

Ethernet IEEE 802.3

Pascal Adam TSBE

Version 2.3

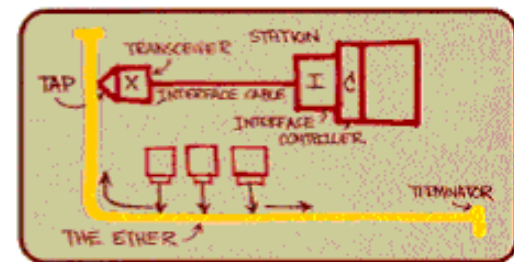
■ Entstehungsgeschichte

- ❑ Im Jahre 1980 bringt Xerox die erste Version von Ethernet auf den Markt. Das vom PARC (Palo Alto Research Center von Xerox) entwickelte Kommunikationssystem wird später als 'Ethernet I' bezeichnet.
- ❑ Kurz darauf schliessen sich die Firmen Intel und Digital dem Projekt an und entwickeln Ethernet zusammen mit Xerox weiter. Das Ergebnis ist eine stabile Version, die sich auf dem Markt schnell etabliert (Ethernet II).
- ❑ Die IEEE-Gremien nehmen den Ethernet-Standard mit leichten Modifikationen ihrerseits auf und machen daraus den Standard IEEE 802.3.
- ❑ Die ISO (International Standard Organization) hat die gleiche Norm unter ISO 8802.3 spezifiziert.

- Ethernet dominante Netzwerktechnologie
 - 94% aller LAN-Anschlüsse ist Ethernet (2005)
- Ethernet hat Erweiterungen erfahren bezüglich
 - Übertragungsgeschwindigkeit (10Mbit/s – 10Gbit/s...)
 - Übertragungsmedium (Koax, Glas, Twisted Pair...)
 - Übertragungskomponenten (Hub, Bridge, Switch...)
 - Übertragungsverfahren (Vollduplex)
- Stabile Schnittstelle
 - Gleiches Frameformat
 - Gleiches Zugriffsverfahren

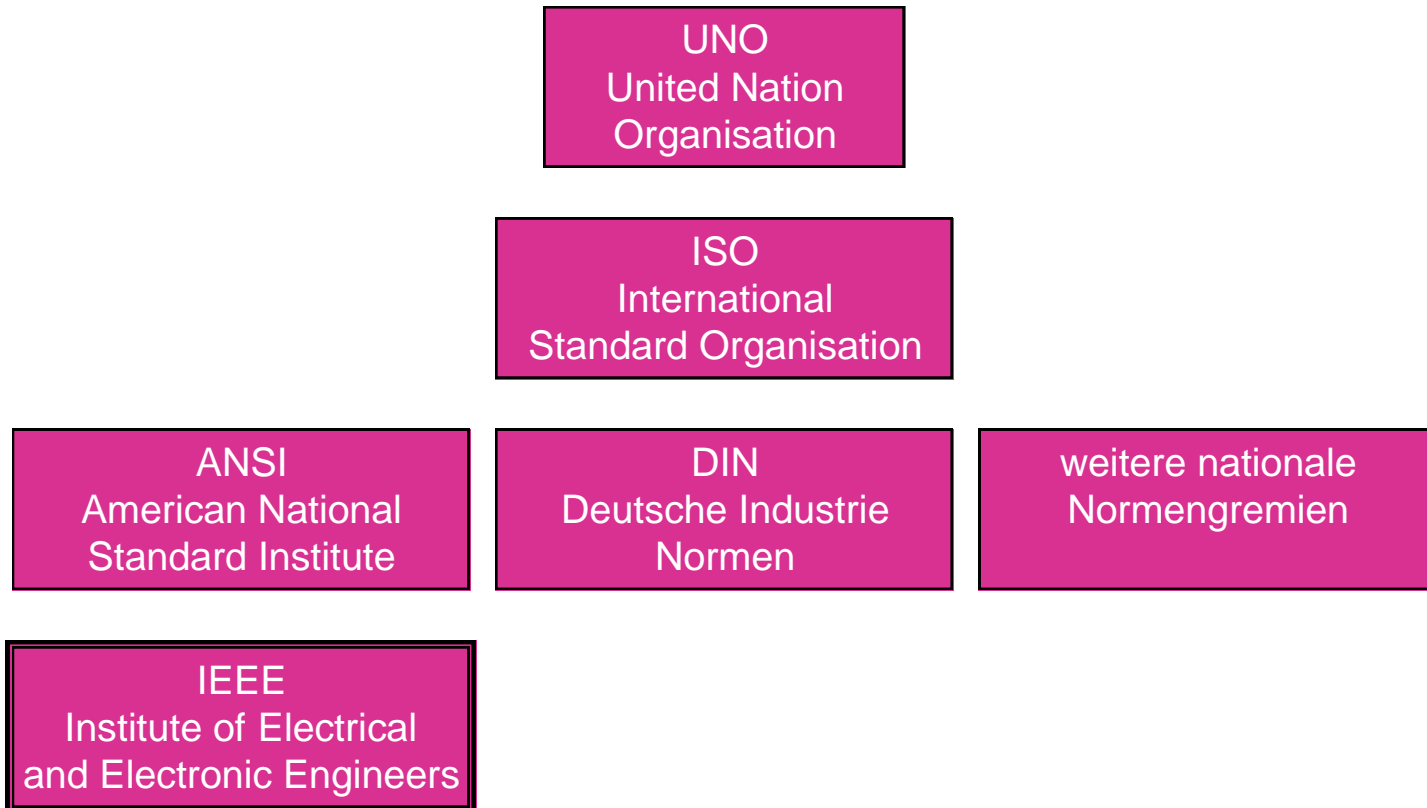
Ethernet

- ☐ **Intel, DEC, Xerox 1980 Ethernet V1.0**
- ☐ **Ethernet ist die Netztechnologie**
 - ☐ im LAN (Lokal Area Network) fast absolut
 - ☐ im MAN (Metropolitan Area Network) zum Teil
 - ☐ und bald im WAN (Wide Area Network)
- ☐ **Ethernet hat Erweiterungen erfahren bezüglich**
 - ☐ Übertragungsgeschwindigkeit
 - ☐ 10 Mbit/s
 - ☐ 100 Mbit/s
 - ☐ 1000 Mbit/s (1 Gbit/s)
 - ☐ 10 Gbit/s
 - ☐ Übertragungsmedium (Koax, Glas, Twisted Pair)
 - ☐ Übertragungsverfahren (vollduplex)
- ☐ **stabile Schnittstelle**
 - ☐ gleiches Frameformat
 - ☐ gleiches Zugriffsverfahren (CSMA/CD)



Zeichnung von Metcalfe
(1976)

IEEE - Standardisierungsgremium



Sinn und Zweck von IEEE 802

- Durch die von den Arbeitsgruppen des IEEE 802 herausgegebenen Standards ist die Integration verschiedener Techniken unter eine gemeinschaftliche logische Decke möglich, um den Systemen ab der OSI-Schicht 3 eine einheitliche Schnittstelle, unabhängig von der verwendeten Technik, anzubieten.
- Die ISO übernimmt jeweils die 802-Standards von der IEEE unter der Bezeichnung ISO 8802.
- Jede IEEE 802 - Arbeitsgruppe hat einen eigenen Sachbereich zu behandeln, der eine eigene IEEE 802.x Norm ergibt. Nachfolgende Uebersicht zeigt die verschiedenen Sektionen (1997) auf:

Sektionen des IEEE 802 Standards

- 802.1 HILI (High Level Interface)
Eingrenzung, Ueberblick und Architektur, Bridging, Beziehung zu OSI-Modell, System-Management
- 802.2 Logical Link Control / LLC
- 802.3 CSMA/CD-Systeme (Zugriff und Spez. der Physical Layer) 10MB/s-, 100MB/s- (100BaseT) Fast Ethernet & 1000MB/s- (Gigabit) Ethernet
- 802.4 Token-Bus Systeme (Zugriff und Spez. der Physical Layer)
- 802.5 Token-Ring Systeme (Zugriff und Spez. der Physical Layer)
- 802.6 Metropolitan Area Networks DQDB (Zugriff und Spezifikationen der Physical Layer)
- 802.7 Breitbandübertragungstechnik (Broadband TAG)

Sektionen des IEEE 802 Standards (2)

- 802.8 Lichtwellenleiterübertragungstechnik (FO TAG)
- 802.9 Integrierte Sprach-/Datenzugriffsmethode (LAN und ISDN an einer Schnittstelle)
- 802.10 Zugriffsmethode zur Realisierung von Sicherheit (SILS)
- 802.11 Drahtlose LANs (Zugriff und Spez. der Physical Layer)
- 802.12 100Mb/s LAN mit Demand Priority (100BaseVG-Ethernet)
- 802.13 existiert nicht! (Kompatibilität zu OSI)
- 802.14 Datenkommunikation über Kabelfernsehtetze (CATV)

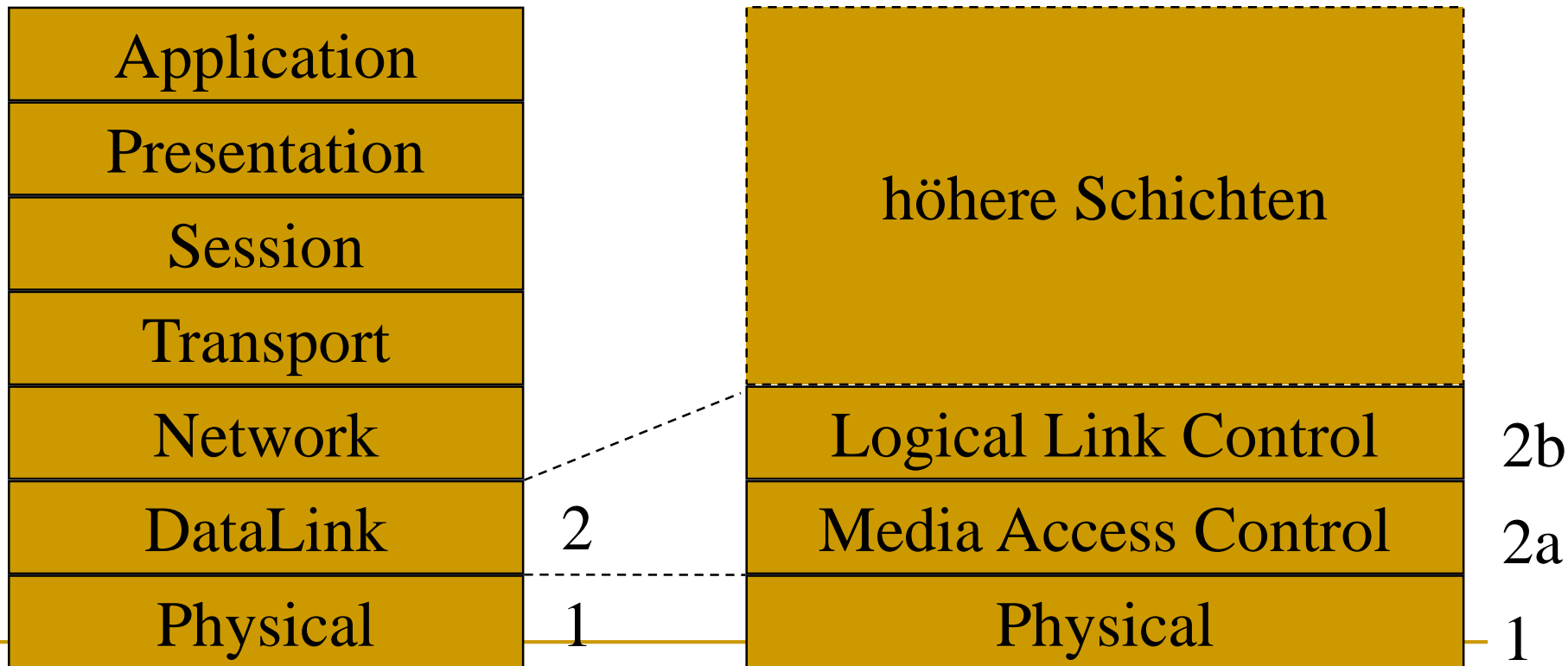
Sektionen des IEEE 802 Standards (3)

- 802.15 Wireless Personal Area Network (WPAN), basierend auf Bluetooth
- 802.16 Wireless Metropolitan Area Network (WMAN)
- 802.19 Coexistence (Nebeneinander div. Standards)
- 802.20 Wireless Mobility and Handover / Interoperability

Beziehung zwischen dem OSI-Modell und den IEEE 802 Standards

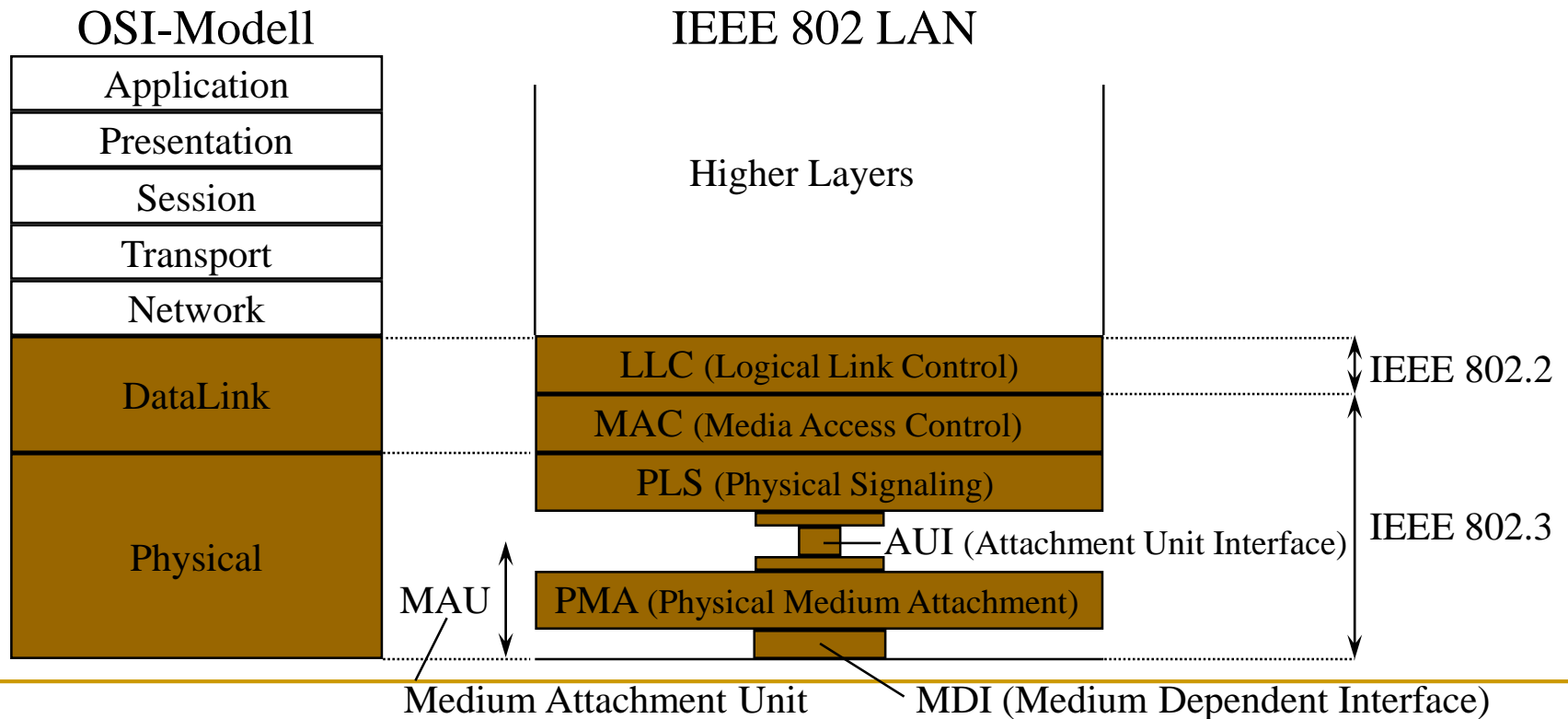
ISO/OSI-Modell

IEEE 802 Layers



Beziehung zwischen dem OSI-Modell und den IEEE 802 Standards (2)

- Die Aufgabenaufteilung im (älteren) 802.3-Modell entspricht nur teilweise dem ISO/OSI-Referenzmodell.

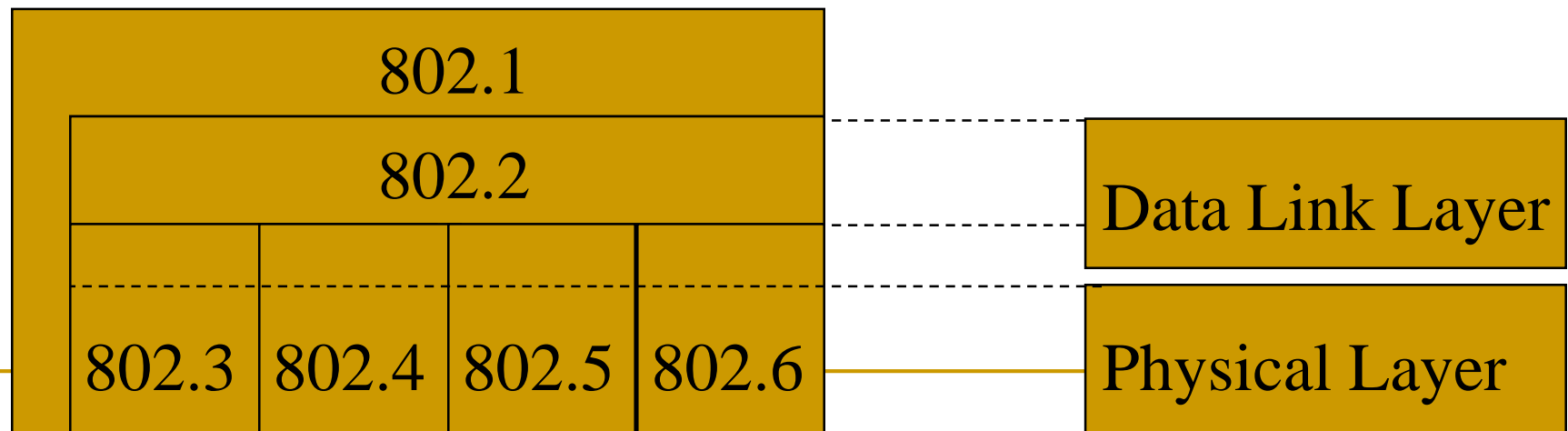


Beziehung zwischen dem OSI-Modell und den IEEE 802 Standards (3)

- Das IEEE-Standardisierungskonzept 802 besteht aus mehreren Einzelstandards, die die Schichten 1 und 2 des ISO-Referenzmodells umschreiben. Die Layer-Grenze unterscheidet sich dabei zwischen ISO und IEEE um den MAC (Media Access Control) Sublayer!

IEEE 802 Standards

OSI-Layers



Beziehung zwischen IEEE 802 Layers und den IEEE 802 Standards

IEEE 802 Layers

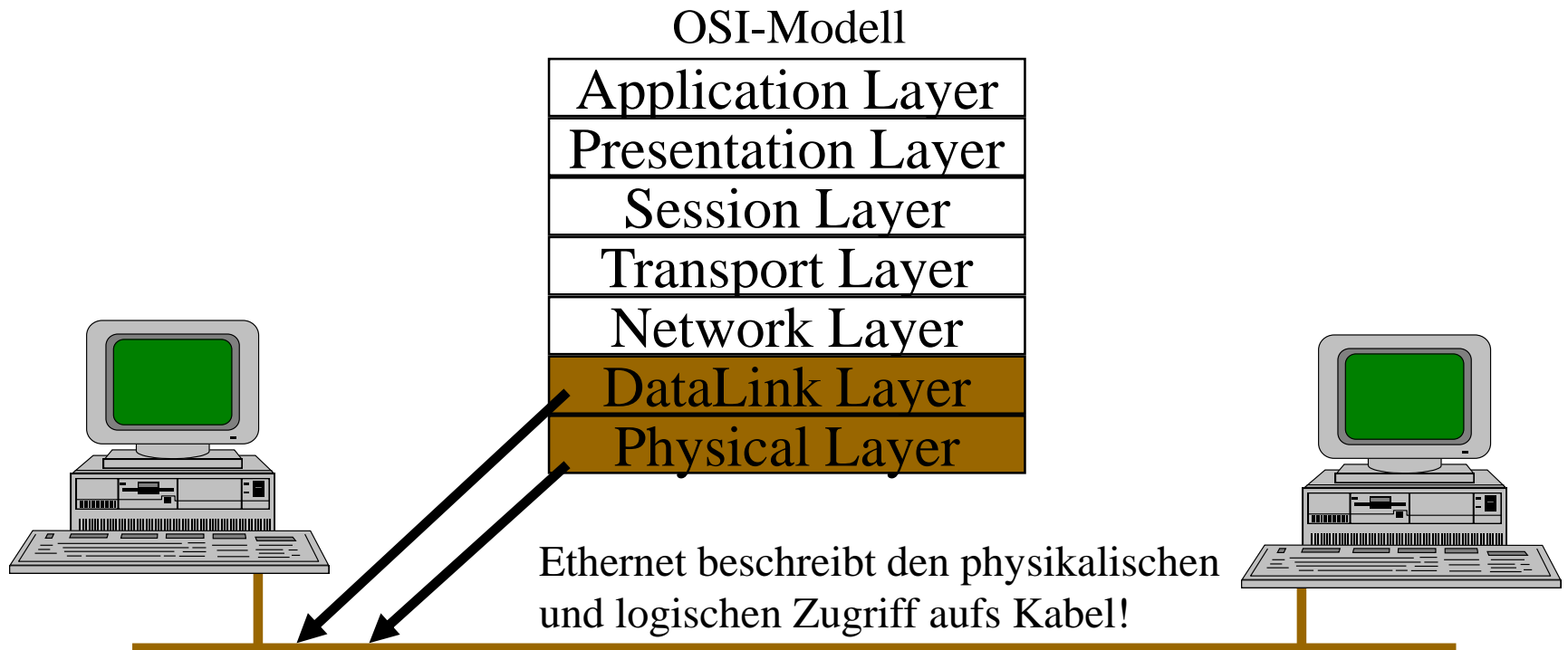
Logical Link Control
Media Access Control
Physical

IEEE 802 Standards

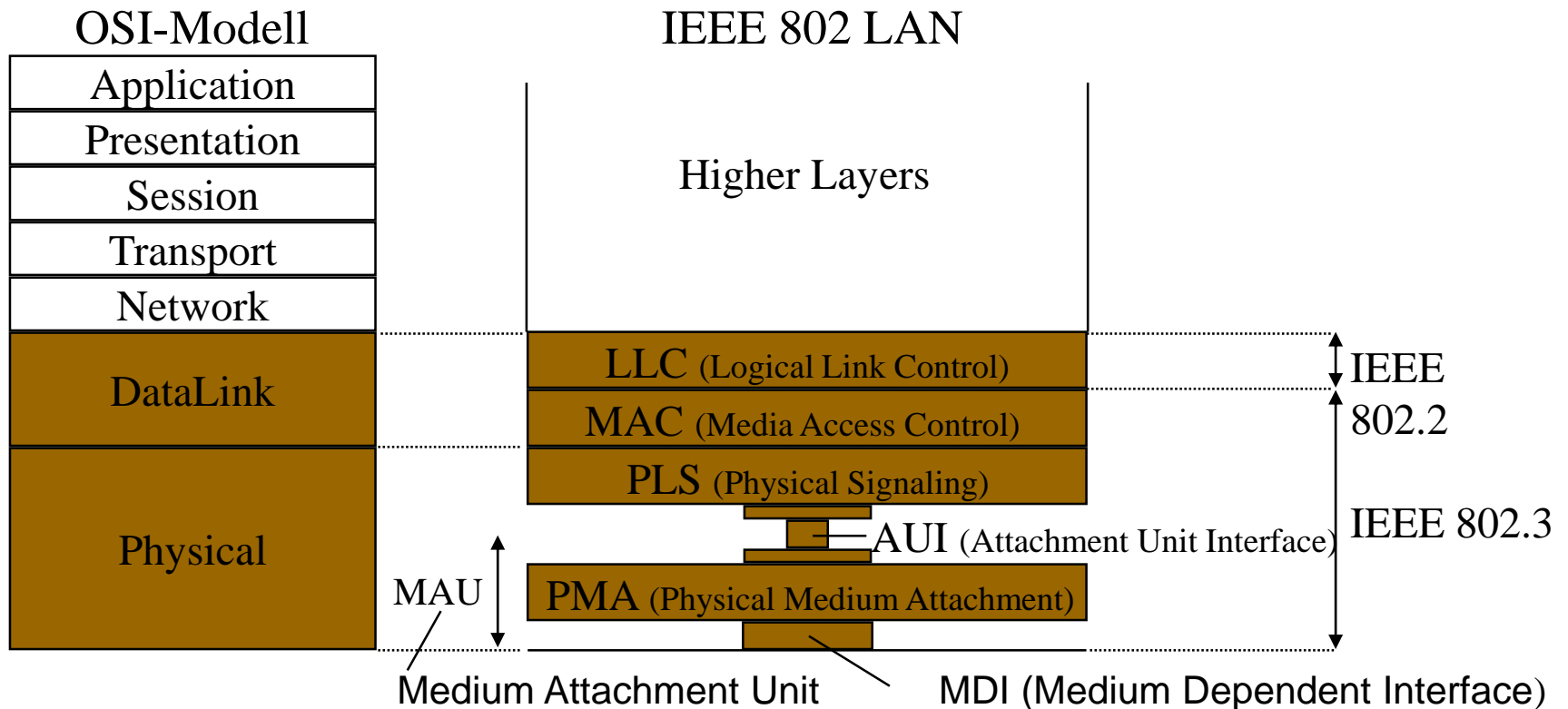
802.1				
802.2				
802.3	802.4	802.5	802.6	

Einbindung im OSI-Modell

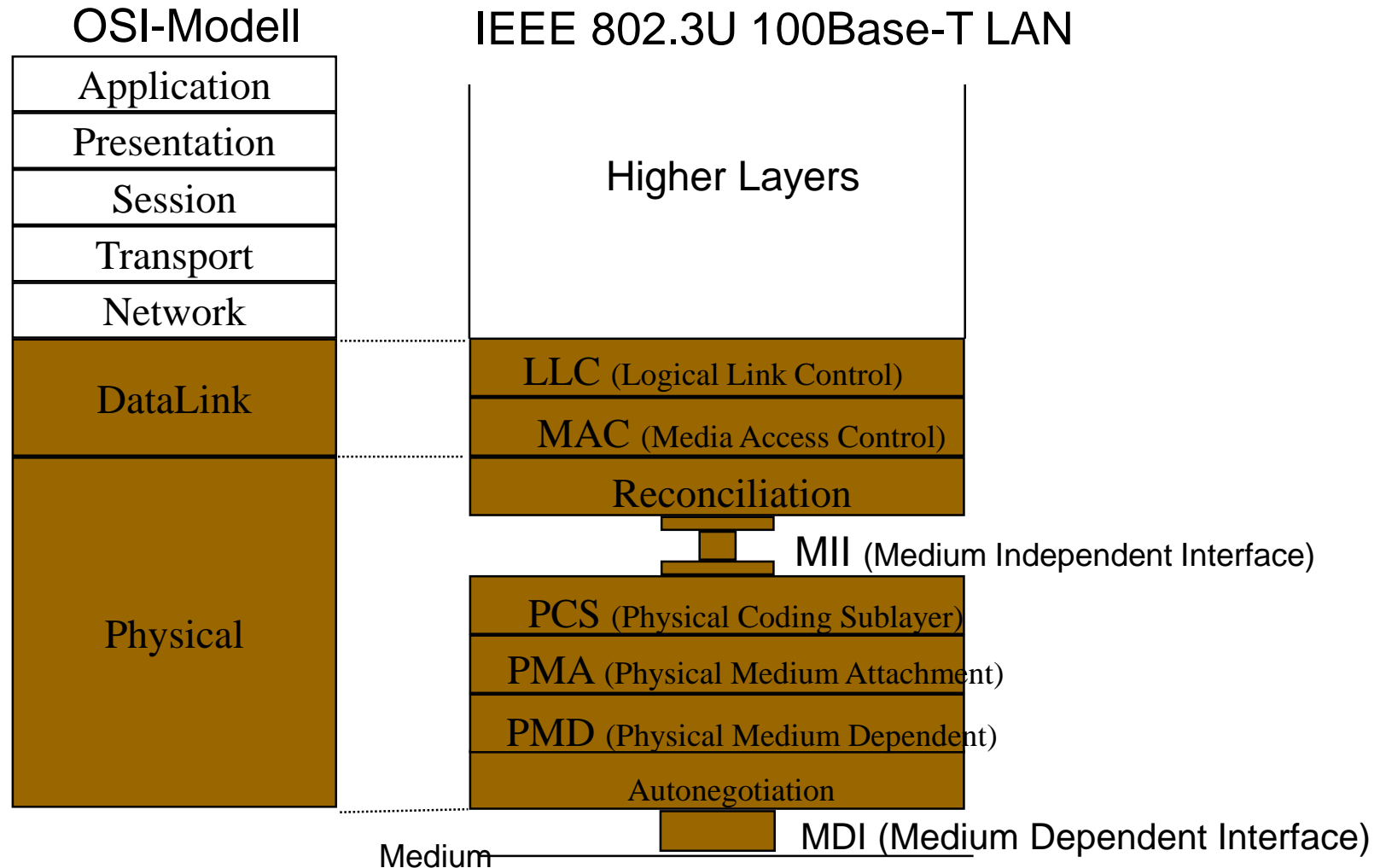
Ethernet erfüllt im OSI-Modell nur die Aufgaben der Layer 1&2. Alle anderen Aufgaben müssen von zusätzlichen Produkten (Protokollen) wahrgenommen werden.



LAN-Architekturmodell des IEEE 802.3



Referenzmodell 100Base-T



Teilaufgaben der IEEE 802 Layer1 & Layer2

- LLC Logical Link Control (nach IEEE 802.2)
Fehlerbehandlung (Erkennen, Beheben, Quittieren)
Flusssteuerung
Reihenfolgesicherung ('queuing')
- MAC Zugriffsverfahren (CSMA/CD nach IEEE 802.3)
- PLS Taktgenerierung (Synchronisierung & Zeitkontrolle)
Signalcodierung (Manchestercode)
Erzeugen der Frame-Präampel
- AUI Transmitter / Receiver Modul
Kollisionserkennung
Carrier Sensing
- PMA Kabel, Stecker
Medium Interface

Funktionsprinzip

- **Ethernetadressen (MAC-Adresse)**

Jedem Gerät wird eine einmalige Hardware-Adresse zugeordnet. Sie ist 48 Bit (6 Byte) lang. Beispiel für eine Ethernetadresse: 08-00-2B-01-02-03HEX

- **BUS-Prinzip**

Ethernet stellt einen logischen Bus dar, an dem jeder Teilnehmer gleichberechtigt ist (keine Priorität!) und jeder Teilnehmer alles hört (alle Pakete)!

- **Zugriffsverfahren**

Das Prinzip heisst CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection). Senden kann nur einer aufs Mal (wenn die Leitung frei ist).

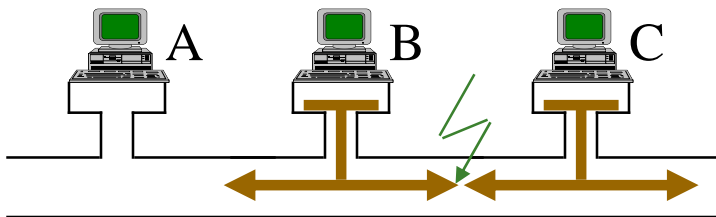
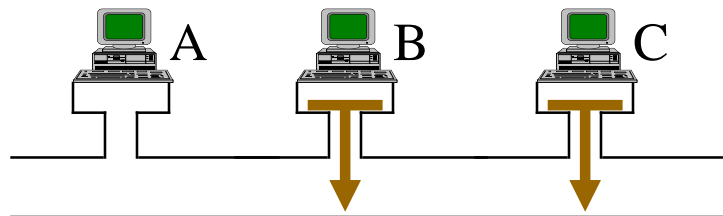
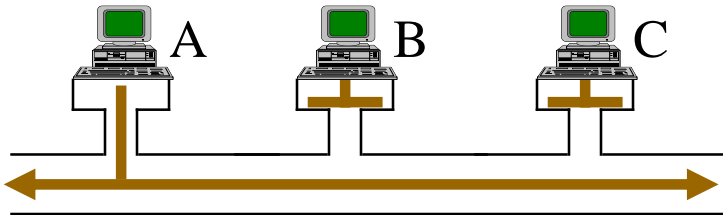
- **Daten abholen**

Jedes Packet wird von einer angeschlossenen Station geprüft. Falls der Meldung die eigene Adresse vorangeht, wird das Packet weiter behandelt.

- **Kenndaten**

Die Bitrate beträgt 10MB/s – 100GB/s. Die Binärsignale werden nach dem Manchester-Code-Verfahren (Pulscode im Basisband) übermittelt.

CSMA/CD Zugriffsverfahren

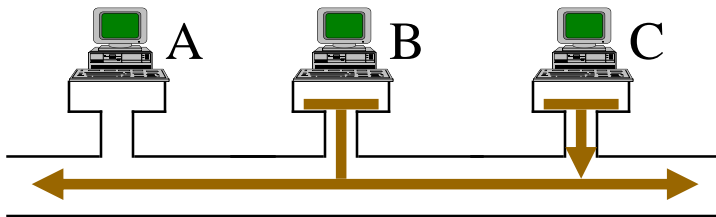


- Gerät A sendet. B und C haben Daten sendebereit und hören den Kanal ab (Carrier Sense).

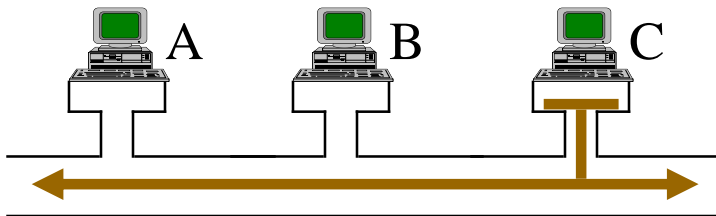
A beendet die Uebertragung. B und C detektieren freien Kanal und senden beide ihre anstehenden Daten (Multiple Access).

- B und C registrieren eine Kollision und senden ein 'Jam-Signal' (Collision Detection). Beide warten eine durch einen Zufallsgenerator erzeugte Zeit ab.

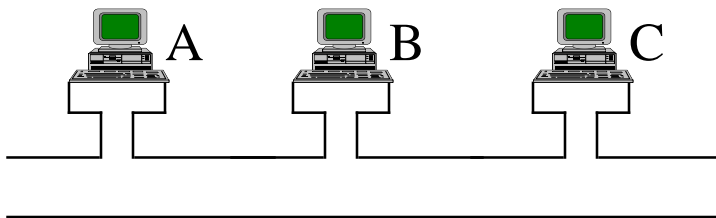
CSMA/CD Zugriffsverfahren



- B beginnt zu senden, da seine Wartezeit kürzer als die von C ist. C detektiert nach Ablauf der Wartezeit besetzten Kanal.

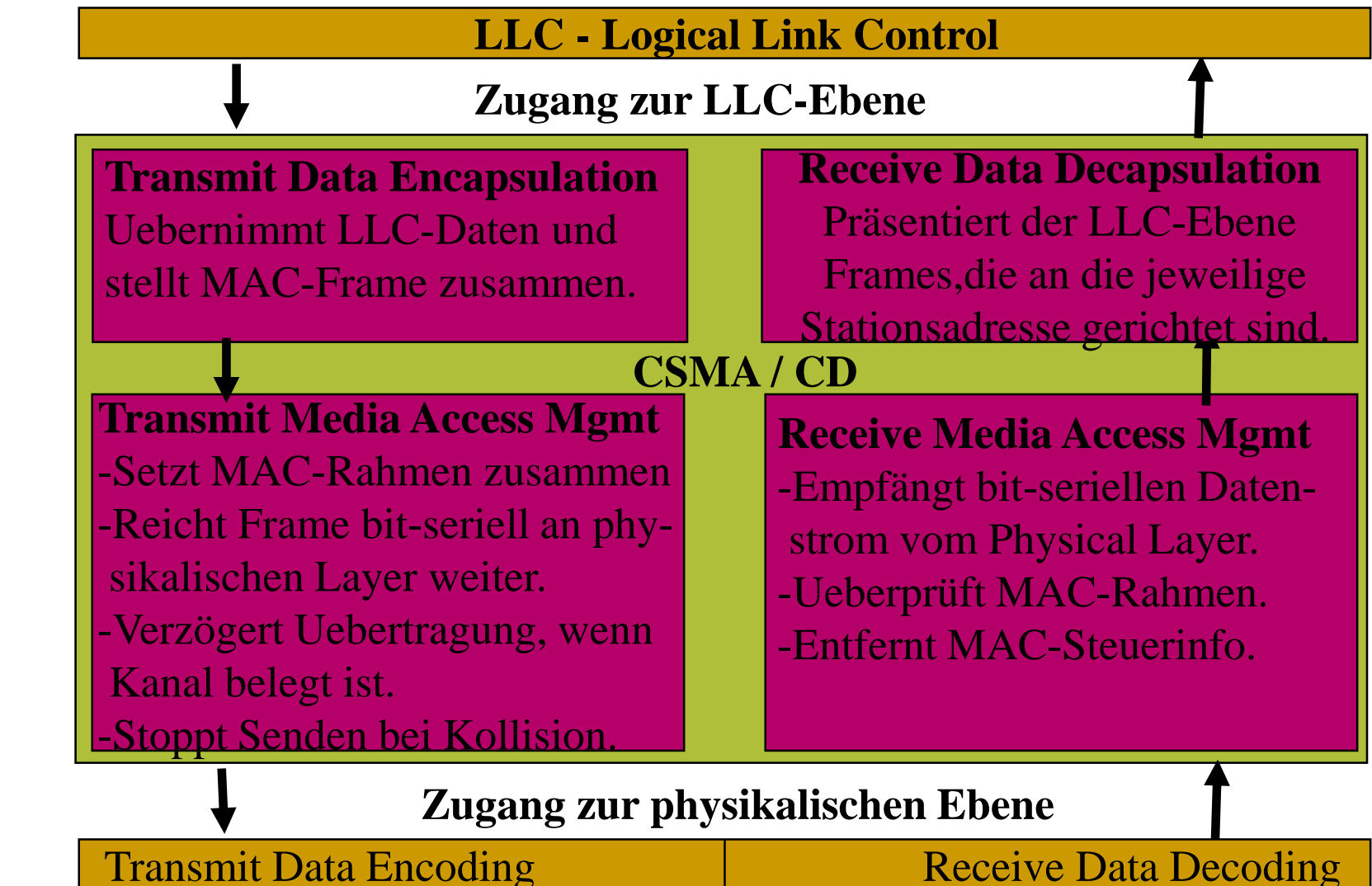


- B hat die Uebertragung beendet. C detek-tiert freien Kanal und beginnt seinerseits Daten zu übertragen.



- Der Kanal ist wieder frei. Der nächste Sendewillige kann sofort mit der Ueber-tragung beginnen.

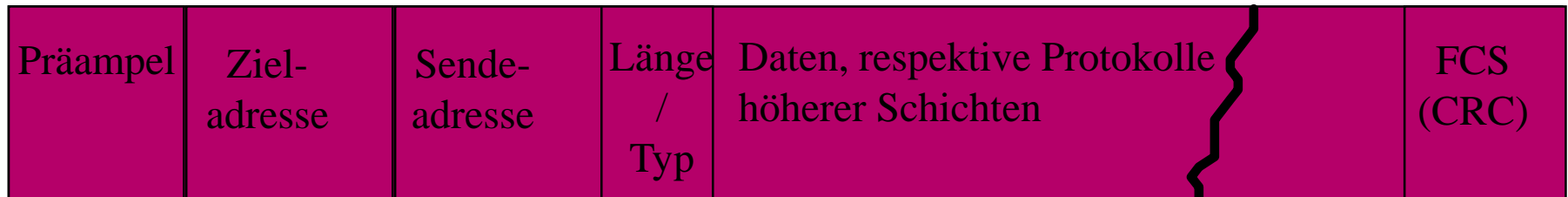
Funktionalität der MAC-Ebene



MAC-Frame Aufbau

Der MAC-Frame (Medium Access Control) besteht aus:

- Präampel
- Adressfelder (Sender und Empfänger)
- Längen- (bei IEEE 802.3) / Typenfeld (bei Ethernet)
- LLC-Daten (Protokolle höherer OSI-Layer)
- Frame-Check-Sequence FCS (Cycle Redundancy Check CRC)

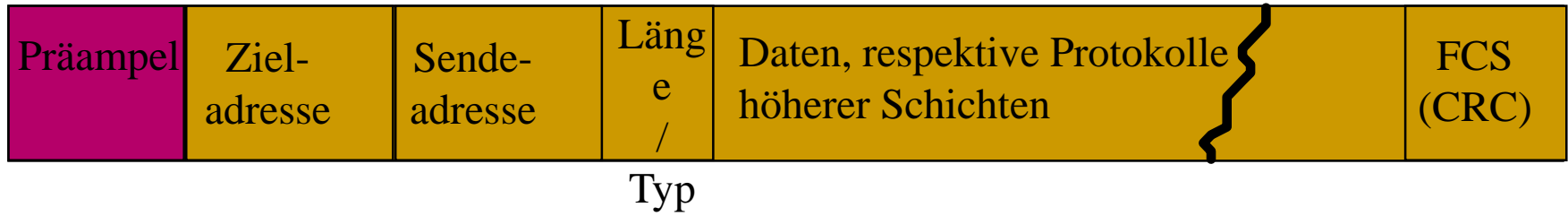


8 Byte 6 Byte 6 Byte 2 Byte 46 - 1500 Byte 4 Byte

Minimallänge MAC-Frame : 64 Bytes (ohne Präampel)

Maximallänge MAC-Frame : 1518 Bytes (ohne Präampel)

MAC-Frame Präampel



■ IEEE 802.3 - Präampel

- Länge 56 Bits (7 Bytes)

10101010 10101010 10101010 10101010 10101010 10101010 10101010
Erzeugt in Manchester codierter Form bei 10MB/s ein symmetrisches Signal von 5MHz. Ermöglicht den PLS-Modulen die Synchronisation.

- Start Frame Delimiter SFD (1 Byte)

10101011

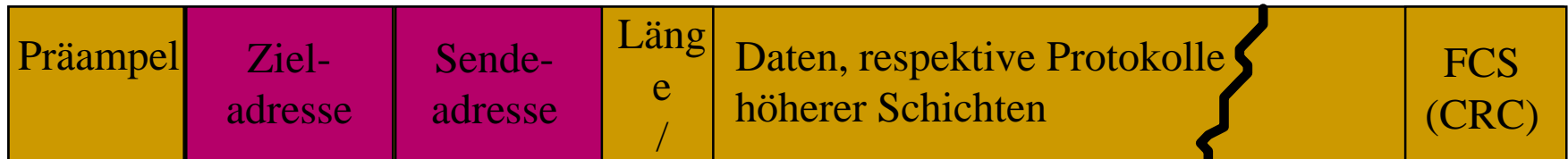
Die beiden letzten Bitwerte (11) signalisieren den Start des Frames.

■ Ethernet - Präampel

- Länge 64 Bits (8 Byte)

10101010 10101010 10101010 10101010 10101010 10101010 10101010
10101011 -> in der Praxis KEIN Unterschied zu 802.3!

MAC-Frame Adressfelder



- IEEE 802.3 - Destinationaddress (DA) & Sourceaddress (SA)

- Länge 48 Bit (6 Byte)

Jede Station hat eine ein-eindeutige Adresse (wird von der Firma Xerox an die Hersteller von Kommunikationsgeräten abgegeben).

Das zuerst gesendete Bit entscheidet, ob es sich um eine individuelle Stationsadresse oder um eine Gruppenadresse (Multicast, Broadcast) handelt.

48 Bit - Adressformat (bspw. 08'00'2B'0A'01'EF_{HEX})

I/G	U/L	46-Bit-Adresse
-----	-----	----------------

I/G=0 - Individualadresse; I/G=1 - Gruppenadresse (bspw. Broadcast: 'FF'FF'FF'FF'FF'FF)

U/L=0 - Global verwaltete Adresse (Xerox); U/L=1 - Lokal verwaltete Adresse

- Ethernet - Destinationaddress (DA) & Sourceaddress (SA)

Identisch mit 802.3 jedoch ohne Unterscheidung global/lokal verwaltete Adresse.

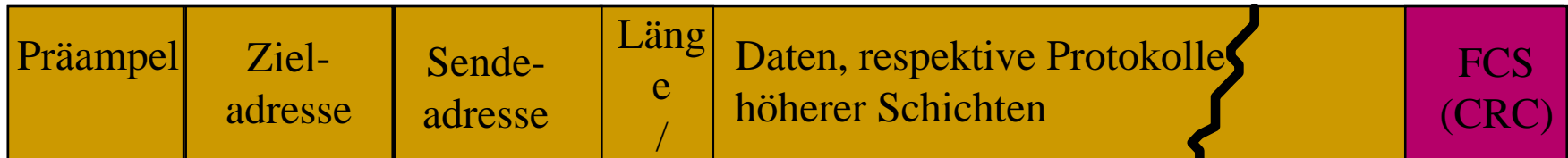
MAC-Frame LLC-Daten



■ IEEE 802.3 und Ethernet - LLC-Daten

- ❑ Länge 46...1500 Bytes (zwingend ein Vielfaches von 8 Bit)
- ❑ Hier sind die Daten der nächsthöheren Layer untergebracht. Ueber die Struktur dieser Daten besitzt der Data-Link-Layer (Verbindungsebene) keine Informationen (völlige Transparenz).
- ❑ Um korrekte CSMA/CD-Operationen (Kollisionserkennung bei langen Leitungen, Laufzeitverzögerungen) zu gewährleisten, muss der MAC-Frame (ohne Präampel und Start Frame Delimiter) eine Mindestlänge von 46 Bytes haben. Wird diese unterschritten, werden Füllzeichen (PAD's) hinzugefügt. Wird also beispielsweise ein Buchstabe (8 Bit, 1 Byte) übertragen, so werden zusätzlich 45 Byte Padding-Infos mit transferiert.
- ❑ Da die Daten für den LLC-Layer transparent sind, ist zwischen IEEE 802.3 und Ethernet kein Unterschied vorhanden.

MAC-Frame Check Feld



- IEEE 802.3 und Ethernet - Frame Check Sequence
 - Länge 32 Bit (4 Byte)
 - Dieses Feld enthält den über den Frame (Ziel-, Quelladresse, LLC-Länge, LLC-Daten (inkl. ev. PADs) berechneten CRC-Wert (Cycle Redundancy Check). Anhand des 32-Bit-Wertes kann der Frame-Empfänger Übertragungsfehler mit hoher Wahrscheinlichkeit feststellen.
 - Fehler die zu ungültigen Frames führen:
 - LLC-Länge nicht mit tatsächlicher Länge konsistent.
 - Framelänge kürzer als 64 Byte oder länger als 1518 Byte.
 - Länge des MAC-Frames endet nicht auf einer Byte-Grenze (Alignment).
 - Der im FCS-Feld übertragene Wert entspricht nicht dem errechneten CRC.

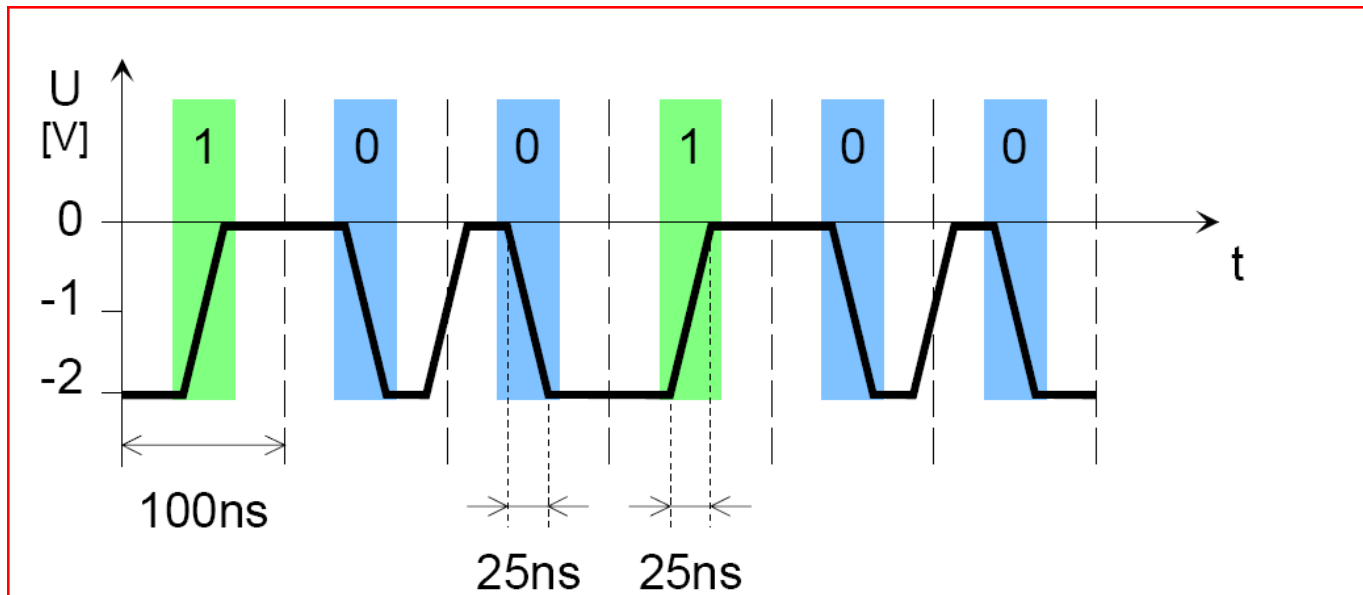
MAC-Frame Länge / Typfeld



- IEEE 802.3 - Längenfeld
 - Länge 16 Bit (2 Byte)
Gibt die LLC-Datenlänge in Bytes an. Dadurch ist vor Rahmenende die Gesamtlänge des Frames bekannt (einfachere Erkennung für CRC).
- Ethernet - Typfeld
 - Hat an Stelle der LLC-Länge eine Typusinformation betreffend Produzent und Art der Mitteilung (Protokoll).
Beispiel: Packet Type 60'04 bedeutet: Firma Digital, LAT-Protokoll
- Das Länge-/Typfeld steht den höheren Protokollebenen (Layern) als Informationsfeld zur Verfügung und wird nicht vom Data-Link-Layer interpretiert! Da das Typenfeld bei Ethernet immer >1500 ist (Maximalwert beim IEEE 802.3 Längenfeld), können beide Protokolltypen miteinander koexistieren!

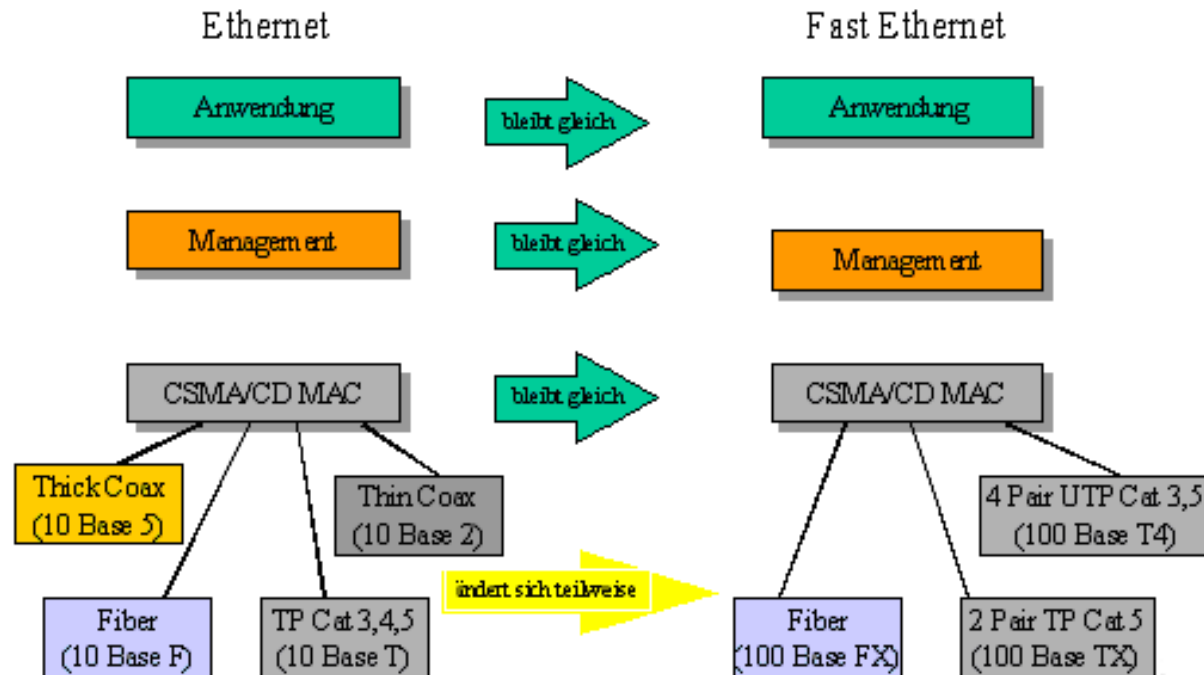
Manchester Codierung

- Eine 1 wird als positive Flanke, eine 0 als negative Flanke übertragen, somit ergibt sich für jedes Bit ein Signalwechsel



Fast Ethernet

Übergang zu Fast Ethernet



Kabel Typen

Längen für Kupfer-Doppelader

Kabelkategorie	Übertragungs- klasse (nach ISO/EN)	Standard	Linklänge	Übertragungs- frequenz	Kabel genormt bis (nach TIA/EIA 568 und EN 50288)
Cat-3	Klasse C	10BASE-T	100 m	2 x 10 MHz	16 MHz
Cat-5	-	100BASE-TX		2 x 31,25 MHz	100 MHz
Cat-5	-	1000BASE-T		4 x 62,5 MHz	100 MHz
Cat-5e	Klasse D				100 MHz
Cat-5e, ungeschirmt		*) 45... ? m	4 x 417 MHz	100 MHz	
Cat-5e, geschirmt		über 45 m		100 MHz	
Cat-6, ungeschirmt		Klasse E		*) 55... 100 m	250 MHz
Cat-6, geschirmt	100 m			250 MHz	
Cat-6A		Klasse E _A	500 MHz		
Cat-7		Klasse F	600 MHz		

Die zulässige Gesamtlänge der Übertragungsstrecke beträgt in der Regel 100 m. Darin enthalten sind:

- 90 m Installationskabel
- 10 m Patchkabel (2 x 5 m)
- 2 Steckverbindungen (z.B. Dose und Patchfeld)

Kabel Typen

Längen für Multimode-Glasfaserkabel

Geschwindigkeit	Verkabelung	Entfernung (max)
10 MBit/s	OM1 - 10BaseForil - LWL-Multimode 62,5/125 µm	1000 m
	OM1 - 10BaseF - LWL-Multimode 62,5/125 µm	2000 m
100 MBit/s	OM1/OM2 LWL-Multimode 62,5/125 µm / 50/125 µm HDX	412 m
	OM1/OM2 LWL-Multimode 62,5 µm, 50 µm FDX	2000 m
1 Gbit/s 1000Base-SX	OM1 LWL-Multimode 62,5/125 µm	220 m
	OM2 LWL-Multimode 50/125 µm	550 m
	OM3 LWL-Multimode 50/125 µm	>550 m
10 Gbit/s 10GBase-SR	OM1 LWL-Multimode 62,5/125 µm	26 m
	OM2 LWL-Multimode 50/125 µm	82 m
	OM3 LWL-Multimode 50/125 µm	300 m
10 Gbit/s 10GBase-LRM	OM1/2/3 LWL-Multimode 62,5/125 µm / 50/125 µm	220 m

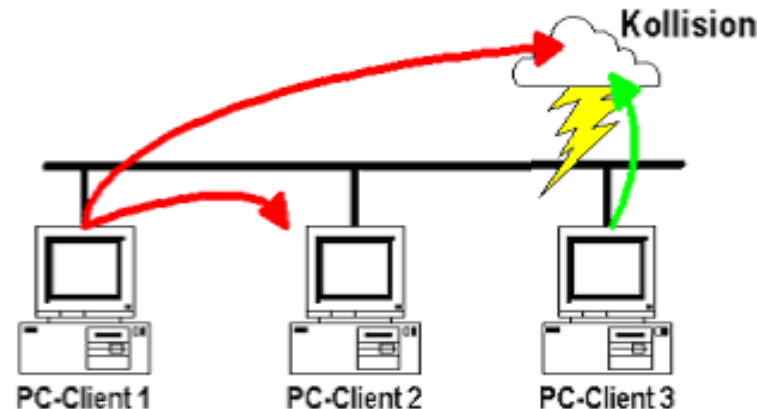
Längen für Singlemode-Glasfaserkabel

Geschwindigkeit	Verkabelung	Entfernung (max)
10 Gbit/s 10GBase-LR	LWL-Singlemode 8-10 µm	10-25 km
10 Gbit/s 10GBase-ER	LWL-Singlemode 8-10 µm	40 km
10 Gbit/s 10GBase-ZR	LWL-Singlemode 8-10 µm	80 km

Switching

CSMA/CD Medien-Zugangsprotokoll

- ☐ Medium (Kabel) kann nur von einer Station verwendet werden
- ☐ einzelne Stationen wechseln sich ab mit Senden
- ☐ wollen zwei Stationen gleichzeitig senden, kommt es zur **Kollision**



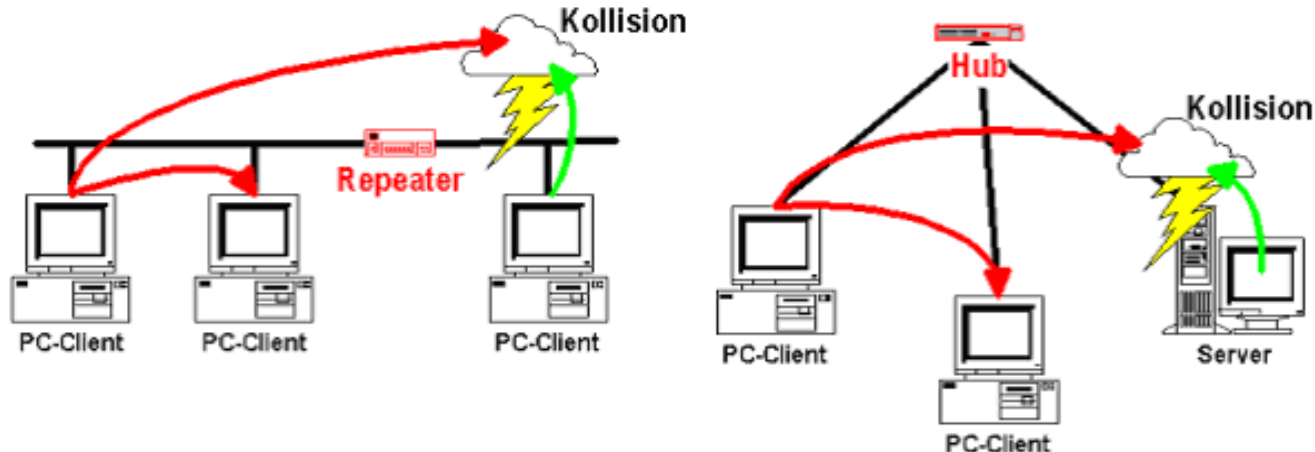
Nicht mehr relevant
bei Switches und
strukturierter
Verkabelung
voll duplex

Senden PC1 und PC3 gleichzeitig
kommt es zur Kollision

Switching

Prinzip: Signalverstärkung (bitserielle Weitergabe)

- ☐ Aufhebung von **Beschränkungen**
- ☐ elektrische Fehler werden **separiert**
- ☐ verbindet unterschiedliche **physikalische Medien**

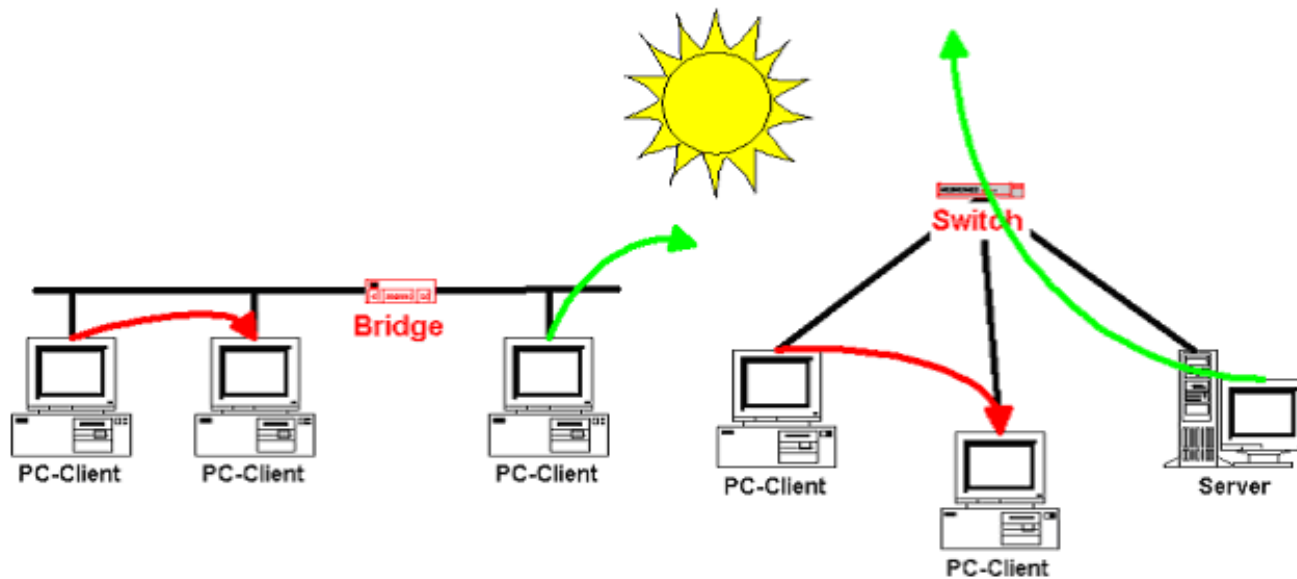


Kollisionen werden nicht verhindert



HUB und Repeater sind Auslaufmodelle

Switching



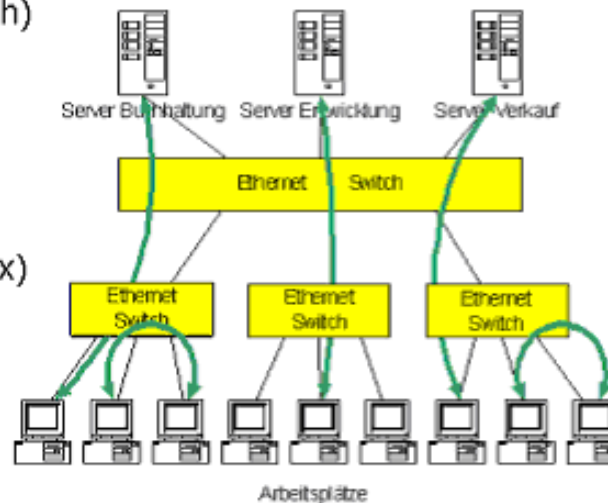
lokale Datenkommunikation bleibt ungestört

→ **Switches state of the art**

Switching

Switch :

- ☐ Funktionsweise einer High-performance Multiport-Bridge
- ☐ mehrere Kommunikationsbeziehungen gleichzeitig
- ☐ Vermittlungseinheiten (ASICs oder spezielle RISC-Prozessoren)
- ☐ Weiterleiten der Frames
 - ☐ Cut-Through (sobald wie möglich)
 - ☐ Store and Forward
- ☐ Zusatzfunktionen
 - ☐ Filter
 - ☐ VLAN
 - ☐ Zugangsabprüfung (IEEE 802.1x)



Strukturierte Verkabelung

Strukturierte Verkabelung

Kabelmedium Kupfer

- ☐ Kupferadern (0,5 – 0,6 mm)
 - ☐ paarweise verdreht
 - ☐ Kabelaufbau
 - ☐ S/STP-Kabel
 - ☐ S/UTP-Kabel
- ☐ EMV-Problematik
 - ☐ elektromagnetische Störungen
 - ☐ gut geschirmte Kabel
- ☐ 2 Adernpaare pro Anschluss
- ☒ 4 Adernpaare bei 1000 Mbit/s-Ethernet



Dose



RJ45-Stecker

S/UTP-Kabel



Gesamtschirm aus Folie und Kupfergeflecht

Cat 5 100 MHz

S/STP-Kabel



Paarschirm aus Folie und Gesamtschirm aus Kupfergeflecht

bis Cat 7 und 1200 MHz

Strukturierte Verkabelung

Strukturierte Verkabelung

Kabelmedium Glas

- ☐ Multimode
 - ☐ 50/125 μ (Europa)
 - ☐ 62.5/125 μ (Nordamerika)
 - ☐ Länge ohne Verstärkung : ca. 2 km (10Mb/s)
- ☐ Monomode
 - ☐ 9/125 μ
 - ☐ Länge ohne Verstärkung : ca. 40 km (10Mb/s)
- ☐ Optische Fenster (Dämpfung gering)
 - ☐ 850 nm
 - ☐ 1310 nm
 - ☐ 1550 nm
- ☐ Kabelaufbau
 - ☐ Vollader (Patchkabel)
 - ☐ Bündelader (Spleißboxen)
- ☐ keine EMV-Problematik
- ☐ kleinere Kabeldurchmesser
- ☐ 2 Fasern pro Verbindung



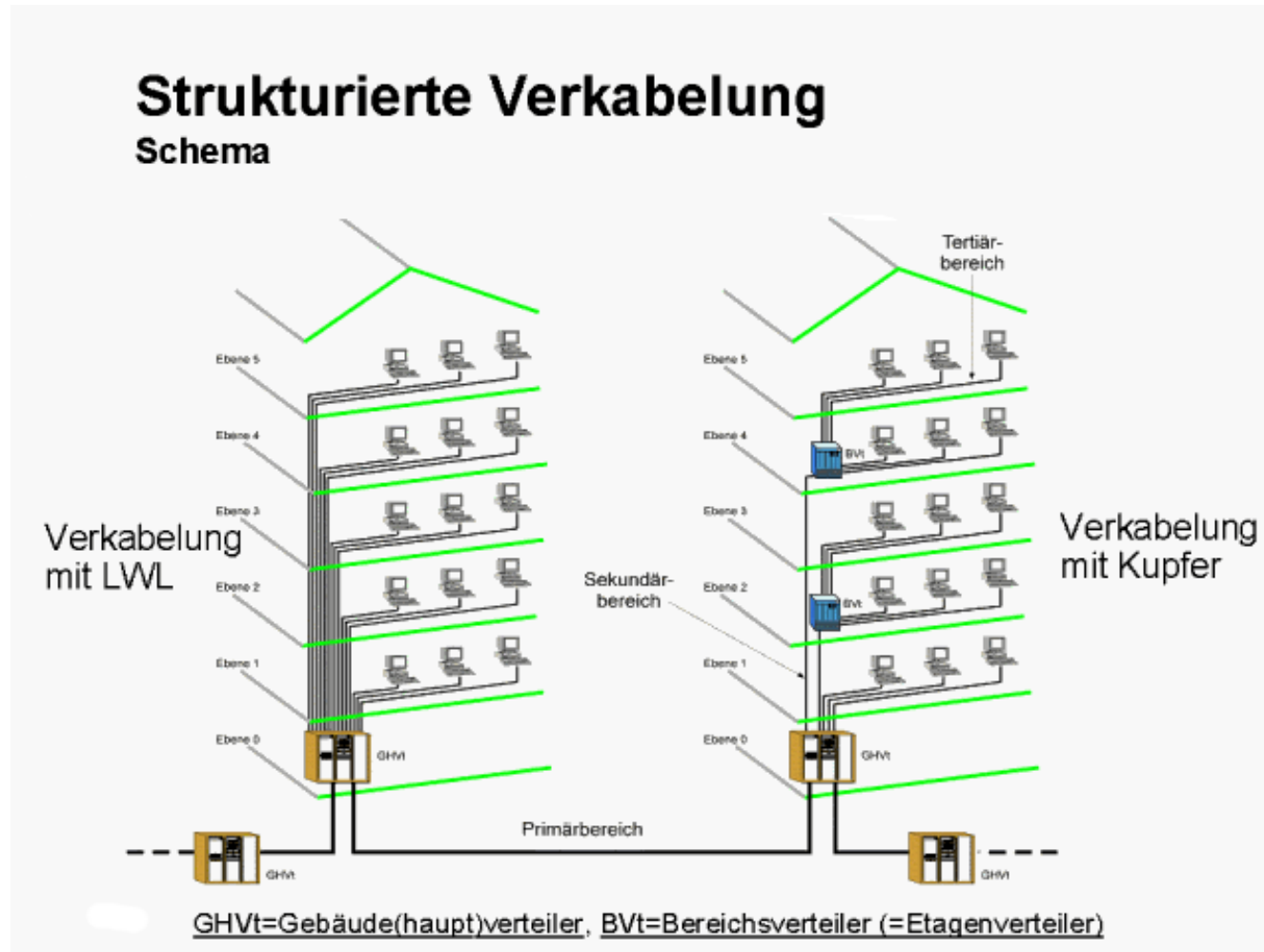
ST-Stecker



SC-Stecker



Strukturierte Verkabelung

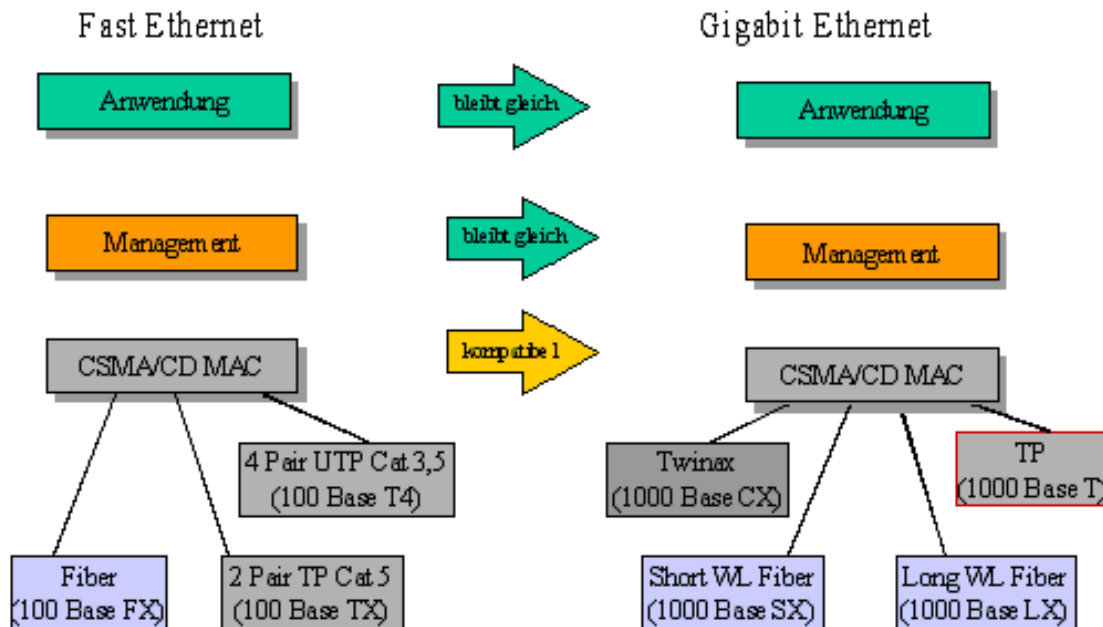


Gigabit Ethernet IEEE 802.3z

- 1995 erste Ideen
- 3. Quartal 1996 Einsetzen einer Arbeitsgruppe
- Gigabit Ethernet Alliance 108 Hersteller
- Ab 1998 erste Produkte
- Vollduplex Switching (angewendet bei 100Base-T)
- Switch wickelt CSMA/CD ab
- Switch wird zum Netz (Längenbeschränkung)

Übergang zu Gigabit Ethernet

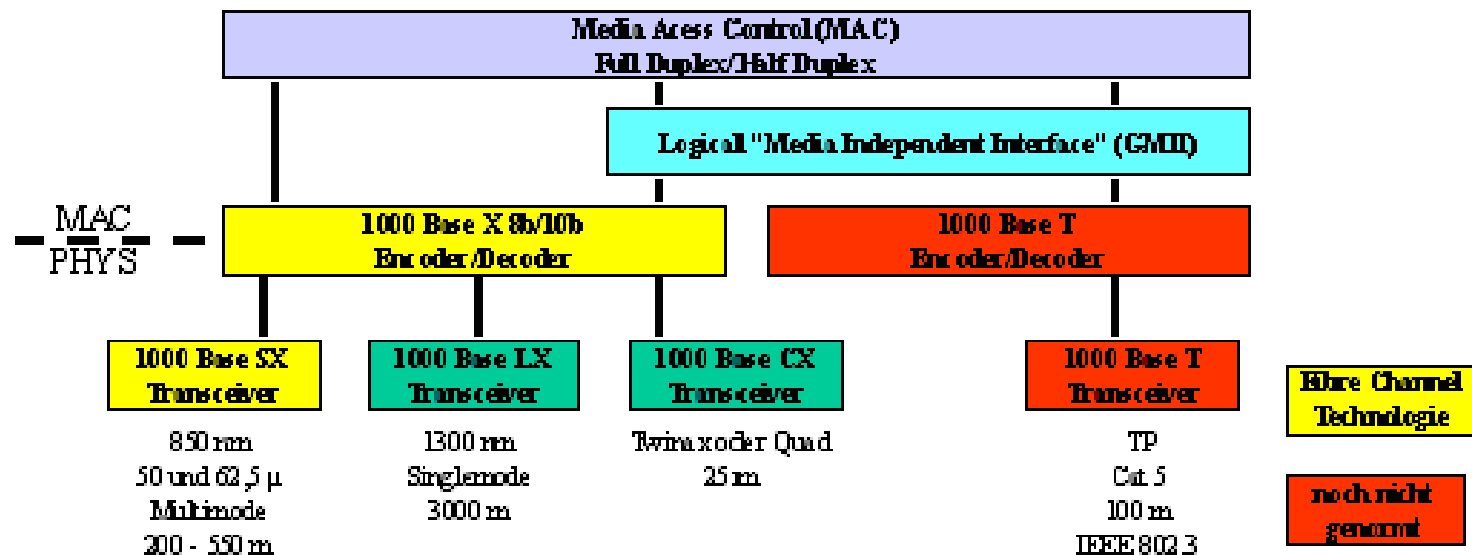
Übergang zu Gigabit Ethernet



Gigabit Ethernet

Gigabit Ethernet untere Schichten

- ❑ **MAC Ebene** 10 * Fast Ethernet
- ❑ **Phys Ebene** Fibre Channel Signalisierung
 - Bauelemente für De- und Encoding schon vorhanden
 - für high performance eingerichtet



Gigabit Ethernet Vorteile

- Geringer Konfigurations- und Betriebsaufwand
- Kostengünstig
- Gleiches Management wie bei Ethernet und Fast Ethernet
- Sanfte Migration
- Einfache Übergänge
 - Keine Änderung des Frameformates
 - Kompatibel zu bestehenden Komponenten
- Geringe Einführungs- und Wartungskosten

Gigabit Ethernet Einsatzgebiet

- Hohe Last, aber geringe Anforderungen an Echtzeitübertragung
- Kopplung von High Speed Komponenten im Backbone-Bereich
 - Switch zu Switch-Verbindungen
 - Switch Server
 - Arbeitsplatz

Vergleich Gigabit Ethernet - ATM

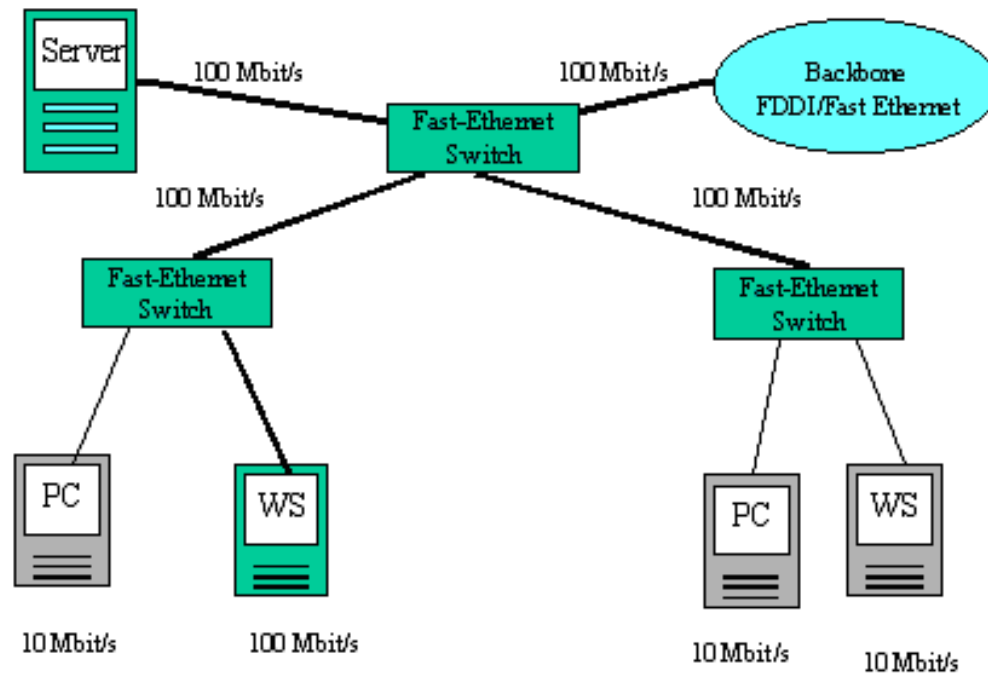
Merkmale	Gigabit Ethernet	ATM
IP-Kompatipilität	Ja	Ja
Ethernet Pakete	Ja	Ja
Echtzeitanwendungen	Nein	Ja
Multimediafähig	Eingeschränkt	Ja
Quality of Services	Eingeschränkt (RSVP)	Ja
VLAN-fähig	Ja	Ja
Skalierbar	Ja	Ja
Ausfallsicherheit	Möglich	Möglich
Preis	Tief	Hoch (bis 10x)

Mechanismen für Multimedia

- RTP (Real Time Protokoll)
- RSVP (Ressource Reservation Protokoll Schicht 3)
 - Reservierung von Bandbreite
 - Jede Netz-Komponente zwischen Client und Server muss diese Funktion implementiert haben
- IEEE 802.1p und IEEE 802.1q (Schicht 2)
 - Kenzeichnen der Datenpakete mit Priorität
 - Realisiert durch CoS (Class of Services)
- GARP (Group Attribute Registration Protocol)
 - Unterstützt Multicast auf Schicht 3
 - Reduziert Netzlast

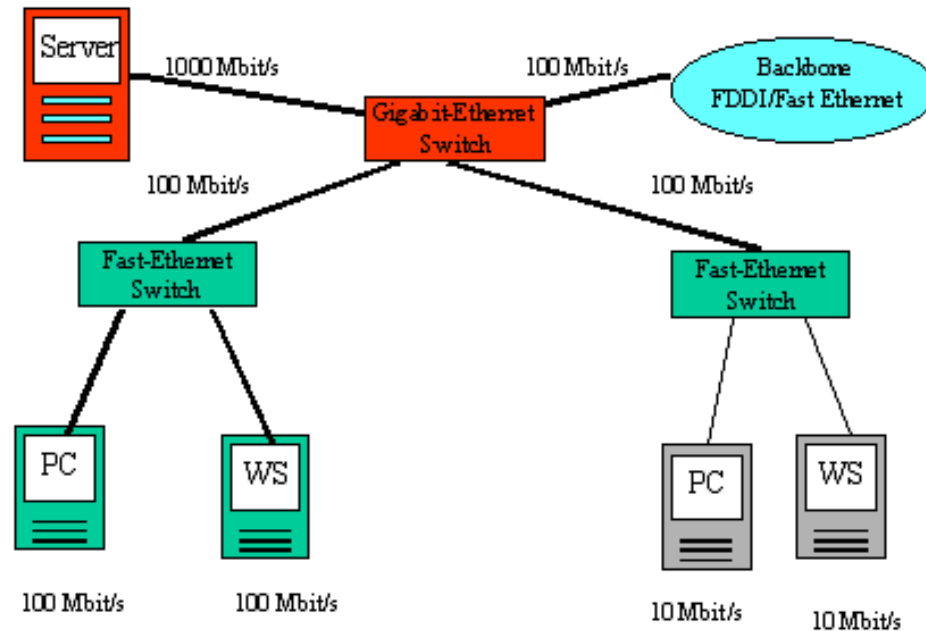
Migration

Migration Anfangskonfiguration



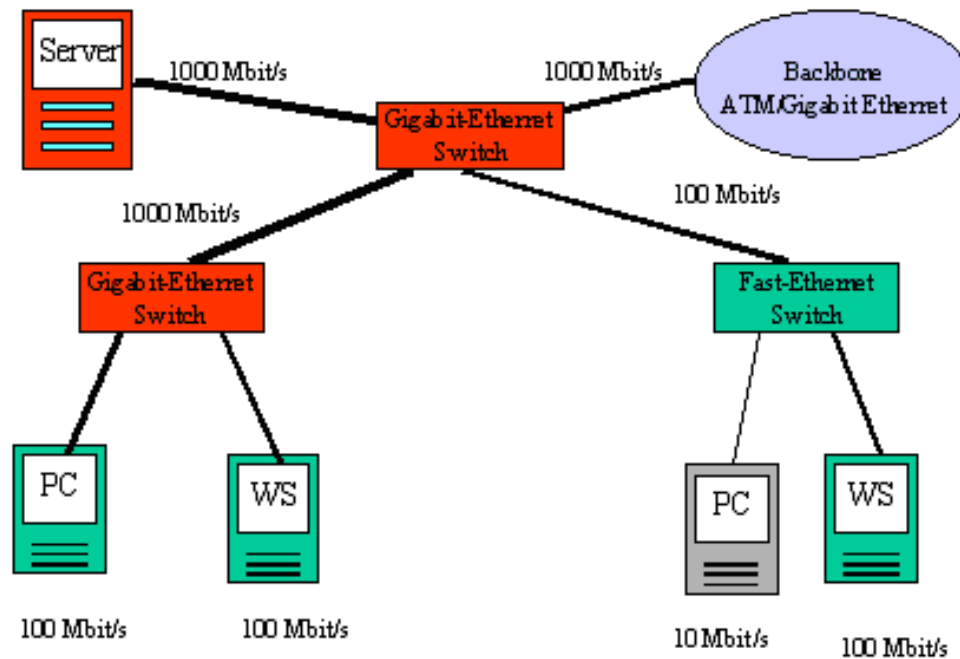
Migration

Migration Serveranbindung



Migration

Migration Switchersetzung



10 G/Bit 802.ae

- Standard seit Juni 2002
- Vereinigt LAN, MAN, WAN
- Alle Schnittstellen für Glasfaser (Kein Kupfer)
- Unterstützt nur Fullduplex dadurch lassen sich (theoretisch) unbeschränkte Distanzen überbrücken

10 Gbit/s Ethernet mit Glasfaser-Kabeln

- **10GBASE-LX4** nutzt Wellenlängenmultiplexierung; um Reichweiten zwischen 240 und 300 m über die Multimode-Fasern OM1, OM2 und OM3 zu ermöglichen. Hierbei wird gleichzeitig auf den Wellenlängen 1275, 1300, 1325 und 1350 nm übertragen.
- **10GBASE-LW4** überträgt mit Hilfe von Single-Mode-Fasern Licht der Wellenlänge 1310 nm über Distanzen bis zu 10 km.
- **10GBASE-SR** überbrückt kurze Strecken über Multimode-Fasern, dabei wird langwelliges Licht mit einer Wellenlänge von 850nm verwendet. Die Reichweite ist dabei abhängig vom Kabeltyp, so reichen OM1-Fasern bis zu 26 m weit, OM2 bis zu 82 m und OM3 bis zu 300 m.
- **10GBASE-LR** verwendet eine Wellenlänge von 1310 nm, um über Single-Mode-Fasern eine Distanz von bis zu 10 km zu überbrücken.
- **10GBASE-ER** benutzt wie 10GBASE-LR Single-Mode-Fasern zur Übertragung, jedoch bei einer Wellenlänge von 1550 nm, was die Reichweite auf bis zu 40 km erhöht
- Die Standards **10GBASE-SW**, **10GBASE-LW** und **10GBASE-EW** benutzen einen zusätzlichen WAN-Phy, um mit OC-192- (SONET) bzw. STM-64-Equipment (SDH) zusammenarbeiten zu können. Der Physical Layer entspricht dabei 10GBASE-SR bzw. 10GBASE-LR bzw. 10GBASE-ER, benutzen also auch die gleichen Fasertypen und erreichen die gleichen Reichweiten. Zu 10GBASE-LX4 gibt es keine entsprechende Variante mit zusätzlichem WAN-Phy.

10 Gbit/s Ethernet mit Twisted-Pair-Kabel

- **10GBASE-CX4** nutzt doppelt-twinaxiale Kupferkabel, die eine maximale Länge von 15 m haben dürfen. Dieser Standard war lange der einzige für Kupferverkabelung mit 10 Gbit/s, verliert allerdings durch den abwärtskompatiblen Standard 10GBASE-T zunehmend an Bedeutung.
- **10GBASE-T** verwendet wie schon 1000BASE-T vier Paare aus verdrehten Doppeladern. Die dafür verwendete strukturierte Verkabelung wird im Standard TIA/EIA 568 beschrieben. Die zulässige Linklänge ist vom eingesetzten Verkabelungstyp abhängig: Um die angestrebte Linklänge von 100 m zu erreichen, sind die Anforderungen von CAT6a/7 zu erfüllen. Mit den für 1000BASE-T eingesetzten CAT5-Kabeln (Cat 5e) ist nur die halbe Linklänge erreichbar. Der Standard ist in 802.3an beschrieben und wurde Mitte 2006 verabschiedet.

Einsatzgebiet

- Backbone auch im WAN-Bereich
- SAN (Storage Area Network)
- Schnelle-Serveranschlüsse

40 Gbit/s / 100 Gbit/s

- Der 40 Gigabit Ethernet (40GbE) und 100 Gigabit Ethernet (100GbE) Standard ist in Entwicklung (IEEE P802.3ba.) Die Entwicklung wurde im November 2007 ins Leben gerufen.

400-Gbit/s- und 1-Terabit/s-Ethernet

- Im März 2013 begann die IEEE 400 Gb/s Ethernet Study Group“ mit der Arbeit an der nächsten Generation mit 400 Gbit/s. Erste Ergebnisse werden bis 2017 erwartet.

WLAN (Wireless LAN) oder IEEE 802.11

Gelegentlich wird die Bezeichnung "Wireless LAN" und der Standard "IEEE 802.11" durcheinander geworfen. Der Unterschied ist dabei ganz einfach. "Wireless LAN" ist die allgemeine Bezeichnung für ein schnurloses lokales Netzwerk (Wireless Local Area Network). "IEEE 802.11" dagegen ist ein Standard, der den Aufbau eines Wireless LAN ermöglicht. Es ist also durchaus denkbar, dass es noch andere Standards gibt, mit denen ein Wireless LAN aufgebaut werden kann.

Im allgemeinen Sprachgebrauch hat es sich durchgesetzt ein lokales Funknetzwerk, dass auf dem Standard "IEEE 802.11" basiert als Wireless LAN bzw. WLAN zu bezeichnen.

Übersicht: WLAN-Techniken

IEEE 802.11 ist der ursprüngliche Standard, der Übertragungsraten von 1 oder 2 MBit/s ermöglicht. Darauf aufbauend wurde der Standard laufend erweitert. Hauptsächlich um die Übertragungsrate und die Datensicherheit zu erhöhen. Die folgende Tabelle zeigt die verschiedenen Erweiterungen des 802.11-Standards und ihre Bedeutung:

Standard	Datenübertragungsraten
<u>IEEE 802.11</u>	2 Mbit/s maximal
<u>IEEE 802.11a</u>	54 Mbit/s maximal (108 Mbit/s bei 40 MHz Bandbreite)
<u>IEEE 802.11b</u>	11 Mbit/s maximal (22 Mbit/s bei 40 MHz Bandbreite proprietär, 44 Mbit/s bei 80 MHz Bandbreite proprietär)
<u>IEEE 802.11g</u>	54 Mbit/s maximal (g+ = 108 Mbit/s proprietär, bis 125 Mbit/s möglich)
<u>IEEE 802.11h</u>	54 Mbit/s maximal (108 Mbit/s bei 40 MHz Bandbreite)
<u>IEEE 802.11n</u>	600 Mbit/s maximal (Verwendung von MIMO-Technik)
<u>IEEE 802.11ac</u>	>1,3 Gbit/s (Verwendung von MIMO-Technik und Quadraturamplitudenmodulation)
<u>IEEE 802.11ad</u>	Auf einem von drei rund 2 GHz breiten Funkkanälen wäre mit QAM64 bis zu 6,7 GBit/s brutto machbar – Standard in Vorbereitung

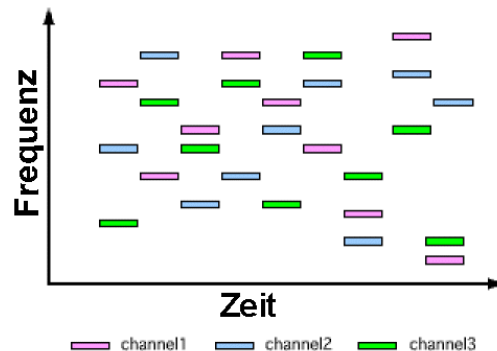
FHSS - Frequency Hopping Spread Spectrum

FHSS ist Teil des Ursprungsstandards von IEEE 802.11. Es beschreibt, wie das Frequenzspektrum aufgeteilt wird. Sender und Empfänger nutzen für die Übertragung die 79 Kanäle im 2,4 GHz-Band und teilen die Datenpakete in kleine Häppchen auf. Durch die Vergabe einer bestimmten Hopping-Sequence werden die Kanäle nach einem Zufallsmuster gewechselt. Die vorgegebene Mindestsprungdistanz beträgt 6 Kanäle, also 6 MHz. Insgesamt lässt sich dieser Frequenzbereich mit 26 Teilnehmern betreiben, ohne dass sie sich die Übertragungsrate teilen müssen.

Diese Technik ist sehr anfällig gegen Störungen, vor allem dann, wenn gestörte Frequenzen aus dem Sprungmuster ausgelassen werden. Sollte auf einem Kanal dann doch mal zwei Übertragungen miteinander kollidieren, werden diese Datenpakete einfach nochmal übertragen. Da die Kollisionen in einem Funknetz nicht erkannt werden können, kommt ein Verfahren zur Kollisionsvermeidung zum Einsatz (CSMA/CA).

FHSS ist relativ kostengünstig und stromsparend, was bei kleinen mobilen Geräten ein großer Vorteil ist. Der enorme Verwaltungsaufwand bei den Frequenzsprüngen drückt jedoch auf die Nutzdatenrate, verkompliziert das Roaming zwischen mehreren Access Points und hat nur eine begrenzte Reichweite.

Frequency Hopping hat einen entscheidenden Nachteil. Es lässt sich damit nur maximal 2 MBit/s erreichen. WLAN nach IEEE 802.11b verwendet daher DSSS als Modulationsverfahren und überbrückt damit größere Distanzen mit einer schnelleren Datenübertragungsrate.



Sicherheitsrisiko WLAN

IEEE 802.11i bzw. WPA2 gilt seit einiger Zeit als hinreichend sicher. Die Technik ist inzwischen ausgereift und vielfach im Einsatz. Wer nicht verschlüsselt oder immer noch WEP verwendet, der handelt nach Ansicht von Sicherheitsexperten grob fahrlässig. In der Regel gibt es auch rechtliche Probleme, wenn mit einem unverschlüsselten WLAN freier Zugang zum Internet möglich ist. WLAN-Komponenten sind inzwischen so günstig zu haben, dass es für den Austausch der veralteten Geräte gegen neue mit WPA2-Verschlüsselung keine Ausrede gibt. Im kommerziellen Einsatz sollten mit zusätzlichen Maßnahmen die übertragenen Daten geschützt werden. Mit SSH und IPsec lässt sich die Kommunikation zwischen Anwendungen sicherer machen. Windows-Clients lassen sich mit PPTP absichern. Das Abhören und Entschlüsseln der Datenübertragung im WLAN ist dann nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand möglich. Wer ganz sicher gehen will, der lässt die Finger von WLAN und überträgt seine Daten ausschließlich über Kabelverbindungen.

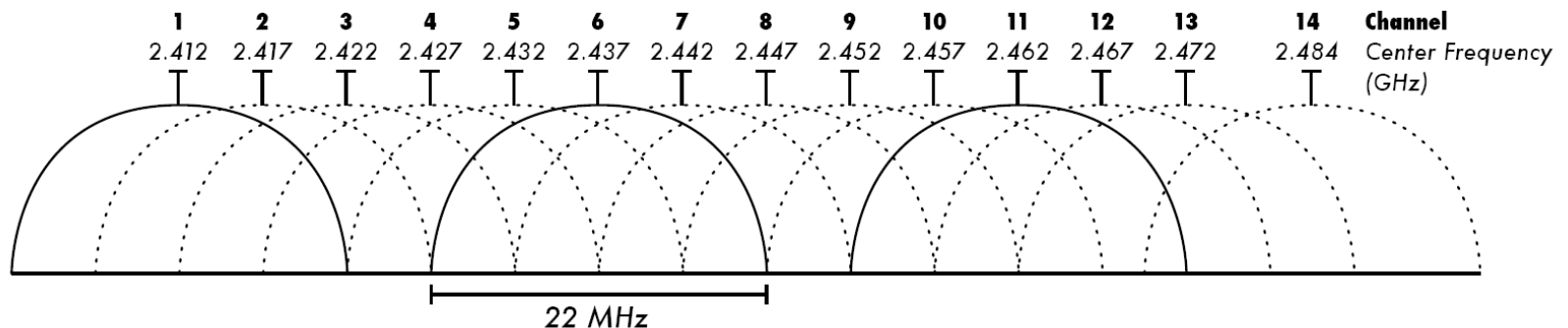
10 Maßnahmen zur WLAN-Sicherheit

- Eigene SSID vergeben
- Eigenes Admin-Passwort für den Access Point vergeben
- SSID-Broadcast abstellen
- WPA2-Verschlüsselung einschalten
- MAC-Adressfilter einsetzen
- VPN einsetzen
- WLANs von anderen Netzwerk-Segmenten logisch trennen
- Firewall zwischen WLAN und LAN installieren
- IDS im WLAN aufstellen
- regelmäßige Audits mit aktuellen Hacker-Tools

WLAN Frequenzbereich

Die Funktionsweise des Frequenzbereiches wird am Beispiel von IEEE 802.11b beschrieben und aufgezeigt.

IEEE 802.11b arbeitet im Frequenzbereich 2,4GHz (2,4GHz - 2,4835GHz) und ist dort in 13 Frequenzkanäle aufgeteilt.



Weitere Informationen

- www.gigabit-ethernet.org
- <http://www.oreilly.com/catalog/enettdg/>