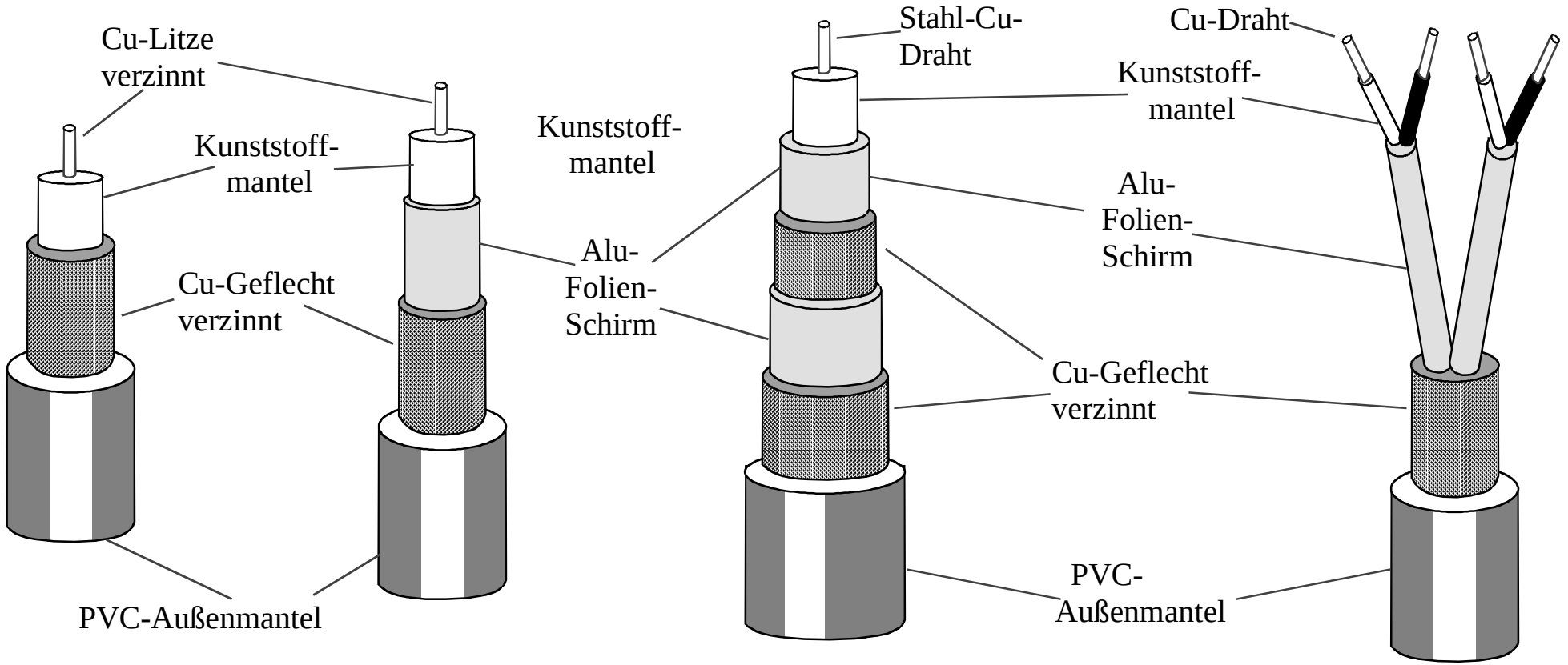
Physical Layer: Verfeinertes Schichtenmodell L1

7	Application
6	Presentation
5	Session
4	Transport
3	Network
2	Data Link
1.1	Kanalcodierung FEC Rahmensynchronisation Synchron/Asynchron Bit-/Zeichenorientiert Transparenz Signalleitungen verarbeiten
1.0	physikalisches Multiplexen Bitsynchronisation Modulation Leitungscodierung, -pegel Steckerbelegung Leitungsart (Koax,.Fiber,..)

Kabel - Typen



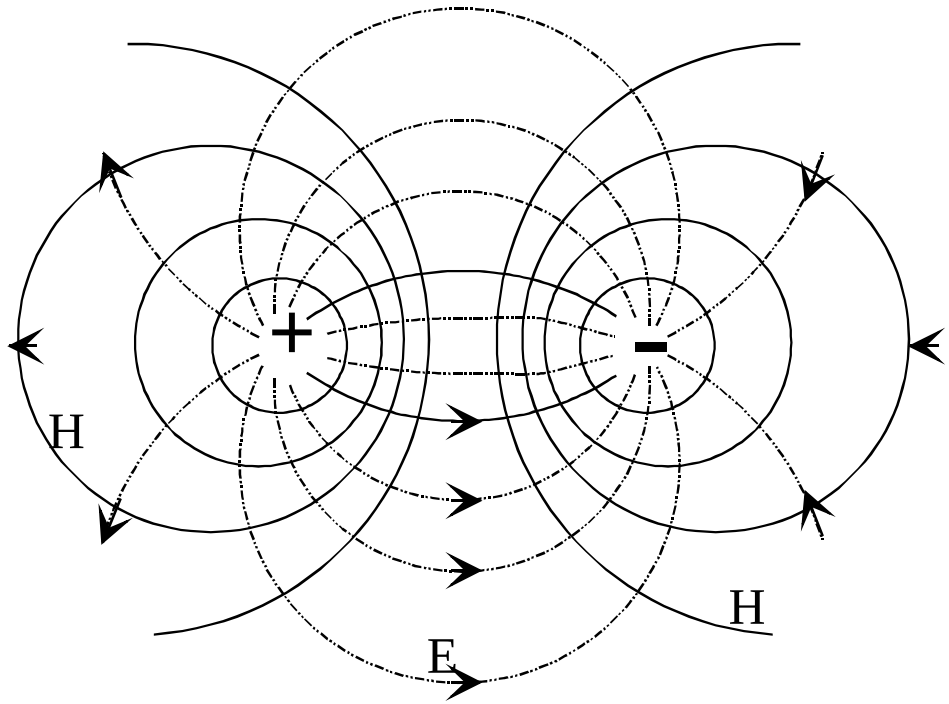
RG58
Cheapernet

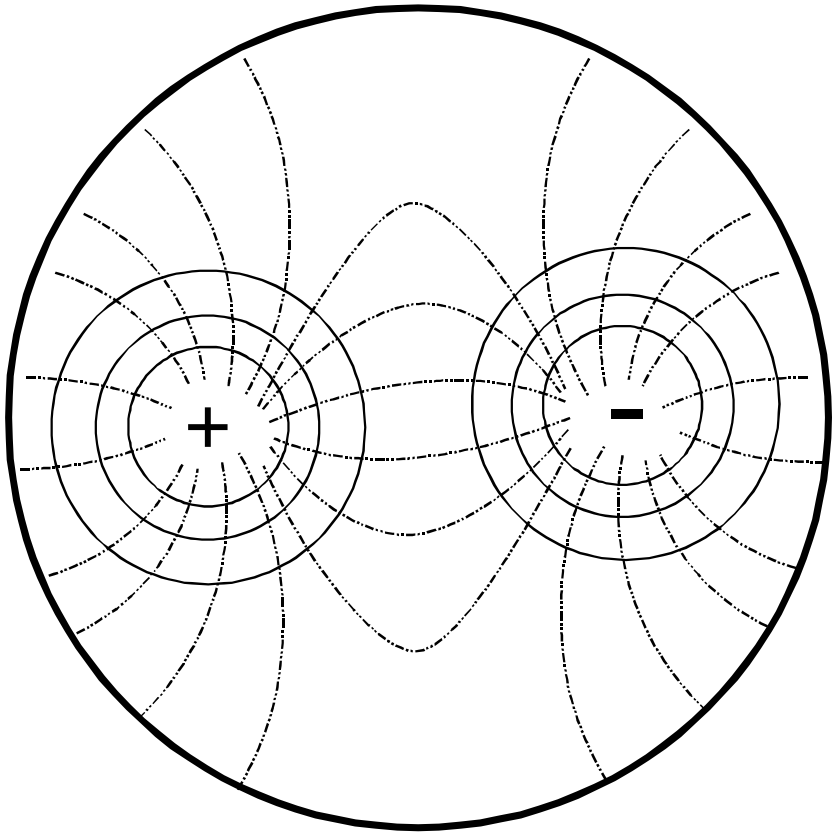
Thin
Ethernet

RG8A
Yellow Cable

Screened / STP

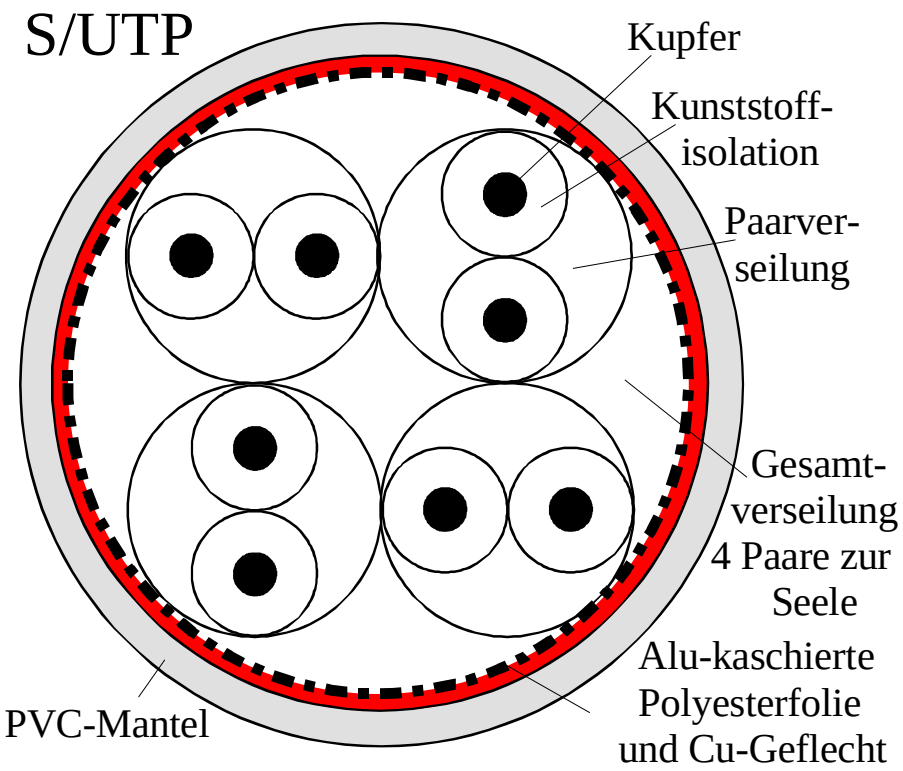
Twistes Pair Kabel : Schirmung

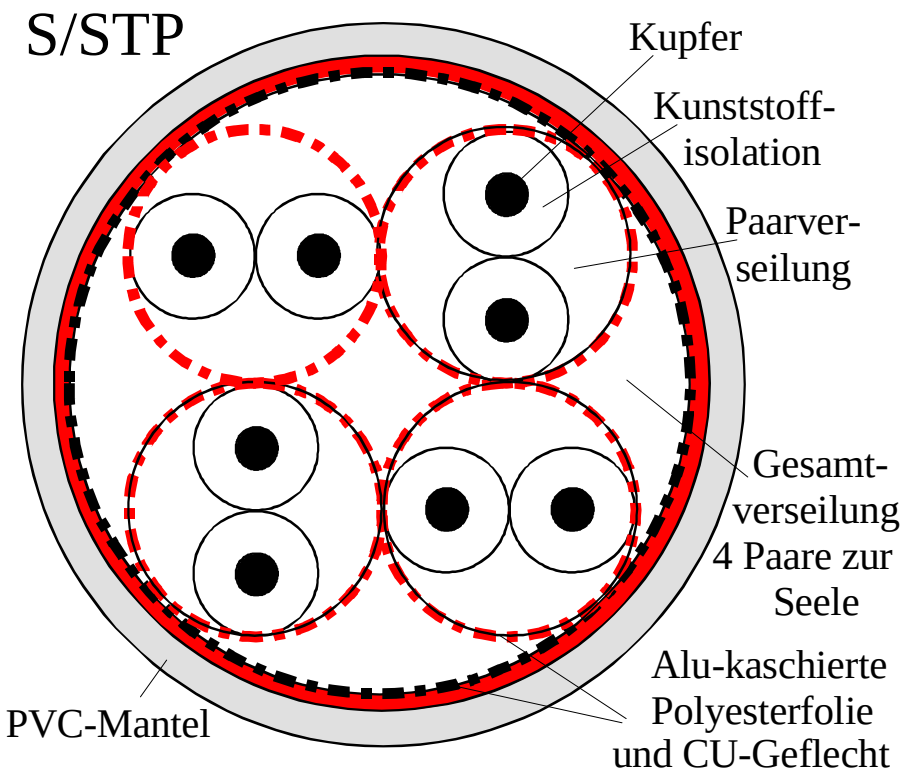




elektr. und magn. Feld ohne Schirmung und mit Schirmung

Twistes Pair Kabel

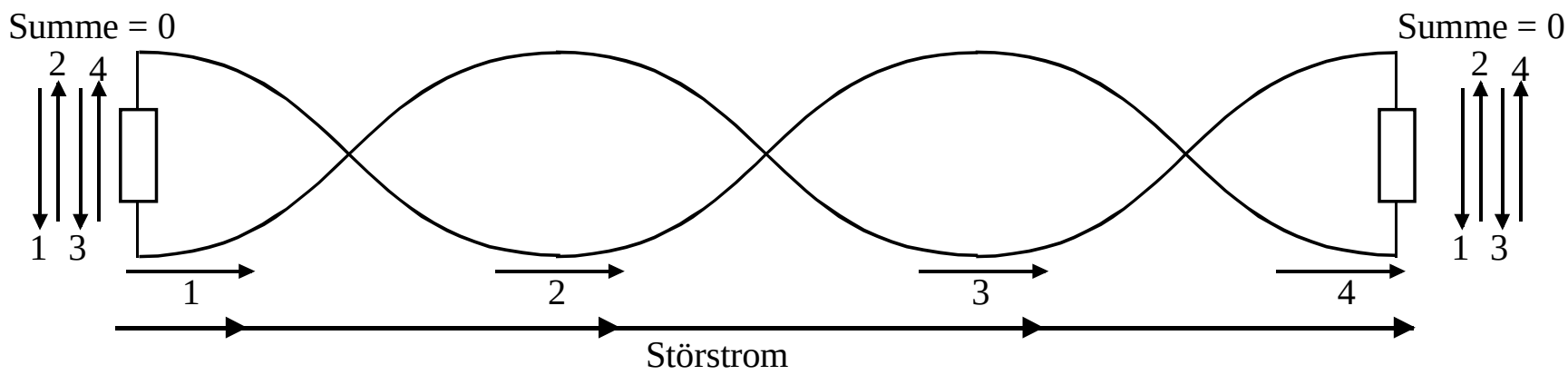




			Gesamtschirm	Schirm um jedes Adernpaar
UTP	UTP	Unschielded Twisted Pair	Nein	Nein
FTP / ScTP	S/UTP	Foiled TP / Screened TP	Ja: Folie / Geflecht	Nein
STP / Pimf	S/STP	Shielded Twisted Pair	Ja: Folie / Geflecht	Ja

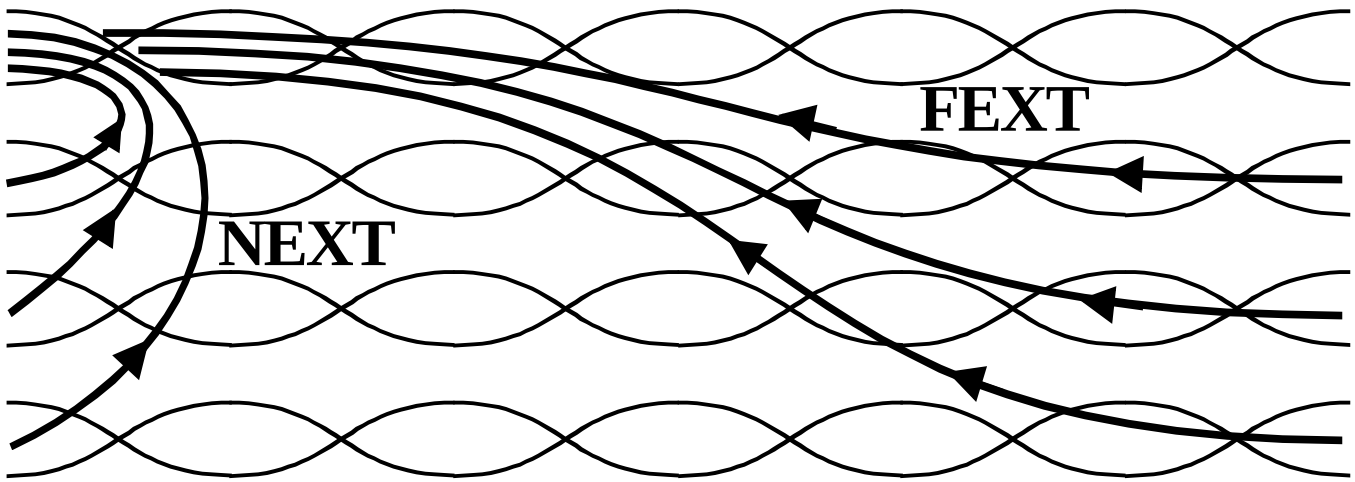
Jeder Schirm erhöht die Dämpfung gegen Störungen von Außen um 20 dB

Twistes Pair Kabel

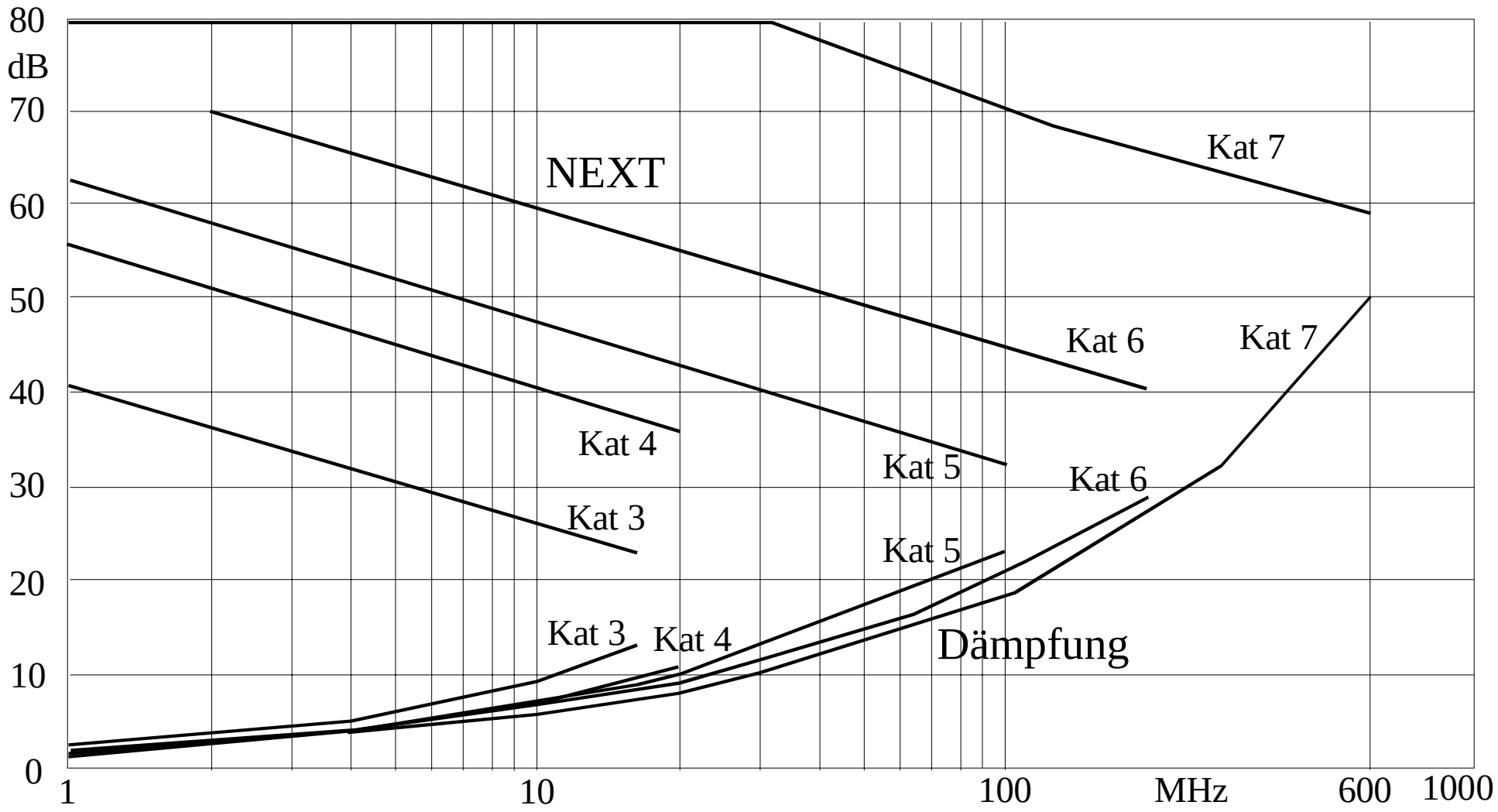


NEXT Near End Cross Talk

FEXT Far End Cross Talk



Twistes Pair Kabel : Kategorie 3 bis 7



Twistes Pair Kabel : RJ45 Stecker

Steckerspezifikation nach EIA/TIA 56813

Adern Paar	Paar 1	Paar 2	Paar 3	Paar 4
Kontakt am RJ 45 Stecker	4, 5	1, 2	3, 6	7, 8
Farbe nach EIA/TIA	bl/ws	ws/gn	ws/orange	ws/bn
Farbe nach IEC	ws/bl	rt/orange	sw/gn	ge/br
Farbe nach REA	ws/bl	türkis/viol	ws/orange	?
Farbe nachDIN 47-100	ws/br	gn/ge	grau/rosa	bl/rt

Token Ring verwendet Adernpaare 1 und 3

10 Base T verwendet Adernpaare 2 und 3

100 Base T verwendet Adernpaare 2 und 3

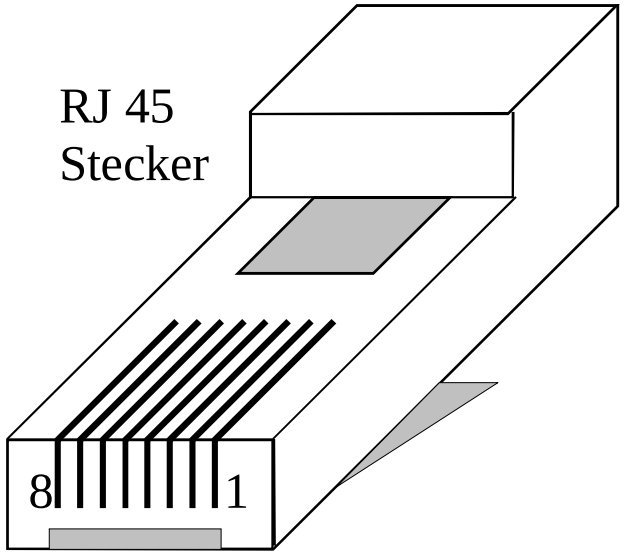
100 Base T4 verwendet Adernpaare 1,2,3 und 4

1000 Base verwendet Adernpaare 1,2,3 und 4

VG-Anylan verwendet Adernpaare 1,2,3 und 4

Telefon analog oder ISDN Adernpaare 1 und 3

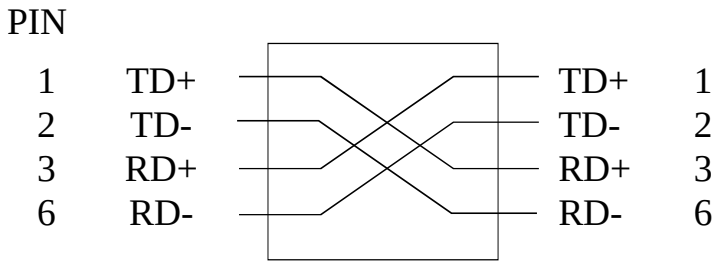
ATM verwendet Adernpaare 2 und 4



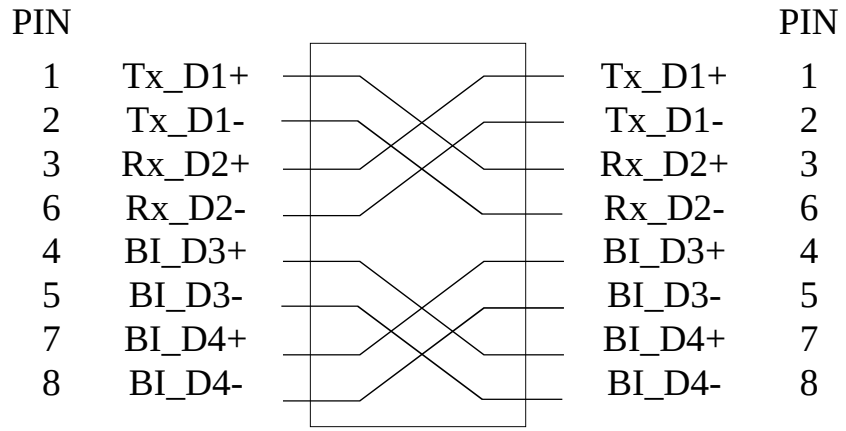
Signale am RJ45 - Stecker

	Paar 1		Paar 2		Paar 3		Paar 4	
	4	5	1	2	3	6	7	8
10BaseT			TD+	TD-	RD+	RD-		
100BaseT			TD+	TD-	RD+	RD-		
100BaseT4	BID3+	BID3-	TXD1+	TXD1-	RXD2+	RXD2-	BID4+	BID4-
VG-Anylan	BID3+	BID3-	TXD1+	TXD1-	RXD2+	RXD2-	BID4+	BID4-
Token Ring	TD+	TD-			RD+	RD-		
ISDN-S_0	RD+	RD-	PS3-	PS3+	TX+	TX-	PS2-	PS2+
ISDN-S_{2M}	TX+	TX-	RD+	RD-	Schirm	Schirm	PS-	PS+
ISDN-U_0	a	b						
Telefon analog	a	b						

TD, TXD u nd TX: Sendedaten; RD, RXD und RX: Empfangsdaten aus Sicht des Endgerätes PS: Power Source

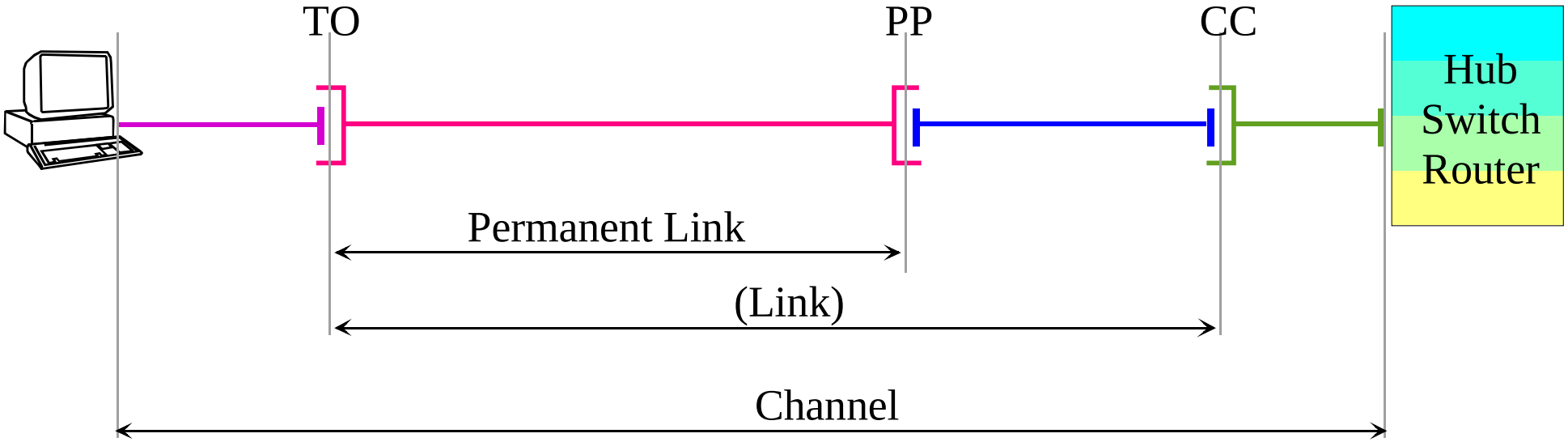


direkte TP-Verbindung ohne Hub



Autonegotiation (10/100 Mb/s) muß abgeschaltet sein. Datenrate und Duplexmodus (Halb/Voll) müssen fest eingestellt sein.

Normierte Verkabelung



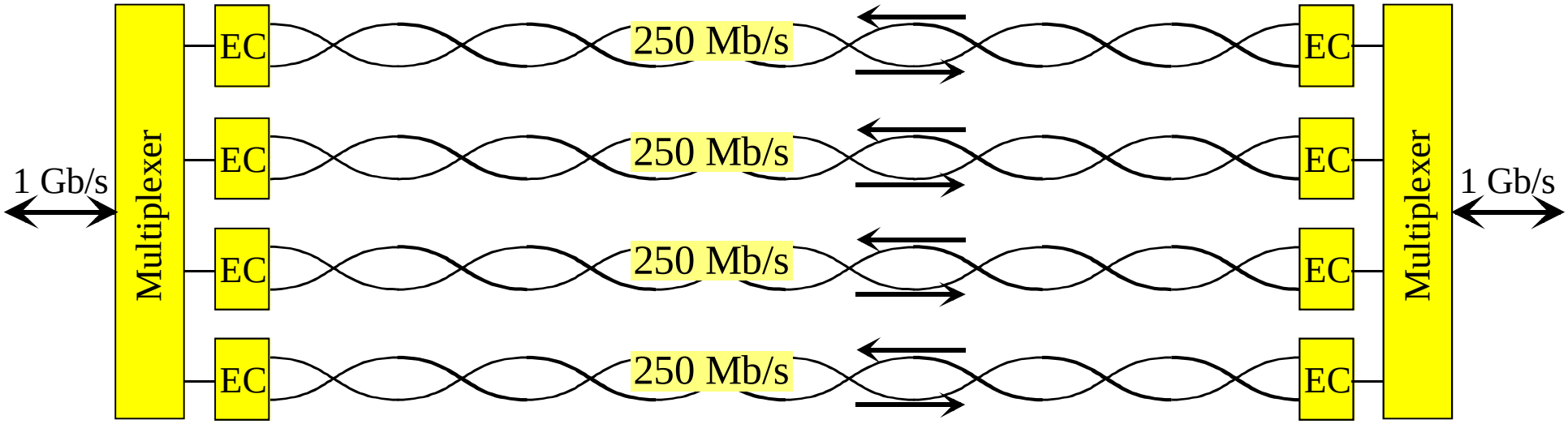
TO: Telecommunikation Outlet Wanddose
PP Patch Panel
CC Cross Connect

Kategorie	Klasse	Bandbreite	Stecker	
5	D	100 MHz	RJ 45	
6	E	200 MHz	verbesserte RJ 45 EN 60603-7	4-paarige gesamtgeschirmte S/UTP- oder S/STP-Kabeln
7	F	600 MHz	Neuer Stecker	4-paarige einzeln- und gesamtgeschirmte S/STP-Kabeln

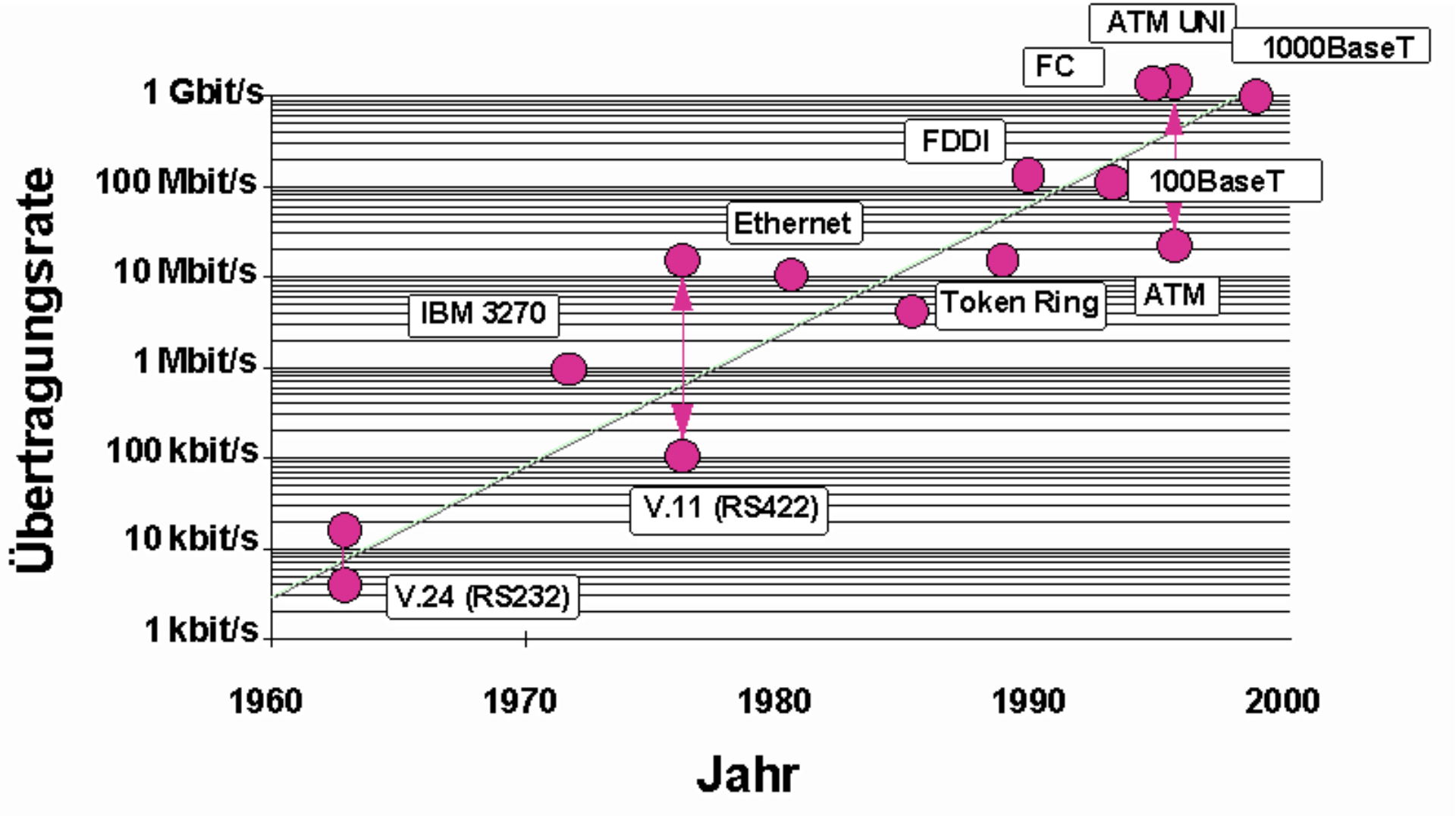
1000 Base – T : Gigabit Ethernet over TP

Standard IEEE 802.3ab full duplex

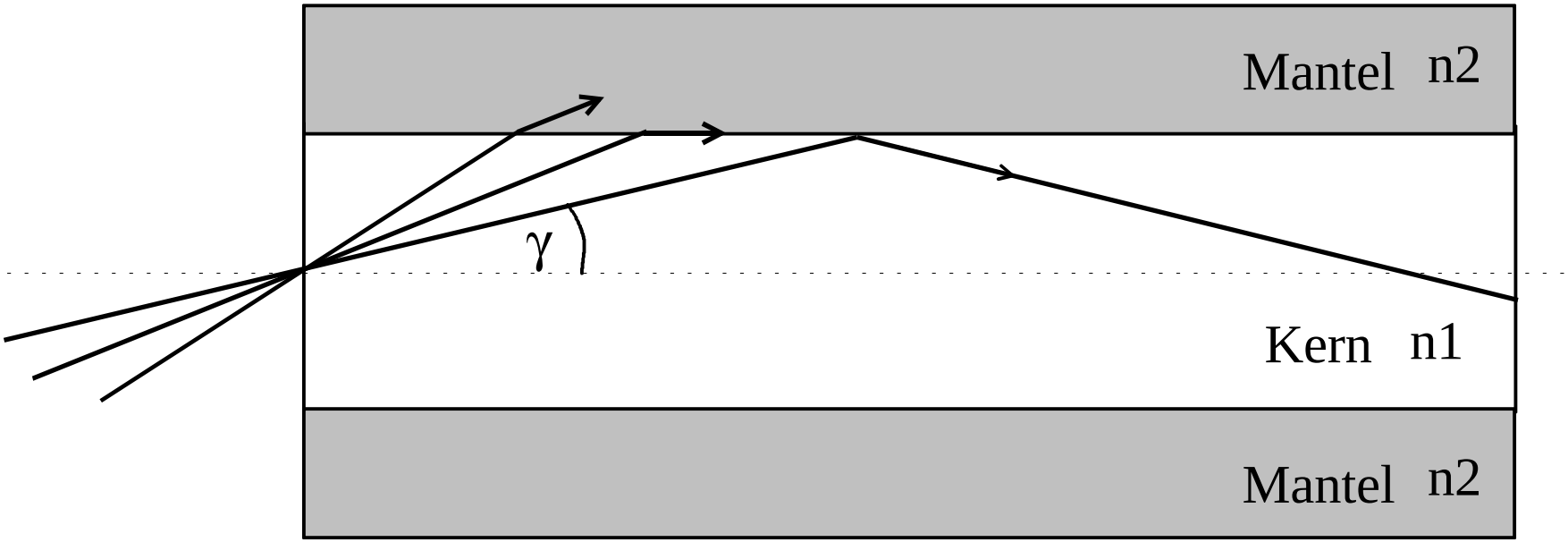
Kat. 6 cable required; 8 wires needed



Entwicklung der Übertragungsraten im LAN



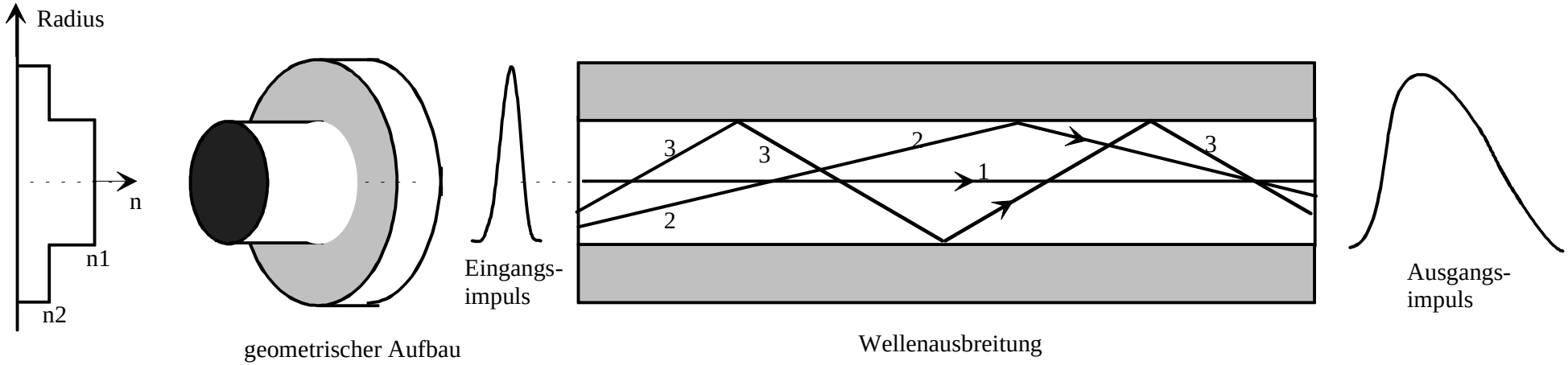
Übertragung in Glasfasern



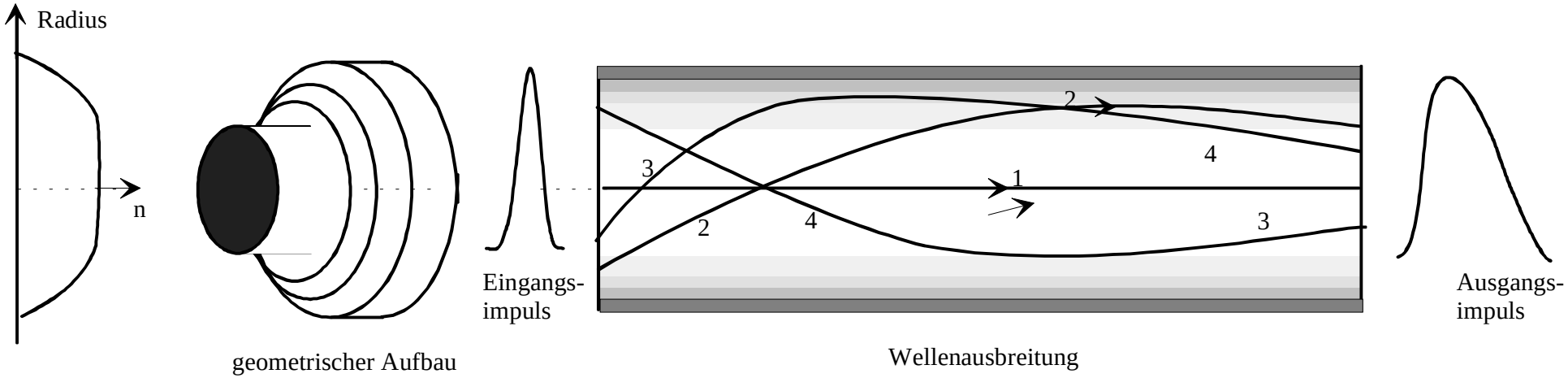
Winkel für Totalreflexion: $\cos\gamma = \frac{n_2}{n_1}$

n Brechungsindex

Lichtwellenleiter LWL



Stufenindexfaser



Gradientenfaser

Modendispersion: Stufenindexfaser = 50 ns/km; Gradientenfaser = 0,5..1 ns/km;
Monomodefaser = 0 ns/km

Lichtwellenleiter LWL

Monomodefasern: so dünn, daß sich nur eine einzige Welle in der Faser ausbreitet

Bei Multimodefasern breiten sich sehr viele diskrete Wellen (Moden) aus

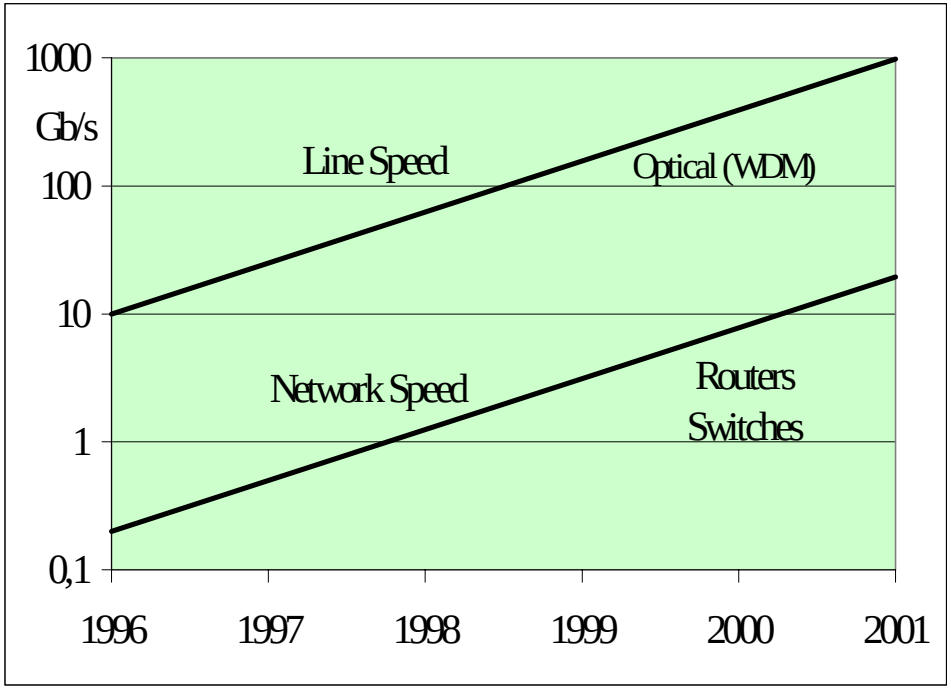
Monomodefasern sind schwierig zu handhaben (anschließen) und benötigen auf jeden Fall teure Laserdioden zur Ansteuerung. Sie werden im Bereich der Weitverkehrsnetze bei sehr hohen Bitraten eingesetzt.

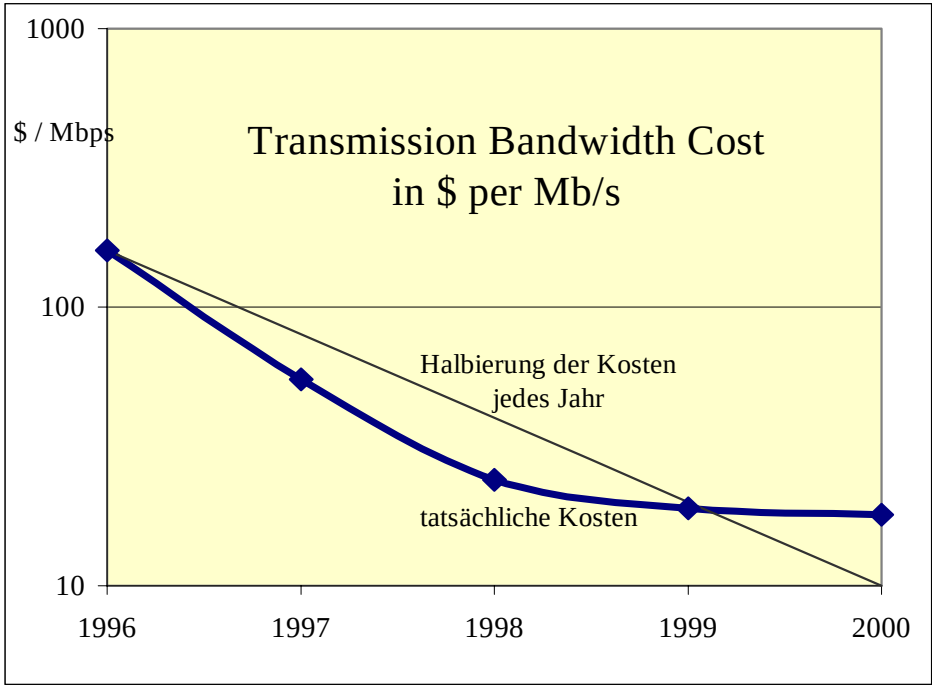
Fasertyp	Kern/Mantel Durchm. µm	Dämpfung [db/km]		Bandbreite [MHz * km]		Kommentar
		850 nm	1300nm	850 nm	1300nm	
Stufenindex	85 / 125	5,0	-	20	-	nicht mehr eingesetzt
	100 / 140	5,0	-	20	-	
Gradienten	50 / 125	2,5	0,6	500-1200	-1800	Telekom, Kabel-TV, LAN
	62,5 / 125	3,5	0,85	200	300-700	LAN
Monomode	8-9 / 125	0,4 (1300nm) 0,2 (1550nm)		> 20.000		Telekommunikation z.T. LAN

Technische Daten verbreiteter Glasfasern

Theoretische Obergrenze: 25 Tb/s.

Optical Networks





Durch WDM lassen sich sehr hohe Datenraten kostengünstig realisieren

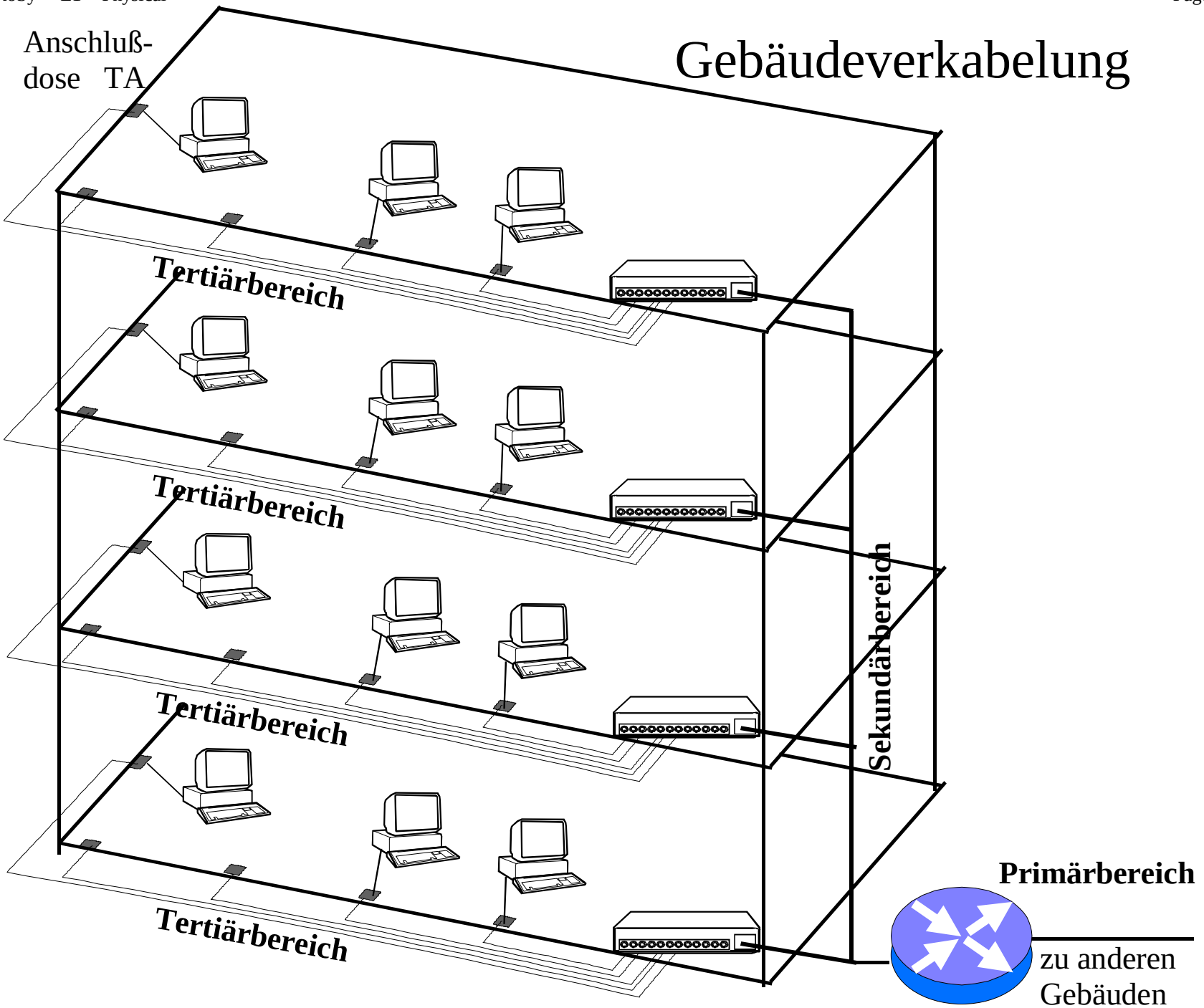
Weltweit verlegte Glasfasern:

Jahr	1979	1980	1981	1994	1996	1998	2000	2002
Millionen km	0,008	0,027	0,080	18	29	41	56	80

Vergleich der Verkabelungsarten

	Ethernet	100BaseT	100VG-AnyLAN	FDDI
Übertragungsrate [Mb/s]	10	100	100	100
Standard	IEEE 802.3	IEEE 802.3u	IEEE 802.12	ANSI X3T9.5
max. Anzahl von Stationen		1024	?	500
max. Paketgröße (Daten)	1500	1500	1500 oder 4500	4500
Kabelzugang	RG8 500m RG58 185m			
UTP Kategorie 3	2 Paare 100m	4 Paare 100m	4 Paare 100m	-
UTP Kategorie 5	2 Paare	4 Paare 100m 2 Paare 100m	4 Paare 100m	4 Paare 100m
STP Typ 1	2 Paare	2 Paare 100m	2 Paare 100m	2 Paare 100m
Glasfaser (Mulimode) Glasfaser (Monomode)	4.000 m	?	2.000 m 60 km	2.000 m

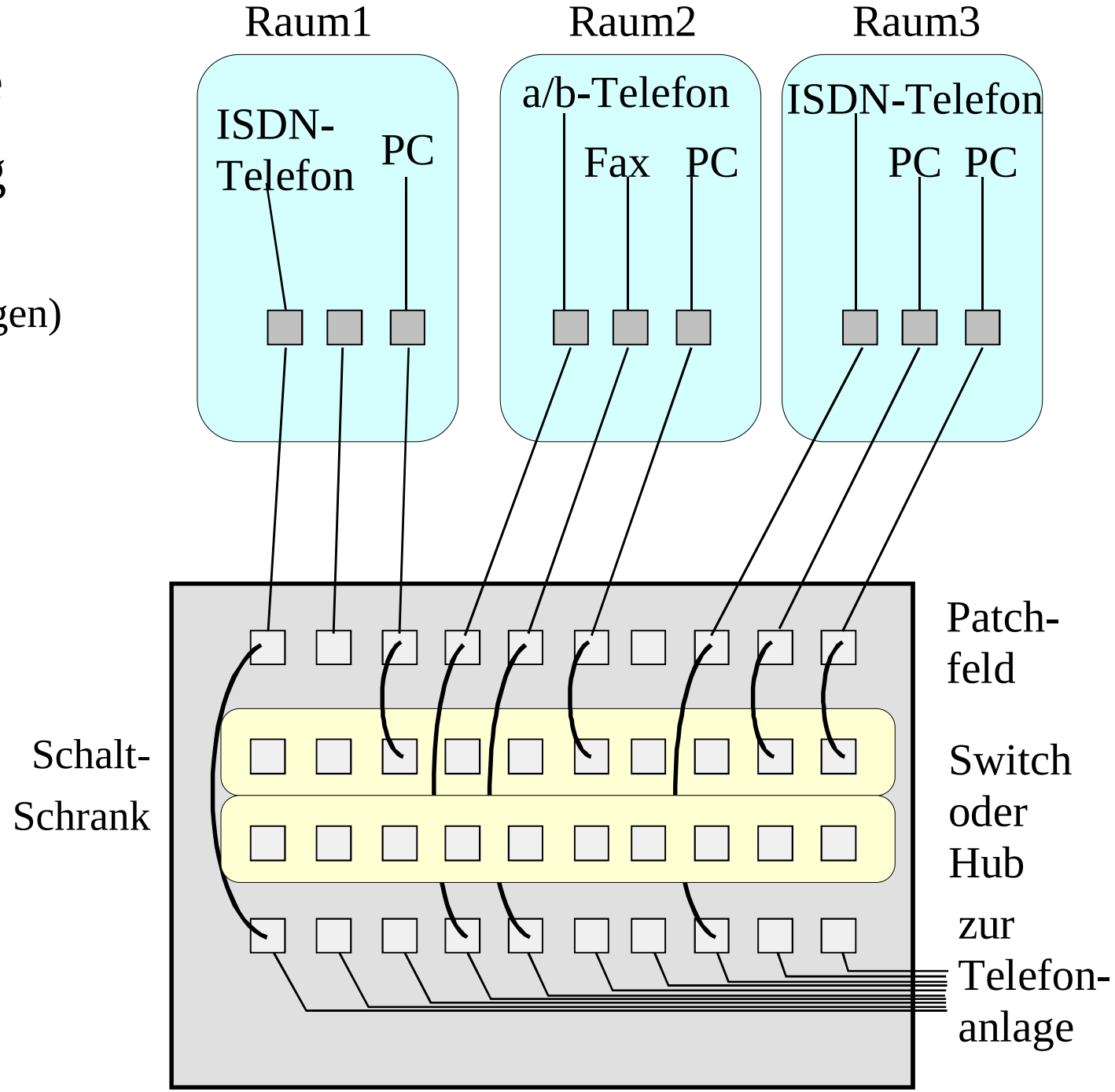
Gebäudeverkabelung



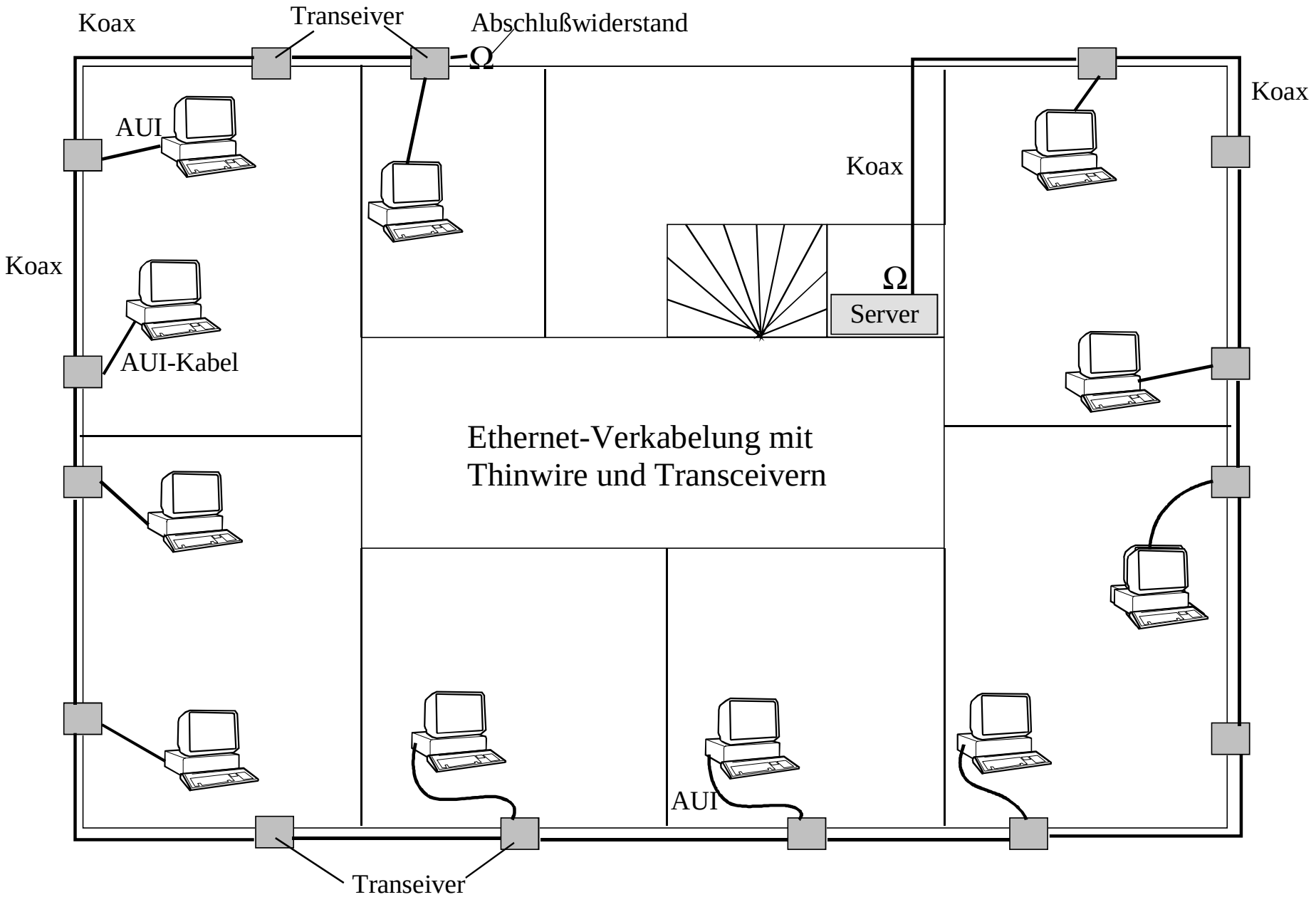
Strukturierte Verkabelung

Tertiärbereich (Etagen)

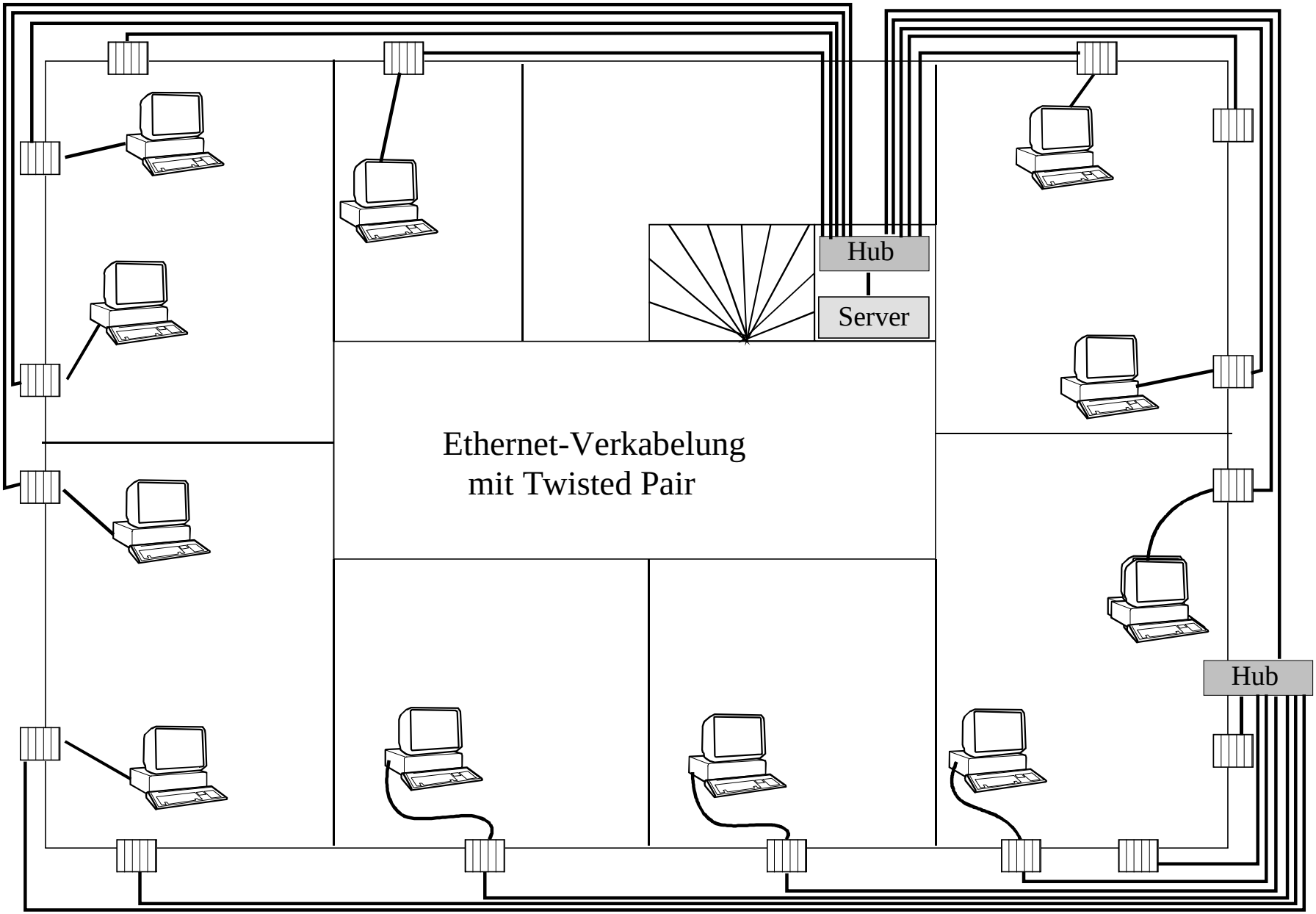
Verteilerschrank mit Patchfeldern



Tertiärbereich: Etagenverkabelung mit Koax

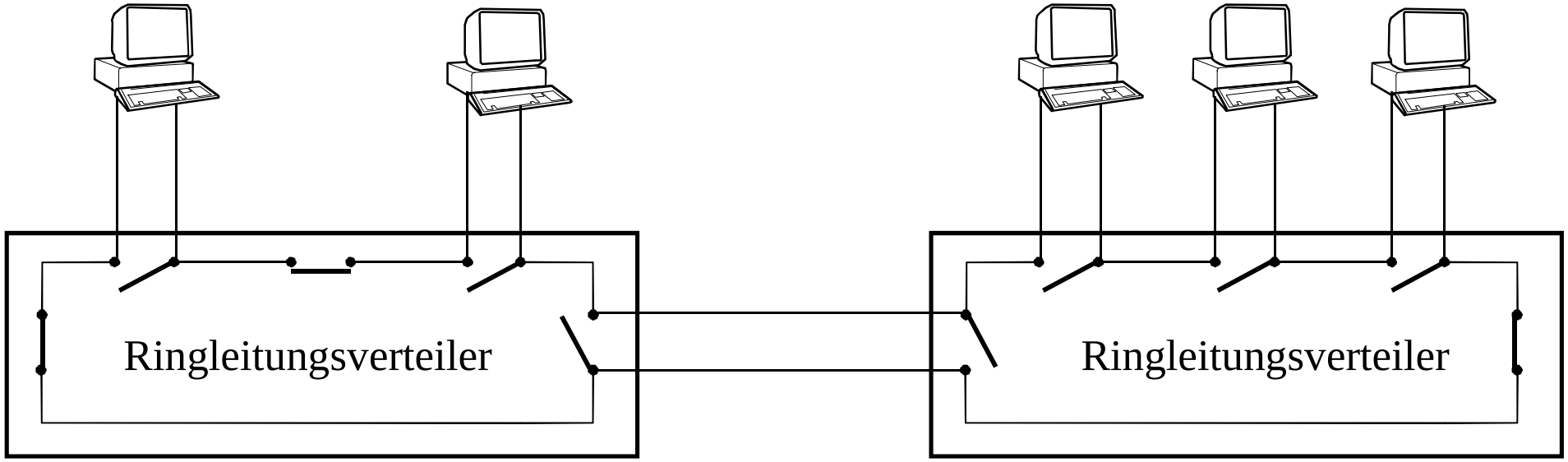


Tertiärbereich: Etagenverkabelung mit TP



Verkabelung bei Token-Ring

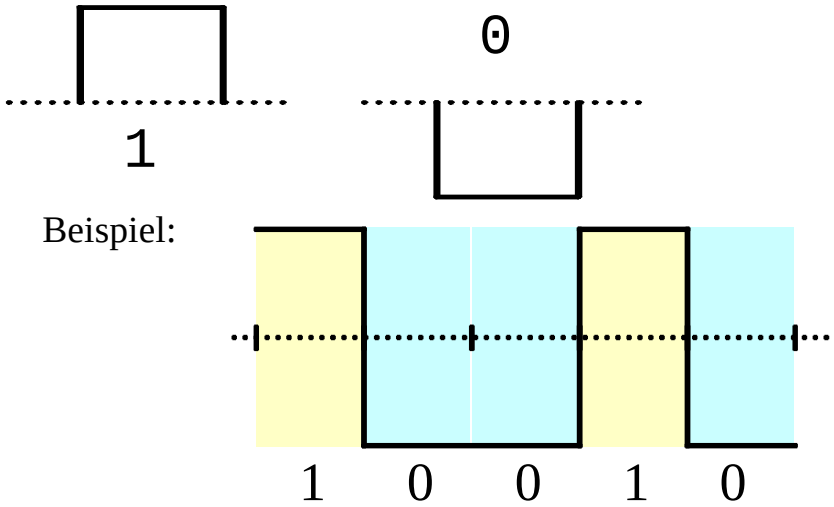
die Rechner sind sternförmig an den Ringleitungsverteilern angeschlossen



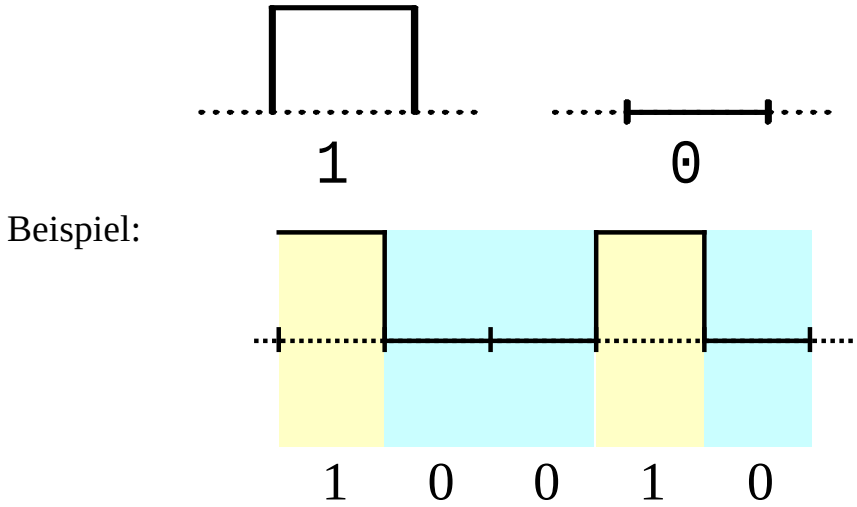
Binäre Leitungscodierung

NRZ-L: **N**on **R**eturn to **Z**ero - **L**evel Information wird durch den Pegel (nicht Flanke) ausgedrückt.

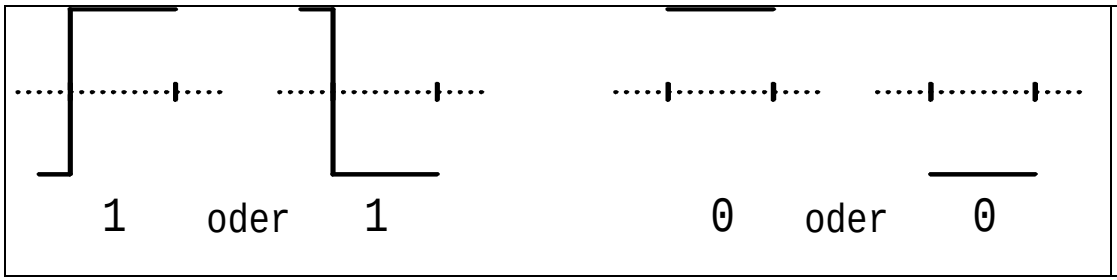
Doppelstromverfahren: Gleichstromanteil geringer Taktgehalt

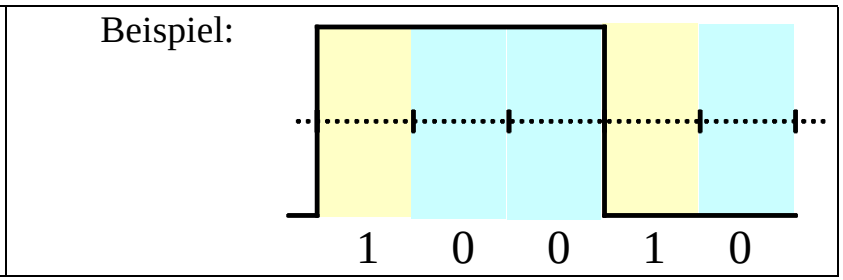


Einfachstromverfahren: Gleichstromanteil geringer Taktgehalt



NRZ-M: **M**ark die Eins wird durch den Flankenwechsel am Bitanfang dargestellt die Null





Vorteil: Polaritätswechsel oft besser erkennbar als Amplitude, Vertauschung der Polarität erzeugt keinen Fehler

Nachteil: Ein Übertragungsfehler erzeugt immer einen Doppelfehler

NRZ-S: **S**pace : 0 und 1 vertauscht

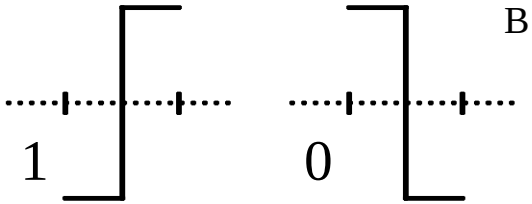
Binäre Leitungskodierung: Biphase

Biphase-L

= Biphase = Manchester = Splitphase = Wal1 = Dipuls,

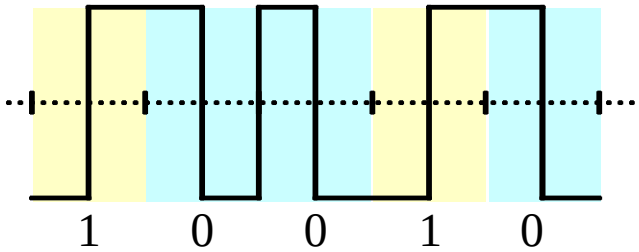
wird im Ethernet angewandt

Codierung der Symbole 0 und 1



Biphase-L

Beispiel



1 = positiver Phasensprung in der Bitmitte, Sprung am Bitanfang falls erforderlich

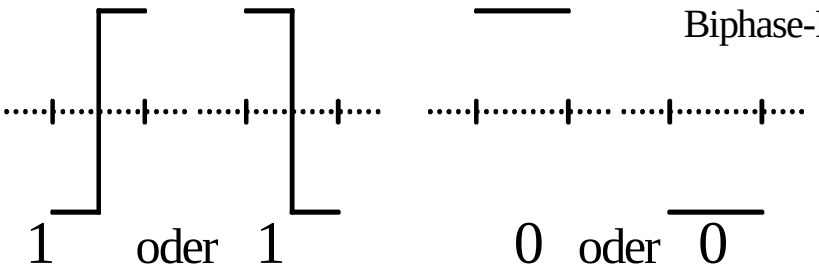
0 = negativer Phasensprung in der Bitmitte, Sprung am Bitanfang falls erforderlich

Biphase-M

= Diphase = conditioned Diphase
= coded Diphase

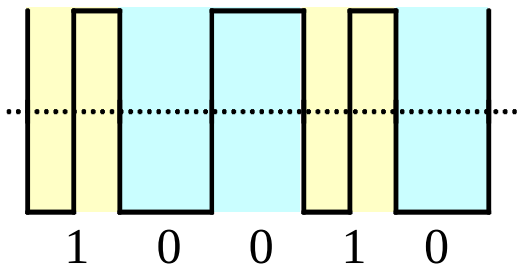
Biphase-S wie Biphase-M, jedoch 0 und 1 vertauscht

Codierung der Symbole 0 und 1



Beispiel:

Biphase-M



1 = Sprung am Bitanfang und Sprung in der Bitmitte

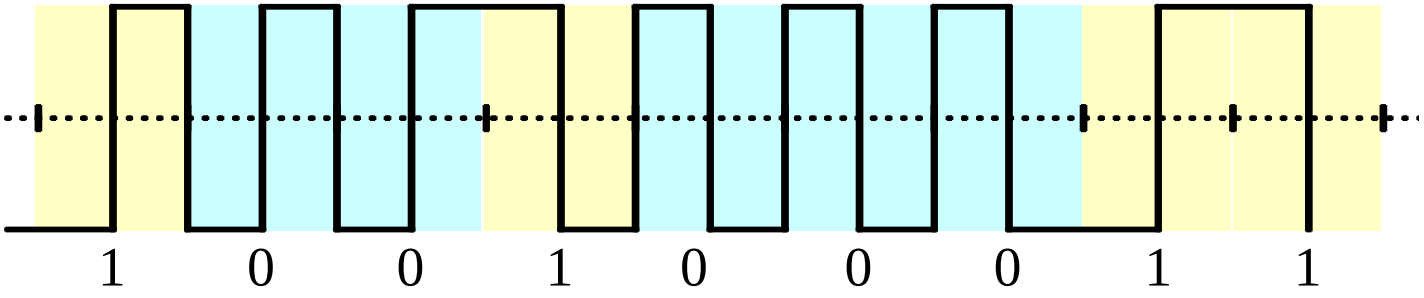
0 = Sprung am Bitanfang und kein Sprung in der Bitmitte (Level)

Binäre Leitungskodierung

Differential Mancester

ähnlich Biphase-M oder Biphase-S,

Wird im Token-Ring LAN verwendet



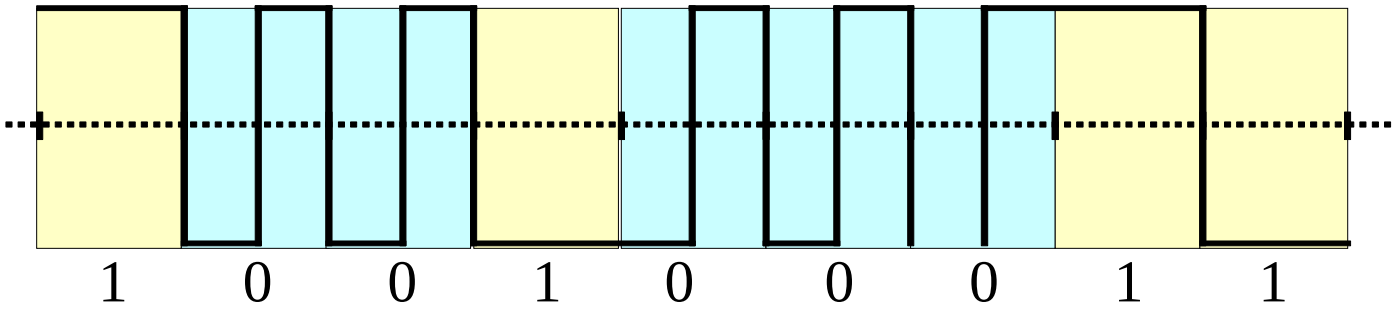
1 = kein Sprung am Bitanfang und Sprung in der Bitmitte

0 = Sprung am Bitanfang und Sprung in der Bitmitte

CMI Coded Mark Inversion

Ähnlich Biphase-S, jedoch etwas einfacher

differentieller Code; gleichstromfrei,
Anwendung bei 140 Mb/s-PCM-Systemen
und Glasfaser-Übertragung



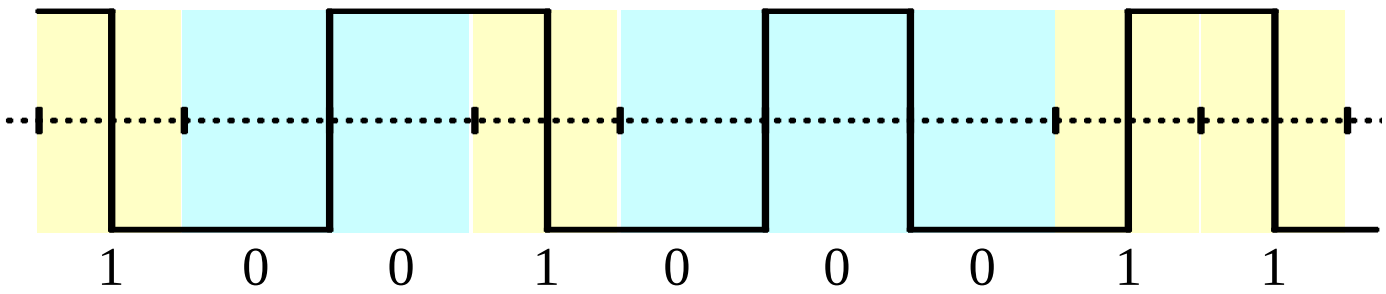
1 = Level; + und - alternierend

0 = Sprung in der Bitmitte von Minus nach Plus

Binäre Leitungskodierung

Miller-Code

Delay-Modulation
1 = Phasensprung 0 = Level



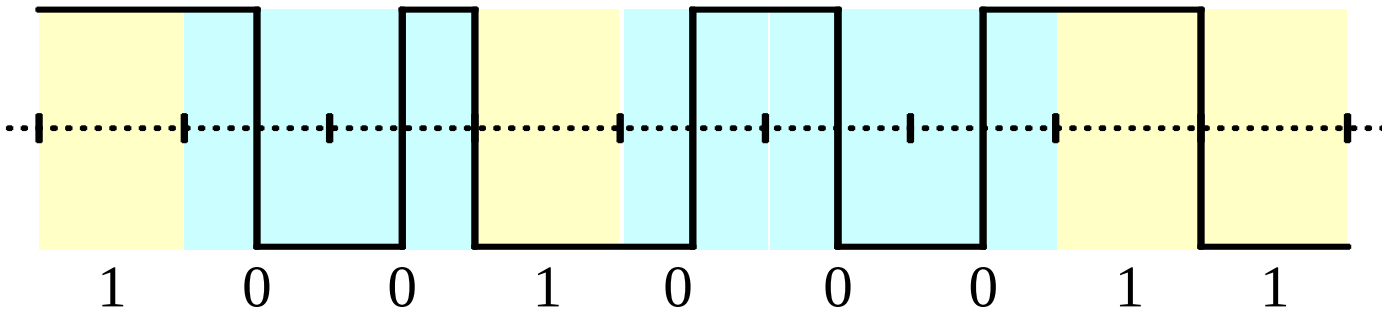
	Bitanfang	Bit-Mitte
1:	kein Sprung	Sprung
00:	Sprung	kein Sprung
10:	kein Sprung	kein Sprung

- schmales Spektrum (maximal 1 Wechsel pro Symbol, besser als Biphase)
- ausreichenden Taktgehalt (mindestens 1 Wechsel bei 2 Symbolen).
- nicht gleichstromfrei, z.B. bei Wiederholung der Bitfolge 101

Miller+CMI-Code

Miller-Code so modifiziert, daß gleichstromfrei;

Schmales Spektrum (maximal 1 Wechsel pro Symbol)



1 = Level, alternierend +1,-1
0 = Sprung in Bit-Mitte, Polarität so, daß kein Sprung am Bitanfang

Binäre Leitungskodierung

modifizierter Miller-Code Gleichstromfreiheit durch Codeverletzung.
Running digital sum RDS wird dadurch auf 3 begrenzt.

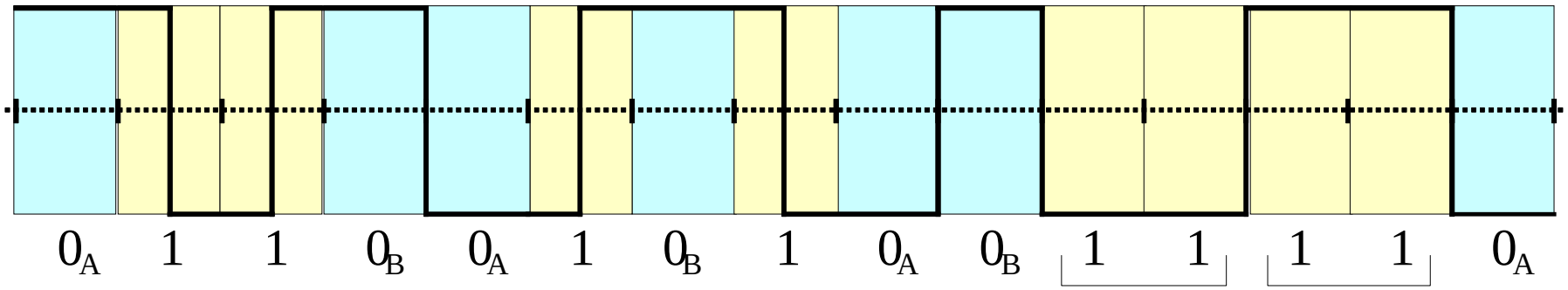
Die Nullen werden abwechselnd als 0_A und 0_B gekennzeichnet.

Zwischen 0_A und 0_B Codierung erfolgt nach Miller-Code

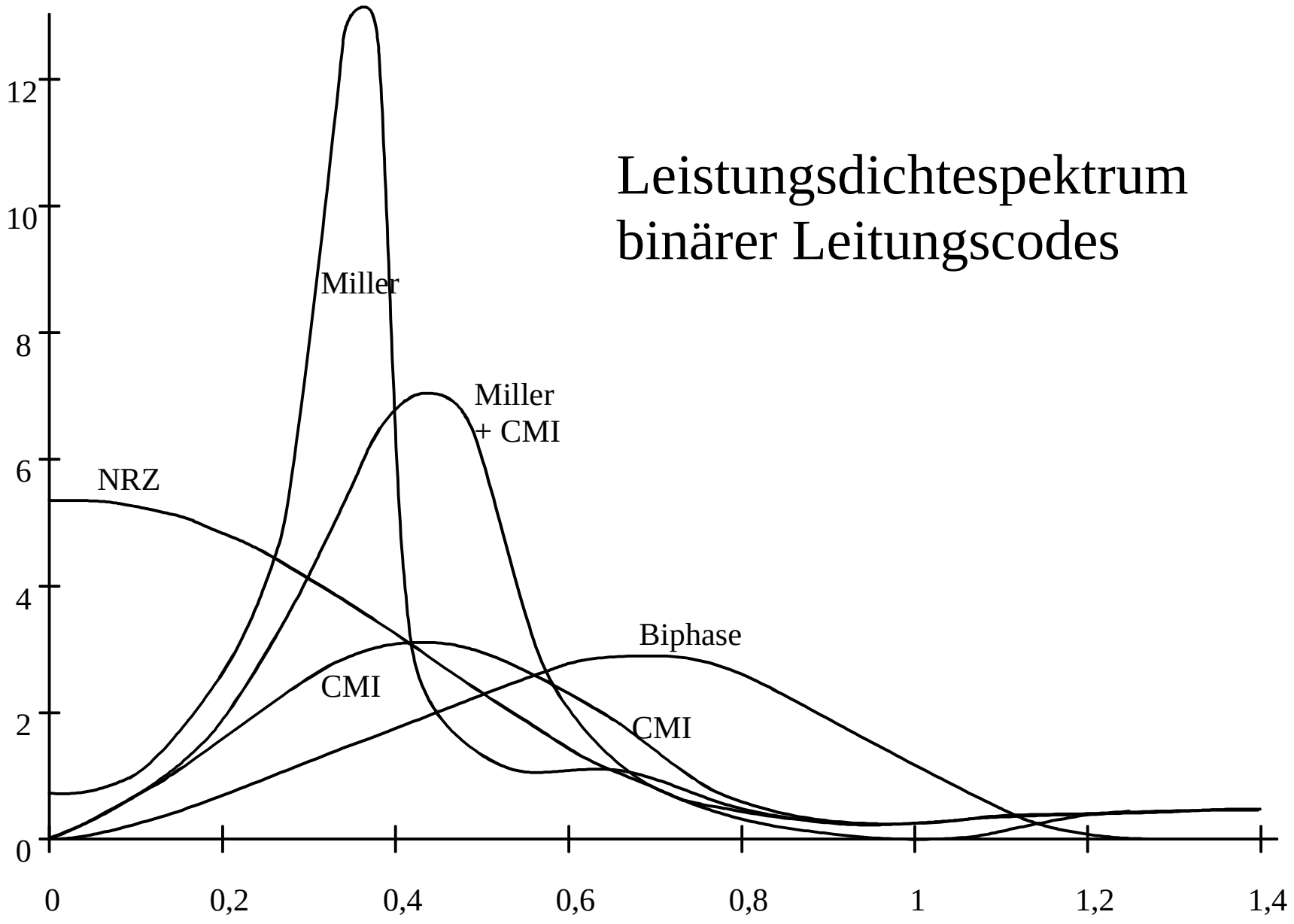
Zwischen 0_B und 0_A die Einsen werden als Paare zusammengefaßt und alternierend mit + und – codiert

Das Vorzeichen des ersten Paares wird so gewählt, daß ein Sprung nach 0_B auftritt.

Bei ungerader Zahl von Einsen zwischen 0_B und 0_A wird letzte Eins nach Miller codiert



Binäre Leitungskodierung



Ternäre Leitungscodierung

Ternäre Leitungscodes können ld3 = ln3/ln2 = lg3/lg2 = 1,585 Bit pro Zeichen übertragen.

Wird nur 1 Bit pro Zeichen codiert (**Pseudoternär**), dann kann die Redundanz zur Fehlererkennung genutzt werden.

Die pseudoternäre Codierung hat eine schlechtere Effizienz (1/ld3 = 63%) als Binärcodes.

Ternäre Codes haben schlechteres S/N als binäre.

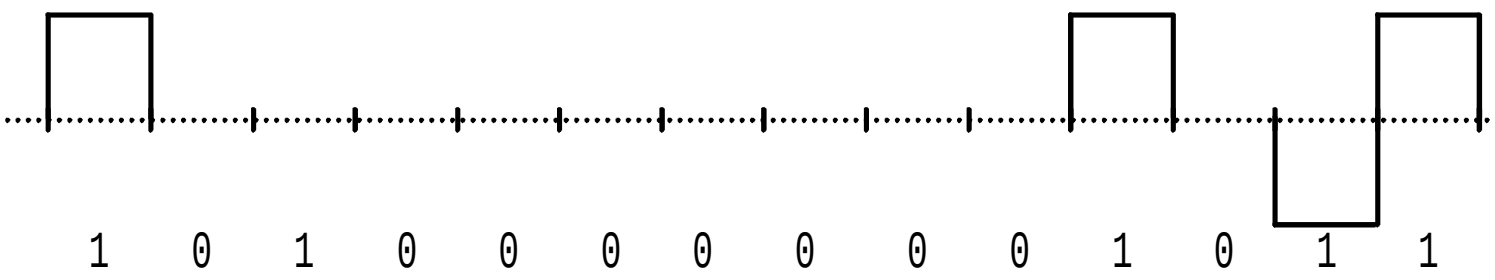
AMI-Code Alternate Mark Inversion;

gleichstromfrei,

genügend Taktgehalt wenn lange Nullfolgen vermieden werden, deshalb häufig zusammen mit Verwürfler verwendet.

Anwendung: PCM24, PCM30, ISDN-S_0 mit umgekehrter Polarität

Codiervorschrift: 1 = Level; + und - alternierend
0 = immer 0



Pseudoternäre Leitungscodierung: HDB_n

HDB_n-Code High Density Bipolar n-Code meistens ist n = 3

Ist gleichstromfrei; entsteht aus dem AMI-Code durch Code-Regelverletzung; lange Nullfolgen werden dadurchvermieden

1.: lange Nullfolgen vermeiden: Wenn n+1 Nullen auftreten, wird die Null (n+1) durch eine Eins mit Coderegelverletzung ersetzt

2.: Gleichstromfreiheit herbeiführen (Durch Coderegelverletzung ist der Code u.U. nicht mehr gleichstromfrei)

Am Begin der Nullfolge wird eine zusätzliche Eins als Ausgleich eingeführt, aber nur wenn der Betrag der RDS (running digital sum) durch die Codeverletzung größer als 1 würde. Die erste Null wird durch eine +1 (-1) ersetzt wenn rds=-1 (+1).

Beispiel für HDB3-Code

Bitfolge der Daten: Sendefolge bei AMI-Code:	1 **0** **0** **0** **0** 1 +1 0 0 0 0 -1	
HDB3-Folge (RDS am Anfang = -1) Wert der running digital sum RDS:	+1 0 0 0 **+1** -1 -1 0 0 0 0 +1 0	Fett: 1 mit Coderegelverletzung
HDB3-Folge (RDS am Anfang = 0) Wert der running digital sum RDS:	+1 **-1** 0 0 **-1** +1 0 +1 0 0 0 -1 0	1. fette Eins ist Ausgleichsbit 2. fette Eins Coderegelverletzung

HDB3-Code. Anfangsbedinung: RDS = 0, die letzte 1 wurde mit +1 gesendet

Daten:	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
HDB_3:	-1	+1	0	0	+1	-1	+1	-1	0	0	-1	+1	0	0	0	+1	-1	0	0	0	-1	0	+1	
rds:	0	-1	0	0	0	+1	0	+1	0	0	0	-1	0	0	0	0	+1	0	0	0	0	-1	-1	0

	1		2		3		4		
0000	+0+	3	0-0		1	0-0	2	0-0	3
0001	0-+	1	0-+		2	0-+	3	0-+	4
0010	+-0	1	+-0		2	+-0	3	+-0	4
0011	00+	2	00+		3	00+	4	--0	2
0100	-+0	1	-+0		2	-+0	3	-+0	4
0101	0++	4	-00		1	-00	2	-00	3
0110	-++	2	-++		3	--+	2	--+	3
0111	-0+	1	-0+		2	-0+	3	-0+	4
1000	+00	2	+00		3	+00	4	0--	2
1001	+-+	2	+-+		3	+-+	4	---	1
1010	++-	2	++-		3	+--	2	+--	3
1011	+0-	1	+0-		2	+0-	3	+0-	4
1100	+++	4	-+-		1	-+-	2	-+-	3
1101	0+0	2	0+0		3	0+0	4	-0-	2
1110	0+-	1	0+-		2	0+-	3	0+-	4
1111	++0	3	00-		1	00-	2	00-	4

4B3T (4 Binär, 3 Ternär)

Verwendet an der U_{k0}-Schnittstelle (ISDN-Schnittstelle mit Echolöschung).

$2^4 = 16$ binäre Zeichen werden in
$3^3 = 27$ ternäre Zeichen umgesetzt.

Die 27 -16 = 11 ungenutzten Zeichen werden zur Fehlerüberwachung und Spektralformung genutzt.

Die Zahl hinter dem Ternärcode gibt an, welche der 4 Tabellen als nächste zu benutzen ist.

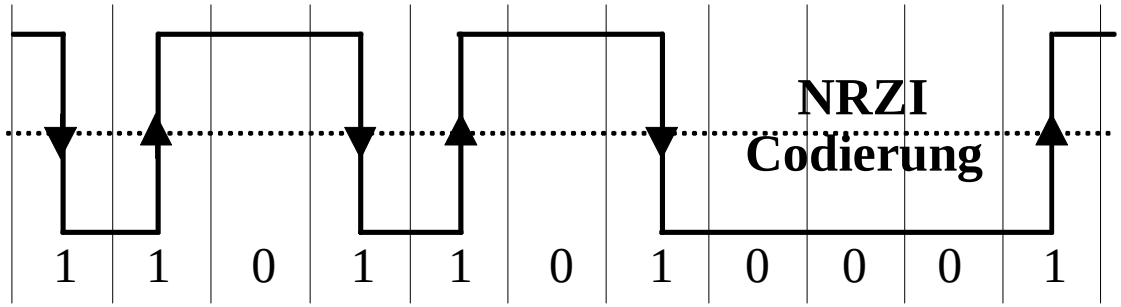
Leitungscodierung bei Fast-Ethernet

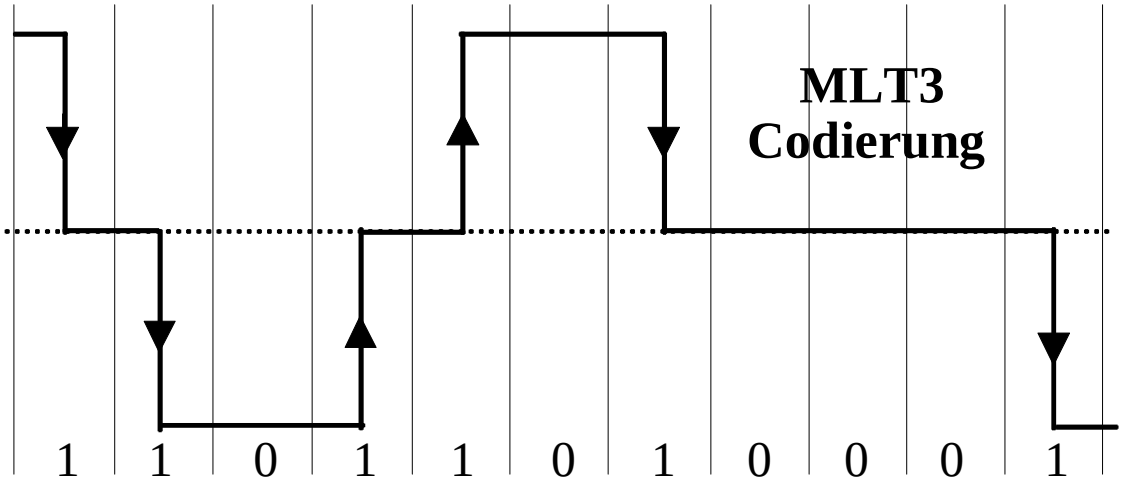
1. Schritt: **4B/5B**-Code für Gleichstromfreiheit und Taktgehalt

   Die 16 redundanten Bitkombinationen werden für Signalisierung und zur Qualitätsbeurteilung der Verbindung genutzt.

2. Schritt: **NRZI-Code** (Non Return to Zero / Inverted); gutes Spektrum

3. Schritt: **MLT3** – Codierung für Halbierung der nötigen Bandbreite



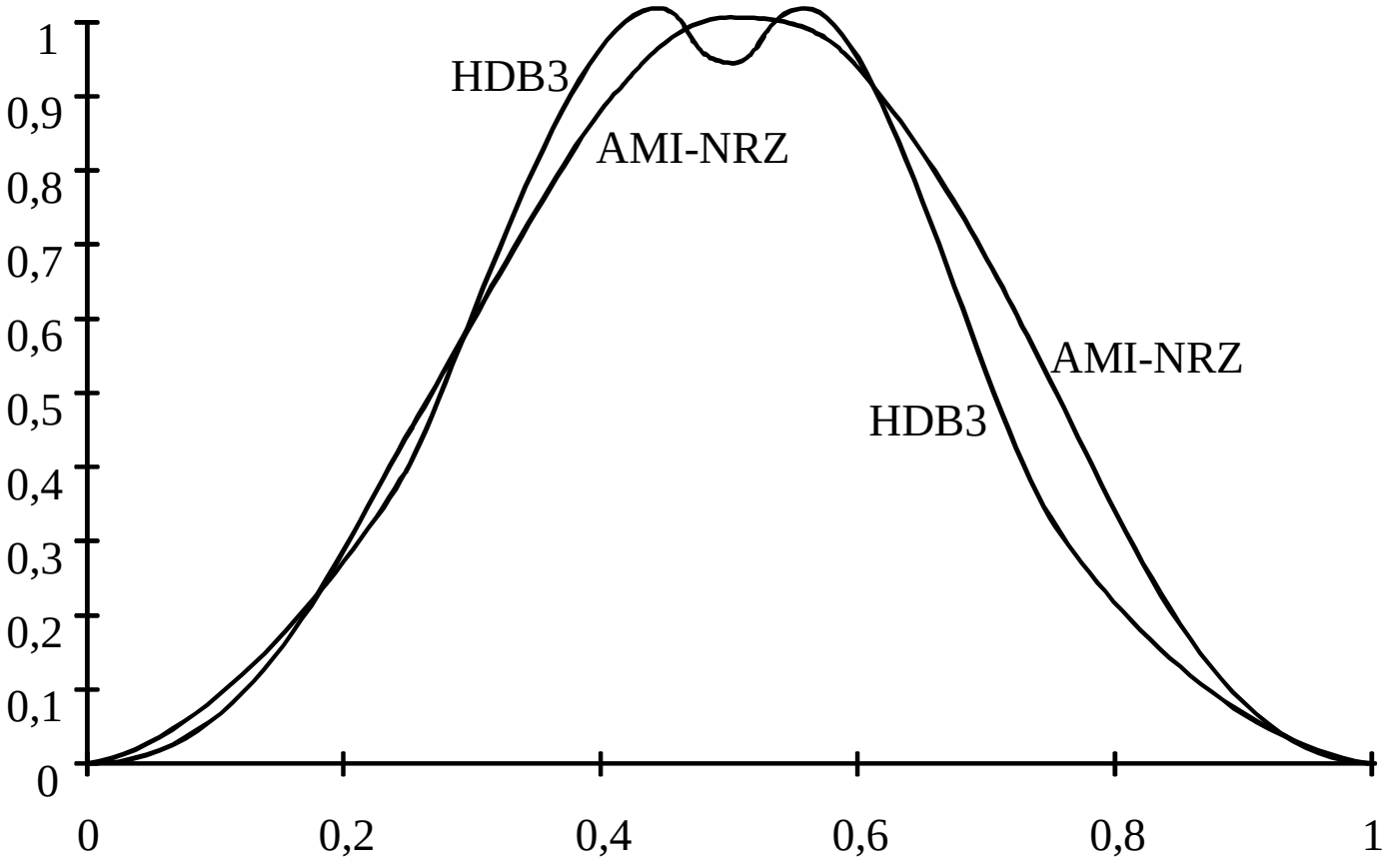


Erforderliche Bandbreite:

Fast Ethernet	100 Mb/s
4B/5B –Code	125 Mb/s
NRZI	62,5 MHz
MLT3	31,75 MHz.

Gigabit Ethernet: ähnlich wie Fast-Ethernet, jedoch 8B/10B-Codierung.

Ternäre Leitungscodierung



Leistungsdichte-Spektrum ternärer Leitungscodes