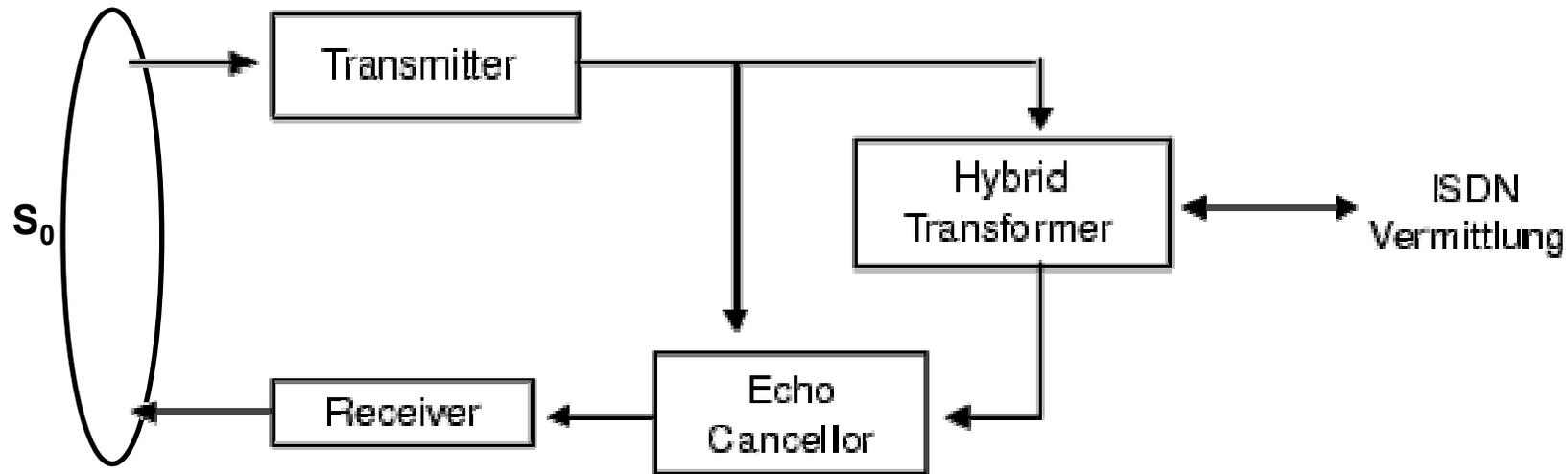
- ❑ Ein B-Kanal wird jeweils einem TE am passiven Bus zugeordnet
- ❑ D-Kanal wird von allen angeschlossenen TEs gemeinsam benutzt, d.h. mehrere TEs können auf D-Kanal gleichzeitig senden -> „Contention“-Mechanismus zur Auflösung der Konkurrenz notwendig. Passiver Bus agiert logisch wie ein AND-Gatter, d.h. Voltsignal auf Leitungskabel wird nicht additiv berechnet, d.h.
  - 1-Bit (0 Volt) bei NT -> alle TE setzen 0 Volt
  - 0-Bit (750 mV) bei NT -> ein oder mehrere TE setzen 750 mV

## 4.2.4.5 Punkt-zu-Multipunkt-Verbindung (2)

- Auflösung der Konkurrenz mittels E-Bit
  - Ziel ist es, dass nur ein TE auf D-Kanal sendet
  - TE sendet Bit auf D-Kanal und wartet auf nächstes E-Bit auf empfangenem Frame von NT, bevor TE nächstes Signal auf D-Kanal sendet.
- E-Bit des Frame NT -> TE ist ein Echo des D-Bit des Frame TE -> NT
  - TE überwacht die E-Bits des Frames NT -> TE, falls E-Bits nicht mit den gesendeten D-Bits (d.h. D-Kanal Information) übereinstimmen
  - Beendet TE seine Übertragung auf D-Kanal, da Konkurrenz mit anderen TEs



## 4.2.4.5 Realisierung von Voll-Duplex-Verbindungen



- ❑ Mittels des Echo Cancellors wird das Sendesignal vom Empfangssignal subtrahiert, d.h. Echo des Sendesignals wird eliminiert
- ❑ Hybrid Transformer verbindet 2 Leitungspaare mit einem Leitungspaar zur ISDN-Vermittlung

## 4.2.4.5 Ablauf des Buszuteilungsverfahrens

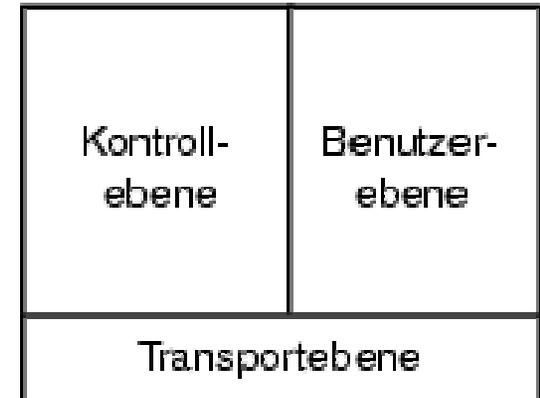
---

- **while** Sendewunsch **do** {
    - receive E-Bits; /\* überprüfe, ob Kanal frei zum Senden \*/
    - if** mehr als 8 E-Bits mit "1" empfangen **then** { /\* D-Kanal ist frei; es darf gesendet werden \*/
    - while** D-Bits zu senden **do** {
      - send D-Bit;
      - receive E-Bit;
      - if** D-Bit  $\neq$  E-Bit **then** /\* Kollision \*/ abort innere **while** -Schleife;
    - }
  - }
  - if** alle D-Bits erfolgreich gesendet **then** Sendewunsch := **false** ;
  - }
- Über D-Kanal wird Kontrollinformation übertragen: jedes TE sendet ein spezifisches Muster

## 4.2.4.6 ISDN-Protokollarchitektur (1)

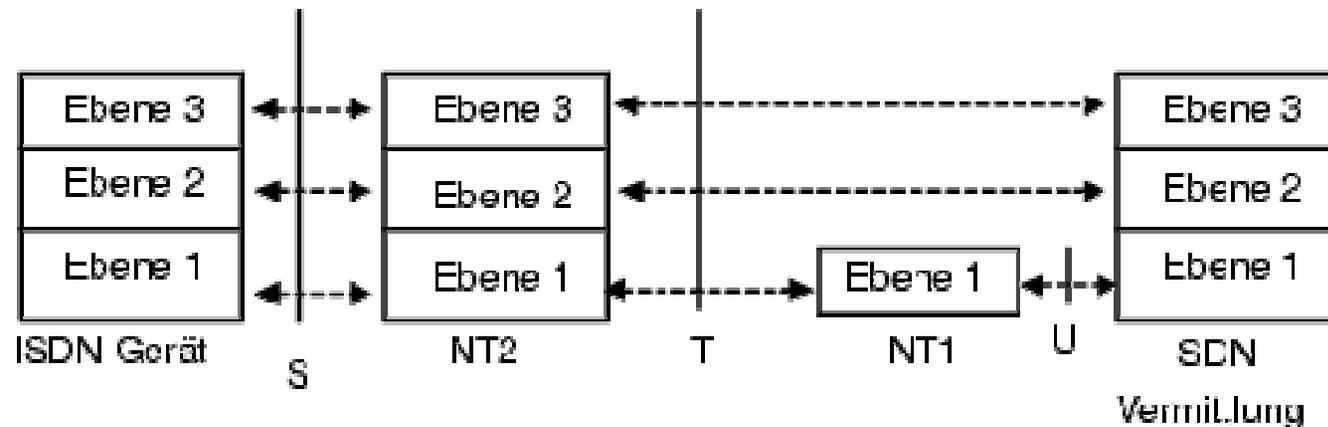
### □ Übersicht

- **Benutzerebene** dient zur Übertragung von Benutzerinformation, z.B. Sprache, Video, Daten  
Unterstützt werden **Leitungs-, Frame-, und Paketvermittlung**
- **Kontrollebene** dient zur Übertragung von Kontrollinformation.
  - Separate Kontrollebene im Gegensatz zu anderen Protokollen, wo Kontrolle und Benutzerdaten miteinander vermischt sind; z.B. Kontrollinformation über Benutzerverbindungen, Einrichten/Beenden einer Verbindung (d.h. Adresse des Ziel-NTE); Anpassen von Service-Eigenschaften während einer Verbindung; realisiert mittels D-Kanal; die Verwendung eines separaten Kanals für den Austausch von Kontrollinformation resultiert in dem schnelleren Einrichten von Verbindungen
- **Transportebene** repräsentiert das physische Übertragungsmedium



## 4.2.4.6 ISDN-Protokollarchitektur (2): D-Kanal

### □ D-Kanal Protokollebenen (DSS1)



#### ● Ebene 1:

- beschreibt Codierungs- und Verbindungseigenschaften
- Verbindung ist synchron, seriell und voll-duplex
- B-Kanäle und D-Kanal benutzen gemeinsames physisches Übertragungsmedium
- Verwendung von TDM zum Trennen der Kanäle
- Beschrieben in I.430 und I.431

## 4.2.4.6 ISDN-Protokollarchitektur (3): D-Kanal

---

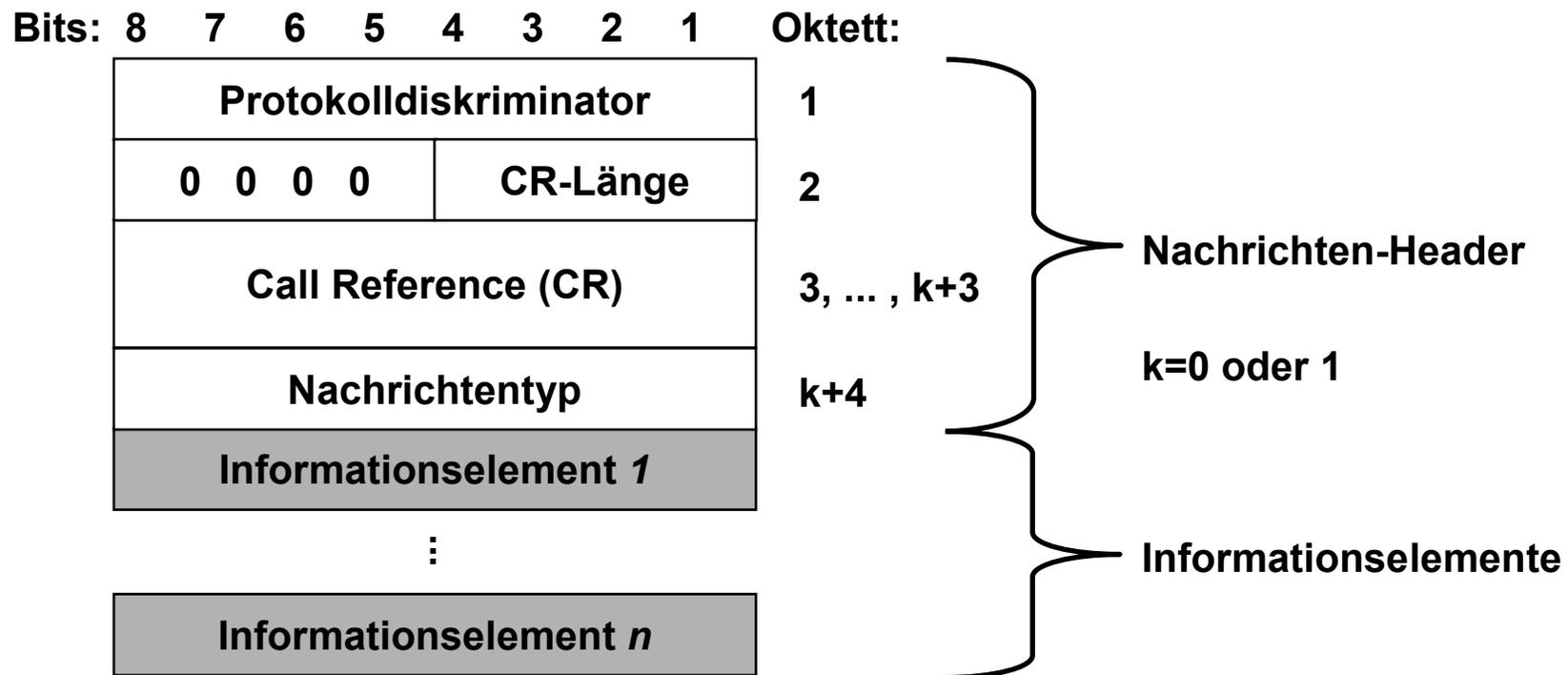
- Ebene 2:
  - Beschreibt Funktionen zur fehlerfreien Kommunikation über physische Verbindung im D-Kanal (Q.920, Q.921)
  - Definiert die logische Verbindung zwischen Benutzer und ISDN-Netz
  - Protokoll unterstützt Regeln, um mehrere TEs zu multiplexen (mittels LAPD = Link Access Procedures on D-Channel)
- Ebene 3:
  - Spezifiziert die Benutzer-Netz-Schnittstelle, Q.930
  - Umfasst Kontrollnachrichten zum Anfordern von Diensten vom Netz
  - Da D-Kanal nur die Schnittstelle zwischen Benutzer und Netz spezifiziert, sind die OSI-Ebenen für die Ende-zu-Ende-Kommunikation nicht relevant

### □ Austausch von Kontrollnachrichten

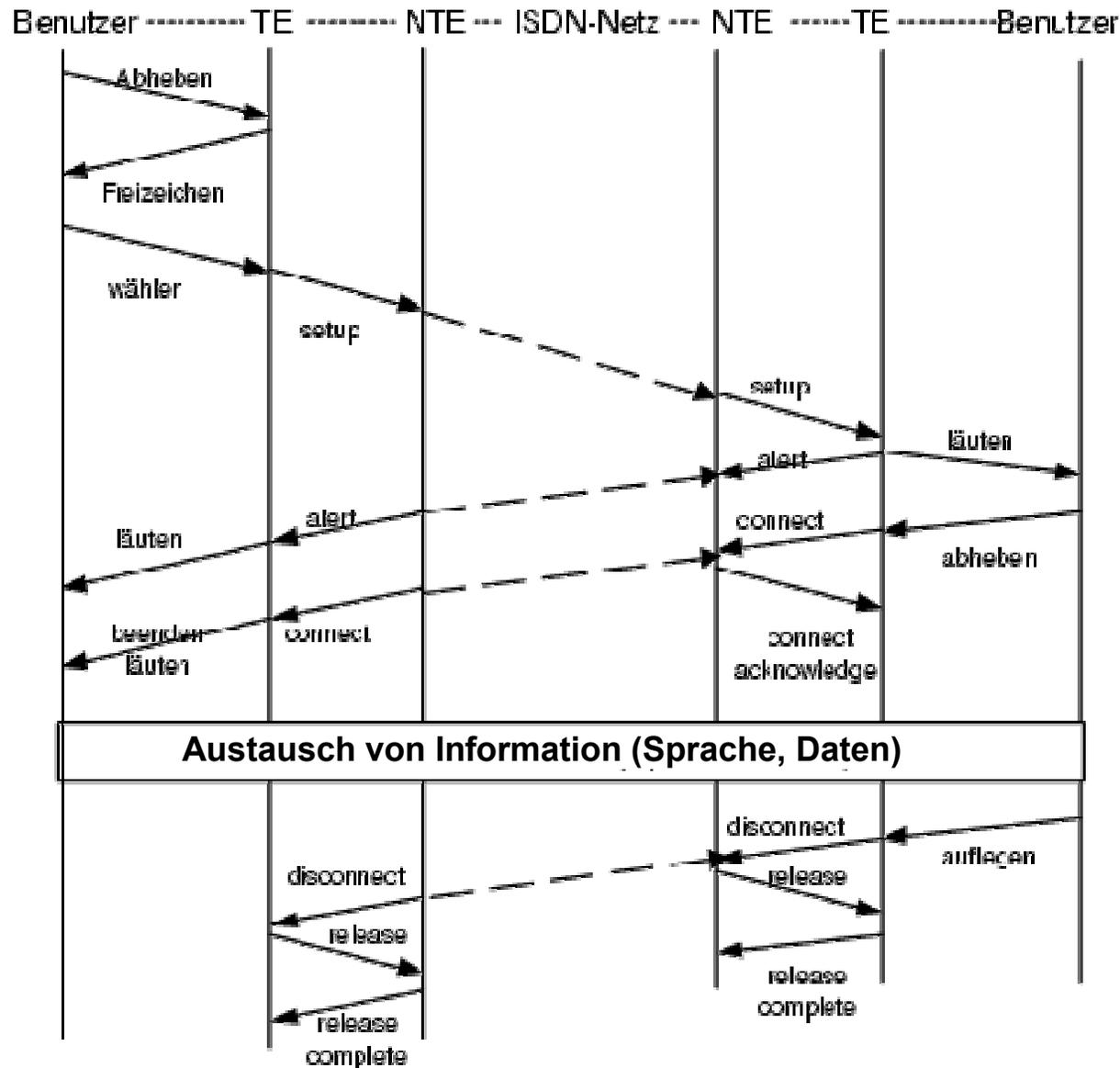
- Aufbau einer Benutzerverbindung auf der Basis von Leitungsvermittlung
- weiteres Beispiel „Anklopfen“:  
während eines Gesprächs wird ein weiterer Verbindungsaufbauwunsch mit Telefonnummer angezeigt

## 4.2.4.6 ISDN-Protokollarchitektur (4): D-Kanal

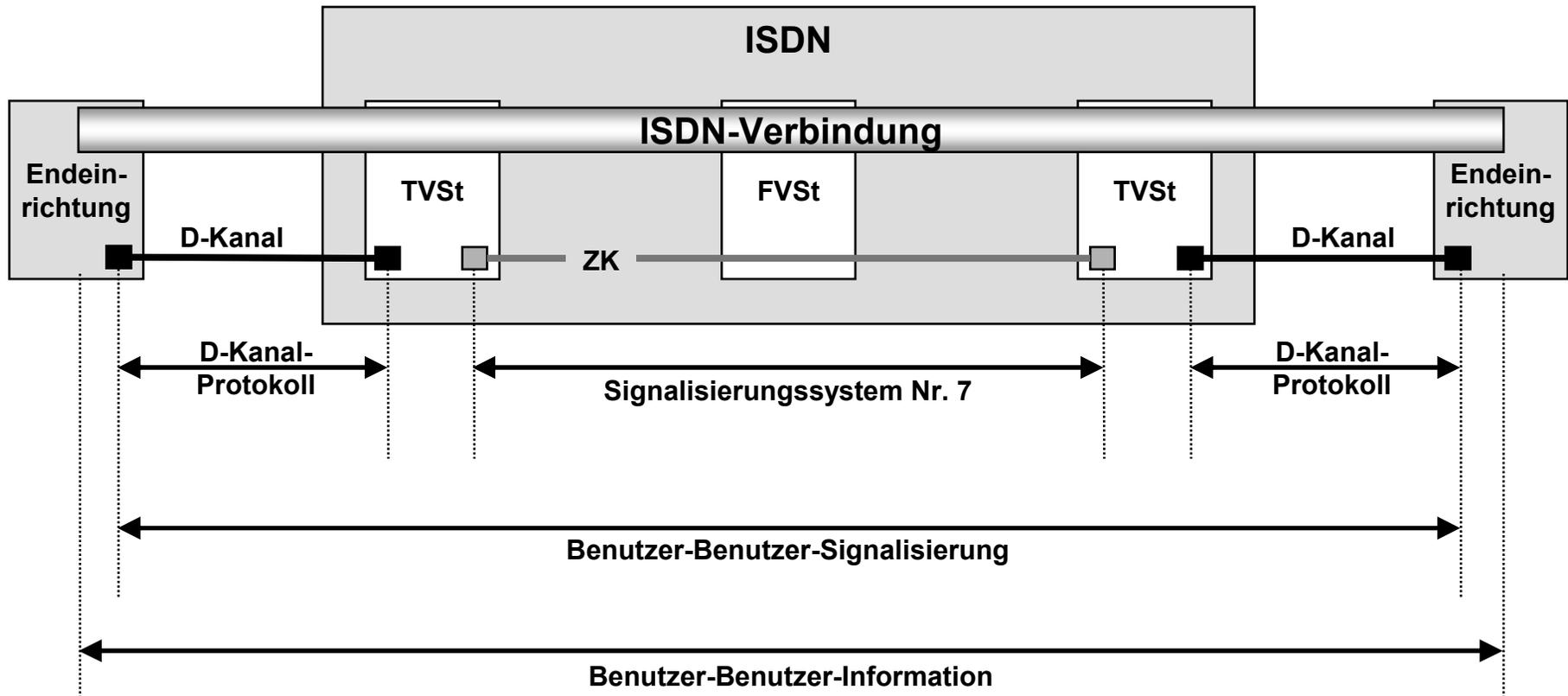
### □ Protokollstack



## 4.2.4.7 Austausch von Kontrollnachrichten (1)



## 4.2.4.7 Austausch von Kontrollnachrichten (2)



F/TVSt: Fern/TeilnehmerVermittlungsstelle, ZK: Zentral(Signalisierungs)Kanal

## 4.2.4.7 Austausch von Kontrollnachrichten (3)

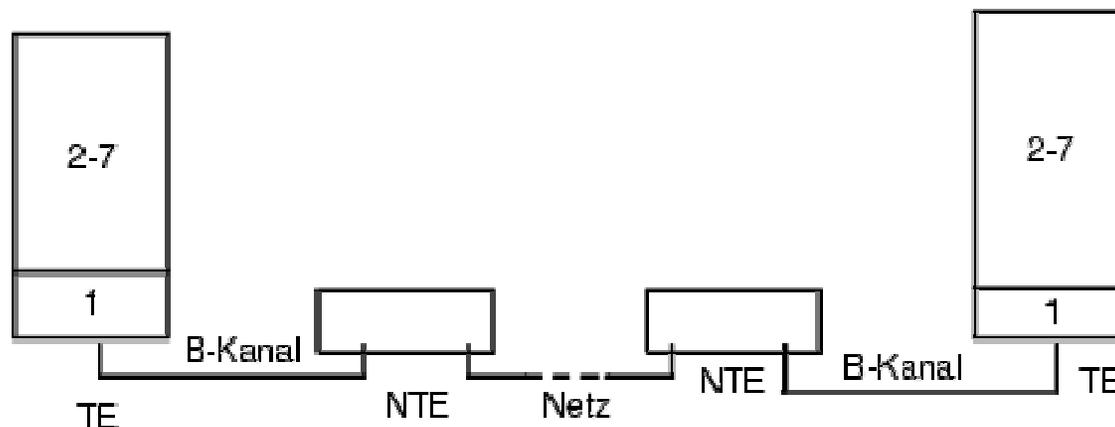
---

### □ Nachrichtenelemente im D-Kanal Protokoll

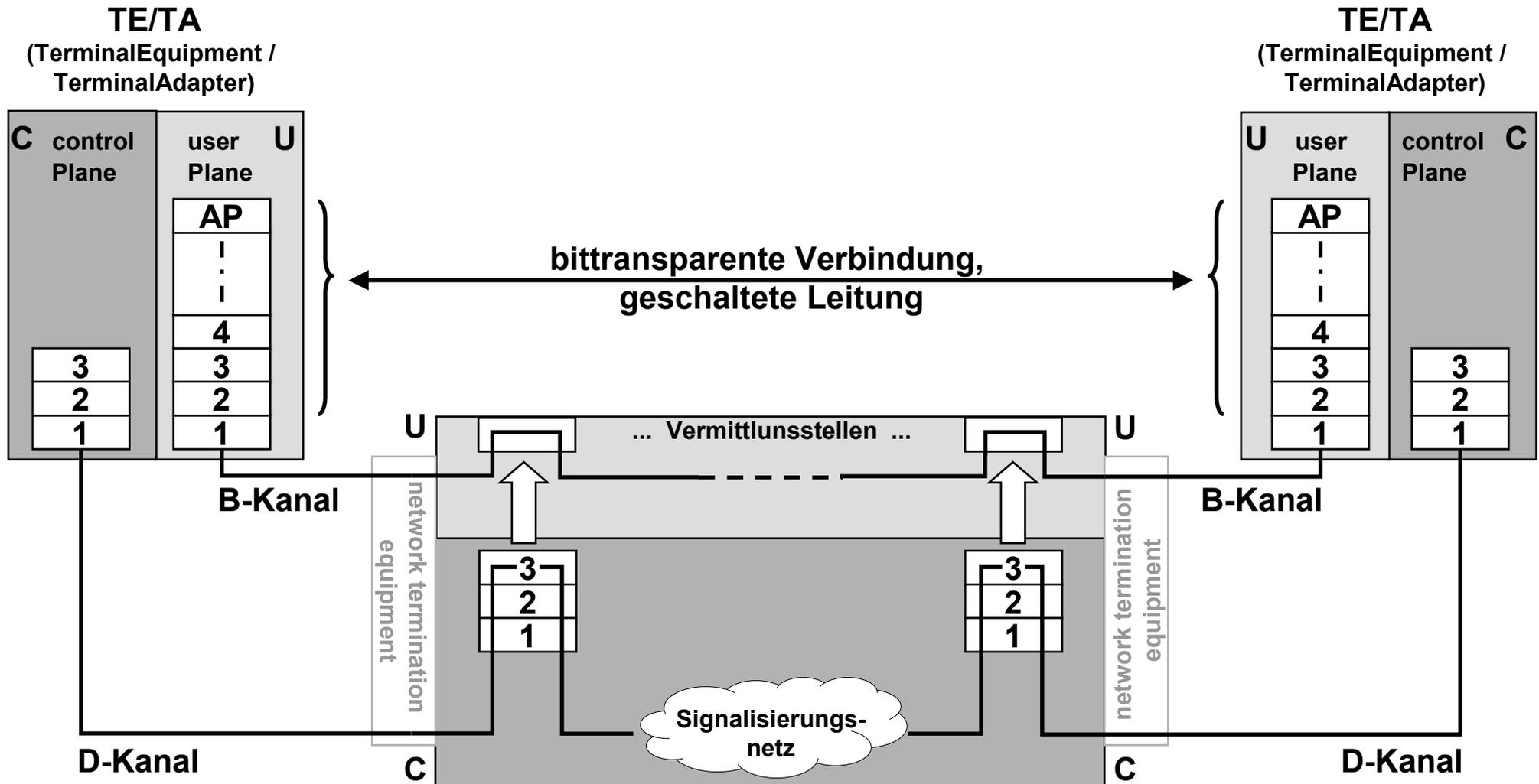
- Protokolldiskriminator: Unterscheidung Q.931 oder 1TR6
- Call Reference: Identifizierung der Signalisierungsvorgänge
- Informationselemente:
  - beim Aufbau:  
SETUP, SETUP\_ACK, CALL\_PROCEEDING, PROCESS, ALERT, CONNECT, CON\_ACK
  - beim Abbau:  
DISC, RELEASE, RELEASE\_COMPLETE
  - weitere Elemente für Dienstmerkmale wie:  
Anklopfen, Anrufweitchaltung, Gerätewechsel, 3er-Konferenz, Rufnummernanzeige, geschlossene Benutzer Gruppe, ....

## 4.2.4.8 ISDN-Vermittlungsdienste (1): Leitungsvermittlung

- ❑ ISDN unterstützt verschiedene Dienstarten:
- ❑ Leitungsvermittlung
  - Aufbau eines transparenten 64 kbps Übertragungsweges



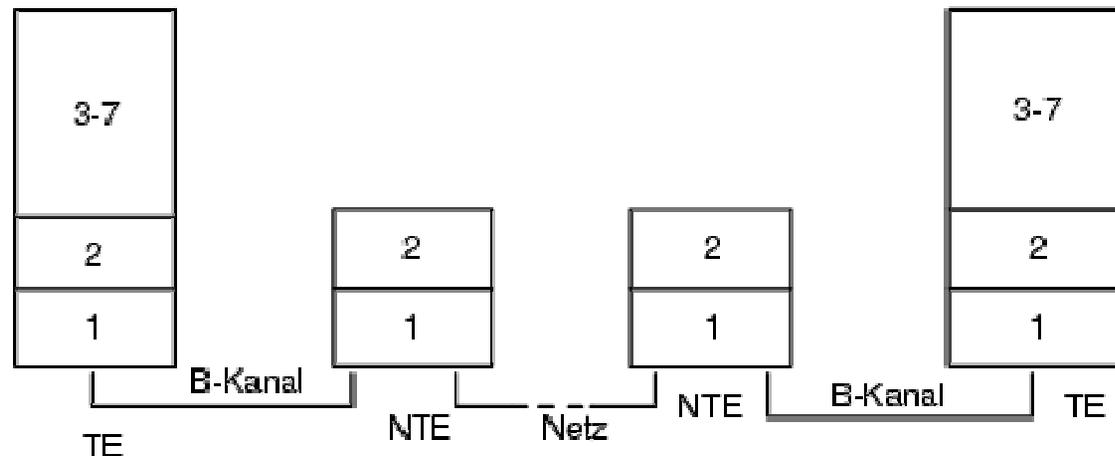
## 4.2.4.8 ISDN-Vermittlungsdienste (2): Leitungsvermittlung



Nach: F. Halsall, Data Communications, Computer Networks and Open Systems, Addison-Wesley 1996, 6. Auflage, Seite 467

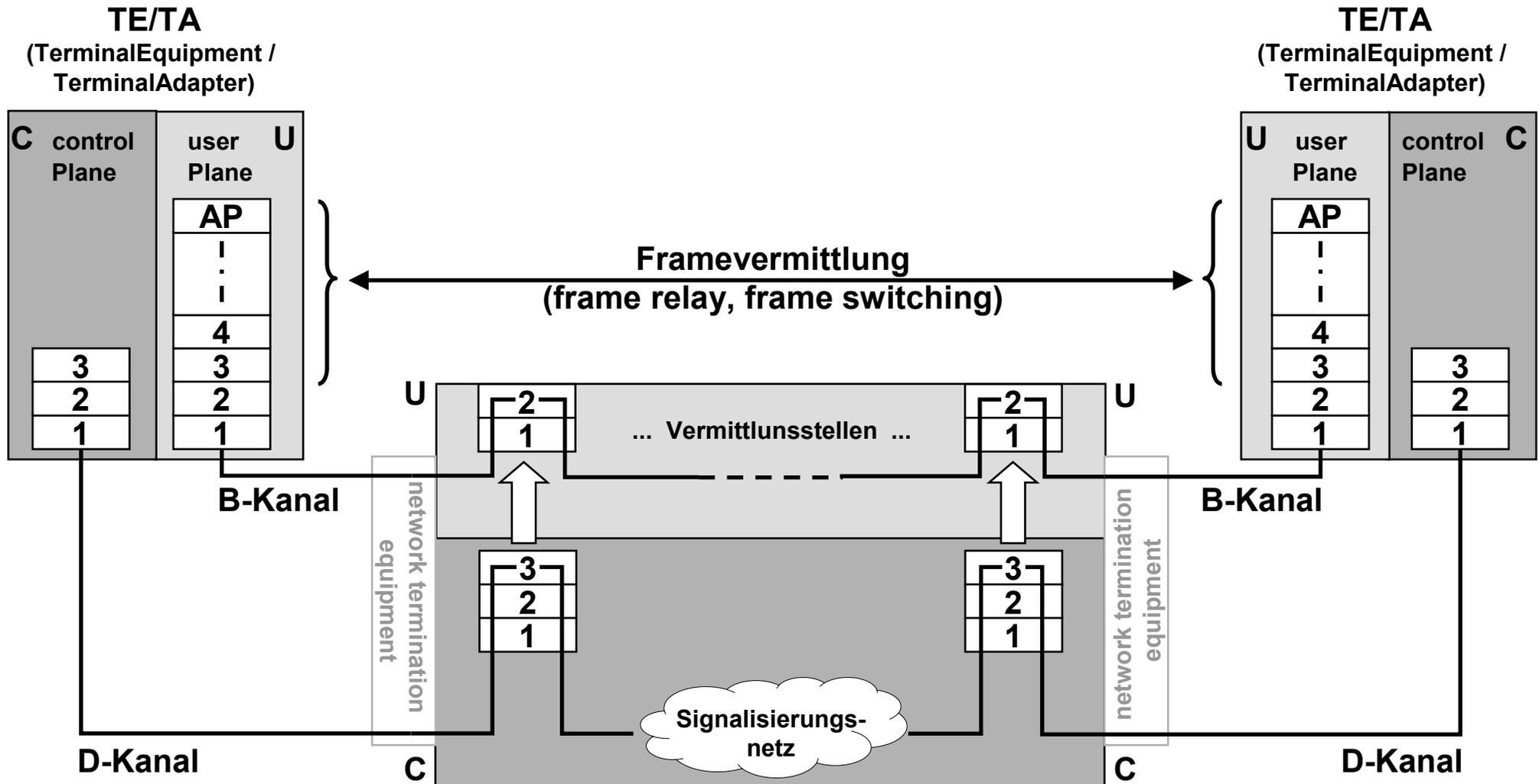
## 4.2.4.8 ISDN-Vermittlungsdienste (3): Framevermittlung

### □ Framevermittlung: Aufbau eines virtuellen Pfades



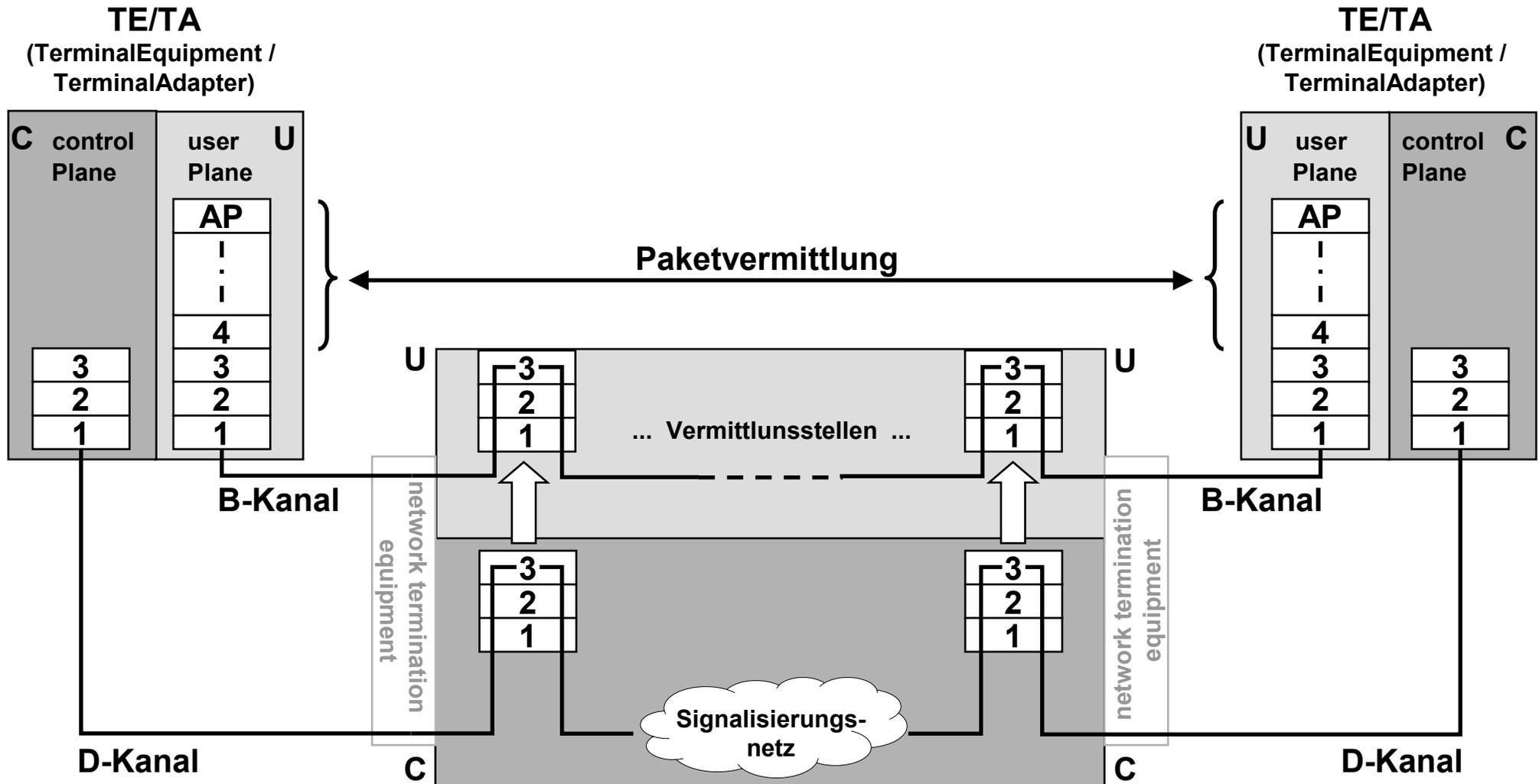
- Frames enthalten Schicht 2 Routing-Information für die Zwischenknoten
- Framevermittlung ist einfacher als Paketvermittlung, da der Aufwand von Schicht 3 entfällt -> höhere Datenraten möglich
- Unterscheidung in
  - Frame-Relay: unterstützt keine Fluss- und Fehlerkontrolle auf der Frame-Ebene. „Best-Try“-Methode
  - Frame-Switching: Netz stellt Prozeduren zur Fluss- und Fehlerkontrolle auf der Frame-Ebene bereit. Verfahren aufwendiger; wegen Overheads wird oft Frame-Relay bevorzugt.

## 4.2.4.8 ISDN-Vermittlungsdienste (3): Framevermittlung



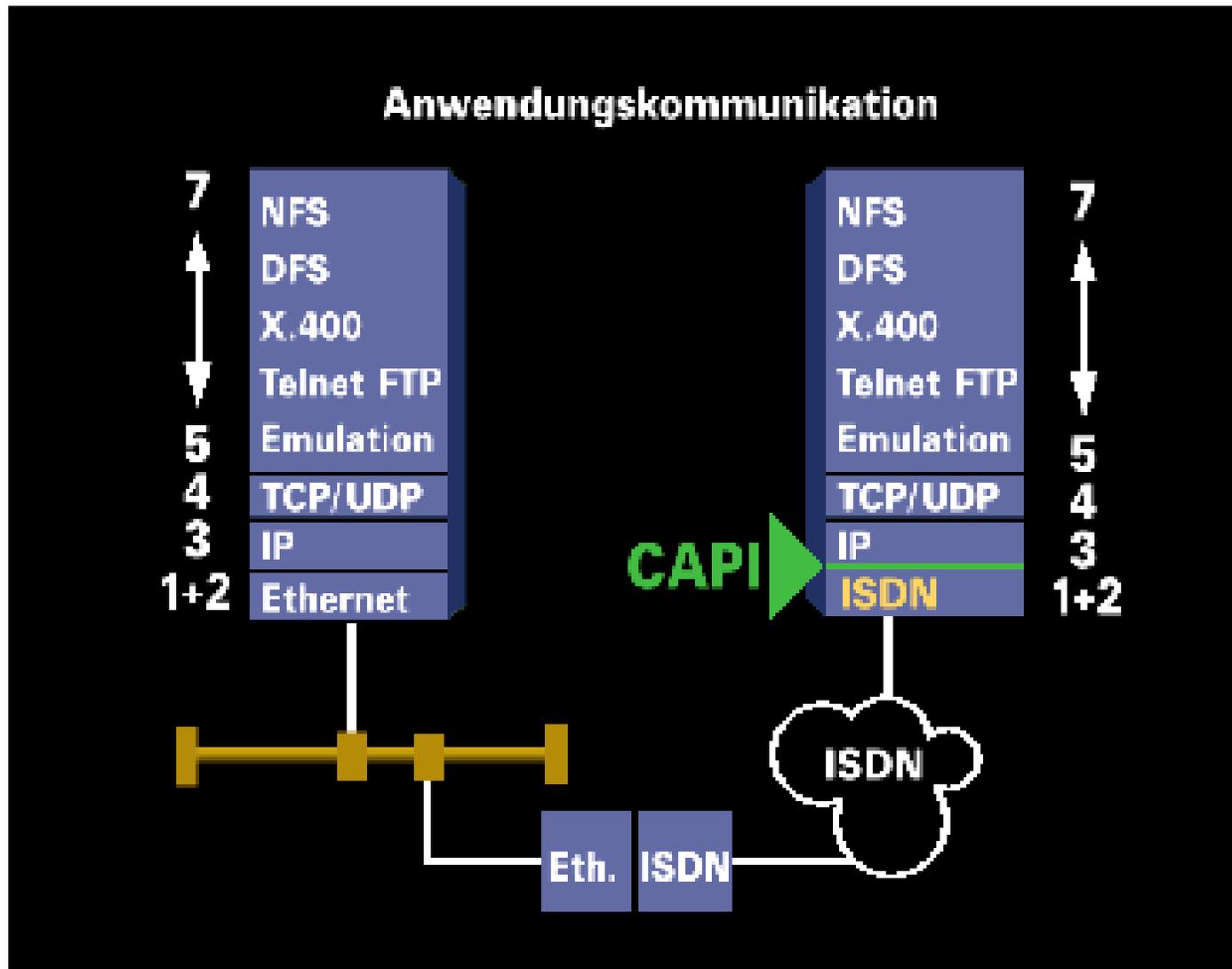
Nach: F. Halsall, Data Communications, Computer Networks and Open Systems, Addison-Wesley 1996, 6. Auflage, Seite 467

## 4.2.4.8 ISDN-Vermittlungsdienste (4): Paketvermittlung



Nach: F. Halsall, Data Communications, Computer Networks and Open Systems, Addison-Wesley 1996, 6. Auflage, Seite 467

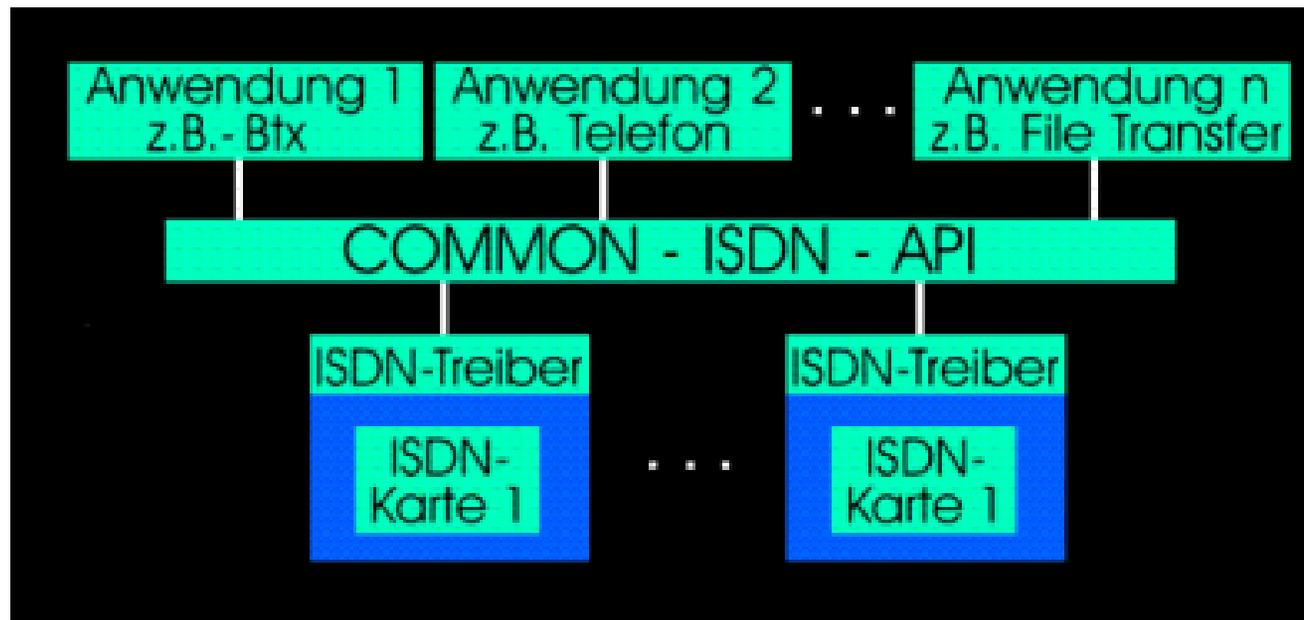
## 4.2.4.9 CAPI - Common Application Programming Interface (1)



## 4.2.4.9 CAPI (2)

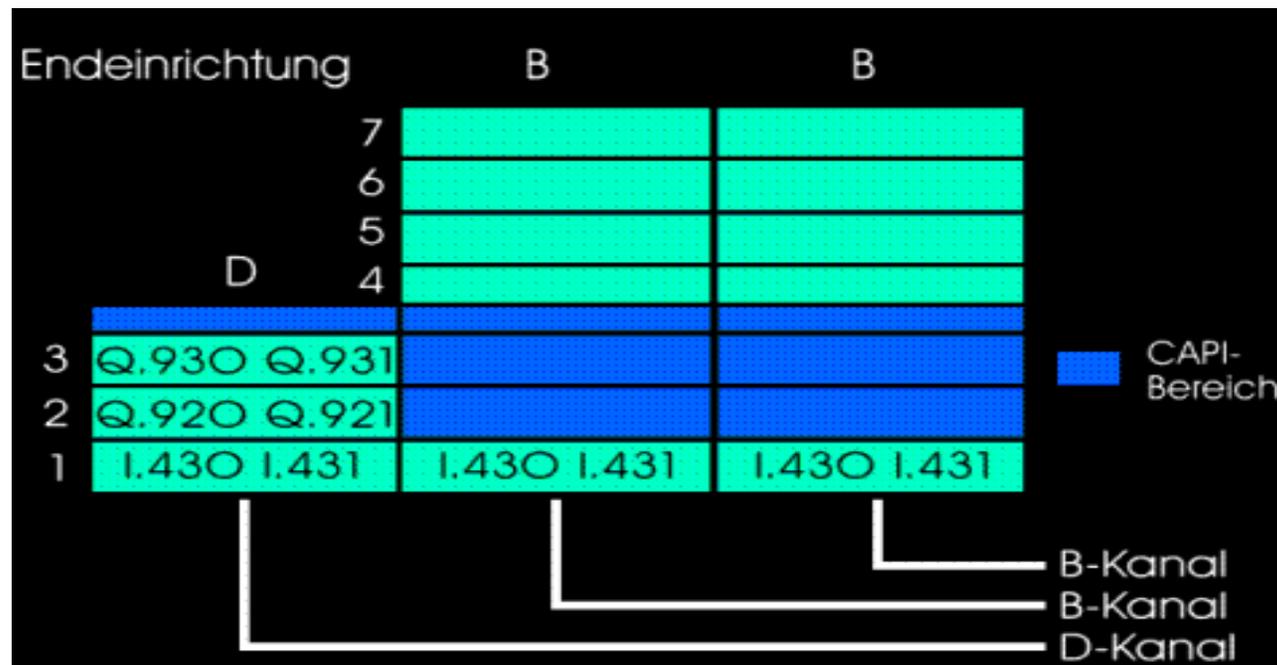
### □ Eigenschaften

- Standard für die Schnittstelle zwischen Anwendung und Kartentreiber
- CAPI stellt eine Software-Schnittstelle dar, die den einfachen Zugriff auf ISDN-Adapterkarten erlaubt und die uneingeschränkte Nutzung ihrer Funktionalität gewährleistet



## 4.2.4.9 CAPI (3)

### □ CAPI im OSI-Referenzmodell



### □ CAPI Version 2.0: Standardisierung der CAPI-Schnittstelle

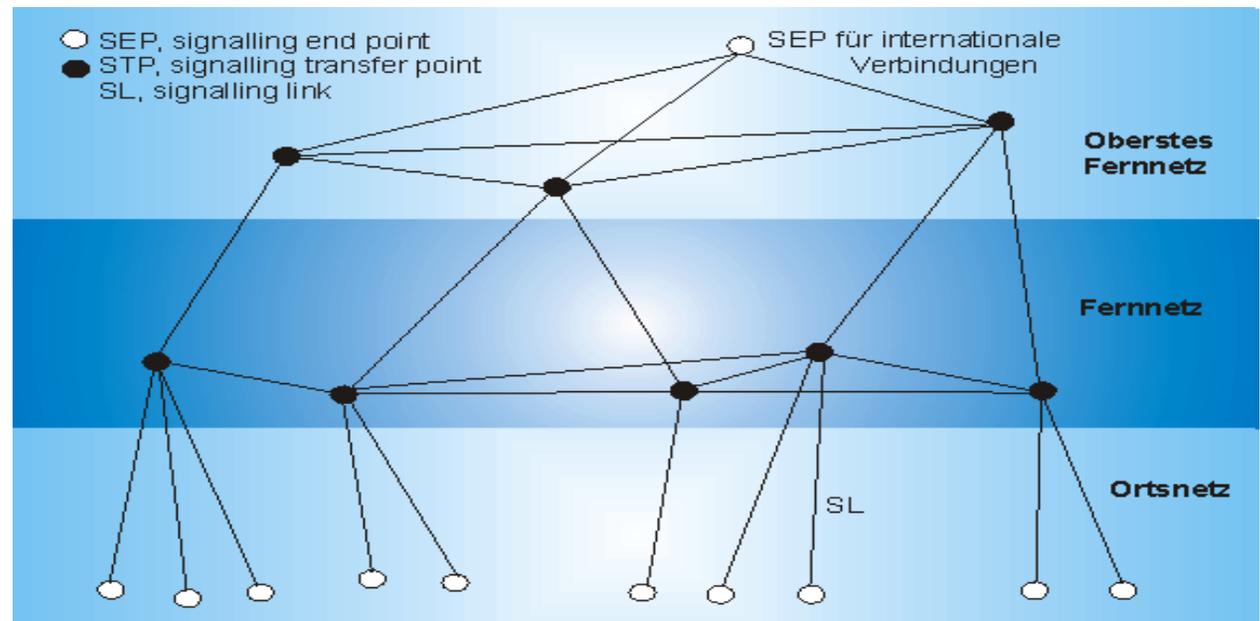
- Es wurden sowohl die Leistungsmerkmale der Schnittstelle verbessert als auch die Abhängigkeiten von nationalen ISDN-Spezifika beseitigt
- Die Version 2.0 wurde für das Euro-ISDN entwickelt und unterstützt daher das DSS-1-Protokoll

## 4.2.4.10 Signalling System No. 7 (SS7)

### □ Eigenschaften

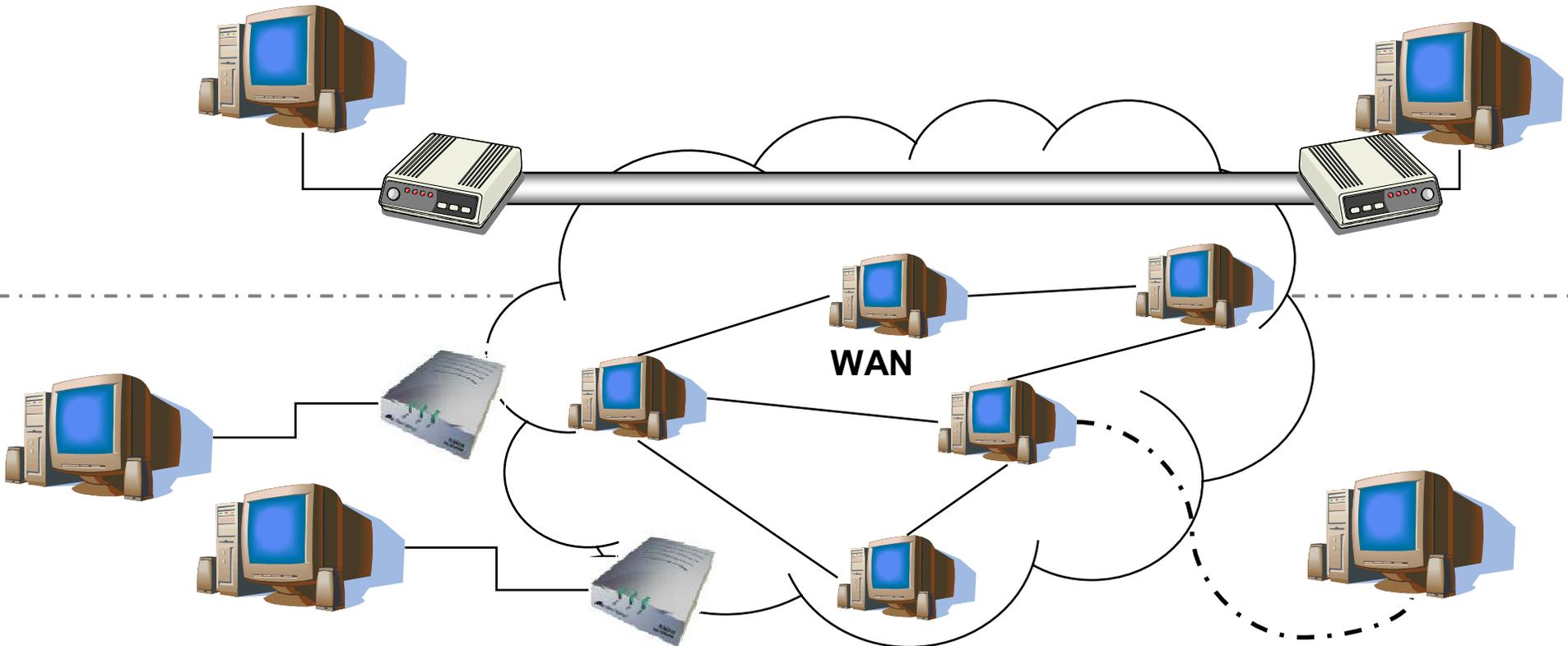
- SS7 ist ein Signalisierungs-Protokoll für digitale Fernsprechnetze
- Bei diesem Verfahren handelt es sich um eine Außenband-Signalisierung; Das Signalisierungssystem arbeitet dabei vollkommen getrennt von der Nutzdatenübertragung
- Generell ist die Struktur eines SS7-Netzes im Teilnehmerbereich sternförmig aufgebaut und im Fernbereich vermascht

### ● SS7-Netzstruktur



## 4.3 Endsystemanbindungen

### 4.3.2 Anbindung über WAN (Modem, Terminalmultiplexer)



### 4.3.4 Last-Mile-Zugangstechniken (Schicht1): xDSL

### 4.3.3 Zugangstechniken für serielle Links (Schicht 2): SLIP, PPP

### 4.3.1 Grundlagen: Modulationstechniken

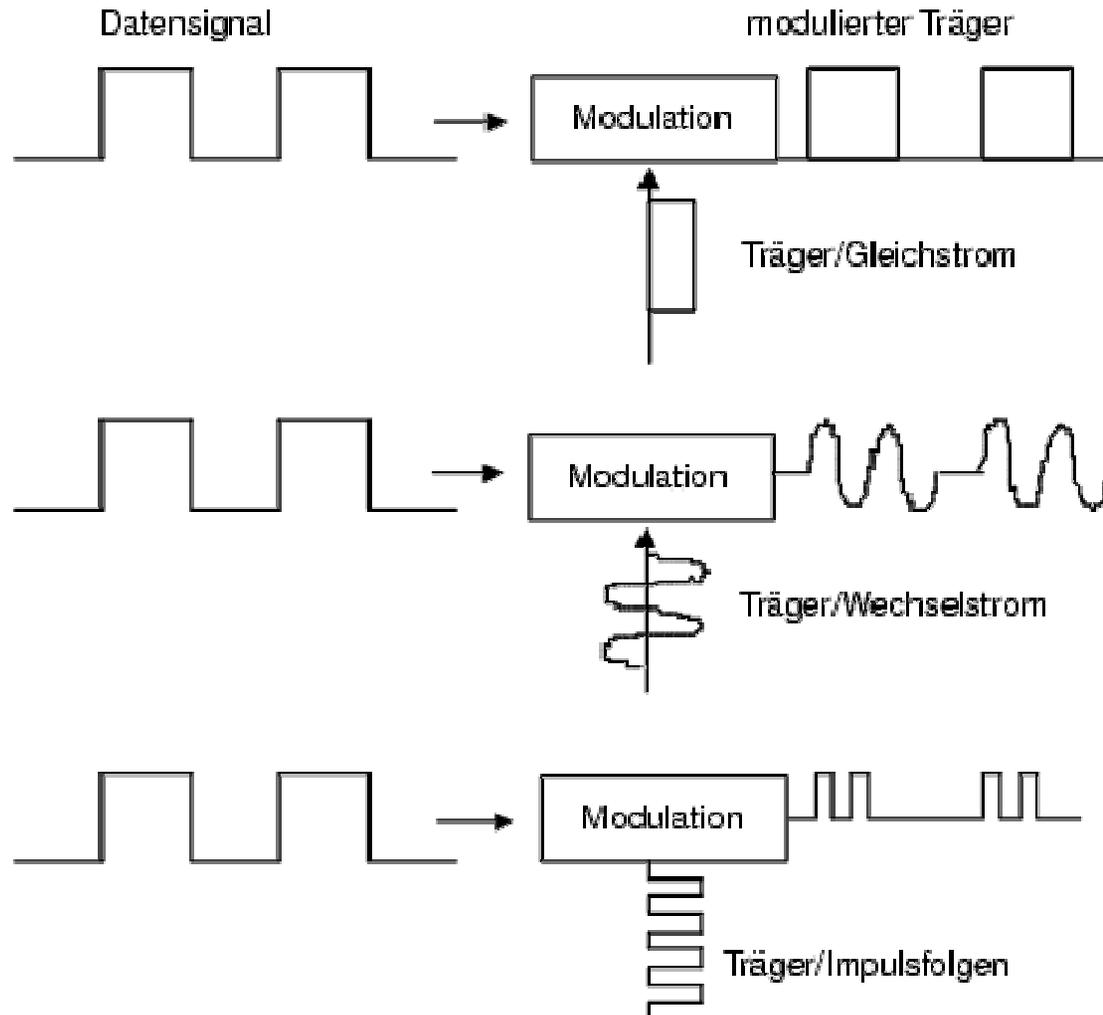
## 4.3.1 Modulation

---

### □ Definition: Unter Modulation versteht man

- Umsetzung eines Quellensignals in eine andere Signalform, d.h. ein Träger wird im Rhythmus (digital, analog) des zu übertragenden Datensignals gesteuert
- Abhängig vom Träger wird unterschieden in Modulation von Gleichstrom, Wechselstrom oder Impulsfolgen
- Unter Modulation versteht man die Konvertierung von binären Daten auf elektrische Signale, und zwar in eine Form, die für die Übertragung über ein Netz geeignet ist, z.B. PSTN

## 4.3.1 Modulation abhängig vom Träger



**Modulation umfasst die Schritte Signalabtastung, Signalwandlung und Codierung des Trägersignals**

## 4.3.1 Modulationsarten

---

### ❑ **Analoge Modulation:**

- Modulation eines analogen oder digitalen Signals auf ein meist sinusförmiges Trägersignal
  - Beispiel: Übertragung auf analogen Fernmeldeleitungen im Fernsprechnet

### ❑ **Digitale Modulation:**

- Modulierung auf einen Pulsvorgang (Pulsmodulation). Das verwendete Modulationsverfahren ist stark abhängig vom Medium und den Anforderungen an die Übertragung

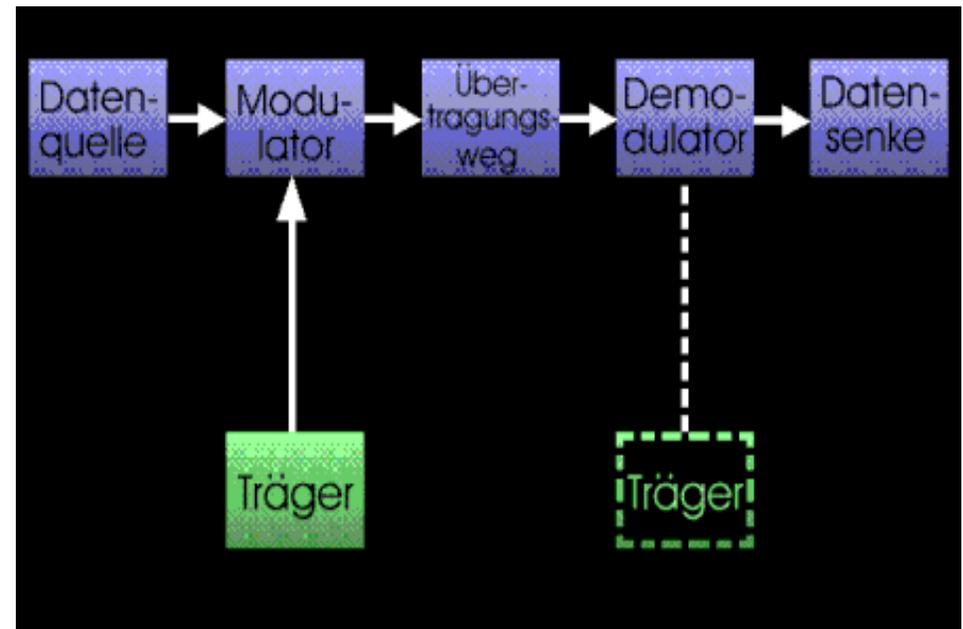
## 4.3.1 Anforderungen an Modulation

### □ Allgemeine Anforderungen an Modulation:

- Gute Anpassung an Medium
- Möglichst hohe Informationsdichte
- Hohe Störfestigkeit
- Kostengünstig zu realisieren

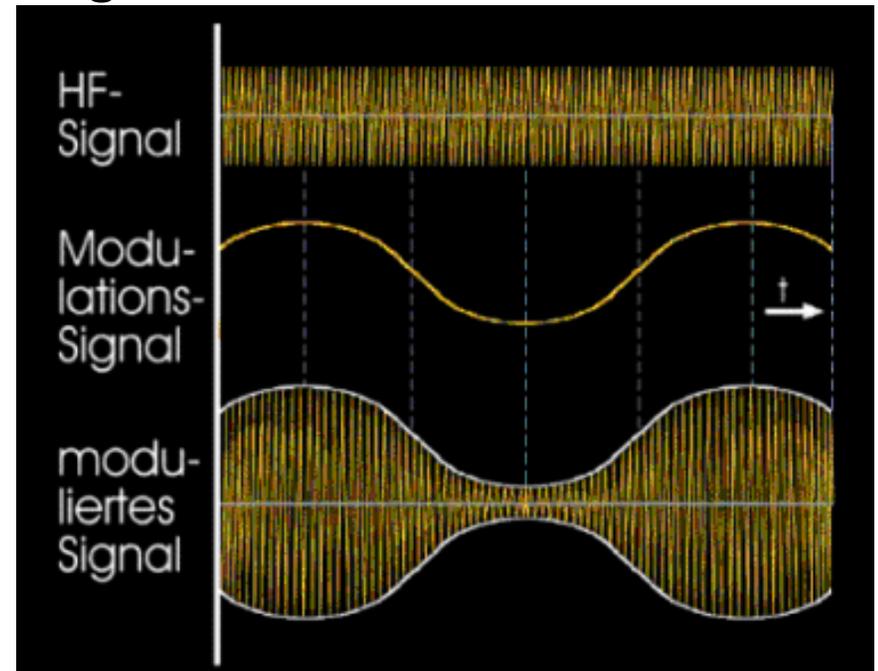
### □ Modulation umfasst die Schritte

- Signalabtastung
- Signalwandlung
- Codierung des Trägersignals



## 4.3.1.1 Basistypen analoger Modulation (1)

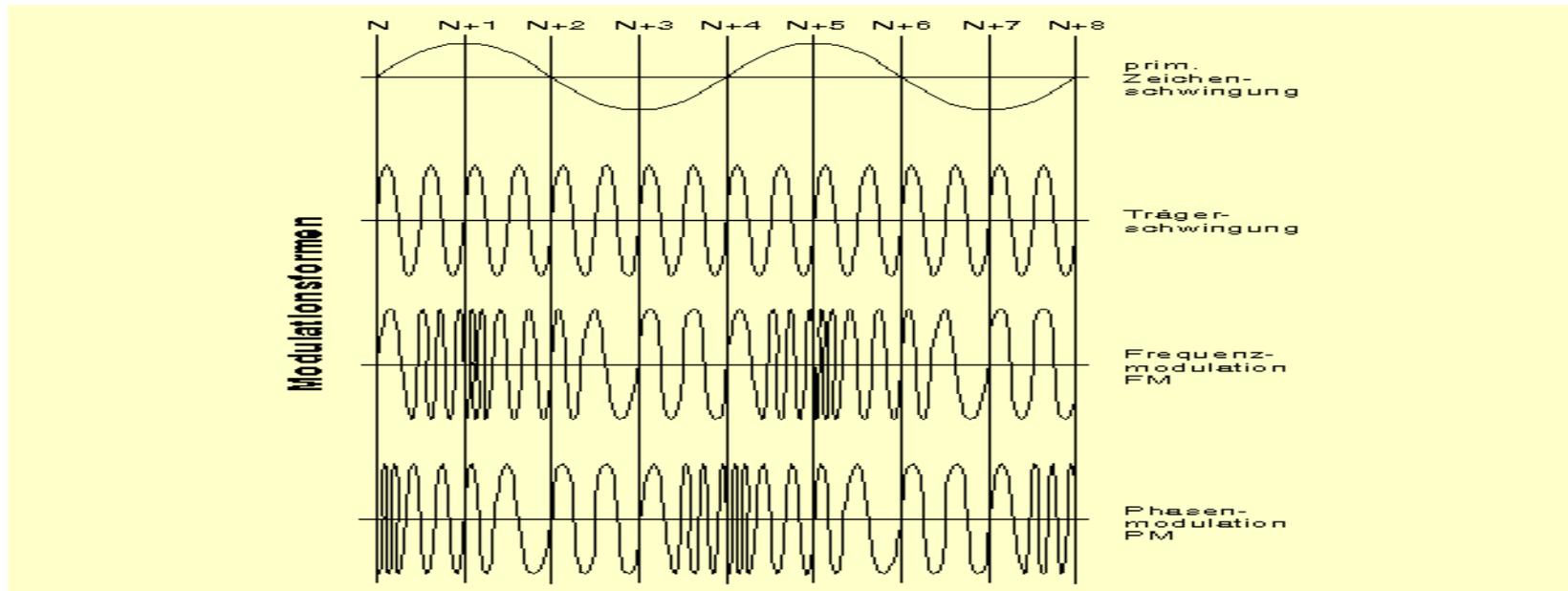
- ❑ **Merke: Man kann durch geeignete Modulation**
  - Analoge Information digital/analog übertragen
  - Digitale Information digital/analog übertragen
- ❑ **Unterscheidung von 3 Basistypen analoger Modulation:**
  - **Amplitudenmodulation:**
    - Bei gleichbleibender Frequenz des Trägersignals wird die Amplitude geändert
    - Bei Darstellung von Binärsignalen werden 2 unterschiedliche Spannungsebenen für 0-Bit und 1-Bit gewählt
    - Probleme mit Signaldämpfung:
      - Signalgröße = Höhe der Amplitudenveränderung des Trägersignals
      - Signalfrequenz = Schnelligkeit der Amplitudenänderung des Trägersignals



## 4.3.1.1 Basistypen analoger Modulation (2)

- Frequenzmodulation:

- Bei gleichbleibender Amplitude des Trägersignals wird die Frequenz geändert
- Verfahren ist relativ störsicher
- Jedoch genügend Bandbreite erforderlich, um Demodulation zu erleichtern
- Bei Binärsignalen nur 2 unterschiedliche Frequenzen notwendig
- Verfahren wird oft verwendet für langsame Modems (300, 1200 Baud)



## 4.3.1.1 Basistypen analoger Modulation (3)

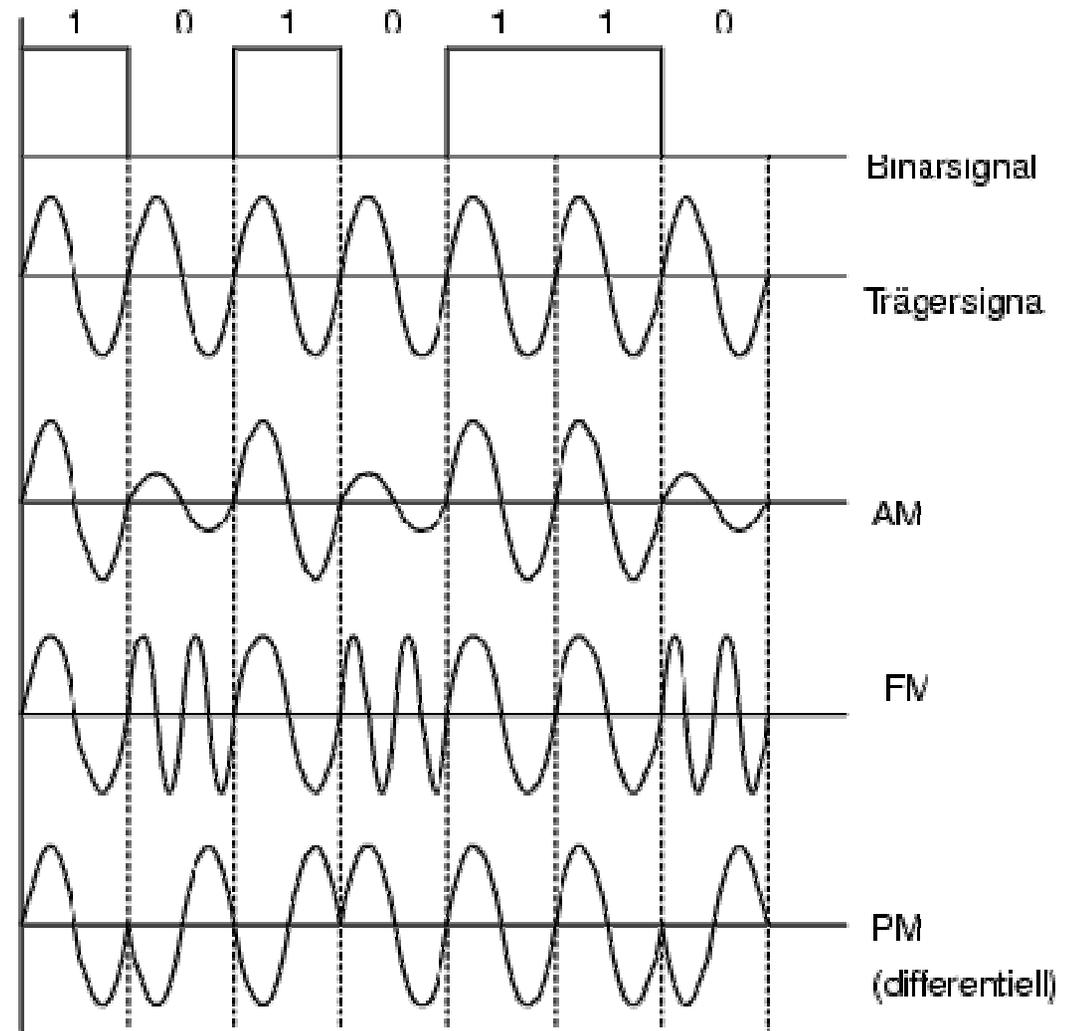
---

- Phasenmodulation:
  - Bei gleichbleibender Amplitude und Frequenz des Trägersignals wird die Phase verschoben. Im Englischen wird hier von PSK („Phase Shift Keying“) gesprochen
  - 2 Varianten
    - Kohärente PM: Single Bit PSK mit „1“ = 90 Grad-Änderung und „0“ = 270 Grad-Änderung. 2 feste Trägersignale für 0-Bit und 1-Bit mit jeweils 180° Phasenverschiebung; Empfängerseite benötigt Referenzsignal, um Phase zu bestimmen, relevant ist der absolute Phasenwert
    - Differentielle PM: Übergang 01 oder 10 entspricht festem Sprung (z.B. 180°). Phasenverschiebung abhängig vom aktuellen Bit und dem zuletzt übertragenen Bit; Demodulation muss die Phasenverschiebung bestimmen und nicht den absoluten Wert; Beispiel: 1-Bit behalte Phase bei; 0-Bit verschiebe Phase um 180°

## 4.3.1.1 Übersicht der Modulationsmethoden

- **Im Beispiel bei PM (differential):**  
**1-Bit behalte Phase bei; 0-Bit**  
**Phasenverschiebung um 180°.**  
**Verwendung bei Modems:**

- Langsame Modems:  
meist FM
- Schnelle Modems: PM oder  
auch Kombination davon ->  
QAM = Quadratur-  
amplitudenmodulation



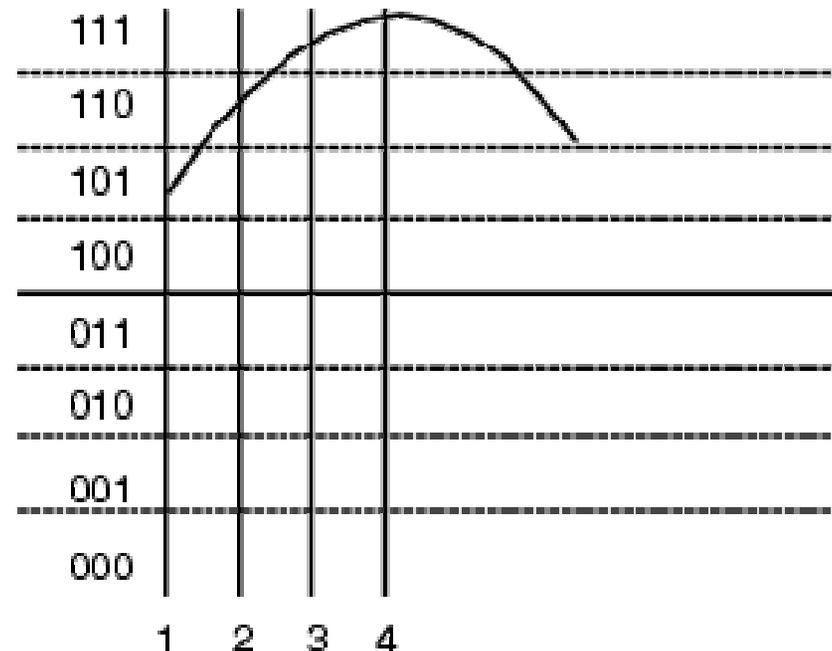
## 4.3.1.2 Puls Code Modulation (PCM-Verfahren)

---

- ❑ **Abtastung eines Analogsignals und Umwandlung in eine Impulsfolge. Dieses Verfahren wird im Zusammenhang mit ISDN angewandt, um analoge Sprache in eine digitale Nachricht umzuwandeln, die über das ISDN-Netz übertragen wird.**
- ❑ **Wichtige Bedingungen:**
  - Abtasthäufigkeit  $\geq 2$  mal Signalbandbreite (Abtasttheorem)
  - Jede Abtastung wird durch 7 oder 8 Bit dargestellt
- ❑ **Unterteilung der Amplitude in Bereiche, denen jeweils eine Binärcodierung zugeordnet wird**
  - Beispiel: Sprache wird 8000 mal pro Sekunde abgetastet  $\rightarrow$  4kHz Bandbreite für Information. Dies ist die für Telefon verwendete Bandbreite
    - (1) Abtasten analoger Signalkurve mit Abtasttheorem: Abtasttheorem: Abtasthäufigkeit  $\geq 2$  mal Signalbandbreite. Für das Telefon gilt: Band ca. 4 kHz (300-3400 Hz); Tastrate 8 kHz, alle 125 Mikrosekunden. Damit ergibt sich als Datenrate  $2 \cdot \text{Bandbreite} \cdot \log_2 \text{Signallevel}$ , d.h. es gilt  $8000 = 2 \cdot 4 \text{ kHz}$
    - (2) Kodieren des Abtastwertes: 8 Bits
  - Aus (1),(2) ergibt sich damit eine Übertragungsrate von 64 kbit/s (z.B. bei ISDN)

## 4.3.1.2 PCM-Verfahren: Beispiel

□ Bitstrom 101 110 111 111 ...

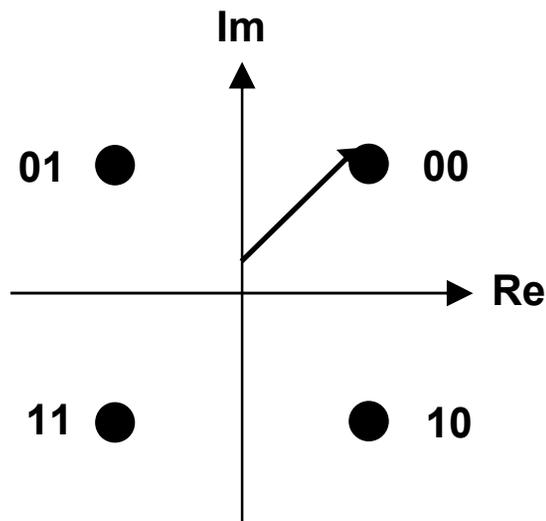


- PCM-Verfahren wird bei den T1 Verbindungen zwischen Fernsprechvermittlungen eingesetzt.
- Variation ist die Delta-Modulation, bei der sich benachbarte Abtastwerte jeweils nur um +1 oder -1 unterscheiden
  - Falls Signalwert größer als Vorhersagewert -> 1-Bit
  - Falls Signalwert kleiner -> 0-Bit

**Probleme, falls sich Signale sehr schnell ändern**

## 4.3.1.3 QAM-Modulation (1)

- ❑ Häufigste Technik für Modems mit hohen Datenraten: **Quadraturamplitudenmodulation (QAM)**
  - Kombination aus Amplituden- und Phasenmodulation
- ❑ Es gibt n-QAM mit  $n = 16, 64, 256, 1024$  Signalwerten  $\rightarrow$  4, 6, 8, 10 Bits je Signaländerung. Bei  $2^i$ -QAM werden also pro Schritt  $i$  Bits übertragen
- ❑ Bei 4-QAM werden also 2 Bits (sog. Dibit) pro Schritt übertragen
- ❑ Phasendiagramm: Jeder Codepunkt liegt in einer bestimmten Entfernung (AM) und einem bestimmten Phasenwinkel (PSK)



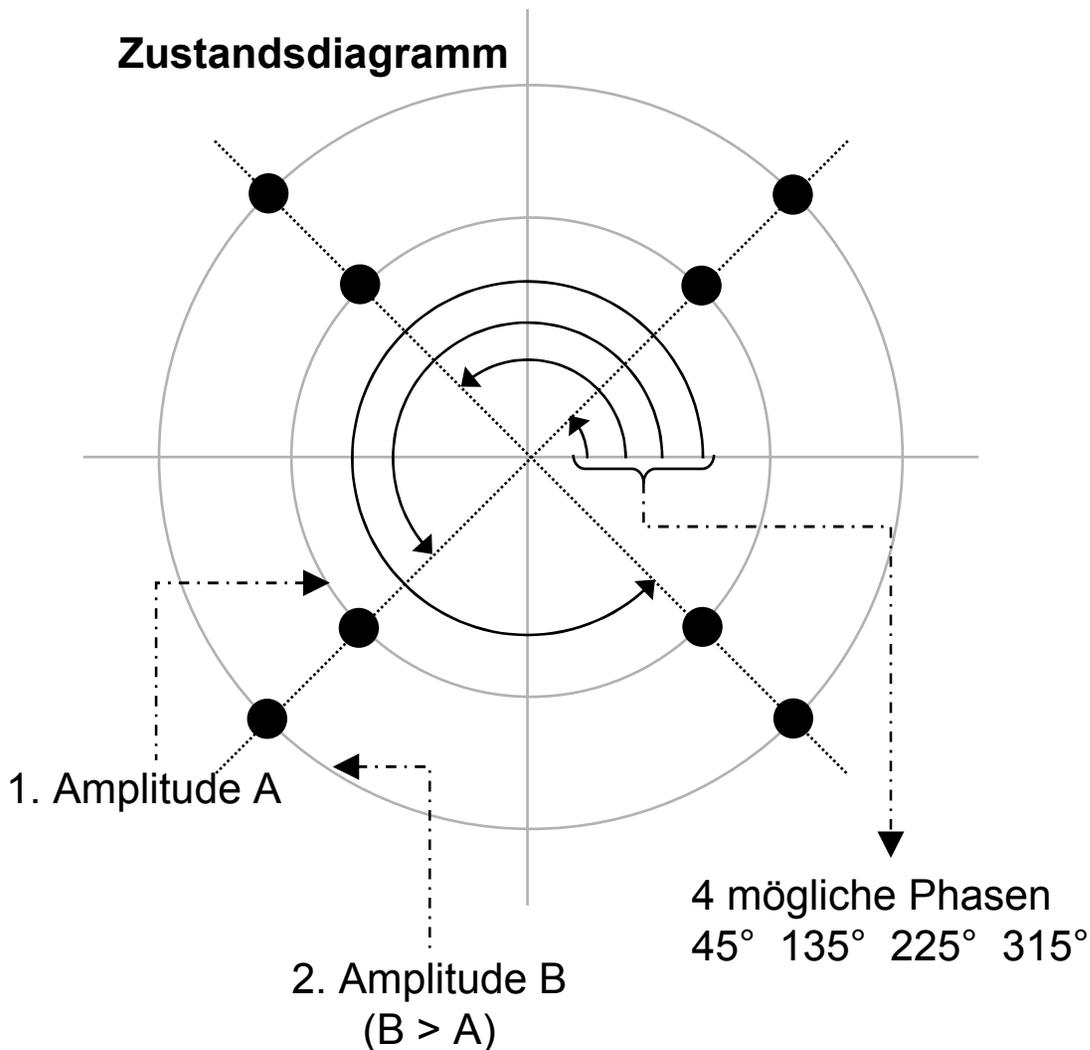
4-QAM

Bitpaar	Amplitude	Phase
00	1	45°
01	1	135°
10	1	225°
11	1	315°

## 4.3.1.3 QAM-Modulation (2)

- 8 QAM mit zwei möglichen Amplituden und vier möglichen Phasen

Zustandsdiagramm



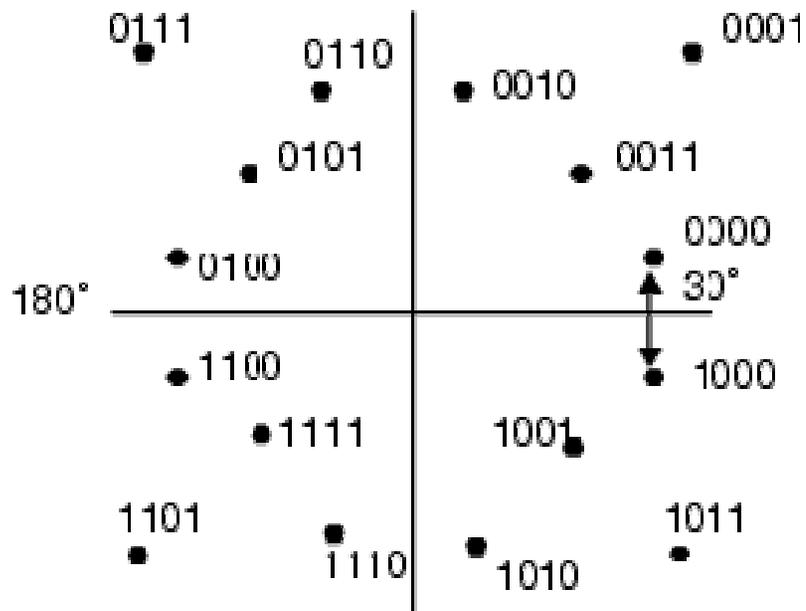
Zuordnungstabelle

Kombination von 4 Phasen mit 2 Amplituden ergibt  $2 \cdot 4 = 8$  mögliche Zustände. Damit sind pro Zustand 3 Bits übertragbar ( $2^3 = 8$ )

Bits	Amplitude	Phase
000	A	$45^\circ$
001	A	$135^\circ$
010	A	$225^\circ$
011	A	$315^\circ$
100	B	$45^\circ$
101	B	$135^\circ$
110	B	$225^\circ$
111	B	$315^\circ$

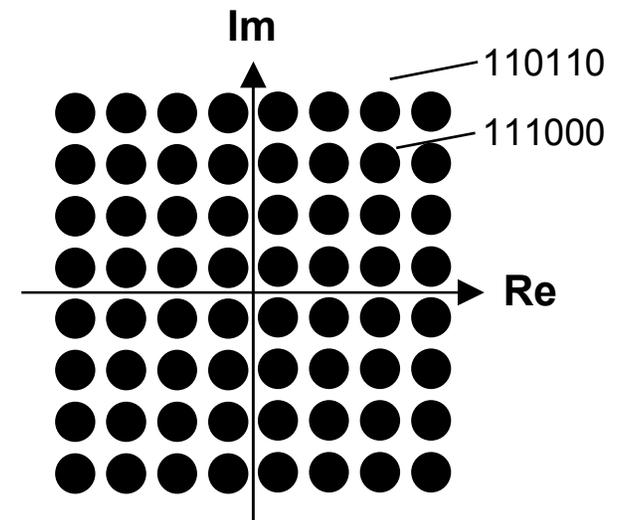
## 4.3.1.3 QAM-Modulation (3)

**16 QAM:** verschiedene Signalwerte aus der Kombination von 12 Phasenverschiebungswerten (Abstand min.  $30^\circ$ ) und 3 Amplitudenwerten



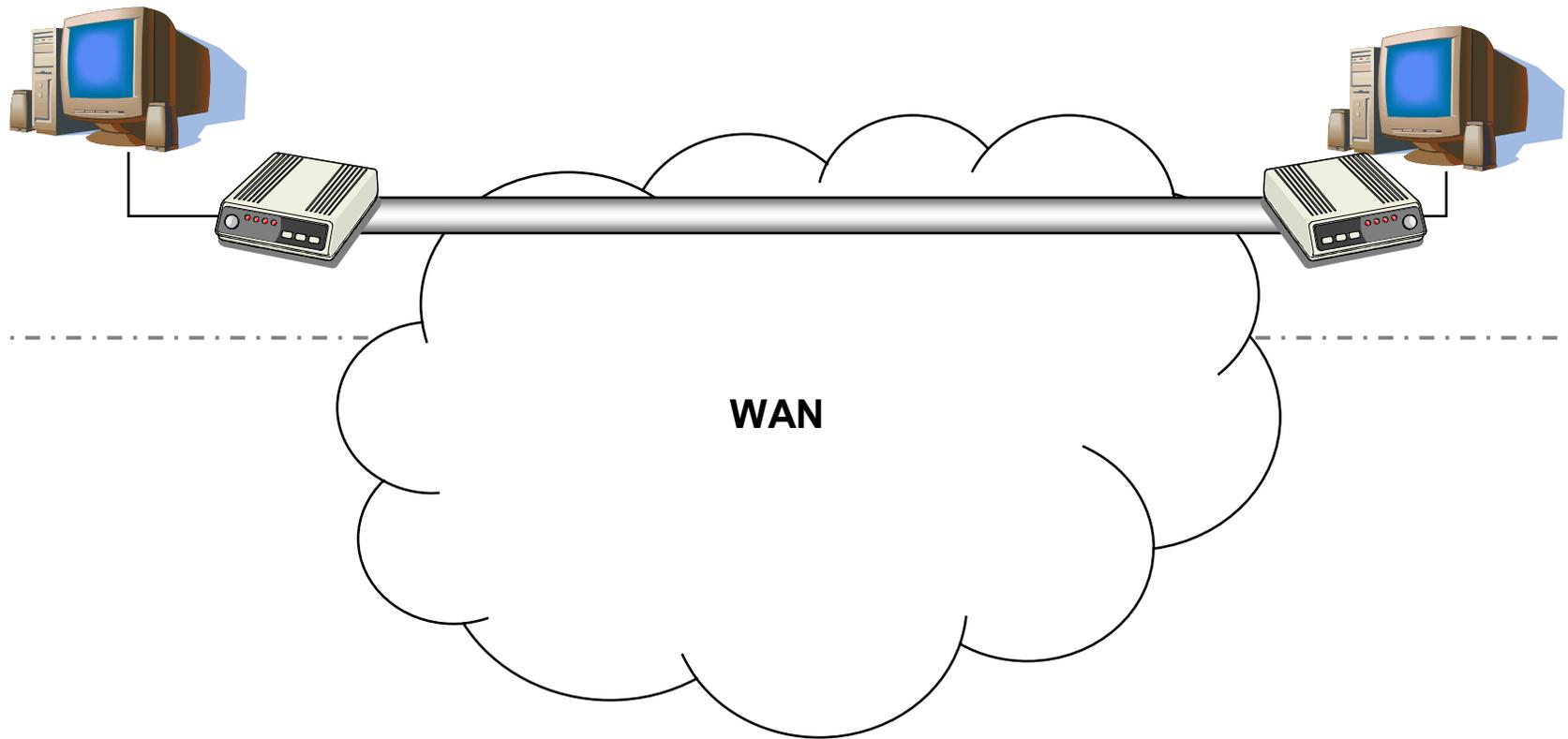
**64 QAM:**

64 mögliche Kombinationen entspricht 6 Bits pro Zustand ( $2^6=64$ )



## 4.3.2 Anbindung über WAN

---

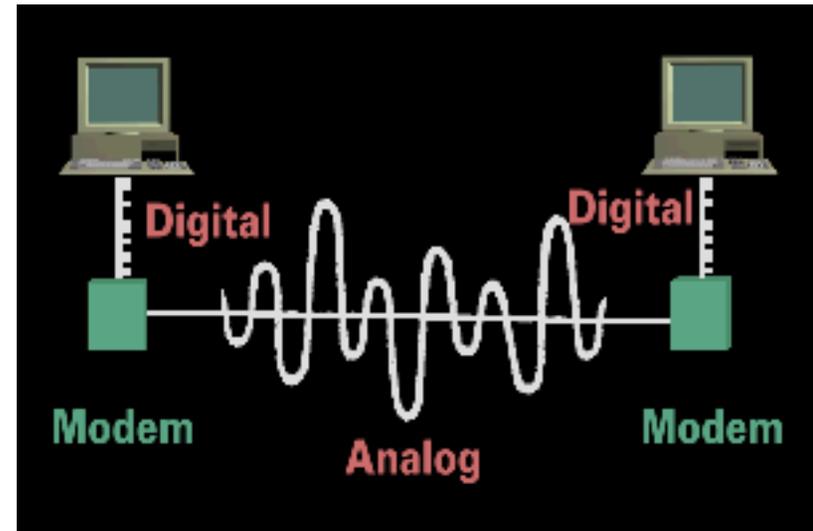


- 4.3.2.1 Modems
- 4.3.2.2 Terminalmultiplexer

## 4.3.2.1 Modems

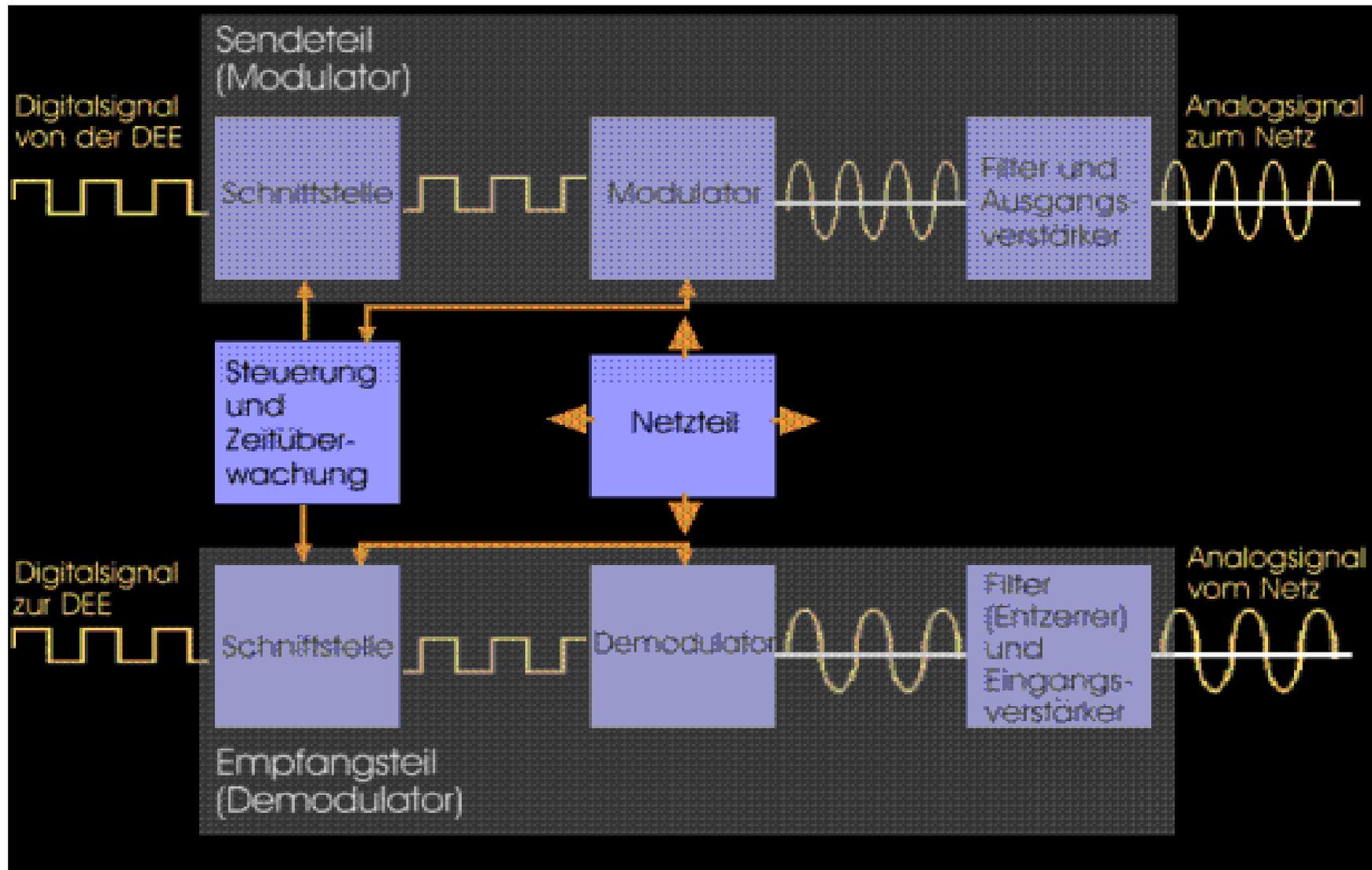
### ❑ Modems gibt es zur Anpassung an

- Analoge Festleitungen
- Analoge Wählleitungen
- ISDN (PCM-Modems)
- ADSL (ADSL-Modems)
- Koaxialkabel (HF-Modems)
- LWL (optische Modems)
- Mobilnetze (Funkmodems)
- Satellitennetze



- ❑ Modems spielen als LAN-Zugangstechnik heute noch eine Rolle bei der Verwendung von analogen Telefonleitungen
- ❑ Modems gibt es als einzelne Geräte oder integriert auf Interface-Karten
- ❑ Modems müssen angepasst sein an die Leistungsfähigkeit der UART (Universal Synchronous Receiver/Transmitter, Baustein, der z.B. im PC die Parallelschnittstelle auf die serielle E/A-Schnittstelle abbildet) UART Chip 16550 schafft 1152 kbps.
- ❑ Für tragbare PCs gibt es PCMCIA-Modemkarten

## 4.3.2.1.1 Prinzipieller Aufbau



## 4.3.2.1.1 Aufgaben von Modems (1)

---

### □ Die Aufgaben von Modems sind umfangreich:

- Anpassung an Leitung bzgl. elektrischer Eigenschaft (Interferenz, Rauschen, Amplitudenschwankung, Phasen-Jitter (Verzögerungsschwankung), Synchronisation) -> physikalische Anpassung
- Übertragungsleitung anschalten
- Datenendgerät betriebsbereit machen (z.B. über Datentaste, automatische Umschaltung -> funktionelle Anpassung)
- Umwandlung der digitalen Gleichstromsignale der DTE in Tonfrequenzsignale (Modulator)
- Rückgewinnung der Signale (Demodulator)
- Vorschriftsmäßiger Leitungsabschluss: Damit sieht das Netz keinen Unterschied zwischen Telefon und DEE (betrifft Frequenzbereich, Pegel, Leiter, etc.)

## 4.3.2.1.1 Aufgaben von Modems (2)

---

- Umschalten von Fernsprechen auf Datenübertragung bei Wählverbindungen
- Auf/Abbau von Verbindungen
- Callback-Funktion
- Automatische Abstimmung der Kompatibilität
- Adaptive Bitratenanpassung
- Überwachen der Datenübertragung durch Auswertung des Signalpegels
- Steuerung der Schnittstellensignale in Abhängigkeit von Betriebsart: In Abhängigkeit von der gewählten Betriebsart (simplex, halb-duplex oder voll-duplex)
- Korrektur von Übertragungsfehlern
- Datenkompression
- Bereitstellen von Daten für Betriebsüberwachung

## 4.3.2.1.2 Modem-Standards (1)

---

### □ Normen für Datenübertragung:

- V.32 bis: Übertragungsrate bis 14.400 bps mit permanenter Anpassung der Rate (Fallback auf 12.000, 9.600, 7.280, 4.800 bps). Nutzt Fehlerkorrektur und Datenkompression gemäß V.42 bis
- V.34: Übertragungsrate bis 28.800 bps (unter Verwendung einer Kompressionstechnik 4:1 theoretisch bis 115 kbps); duplex
- V.34 bis: Übertragungsrate bis 32.000 bps
- V.90: 56 kbps Modem (benutzt 256 diskrete Signallevel).  
Voraussetzung: Server ist bis zur Kunden-Vermittlungsstelle digital angeschlossen. Somit wird nur Server -> DTE mit 56 kbps übertragen (letztes Linkstück ist sehr kurz, nur dort analoges Signal), sonst mit V.34

## 4.3.2.1.2 Modem-Standards (2)

Empfehlung	Geschwindigkeit bis	asynchron	synchron	Halbduplex	Duplex	Modulation
V.21	300 bit/s	x			x	Frequenz-Modulation
V.22	1.200 bit/s	x	x		x	Phasen-Differenz-Modulation
V.22bis	2.400 bit/s	x	x		x	Quadratur-Amplituden-Modulation
V.23	600/1.200 bit/s	x	x	x		Frequenz-Modulation
V.26	2.400 bit/s		x		x	4-Phasen-Differenz-Modulation
V.26bis	2.400 bit/s		x	x		4-Phasen-Differenz-Modulation
V.26ter	2.400 bit/s		x		x	Differenz-Phasen-Sprung-Modulation
V.27	4.800 bit/s		x		x	8-Phasen-Differenz-Modulation
V.27bis	4.800 bit/s		x	x		8-Phasen-Differenz-Modulation
V.29	9.600 bit/s		x		x	Quadratur-Amplituden-Modulation
V.32 V.32bis V.32terbo	9.600 bit/s 14.400 bit/s 19.200 bit/s	x	x		x	Quadratur-Amplituden-Modulation
V.fast V.34	34.000 bit/s mit Kompression	x	x		x	Mehrfrequenz-Modulation Quadratur-Amplitudenmodulation
V.90	56.000 bit/s 34.000 bit/s	x	x		Down Up	

## 4.3.2.2 Terminalmultiplexer: Anschluss von entfernten Terminals

---

- ❑ **Früher: Terminals wurden direkt an Computer angeschlossen**
- ❑ **Heute: Auch möglich, eine Anzahl von Terminals zu einem Cluster zusammenzufassen, das über ein Netz mit Computern verbunden ist -> Amoeba Architektur (vgl. Vorlesung „Verteilte Anwendungen“)**
  - Ansatz wird meist beim Anschluss von entfernten Terminals an zentrale Funktionseinheiten verwendet
- ❑ **Auch Add-Drop-Multiplexer (ADM) z.B. bei SDH-, ATM- oder FrameRelay-Netzen können als Terminalmultiplexer verwendet werden**

## 4.3.2.2 Terminalmultiplexer: Aufgaben

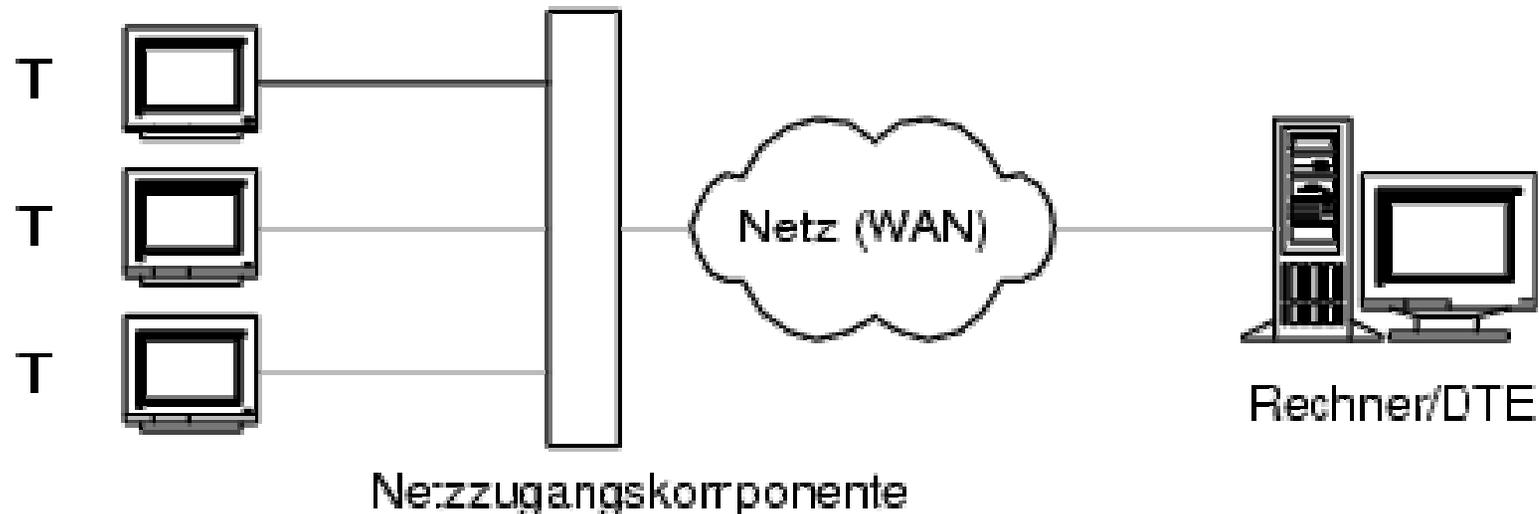
---

### □ Konzentratorkfunktion (Terminal-Server)

- Hauptaufgabe: Informationsübertragung zwischen Terminals und Computer
- Übernehmen zusätzlich Aufgaben wie Netzzugangsprüfung (z.B. Passwort des Benutzers), Zwischenspeicherung von Nachrichten, Datenkompression und Verschlüsselung
- Beispiele für Terminalserver:
  - SNA-Konzentrator
  - X.25 PAD
  - Communication Controller
- Anschlussmöglichkeiten über Terminalserver
  - Multidrop-Leitung
  - Punkt-zu-Punkt-Verbindung

## 4.3.2.2 Terminalmultiplexer: Anschlussarten (1)

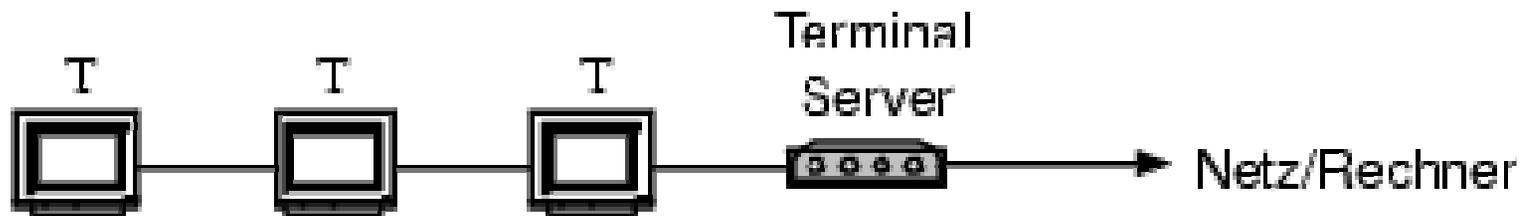
- Anschluss der Terminals erfolgt über ein Netz



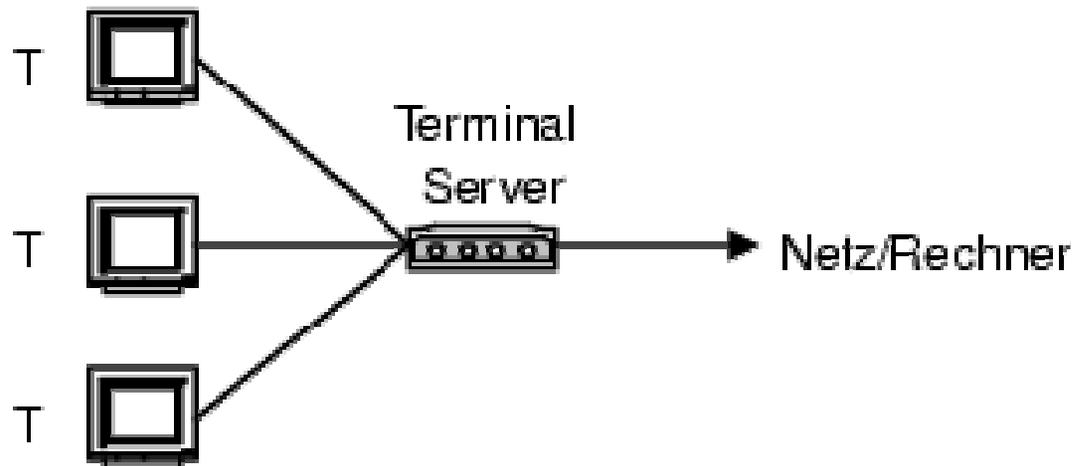
- Der Netzzugang kann „standalone“ sein
  - Beispiele: externes Modem, X.25-PAD, FRAD. Ein weiteres Beispiel ist ein SNA-Konzentrator. Dieser und der S25-PAD werden auch als Terminal-Server bezeichnet.
- Der Netzzugang kann „onboard“ im Terminal integriert sein.
  - Beispiel: integriertes Modem, Interface-Karte

## 4.3.2 Terminalmultiplexer: Anschlussarten (2)

### ❑ Multidrop-Leitung



### ❑ Punkt-zu-Punkt-Verbindung



## 4.3.2.2 Komponentenbeispiele



Cyclades-TS100



Cyclades-TS400



Cyclades-TS800



Cyclades-TS1000

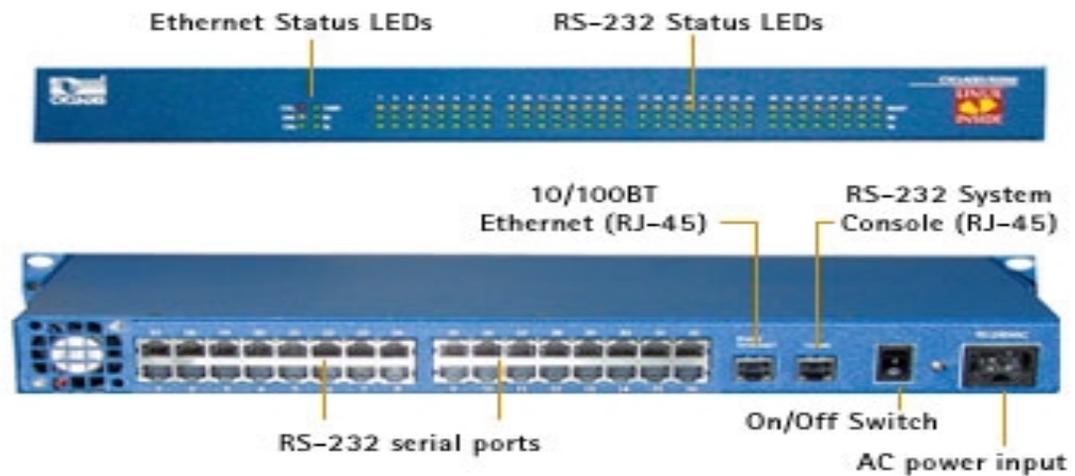


Cyclades-TS2000

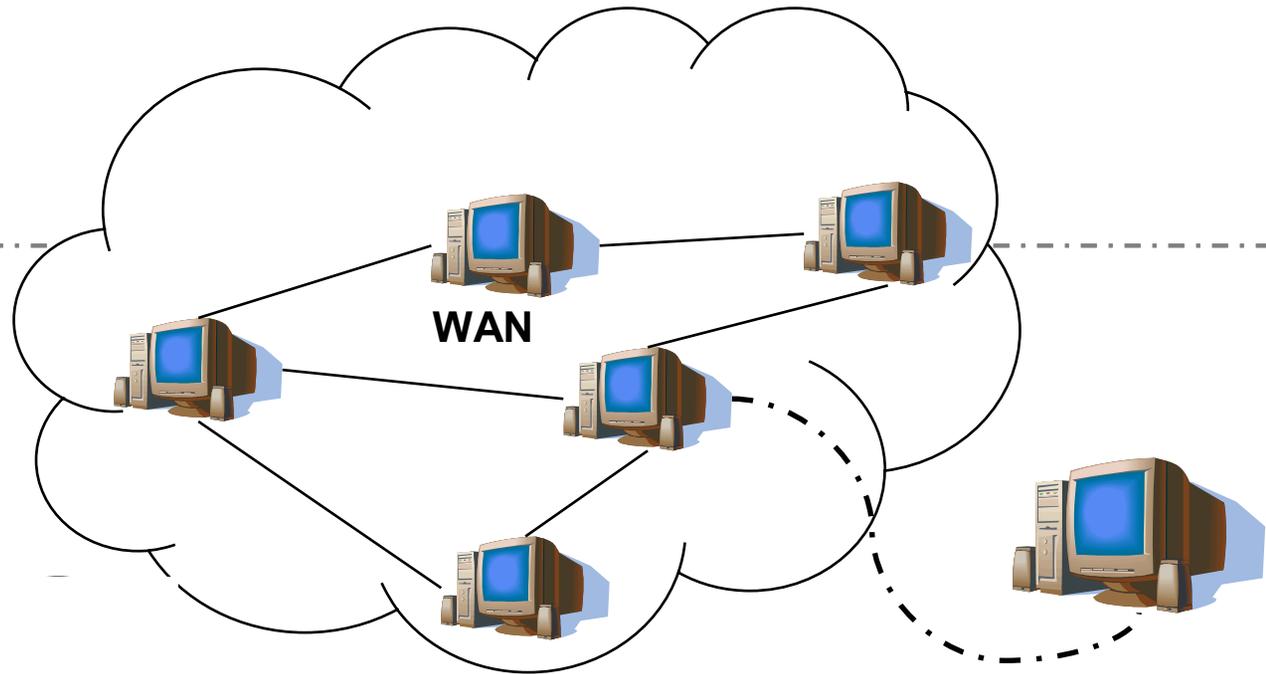


Cyclades-TS3000

Cyclades-TS2000



## 4.3.3 Zugangstechniken für serielle Links: SLIP, PPP



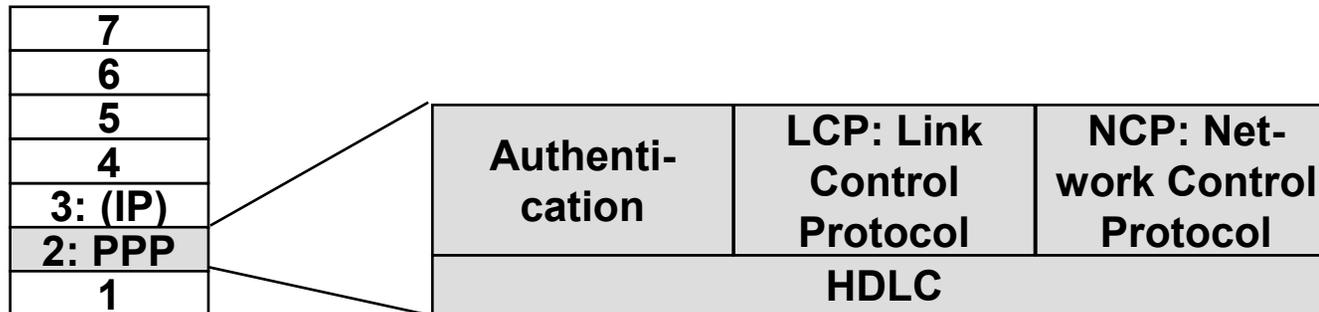
## 4.3.3 Zugangstechniken für serielle Links: SLIP, PPP

---

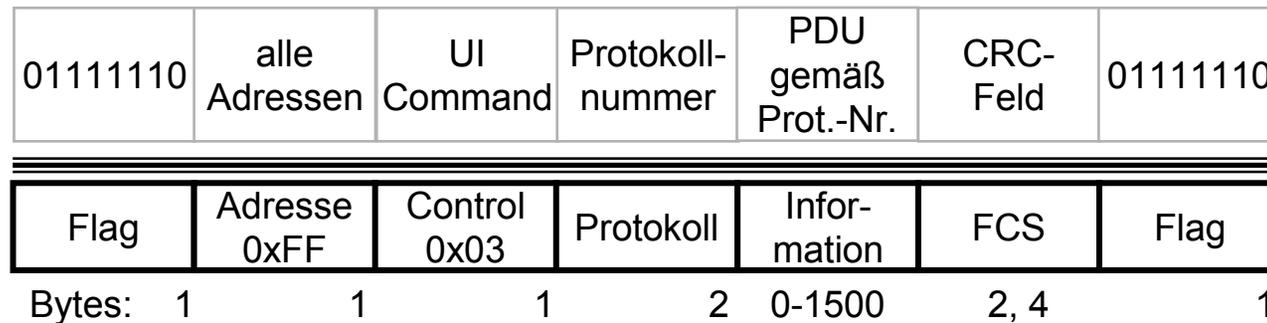
- ❑ **Nutzung von seriellen Links zur Anbindung von Systemen an ein WAN (IP-Netz)**
- ❑ **Serielle Links können wiederum über ein WAN etabliert sein z.B. per Modem oder ISDN**
  
- ❑ **SLIP und PPP werden unterhalb von IP eingesetzt**
  
- ❑ **SLIP**
  - Framing von IP-Datagrammen durch „Sonderzeichen“ auf seriellen Links
  - Praktisch kaum noch eingesetzt
  - Keinerlei Fehlerkorrektur
- ❑ **PPP (RFC 1661, 2153, Weiterentwicklung: Multilink PPP – RFC 1717)**
  - Framing, Flusskontrolle und Fehlerkorrektur
  - State-of-the-Art-Protokoll zur Anbindung an IP

## 4.3.3 PPP: Protokollaufbau (1)

### □ Protokoll-Stack



### □ PDU (baut auf HDLC auf)



**HDLC-Rahmen**

## 4.3.3 PPP: Protokollaufbau (2)

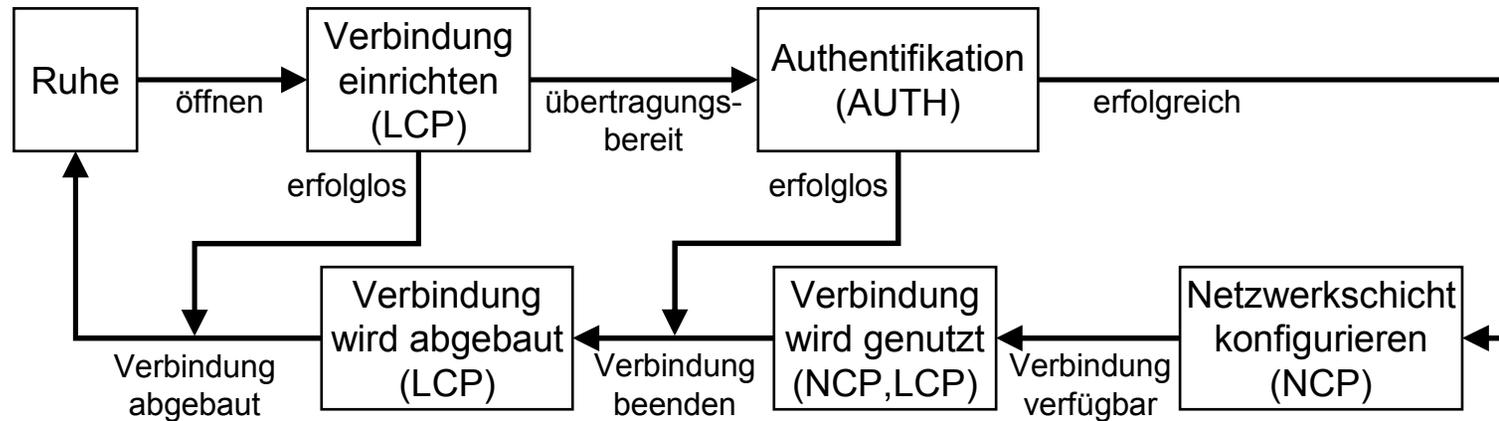
---

### □ Authentication

- Zugangsprüfung, am Netzrand
  - Login (Name, Passwort)
  - Encrypted Login (Name, Passwort verschlüsselt)
  - Dial Back
  - PCMCIA Card oder Software Key
- Benutzte Techniken:
  - CHAP, PAP, Kerberos zur Authentifizierung
  - RADIUS zur Anbindung zentraler Benutzerverwaltungen

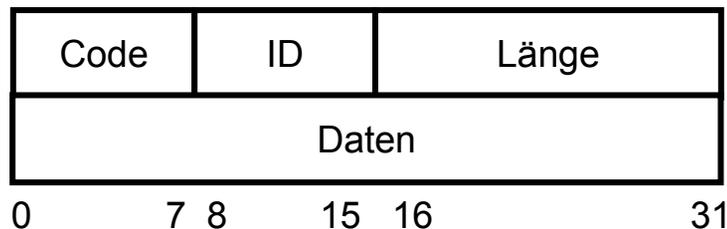
## 4.3.3 PPP: Protokollaufbau (3)

### □ Phasendiagramm



### □ LCP (Link Control Protocol)

- Verbindungsauf- und abbau
- Verhandlung von Optionen
- Ermittlung der Verbindungsqualität

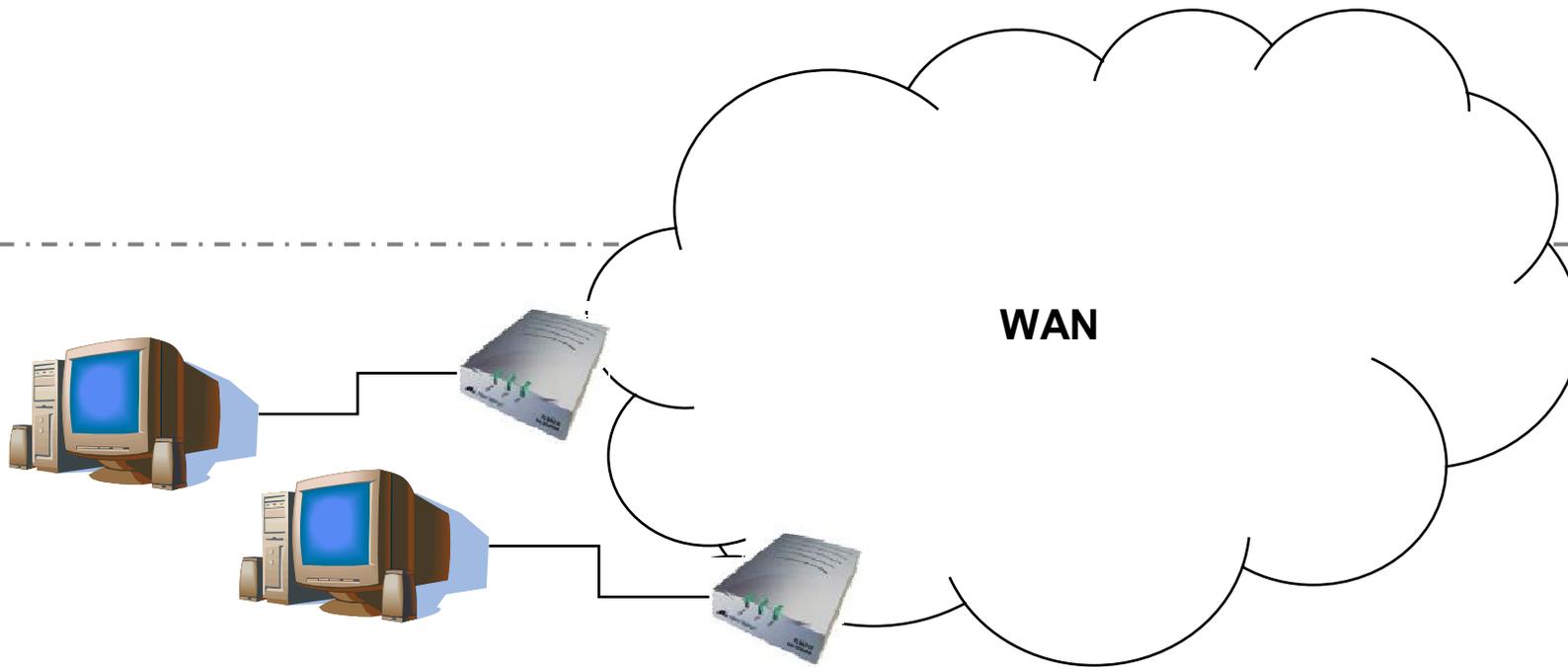


### LCP-Codes

1	Configure Request	7	Code Reject
2	Configure ACK	8	Protocol Reject
3	Configure NAK	9	Echo Request
4	Configure Reject	10	Echo Reply
5	Terminate Request	11	Discard Request
6	Terminate ACK		

## 4.3.4 Last-Mile-Zugangstechniken

---



## 4.3.4 xDSL als Zugangstechnik

---

- ❑ **DSL – Digital Subscriber Line (digitales Anschlussleitungssystem)**
  - Versuch, die bestehende Kupfer-Infrastruktur der „Last Mile“, d. h. die Telefonleitungen (UTP) bei den Hausanschlüssen mittels neuer Übertragungsverfahren für höhere Bandbreiten (Datenkommunikation) nutzbar zu machen (derzeit bis ca. 60 Mbps)
- ❑ **xDSL-Systeme: Kriterien: Reichweite und Symmetrie**
  - Symmetrisch: HDSL, SDSL (High Bit Rate, Single Twisted Pair)
    - Ursprünglich benötigte HDSL zwei Kupferpaare
    - HDSL erlaubt symmetrische Übertragung von T1 bzw. E1 (1,5 oder 2 Mbps)
    - Neuere Entwicklung HDSL2 benötigt nur ein Kupferpaar
    - SDSL erfordert nur ein Kupferpaar
    - Es erlaubt Übertragungsraten bis zu 768 kbps
  - Reichweite:
    - SDSL, ADSL: über 2 km (bis zur nächsten Ortsvermittlung)
    - HDSL: auch über 10 km
    - VDSL: bis 1,5 km

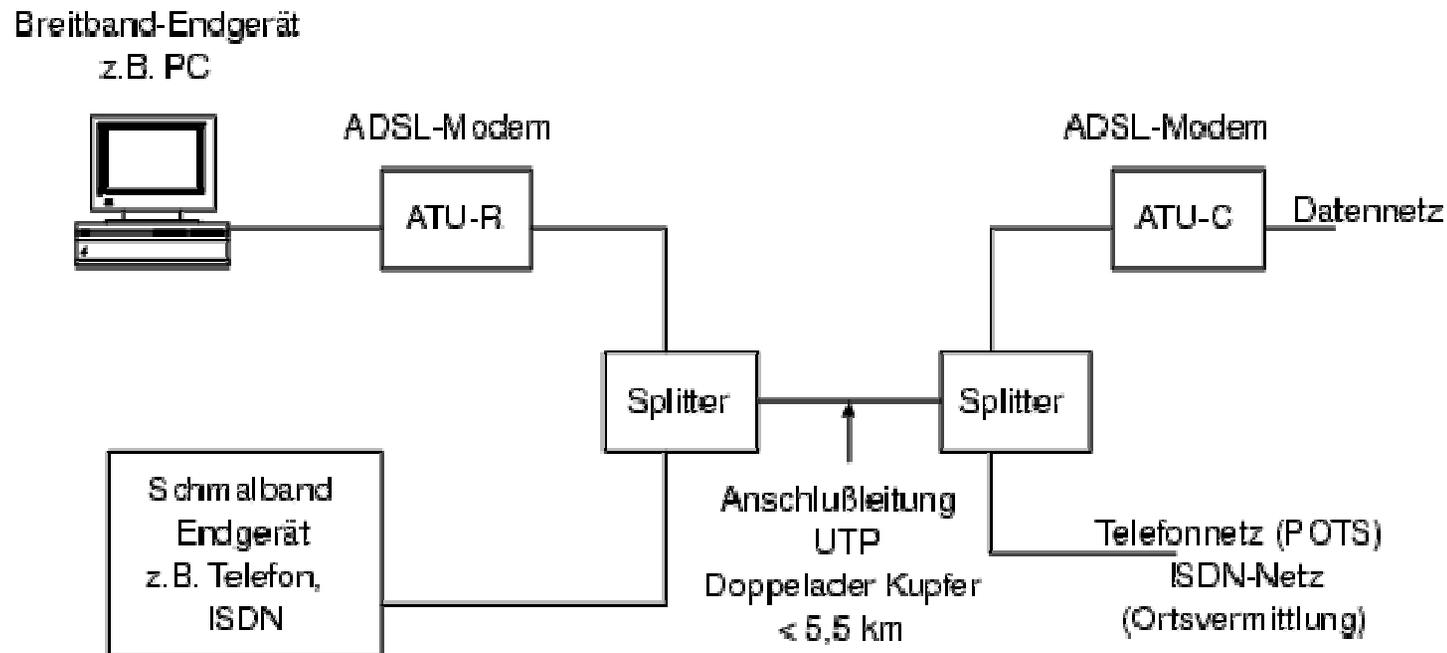
## 4.3.4.1 ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)

---

- ❑ **Asymmetrisch (z.B. für Abrufdienste wie WWW geeignet)**
- ❑ **Downstream 1,5 bis 8 Mbps**
- ❑ **Upstream 1 Mbps**
- ❑ **Geschwindigkeit ist entfernungsabhängig, z.B.**
  - Für 2 Mbps ca. 4,6 km – 5,5 km
  - Für 6 Mbps ca. 2,7 km – 3,7 km
- ❑ **Mit POTS-Splitter zusätzlich Telefonverkehr möglich, also Aufteilung in 3 Kanäle**
  - Am Eingang wird mit Hilfe eines Splitters der Telefonverkehr abgespalten
  - Dann bleiben 2 Kanäle für Downstream und Upstream

## 4.3.4.1 ADSL (Fortsetzung)

### □ Architektur:



### ● ATU: ADSL Übertragungseinheit:

- C („Control Office“): Übertragungseinheit in der Vermittlungsstelle
- R („Remote Office“): Übertragungseinheit beim Endkunden („Subscriber“)

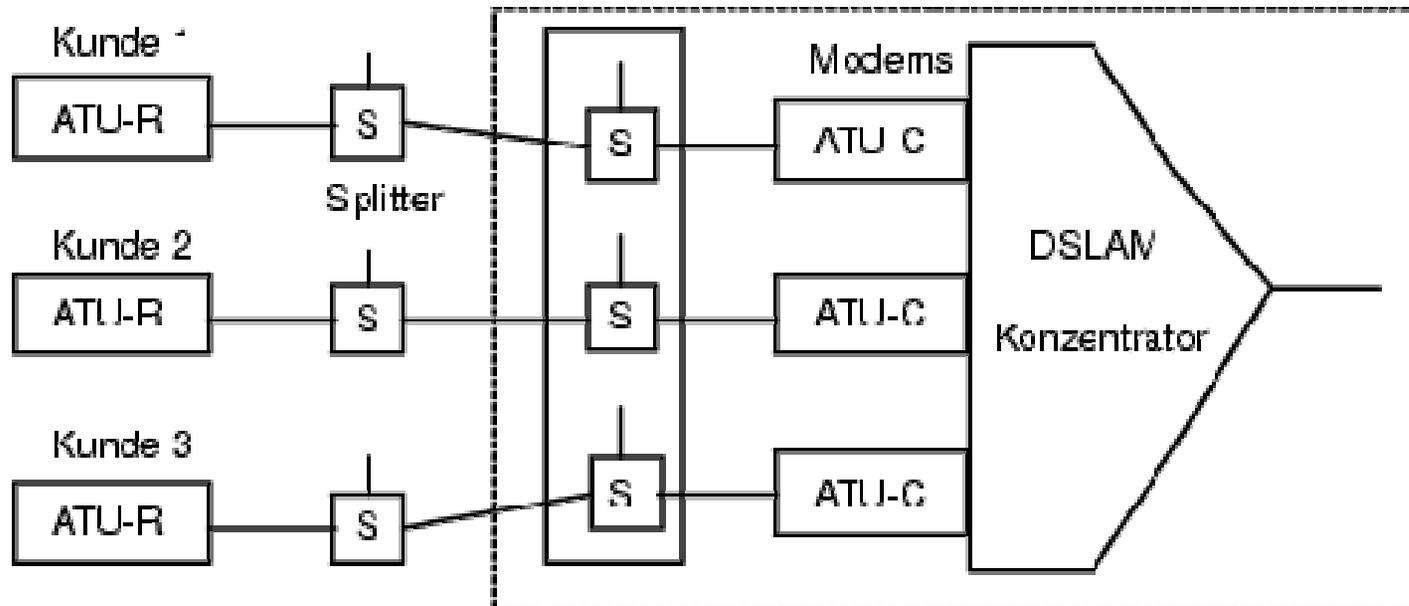
## 4.3.4.1 ADSL (Fortsetzung)

---

- Splitter trennt traditionellen Telefonverkehr von Datenverkehr:
  - Der Telefonverkehr wird im unteren Frequenzbereich übertragen; es findet ein Frequenzmultiplexing statt.
  - Nur bei analogem Telefon (POTS): der Telefonverkehr im Bereich 0-4 kHz; Upstream (ca. 25 kHz bis 138 kHz) und downstream (ca. 156 kHz bis 1 MHz).
  - Bei ISDN liegt der Telefonverkehr im Bereich 880 kHz

## 4.3.4.1 ADSL (Fortsetzung)

### □ Vermittlungsstelle



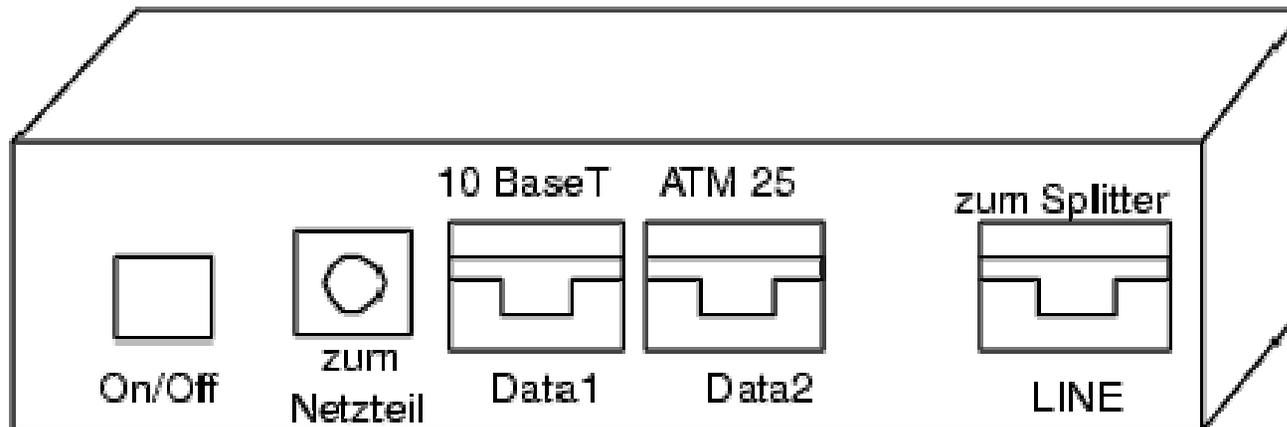
- DSLAM („DSL Access Multiplexer“): Zusammenfassung von ADSL Modems. DSLAM implementiert eine Modem-Sharing Architektur; jeweils ein ADSL Modem (ATU-C) ist einem Kunden zugeordnet.

## 4.3.4.1 ADSL (Fortsetzung)

### □ ATU-R

- Eigenschaften von ATU-R

- Kundenseitig zwei RJ45-Buchsen wie bei 10BaseT (zum Ethernet-Anschluss)
- Splitterseitig RJ11-Buchse zum Splitterfilter
- Ferner 8-poliger DIN-Stecker für Spannungsversorgung



## 4.3.4.1 ADSL (Fortsetzung)

---

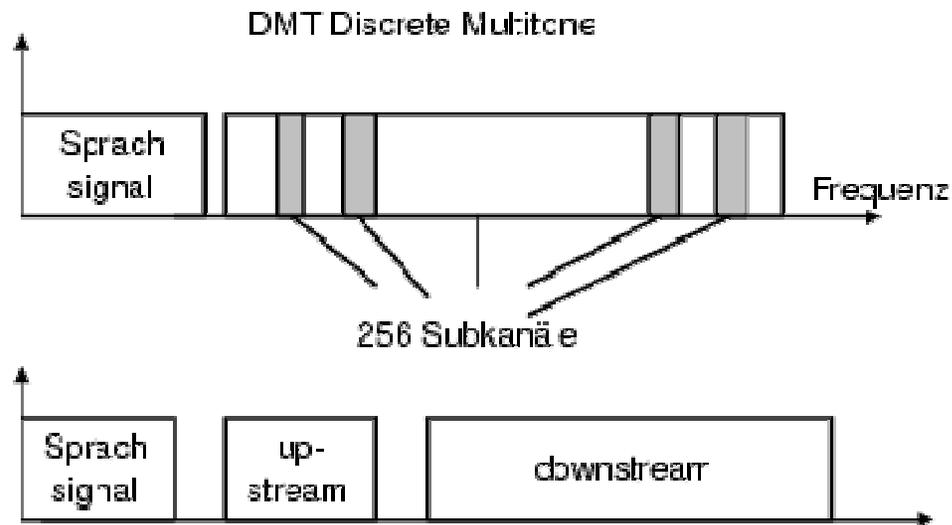
- ❑ **Varianten: Bitraten bei ADSL können in Stufen von 32 kbit/s eingestellt werden. Übliche Werte sind downstream 6Mbps, upstream 640 kbps**

**Summenrate ist begrenzt und entfernungsabhängig!!**

- ADSL 1: QAM für 1,536 Mbps (T1), 16 kbps upstream, POTS (Telefon), Videos nach MPEG1: 5,5 km
- ADSL 2: DMT downstream 3,072 bzw. 4.608 Mbps, upstream 640 kbps, ferner 384 kbps fullduplex: 3 km
- ADSL 3: 6.144 Mbps mit 1,8 km

## 4.3.4.1 ADSL (Fortsetzung)

### □ Modulation mit ADSL



- QAM: 4 Level Pulse Amplitude Modulation (entspricht 2 Bits pro Taktschritt)
- CAP („Carrierless Amplitude and Phase“): 7 Bits pro Taktschritt durch Phasenmodulation und Amplitudenmodulation

## 4.3.4.1 ADSL (Fortsetzung)

---

- DMT („Discrete Multitone“): Multicarriermodulation
  - Frequenzband wird in 256 Teilbänder zerlegt mit jeweils eigener Verbindung. Datenstrom wird auf Teilbänder verlegt und bei Demodulation wieder zusammengefügt (Inverses Multiplexen)
  - Übertragungsfrequenzbereich 20 kHz – 1,2 MHz. DMT-ADSL: Upstream 30-138 kHz und downstream oberhalb von 138 kHz. Die Frequenzbereiche von CAP-ADSL hängen jeweils von der Baudrate ab, z.B. für up mit 85 kbaud: 35- 132 khz und für down mit 1088 baud: 240 kHz – 1491,2 kHz

## 4.3.4.1 ADSL (Fortsetzung)

---

### □ Vorteile – Nachteile:

#### ● Vorteile ADSL:

- Verdrillte Zweidrahtleitung flächendeckend zur Verfügung
- ADSL technisch ausgereift, wird als Dienst angeboten
- Kompatibilität zum Telefon und ISDN
- ADSL-Modems können leicht ein/abgebaut werden
- Bedarf eines Privathaushalts leicht abgedeckt
- Verschiedene Bitratenkonfiguration

#### ● Nachteile ADSL:

- Wegen Entfernungsbegrenzung nur in dicht besiedelten Gebieten (max. 5 km bis zur nächsten Vermittlungsstelle) einsetzbar
- Nur ein Videofilm pro Haushalt (im Gegensatz zu Breitbandverteilsnetzen auf Koaxbasis)

## 4.3.4.2 DSL-Varianten

---

### ❑ UADSL (Universal ADSL), G.lite, ADSL light

- Wie ADSL, jedoch ohne Splitter, zielt auf SOHO („Small Office – Home Office“).
- Telefonverkehr wird nicht herausgefiltert und auf separater Leitung weitergeleitet
- UDSL hat reduzierte Übertragungsgeschwindigkeiten von 500 kbit/s bis 1 Mbit/s und eingeschränkte Übertragungsmöglichkeiten bei gleichzeitiger Benutzung einer Telefonverbindung. In diesem Fall wird die ADSL-Verbindung unterbrochen.

### ❑ HDSL (High Speed Digital Subscriber Line)

- Zielt auf Geschäftskunden, LAN-Anschlüsse
- Bidirektionale und symmetrische Anschlüsse für 2.048 Mbps (E1) bzw. 1.544 Mbps (T1)
- Ermöglicht interaktive Videodienste bzw. 24/30 ISDN-Kanäle
- Ca. 3,5 km
- Benutzt 2 symmetrische Kupferdoppeladern
- Übertragung im HDSL-Dual-Duplex-Verfahren

## 4.3.4.2 DSL-Varianten

---

### □ SDSL (Symmetric Digital Subscriber Line)

- SDSL ist ein Verfahren für Vollduplex-Übertragungen mit symmetrischen Übertragungsgeschwindigkeiten von 64 kbit/s bis 1,544 Mbit/s (T-1-Leitung) bzw. 2,048 Mbit/s über die Kupfer-Doppeladern
- Die maximale Entfernung liegt bei 3,5 km
- Für SDSL wurde bei der ETSI ein neues Standardisierungsvorhaben gestartet, bei dem auch niedrigere Übertragungsraten als 2,048 Mbit/s möglich sein sollen
- Die Übertragungsrate soll durch Bitratenadaption an die Übertragungskapazität der Anschlussleitung angepasst werden
- SDSL eignet sich besonders für Intranet-Anwendungen wie LAN-Kopplungen oder Videokonferenzen und ist prädestiniert für Teleworker und SOHO-Anwendungen

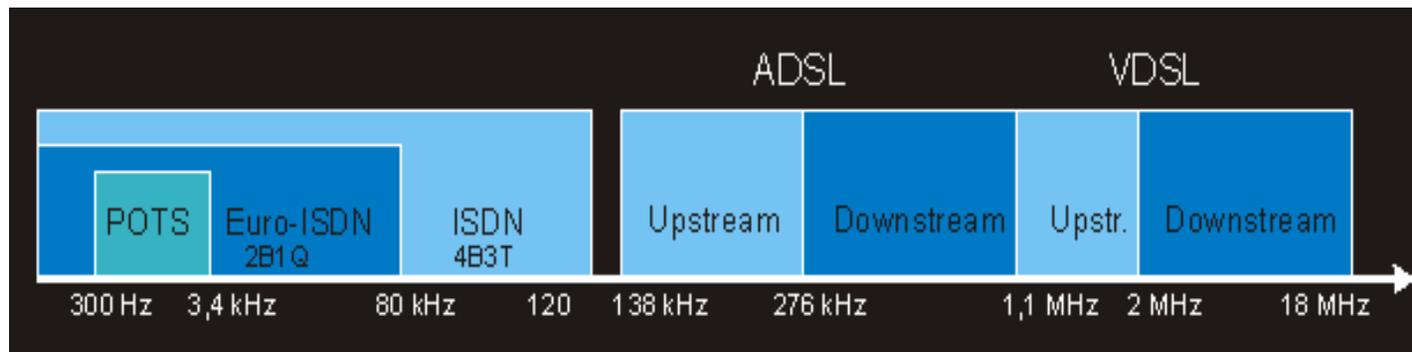
## 4.3.4.2 DSL-Varianten

### □ VDSL (Very High Speed Digital Subscriber Line)

#### ● Bitraten

- Upstream 2 Mbps, downstream 13 Mbps bei 1500 m Entfernung
- Upstream 2 Mbps, downstream 16 Mbps bei 1000 m Entfernung
- Upstream 13 Mbps, downstream 13 Mbps bei 500 m Entfernung
- Upstream 24 Mbps, downstream 26 Mbps bei 300 m Entfernung

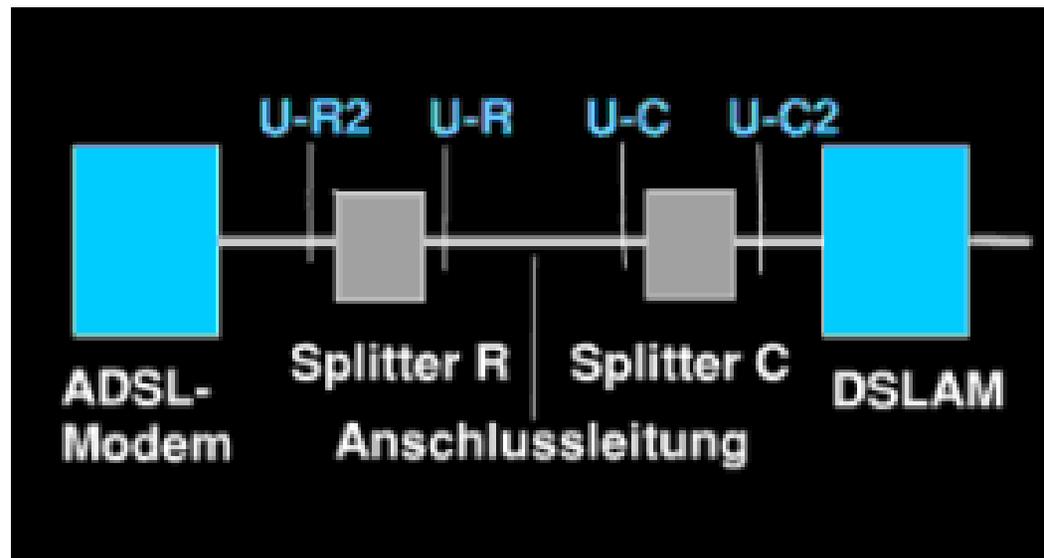
- Sieht neben Datenübertragung auch Telefonie/ISDN vor. VDSL befindet sich noch in der Normungsphase



## 4.3.4.2 DSL-Varianten

### □ DSLAM (digital subscriber line access multiplexer)

- Komponente, die mehrere DSL-Leitungen zusammenfasst und mit einer übergeordneten Einrichtung, beispielsweise einem ATM-Switch verbindet. Der DSLAM multiplext die Datenströme der DSL-Strecken auf eine hochrätige Verbindungsleitung zu einem Breitbandnetz und hat meist Switching-Funktionalität.



## 4.3.4.3 Übersicht xDSL Technologie und Standards

	ADSL	HDSL	RDSL	VDSL	SDSL	ISDN (S0)
Download Bitrate	1.544 Mbit/s - 6 Mbit/s	128 kbit/s - 1,544 Mbit/s	- 6,1 Mbit/s	- 51 Mbit/s	128 kbit/s - 1,544 Mbit/s	160 kbit/s
Upload Bitrate	64 kbit/s - 384 kbit/s	128 kbit/s - 1,544 Mbit/s	- 1,544 Mbit/s	1,6 Mbit/s - 2,3 Mbit/s	128 kbit/s - 1,544 Mbit/s	160 kbit/s
Kodierung	CAP, DMT	CAP, 2B1Q	DMT	CAP	CAP	2B1Q
Standard	ANSI T1.413					ITU 1.120-1.451

## 4.3.4.3 Übersicht xDSL-Technologie und Standards

Technologie	Downstream	Upstream	Reichweite	Standardisierung	Status
UADSL	1 Mbit/s	1 Mbit/s	2-3 km	bisher nicht standardisiert	größere Feldversuche in Noramerika und asiatisch-pazifischen Raum, Rollouts ab 2000 beginnend
HDSL II	768 kbit/s	768 kbit/s	3-5 km	von ANSI definiert	Feldversuche in Europa ab 2000
ADSL	8 Mbit/s	768 kbit/s	2-3 km	ANSI, ETSI ADSL Standard, ITU-Rec. G.992.1, Standardisierung weitgehend abgeschlossen	in erfolgreichen Feldversuchen erprobt, Serien-Rollout für Massenmarkt in USA und Europa hat begonnen
VDSL	52 Mbit/s	13 Mbit/s	bis 1,5 km	Standardisierung durch ETSI/ANSI schreitet voran	Erste Feldversuche seit 1998, Rollouts ab ca. 2003 zu erwarten

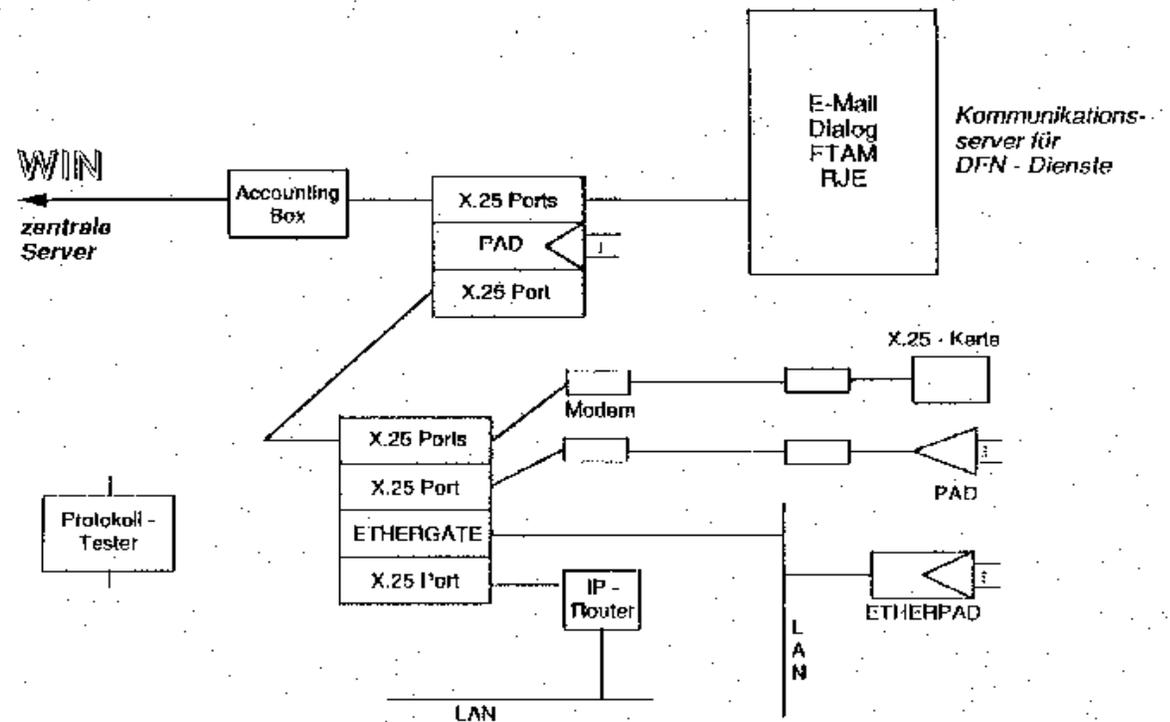
## 4.4 Historische WAN Entwicklung am Beispiel des WIN

---

- X.25 WIN
- B-WIN
- G-WIN
- X-WIN

## 4.4.1 DFN: X.25 WIN (1)

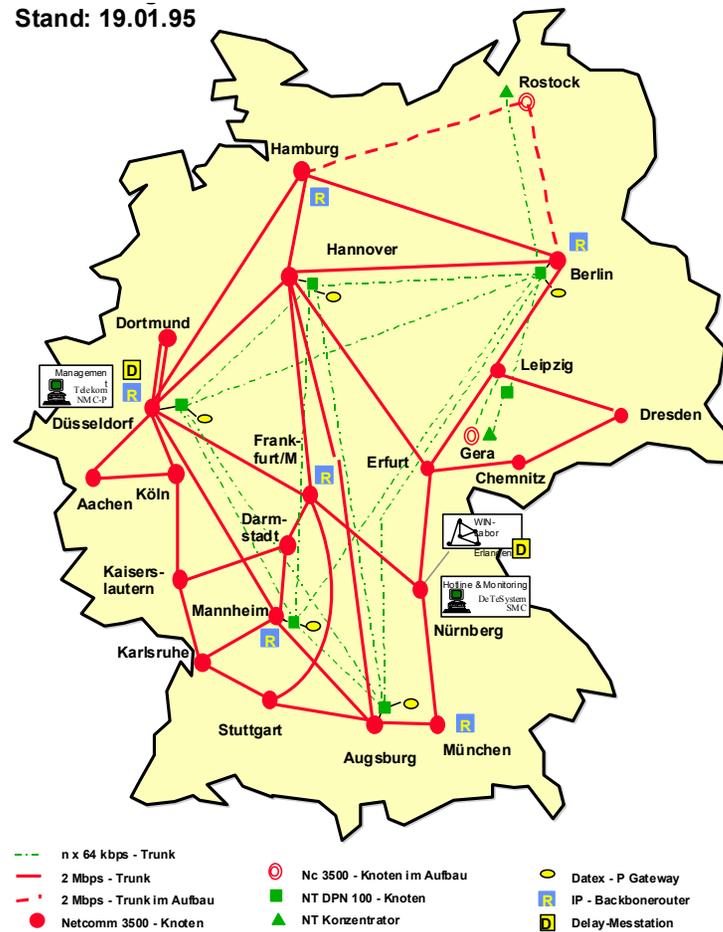
- ❑ In Betrieb: 1987 – 1998
- ❑ Erste Generation eines flächendeckenden Wissenschaftsnetzes
- ❑ Realisiert durch VPN auf öffentlichem X.25-Netz
- ❑ Betreiber: Bundespost
- ❑ Anschlussraten i.d.R. bis 64 Kbps, ab 1991 bis 2 Mbps



Musterkonfiguration

## 4.4.1 DFN: X.25 WIN (2)

### □ WIN in Deutschland (Anfang 1995)



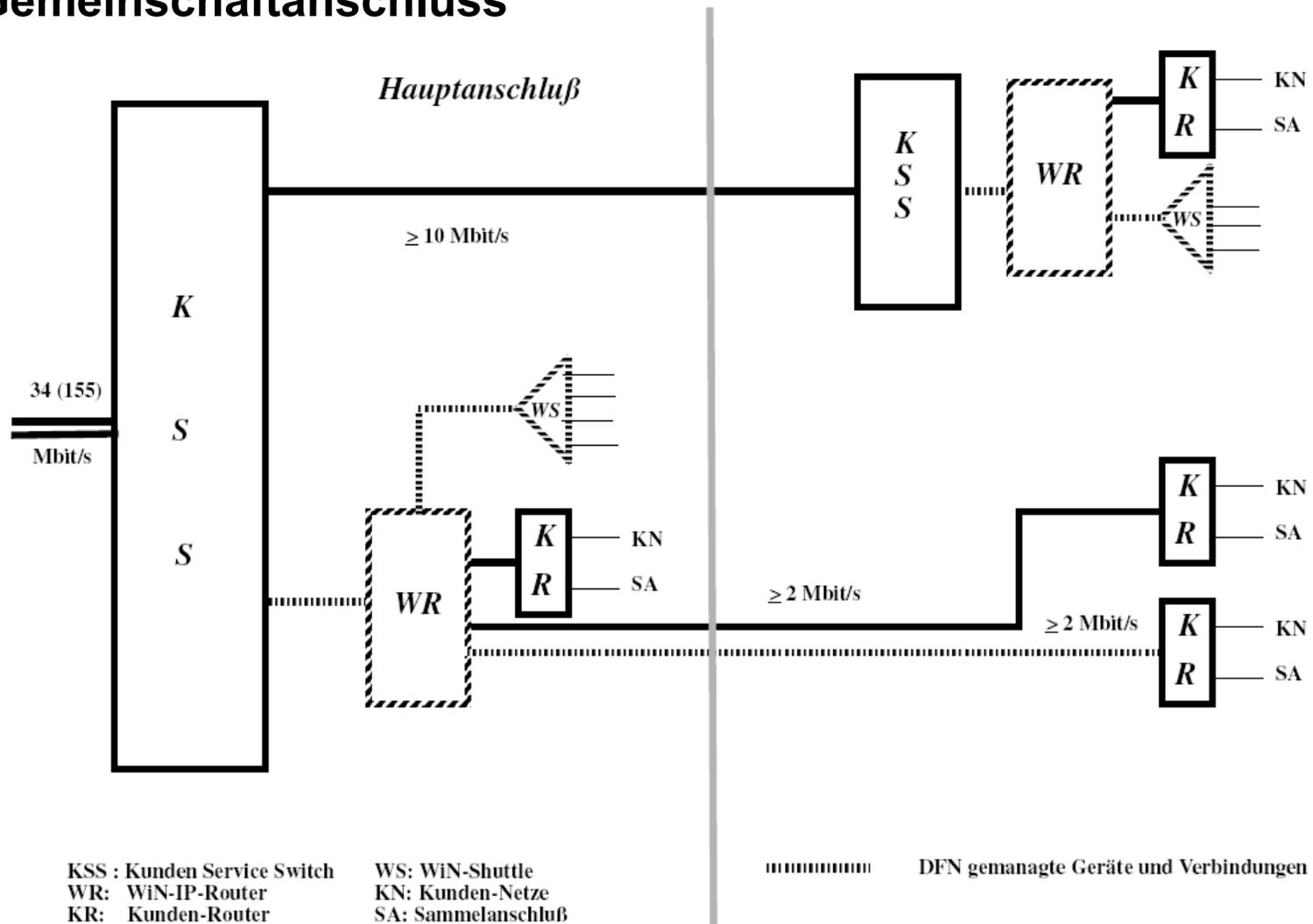
## 4.4.2 DFN: B-WIN (1)

---

- In Betrieb: 1996 – 2001**
- Technik: IP over ATM**
- Betreiber**
  - ATM: Deutsche Telekom
  - IP-Konnektivität: DFN
  
- Abschlussraten bis 155 Mbps**

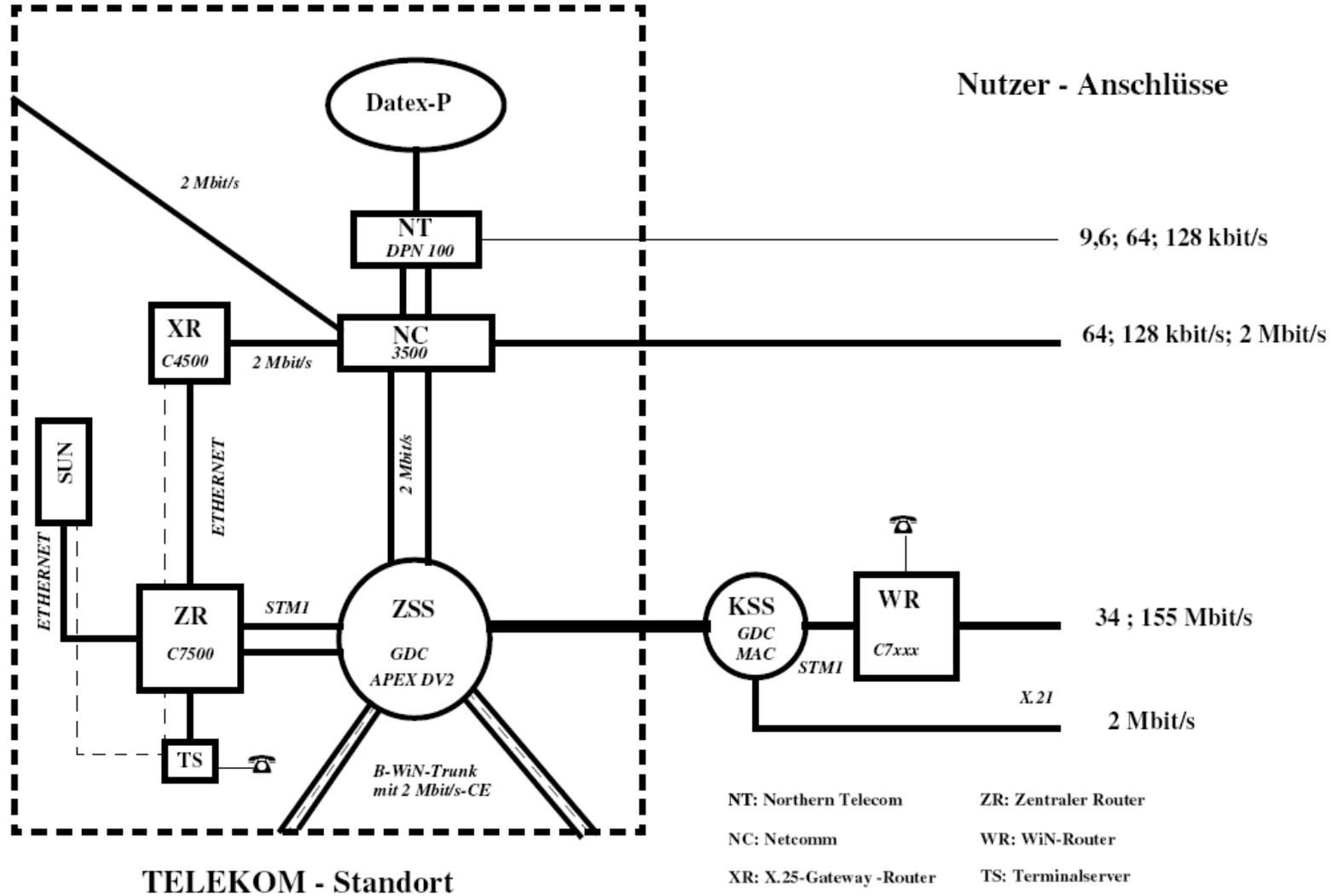
## 4.4.2 DFN: B-WIN (2)

### □ Gemeinschaftsanschluss



## 4.4.2 DFN: B-WIN (3)

### □ Anschlussarten





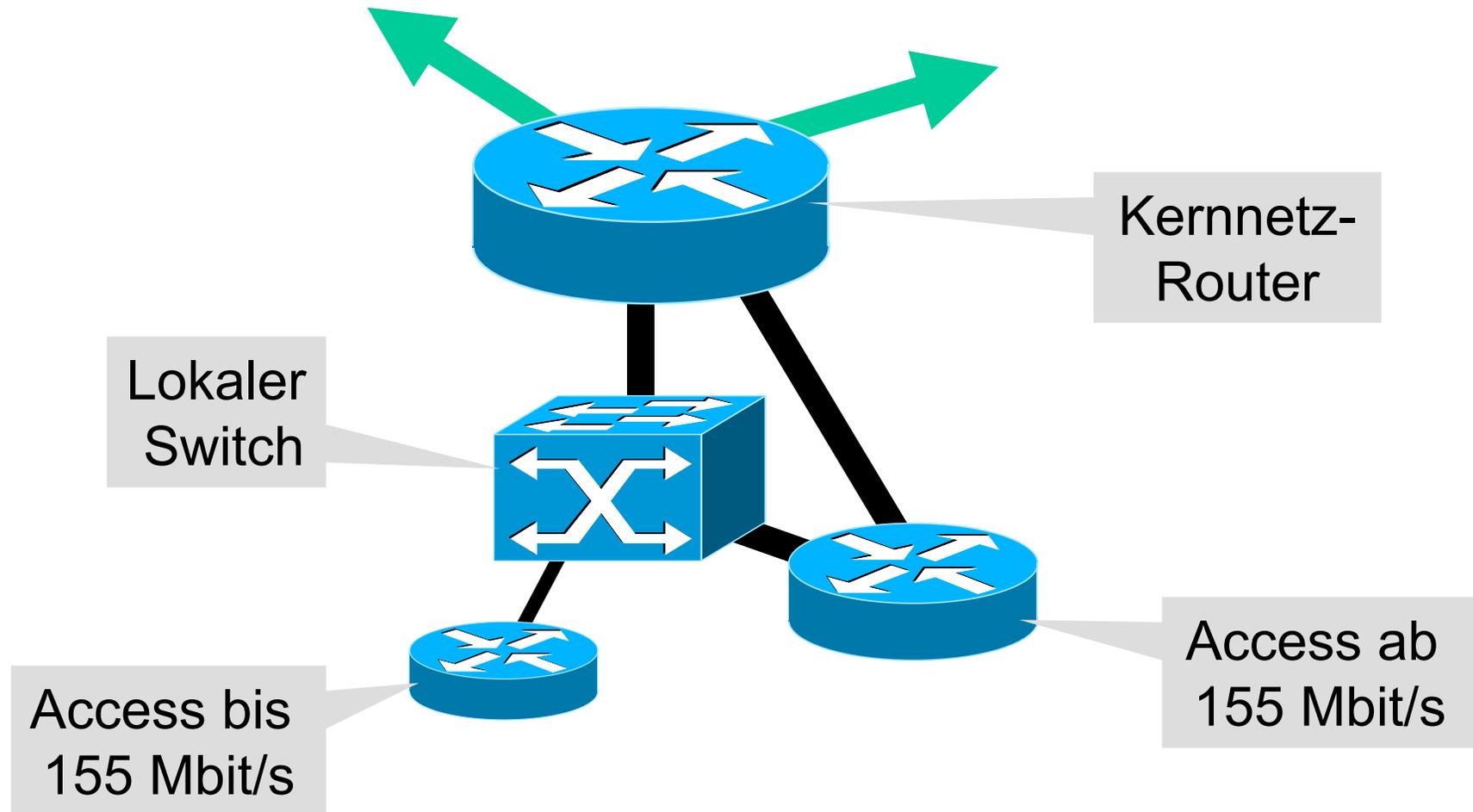
### 4.4.3 DFN: G-WIN (1)

---

- In Betrieb 2000 – 2005**
- Technik: IP (und ATM) über SDH (mehrfaches Ringnetz)**
- Betreiber:**
  - SDH-Plattform: Telekom
  - ATM über SDH: Telekom
  - IP-Konnektivität: DFN
  - DFN-Dienste (Videokonferenz, Roaming): DFN
- 27 Kernnetzstandorte im Backbone vom DFN vorgegeben**
- Vorgegebene Wachstumsprognose (Volumen): Faktor 2 pro Jahr**
  
- Etwa 490 Zugangsleitungen von Nutzereinrichtungen zum Kernnetz**
- Anschlussraten von 120 Kbps bis 622 Mbps**
- Monatsdurchsatz bis zu 2 Petabyte (Ende 2005)**

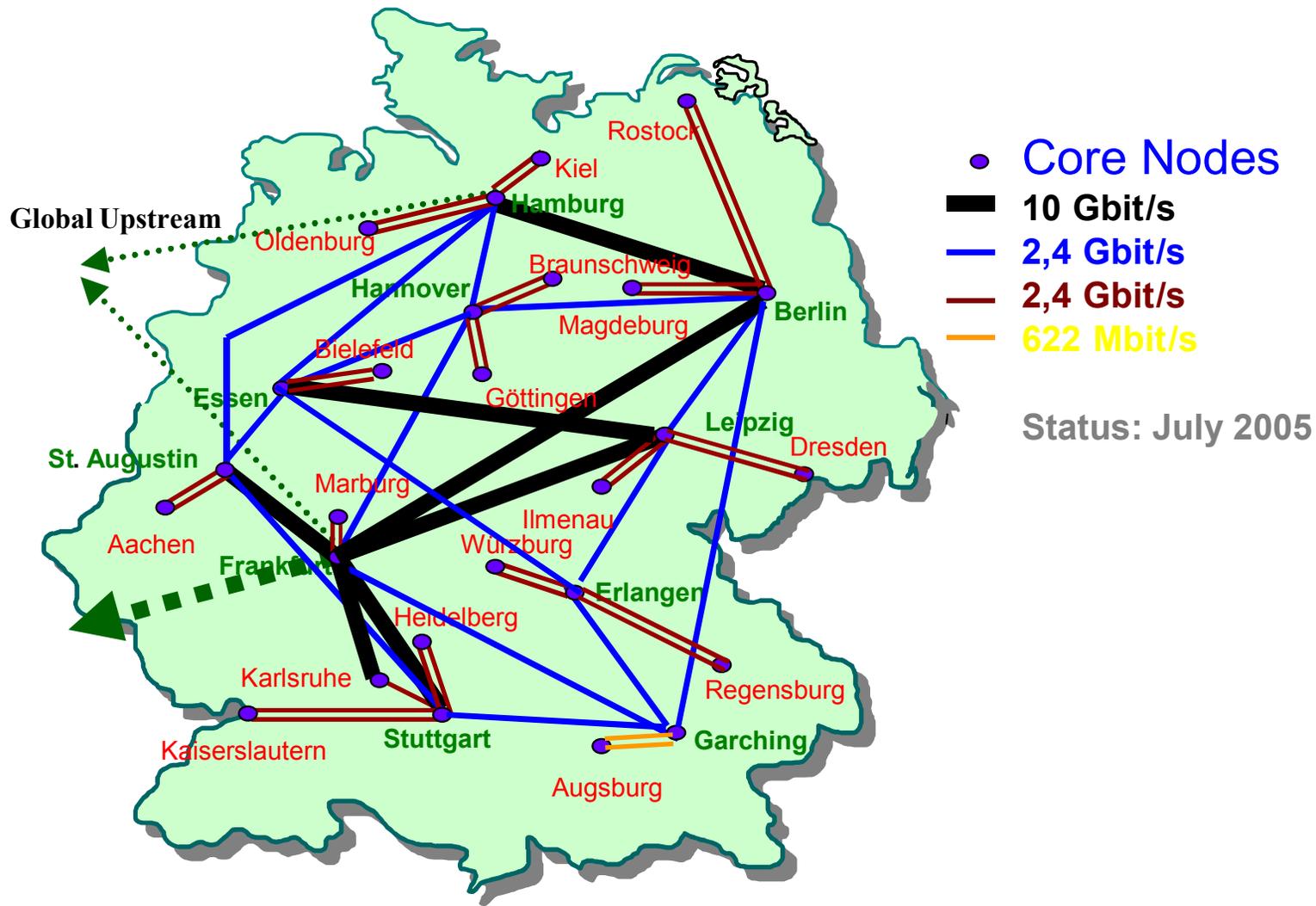
## 4.4.3 DFN: G-WIN (2)

### □ Typische IP-Technik an einem L1-Knoten



## 4.4.3 DFN: G-WIN (3)

### □ G-WIN in Deutschland (Juli 2005)



## 4.4.3 DFN: G-WIN (4)

---

### □ Verbindung zu anderen Netzen

- Innerhalb der Wissenschaftswelt

- Verbund mit anderen NRENs über europäisches Backbone (betrieben von DANTE)
- Transatlantikverbindungen nach

GÉANT

USA

- Zu kommerziellen Netzen

- Gemeinsamer Peering-Knoten DE-NIC in Frankfurt mit anderen
- Direkte Peering-Abkommen mit ISPs z.B.
- Austauschpunkte mit in Frankfurt und Hamburg

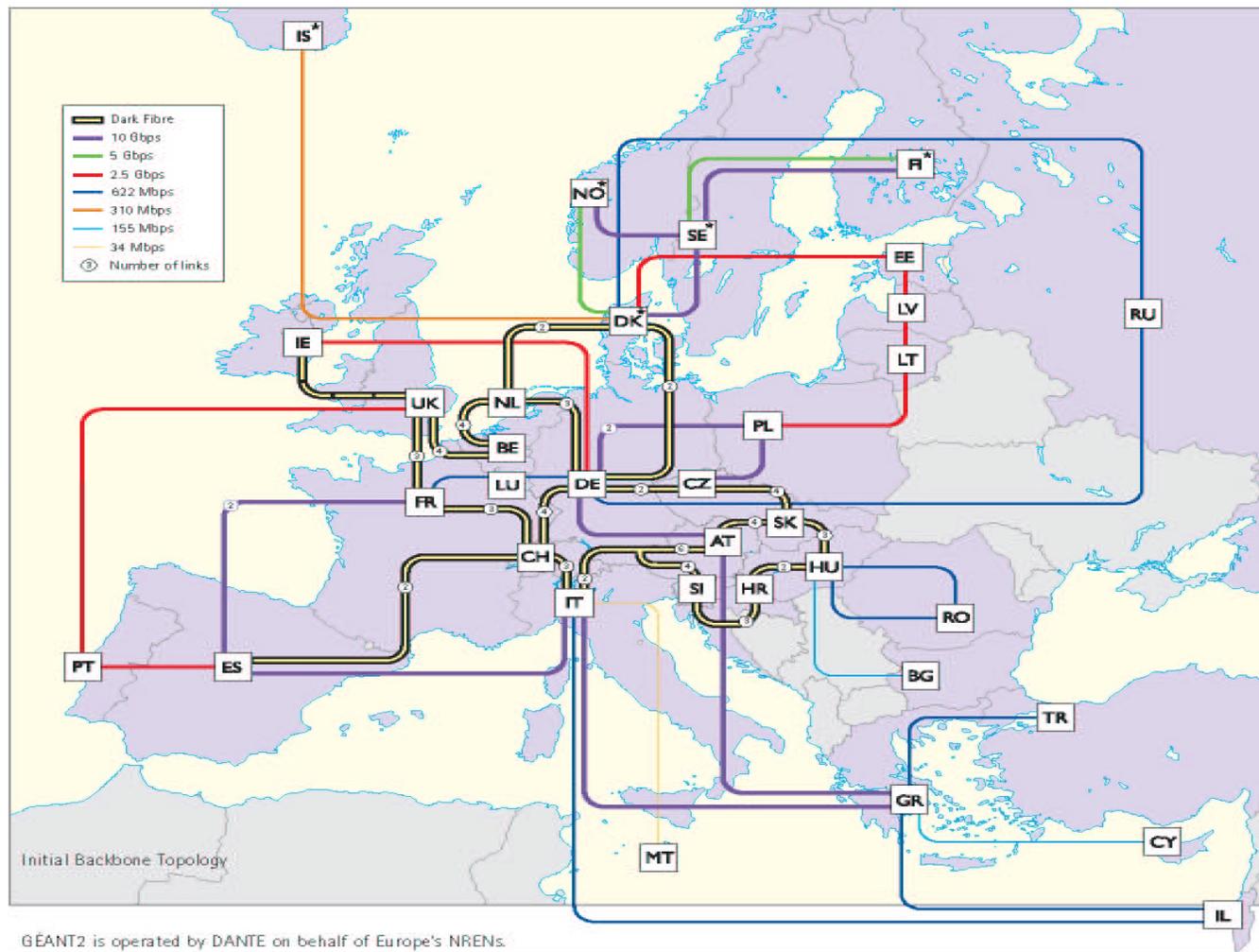
ISPs

T-Online

Global-Upstream

## 4.4.3 DFN: G-WIN (5)

### □ GÉANT: europäisches Backbone



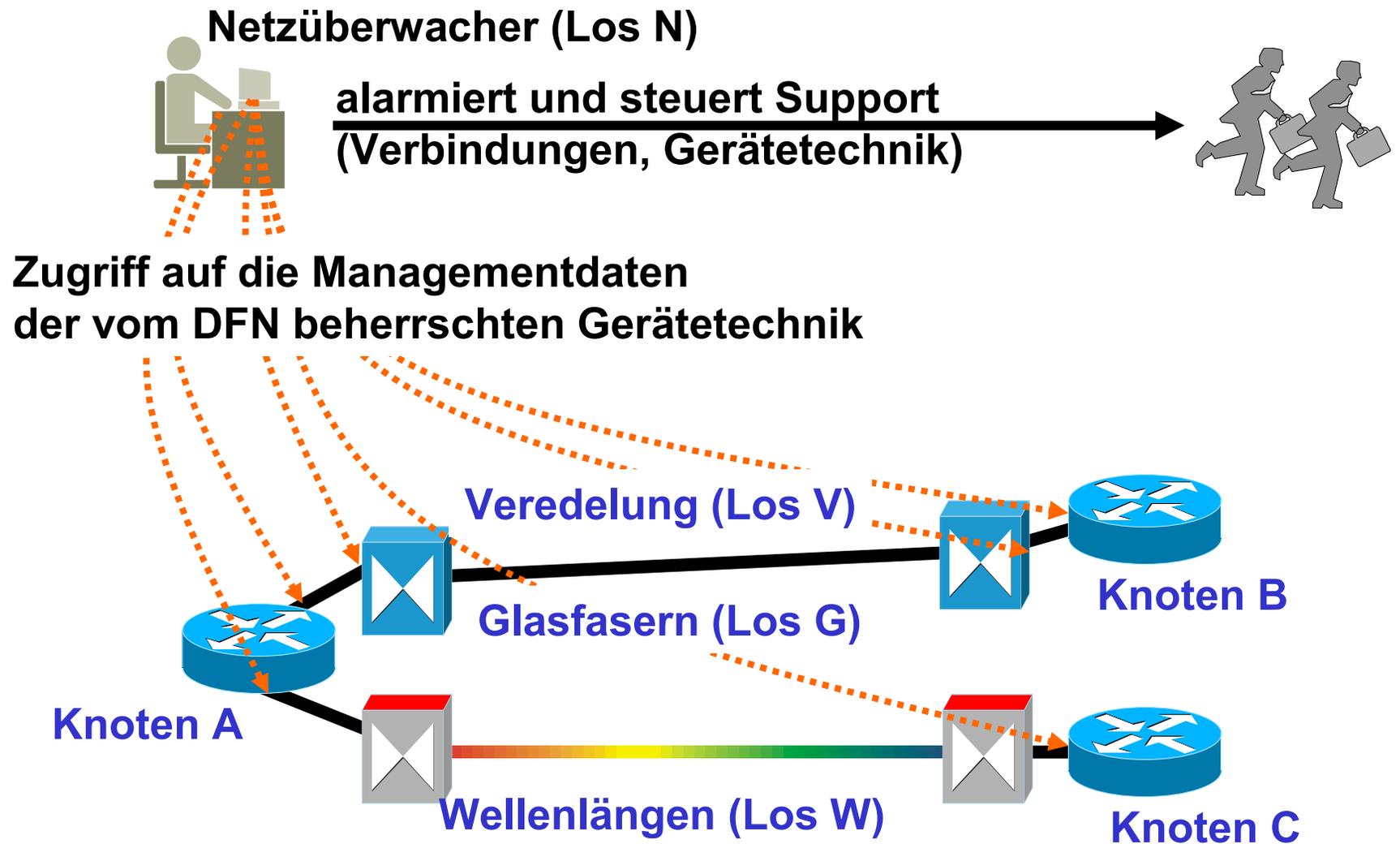
## 4.4.4 DFN: X-WIN (1)

---

- ❑ **In Betrieb: ab 1.1. 2006**
- ❑ **41 statt 27 Netzknoten im Backbone, somit kürzere Zugangsleitungen**
- ❑ **Technik: Im Kernnetz Mix aus Wellenlängen und Glasfaser (dark fiber)**
- ❑ **Betreiber: „Oberhalb“ der Faser vom DFN (größere Fertigungstiefe)**
  
- ❑ **Netzstruktur**
  - Durch mathematische Verfahren optimiert
  - Kernnetzbausteine in Art und Menge an Bedarf anpassbar
  - Speziallösungen (z.B. VLAN) kostenorientiert gut planbar
- ❑ **Ausschreibung in 4 Losen (Glasfasern, Wellenlängen, Veredelung, Monitoring)**
- ❑ **Ethernet als Interfacetechnik**

## 4.4.4 DFN: X-WIN (2)

### □ Betriebskonzept



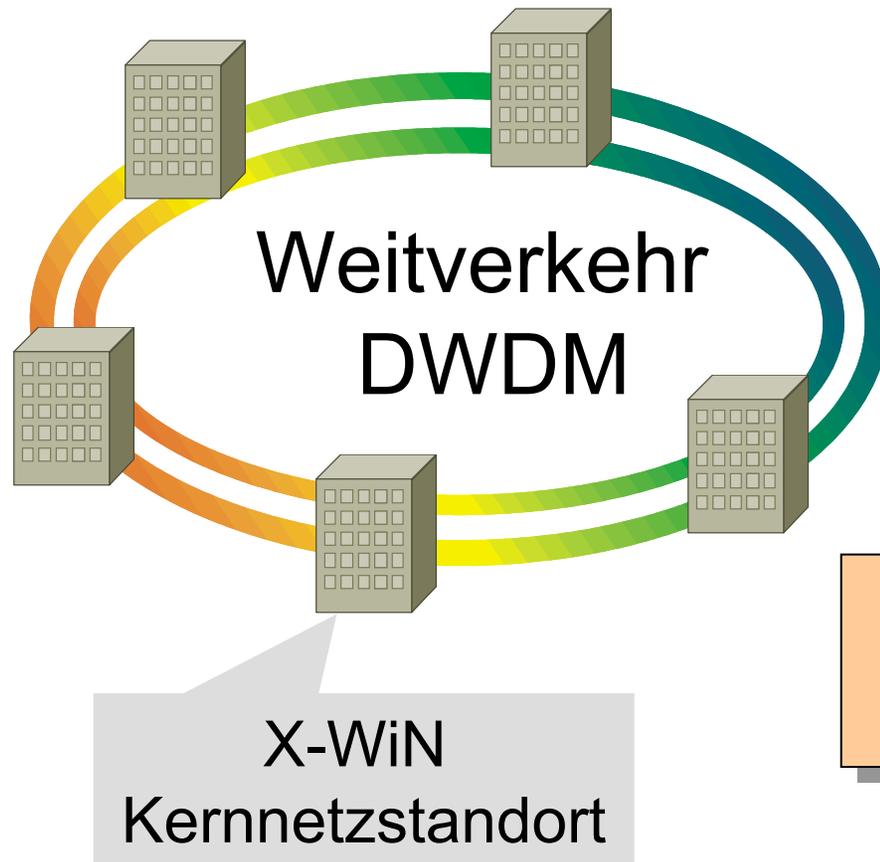
## 4.4.4 DFN: X-WIN (3)

- Stark geschützte physische Topologie
  - Gesicherte Trassen
  - Vermaschte Ringstruktur
  - Weitere mathematische Optimierung soll aufzeigen, wie die physische Topologie sinnvoll ergänzt werden kann



## 4.4.4 DFN: X-WIN (4)

### □ DWDM im X-WIN

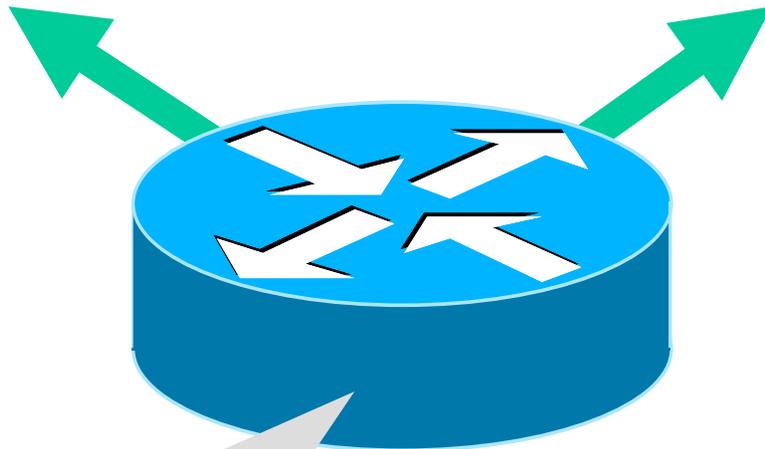


- Homogen im Fasernetz
- □ Carrier-grade
- □ Hot-swap SW und HW
- □ Mehr USV / Klima Reserve
- □ 24/7 Überwachung
- □ optische Protektion möglich

Eigenes DWDM-Netz eliminiert  
Änderungsbedarf für Dritte:  
Umgebaut wird nur für Zwecke des DFN.

## 4.4.4 DFN: X-WIN (5)

### □ IP-Knoten im X-WIN



- □ Zwei Routeprozessoren
- □ Mindestens zwei Netzteile
- □ Hot-swap SW und HW
- □ Mehr USV / Klima Reserve
- □ Weniger Konfiguration
- □ Weniger Hops
- □ 24/7 Überwachung

Kernnetz-Router  
und Access  
alle Schnittstellen

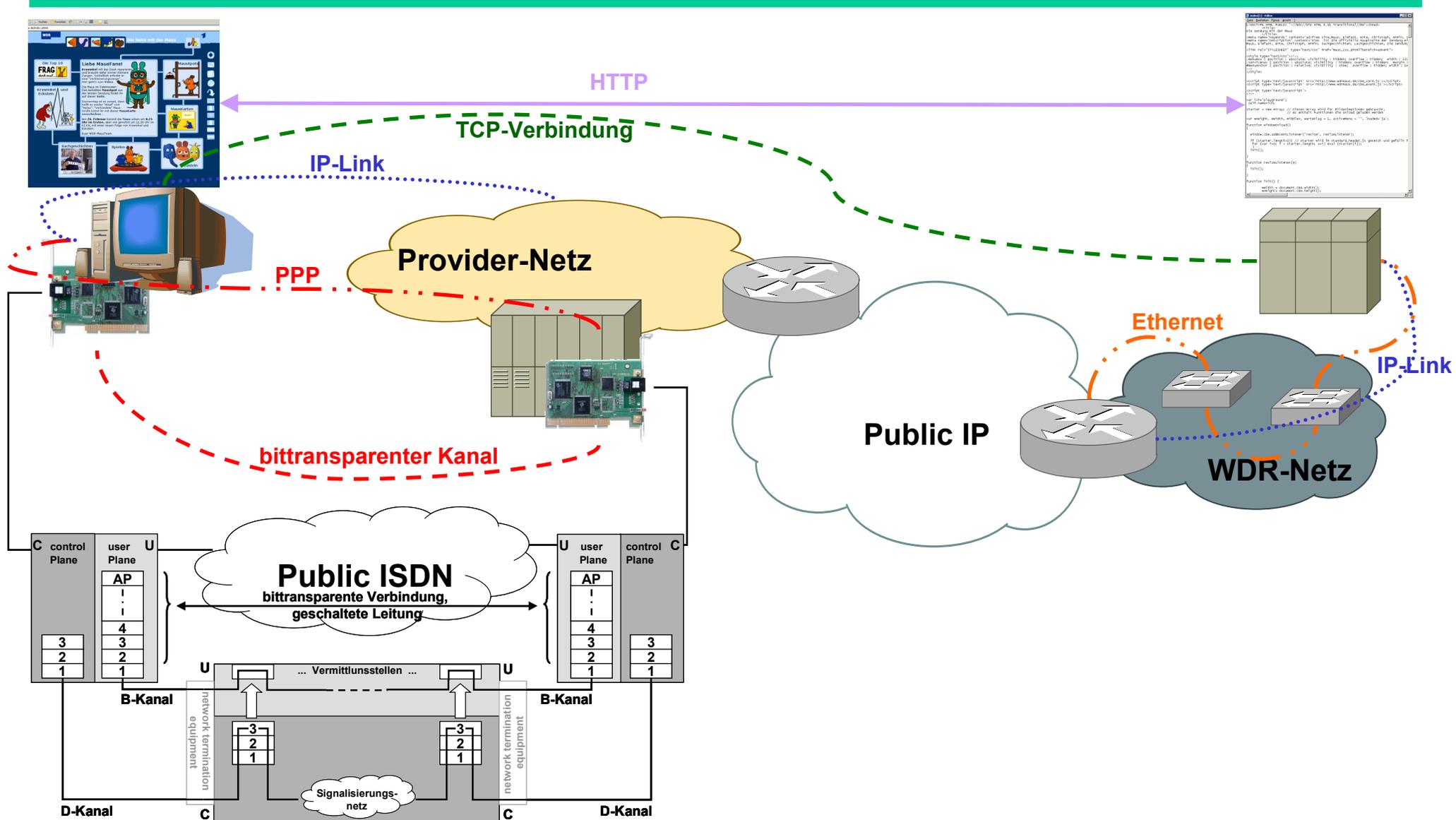
Typischerweise geringe Fluktuation der Anwender in Wissenschaftsnetzen erlaubt Aufhebung der Trennung von Kernnetz und Access: Viele Vorteile!

# Anhang

---

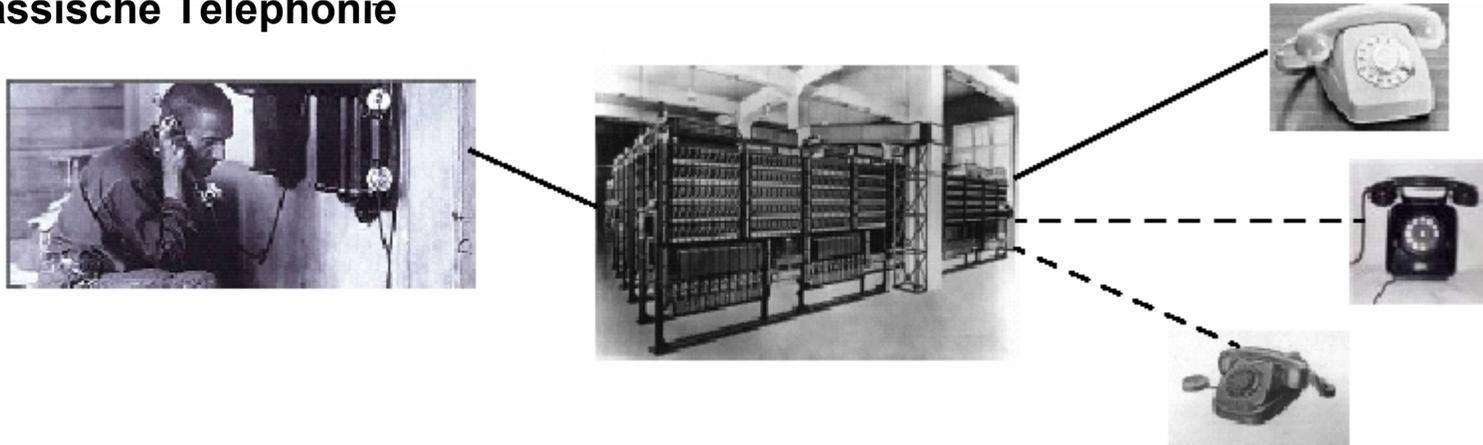
- ❑ **Szenario: Einwahl zu einem Provider und Zugriff auf eine Web-Seite**
  - Einwahl per ISDN auf einen Einwahlserver
  - ISDN-Netz wird als WAN verwendet
  - Einbindung des PC in die Internetdomäne des Providers
  - Kopplung der Provider über Router
  - Anbindung des Web-Servers über Switches
  - Zugriff vom Web-Client auf den Server über eine TCP-Verbindung
  - Im Szenario:
    - Schematische Komponenten Darstellung
    - Ausgewählte Protokollstacks
    - Logische Verbindungen

# Einwahl zu einem Provider und Zugriff auf eine Web-Seite

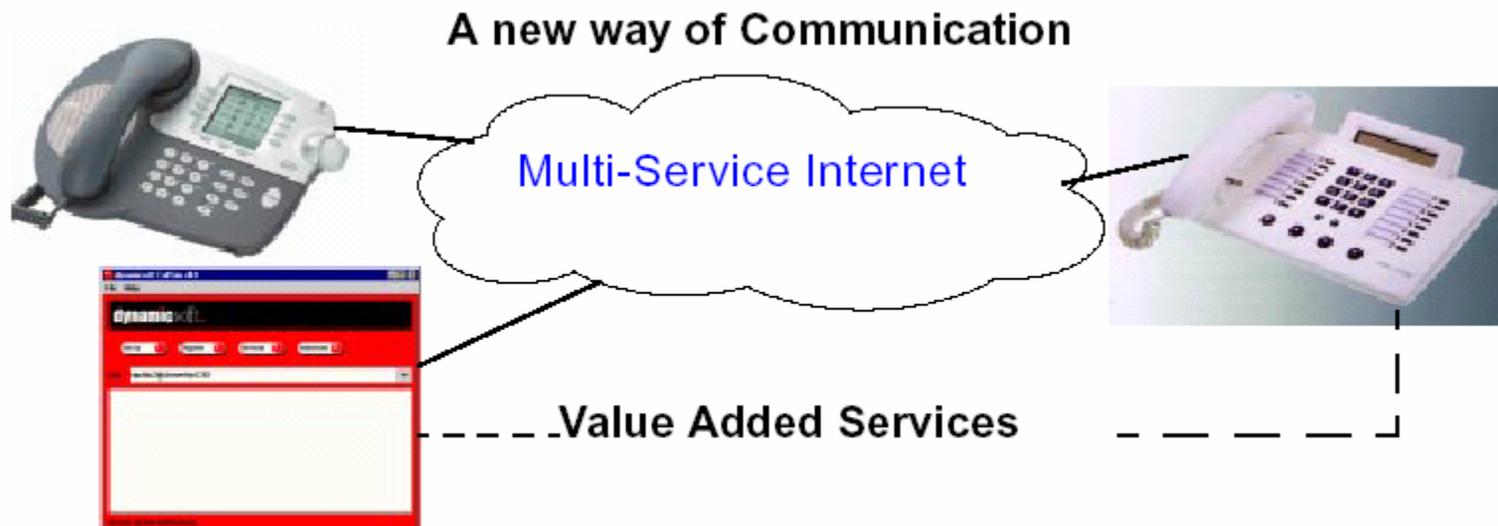


# 4.9 IP Telephonie (Voice over IP)

## Klassische Telephonie



## IP-Telephonie



## 4.9 IP Telephonie – die Nutzersicht

---

### □ **Hauptaspekt:**

- **Kosteneinsparung**
  - Preiswerter Anruf -> z.B. wegen Internetflatrate
  - (kaum) Hardwarekosten -> nur Soundkarte und Headset
  - Kombinierte Benutzung einer Zugangsleitung (surf&talk)

### □ **Abwägungen:**

- **Qualität**
  - Geringere Qualität wird akzeptiert, da der Dienst (quasi) kostenlos ist
- **Stabilität**
  - Nett, wenn vorhanden, aber man kann nicht darauf verlassen
- **Interoperabilität**
  - Nicht so wichtig, solange es für mich funktioniert...
- **Dienste**
  - Hauptsächlich „individuelle“
    - Telefonoberfläche (Software)
    - Persönliches Telefonbuch
    - „Gimmicks“
  - Beginnende Integration mit anderen Kommunikationsanwendungen (z.B. ICQ)

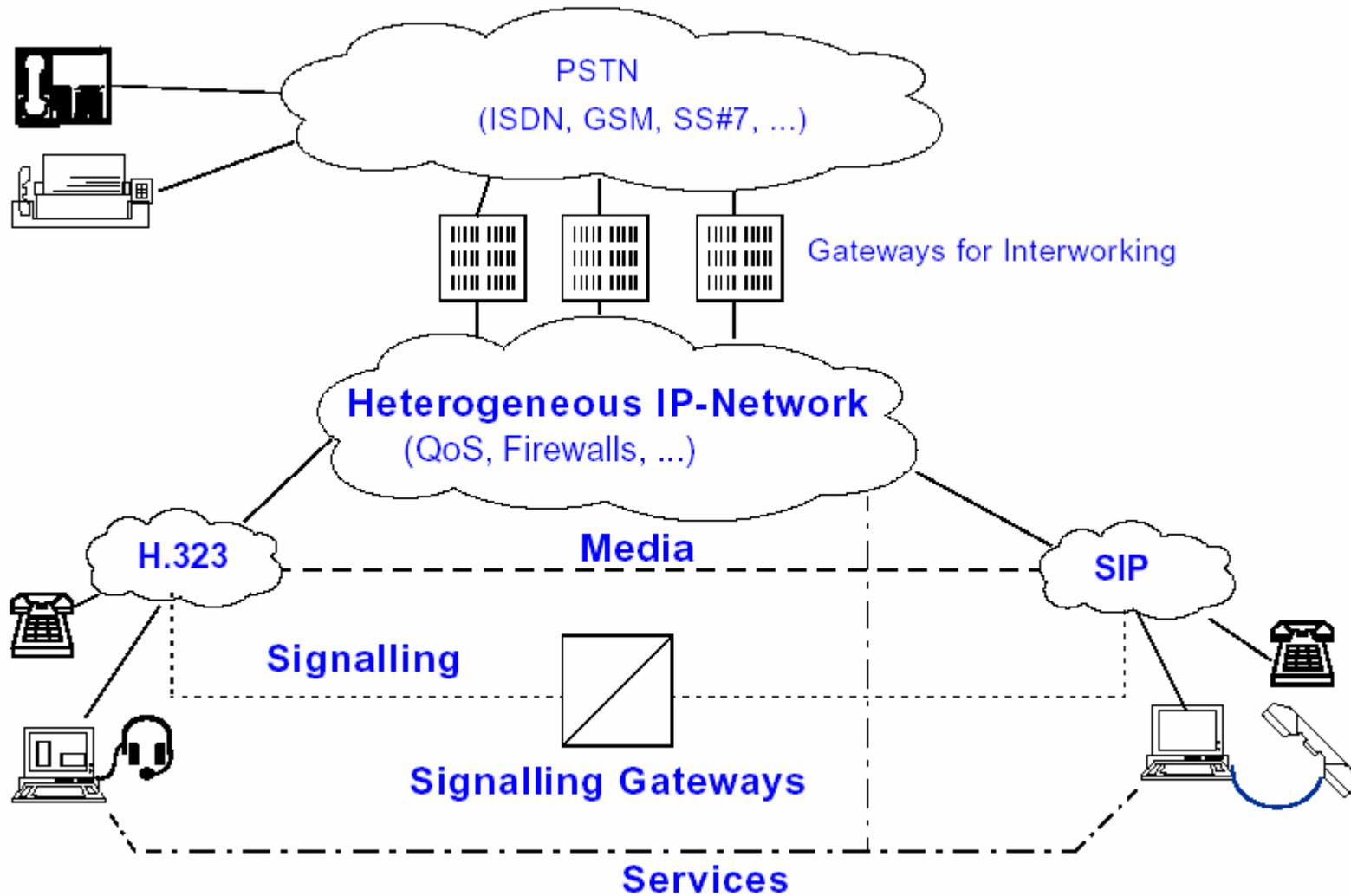
## 4.9 IP-Telephonie – die professionelle Sicht

---

### □ **Ziemlich unterschiedliche Eigenschaften:**

- **Kosteneinsparung**
  - Hauptsächlich wegen vereinheitlichter Infrastruktur
    - Geringere Kosten für das Netzwerkmanagement
    - Nur ein Netzwerk, um verschiedene Standorte miteinander zu verbinden
    - Integration mit LAN-Komponenten (Switches, Router, z.B.: IP-Telephoniekarte als Router-Verbesserung; IP-Telephone, die eine Anzahl von Switch-Ports integrieren)
  - In manchen Bereichen ist das aber immer noch ein Versprechen!
- **Qualität**
  - Mindestens die gleiche Qualität wie das bisherige Telefonsystem (POTS)
- **Stabilität und Interoperabilität**
  - Kritisch
- **Dienste**
  - Verbesserungen für PBX
  - Parametrierung und Flexibilität, um eigene Dienste hinzuzufügen
  - Integration in Arbeitsabläufe
  - Telephonie als integraler Bestandteil von Geschäfts- und Kommunikationsprozessen

## 4.9 IP-Telephonie - Übersicht



## 4.9 Basiskonnektivität

---

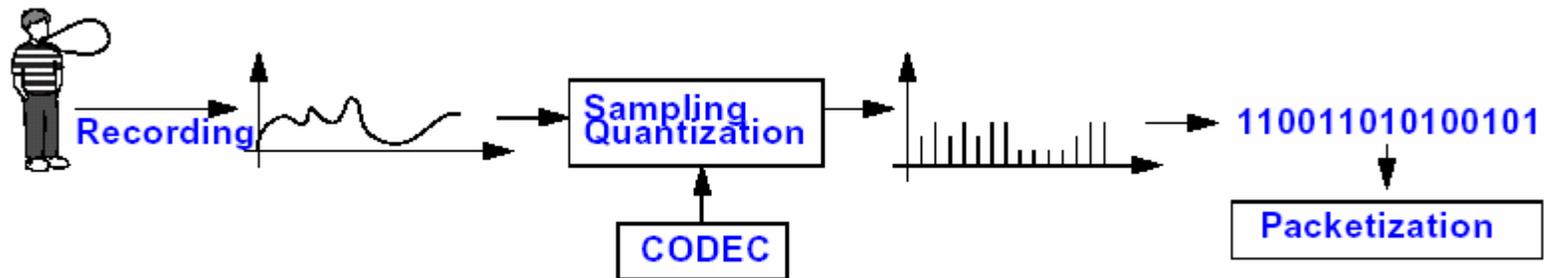
### ❑ Traditionelle Telefonnetze (PSTN)

- Entworfen für zeitempfindliche Sprachanwendungen
- Bieten
  - Geringe Verzögerung
  - Geringe Verzögerungsschwankung (Jitter)
  - Konstante Bandbreite
- Eigenes Telekommunikationsnetz (Infrastruktur)

### ❑ IP-Netze

- Entworfen für Nicht-Echtzeit-Anwendungen
- Eigenschaften
  - Best Effort-Prinzip (so gut wie möglich, aber keine Garantien)
  - Starke Verkehrsschwankungen (Traffic Bursts)
  - Keine besondere Rücksicht auf verzögerungsempfindliche Daten

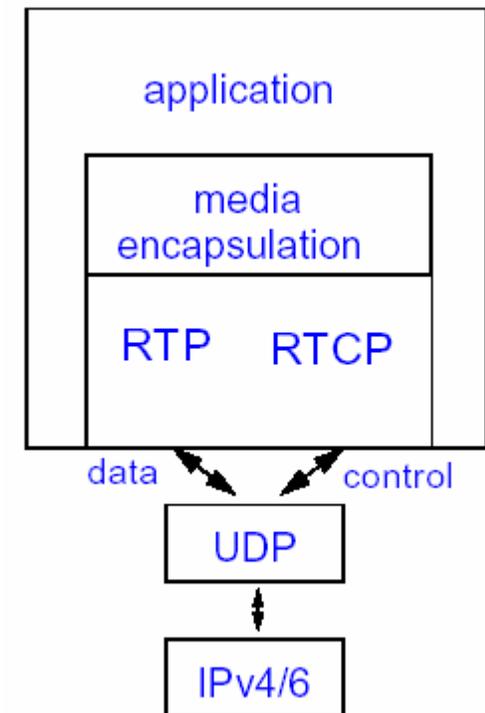
## 4.9 Übertragung von Sprachdaten



- ❑ **Hardware für Analog/digital/analog-wandlung**
  - PC mit Mikrophone & Soundkarte (mit einigen Nachteilen)
  - Dezidierte IP-Telephone
- ❑ **Codecs (COding/DECoding)**
  - Transformation
    - Analoge Sprache nach digitalen Bitströmen
  - Multiplizität (Arbeitsprinzip, Kosten, Gewinn, ...)
    - G.711, G.723, G.729, ...
    - Konsequenzen auf den gesamten Systementwurf

## 4.9 Real-time Transport Protocol (RTP)

- ❑ **Kombiniert:**
  - Real-time Transport Protocol (RTP)
  - Real-time Transport Control Protocol (RTCP)
- ❑ **Ende-zu-Ende Transportfunktionen, aber ist nicht**
  - Ein reales Transportprotokoll
    - Keine Prüfsummen
    - Kein Multiplexing
  - Ein Realzeitprotokoll
    - Keine Reservierungen
    - Keine Garantien
- ❑ **Fügt Funktionalität zu existierenden Transportprotokollen hinzu**
  - Entworfen, um mit UDP zusammenzuarbeiten
  - Multiparty/Multicast-Unterstützung
  - Funktionen wie
    - Sitzungsschicht (in OSI-Terminologie)
    - In Anwendungen integriert



## 4.9 RTP/RTCP Funktionalität

---

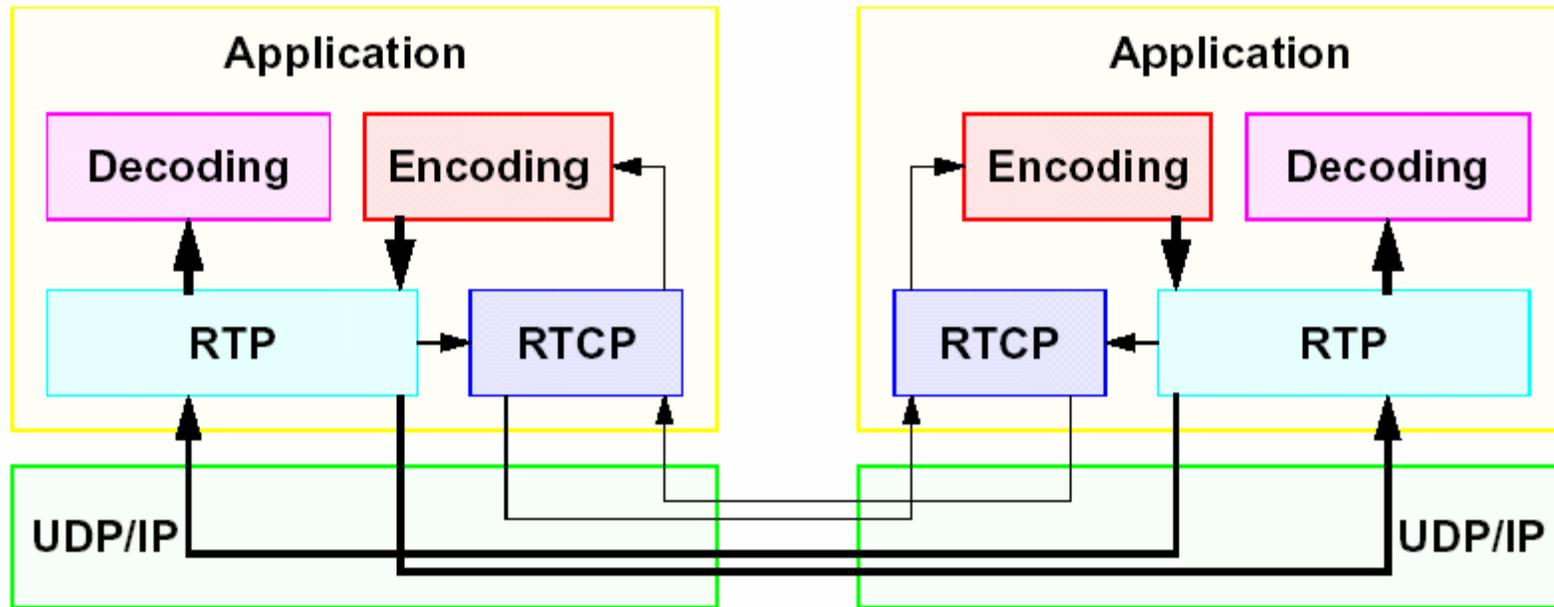
### ❑ Basisprinzip:

- Application Level Framing (ALF)

### ❑ Eigenschaften:

- Framing Service
  - Aufteilung von Medienströmen in PDUs (Packet Data Units)
  - Getrennte Flüsse für jeden Medienstrom
    - Vereinfacht Anwendungen
    - Erlaubt unterschiedliche QoS-Behandlung
- Synchronisierung
  - Verwendet Zeitstempel
  - Erlaub (Wieder-)zusammensetzung und Pufferung, um Jitter auszugleichen
  - Kann verwendet werden, um Pufferadaption zu nutzen
- Kontrolle- und Rückkopplungsmechanismen
  - Mittels RTCP
  - Verwendung von Sender- und Empfängerberichten
- Berücksichtigung von spezialisierten Infrastrukturkomponenten
  - Übersetzer
  - Mixer

## 4.9 RTP/ RTCP: Qualitätskontrolle



### □ Komponenteninteraktionen zur Qualitätskontrolle

- Evaluierung von Sender- und Empfängerreports
- Modifikation von Kodierungsschemas und Parametern
- Anpassung der Übertragungsraten

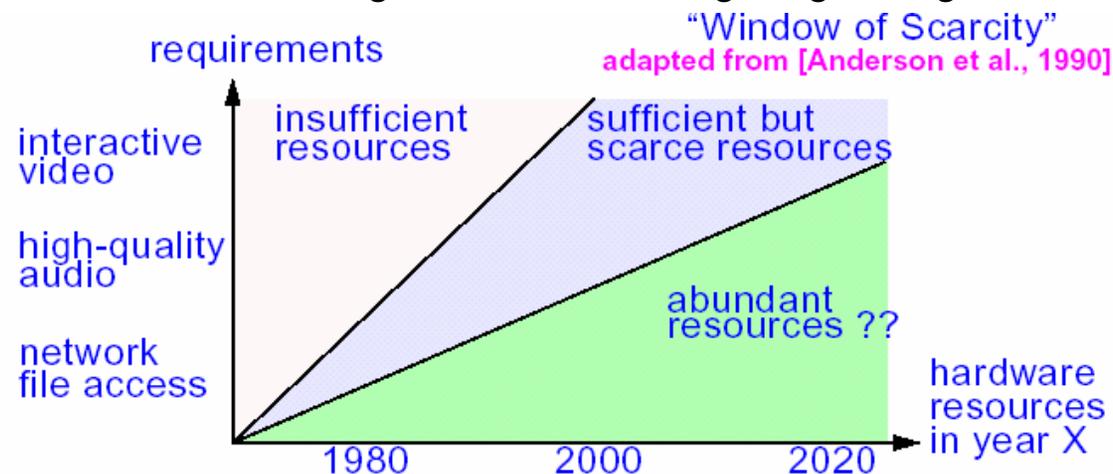
## 4.9 Quality of Service (QoS)

### □ QoS

- Wohldefiniertes, kontrollierbares, parametrisiertes Verhalten eines Systems im Hinblick auf quantitative Parameter
- Hängt von verfügbaren Ressourcen ab

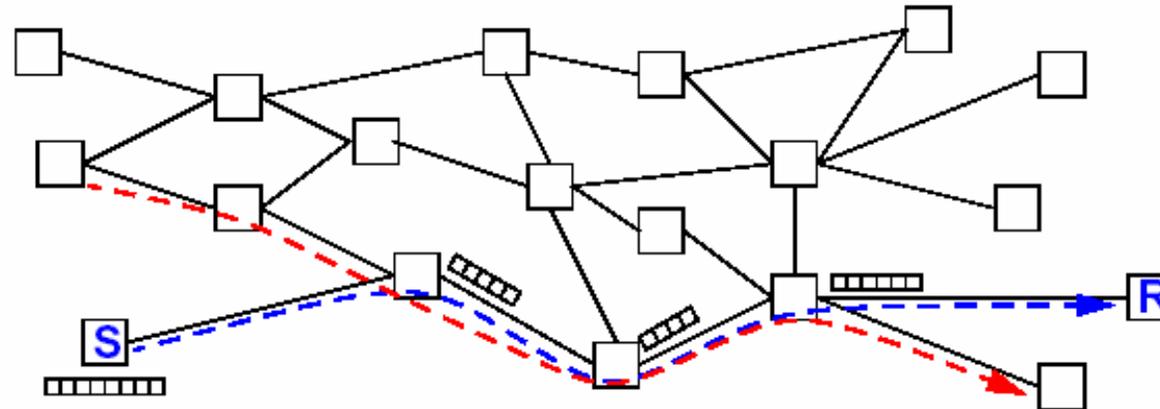
### □ Ressourcen- und Multimediaanforderungen:

- Heute (immer?): knappe, aber ausreichende Ressourcen
- Immer:
  - Wettbewerb um Ressourcen zwischen Aufgaben
  - Wunsch, den bestmöglichen Dienst bei geringst möglichen Kosten anzubieten



-> Ressourcenverwaltung, um QoS-Garantien durchzusetzen

## 4.9 Problematische Situation



▣▣▣ queue of packets waiting for transmission

### □ Ergibt Anforderungen für

- QoS-Spezifikation:
  - Anforderungen für die Anwendung
  - Garantien, die vom System zurückgegeben werden
- QoS-Berechnung:
  - Funktionen, um QoS-Garantien zu berechnen
- QoS-Durchsetzung:
  - Reservierung von Ressourcelkapazitäten
  - Zeitplanung (Scheduling) des Ressourcenzugriffs

## 4.9 QoS-Ansätze - Überblick

---

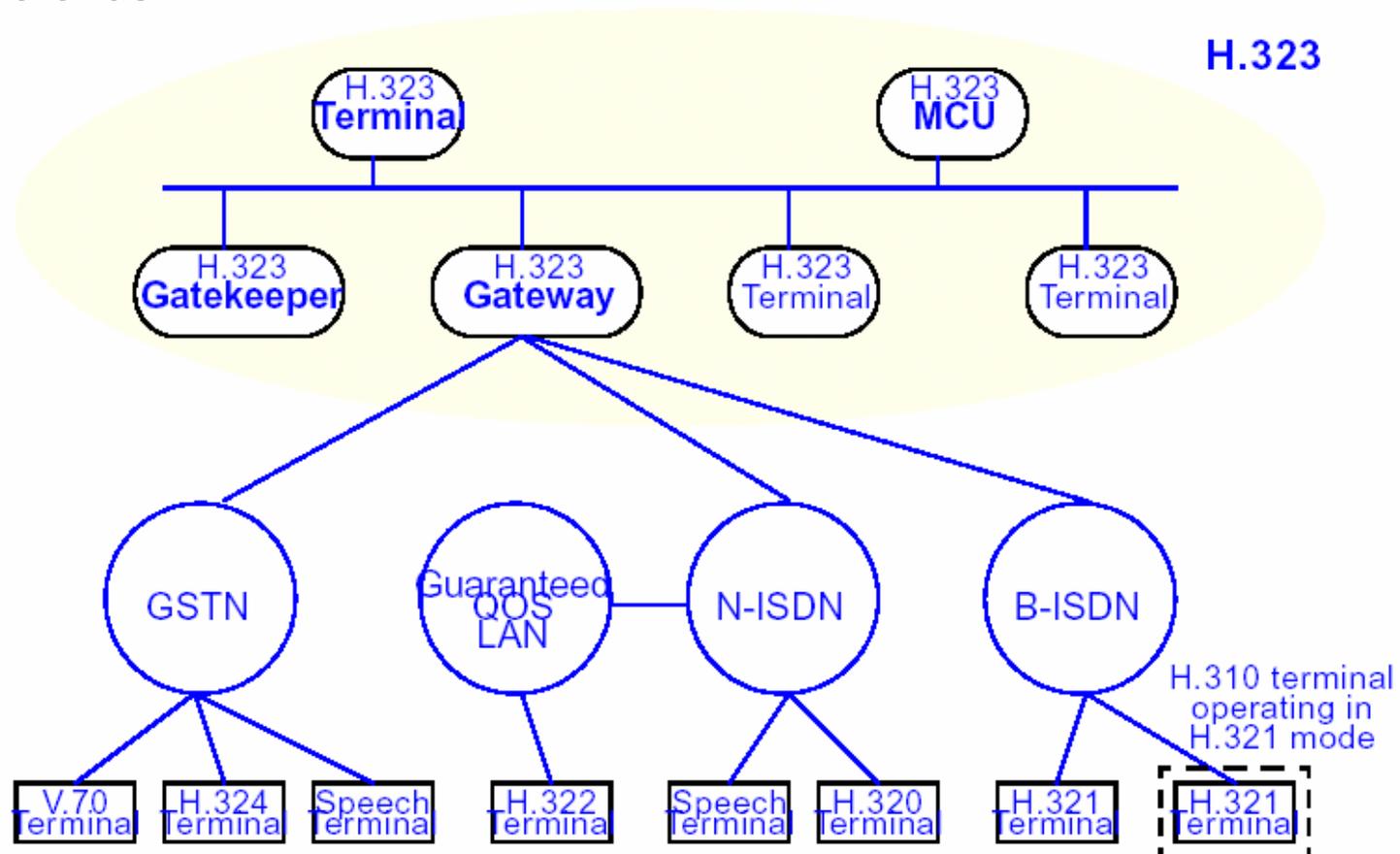
### □ **Verschiedene Ansätze auf unterschiedlichen Schichten**

- Schicht 2 – IEEE 802.1p und 802.1q
  - Untermenge von 802.1D
  - QoS auf der MAC-Ebene
  - Priorisierungsschema für Ethernetpakete
  - Abbildung von Verkehrstyp auf Verkehrsklasse
  - Abbildung von Benutzerpriorität auf Verkehrsklasse
  - Information kann abgebildet werden/ Wiederverwendung auf Ebene 3
- Schicht 3 Mechanismen
  - IETF IntServ
  - IETF DiffServ
  - Kombination der beiden
  - MPLS (multi protocol label switching)

## 4.9 Signalisierung: H.323

### □ ITU-T Empfehlung

- Von der Industrie betrieben
- Packet-basierte Multimediatelefonkonferenzen über LAN ohne inhärente QoS-Garantien



## 4.9 H.323 Funktionen

---

### □ Anrufverarbeitung aufgeteilt in

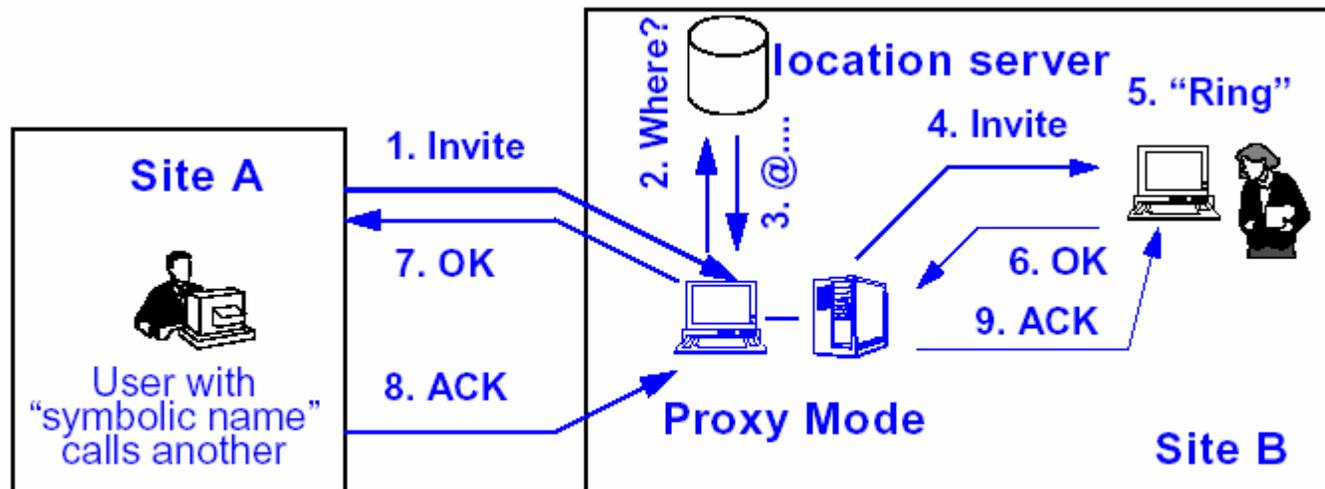
- Registrierung am Gatekeeper
  - Verwendung von Multicast für die Gatekeeper-Erkennung
  - Verwendung des Registration Authentication and Status (RAS) Protokolls
- Anrufsignalisierung
  - Verwendung von H.225.0
  - Eventuell
    - Vom Gatekeeper geroutet – und dann nach H.245 vom Gatekeeper geroutet
    - Vom Gatekeeper geroutet – und dann nach H.245 direkt geroutet
    - Direkt, d.h. nach H.245 direkt geroutet
- Austausch der Medienkapazität
  - Verwendung von H.245
  - Menge von möglichen Audio- und Videokapazitäten
  - Gewöhnlich Ende-zu-Ende
- Unterschiedliche Versionen von H.323 Unterstützen noch mehr Szenarien

## 4.9 Signalisierung: Session Initiation Protocol (SIP)

### □ Eigenschaften

- Von IETF entwickeltes Signalisierungsprotokoll
  - RFC 2543
- Text-basiertes Signalisierungsprotokoll
  - Maschinenunabhängigkeit
  - Header/Body vergleichbar zu HTTP
- Basiert (meistens) auf UDP, aber TCP ist auch erlaubt
  - Einfachheit, Geschwindigkeit

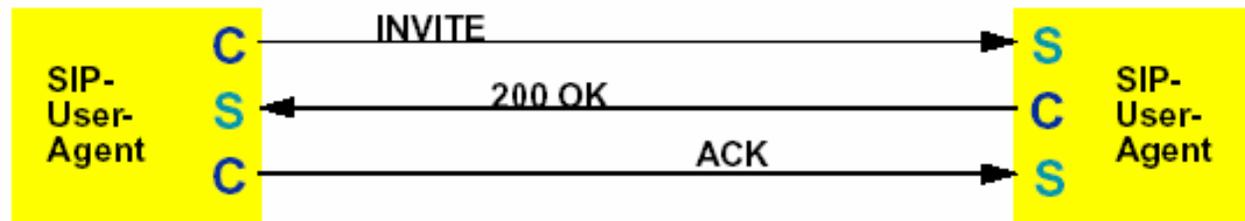
### □ Sitzung



## 4.9 SIP - Kommunikationsbeispiele

### □ Benutzeragenten (User Agent, UA)

- Zusammengesetzt aus Client und Server (erlaubt für die direkte UA-UA Kommunikation)



### □ Registrar (Registrar)

- Registriert Informationen über Benutzerlokalisierung



## 4.9 SIP - Kommunikationsbeispiele

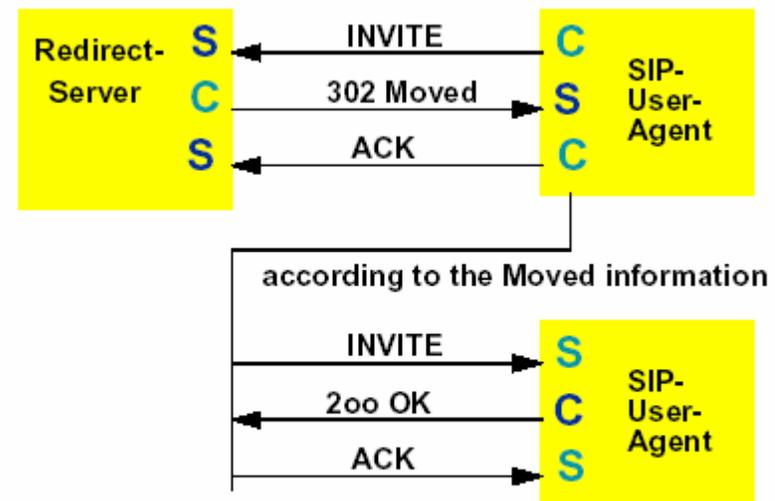
### □ Proxy Server

- Leitet Pakete weiter
- Kann z.B. einen dedizierten Eingangs-/Ausgangspunkt für eine Domain bilden



### □ Redirect Server

- Leitet den Aufrufer auf einen anderen Server um



## 4.9 SIP – Methoden

---

### ❑ REGISTER

- Registriert eine Benutzeradresse an einem Registrator
- Bindet eine permanente Adresse an die aktuelle Lokation
- Registrierungen können ungültig werden (Timeout) -> Erneuerung notwendig (Refresh)

### ❑ INVITE

- Normalerweise Anfang einer Sitzung
- Body enthält Beschreibung der Sitzung
- Nochmaliges INVITE, um Sitzungsstatus zu ändern

### ❑ OPTIONS

- Gibt die Benutzerkapazität an den Anfrager zurück

### ❑ ACK

- Nur bei der Sitzungsinitiierung verwendet
- Ende des 3-Wege Handshakes

### ❑ CANCEL

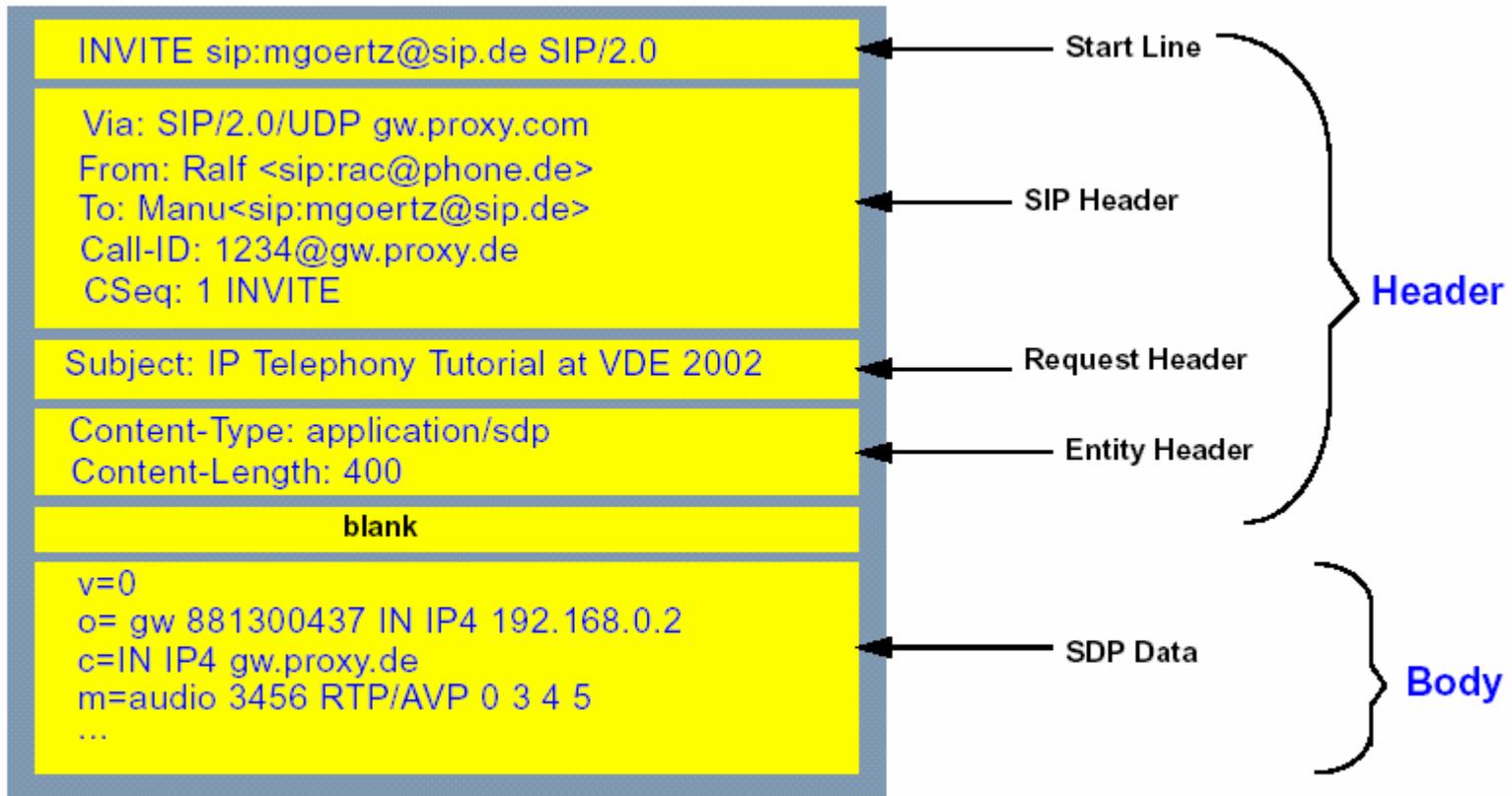
- Beendet eine unvollständige Anfrage

### ❑ BYE

- Beendet eine offene Sitzung

# 4.9 SIP - Header

## Invite Requests



## 4.9 SIP - Anrufkontrolle

---

### ❑ SIP Anrufkontrollrahmenwerk

- Neue Methode: REFER

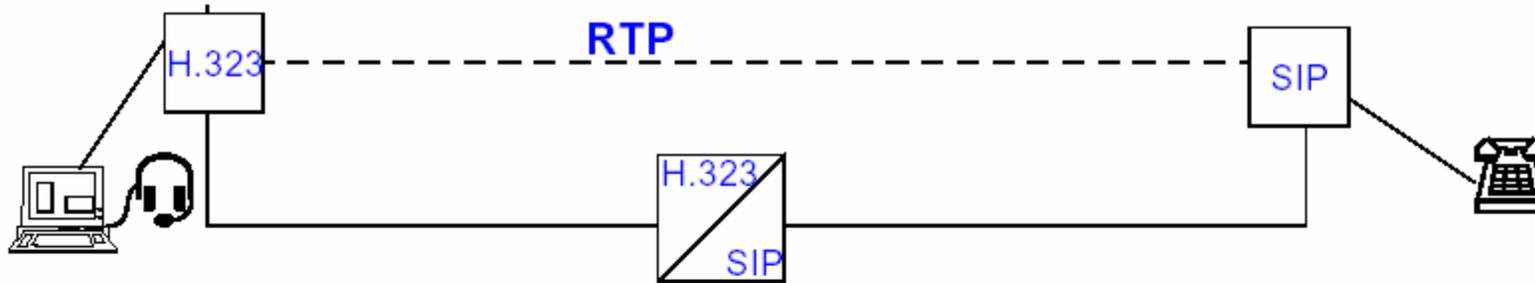
### ❑ Anrufweiterleitung

- Wandelt einen Anruf (A-B) in einen Anruf (A-C) um
- Verwendung einer neuen Methode: REFER – mit neuen Kopfzeilen:
  - Refer-To:
  - Referred-By:
- Verwendung von Media-Hold (INVITE mit Port 0)
- Ähnlich zu H.450.2

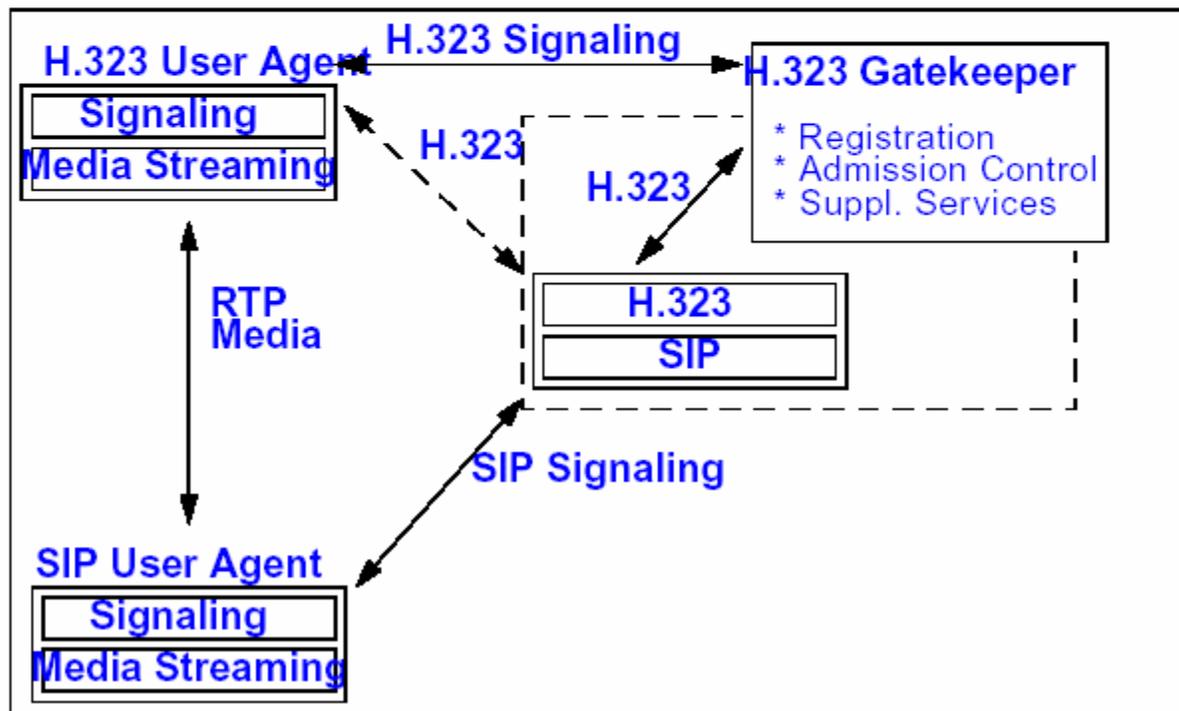
### ❑ Anrufverteilung

- Umleitung eines eingehenden Telefonanrufs
- Verwendung eines neuen Headers: Diversion
- Ähnlich zu H.450.3

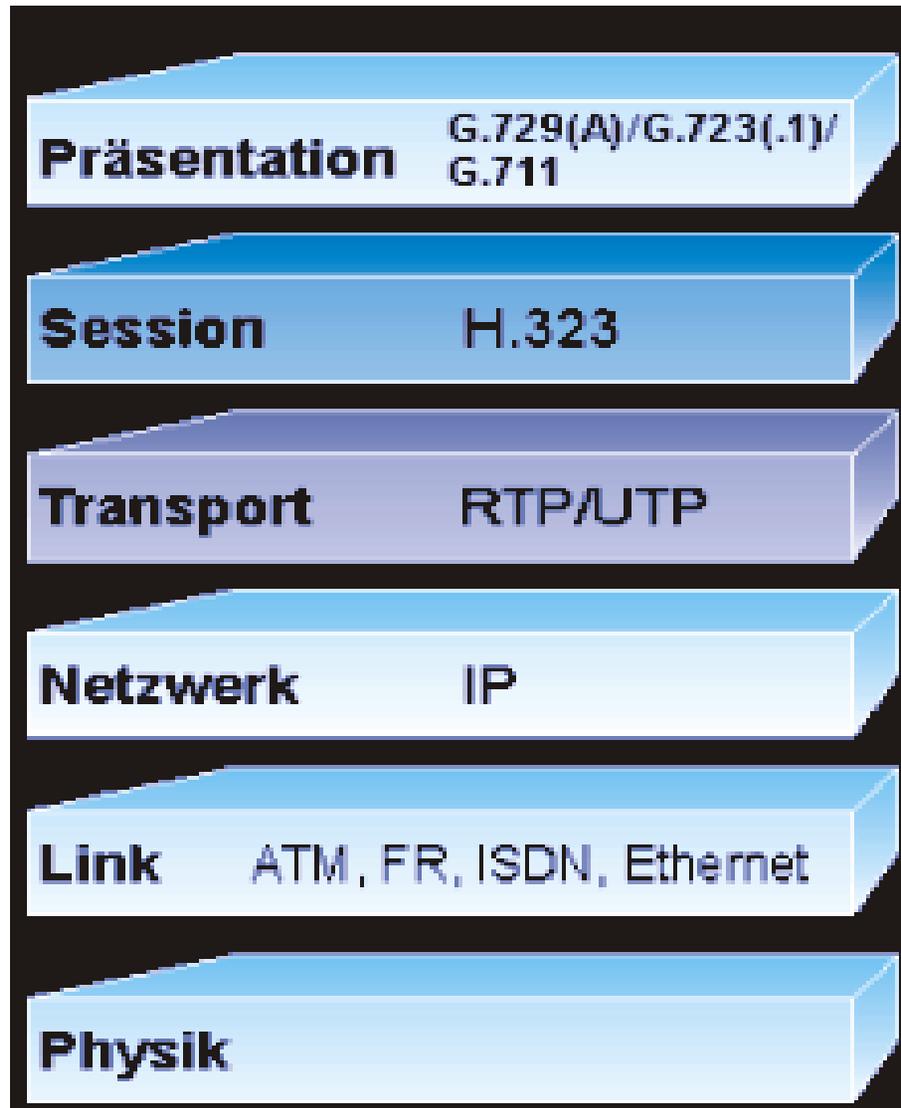
## 4.9 Zusammenarbeit H.323/SIP



### Mapping and Gateways: H.323/SIP Gateway



## 4.9 Schichtenmodell für VoIP



## 4.9 Mehrwertdienste

---

### □ **Basiskonnektivität -> ... -> Mehrwertdienste**

- Interoperable Terminals
- IP-Telephonie in und zwischen Intranets
- Interoperable und interagierende Gateways
- Auf IP-Telephonie basierende (verbesserte) PBXes
- IP-Telephonie als gemeinsamer Dienst im Internet
- Neue Dienste und verwandte Anwendungen

### □ **Hauptunterschied zu POTS**

- Telefondienst, z.B.
  - Merkmale ähnlich wie H.450
  - Zum Wählen klicken & Rückruf aus dem Internet
- Neue Dienste, z.B.
  - Unified Messaging
  - Web-Unterstützung
  - Sprachabfrage zu Inhalten
  - Gemeinsame Nutzung von Anwendungen
  - Elektronisches „schwarzes Brett“



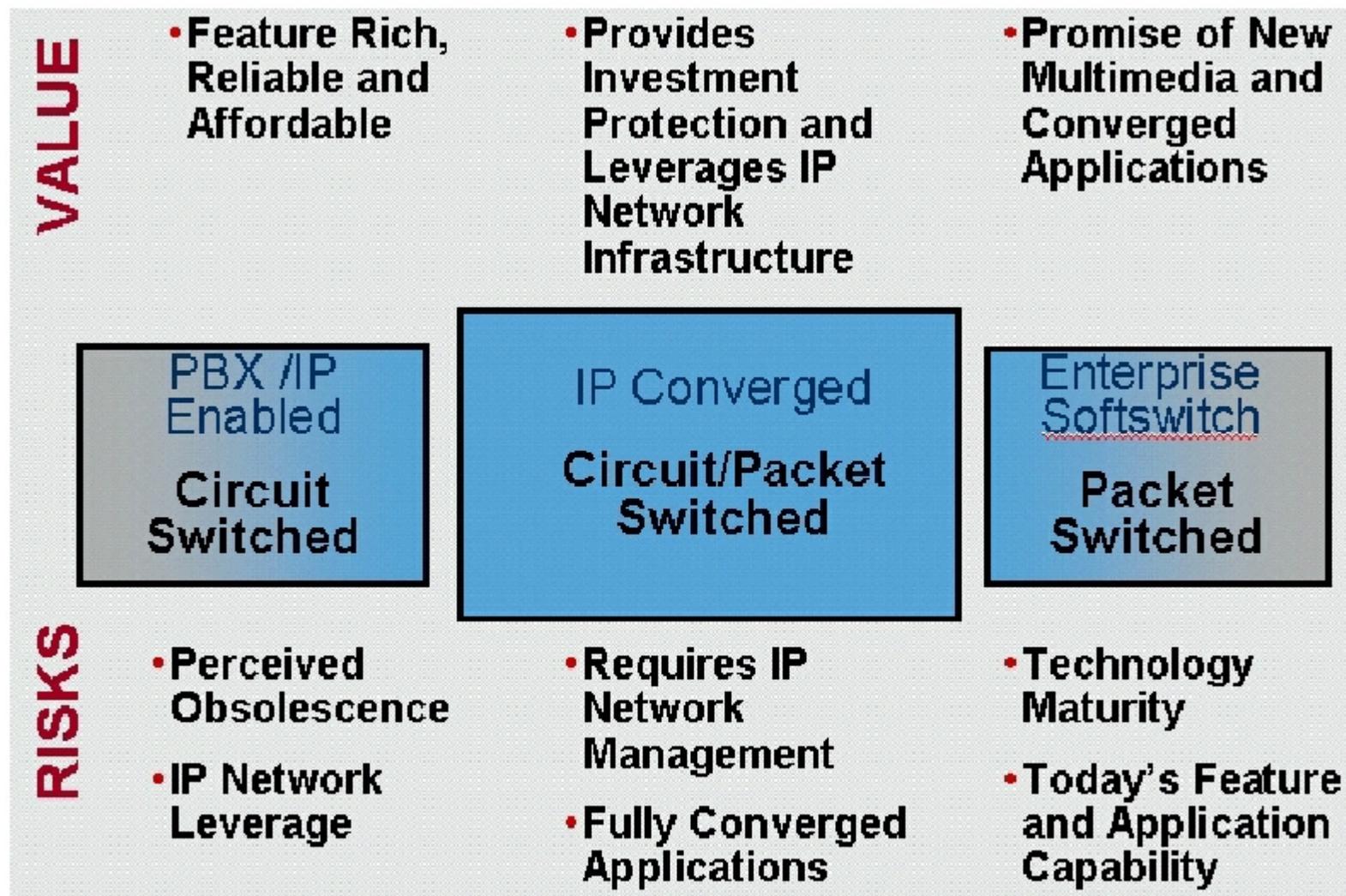
Zeit

## 4.9 Produkte



Unterschiedlichste Funktionalitäten und weiterhin dynamische Entwicklung

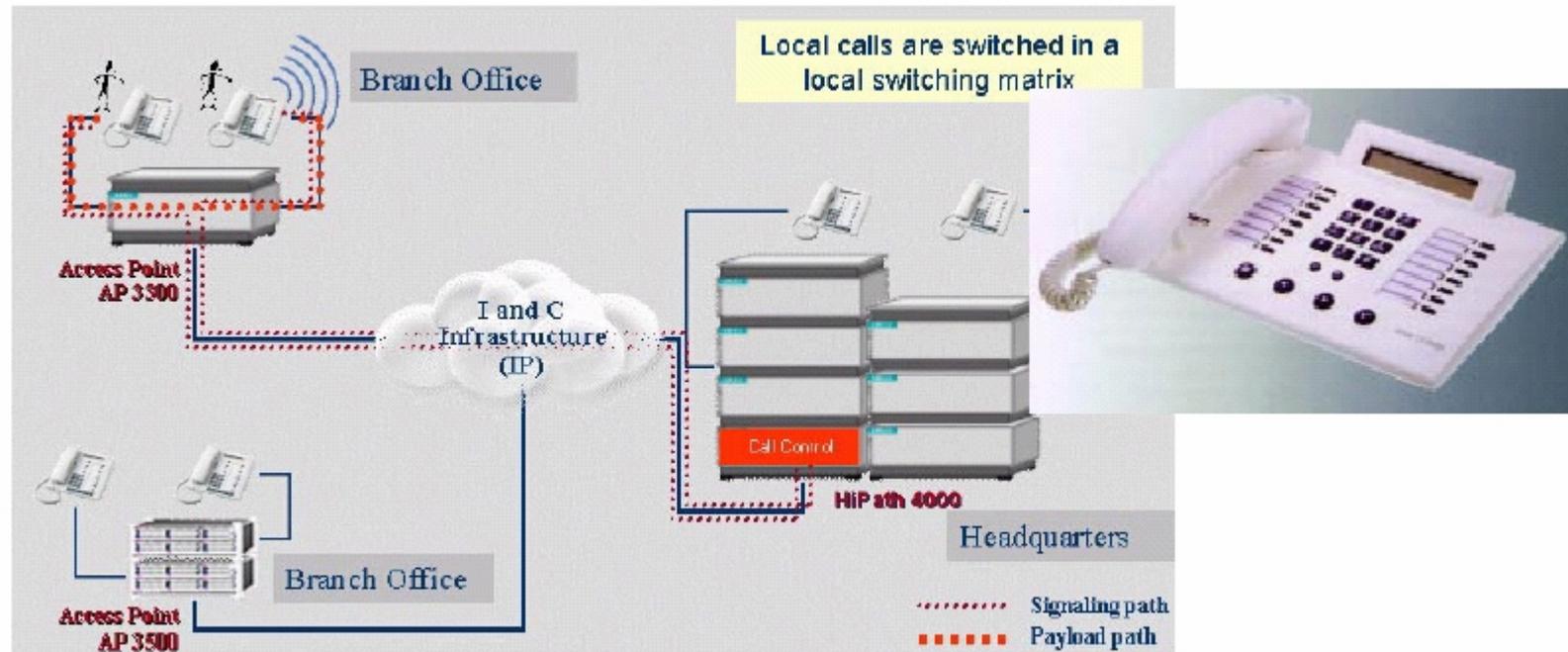
## 4.9 Beispiele von Produkten: Siemens HiPath



<http://www.siemens.de>, <http://www.hipath.com>

Weitere Lösungen für unterschiedliche Umgebungen werden entwickelt

## 4.9 Beispiele von Produkten: Siemens HiPath



<http://www.siemens.de>, <http://www.hipath.com>

### □ Reichweite der Lösungen

- Von IP-basierter Anbindung von „Inseln“, „verteilten Gruppen“
- Bis reine IP-basierte PBXes
- Auch Domänen-spezifisch (Call Center, Integration von Arbeitsabläufen)

## 4.9 Beispiele von Produkten: Innovaphone

---



□ Innovaphone ([www.innovaphone.de](http://www.innovaphone.de)) bietet

- PBX für IP-Telephonie
- IP-Gateways
- IP-Telefone
- IP-DECT (schnurlose IP-Telefone über DECT angebunden)
- IP-Adapter (Einbindung von Nicht-IP-Geräten z.B. Fax, Türöffner)