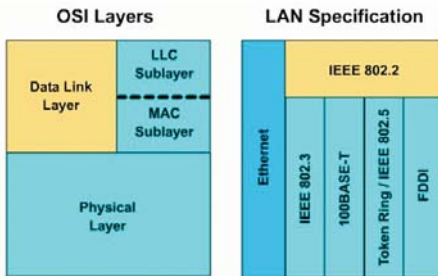


Netzwerktechnik-3

Christian Zahler

3 Netzwerk-Hardware und Verkabelung

Wir beginnen mit der „technischen“ Seite der Datenübertragung in einem Netzwerk, die im OSI-Modell die Schichten 1 und 2 umfasst.



Mit der Normung der verschiedenen Netzwerktechnologien auf den OSI-Schichten 1 und 2 beschäftigt sich die **Arbeitsgruppe 802** des *Institute for Electric and Electronic Engineers (IEEE)*. Die entsprechenden Normungsvorschläge werden daher als 802.x-Normen bezeichnet.

802.2 Logical Link Control		Data Link Layer
802.1 Bridging		
802.3 MAC	802.5 MAC	Physical Layer
802.3 PHY	802.5 PHY	
802.6 MAC	802.6 MAC	Physical Layer
802.6 PHY	802.6 PHY	
802.11 MAC	802.11 MAC	Physical Layer
802.11 PHY	802.11 PHY	
802.15 MAC	802.15 MAC	Physical Layer
802.15 PHY	802.15 PHY	
802.16 MAC	802.16 MAC	Physical Layer
802.16 PHY	802.16 PHY	
Ethernet	Token Ring	
	DDQD	
	WLAN	
	WPAN	
	WMAN	

© tecChannel.de

Aus obige Abbildung ist ersichtlich, welche Technologien der Schichten 1 und 2 aktuell sind:

am bedeutendsten ist sicher **Ethernet**, die bei PC-Netzwerken standardmäßig verwendete Technologie.

3.1 Ethernet

Ende 1972 implementierte Dr. Robert Metcalfe mit seinen Kollegen am *Xerox Palo Alto Research Center* ein Netzwerk, um einige Xerox-Alto-Rechner zu vernetzen – einen zu dieser Zeit revolutionären Vorläufer der Personal Computer. Zunächst als *Alto Aloha Network* bezeichnet, setzte dieses Netzwerk bereits das CSMA/CD-Protokoll des späteren Ethernet ein. Die Übertragungsfrequenz lag jedoch zunächst nur bei 2,94 MHz, dem Systemtakt der Alto-Stations. Erst 1976 nannte Metcalfe das Netzwerk Ethernet.

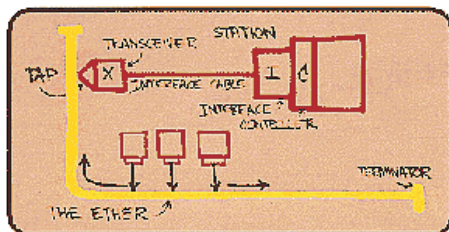


Abbildung: Schemazeichnung von Dr. Robert Metcalfe (Quelle: www.tecchannel.de)

Logische Topologie aller Ethernet-Netze

- Bus-Topologie

Physikalische Topologien

- Bus-Topologie
- Stern-Topologie

3.1.1 Bus-Topologie

Je nach verwendetem Kabel wird hier weiter unterschieden:

a) *“Thin Ethernet” = CheaperNet (10Base2)*



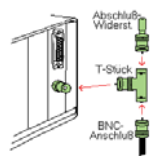
Bei diesem Verkabelungstyp werden dünne (meist schwarze) Koaxialkabel der Norm RG 58 (Innenwiderstand 50 Ω) verwendet.

- Geschwindigkeit: max. 10 MBit/s
- max. Segmentlänge: 185 m (über 185 m benötigt man Repeater = Verstärker)

10Base2-Koaxialkabel (50 Ω)

- min. Segmentlänge: 0,5 m (Signaleinschwingung)
- Steckertyp: BNC-Stecker (*bajonet network connector*)

Die hier beschriebenen Kabel sind der Kategorie 3 (siehe Tabelle) zuzuordnen.



Anschluss des Buskabels über ein T-Stück an die Netzwerkkarte

Zu beachten ist, dass an den beiden Enden der Busverkabelung je ein 50 Ω-Abschlusswiderstand anzubringen ist.

Für die verschiedenen Übertragungsgeschwindigkeiten werden oft auch „Kategorie-Bezeichnungen“ verwendet:

Eigenschaften

- sehr geringe Kosten, sehr wenig Kabelmaterial

Kategorie	Klasse laut ISO	Frequenz (MHz)	Anwendung/Dienst
Kat 2	Klasse A	0,1	Telefonie, Modem, DFÜ
Kat 3	Klasse B	1	ISDN, IBM-Verkabelung Typ 3
Kat 4	Klasse C	16	Token Ring, Ethernet
Kat 5	Klasse D	100	Fast Ethernet, Gigabit Ethernet
Kat 6	Klasse E	200	Fast Ethernet, Gigabit Ethernet
Kat 7	Klasse F	600	ATM, Gigabit Ethernet

Nachteile

- bei Kabelbruch gesamtes Netzwerk nicht funktionsfähig
- Fehlersuche
- Datentransfer
- Heute nicht mehr zeitgemäß

b) *„Thick Ethernet“ (10Base5)*

Bei diesem Verkabelungstyp werden dicke (oft gelbe) Koaxialkabel der Norm RG 8 bzw. RG 11 (Innenwiderstand 50 Ω) verwendet.

Busverkabelung mit Netzwerkdoesen

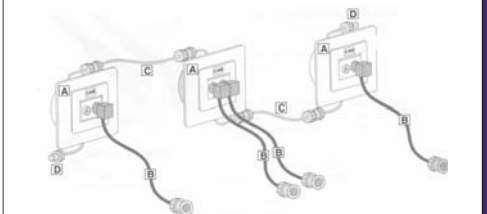
- EAD max. 25 Dosen, pro Dose 2 Anschlüsse 10 Base 2



EAD/LAD-Verkabelungsbeispiel

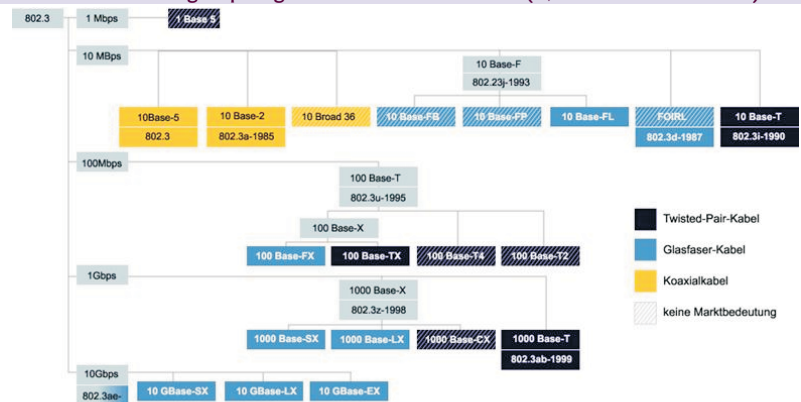
Kabel mit EAD-Dose

- CAG max. 25 Dosen, pro Dose 1 Anschluss 10 Base 2
- CAB max. 50 Dosen, 2 Anschlüsse 10 Base 2



CAB-Verkabelungsbeispiel

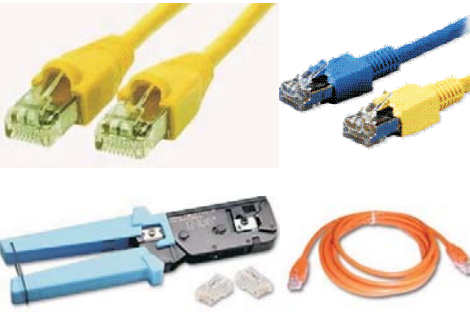
Normen und Verkabelungstopologien im Ethernet-Bereich (Quelle: tecChannel.de)



© tecChannel.de

3.1.2 Stern-Topologie

Die heute übliche Verkabelung in Stern-Topologie erfolgt mit Twisted Pair-Kabeln:



Je nach verwendeter Schirmung unterscheidet man:

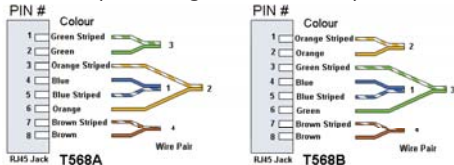
UTP	STP	FTP
unshielded	shielded	folied (Folienschirm)

Twisted Pair-Kabel sind mindestens ausgelegt für Kategorie 5.

Steckertyp: RJ 45-Stecker (Modemstecker RJ 11); RJ = "registered jack"

Verdrahtungstypen

- 568 A
- 568 B (am häufigsten verwendet)



Zusätzlich unterscheidet man „Straight“ und „Crossover“-Kabel.

„Straight“-Kabel haben üblicherweise die T568B-Belegung an beiden Kabelenden.

„Straight“-Kabel werden verwendet:

- zum Verbinden von PCs zum Hub bzw. Switch
- zum Verbinden einer Netzwerkdose zum Patch-Panel (Verteilerfeld)
- zum Verbinden eines Anschlusses am Patch-Panel zum Hub bzw. Switch

„Crossover“-Kabel haben üblicherweise an einem Ende die T568A-Beschaltung, am anderen Kabelende die T568B-Beschaltung.

„Crossover“-Kabel werden verwendet:

- zum direkten Verbinden zweier PC-Netzwerkkarten
- zum direkten Verbinden zweier Hubs oder Switches

Internet-Quellen

Beispielsweise findet man bei <http://www.belden.de> eine Steckerreferenz (Referenz der wichtigsten Steckersysteme) oder bei <http://www.daetwyler.net> findet man eine Zusammenstellung von wichtigen Baunormen.

Weitere Quellen:

- <http://www.draka.de>
- <http://www.brand-rex.com>

Arten von Sternverteilern

a) Hub (engl. = Nabe, Radnabe)

= Multiportrepeater

Sternverteiler (Hub), an den etwa 6-12 Clients, der Server und der Netzwerkdruker angeschlossen werden können (Foto: C2000)

Hubs arbeiten auf der Bitübertragungsschicht (Schicht 1) des OSI-Modells. Sie haben reine Verteilfunktion. Alle Stationen die an einem Hub angeschlossen sind, teilen sich



die gesamte Bandbreite die durch den Hub zu Verfügung steht (z. B. 10 MBit/s oder 100 MBit/s). Die Verbindung von Computer zum Hub verfügt nur kurzzeitig über diese Bandbreite.

Ein Hub nimmt ein Datenpaket an und sendet es an alle anderen Ports. Dadurch sind alle Ports belegt. Diese Technik ist nicht besonders effektiv. Es hat aber den Vorteil, das solch ein Hub einfach und kostengünstig herzustellen ist.

Zwei Hubs werden über einen Uplink-Port eines Gerätes oder mit einem Crossover-Kabel (Senden- und Empfangsleitungen sind gekreuzt) verbunden. Es gibt auch spezielle stackable Hubs, die sich herstellerepezifisch mit Buskabeln kaskadieren lassen. Durch die Verbindung mehrerer Hubs läßt sich die Anzahl der möglichen Stationen erhöhen. Allerdings ist die Anzahl der anschließbaren Stationen begrenzt. Es gilt die Repeater-Regel.

Um den Nachteilen von Hubs aus dem Weg zu gehen verwendet man eher Switches, die die Aufgabe der Verteilfunktion wesentlich besser erfüllen, da sie direkte Verbindungen zwischen den Ports schalten und die MAC-Adresse einem Port zuordnen können.

b) Switch (engl. Schalter)

Ordnet durch MAC-Adressen (Schicht 2) eintreffende Pakete den korrekten Ports zu.

z.B: HP, 3 Com, Bay Networks, Cisco



Netgear-Switch(5 Ports) Linksys-Switch mit 24 Ports

Eigenschaften

- bei Kabelbruch nur ein PC betroffen → hohe Uptime
- einfache Steigerung der Leistung von 10 → 100 MBit/s
- dicke Kabelstränge in der Nähe des Sternverteilers

Ein Switch arbeitet auf der Sicherungsschicht (Schicht 2) des OSI-Modells und arbeitet ähnlich wie eine Bridge. Daher haben sich bei den Herstellern auch solche Begriffe durchgesetzt, wie z. B. Bridging Switch oder Switching Bridge. Ein Switch schaltet direkte Verbindungen zwischen den angeschlossenen Geräten. Auf dem gesamten Kommunikationsweg steht die gesamte Bandbreite des Netzwerkes zur Verfügung.

Switches unterscheidet man hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit mit folgenden Eigenschaften:

- Anzahl der speicherbaren MAC-Adressen (Speicher)
- Verfahren, wann ein empfangenes Datenpaket weitervermittelt wird (Switching-Verfahren)

- Latenz (Verzögerungszeit) der vermittelten Datenpakete

Ein Switch ist im Prinzip nichts anderes als ein intelligenter Hub, der sich merkt, über welchen Port welche Station erreichbar ist. Auf diese Weise erzeugt jeder Switch-Port eine eigene Collision Domain.

Teure Switches arbeiten auf der Schicht 3, der Vermittlungsschicht, des OSI-Schichtenmodells (Layer-3-Switch oder Schicht-3-Switch). Sie sind in der Lage die Datenpakete anhand der IP-Adresse an die Ziel-Ports weiterzuleiten. Im Gegensatz zu normalen Switches lassen sich so, auch ohne Router, logische Abgrenzungen erreichen.

Switching-Verfahren

Cut-Through

Der Switch leitet das Datenpaket sofort weiter, wenn er die Adresse des Ziels erhalten hat.

Vorteil: Die Latenz, die Verzögerungszeit, zwischen Empfangen und Weiterleiten ist äußerst gering.

Nachteil: Fehlerhafte Datenpakete werden nicht erkannt und trotzdem an den Empfänger weitergeleitet.

Store-and-Forward

Der Switch nimmt das gesamte Datenpaket in Empfang und speichert es in einen Puffer. Dort wird dann das Paket mit verschiedenen Filtern geprüft und bearbeitet. Erst danach wird das Paket an den Ziel-Port weitergeleitet.

Vorteil: Fehlerhafte Datenpakete können so im Voraus aussortiert werden.

Nachteil: Die Speicherung und Prüfung der Datenpakete verursacht eine Verzögerung von mehreren Millisekunden (ms), abhängig von der Größe des Datenpaketes.

Kombination aus Cut-Through und Store-and-Forward

Viele Switches arbeiten mit beiden Verfahren. Solange nur wenige Kollisionen auftreten wird Cut-Through verwendet. Häufen sich die Fehler schaltet der Switch auf Store-and-Forward um.

Fragment-Free

Der Switch empfängt die ersten 64 Byte des Daten-Paketes. Ist dieser Teil fehlerlos werden die Daten weitergeleitet.

Vorteil: Die meisten Fehler und Kollisionen treten während den ersten 64 Byte auf.

Nachteil: Dieses Verfahren wird trotz seiner effektiven Arbeitsweise selten genutzt.

Switch-MAC-Tabellenverwaltung

Switches haben den Vorteil, im Gegensatz zu Hubs, dass sie Datenpakete nur an den Port weiterleiten, an dem die Station mit der Ziel-Adresse angeschlossen ist. Als Adresse dient die MAC-Adresse, also die Hardware-Adresse einer Netzwerkkarte. Diese Adresse speichert der Switch in einer internen Tabelle. Empfängt ein Switch ein Datenpaket, so sucht er in seinem Speicher unter der Ziel-Adresse (MAC) nach dem Port und schickt dann das Datenpaket nur an diesen Port. Die MAC-Adresse lernt ein Switch mit der Zeit kennen. Die Anzahl der Adressen, die ein Switch aufnehmen kann, hängt ab von seinem Speicherplatz.

Ein Qualitätsmerkmal eines Switches ist es, wie viele Adresse er insgesamt und pro Port speichern kann. An einem Switch, der nur eine Handvoll Computer verbindet, spielt es keine Rolle wieviele Adressen er verwalten kann. Wenn der Switch aber in einem großen Netzwerk steht und an seinen Ports noch andere Switches und Hubs angeschlossen sind, dann muss er evtl. mehrere tausend MAC-Adressen speichern und den Ports zuordnen können. Je größer ein Netzwerk ist, desto wichtiger ist es, von vornherein darauf zu achten, dass die Switches genügend Kapazität bei der Verwaltung von MAC-Adressen haben.

3.1.3 Fast Ethernet (IEEE 802.3u, 1995)

Die hier vorgestellten Technologien sind für einen Datendurchsatz von 100 MBit/s ausgelegt und mit TP-Kupferkabeln oder Glasfaserkabeln realisierbar.

100 Base TX	TP; verwendet nur Adernpaare 2 + 3
100 Base T4	TP; alle Adernpaare
100 VG	
100 Base FX	Multimode – Glasfaserkabel

3.1.4 Gigabit-Ethernet (IEEE 802.3z, 1998) (1000 MBit/s)

Lichtwellenleiter	1000Base-SX (short) Multimode-LWL 850 nm
	1000Base-LX (long) Multimode-LWL 1300 nm
Kupferleiter	1000Base-CX
	STP-Kabel 150 (Kat 6/7)
	1000Base-T UTP-Kabel (Kat 5)

3.1.5 10Gigabit-Ethernet (IEEE 802.3ae, 2002)

nur Lichtwellenleiter	10GBase-LX
	10GBase-SX

3.1.6 Gemeinsamkeiten von Ethernet

Hardwaremäßige Netzwerkkarten-Identifikation in Form einer 48 bit-Adresse, der sogenannten **Media Access Control-Nummer (MAC-Adresse)**. Diese Adressen werden in hexadezimaler Schreibweise angegeben. Die ersten 24 Bit stellen die Hersteller- und Modellnummer dar, die verbleibenden 24 bit sind als weltweit eindeutige Nummer der Netzwerkkarte vorgesehen.

Beispiel:

00-F0-23 –	AF-98-27
Herstellernummer	Kartennummer

Medienzugriff

Ethernet verwendet das **CSMA/CD**-Verfahren = *Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection*.

Carrier Sense: Vor dem Senden wird überprüft, ob das Medium (Buskabel) frei ist. *Multiple Access*: Mehrere Stationen dürfen gleichzeitig auf den Kanal (das Kabel) zugreifen. *Collision Detection*: Kollisionserkennung. Das bedeutet für den sendewilligen Rechner „erst hören“ (*carrier sense*), dann „auf das Medium zugreifen und senden“ (*multiple access*) und Konflikte (gleichzeitiges Senden mehrerer Stationen) „erkennen“ (*with collision detection*) und korrigieren. Alle Rechner sind hier an ein einziges Kabel gebunden (Bustopologie). Wollen nun zwei Rechner gleichzeitig Daten abschicken, so kommt es zu einer Kollision; ein Jam-Signal wird an alle beteiligten Stationen über-

WLAN-Normen	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n
Geschwindigkeit	54 Mbps	11 Mbps	54 Mbps	100 Mbps
Frequenzbereich	5 GHz	2.4 GHz (ISM)	2.4 GHz (ISM)	5 GHz
Anzahl Kanäle	12	3	3	12
Access Point notwendig alle...	50 ft	200 ft	200 ft	TBD
Maximale Reichweite	60 ft	300 ft	300 ft	TBD
Kompatibilität	802.11n	802.11g	802.11b	802.11a/g

mittelt. Alle an der Kollision beteiligten Geräte stoppen sofort ihre Bemühungen und warten eine zufällig bestimmte Zeit, ehe sie einen neuen Übertragungsversuch starten.

Das CSMA/CD-Verfahren ist ein **"nicht deterministisches Medienzugriffsverfahren"** (übersetzt heißt dies in etwa: "nicht zielorientiert", da Kollisionen bei diesem Verfahren ja weder vorhergesehen noch vermieden werden können).

3.2 Token Ring

Eingeführt 1972 von IBM; Norm: IEEE 802.5. Verwendet wird eine logische Ring-Topologie.

Physikalische Topologien

Ring-Topologie: wird mit Koaxialkabeln der Kategorie 3 (4 MBit/s) oder Kategorie 4 (16 MBit/s) realisiert

Stern-Topologie: Hier sind übliche Kategorie 5-Twisted-Pair-Kabel im Einsatz (100 Mbit/s). Den zentralen Sternverteiler bezeichnet man in diesem Fall als MSAU (*Multi-Station Access Unit*).

Star Shaped Ring: Hängt man mehrere MSAU-Sternverteiler ringförmig zusammen, so entsteht diese erweiterte Topologie, die für größere Token Ring-Netze verwendet wird.

Medienzugriff

CSMA/CA (*„collision avoidance“* = Kollisionsvermeidung) durch *Token Passing*: Hier werden durch Verwendung von Tokens Kollisionen von vornherein vermieden. Im Ringkabel rotiert laufend eine bestimmte Bitstruktur, der so genannte Token. Wenn ein Rechner Daten senden will, so wartet er, bis der Token an seinem Interface vorbeikommt und hängt dann seine Daten an. Nach Absendung und Übertragung kommt die Nachricht wieder an den Absender zurück (Ring!) und kann überprüft und durch den Token ersetzt werden. Dann kann ein anderer Rechner eine Nachricht senden.

Das Token Passing-Verfahren ist ein **"deterministisches Medienzugriffsverfahren"**.

3.3 Token Bus

Norm: IEEE 802.4
Vergleichbar mit Token Ring, allerdings ist die logische Topologie bei diesem Verfahren die Bus-Topologie.

Medienzugriff: CSMA/CA durch Token Passing.

3.4 FDDI (Fiber Distributed Data Interface)

Eine moderne Variante stellen die so genannten FDDI-Ringe dar (*Fiber Distributed Data Interface*). Das Übertragungsmedium ist ein Glasfaserkabel, mit dem sich Übertragungsraten von 100 MBit/s erreichen lassen. Das derzeit modernste FDDI-LAN bedient sich eines Doppelringes, wobei beide Ringe im Gegensinn durchlaufen werden. Für den Stationszugriff wird auch hier ein Token-Signal verwendet.

3.5 Wireless LAN (WLAN)

Der ISM-Frequenzbereich (industrial, scientific, medical purposes) liegt zwischen 2,400 GHz und 2,485 und kann lizenzfrei benutzt werden.

Medienzugriff: CSMA/CA (ähnlich Token Passing-System)

Betriebsarten

● **Ad hoc-Modus**: Funk-Lan-Karten senden direkt (Peer-to-Peer Netzwerk); sehr geringe Reichweite

● **Infrastruktur-Modus**: Dafür wird ein „Access Point“ benötigt (dieses Gerät ist mit einer Bridge, kombiniert mit einem Signalverstärker, vergleichbar: es stellt einen Übergang zwischen unterschiedlichen Medien dar)



Abbildung: links ein Access Point, rechts zwei WLAN-Karten für Notebooks (Foto: D-Link)

3.6 PAN – Personal Area Networks ("Bluetooth")

Darunter versteht man einen Funk-LAN-Standard für Netze geringer Bandbreite mit kurzer Reichweite (< 10 m), genormt als IEEE 802.15.

1998 wurde von den Firmen IBM, Toshiba, Intel, Ericsson und Nokia die „Bluetooth Special Interest Group“ ins Leben gerufen, die sich seither mit der Weiterentwicklung und Anwendung dieses Standards beschäftigt. Der Name stammt von einem nordischen König mit dem Spitznamen „Blauzahn“.

Als Frequenzbereich wird der ISM-Bereich benützt. Eine spezielle Eigenschaft, das „Frequency Hopping Spread Spectrum“ (FHSS) gewährleistet die Sicherheit der Datenübertragung: alle 625 µs wird die Trägerfrequenz geändert.

Mit Bluetooth ist eine Datenübertragungsrates von 64 kBit/s bei Sprach- und 865,2 kBit/s bei Datenübertragungen erreichbar.

Die Geräte identifizieren einander automatisch, indem sie ihre 48 Bit-MAC-Adressen austauschen.

Anwendungsgebiete:

- Peripheriegeräte (Maus, Drucker, ...)
- PDA: Damit wird die automatische Synchronisation mit dem PC – wenn dieser Bluetooth unterstützt – verbessert.