

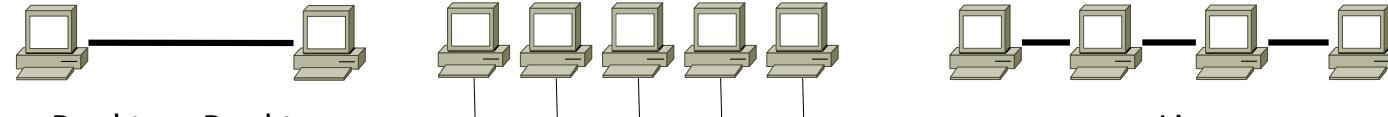
# Netztechnik-Vorlesung Teil-5

# Netztechnik-Vorlesung Teil-5

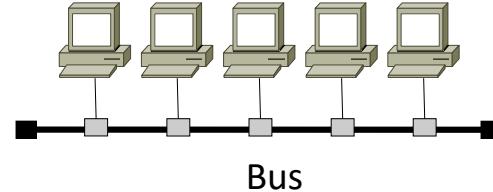
## Inhalt

- Topologien
- Kupferverkabelung
- Lichtwellenleiter (LWL)
- Ethernet

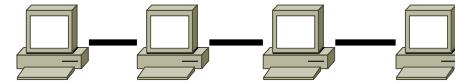
# Topologien (allgemein)



Punkt-zu-Punkt

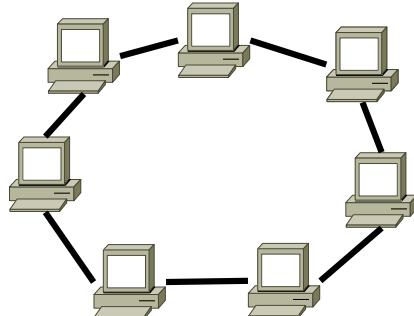


Bus

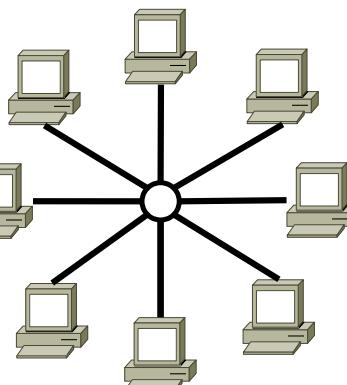


Line

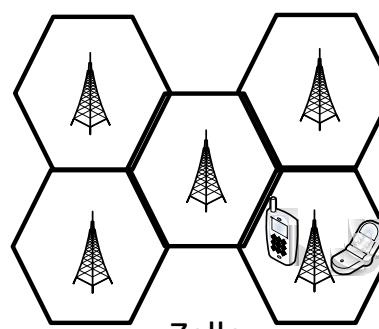
Ein-dimensional



Ring

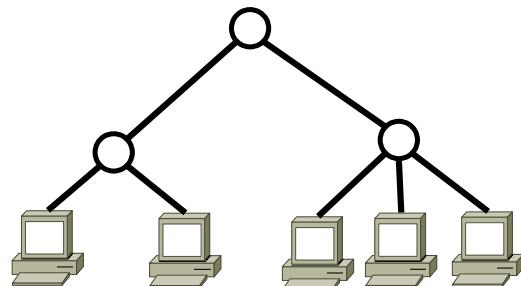


Stern

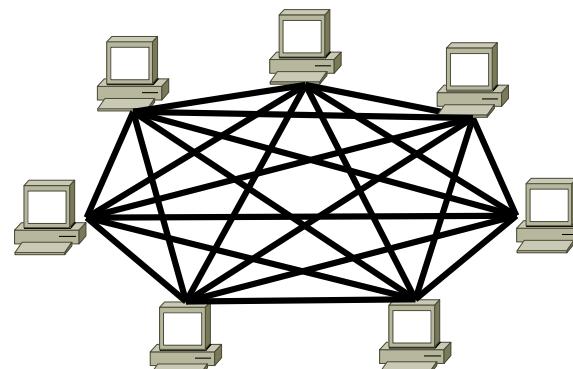


Zelle

Zwei-dimensional



Baum

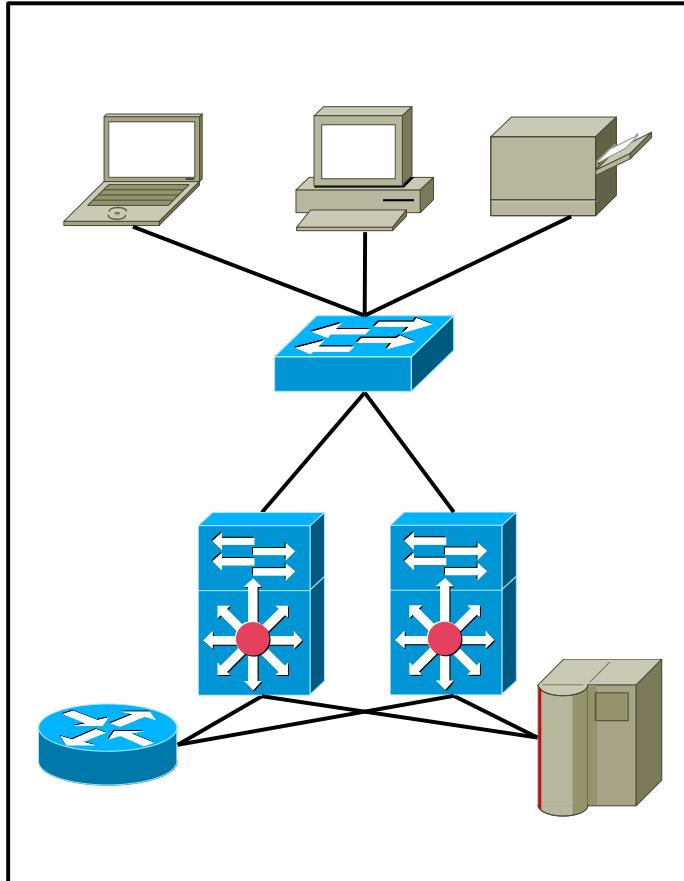


vermascht

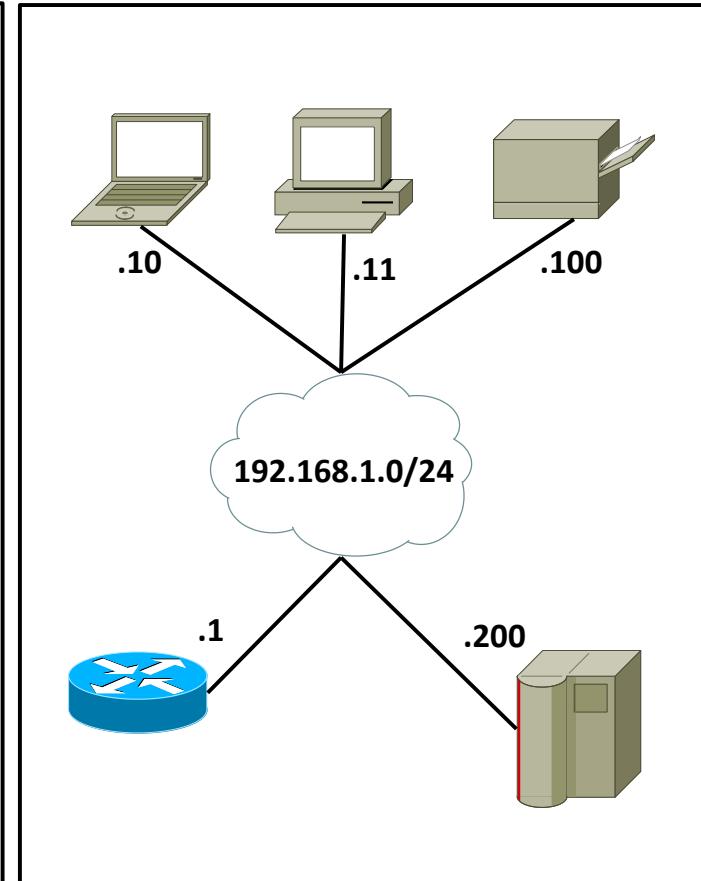
Mehr-dimensional

- Durchmesser
- Grad
- Bisektionsweite
- Symmetrie
- Skalierbarkeit
- Konnektivität

# Topologien (Ebene2 (physikalisch) / Ebene3 (logisch))

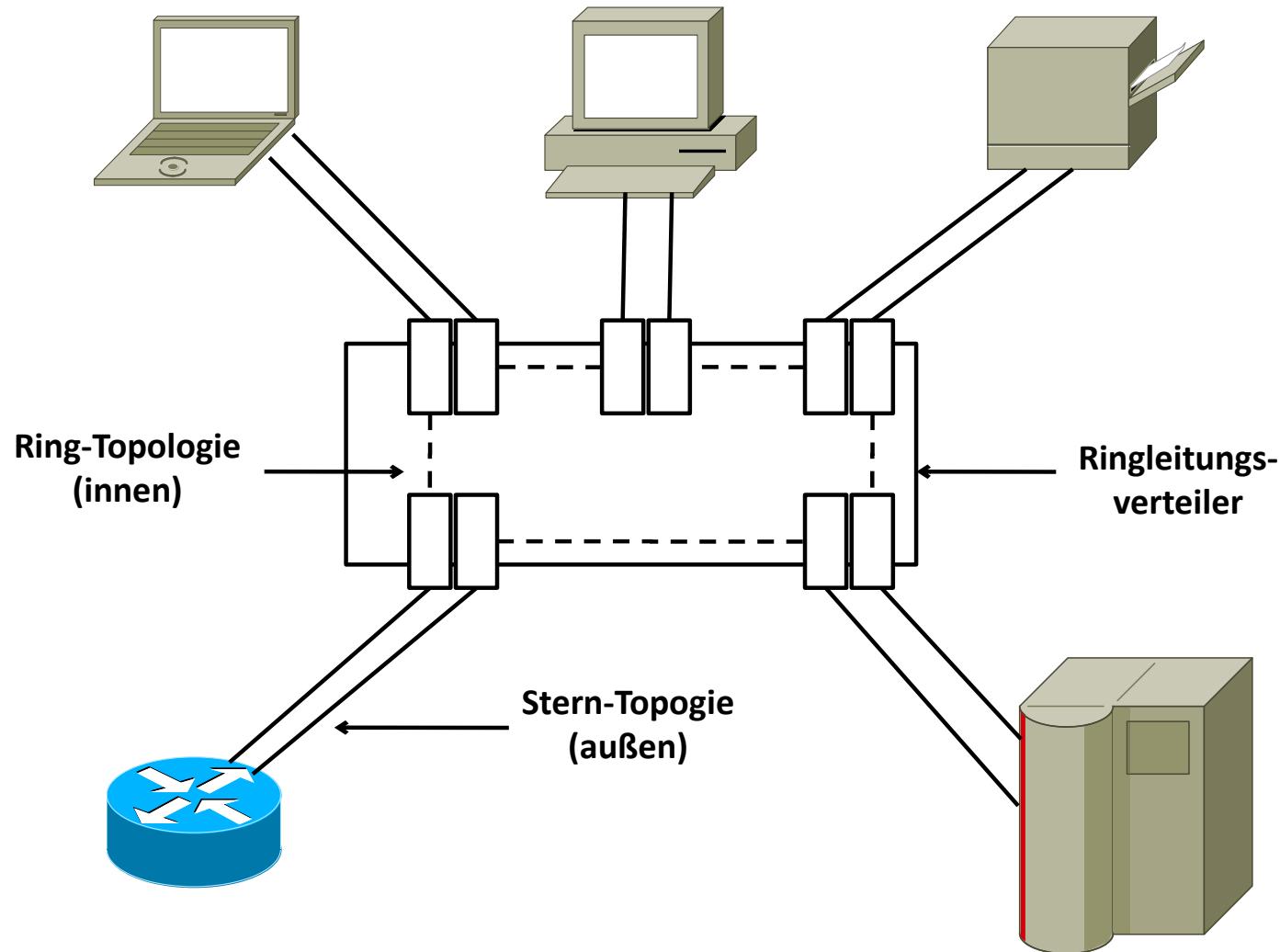


Physikalische Topologie



Logische Topologie

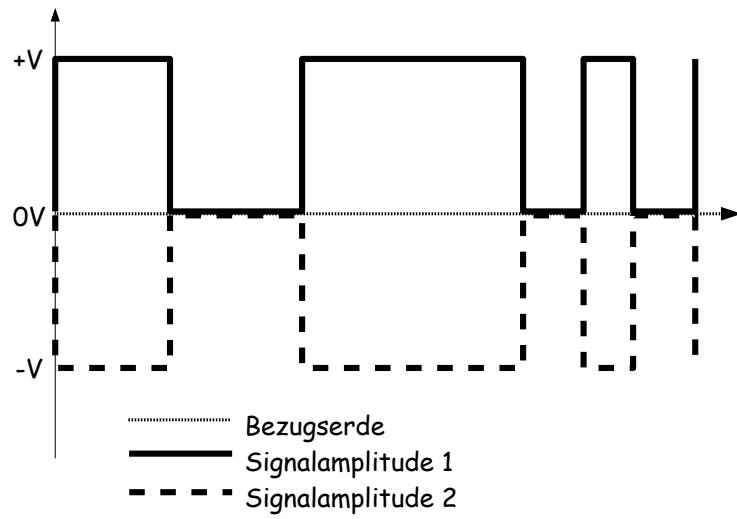
# Topologien (physikalisch / logisch)



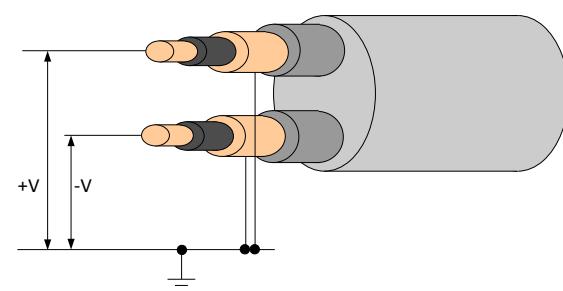
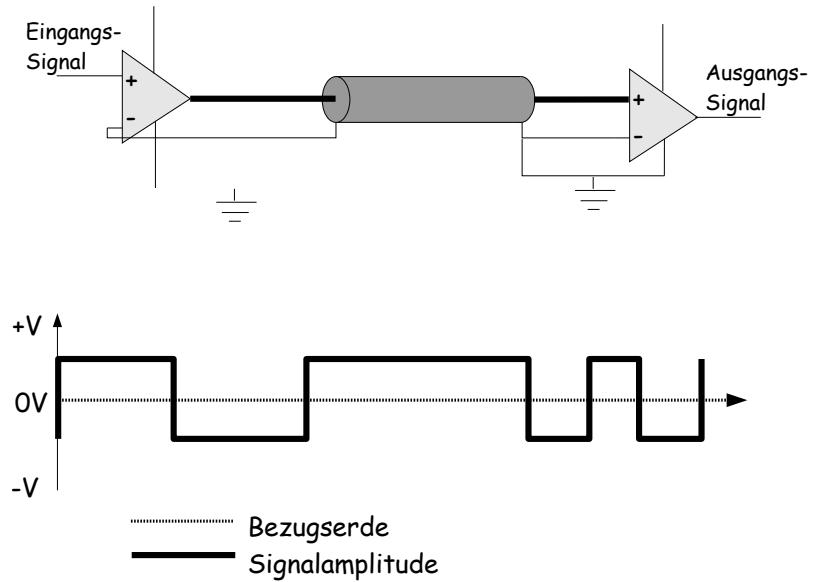
# Kupferverkabelung

## Unterscheidung: Symmetrisch / Unsymmetrisch

Symmetrisch



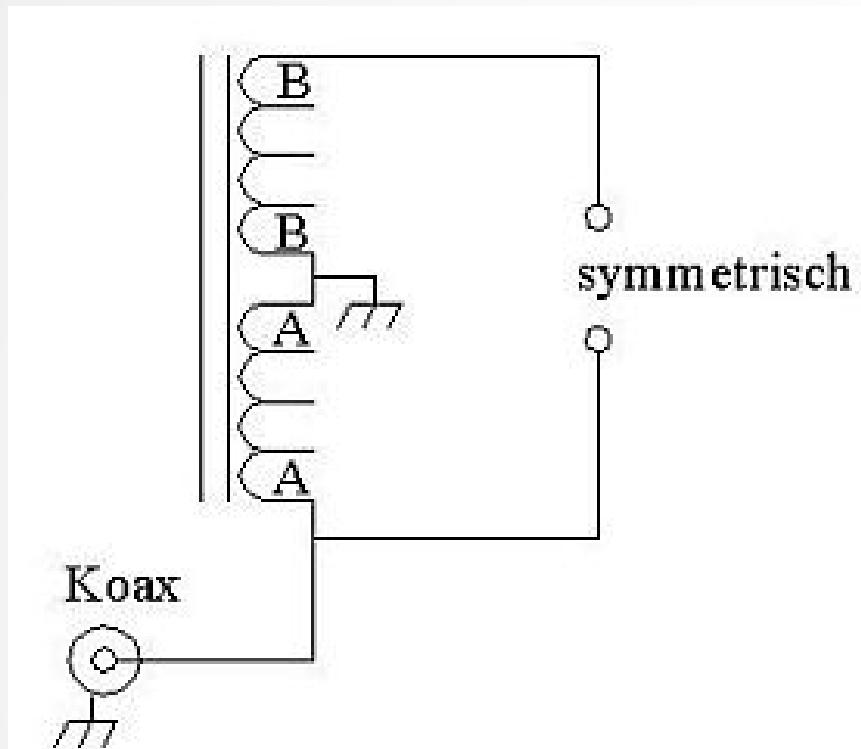
Unsymmetrisch



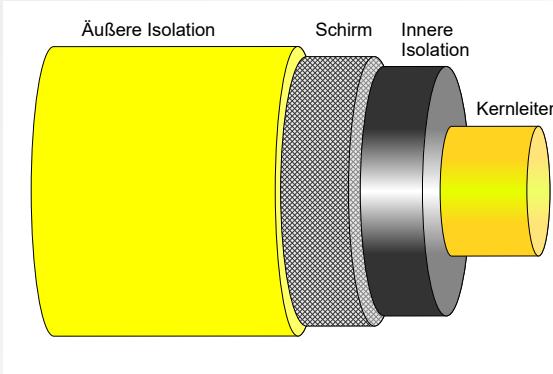
# Kupferverkabelung

## Anpassung: Symmetrisch / Unsymmetrisch

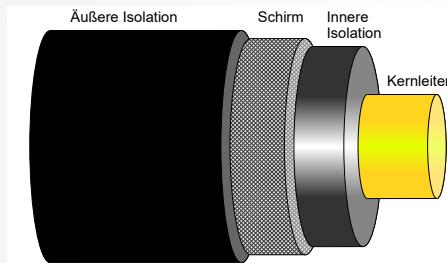
Anpassung durch BALUN



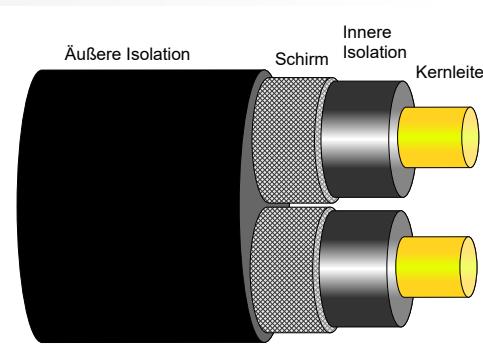
# Kupferverkabelung Koaxial-Leitungen



Yellow-Cable (Thick-  
Ethernet)  
RG8A/U

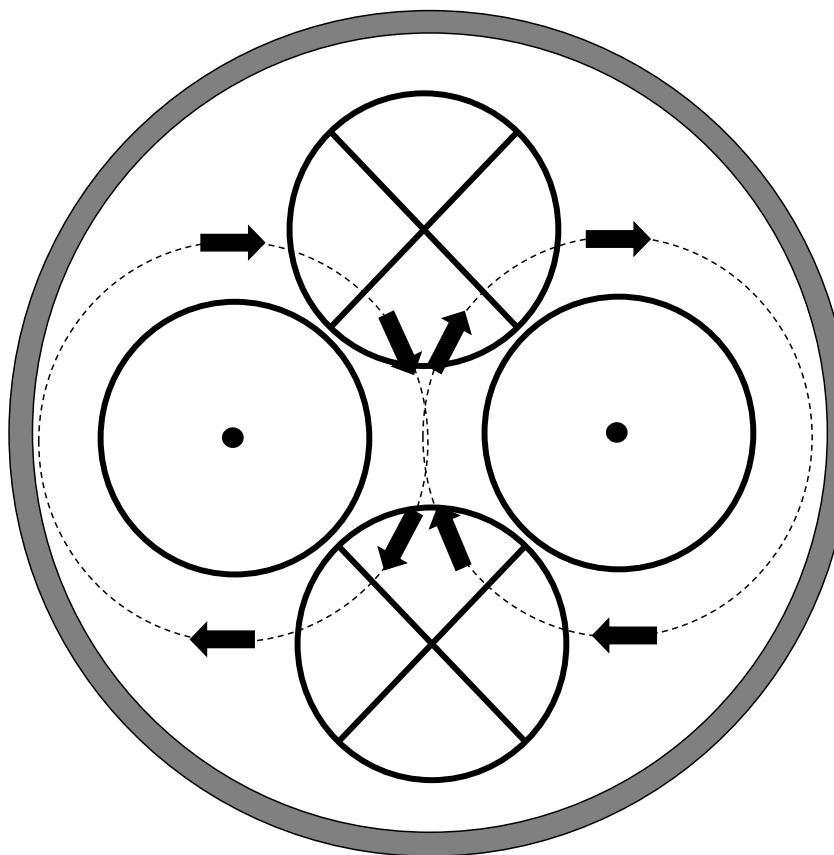


Cheapernet-Cable (Thin-Ethernet / Cheapernet)  
RG58

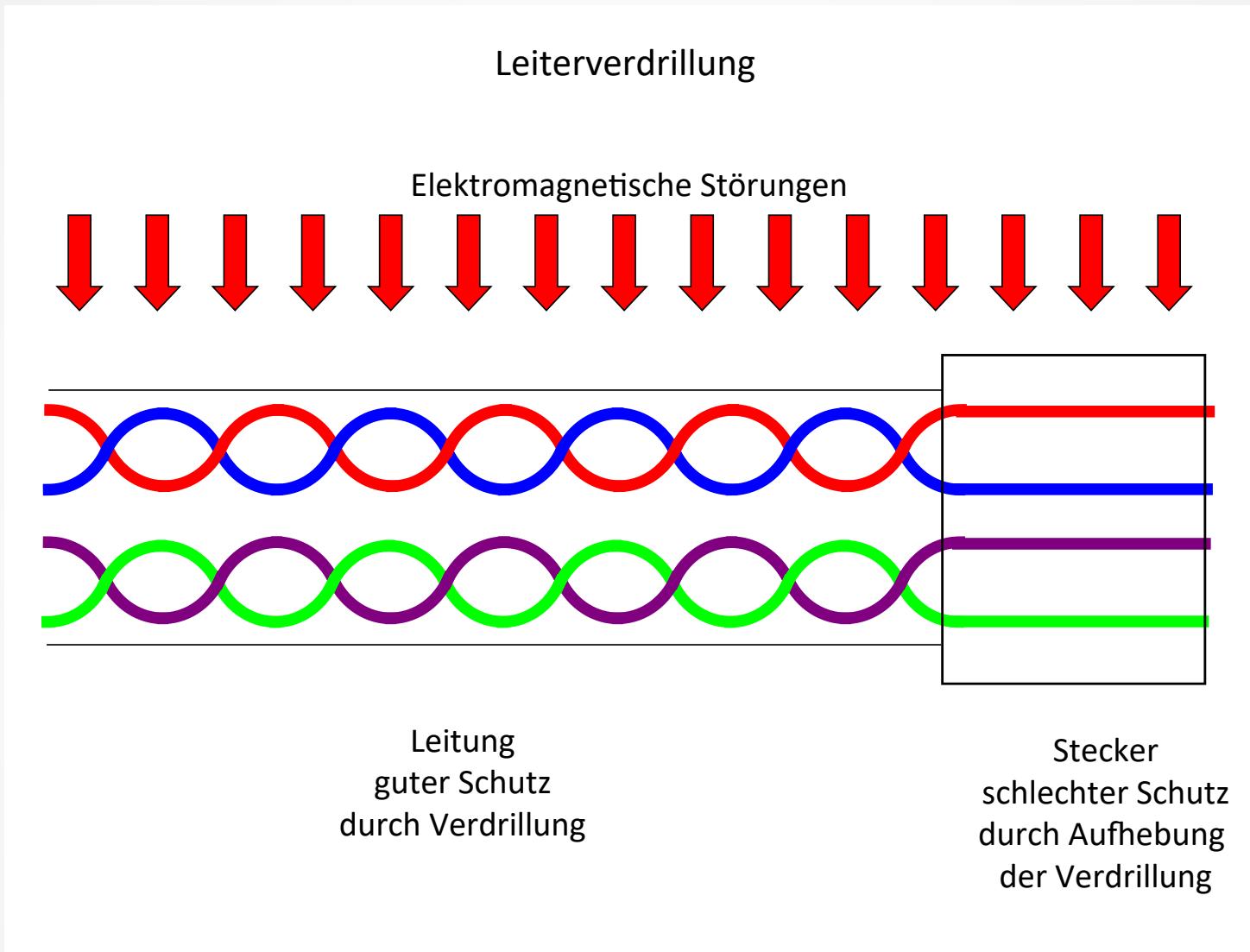


Twinax-Cable

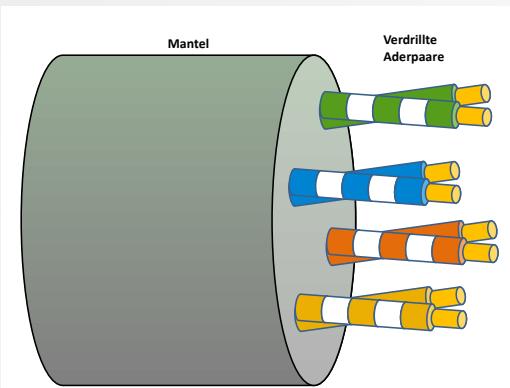
# Kupferverkabelung Sternvierer



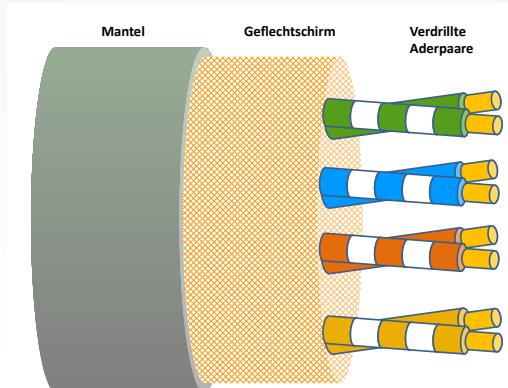
# Kupferverkabelung Twisted-Pair-Leitungen



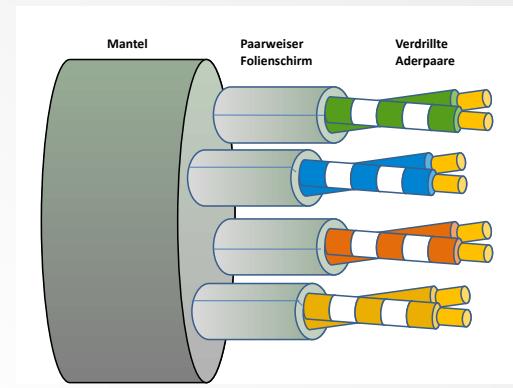
# Kupferverkabelung Twisted-Pair-Leitungen



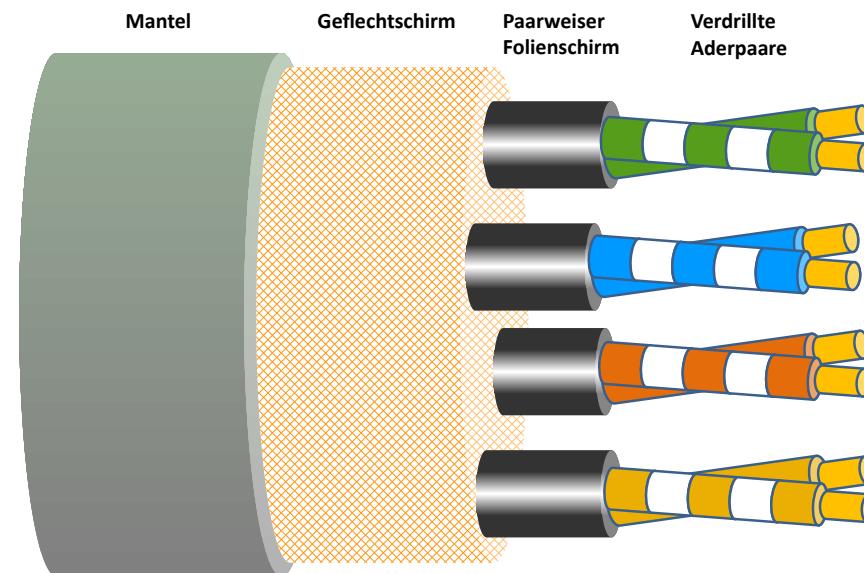
UTP



STP



UFTP



SSTP / SFTP

# Übersicht Twisted Pair Leitungen

Kabeltyp	EIA/TIA 568 Kategorie, Kat. Category, Cat.	DIN EN 50173 Klasse	Max. Frequenz	Impedanz	Anwendung
UTP-1	Cat.1	-	0,3 ... 3,4 kHz	100 Ohm	analoge Sprachübertragung
UTP-1	-	A	100 kHz	100 Ohm	analoge Sprachübertragung
UTP-2	Cat.2	B	1 MHz	100 Ohm	ISDN
UTP-3	Cat.3	C	16 MHz	100 Ohm	10Base-T, 100Base-T4, ISDN
UTP-4	Cat.4	-	20 MHz	100 Ohm	16 MBit Token Ring
STP	IBM Typ 1/9		20 MHz	150 Ohm	4 und 16 MBit Token Ring
S/FTP	Cat.5	D	100 MHz	100 Ohm	100Base-TX, SONET, SOH
	Cat.5e	D	100 MHz	100 Ohm	1000Base-T
S/FTP	Cat.6	E	250 MHz	100 Ohm	155-MBit-ATM, 622-MBit-ATM
	Cat.6e	E	500 MHz	100 Ohm	-
	Cat.6a	F	625 MHz	100 Ohm	10GBase-T
S/FTP	Cat.7	F	600 MHz	100 Ohm	
S/FTP	Cat.7a	F	1000 MHz	100 Ohm	40GBase-T, 100GBase-T

# Aufbau der Topologie-Bezeichnung

< Datenrate [Mbit] >< Übertragungsverfahren >< Maximallänge/100m | -Topologie >

## ● Datenraten

- 10 Die Auslegung ist auf 10 Mbps begrenzt.
- 100 Die Auslegung ist auf 100 Mbps begrenzt. (Megabit-Ethernet)
- 1000 Die Auslegung ist auf 1000 Mbps begrenzt. (Gigabit-Ethernet)

## ● Übertragungsverfahren

### Base

Es wird eine Basisband-Zeichengabe benutzt.

Dies bedeutet, dass nur eine Übertragungs-Frequenz benutzt wird was zur Folge hat, dass immer nur eine Station senden kann. Die Sende-Berechtigung wird über ein Zugriffsverfahren wie CSMA/CD oder Token geregelt.

### Broad

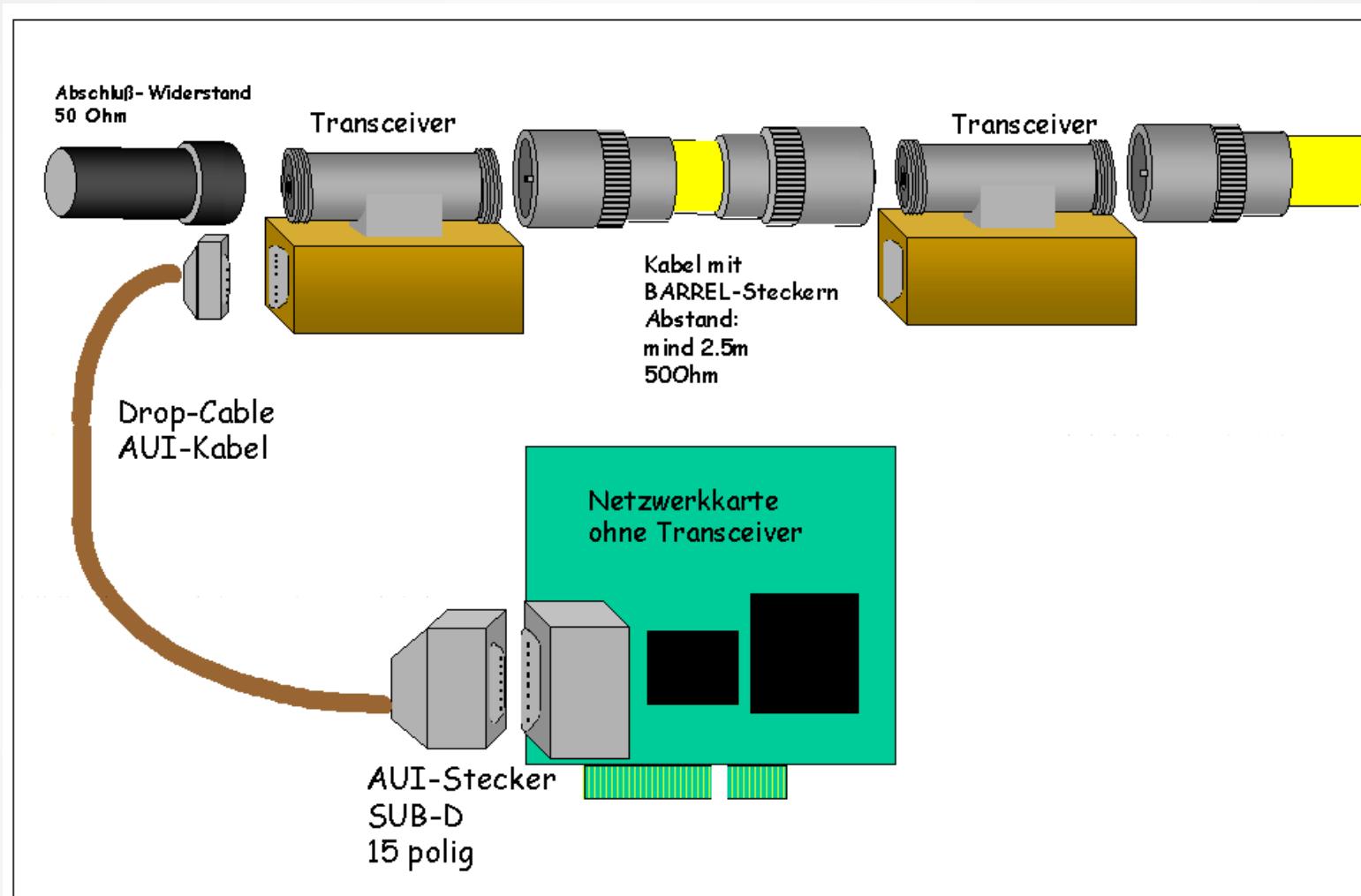
Es wird eine Breitbandband-Zeichengabe benutzt. Hier werden mehrere Frequenzen genutzt.

Dies hat zur Folge, dass mehrere Stationen gleichzeitig senden können.

## ● Maximallänge

- 2 Maximale Ausdehnung 200m (genau 185m)
- 5 Maximale Ausdehnung 500m
- T Twisted-Pair (max. 100m)
- F Fiber-Optic
- LX Long Wavelength Fiber-Optic (max. 1500m)
- SX Short Wavelength Fiber-Optic (max. 500m)
- FD Full Duplex
- HD Half Duplex
- CF Collision Free
- MM Multimode LWL
- SM SingleMode LWL

# Topologiebeispiel 10Base5

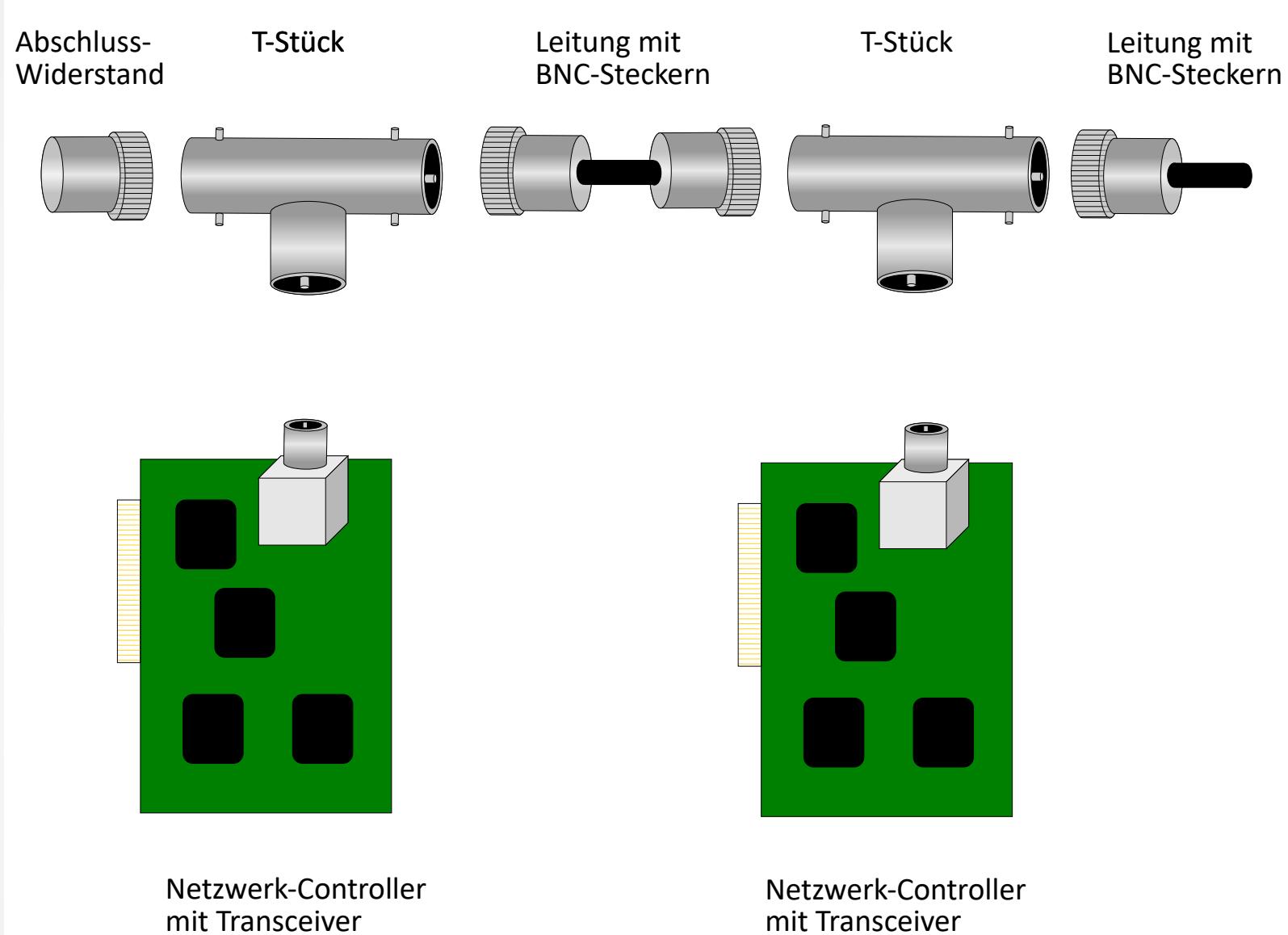


10Base5-Verkabelung

E. Schweyer

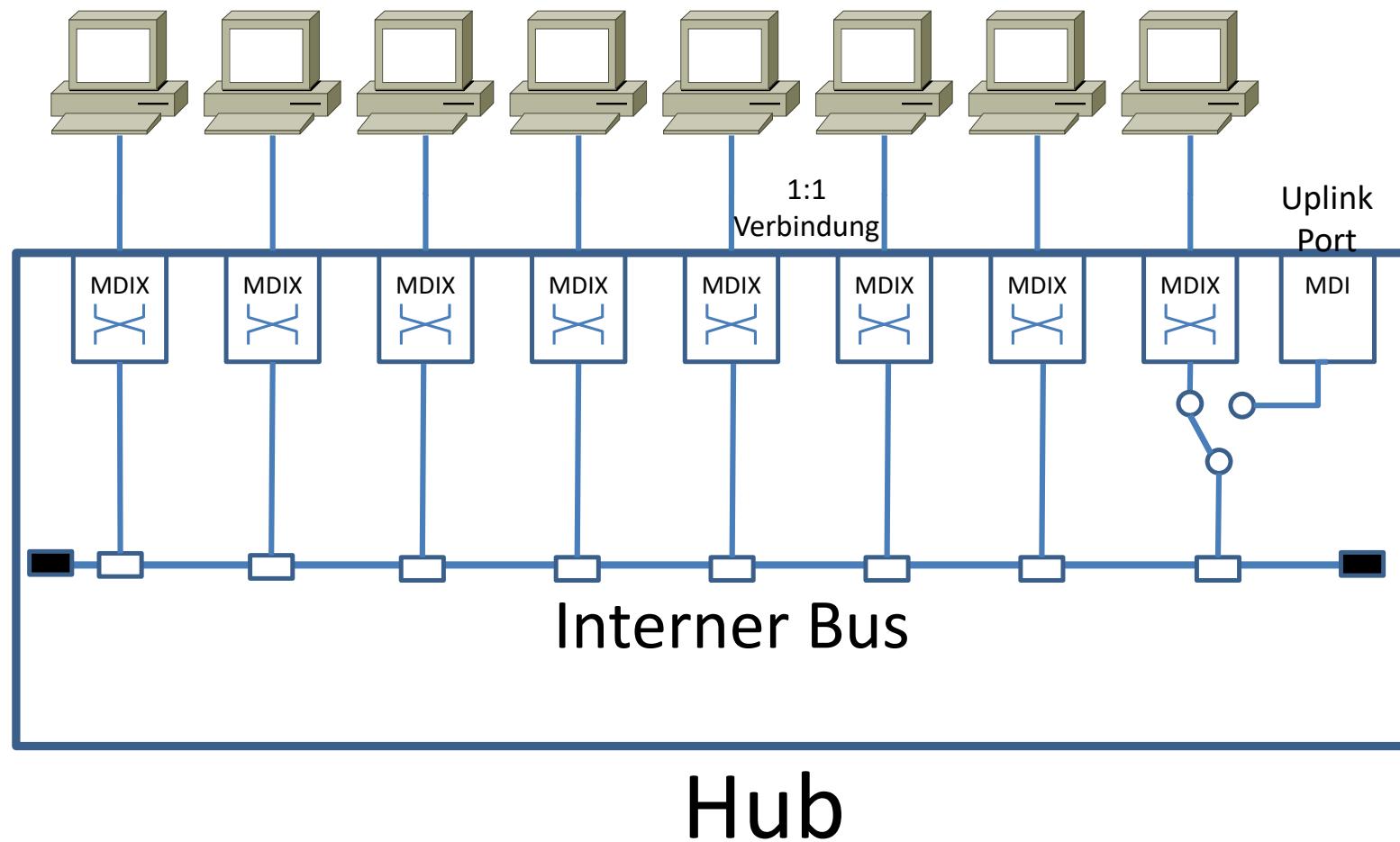
Stand: 10.10.1999

# Topologiebeispiel 10Base2

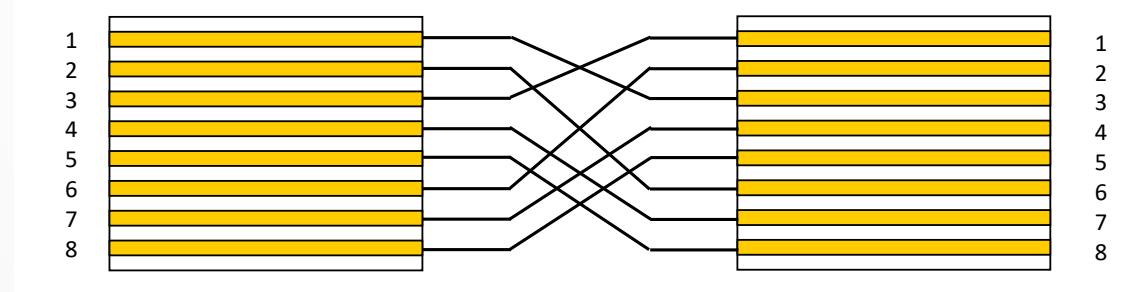


# Topologiebeispiel 10BaseT

## Angeschlossene Netzwerkgeräte

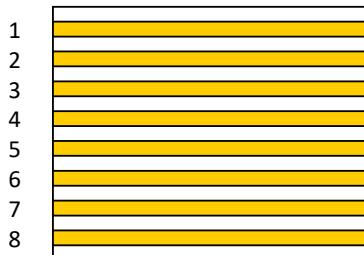


# Topologiebeispiel: Punkt zu Punkt



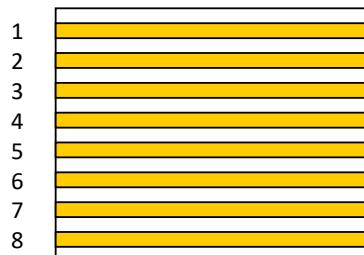
# Wiremap

RJ45-Stecker

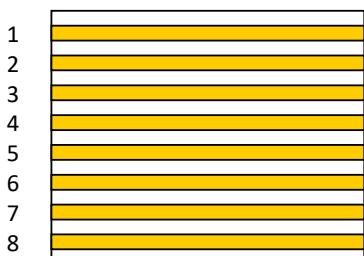


RJ45-Stecker

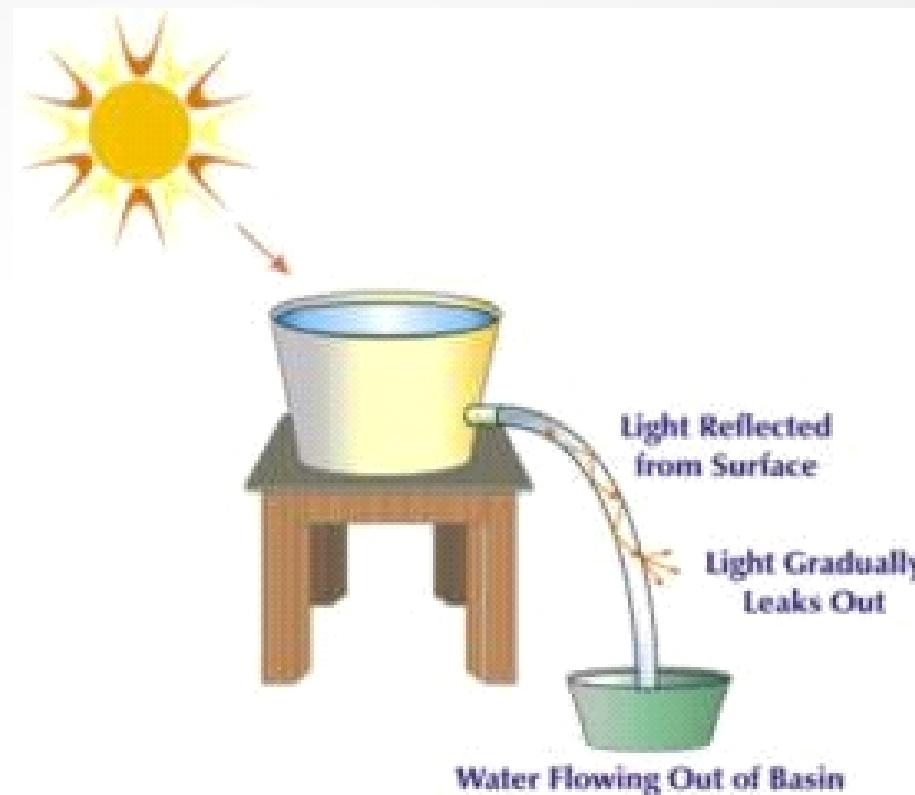
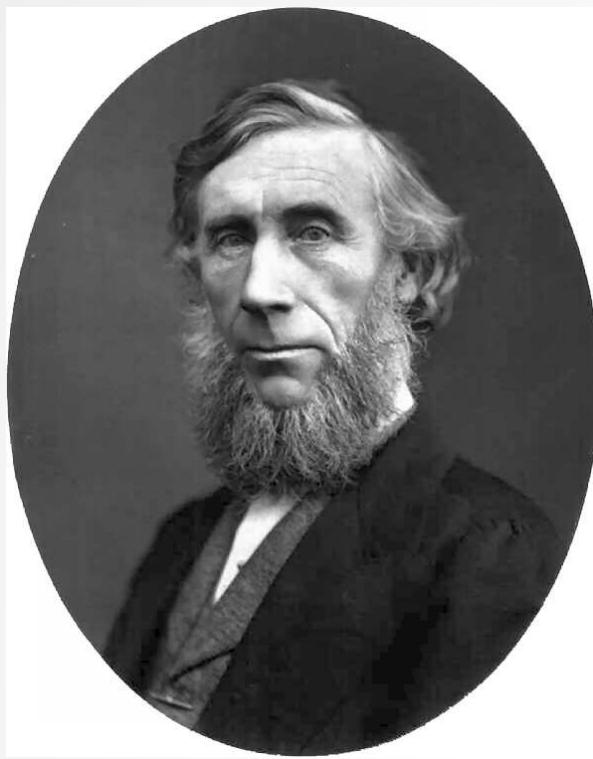
1  
2  
3  
4 1:1-Leitung  
5  
6 Straight-Through-Leitung  
7  
8



8  
7  
6  
5  
4 Rollover-Leitung  
3  
2  
1



1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
Crossover-Leitung  
Cross-Connect-Leitung



John Tyndall (1820-1893) machte **1870** ein Experiment bei dem Licht in einem Wasserstrahl als Übertragungsmedium geleitet wurden.  
Die Lichtquelle war dabei die Sonne.

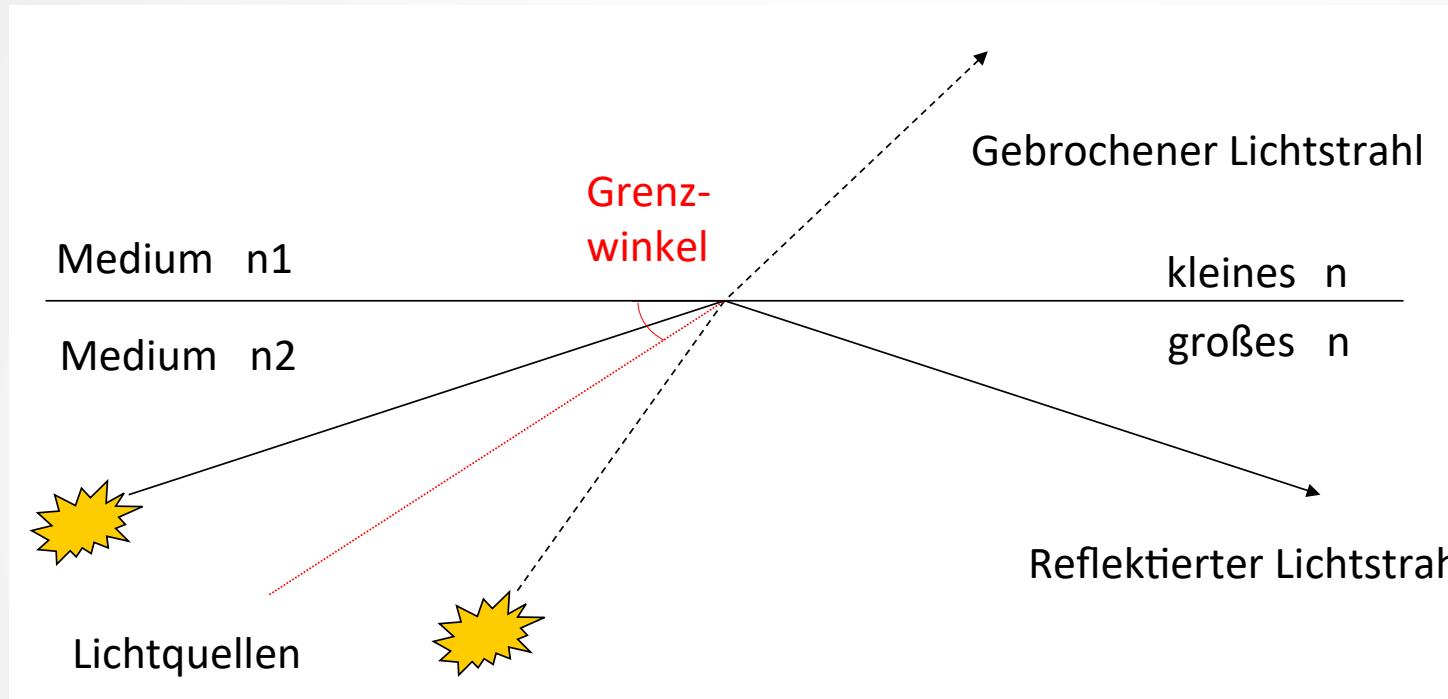
**1970** stellte Corning Glass Works (USA) und Nippon Electric Co. (NEC Japan) die ersten brauchbaren Glasfasern mit Dämpfungswerten von 20 dB/km her.  
Diese Glasfasern arbeiteten alle noch im ersten Fenster bei 850nm

# LWL

## Grundlagen

Die Grundlage für die Datenübertragung mit Licht, beruhen auf der Lichtbrechung, sowie der Reflexion von Licht.

In optisch dichteren Medien bewegt sich das Licht langsamer, als in optisch dünnen Medien.



Der Brechungsindex  
verschiedener Medien

Medium	Brechungsindex
Glas	1,5
Wasser	1,33
Vakuum	1

Aus den verschiedenen Geschwindigkeiten der lichtdurchlässigen Medien ( v ) verglichen mit der Ausbreitungsgeschwindigkeit im Vakuum ( c ) ergibt sich die Brechzahl ( n ).

$$n = c / v$$

# LWL

## Vorteile / Nachteile

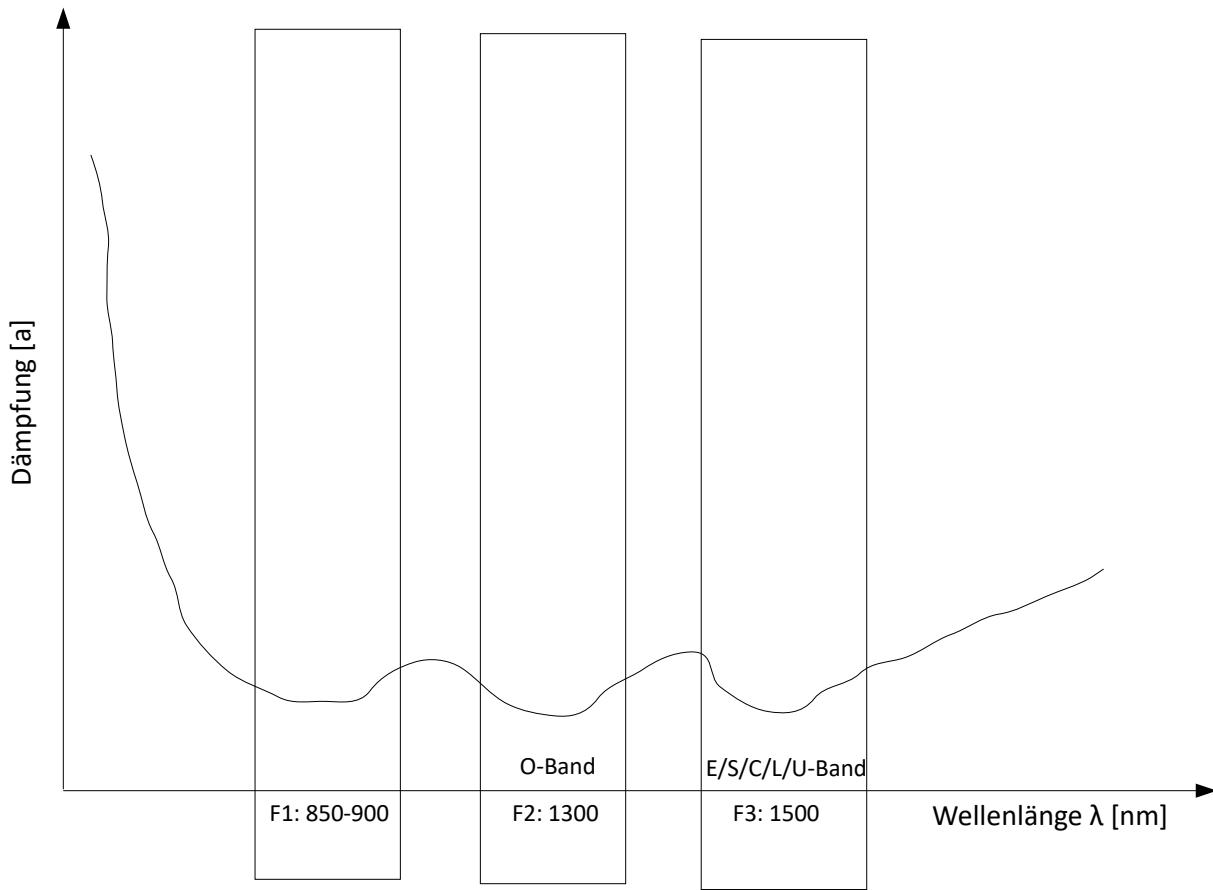
### **Vorteile der Lichtwellenleiter gegenüber Kupferkabel**

- Lichtwellenleiter können beliebig mit anderen Versorgungsleitungen parallel verlegt werden.  
Es wirken keine elektromagnetischen Störeinflüsse.
- Wegen der optischen Übertragung existieren keine elektrischen Potentialprobleme.
- Entfernungsbedingte Verluste durch Induktivitäten, Kapazitäten und Widerständen treten nicht auf.
- Nahezu Frequenz-unabhängige Leitungsdämpfung der Signale.
- Übertragungsraten sind durch mehrere Trägerwellen mit unterschiedlichen Wellenlängen (Farbspektrum) fast unbegrenzt erhöhbar.
- Lichtwellenleiter haben eine erheblich geringere Dämpfung und eignen sich somit für weite Strecken.

### **Nachteile der Lichtwellenleiter gegenüber Kupferkabel**

- Teurer als Kupferleitungen. Die Kosten für Material und der Aufwand bei der Montage sind höher.
- Lichtimpulse lassen sich nicht zwischenspeichern. Wegen fehlender optischer Signalspeicher und Verarbeitungselementen muss eine aufwendige optisch/elektrisch und elektrisch/optische Signalumwandlung statt finden.

# LWL-Fenster Wellenlängen-Fenster / -bänder

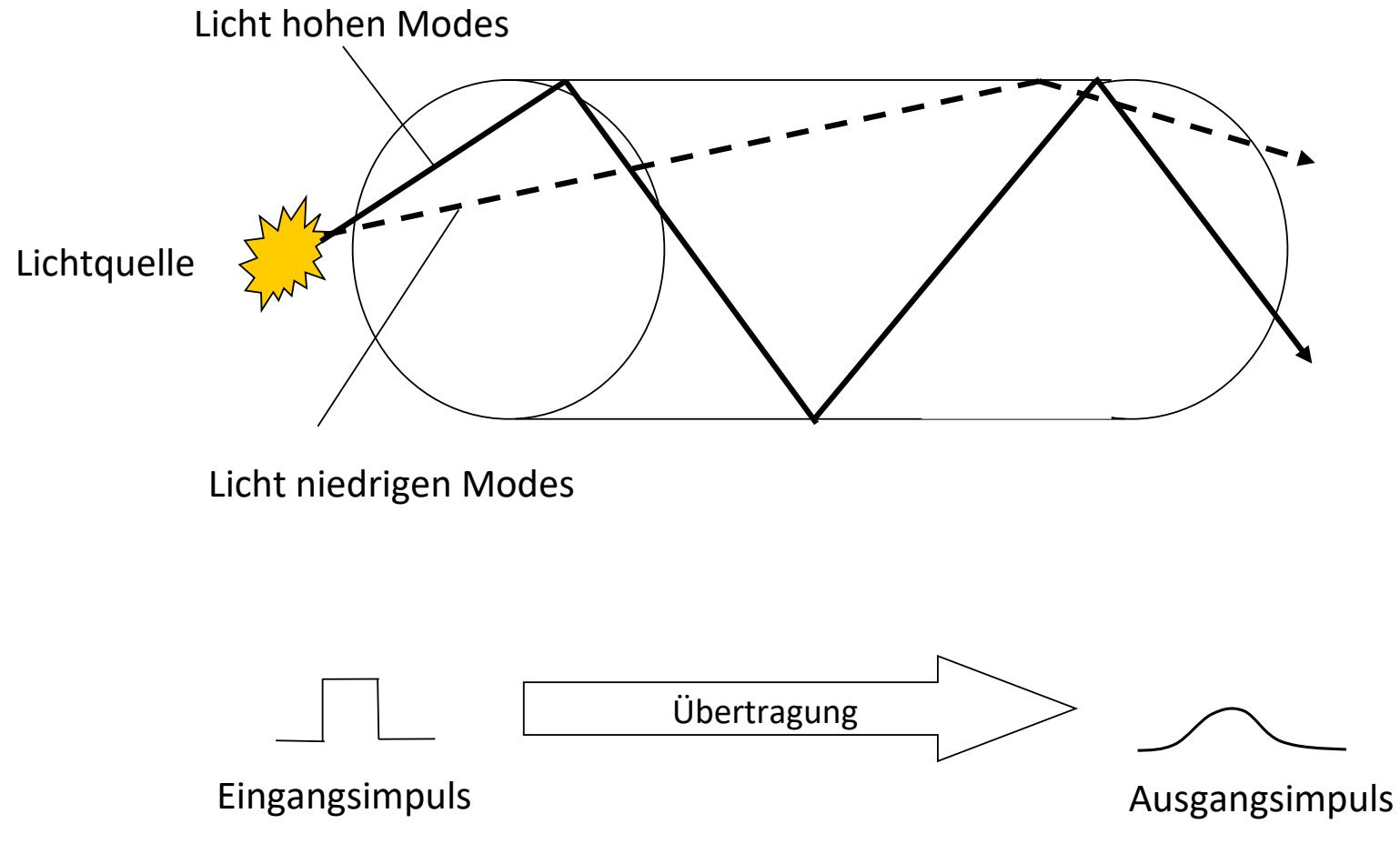


**F1:**  
Von IEEE wurde im F1-Fenster (850 nm) festgelegt, dass Gigabit-Ethernet übertragen wird.

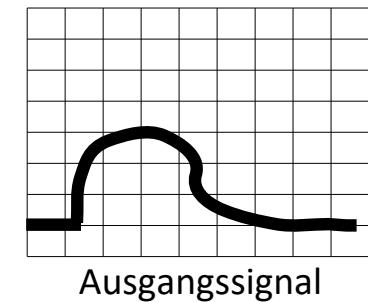
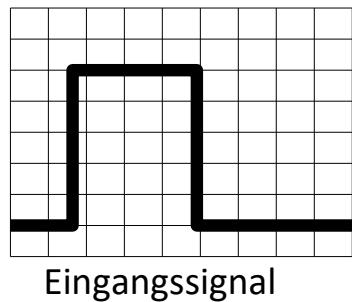
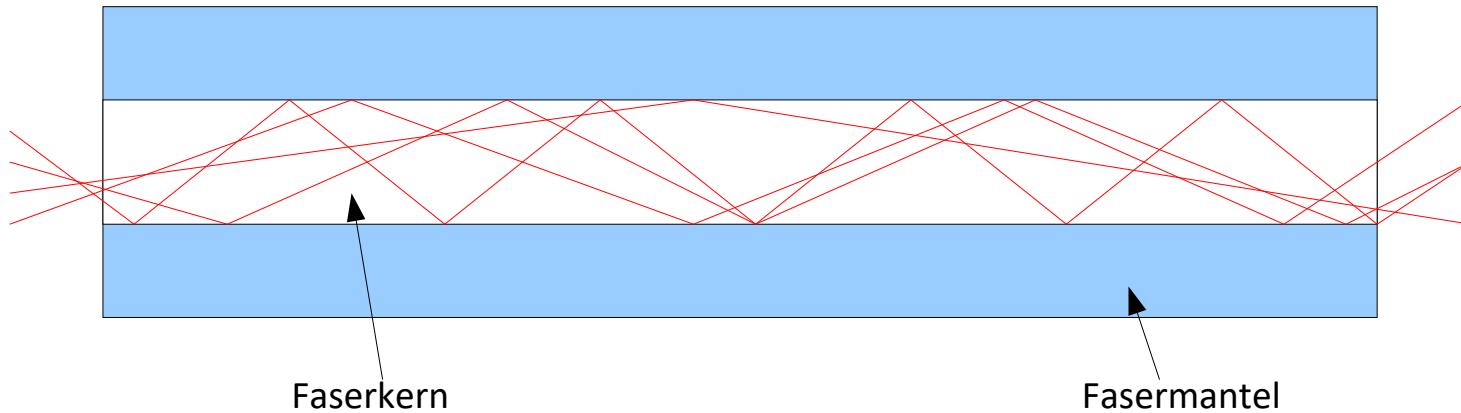
**F2:**  
O-Band Original-Band 1260-1360 nm

**F3:**  
E-Band Enhanced-Band 1360-1460 nm  
S-Band Shortwave-Band 1460-1530 nm  
C-Band Conventional-Band 1530-1565 nm  
L-Band Longwave-Band 1565-1625 nm  
U-Band Ultra-Longwave-Band 1625-1675 nm

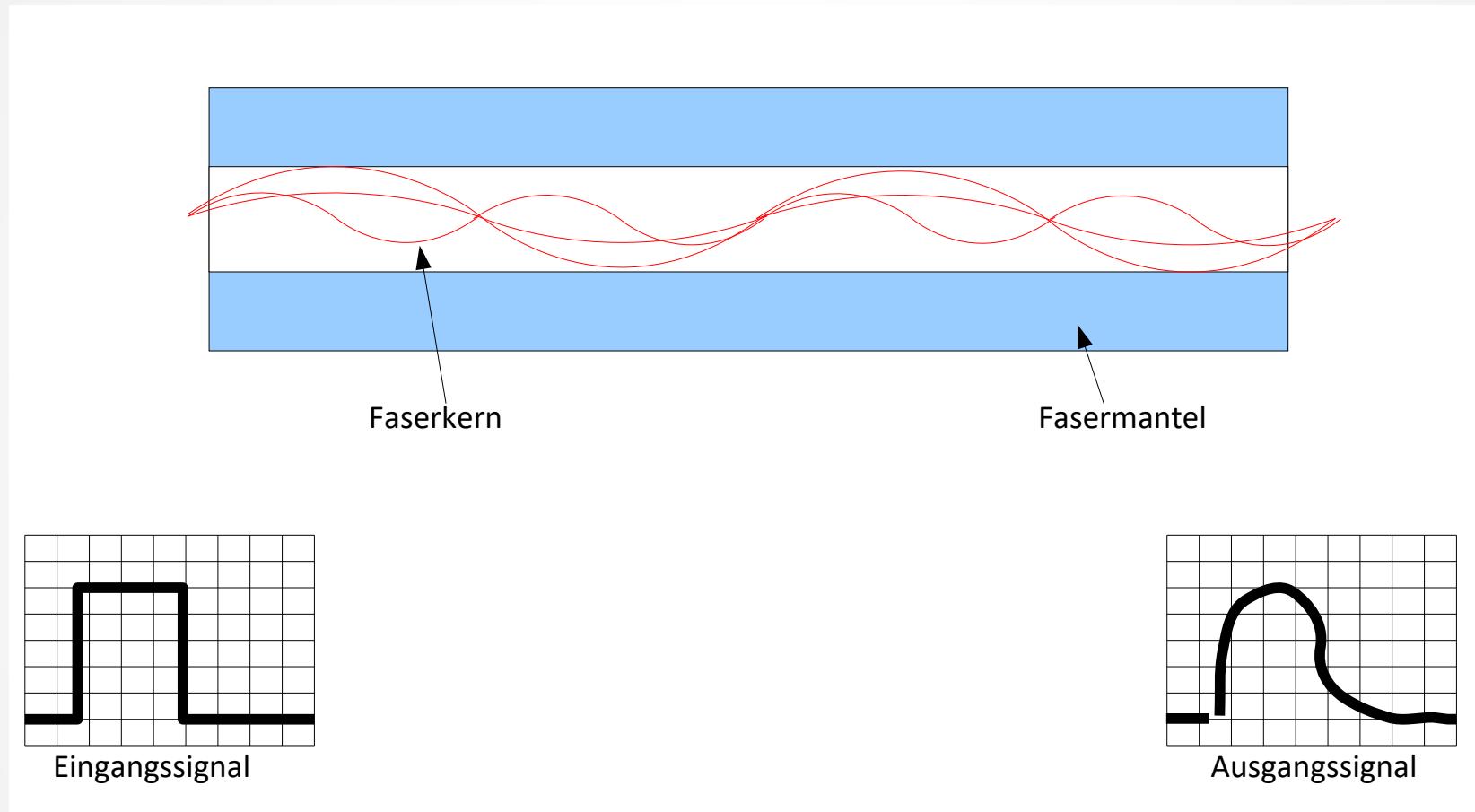
# LWL Moden / Dispersion



# LWL Multimode-Fasern

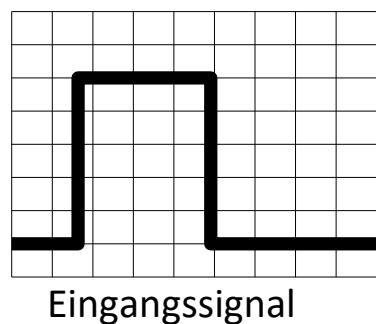


# LWL Gradientenfaser

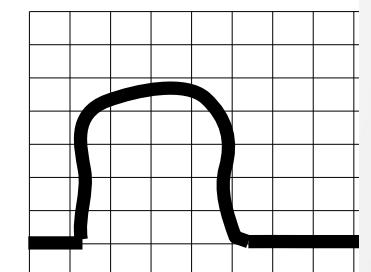


# LWL

## Monomode- / Single-Mode-Fasern

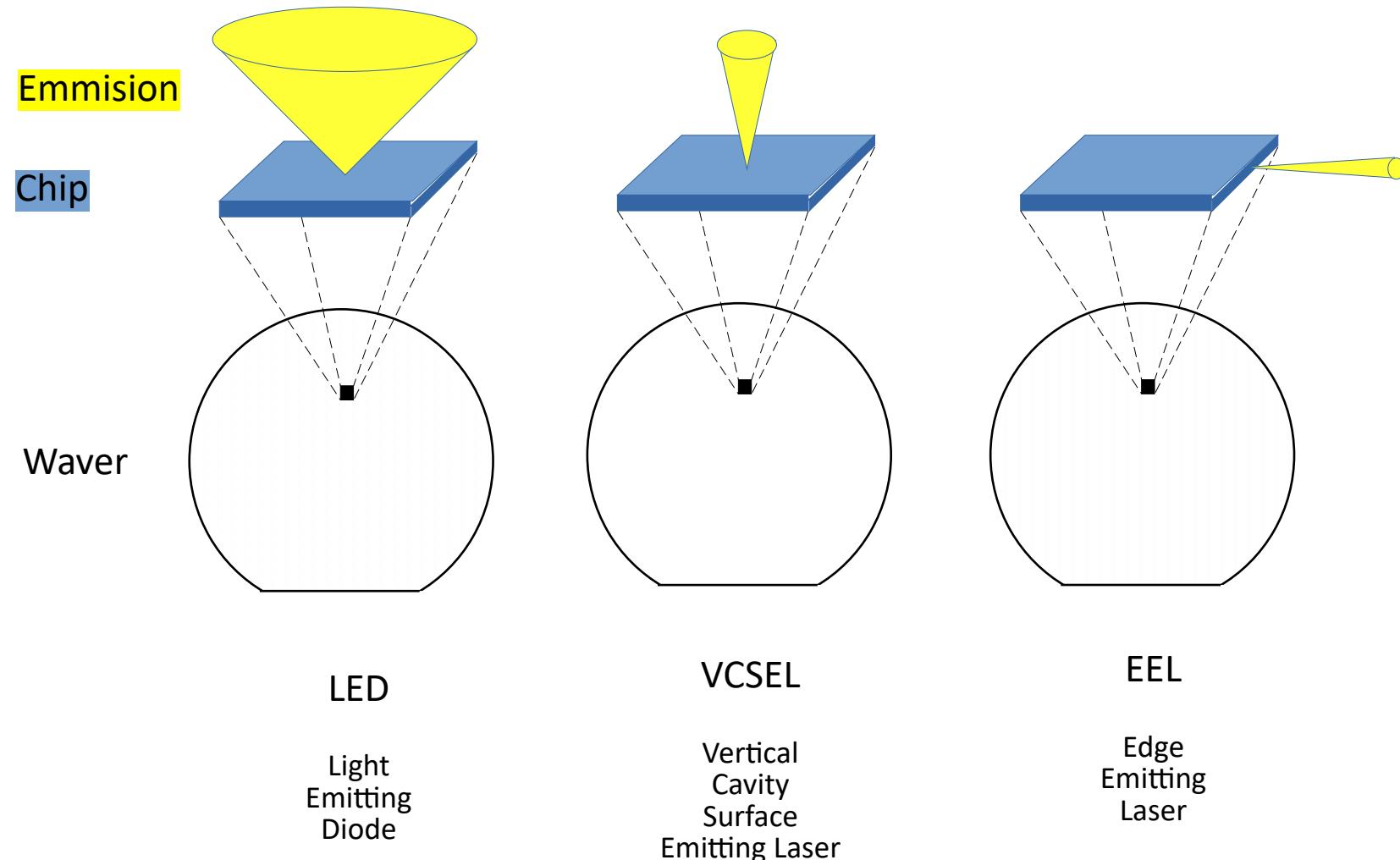


Eingangssignal



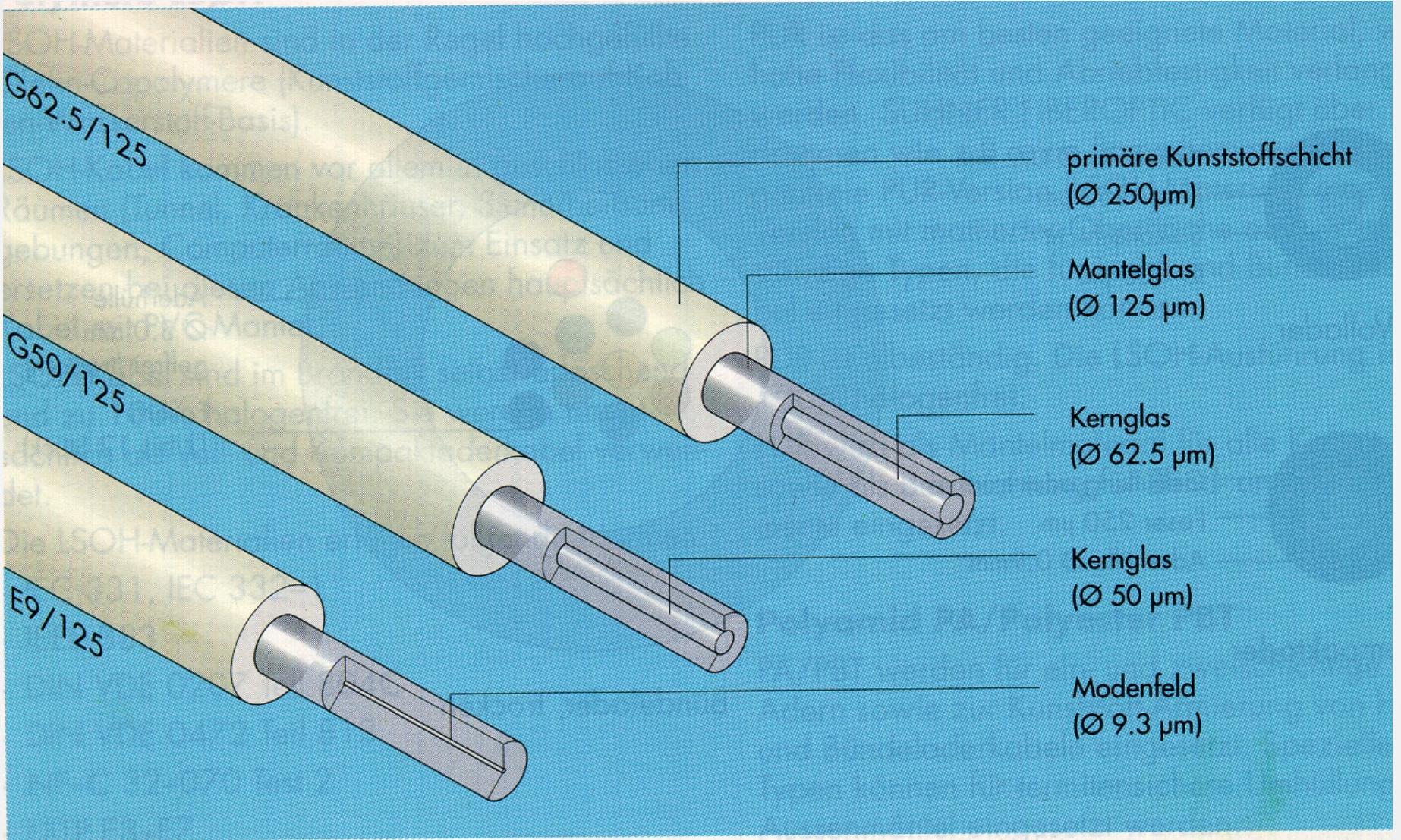
Ausgangssignal

# LWL Lichtquellen



# LWL

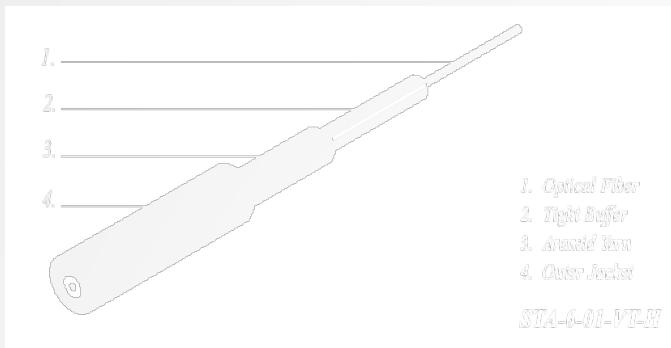
## Leitungsübersicht



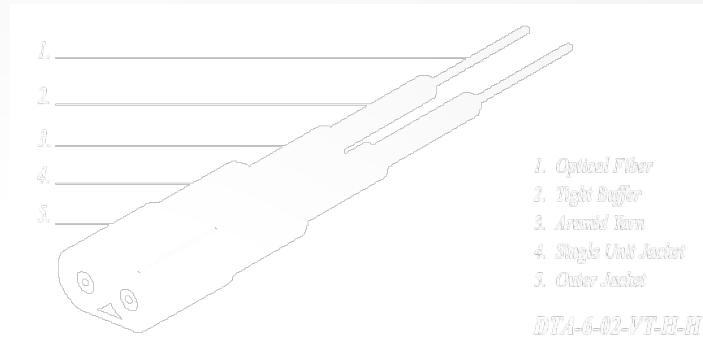
# Fasertypen Zusammenfassung

Kategorie	Farbcode	Fasertyp	Dämpfung [dB /km]				
			Wellenlänge	850 nm	1310 nm	1383 nm	1550 nm
Multimodefasern							
OM1	orange	grau	G62,5/125	3,5	1,5	n.a.	n.a.
OM2	orange		G50/125				
OM3	aqua		G50/125				
OM4	violett	aqua	G50/125	3,0	1,5	n.a.	n.a.
OM5	lime		G50/125				
Monomodefasern (Single-Mode-Fasern)							
OS1			E9/125	n.a.	1,0	n.a.	1,0
OS2	gelb				0,4		

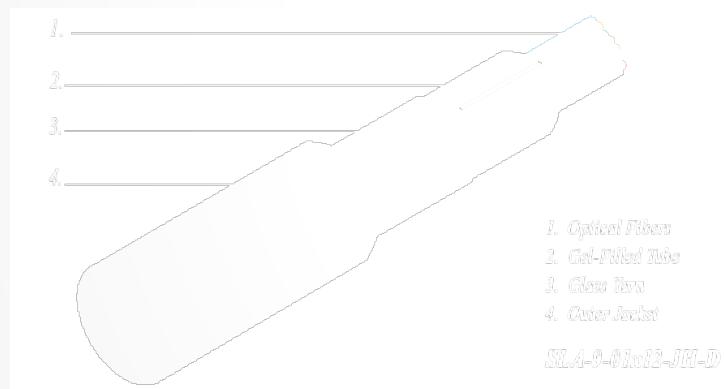
# LWL- Lieferformen



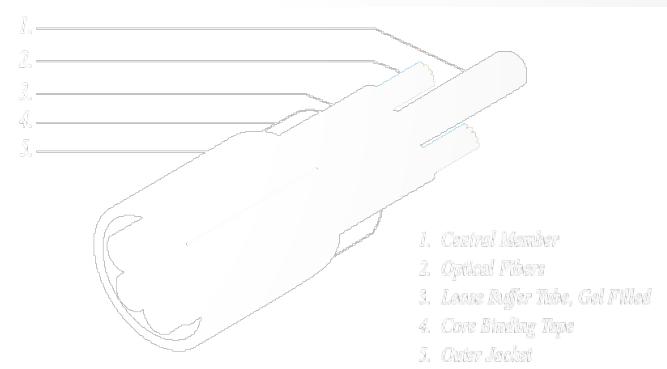
Simplex-Kabel



Duplex-Kabel

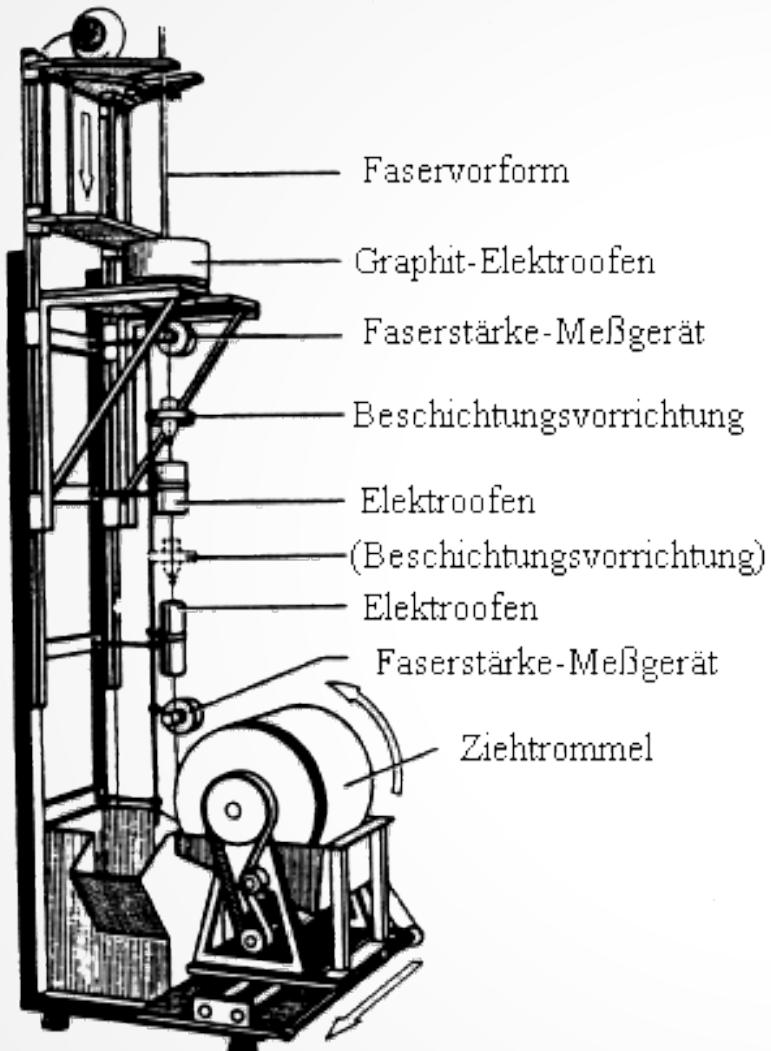


Breakout-Kabel



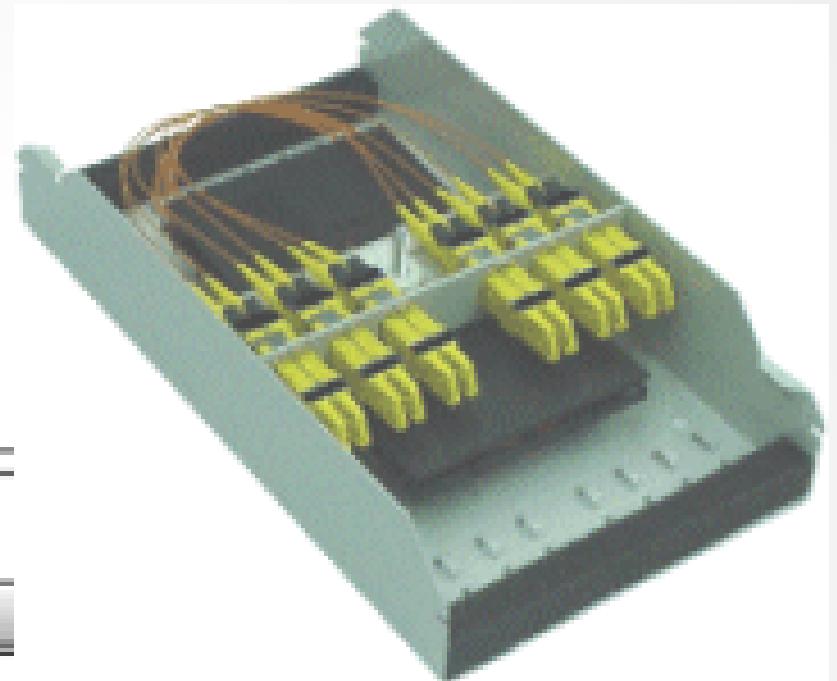
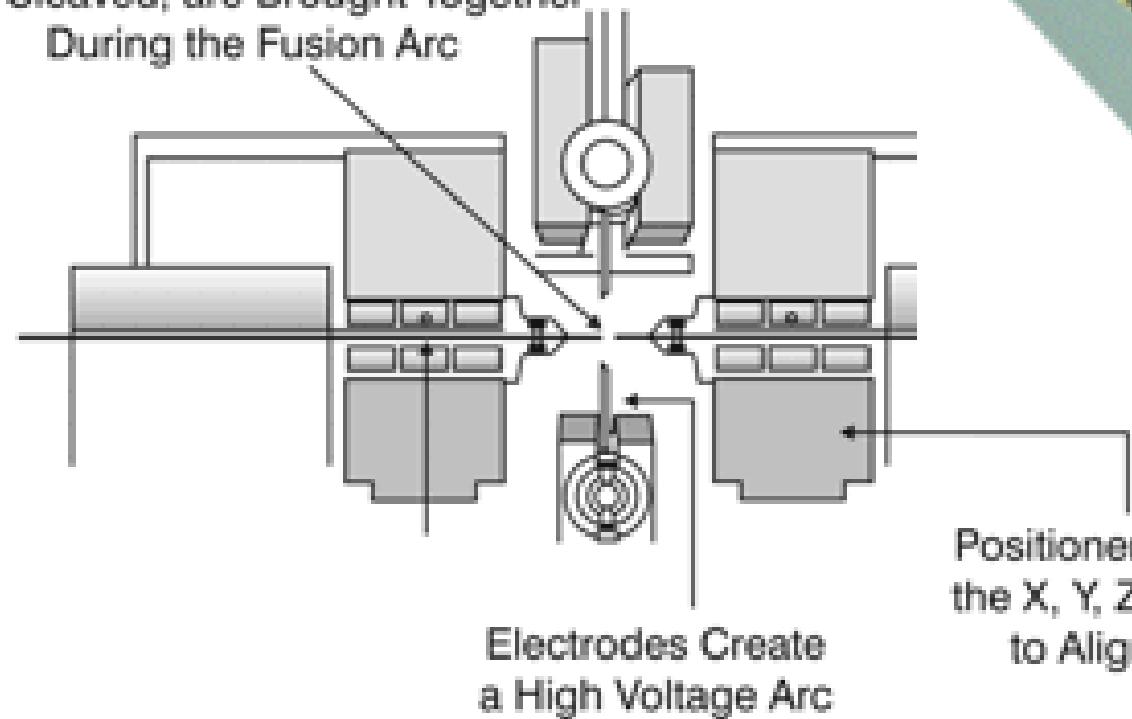
Bündelader-Kabel

# LWL Herstellung



# LWL-Bearbeitung

Fibers Stripped of Coating, Cleaned, and Cleaved, are Brought Together During the Fusion Arc



Positioners Adjust in the X, Y, Z Directions to Align Fibers

# LWL- Test

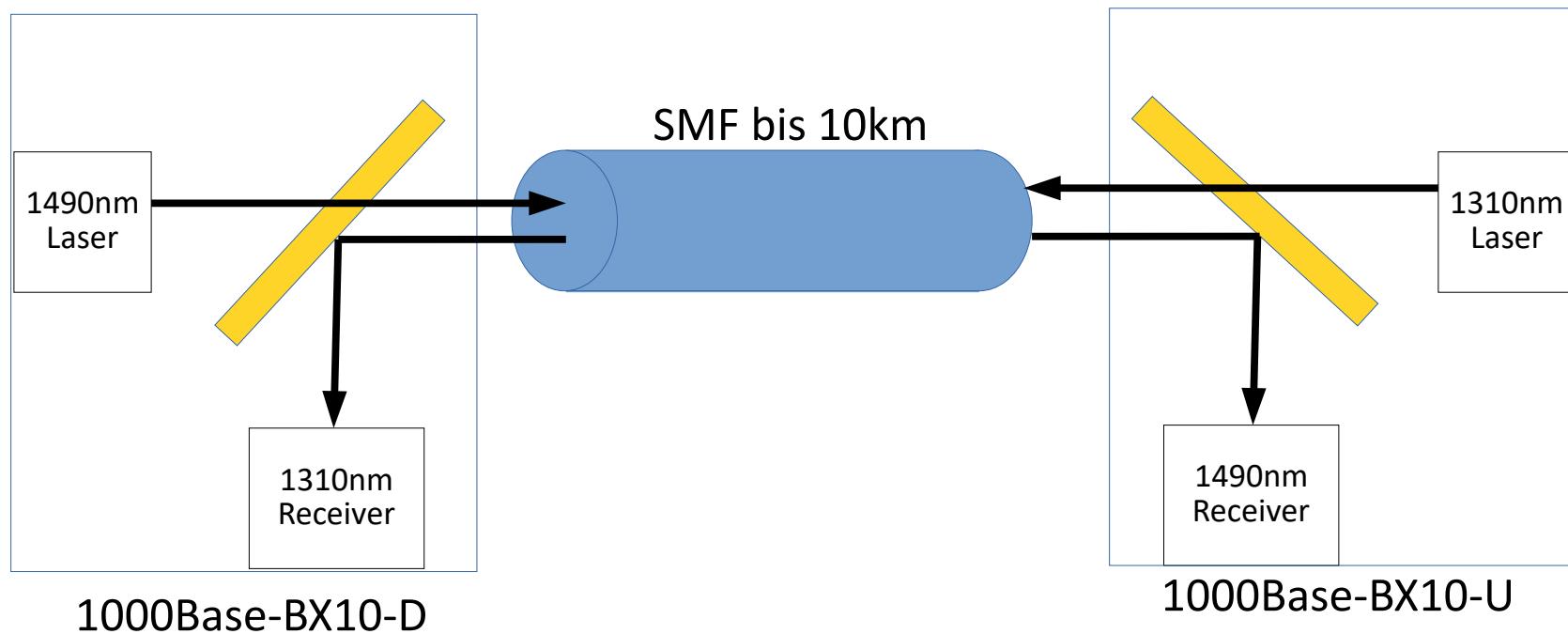


Quelle:  
Nettest Inc.

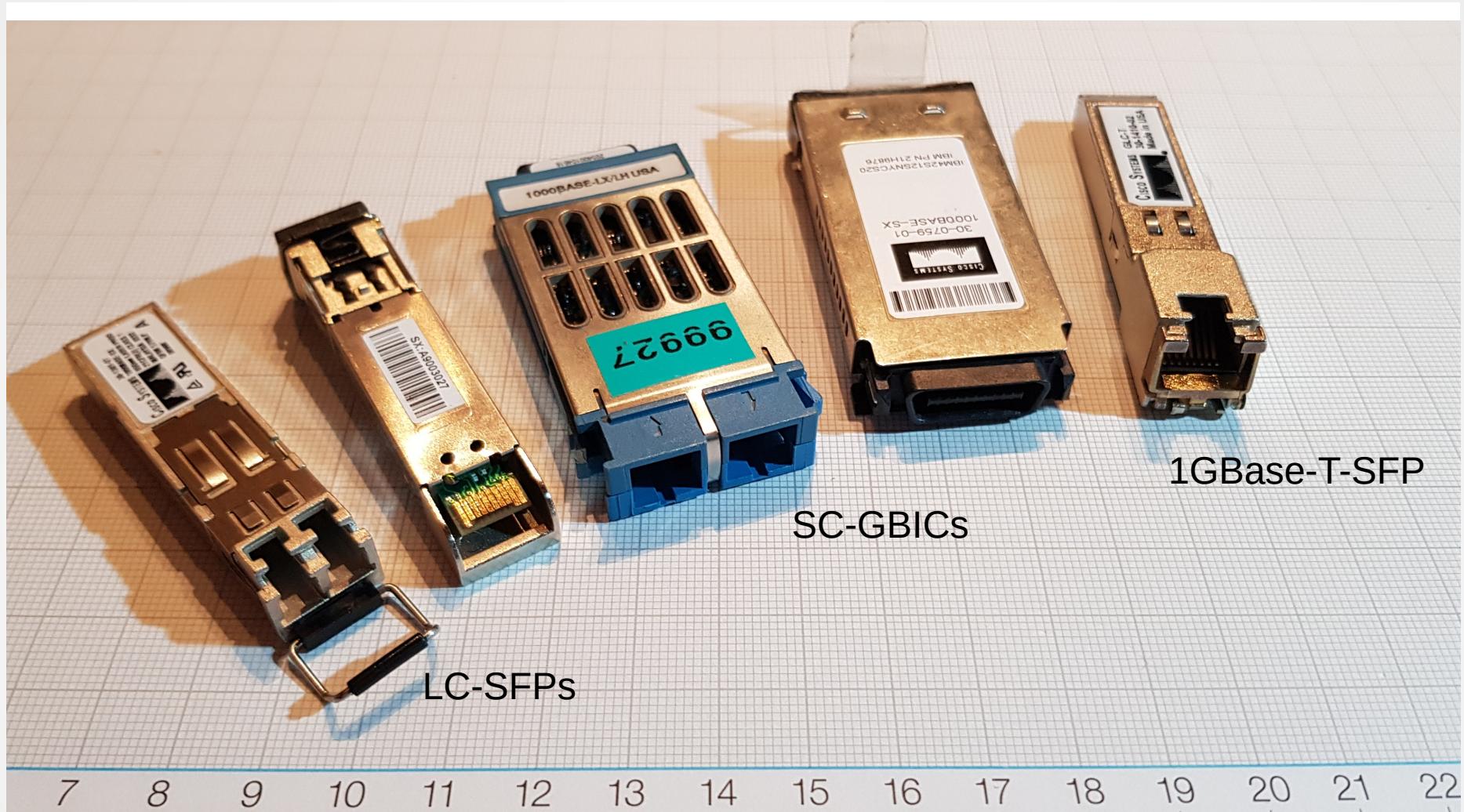
# LWL- Linklänge in Abhängigkeit vom Standard und Fasertyp

Standard	FaserTyp	Kerndurchmesser	Maximale Länge
1000BASE-SX	Multimode	62,5 µm	260 m
1000BASE-SX	Multimode	50 µm	525 m
1000BASE-LX	Multimode	62,5 µm	550 m
1000BASE-LX	Multimode	50 µm	550 m
1000BASE-LX	Singlemode	9 µm	5000 m
10GBASE-EW	Singlemode	9 µm	40 km (WAN)
10GBASE-ER	Singlemode	9 µm	40 km (LAN)
10GBASE-LW	Singlemode	9 µm	10 km (WAN)
10GBASE-LR	Singlemode	9 µm	10 km (LAN)
10GBASE-LX4	Multimode	50 µm	300m (LAN)
10GBASE-LX4	Singlemode	9 µm	10 km (LAN)
10GBASE-SW	Multimode	50 µm	65 m (WAN)
10GBASE-SR	Multimode	50 µm	65 m (LAN)

# LWL- Single-Strand (Einzelfaser-Verbindung)



# GBICs und SFPs



LC-SFPs

SC-GBICs

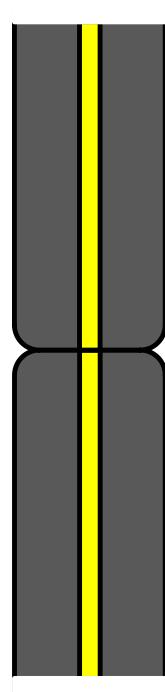
1GBase-T-SFP

# LWL- Transceiver-Module

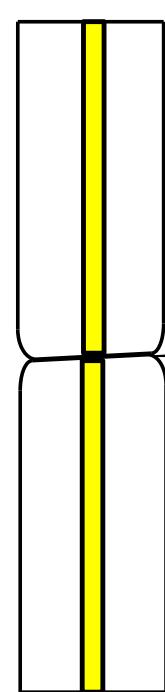
Kurzbezeichnung	Bezeichnung	Verwendung	Hinweis
GBIC	Gigabit Interface Converter	1Gbps	
SFP	Small-Form-Factor-Pluggable	1Gbps	
QSFP	Quad Small Form-factor Pluggable	4Gbps	
SFP+	Enhanced Small Form-factor Pluggable	Max. 16Gbps 10Gbps (Ethernet) 4/16Gbps (FC)	
XFP		10Gbps	Wie SFP aufgebaut, jedoch größer und für 10Gbps
XENPAK		10Gbps	
X2		10Gbps	Nachfolger von XENPAK
QSFP+	Enhanced Quad Small Form-factor Pluggable	40Gbps	
SFP28	Small Form-factor Pluggable 28	25Gbps	

# LWL- Steckerbauformen

PC  
SPC  
UPC

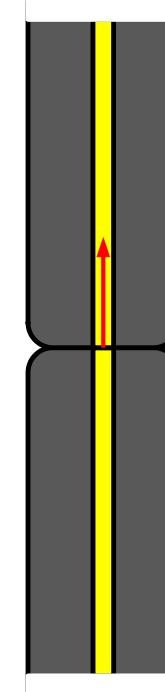


APC

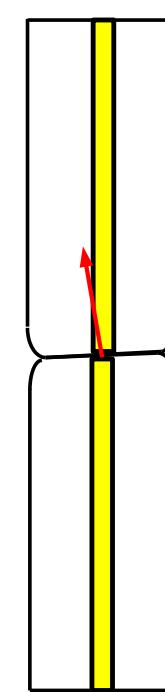


8°

PC  
SPC  
UPC



APC



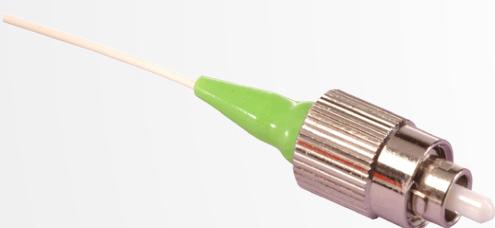
# ST-Stecker



SC-Stecker

FSMA-Stecker

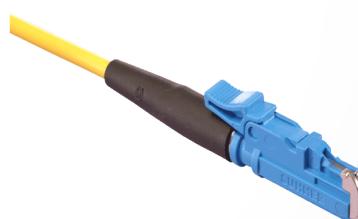
ST-  
Stecker



FC-Stecker



LC-Stecker



E2000-Stecker



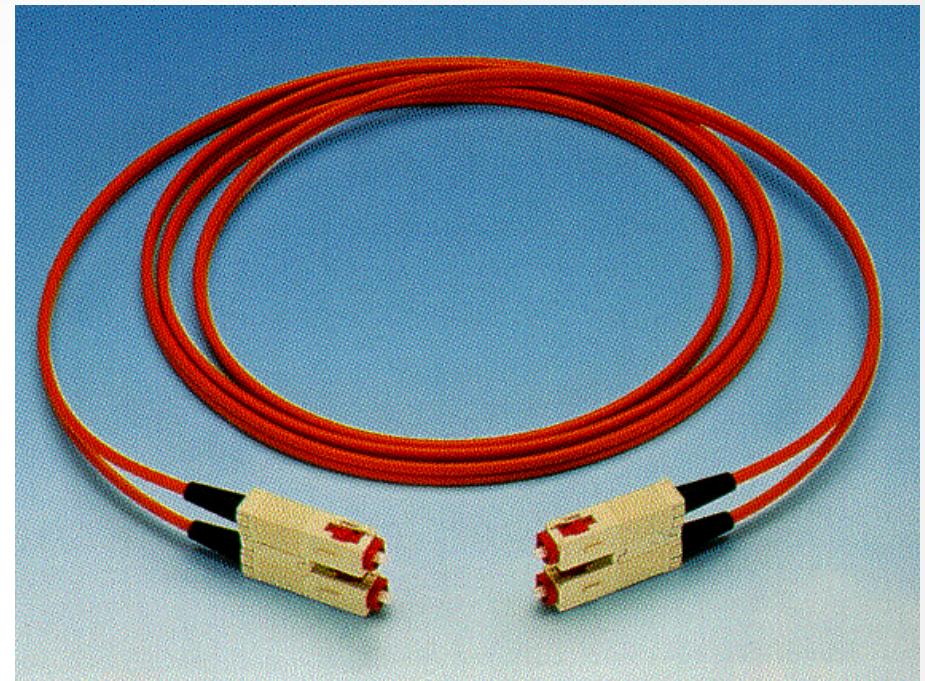
MTRJ-Stecker

(noch)  
aktuell

# LWL Verbindungen

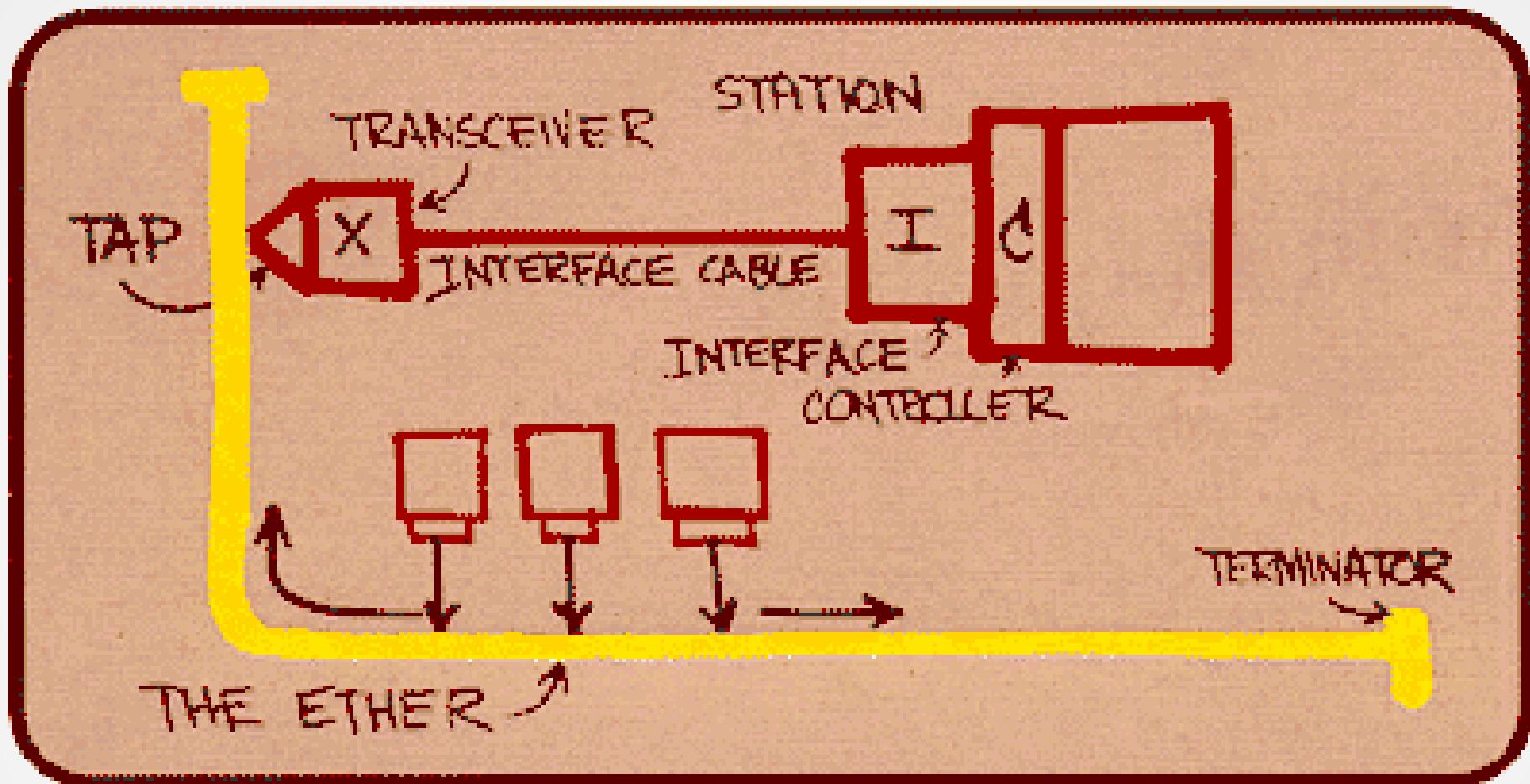


Pigtail

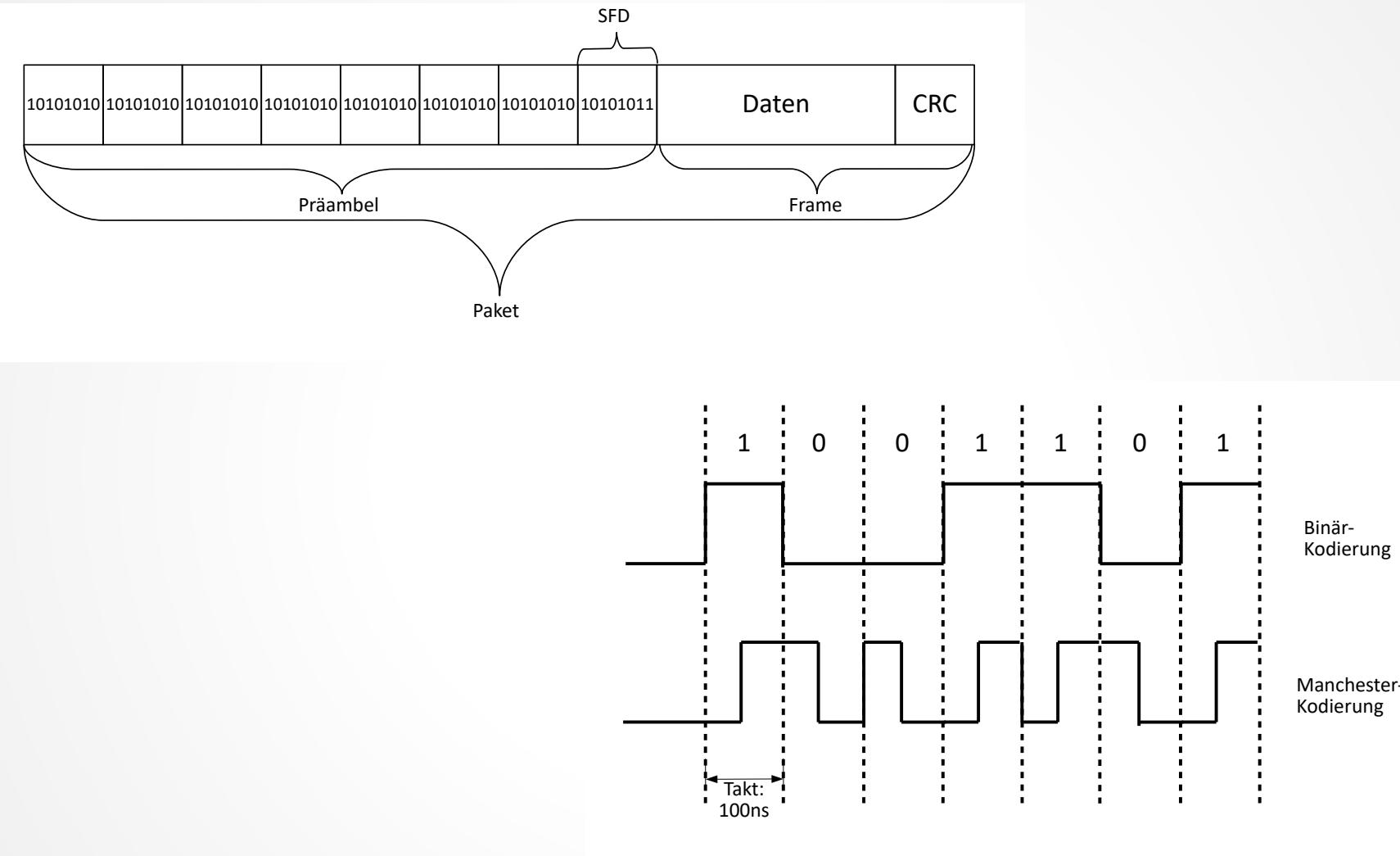


OM1/2 – Patchleitung  
mit Duplex-SC-Steckern

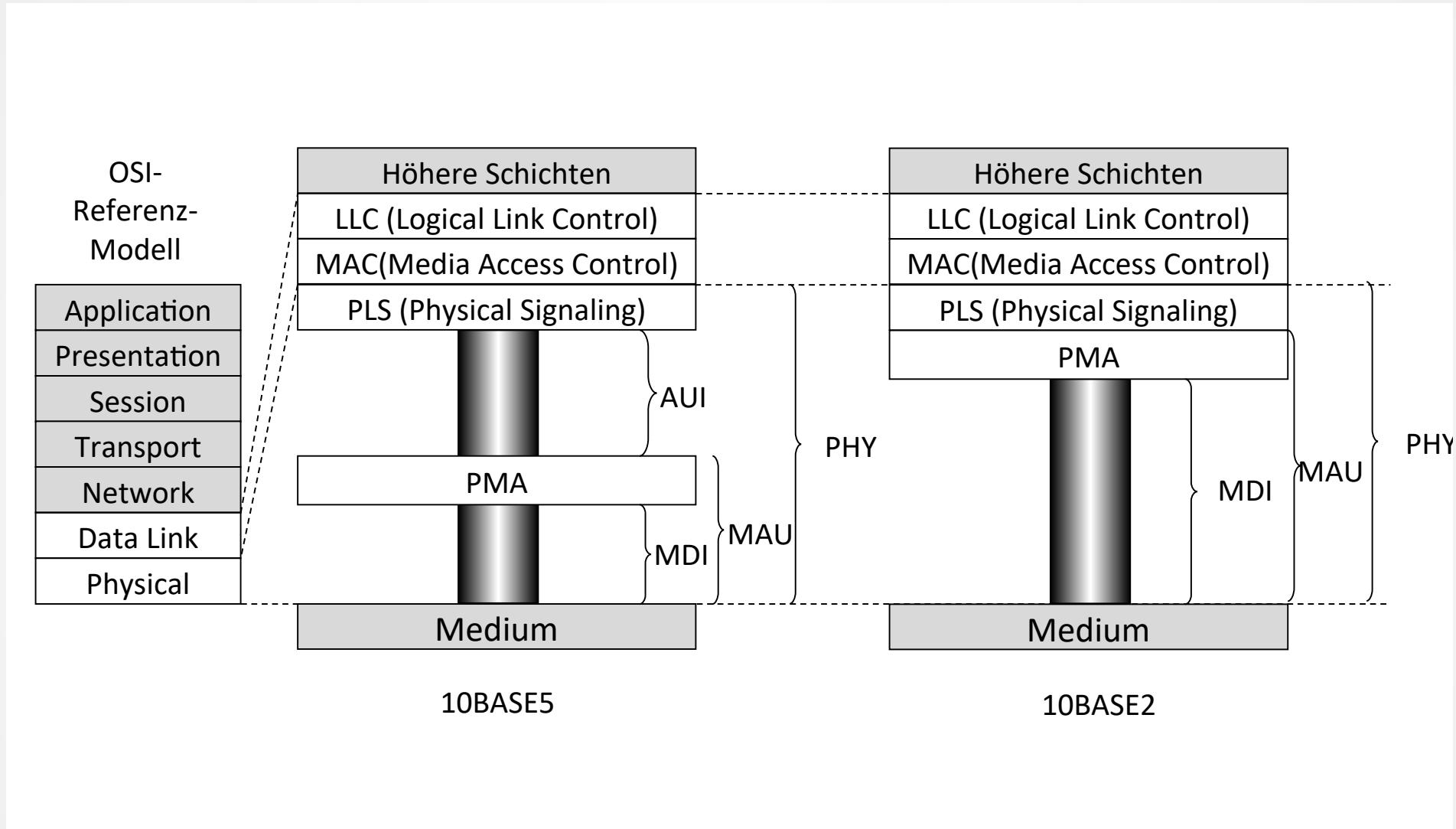
# Ethernet



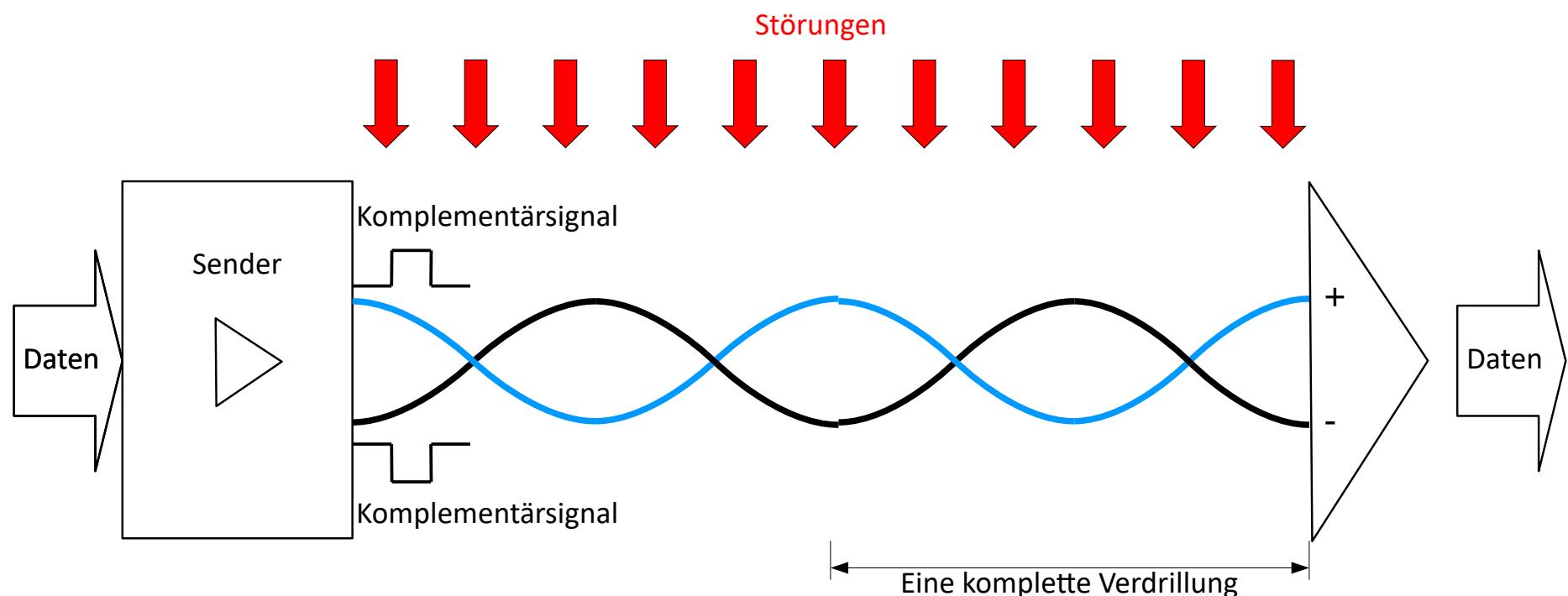
# Paketaufbau und Kodierung



# Einbettung von Ethernet in das ISO / OSI-7-Referenz-Modell

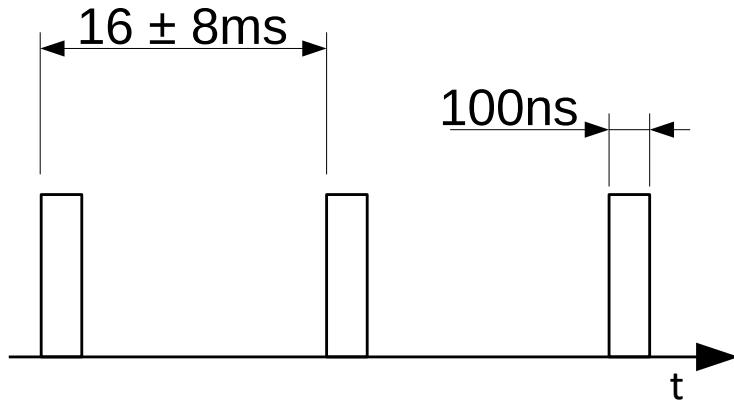


# 10 Mbps-Ethernet mit Twisted-Pair-Leitungen



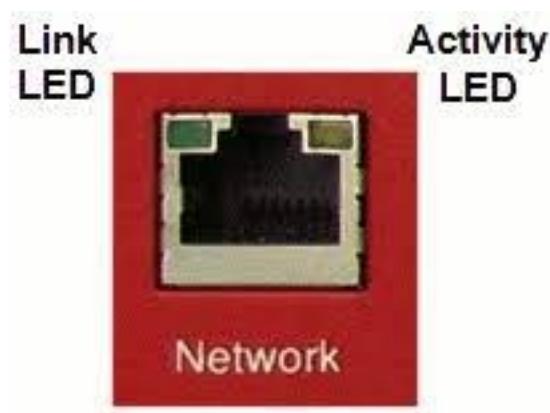
# Normal Link Pulse (NLP)

## Link Integrity Test (LIT)

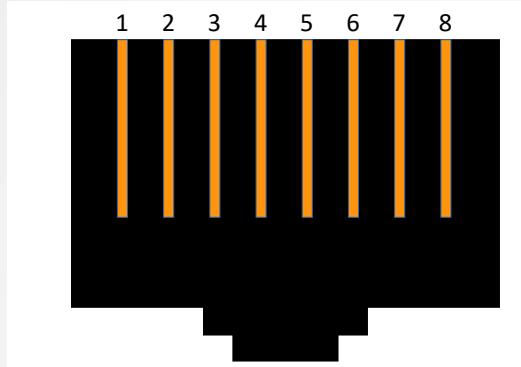


Sicherstellung der physikalischen Verbindung mit dem so genannte Normal Link Puls (NLP).

Auf der Hardware wird beim Link Integrity Test (LIT) die Link-LED angesteuert.

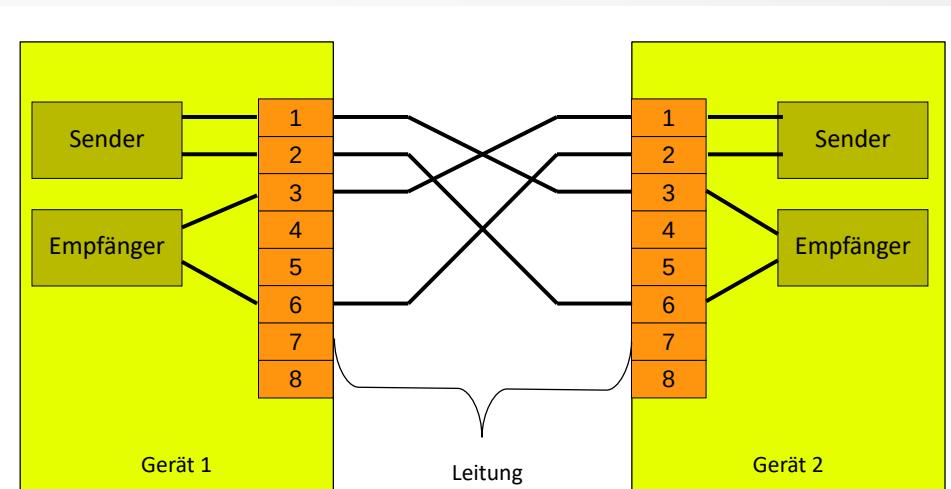


# Aufbau der TP-Schnittstelle

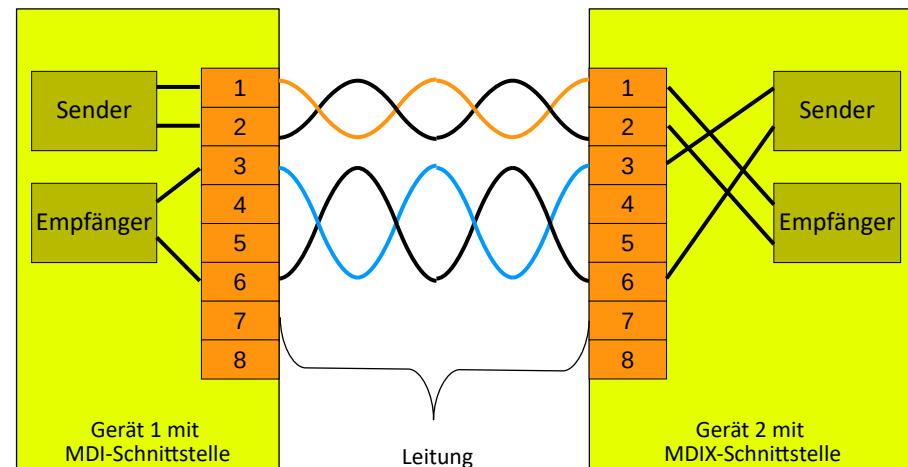


Pin-belegung der  
RJ45-Buchse (RJ48C-8P8C)

Pin	Belegung
1	TD+ (Datenausgang)
2	TD- (Datenausgang)
3	RD+ (Dateneingang)
4	Bei 10Base-T nicht belegt
5	Bei 10Base-T nicht belegt
6	RD- (Dateneingang)
7	Bei 10Base-T nicht belegt
8	Bei 10Base-T nicht belegt

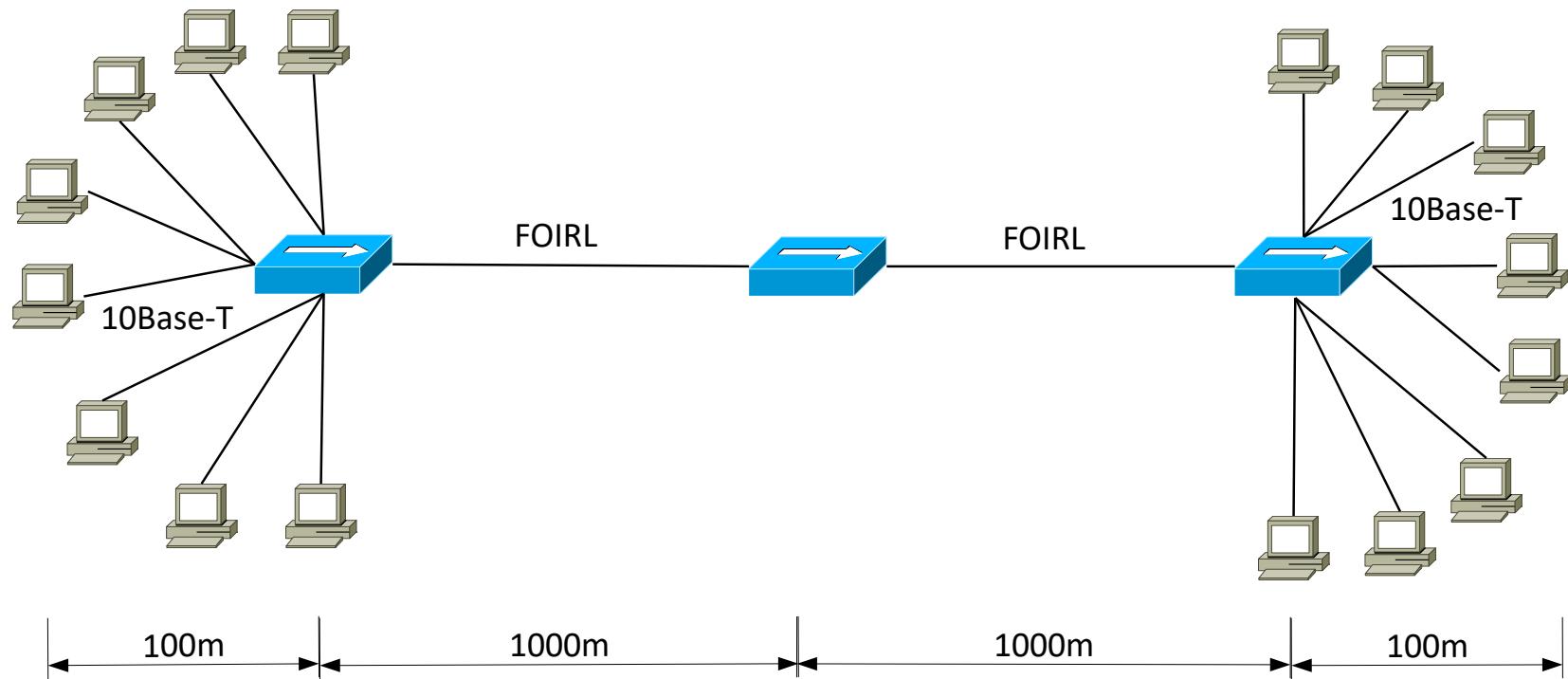


Crossover-Leitung



Straight-Through-Verbindung  
(1:1-Verbindung)

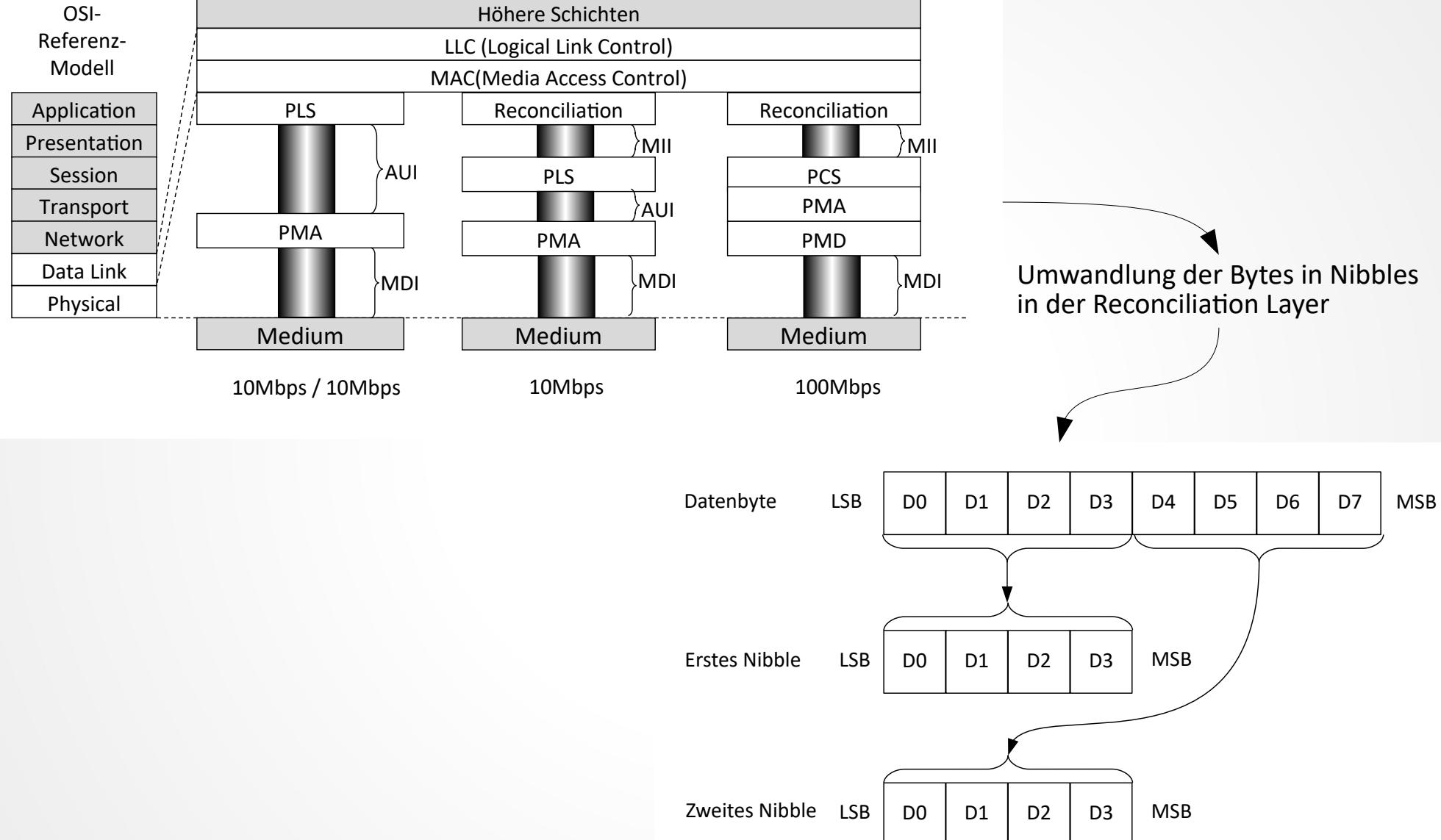
# Optimierung mit LWL



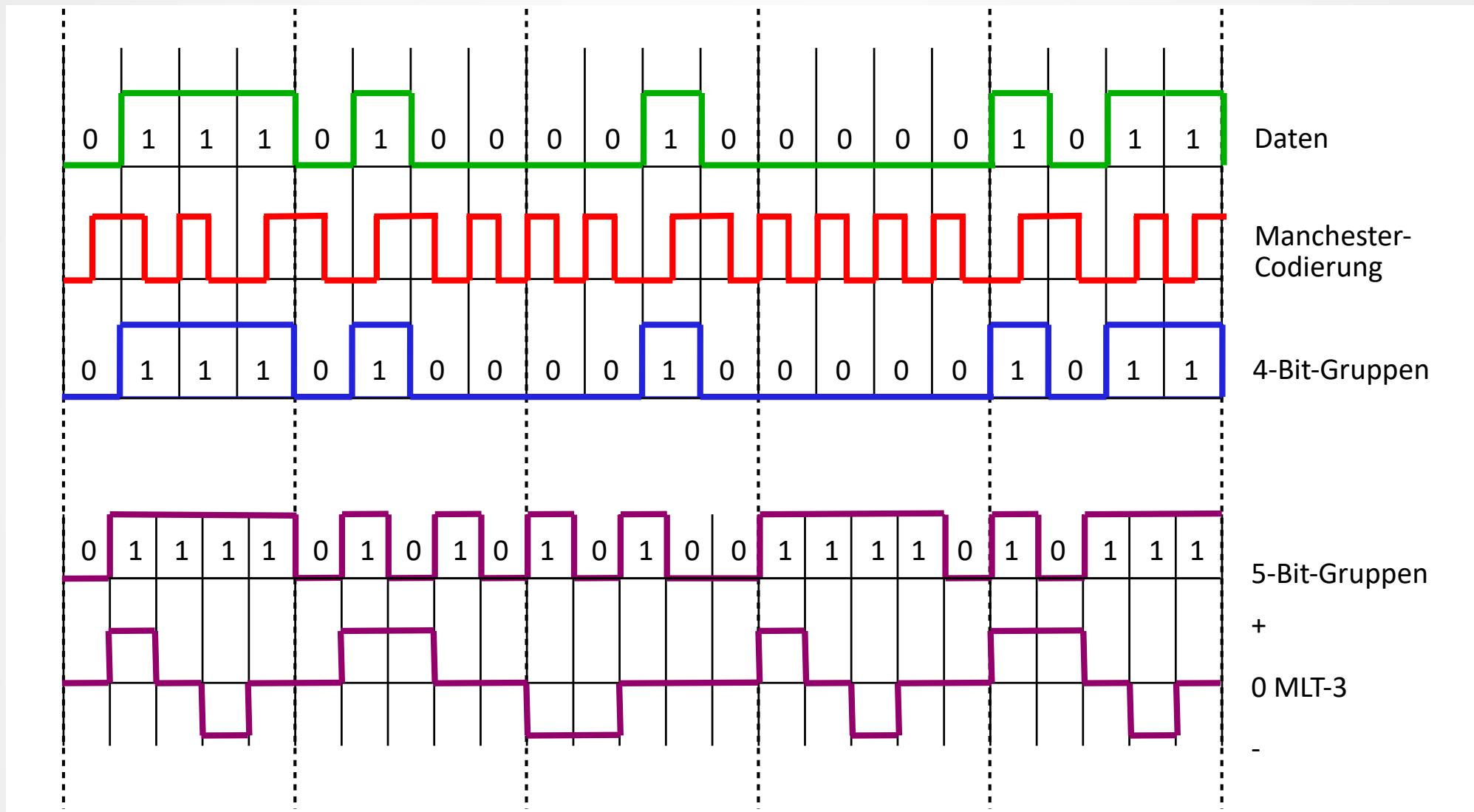
Bei der Anwendung von Glasfasern entfallen einige Probleme.

- Galvanische Trennung
- Potentialprobleme
- Dämpfungsprobleme und damit Längenprobleme
- Sicherheit gegenüber Elektromagnetischen Störungen

# 100Mbps-Ethernet (Fast Ethernet) (IEEE802.3u)



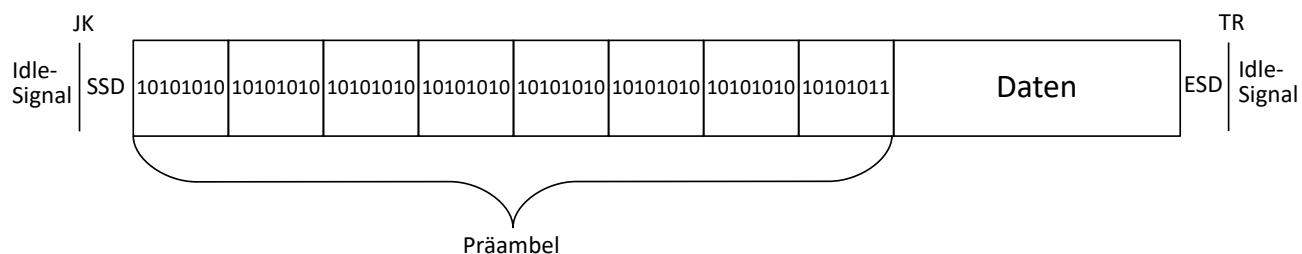
# Aufbereitung der Daten zu einem MLT3-Code



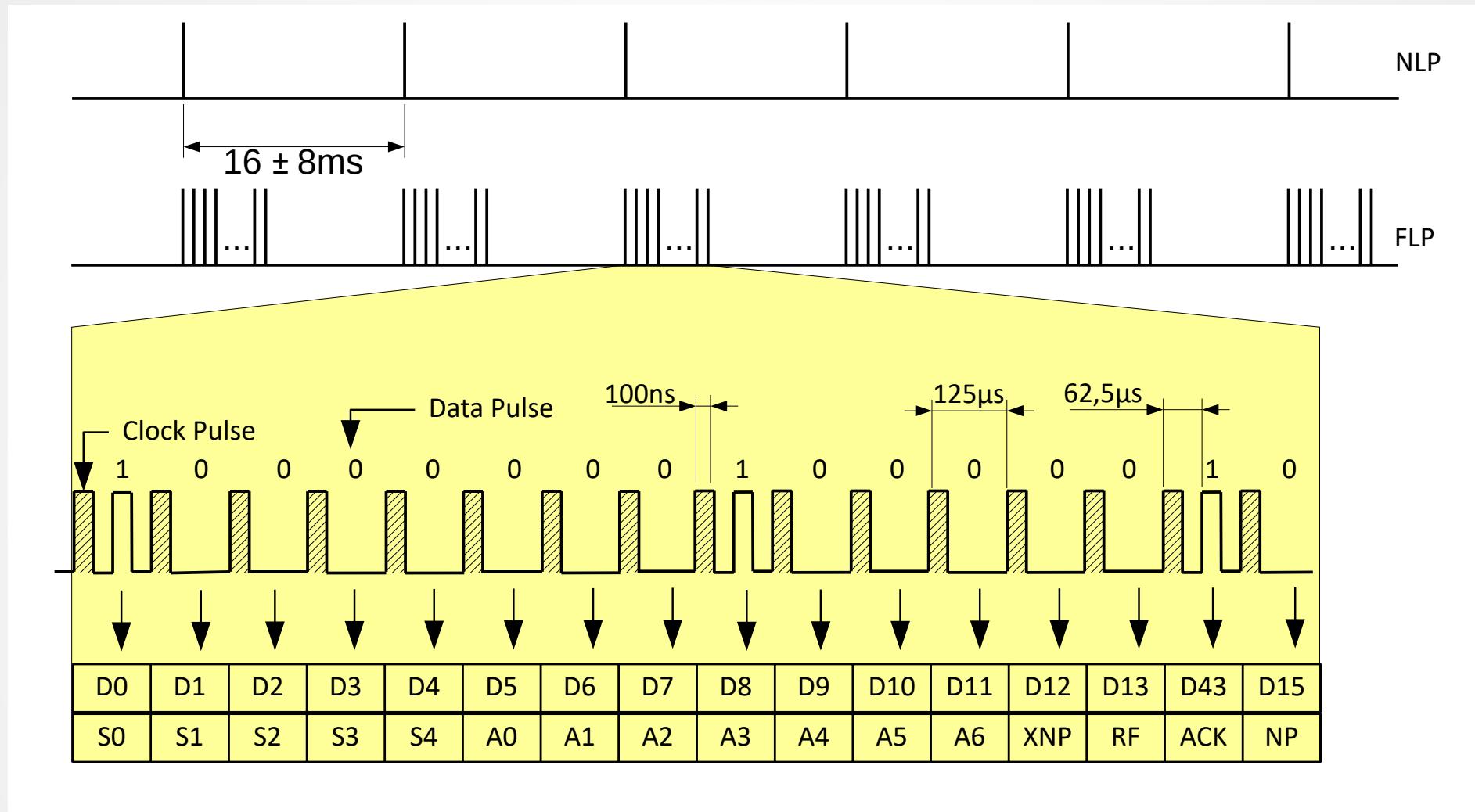
# Umwandlung: 4Bit-Nibble in 5Bit-Symbol

Codetyp	4B Code	Name	5B Symbole
Daten	0000	0	11110
Daten	0001	1	01001
Daten	0010	2	10100
Daten	0011	3	10101
Daten	0100	4	01010
Daten	0101	5	01011
Daten	0110	6	01110
Daten	0111	7	01111
Daten	1000	8	10010
Daten	1001	9	10011
Daten	1010	A	10110
Daten	1011	B	10111
Daten	1100	C	11010
Daten	1101	D	11011
Daten	1110	E	11100
Daten	1111	F	11101

Codetyp	4B Code	Name	5B Symbole
Quiet		Q	00000
Idle		I	11111
Start of Stream		J	11000
Start of Stream		K	10001
End of Stream		T	01101
Reset		R	00111
Set		S	11001
Halt		H	00100
Invalid			00001
Invalid			00010
Invalid			00011
Invalid			00101
Invalid			00110
Invalid			01000
Invalid			10000
Invalid			11001



# Autonegotiation um 10Mbps oder 100Mbps zu erkennen



# Aufbau des Basic-Link-Codeworts

S4	S3	S2	S1	S0	Selector-Beschreibung
0	0	0	0	0	Reserviert für künftige Entwicklungen
0	0	0	0	1	IEEE-802.3-Standard
0	0	0	1	0	IEEE-802.9-Standard (zurückgezogen)
0	0	0	1	1	IEEE-802.5-Standard (zurückgezogen)
0	0	1	0	0	IEEE-1394-Standard
0	0	1	0	1	INCITS
0	0	1	1	X	Reserviert für künftige Entwicklungen
0	1	X	X	X	Reserviert für künftige Entwicklungen
1	X	X	X	X	Reserviert für künftige Entwicklungen

Bit	Technologie
A0	10Base-T
A1	10Base-T Vollduplex
A2	100Base-TX
A3	100Base-TX Vollduplex
A4	100Base-T4
A5	Pause Operation für Flow-Control
A6	Asymmetrische Pause Operation für Flow Control

# Ethernet Flow-Control bei 100Mbps

Präambel	SFD	Ziel-MAC-Adresse 01-08-C2-00-00-01	Quell-MAC-Adresse	Type 0x8808	MAC-Control Opcode=0x0001 2 Bytes	Pause Time 2 Bytes	Füller 44 Bytes	CRC 4 Bytes
----------	-----	---------------------------------------	-------------------	----------------	-----------------------------------------	-----------------------	--------------------	----------------

# 100Mbps mit LWL

## **100BaseFX für kurze Distanzen**

Bei den LWL-Varianten können nur feste Datenraten verwendet werden.

Damit gibt es keine Abwärts-kompatibilität.

Hier können Distanzen von bis zu 412m erreicht werden.

Dabei wird im Vollduplex Modus gearbeitet.

Als Übertragungsmedium werden Gradienten-Multimode-Fasern mit den Durchmessern 62,5/125 µm und 50/125µm.

Als Lichtquelle werden LEDs mit einer Wellenlänge von 1300nm verwendet.

Die Datenübertragung wird mit einem NRZI-Code durchgeführt.

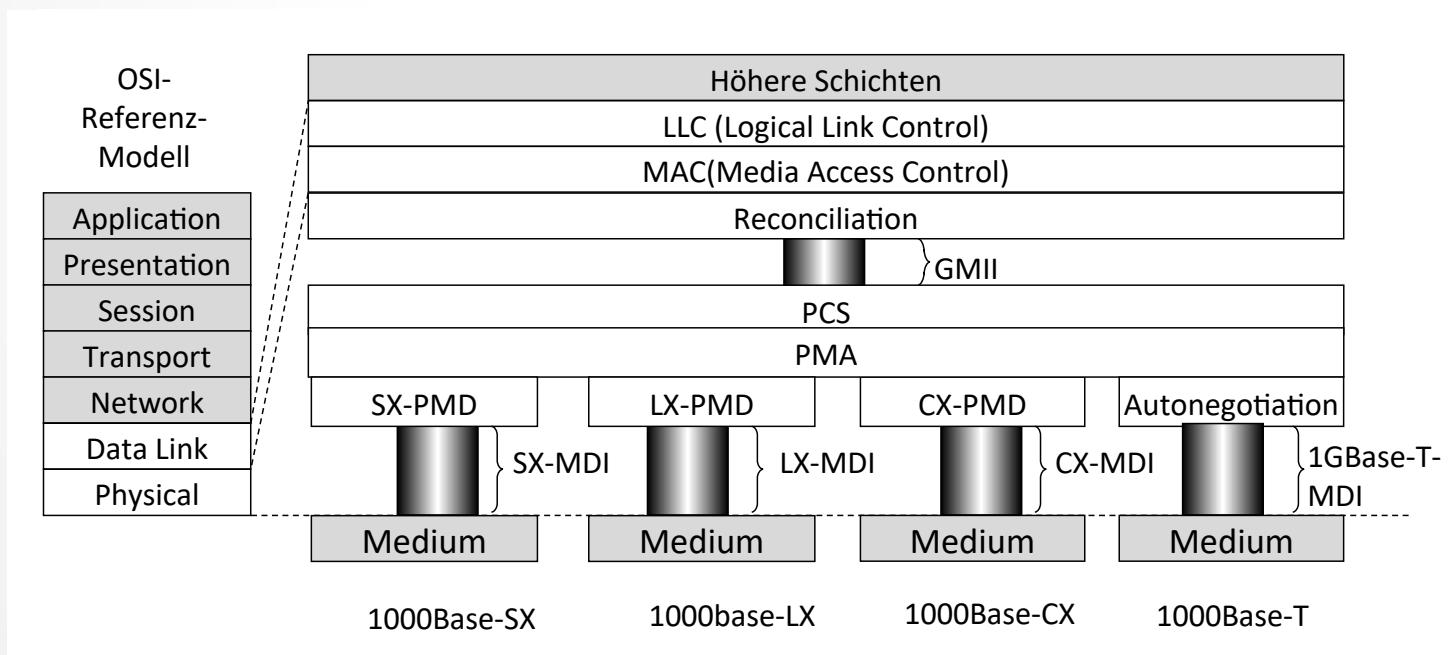
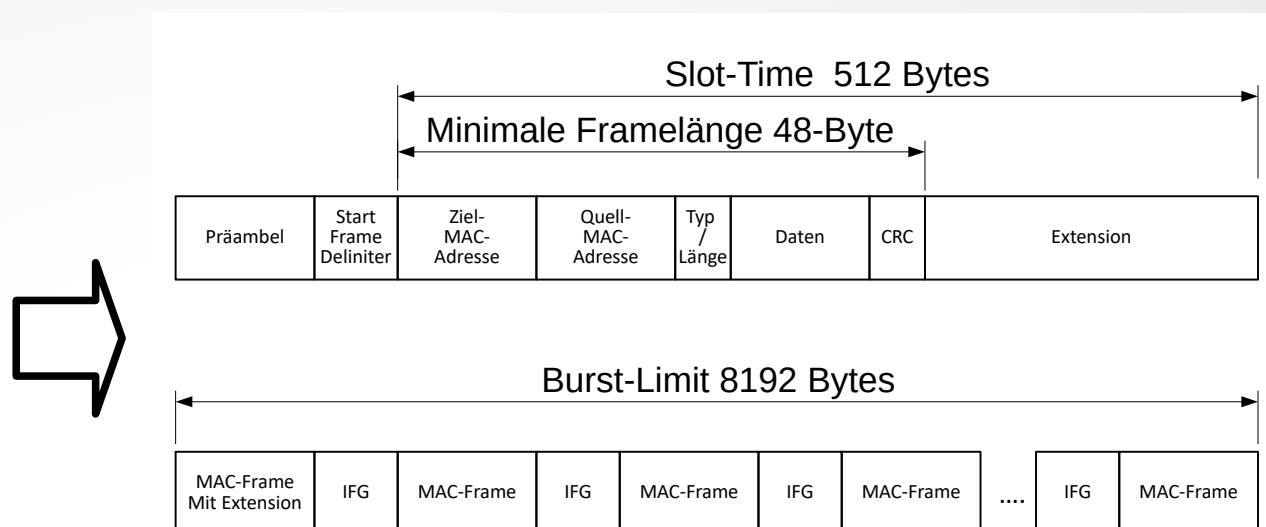
## **100Base-FX für große Distanzen**

Es gibt noch eine LWL-Variante für Distanzen von bis zu 15km.

Dazu wird einen Singlemode-Stufenindex-Faser mit 9/125 µm und eine Laserdiode mit einer Wellenlänge von 130nm verwendet.

# 1000Mbps-Ethernet Gigabit-Ethernet

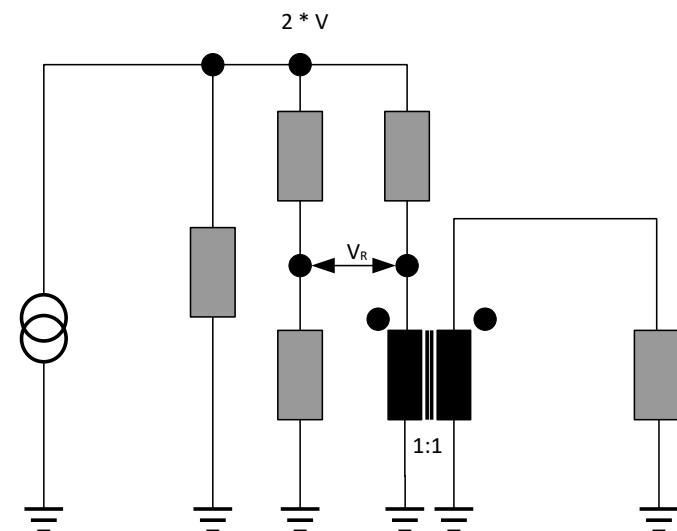
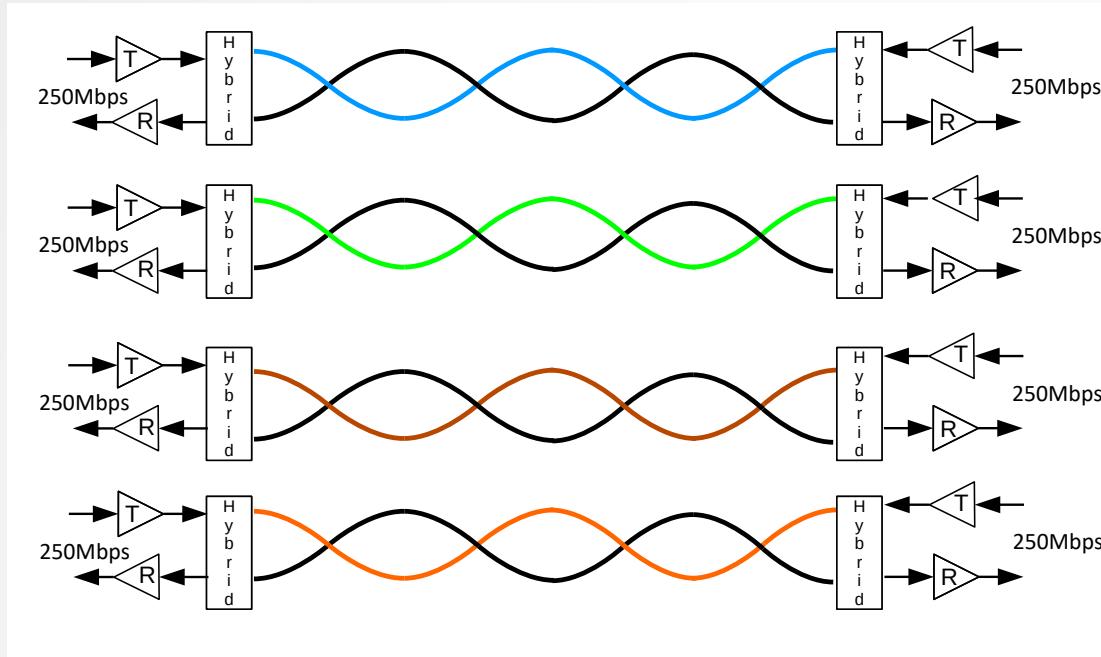
Datenrate	Bitzeiten	Maximale Ausdehnung
10 Mbps	100 ns	ca. 2000 m
100 Mbps	10 ns	ca. 200 m
1000 Mbps	1 ns	ca. 20 m



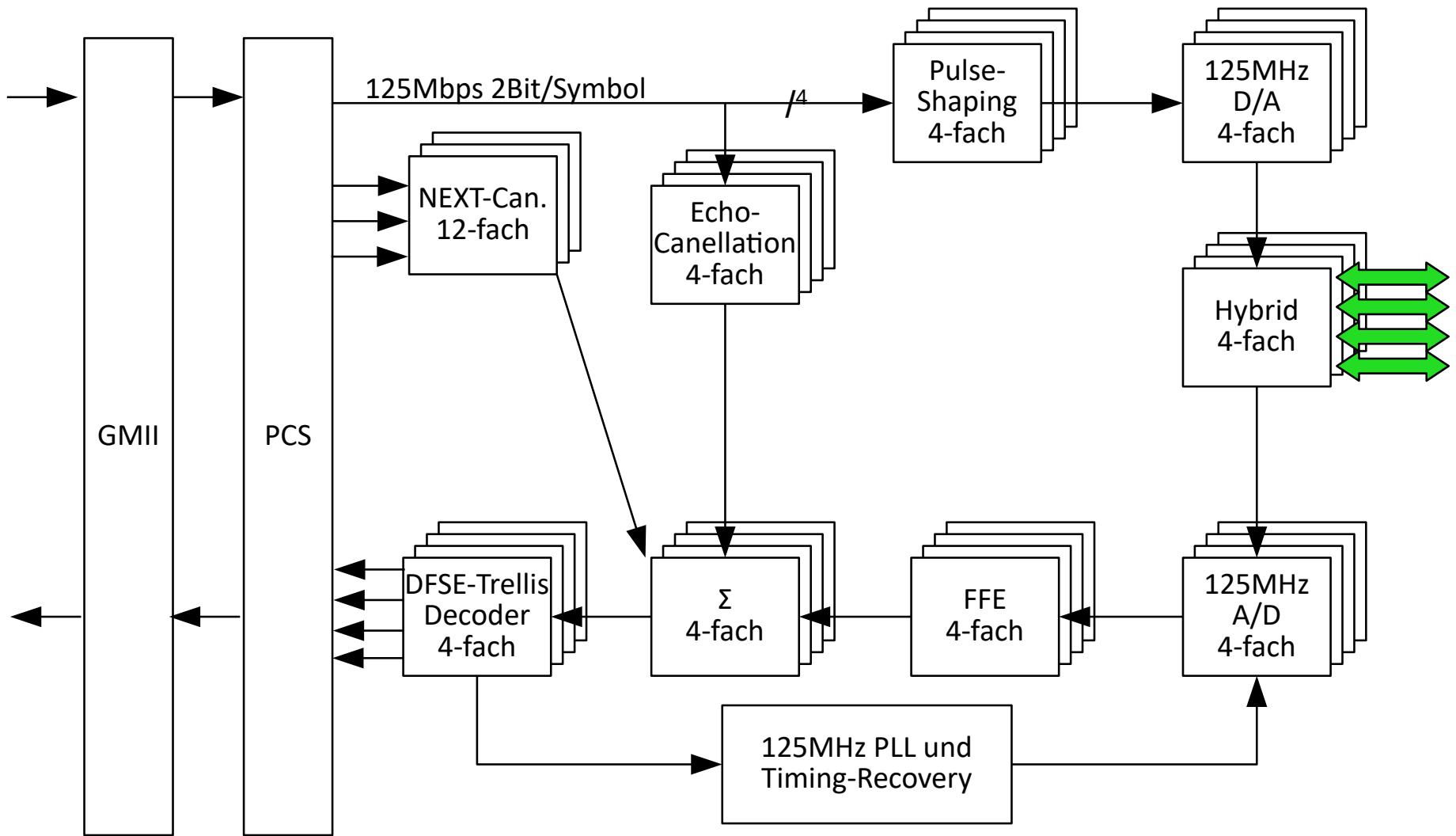
# 8B/10B-Codierung

Code Group Name	Octet Wert	Octet Bits HGF EDCBA	Current RD - abcdei fghj	Current RD + abcdei fghj
D0.0	00	0 0 0 00000	100111 0100	011000 1011
D1.0	01	0 0 0 00001	011101 0100	100010 1011
D2.0	02	0 0 0 00010	101101 0100	010010 1011
D3.0	03	0 0 0 00011	110001 1011	001110 0100
D4.0	04	0 0 0 00100	110101 0100	001010 1011
D5.0	05	0 0 0 00101	101001 1011	010110 0100
D6.0	06	0 0 0 00110	011001 1011	100110 0100
D7.0	07	0 0 0 00111	111000 1011	000111 0100
D8.0	08	0 0 0 01000	111001 0100	000110 1011
D9.0	09	0 0 0 01001	100101 1011	011010 0100
D10.0	0A	0 0 0 01010	010101 1011	101010 0100
D11.0	0B	0 0 0 01011	110100 1011	001011 0100
D12.0	0C	0 0 0 01100	001101 1011	110010 0100
D13.0	0D	0 0 0 01101	101100 1011	010011 0100
D14.0	0E	0 0 0 01110	011100 1011	100011 0100
D15.0	0F	0 0 0 01111	010111 0100	101000 1011

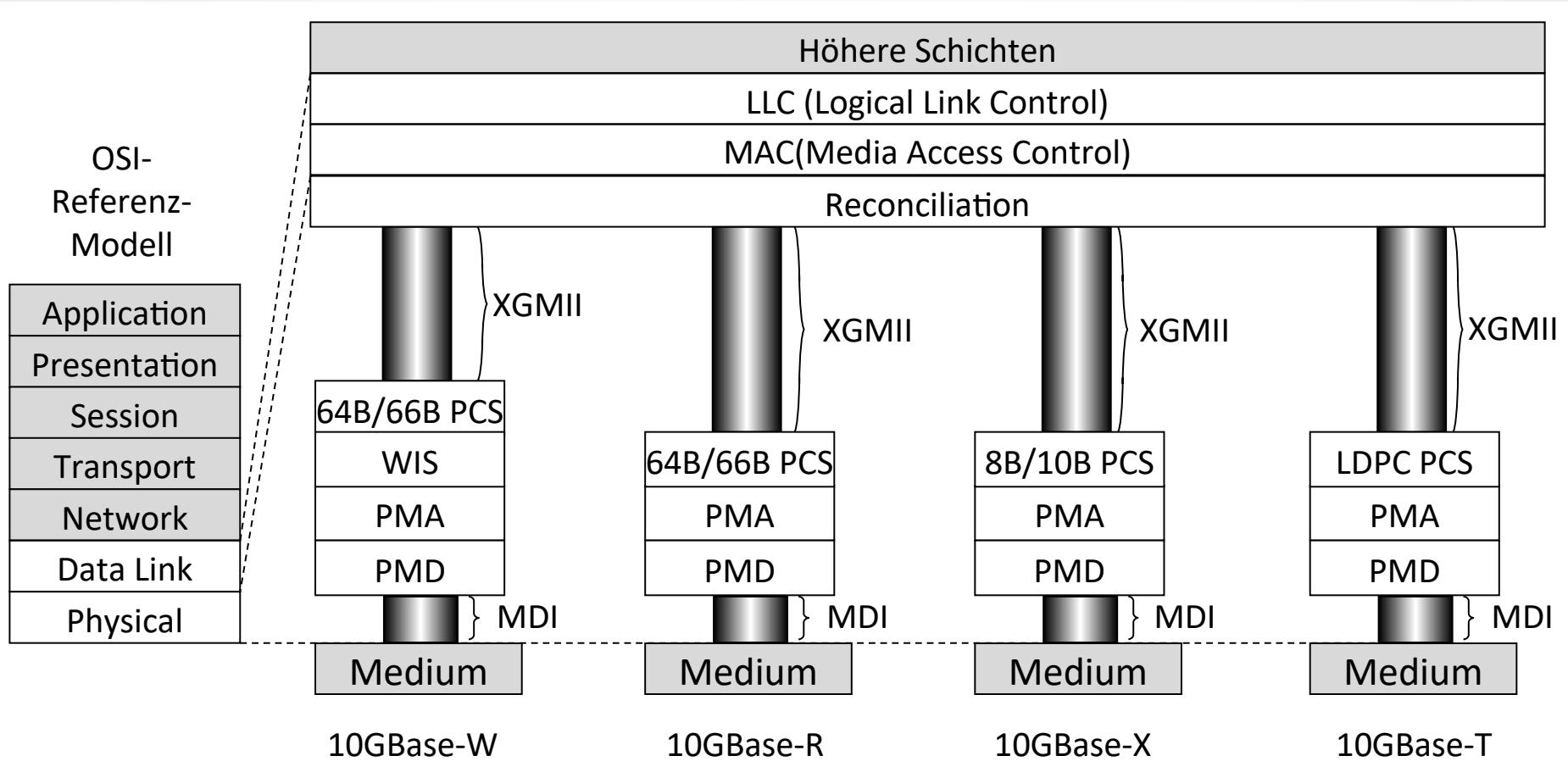
# 4 Adernpaare bei 1000Mbps



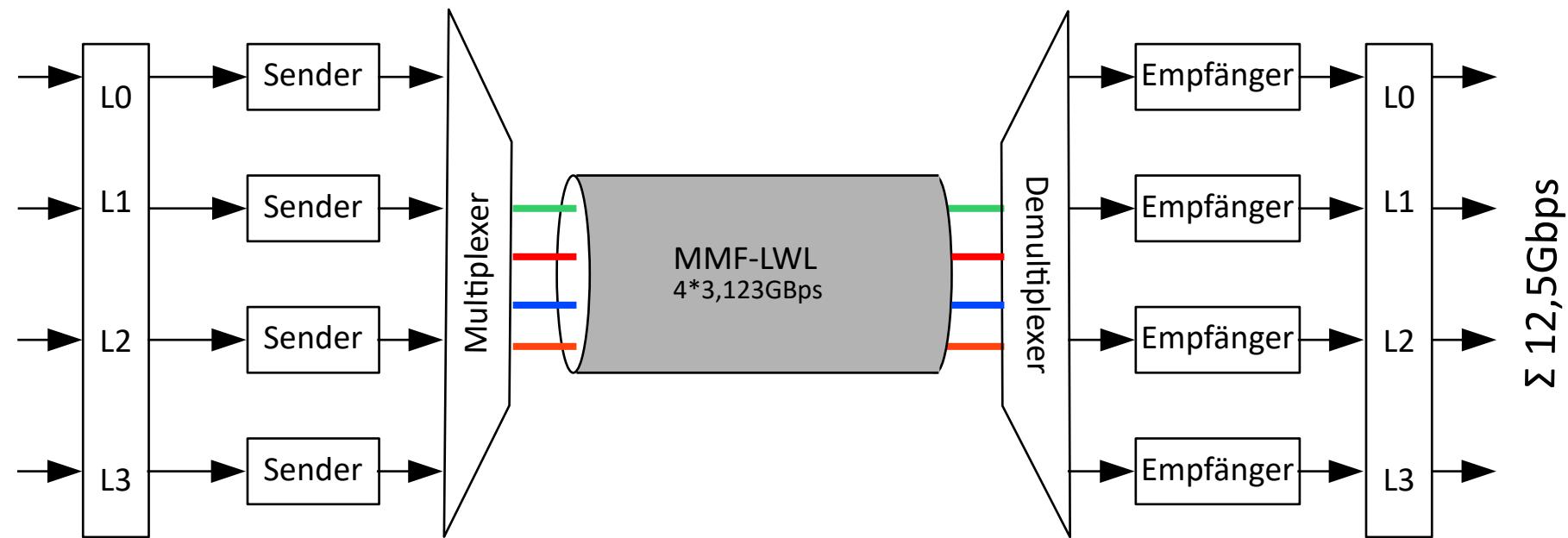
# 1000Base-T-PHY



# 10G-Ethernet

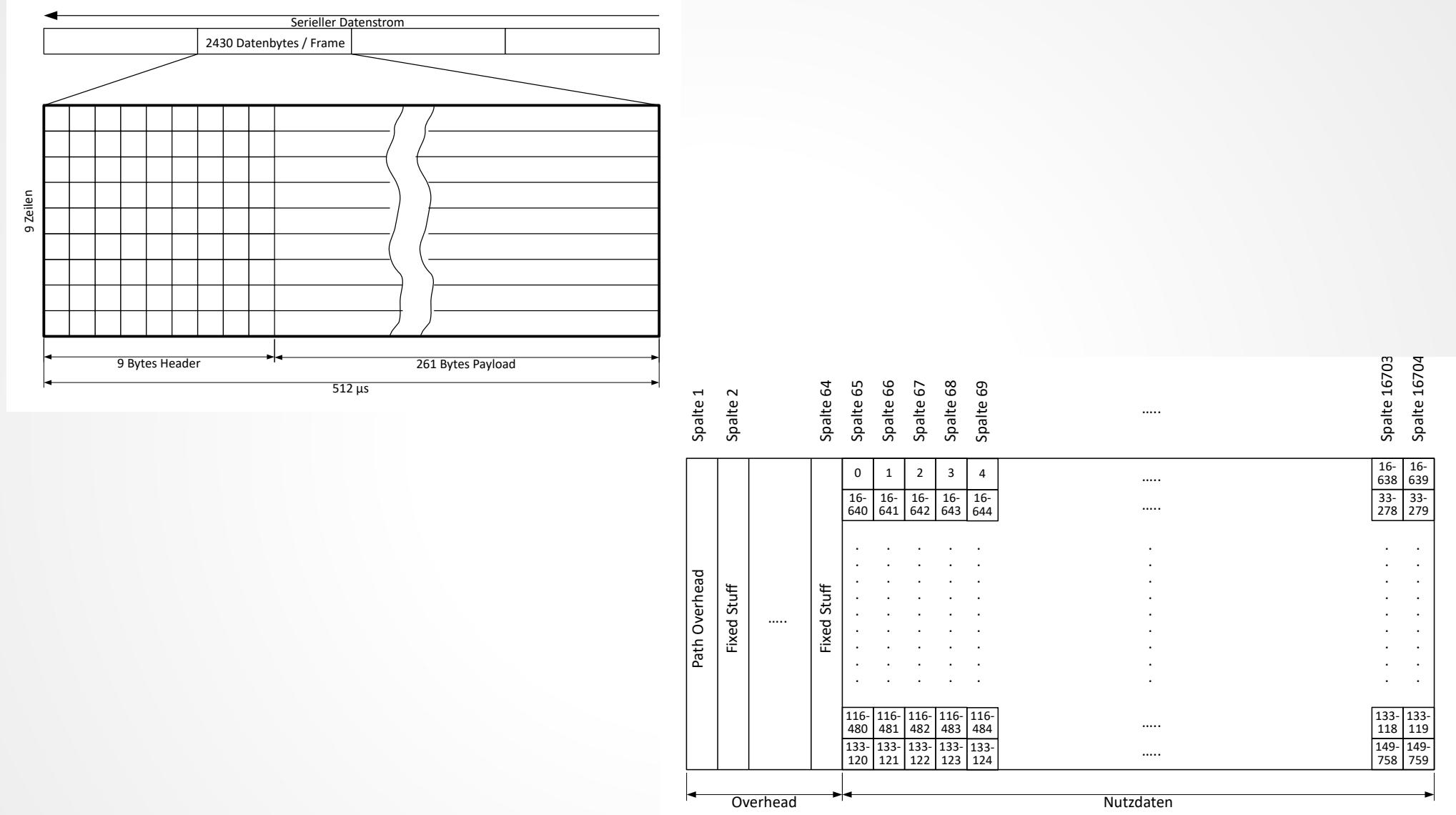


# 10GBase-X (WWDM)

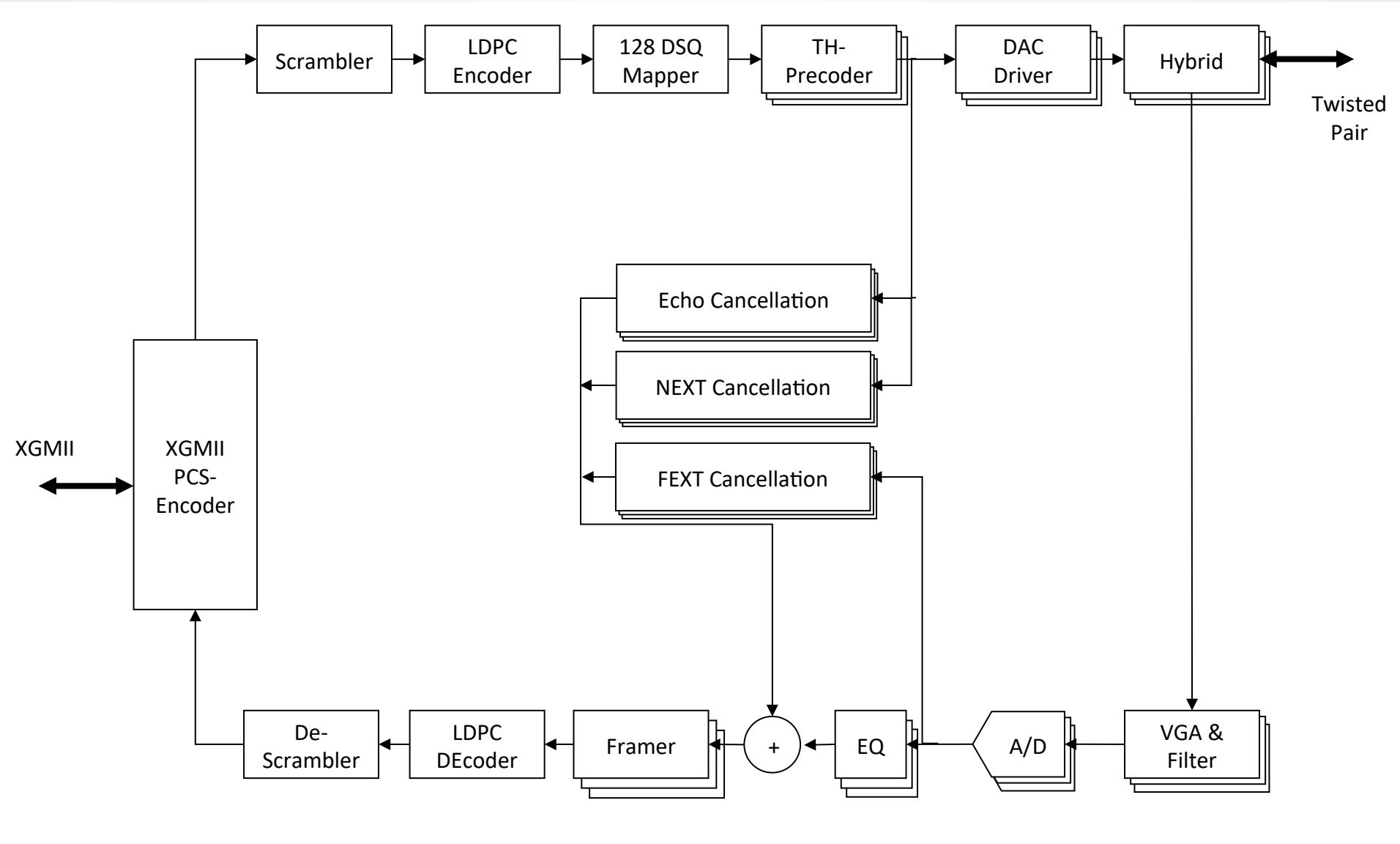


Kanal	Wellenlängenbereich
L0	1269,0 nm – 1282,4 nm
L1	1293,5 nm – 1306,9 nm
L2	1318,0 nm – 1331,4 nm
L3	1342,5 nm – 1355,9 nm

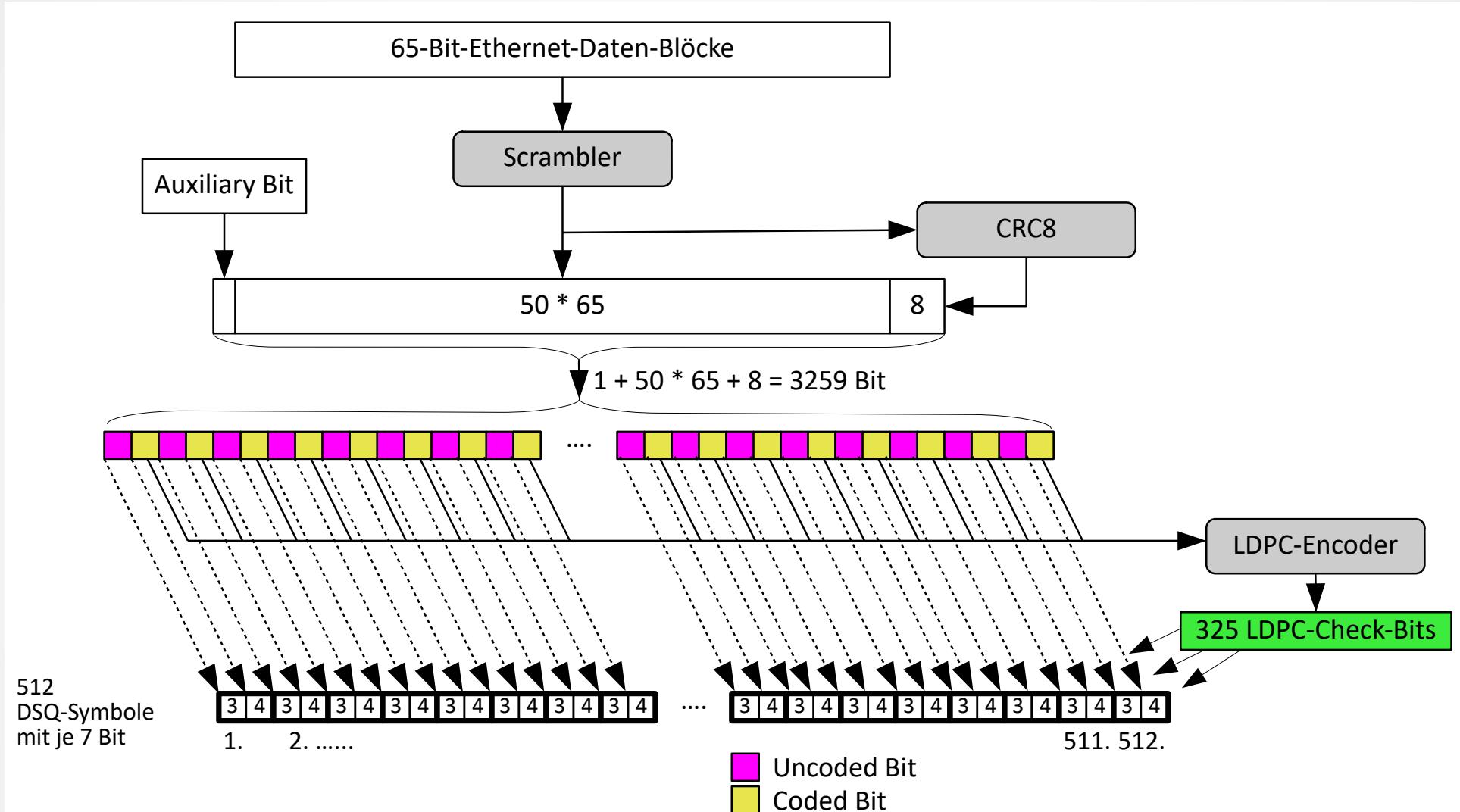
# 10GBase-W



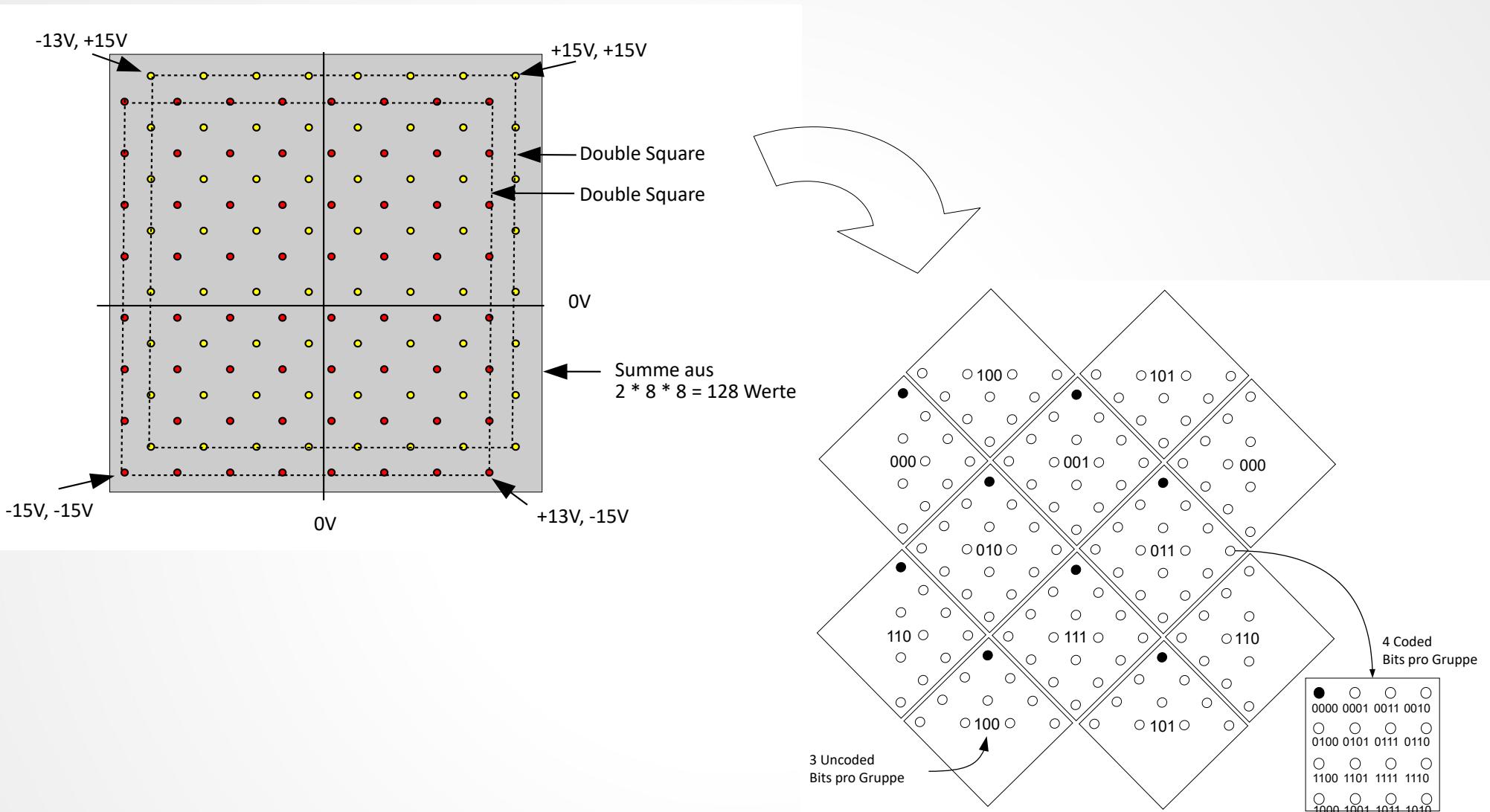
# 10GBase-PHY



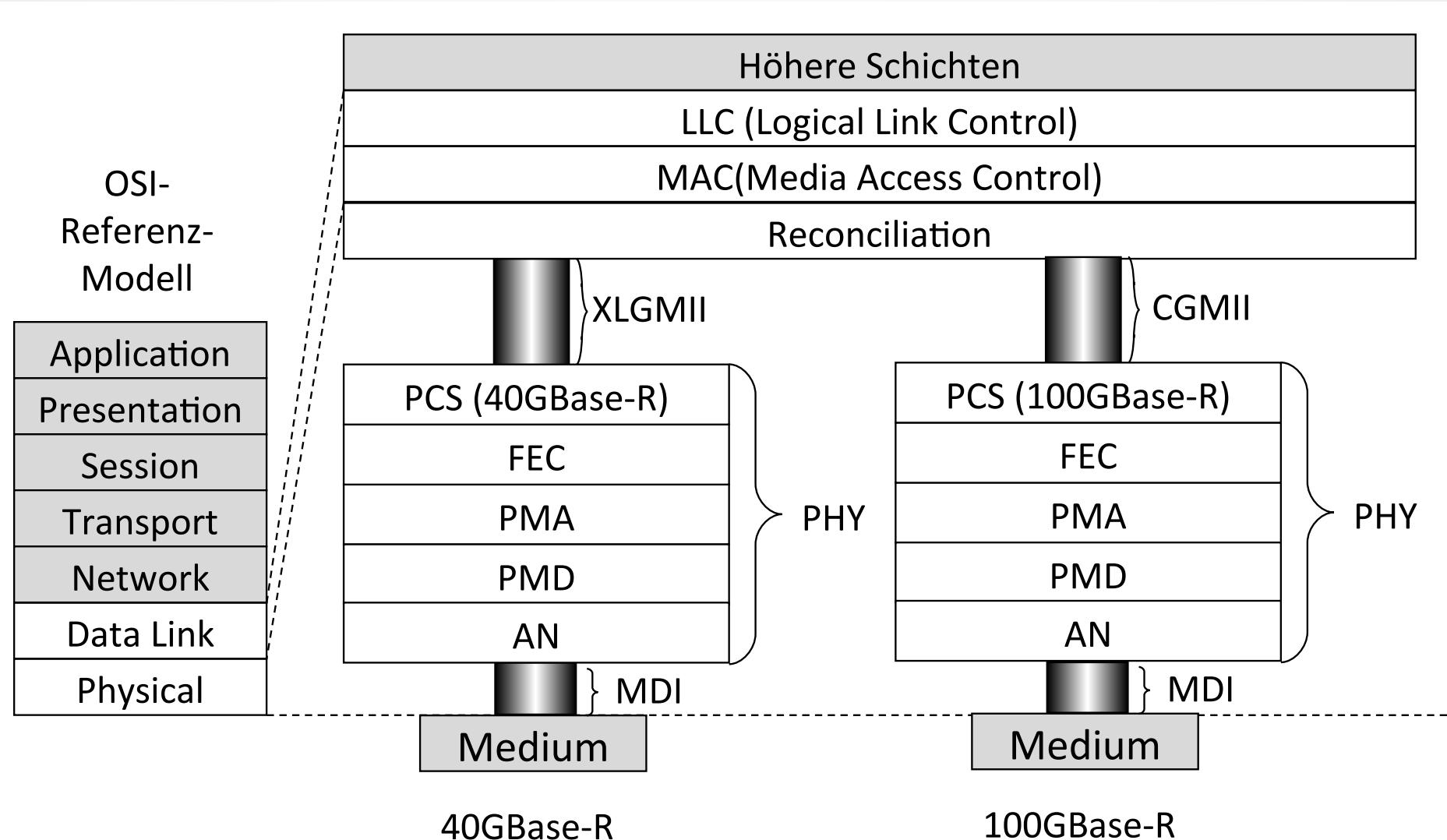
# LDPC



# DSQ-128 (PAM-16)



# 40/100Gigabit-Ethernet



# NBase-T

Die von der Nbase-T-Alliance erstellten Varianten wurden von IEEE als IEEE802.3bz am 18.10.2016 veröffentlicht.

Es handelt sich dabei um eine abgespeckte 10GBase-T-Variante. Typische Anwendungsfälle sind z. B. Accesspoints mit IEEE802.11ac.

## Vorteile:

- Billiger als 10Base-T
- Mit diesen Varianten sind 2,5 / 5 / 10 Gbps auf Cat 5e / 6 / 6e möglich. Damit muss u. U. keine neue Verkabelung erfolgen.
- RJ45 als Stecker ist weiterhin möglich.
- Die Anpassung der Datenrate erfolgt aufgrund der Konfiguration, der verbauten Geräte und automatisch aufgrund der Qualität der Verbindungsleitung.
- Automatische MDI/MDIX-Erkennung.
- Geräte mit 100Mbps, 1Gbps, 2,5Gbps, 5Gbps und 10Gbps können angeschlossen werden.

## Nachteile:

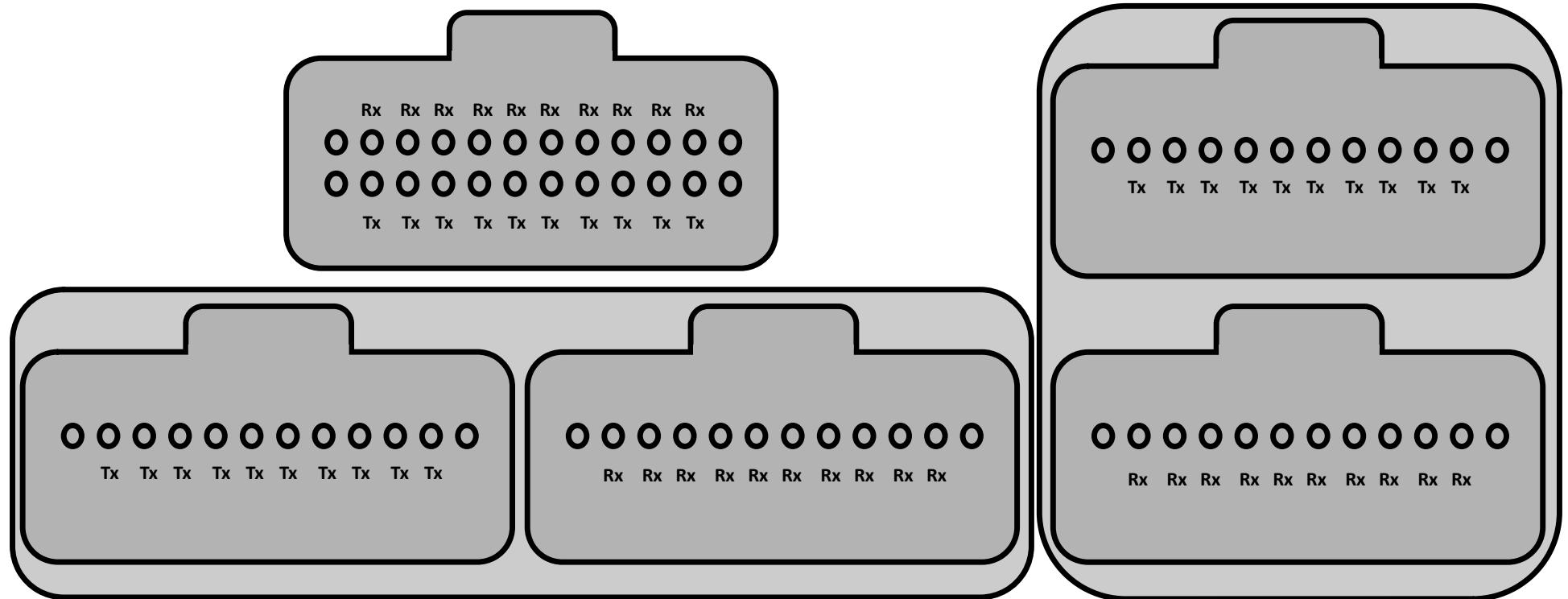
- Mit dieser Technik ist eine erhöhte Leistungsaufnahme verbunden die Wärme erzeugt welche durch Lüfter abgeführt werden müssen. (Lüfterlose Switches sind deshalb nicht möglich)
- Erhöhte Anforderungen an Bandbreite, Rückflussdämpfung, Nebensprechen und Alien Crosstalk.

## Technik:

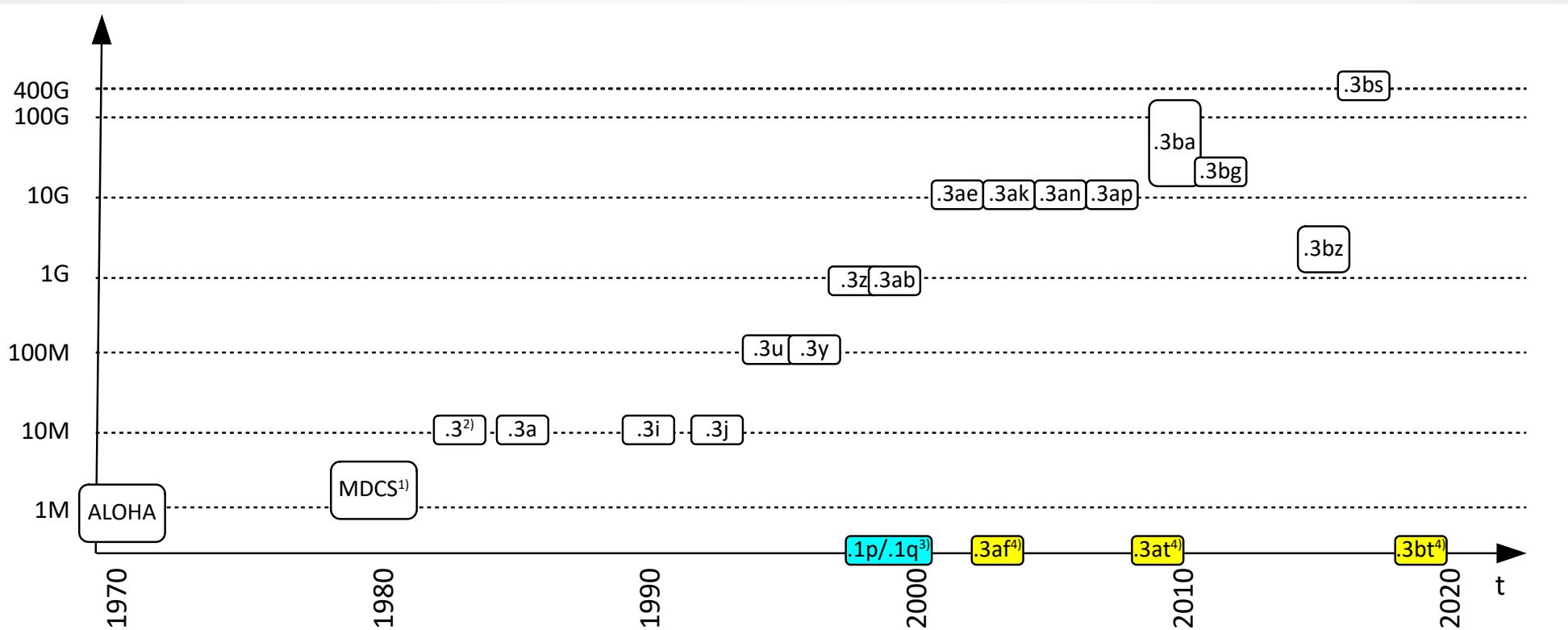
- 4 Adernpaare mit DSQ128 wobei alle Möglichkeiten von PAM16 genutzt werden
- 16k Jumbo-Frames möglich
- Optimierte Fehlerkorrektur da LDPC für alle Bits vollständig codiert ist um alle Bits zu schützen
- Takt von 10GBase-T wird auf ein Viertel (bei 2,5Gbps) oder die Hälfte (bei 5Gbps) reduziert.

Category	1Gbps	2,5Gbps	5Gbps	10Gbps
5e	100m	100m	100m	./.
6	100m	100m	100m	55m
6e	100m	100m	100m	100m

# MPO-Stecker-Varianten



# Ethernet-Zusammenfassung



<sup>1)</sup> Multipoint Data Communication System = Erste Ethernetvariante

<sup>2)</sup> Entspricht IEEE 802.3 (bei allen anderen Einträgen wird IEEE802 weggelassen)

<sup>3)</sup> VLANs = IEEE802.1p und IEEE802.1q

<sup>4)</sup> PoE (Power over Ethernet)

# Kupferverkabelung: Steckerbauformen (Koaxialstecker)



Für 10Base5

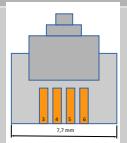
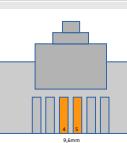
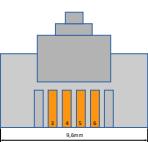
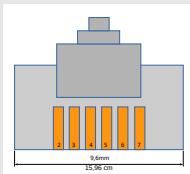
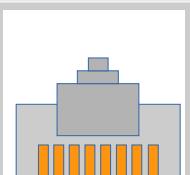
**RG8A/U**  
Barrel-Stecker  
Abschlusswiderstand

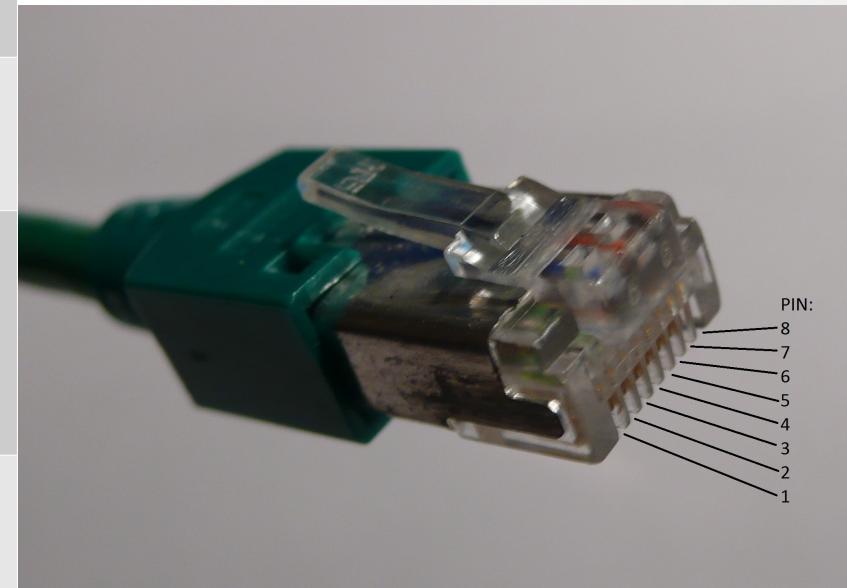


Für 10Base2

**RG58**  
BNC-Stecker  
BNC-T-Verbinder  
Abschlusswiderstand

# Kupferverkabelung: Steckerbauformen (Twisted-Pair-Stecker / RJ-xx)

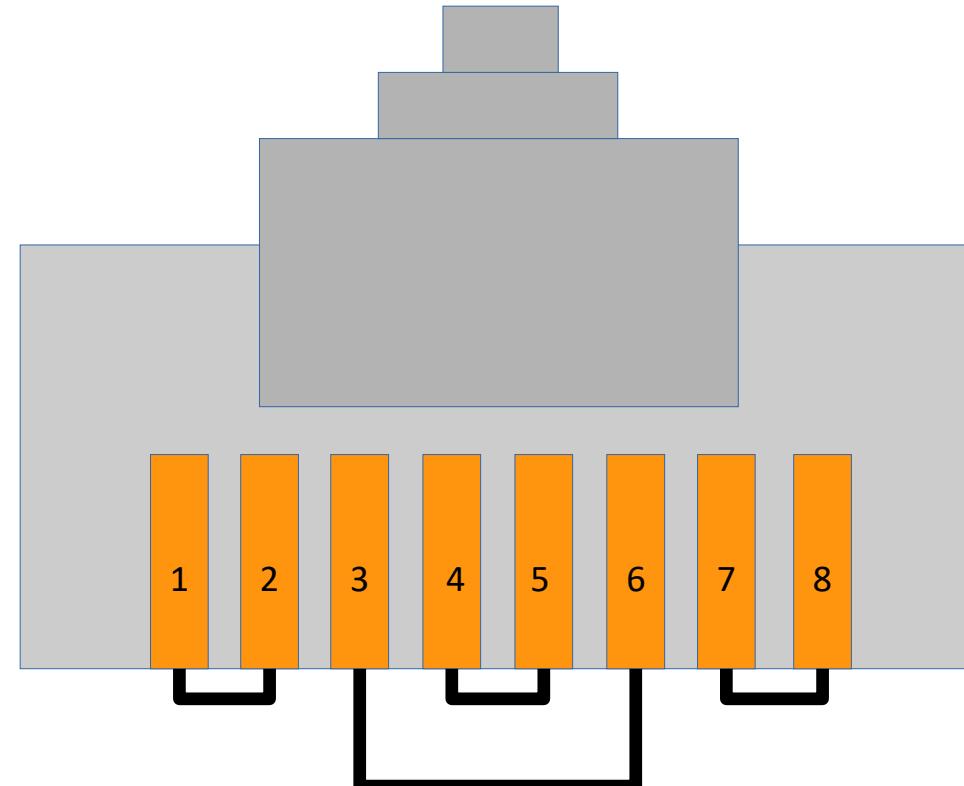
Kontakt-positionen	Handels-bezeichnung	Pin-Belegung
4P4C	RJ-10	
6P2C	RJ-11	
6P4C	RJ-11 oder RJ-14	
6P6C	RJ-12 oder RJ-25	
8P8C	RJ-45	



# Kupferverkabelung: Gruppierung der Pins bei Twisted-Pair-Stecker / RJ-xx

EIA/TIA 568A

Paar-Nr	Kontakt-Nr
1	4,5
2	3,6
3	1,2
4	7,8



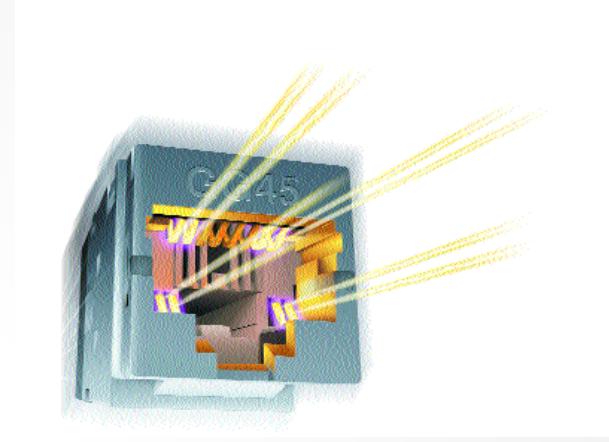
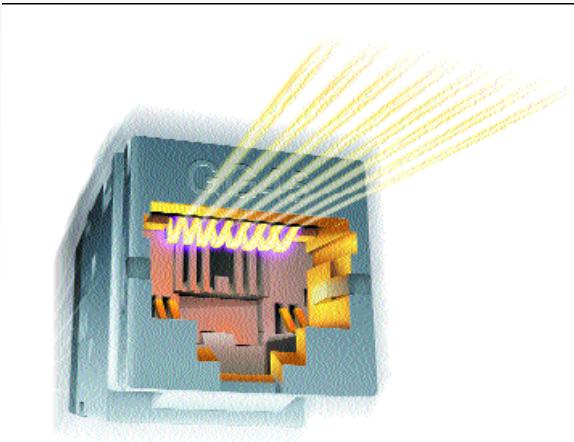
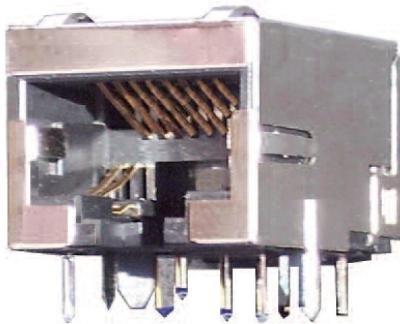
EIA/TIA 568B

Paar-Nr	Kontakt-Nr
1	4,5
2	1,2
3	3,6
4	7,8

# Kupferverkabelung: Pinbelegung (Twisted-Pair-Stecker / RJ-xx)

Pin	Telefon analog	Telefon alt	T + T (CH)	DSL Splitter	ISDN ( $U_{K_0}$ / $U_{P_0}$ )	ISDN ( $S_0$ )	Ethernet 10BaseT 100BaseT	Ethernet 1000BaseT	Token Ring	TP-PM-D	AS 400	3270	ATM
Schirm					(S)	(S)	S	S	S	S	(S)	(S)	S
1							TX+	D1+		TX+			X
2							TX-	D1-		TX-			X
3	W	a	1b		a2	a2	RX+	D2+	RX+				RX+
4	a		1a	a	a1	a1		D3+	TX-		TX+	TX+	
5	b		(2a)	b	b1	b1		D3-	TX+		TX-	TX-	
6	e	b	(2b)		b2	b2	RX-	D2-	RX-				RX-
7								D4+		RX+			X
8								D4-		RX-			X

# Kupferverkabelung: Nachfolger für RJ-xx



GG45-Stecker



TERA-Stecker

# Netztechnik-Vorlesung Teil-5

## Inhalt

- Topologien
- Kupferverkabelung
- Lichtwellenleiter (LWL)
- Ethernet

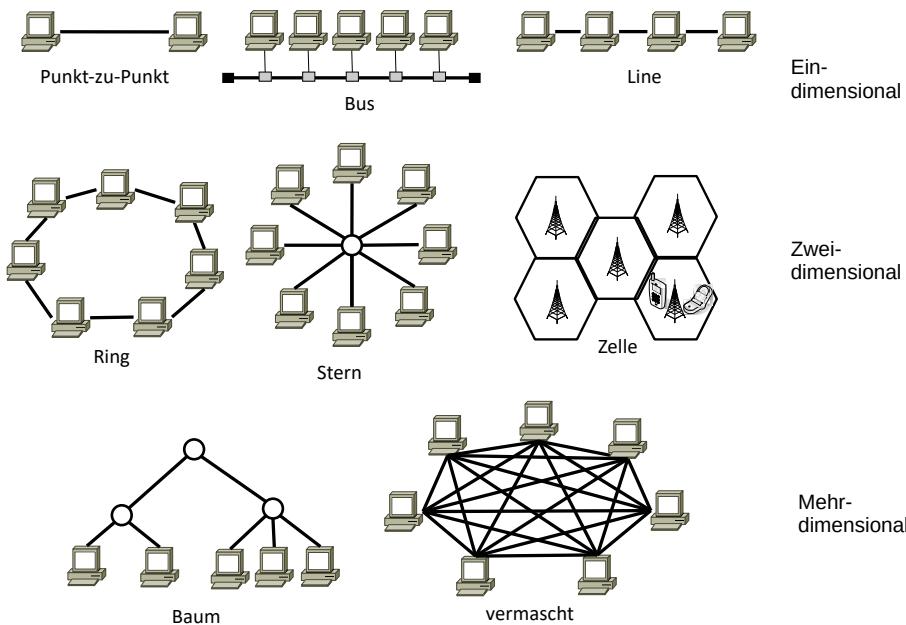
## Netztechnik-Vorlesung Teil-5

# Netztechnik-Vorlesung Teil-5

## Inhalt

- Topologien
- Kupferverkabelung
- Lichtwellenleiter (LWL)
- Ethernet

# Topologien (allgemein)



Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 3:75

## Bus

Diese Form stellt die Urform des Ethernet dar. Alle erforderlichen Funktionen, wie etwa das Medienzugriffsverfahren, leiten sich daraus ab, denn es handelt sich hierbei um ein „Shared Media“. → HDX

**Linie.** Kann wie ein offener Ring betrachtet werden. Fällt ein Teilnehmer aus zerfällt die Topologie in 2 Teile. Wird genutzt beim CAN-Bus / AS-Interface → CSMA/CR

## Punkt-zu-Punkt

Diese einfachste Form der Verbindung von zwei Geräten erfordert nur eine spezielle Leitung (Crossover Leitung). Da nur zwei Geräte miteinander kommunizieren, kann auf Medien-Zugriffsverfahren verzichtet werden. → FDX

## Ring

Der Zugriff auf dieses Medium ist zu koordinieren. Eine Unterbrechung des Rings führt zum Erliegen des Datenverkehrs. Der Vorteil der Ring-Topologie ist, dass die maximale Dauer des Datentransfers gewährleistet werden kann. → Token-Passing

## Stern

Bei der Stern-Topologie ist abhängig von den verwendeten Koppelementen (Netzwerk-Komponenten) davon auszugehen, dass es sich um ein „Shared Media“ (bei Hubs) handelt, oder nicht (bei Switches). Dies hat Konsequenzen für einen evtl. erforderlichen Einsatz eines Medien-Zugriffsverfahrens. Hubs → HDX mit CSMA/CD. Switches → FDX.

## Baum

Diese Topologieform ist eine Erweiterung der Stern-Topologie und auch hier sind die verwendeten Koppelemente (Netzwerk-Komponenten) dafür ausschlaggebend, ob ein Medien-Zugriffsverfahren zum Einsatz kommt oder nicht. Zum Medienzugriff siehe Stern.

## Vermascht

Diese Topologieform bietet die größte Ausfallsicherheit. Allerdings ist hierbei auch der größte Aufwand erforderlich. Ein Medienzugriffsverfahren ist nicht erforderlich, da zwischen den verwendeten Switches oder Routern Punkt-zu-Punkt-Beziehungen bestehen.

## Zelle

Eine Zelle ist gekennzeichnet durch eine Antenne und bewegliche Clients. Da es sich um ein Shared Media handelt ist ein Medienzugriffsverfahren erforderlich. → CSMA/CA

## Hybride Formen

### Teilformen (offener Ring)

- Durchmesser
- Grad
- Bisektionsweite
- Symmetrie
- Skalierbarkeit
- Konnektivität

### Durchmesser

Gibt die maximale Anzahl der möglichen Hops an.

Dies lässt Rückschlüsse auf die physikalische Ausdehnung und die maximale Transferzeit für Daten an.

### Grad

Damit ist die Anzahl der Links pro Knoten gemeint. Ist die Anzahl für alle Knoten gleich ist die Topologie regulär. Daraus lassen sich auch die Kosten für das Netzwerk ableiten.

### Bisektionsweite

Die Bisektionsweite gibt die minimale Anzahl von Links an, die durchgeschnitten werden müssen, um ein Netz mit N Knoten in zwei Netze mit jeweils  $N/2$  Knoten zu teilen.

Damit ist sie ein Maß für die Leistungsfähigkeit eines Netzes, da in vielen Algorithmen die Knoten der einen Netzhälfte mit den Knoten der anderen Hälfte kommunizieren. Je niedriger also die Bisektionsweite, desto ungünstiger wirkt sich dies auf den Zeitbedarf für den Datenaustausch zwischen beiden Netzhälften aus.

### Symmetrie

Sieht eine Topologie aus Knoten- oder Link-Sicht in jeder Richtung gleich aus, ist sie symmetrisch. Knoten und Links verhalten sich in einem Symmetrischen Netz gleich, egal welchen Knoten oder Link man betrachtet. Dies hat Auswirkungen auf die Programmierung, die Lastverteilung und das Routing, da es keine Spezialfälle zu betrachten gibt.

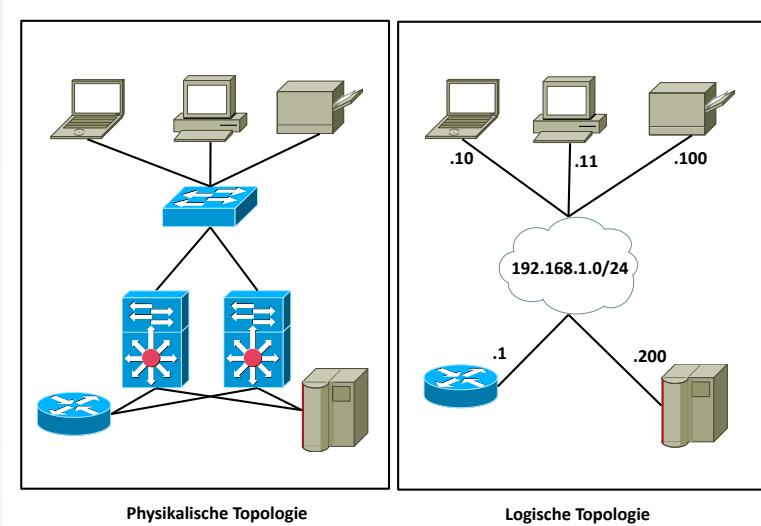
### Skalierbarkeit

Hier geht es um den Aufwand der bei Erweiterungen zu leisten ist. Eine Vergrößerung kann auch mit Leistungseinbußen (z.B. Laufzeiten) einher gehen.

### Konnektivität

Gibt die Anzahl der Knoten / Links an die eliminiert werden müssen damit das Netz nicht mehr funktioniert. Damit ist die Anzahl der unabhängigen Wege beschrieben, was auch ein Maß für die Ausfallsicherheit der Topologie darstellt.

## Topologien (Ebene2 (physikalisch) / Ebene3 (logisch))



Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 5:75

Topologien können auf unterschiedlichen Ebenen des ISO-7-Schichten-Modells dargestellt werden.

### Physikalische Topologie

Die physikalische Topologie beachtet mit welchen Komponenten die Netzwerke aufgebaut werden und wie diese miteinander verbunden sind.

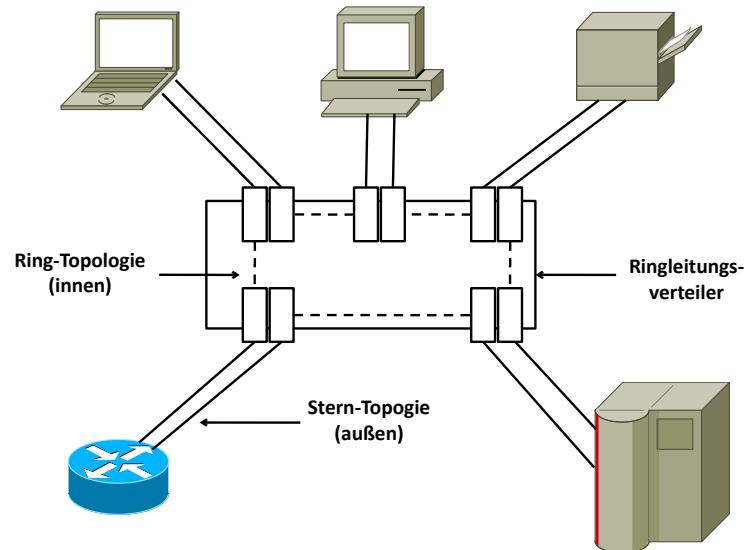
Hierbei wird detailliert auf die einzelnen Netzwerkkomponenten eingegangen. Auch redundante Anbindungen werden hier dargestellt

### Logische Topologie.

Bei der logischen Topologie ist die Funktionsweise und damit der Datenfluss im Netzwerk entscheidend. Es gibt zum Beispiel Bus Topologien oder Ring-Topologien. Die logische Struktur stellt z. B. die Adressierung der Netzwerk-Teilnehmer dar.

IP-Netz entspricht den Switches auf Ebene 2

## Topologien (physikalisch / logisch)



Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 6:75

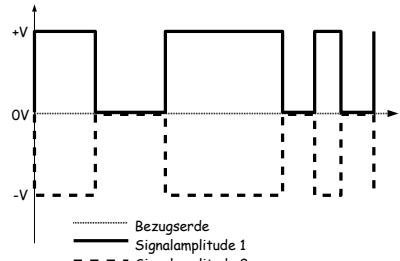
Topologien können aufgrund ihrer Realisierung unterschiedlich aussehen.

Ein Ringleitungsverteiler sieht von Außen aus wie eine Sternstruktur, baut jedoch intern einen Ring auf.

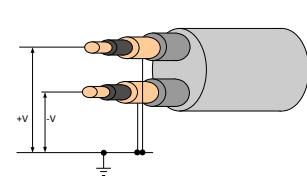
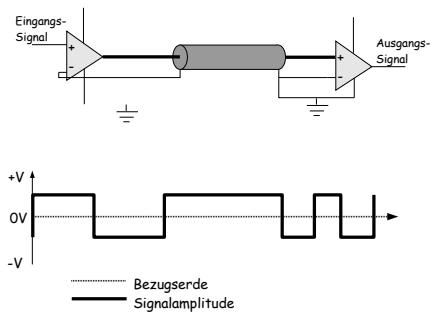
## Kupferverkabelung

### Unterscheidung: Symmetrisch / Unsymmetrisch

Symmetrisch



Unsymmetrisch



Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 7:75

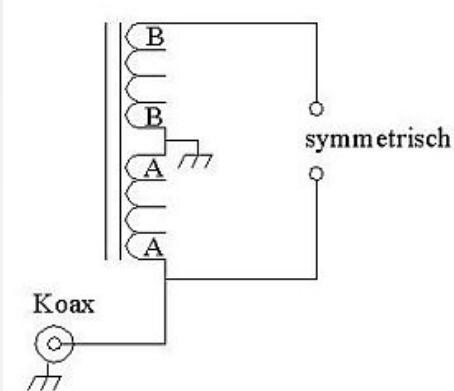
Es ist nicht die Bauform gemeint, sondern das elektrische Verhalten gegenüber Masse.

Twisted-Pair-Leitungen sind Beispiele für symmetrische Leitungen.  
Koaxialleitungen sind Beispiele für unsymmetrische Leitungen.

## Kupferverkabelung

### Anpassung: Symmetrisch / Unsymmetrisch

Anpassung durch BALUN



Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

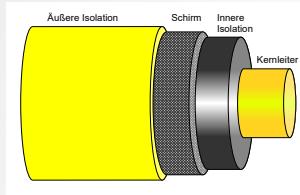
Folie: 8:75

BALUN ist ein Kunstwort das aus Balanced (Symmetrisch) und Unbalanced (Unsymmetrisch) zusammengesetzt wird.

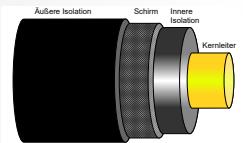
Ursprünglich waren BALUNs für die Anpassung von symmetrischen Leitungen an unsymmetrische Leitungen vorgesehen.

Später wurden die Bauteile auch für die Impedanzanpassung bei TP-Leitungen verwendet.

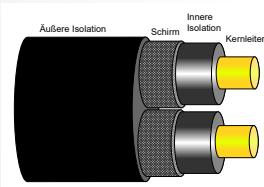
## Kupferverkabelung Koaxial-Leitungen



Yellow-Cable (Thick-Ethernet)  
RG8A/U



Cheapernet-Cable (Thin-Ethernet / Cheapernet)  
RG58



Twinax-Cable

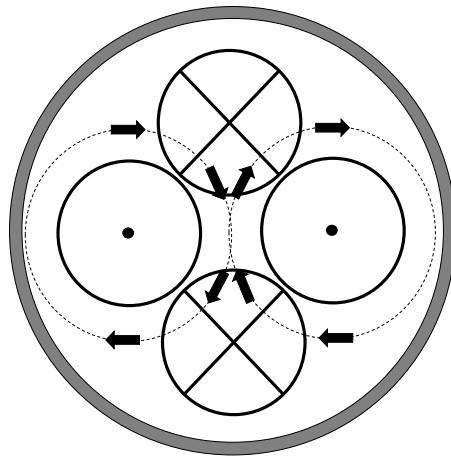
Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 9:75

Twinax-Leitungen werden heutzutage für 10GB-Leitungen mit DACs verwendet (DAC = Direct Attached Connector)

## Kupferverkabelung Sternvierer



Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

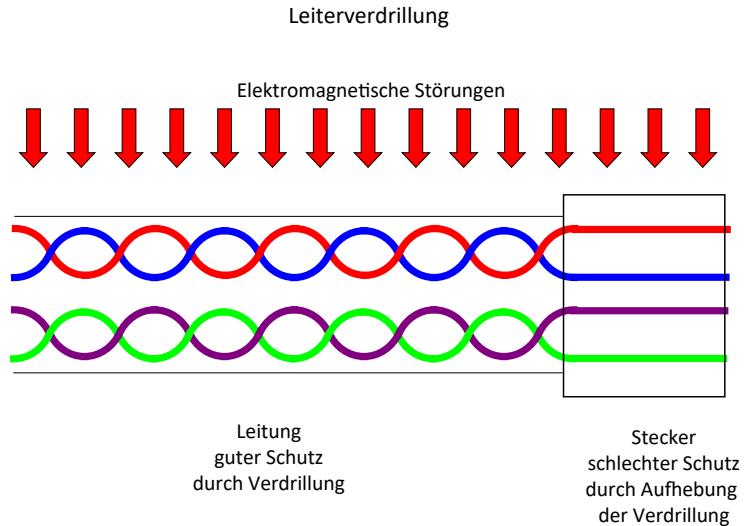
Folie: 10:75

Sternvierer-Leitungen kommen aus dem Telefonbereich.  
Dabei geht man davon aus, dass sich in der Mitte der Paare die Einflüsse des durch den Strom entstehenden Magnetfeldes aufheben. Damit können die gegenseitigen Einflüsse der 4 Drähte eliminiert werden.

Allerdings bietet diese Geometrie keinen Schutz vor Störungen von Außen.

Deshalb können solche Leitungen nur für 10MB verwendet werden!

## Kupferverkabelung Twisted-Pair-Leitungen



Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

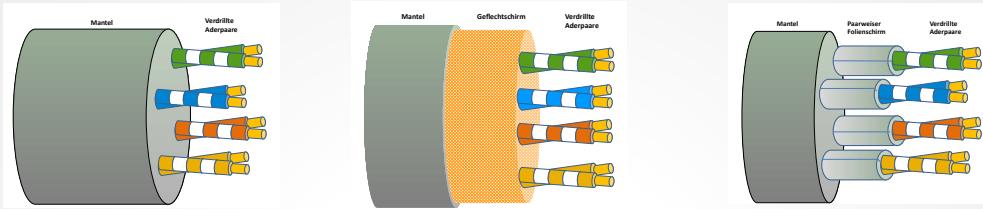
Folie: 11:75

Eine Verbesserung des Sternvierers stellen verdrillte Adernpaare dar.

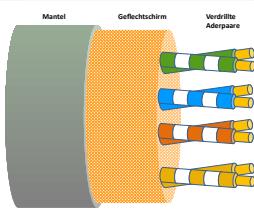
Störende Einflüsse werden während einer Verdrillung aufgehoben.  
Die Störung wird durch Halbierung der Störung aufgehoben werden.

Probleme machen die Stecker und Dosenanschlüsse, da dort die Verdrillung aufgehoben werden muss.

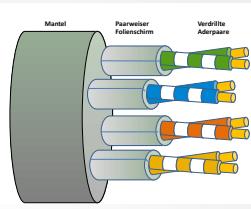
## Kupferverkabelung Twisted-Pair-Leitungen



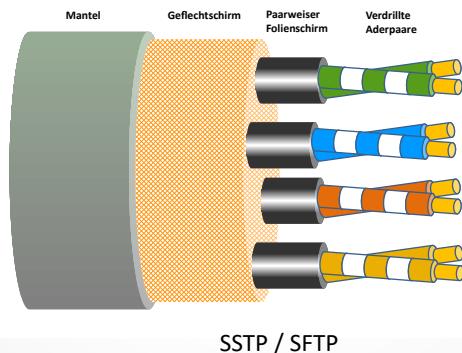
UTP



STP



UFTP



SSTP / SFTP

Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 12:75

Verdrillte Adernpaare können zusätzlich mit einer Schirmung aus Folien oder Drahtgeflecht vor elektromagnetischen Störungen geschützt werden.

UTP              Unshielded Twisted Pair

STP              Shielded Twisted Pair

UFTP              Unshielded Foiled Twisted Pair

SSTP / SFTP      Screened shielded Twisted Pair → Höchste Qualität

## Übersicht Twisted Pair Leitungen

Kabeltyp	EIA/TIA 568 Kategorie, Kat. Category, Cat.	DIN EN 50173 Klasse	Max. Frequenz	Impedanz	Anwendung
UTP-1	Cat.1	-	0,3 ... 3,4 kHz	100 Ohm	analoge Sprachübertragung
UTP-1	-	A	100 kHz	100 Ohm	analoge Sprachübertragung
UTP-2	Cat.2	B	1 MHz	100 Ohm	ISDN
UTP-3	Cat.3	C	16 MHz	100 Ohm	10Base-T, 100Base-T4, ISDN
UTP-4	Cat.4	-	20 MHz	100 Ohm	16 MBit Token Ring
STP	IBM Typ 1/9		20 MHz	150 Ohm	4 und 16 MBit Token Ring
S/FTP	Cat.5	D	100 MHz	100 Ohm	100Base-TX, SONET, SOH
	Cat.5e	D	100 MHz	100 Ohm	1000Base-T
S/FTP	Cat.6	E	250 MHz	100 Ohm	155-MBit-ATM, 622-MBit-ATM
	Cat.6e	E	500 MHz	100 Ohm	-
	Cat.6a	F	625 MHz	100 Ohm	10GBase-T
S/FTP	Cat.7	F	600 MHz	100 Ohm	
S/FTP	Cat.7a	F	1000 MHz	100 Ohm	40GBase-T, 100GBase-T

Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 13:75

Für unterschiedliche Anforderungen sind die jeweils passenden Leitungen zu verwenden..

Die Leitungen werden deshalb bei EIA/TIA aufgrund ihres Aufbaus und damit ihrer Eigenschaften in Categories eingeteilt. Dabei wird jedes Bauteil einer Verbindung (Stecker, Buchsen oder Leitungen) einzeln Bewertet.

In Europa wird nach EN50173 ein gesamter Link in Klassen eingeteilt. Hierbei werden alle Bauteile als gesamte Verbindung beurteilt. Dabei ist auch die Qualität der Verlegung und der Bearbeitung der Anschlüsse durch den Installateur beinhaltet.

## Aufbau der Topologie-Bezeichnung

< Datenrate [Mbit] >< Übertragungsverfahren >< Maximallänge/100m | -Topologie >

● Datenraten

- 10 Die Auslegung ist auf 10 Mbps begrenzt.
- 100 Die Auslegung ist auf 100 Mbps begrenzt. (Megabit-Ethernet)
- 1000 Die Auslegung ist auf 1000 Mbps begrenzt. (Gigabit-Ethernet)

● Übertragungsverfahren

**Base**

Es wird eine Basisband-Zeichengabe benutzt.

Dies bedeutet, dass nur eine Übertragungs-Frequenz benutzt wird was zur Folge hat, dass immer nur eine Station senden kann. Die Sende-Berechtigung wird über ein Zugriffsverfahren wie CSMA/CD oder Token geregelt.

**Broad**

Es wird eine Breitbandband-Zeichengabe benutzt. Hier werden mehrere Frequenzen genutzt.

Dies hat zur Folge, dass mehrere Stationen gleichzeitig senden können.

● Maximallänge

- 2 Maximale Ausdehnung 200m (genau 185m)
- 5 Maximale Ausdehnung 500m
- T Twisted-Pair (max. 100m)
- F Fiber-Optic
- LX Long Wavelength Fiber-Optic (max. 1500m)
- SX Short Wavelength Fiber-Optic (max. 500m)
- FD Full Duplex
- HD Half Duplex
- CF Collision Free
- MM Multimode LWL
- SM SingleMode LWL

Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 14:75

Für die Verkabelung mit Kupfer und LWL wurden Kurzbezeichnungen eingeführt, die auch Hinweise auf die Topologie geben.

Dabei sind die folgenden Eichenschaften berücksichtigt:

Datenrate (z. B. 10mbps, 100mbps, 1000mbps,...)

Übertragungsverfahren (z. B. Base oder Broad)

Maximale Segmentlänge oder Topologie (z. B. 2,5 LX, SX)

Base bedeutet, dass nur eine Frequenz auf der Leitung zur Datenübertragung genutzt wird.

(Beispiel Ethernet)

Broad bedeutet dass mehrere Frequenzen für die Übertragung unterschiedlicher Verbindungen auf einer Leitung möglich sind.

(Beispiel: Breitbandkabel für Kabelfernsehen)

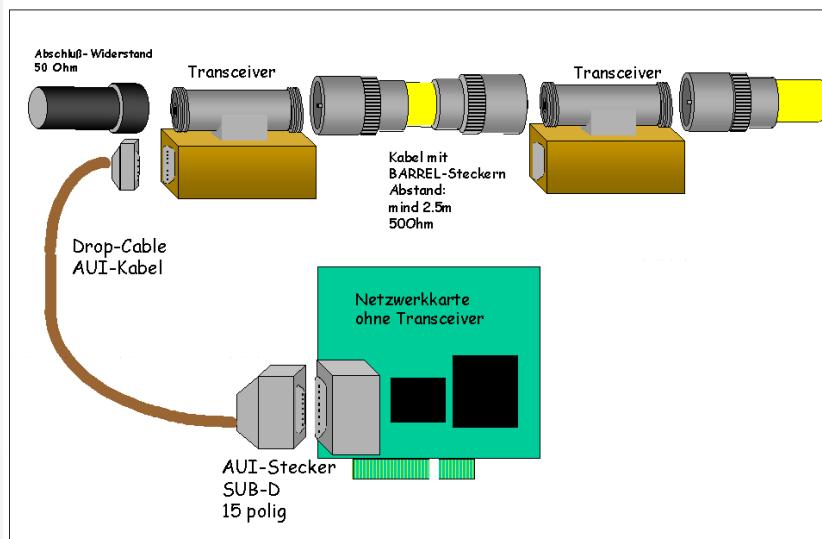
2 deutet auf eine maximale Segmentlänge von 200m hin (genau sind es 185m)

5 weist auf eine maximale Segmentlänge von 500m hin.

LX bedeutet Läng Wavelength Multimode Glasfaser

SX bedeutet Short Wavelength Multimode Glasfaser

## Topologiebeispiel 10Base5



10Base5-Verkabelung

E. Schwyer

Stand: 10.10.1999

Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 15:75

Mit massiver Koaxialleitung (Yellow-Cable) realisiert.

Unter der Decke im Doppelboden ...

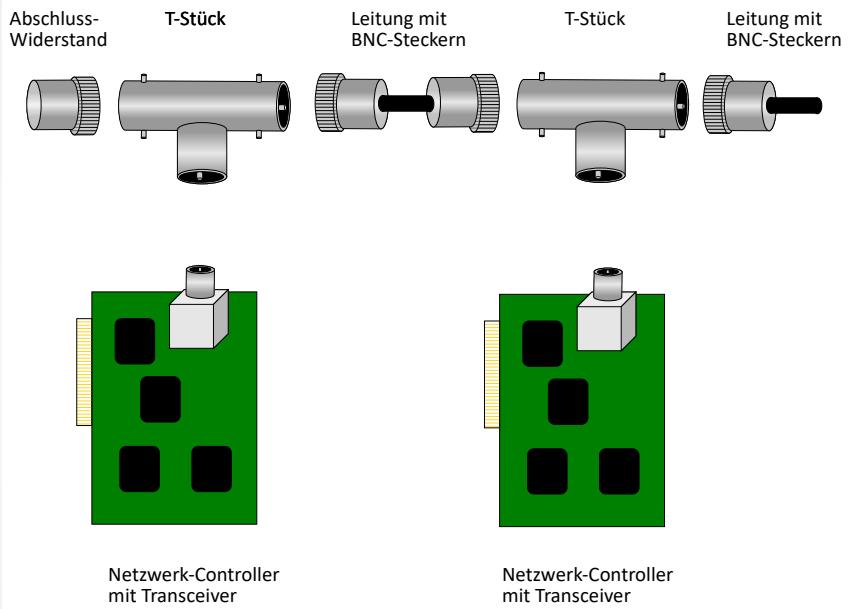
Transceiver wird mit Vampirklemme in Leitung gebohrt

Verbindung von Netzwerk-Karte zum Transceiver wird Drop-Cable genannt

Controller wird im Rechner auf den Bus gesteckt

Erste Ethernet-Realisierung. Wird heutzutage nicht mehr verwendet.

## Topologiebeispiel 10Base2



Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

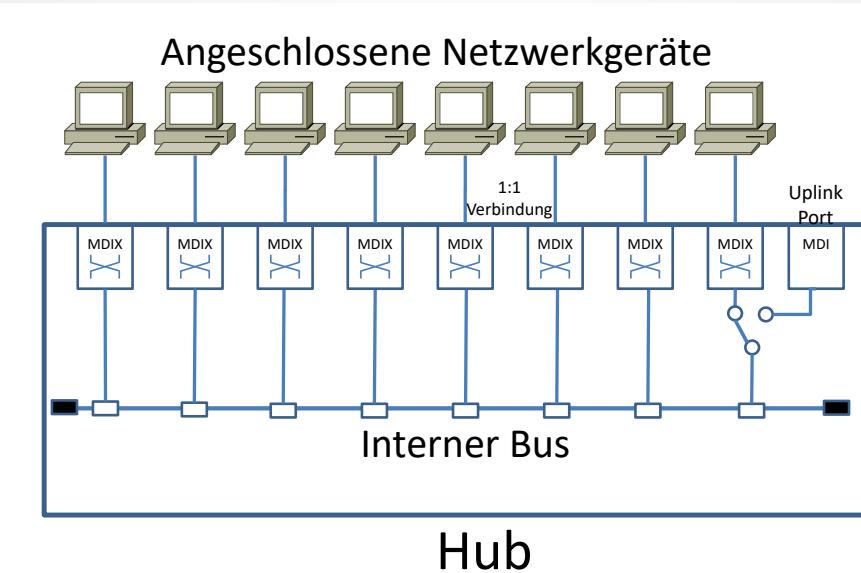
Folie: 16:75

Koaxialleitung wird mit T-Stück angezapft

Der Transceiver und Controller wandern auf den NIC (Network Interface Controller)

Nachfolger der ersten Ethernet-Version. Konnte wegen der flexibleren Leitungen im Büroumfeld eingesetzt werden

## Topologiebeispiel 10BaseT



Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 17:75

Wird mit Twisted-Pair-Leitungen realisiert.

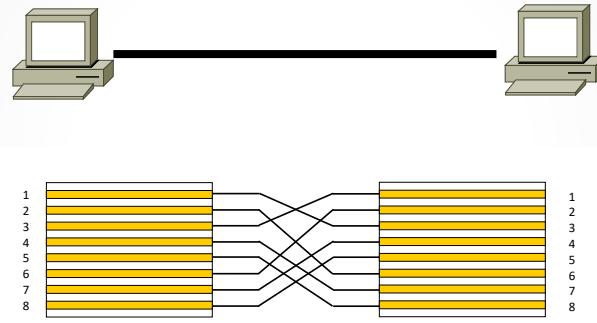
Ein Hub ist ein Gerät, mit dem mehrere Geräte mit 10 oder 100 Mbps physikalisch sternförmig miteinander verbunden werden.

Logisch (intern) funktioniert ein Hub wie ein Bussystem. Deshalb ist ein Medienzugriffsverfahren erforderlich!

Zum Anschluss der Geräte können 1:1-Leitungen verwendet werden da die Pärchen an den X-Ports gedreht werden.

Zur Verbindung mit anderen Hubs gibt es die so genannten Uplink-Ports. An diesen Ports werden die Pärchen nicht gedreht.

## Topologiebeispiel: Punkt zu Punkt



Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

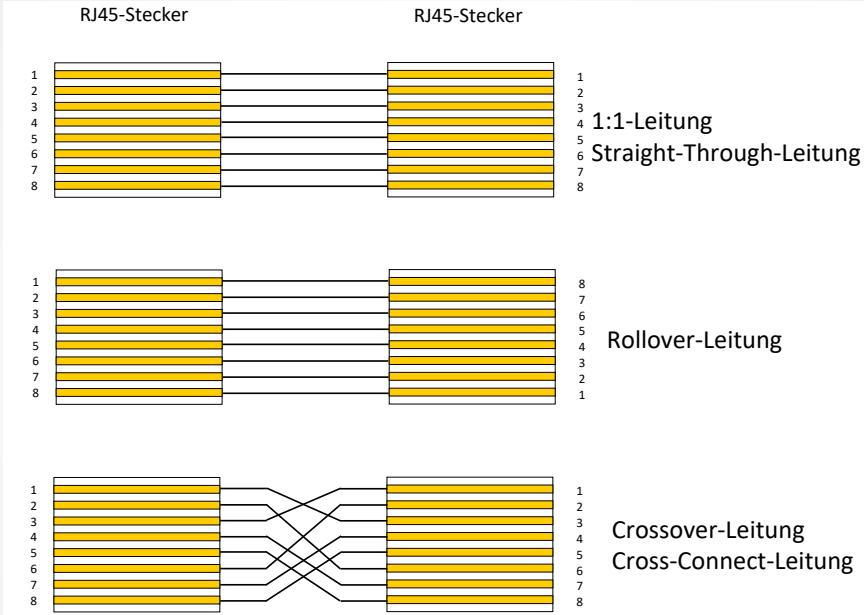
Folie: 18:75

Zwei Geräte können über eine Crossover-Leitung miteinander verbunden werden.

Endgeräte haben einen Anschluss ohne X  
Hubs und Switches haben Ports mit X.  
Damit können immer 1:1-Leitungen verwendet werden

X = 1,2 → 3,6 / 3,6 → 1,2

## Wiremap



Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 19:75

Zusammenfassend kann man bei den kupferbasierten Leitungen 3 unterschiedliche Wiremaps vorfinden:

### **Straight-Through oder 1:1 (eins-zu-eins)**

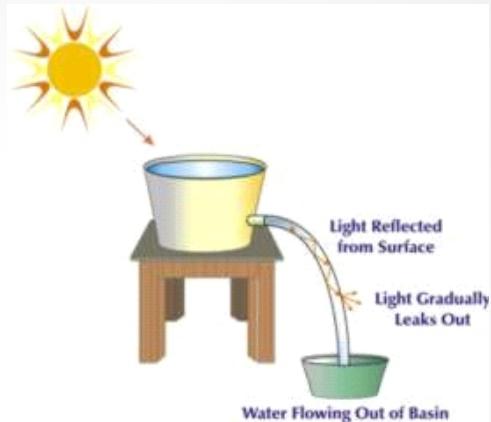
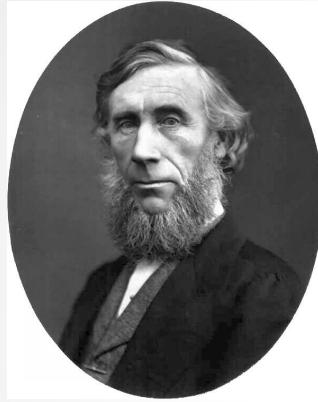
Dabei wird die die Pins gleicher Nummerierung miteinander verbunden.

### **Rollover**

Dabei wird der Pin 1 mit dem Pin 8 der Pin 2 mit dem Pin 7 usw. miteinander verbunden. Dies wurde bei den seriellen Consolen-Verbindungen von Cisco und anderen Herstellern genutzt.

### **Crossover**

Dabei werden die Ethernet-Pins der Ausgänge mit denen der Eingänge verbunden



John Tyndall (1820-1893) machte **1870** ein Experiment bei dem Licht in einem Wasserstrahl als Übertragungsmedium geleitet wurden.  
Die Lichtquelle war dabei die Sonne.

**1970** stellte Corning Glass Works (USA) und Nippon Electric Co. (NEC Japan) die ersten brauchbaren Glasfasern mit Dämpfungswerten von 20 dB/km her.  
Diese Glasfasern arbeiteten alle noch im ersten Fenster bei 850nm

Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

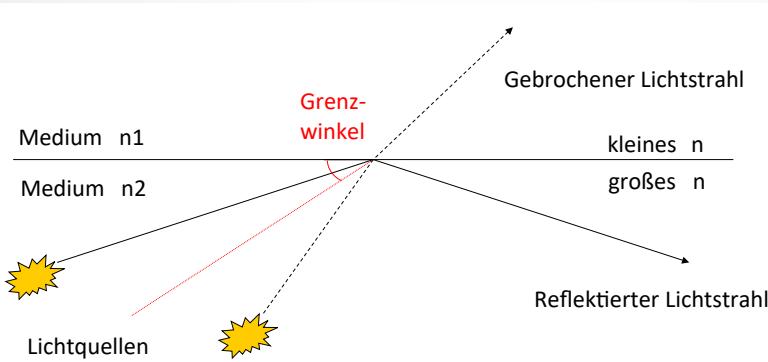
Folie: 20:75

John Tyndall 1870 erste bekannte Experimente mit Lichtbrechung und Reflexion

1970 erste brauchbare Glasfasern

# LWL Grundlagen

Die Grundlage für die Datenübertragung mit Licht, beruhen auf der Lichtbrechung, sowie der Reflexion von Licht.  
In optisch dichteren Medien bewegt sich das Licht langsamer, als in optisch dünnen Medien.



Aus den verschiedenen Geschwindigkeiten der lichtdurchlässigen Medien (  $v$  ) verglichen mit der Ausbreitungsgeschwindigkeit im Vakuum (  $c$  ) ergibt sich die Brechzahl (  $n$  ).

$$n = c / v$$

Stand: 25.10.2022

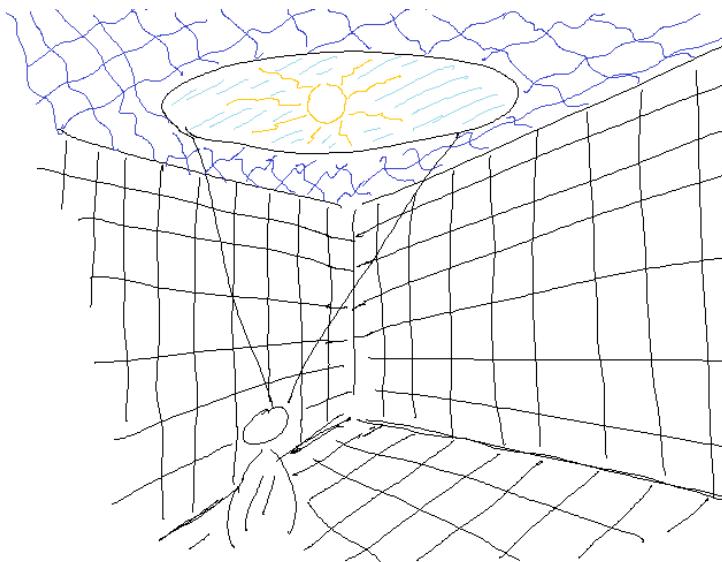
Netztechnik Teil-5

Folie: 21:75

Der Grenzwinkel (Zwischen Brechung und Reflexion) ist abhängig von den Materialien: (Beispiele)

Wasser – Luft:	ca. 48°
Glas-Luft:	ca 42°
Diamant-Luft:	ca. 24°
Glas-Wasser:	ca 63°

Auf dem Grund eines Schwimmbeckens  
Sieht man den Himmel → Brechung  
Sieht man die Fliesen von Wand und Boden → Reflexion  
Wird bei LWL angewandt



# LWL

## Vorteile / Nachteile

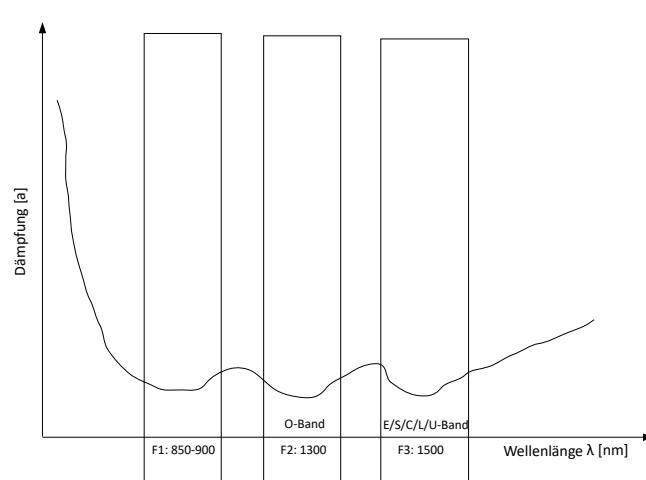
### **Vorteile der Lichtwellenleiter gegenüber Kupferkabel**

- Lichtwellenleiter können beliebig mit anderen Versorgungsleitungen parallel verlegt werden.  
Es wirken keine elektromagnetischen Störeinflüsse.
- Wegen der optischen Übertragung existieren keine elektrischen Potentialprobleme.
- Entfernungsbedingte Verluste durch Induktivitäten, Kapazitäten und Widerständen treten nicht auf.
- Nahezu Frequenz-unabhängige Leitungsdämpfung der Signale.
- Übertragungsgraten sind durch mehrere Trägerwellen mit unterschiedlichen Wellenlängen (Farbspektrum) fast unbegrenzt erhöhbar.
- Lichtwellenleiter haben eine erheblich geringere Dämpfung und eignen sich somit für weite Strecken.

### **Nachteile der Lichtwellenleiter gegenüber Kupferkabel**

- Teurer als Kupferleitungen. Die Kosten für Material und der Aufwand bei der Montage sind höher.
- Lichtimpulse lassen sich nicht zwischenspeichern. Wegen fehlender optischer Signalspeicher und Verarbeitungselementen muss eine aufwendige optisch/elektrisch und elektrisch/optische Signalumwandlung statt finden.

## LWL-Fenster Wellenlängen-Fenster / -bänder



**F1:**  
Von IEEE wurde im F1-Fenster (850 nm) festgelegt, dass Gigabit-Ethernet übertragen wird.

**F2:**  
O-Band Original-Band 1260-1360 nm

**F3:**  
E-Band Enhanced-Band 1360-1460 nm  
S-Band Shortwave-Band 1460-1530 nm  
C-Band Conventional-Band 1530-1565 nm  
L-Band Longwave-Band 1565-1625 nm  
U-Band Ultra-Longwave-Band 1625-1675 nm

Stand: 25.10.2022

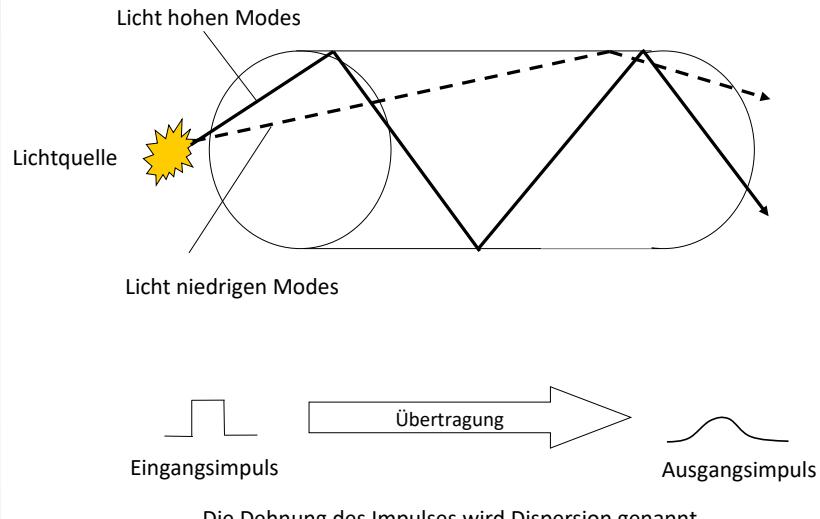
Netztechnik Teil-5

Folie: 23:75

Fenster, bei denen Licht mit geringer Dämpfung übertragen werden kann.

Aufgeteilt in Bänder

## LWL Moden / Dispersion



Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 24:75

Lichtquelle kann unter unterschiedlichen Winkeln unterschiedliche Lichtstrahlen (Moden) aussenden.

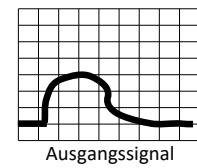
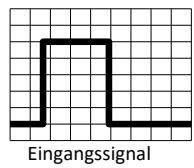
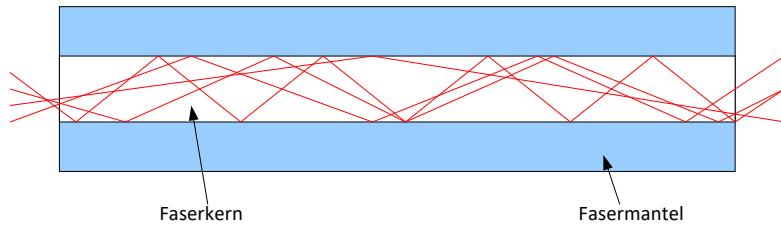
Unterschiedliche Moden haben unterschiedliche Laufzeiten.

Dadurch wird ein Lichtimpuls am anderen Ende zeitlich gedehnt ankommen und nicht mehr die ursprüngliche Rechteckform haben sondern die Form einer Glockenkurve

→ Dispersion

Je länger ein LWL desto größer der Dispersionseffekt.

## LWL Multimode-Fasern



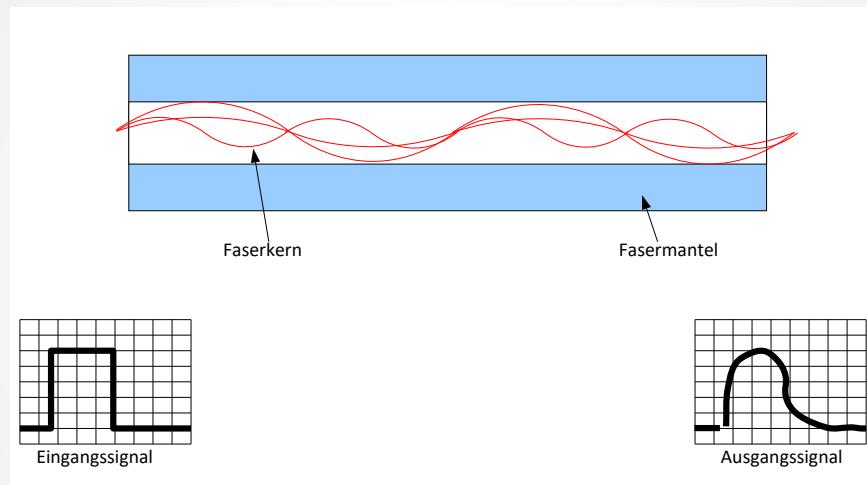
Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 25:75

Multimode-Fasern waren erster Versuch mit LWL  
→ Hohe Dispersion

## LWL Gradientenfaser



Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 26:75

Bei der Gradientenfaser wird ein Lichtstrahl kontinuierlich in Richtung Faserachse durch Reflexion gebogen.

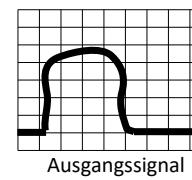
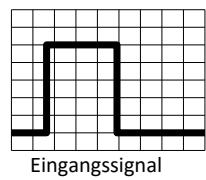
Dadurch Verbesserung der Dispersion.

Ist stand der Technik:

50 µm/125µm in Europa weit verbreitet (besser)

62,5 µm/125µm in Amerika weit verbreitet

## LWL Monomode- / Single-Mode-Fasern



Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

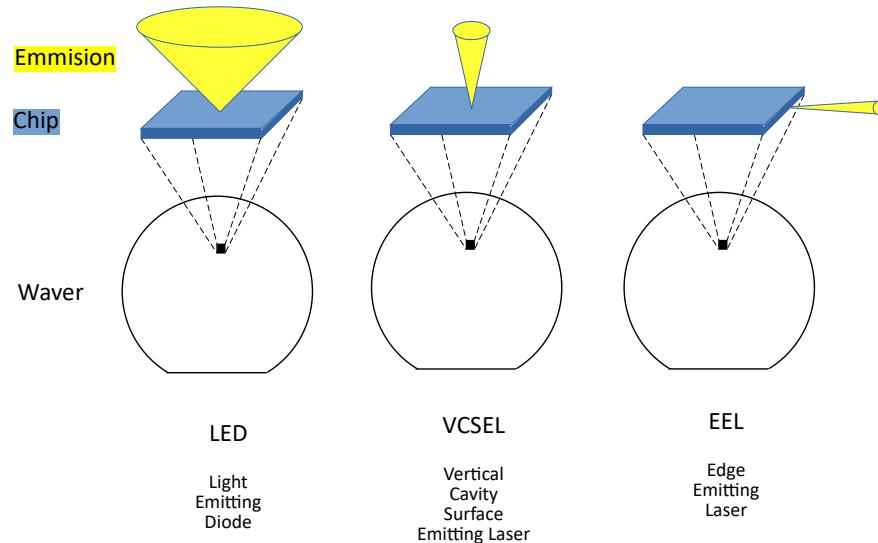
Folie: 27:75

Weitere Verbesserung durch Single-Mode- / Mono-Mode-Fasern

Reduzierung der Dispersion durch Reduzierung auf einen Mode.

$9\mu\text{m}/125\mu\text{m}$

## LWL Lichtquellen



Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 28:75

3 mögliche Lihtquellen:

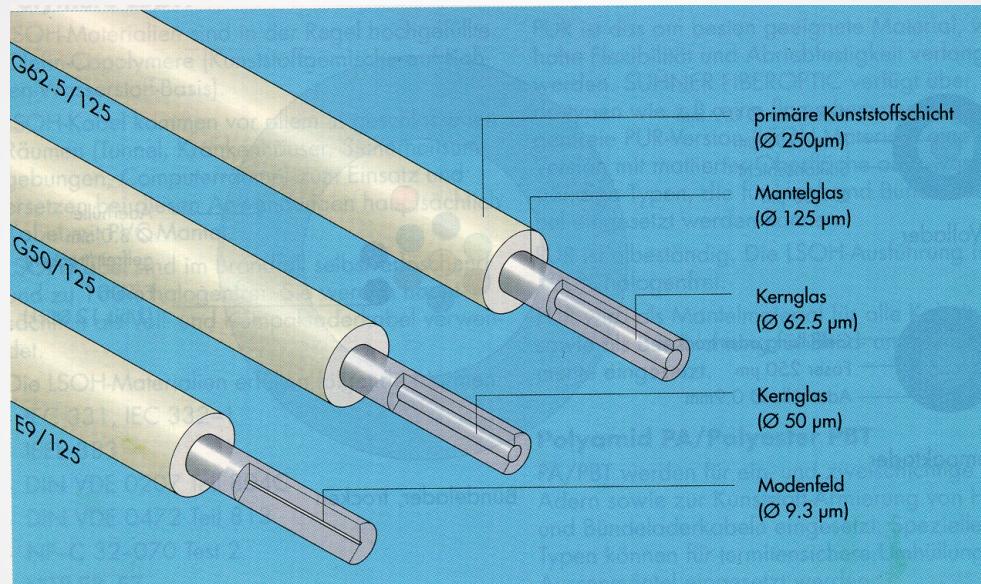
**LED (Light Emitting Diode)** Billig Einsatz bei 850nm

**VCSEL (Vertical Cavitia Surface Emitting Laser)** **Kompromiss**

**LASER** Teuer. Einsatz bei Monomode-Fasern 1300nm und 1500 nm

Anwendung in unterschiedlichen Fenstern mit unterschiedlicher Reichweite

## LWL Leitungsübersicht



Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 29:75

## Fasertypen Zusammenfassung

Kate-gorie	Farbcode		Fasertyp	Dämpfung [dB /km]			
				Wellenlänge	850 nm	1310 n m	1383 n m
<b>Multimodefasern</b>							
OM1	orange	grau	G62,5/125				
OM2	orange		G50/125	3,5	1,5	n.a.	n.a.
OM3	aqua		G50/125				
OM4	violett	aqua	G50/125	3,0	1,5	n.a.	n.a.
OM5	lime		G50/125				
<b>Monomodefasern (Single-Mode-Fasern)</b>							
OS1			E9/125	n.a.	1,0	n.a.	1,0
OS2	gelb				0,4		

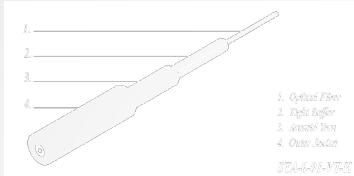
Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

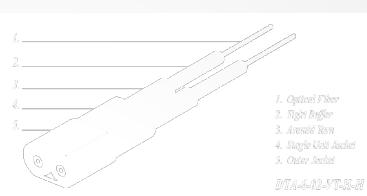
Folie: 30:75

**OM (Optical Multimode) 1 – 5 : Multimode-Fasern**  
**SM 1 - 2: Single-Mode-Fasern**

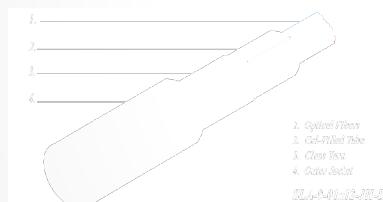
## LWL-Lieferformen



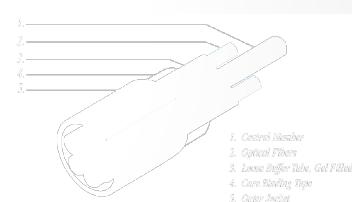
Simplex-Kabel



Duplex-Kabel



Breakout-Kabel



Bündelader-Kabel

Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 31:75

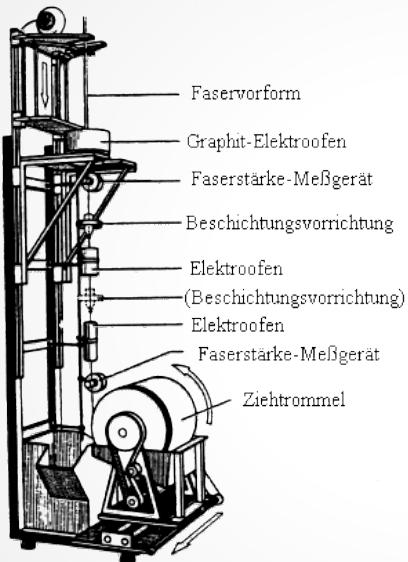
Simplex und Duplex-Leitungen werden im Patchfeld im RZ verwendet

Breakout-Leitungen werden bei Verlegungen zwischen Stockwerken (z. B. Sekundärverkabelung)

Bündelader-Leitungen werden als Leerrohre im Straßenbau und bei längeren Distanzen eingesetzt.

Fasern werden im Bedarfsfall eingeblasen.

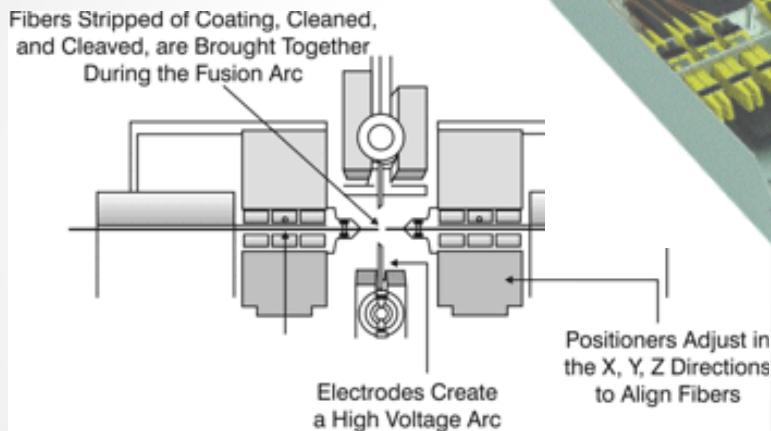
## LWL Herstellung



Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 32:75



Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 33:75

Aufwändige Bearbeitung wenn Fasern verlängert werden sollen.

→ Spleißtechnik:

1. Ausrichtung in 3 Ebenen.
2. Verschweißen mit Laserstrahl

Spleiße werden in einem o genannten Kamm mechanisch fixiert und geschützt

## LWL- Test



Quelle:  
Nettest Inc.

Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 34:75

## LWL- Linklänge in Abhängigkeit vom Standard und Fasertyp

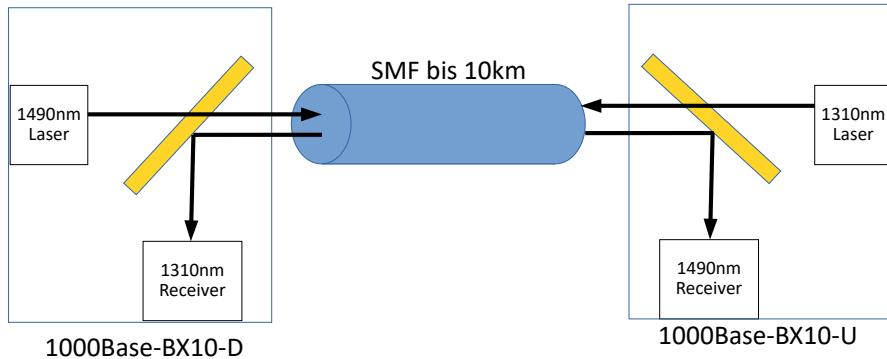
Standard	FaserTyp	Kerndurchmesser	Maximale Länge
1000BASE-SX	Multimode	62,5 µm	260 m
1000BASE-SX	Multimode	50 µm	525 m
1000BASE-LX	Multimode	62,5 µm	550 m
1000BASE-LX	Multimode	50 µm	550 m
1000BASE-LX	Singlemode	9 µm	5000 m
10GBASE-EW	Singlemode	9 µm	40 km (WAN)
10GBASE-ER	Singlemode	9 µm	40 km (LAN)
10GBASE-LW	Singlemode	9 µm	10 km (WAN)
10GBASE-LR	Singlemode	9 µm	10 km (LAN)
10GBASE-LX4	Multimode	50 µm	300m (LAN)
10GBASE-LX4	Singlemode	9 µm	10 km (LAN)
10GBASE-SW	Multimode	50 µm	65 m (WAN)
10GBASE-SR	Multimode	50 µm	65 m (LAN)

Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 35:75

## LWL- Single-Strand (Einzelfaser-Verbindung)



Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

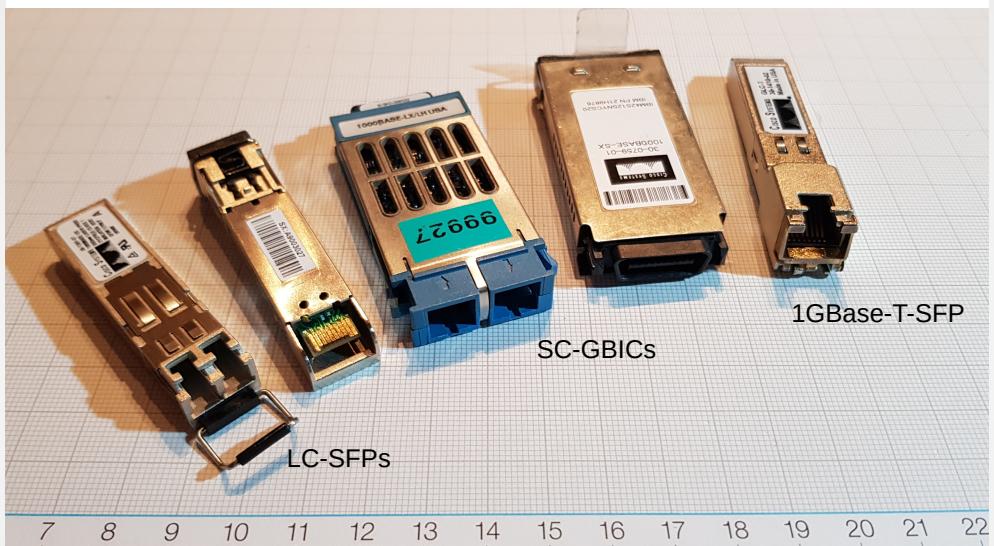
Folie: 36:75

Sonderfall falls nur eine Single-Mode-Faser bis zu 10km zur Verfügung Steht.

Dabei werden zwei unterschiedliche SPF's paarweise eingesetzt.

- 1000Base-BX10-D sendet mit 1490nm und empfängt mit 1310nm.
- 1000Base-BX10-U sendet mit 1310nm und empfängt mit 1490nm.

## GBICs und SFPs



Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 37:75

## LWL- Transceiver-Module

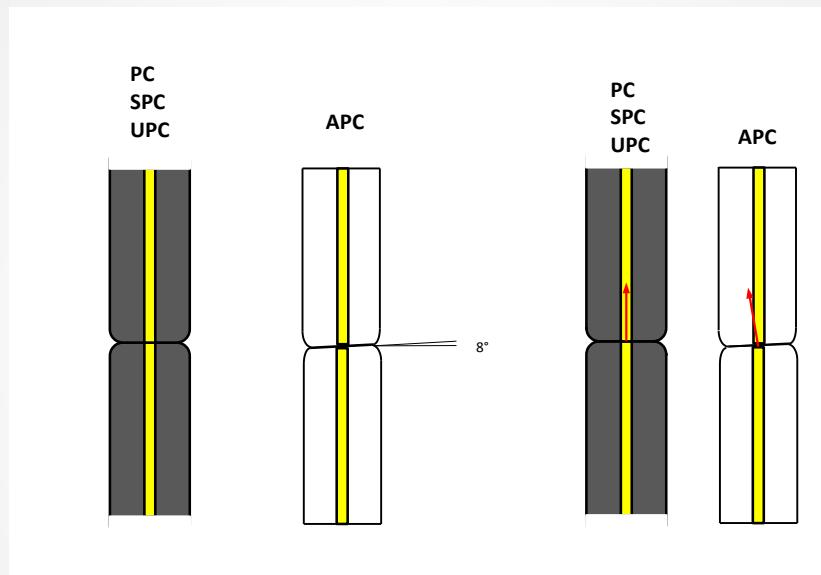
Kurzbezeichnung	Bezeichnung	Verwendung	Hinweis
GBIC	Gigabit Interface Converter	1Gbps	
SFP	Small-Form-Factor-Pluggable	1Gbps	
QSFP	Quad Small Form-factor Pluggable	4Gbps	
SFP+	Enhanced Small Form-factor Pluggable	Max. 16Gbps 10Gbps (Ethernet) 4/16Gbps (FC)	
XFP		10Gbps	Wie SFP aufgebaut, jedoch größer und für 10Gbps
XENPAK		10Gbps	
X2		10Gbps	Nachfolger von XENPAK
QSFP+	Enhanced Quad Small Form-factor Pluggable	40Gbps	
SFP28	Small Form-factor Pluggable 28	25Gbps	

Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 38:75

## LWL- Steckerbauformen



Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 39:75

## ST-Stecker



ST-  
Stecker



FSMA-Stecker



SC-Stecker



FC-Stecker



LC-Stecker



E2000-Stecker



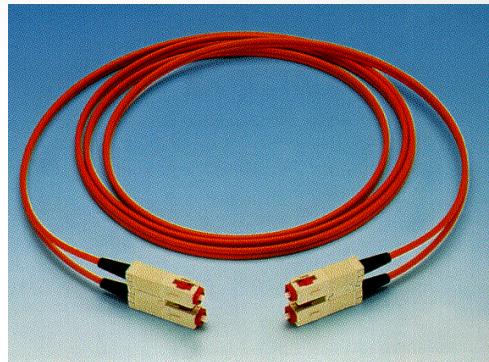
MTRJ-Stecker

(noch)  
aktuell

## LWL Verbindungen

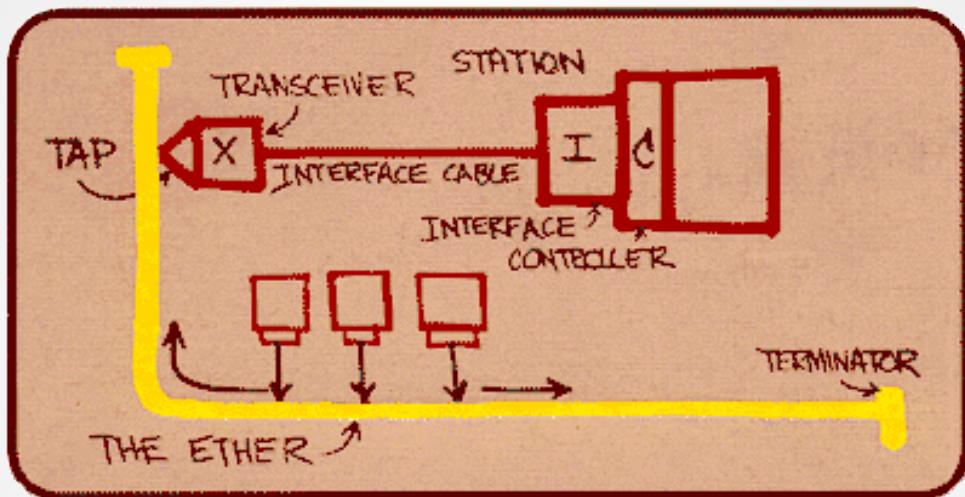


Pigtail



OM1/2 – Patchleitung  
mit Duplex-SC-Steckern

# Ethernet



Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 42:75

In der Folie ist die älteste noch erhaltene Darstellung von Ethernet dargestellt.

Im Bild ist das gelbe (Yellow-Cable) als „THE ETHER“ mit seinen Abschlusswiderständen (TERMINATOR) dargestellt.

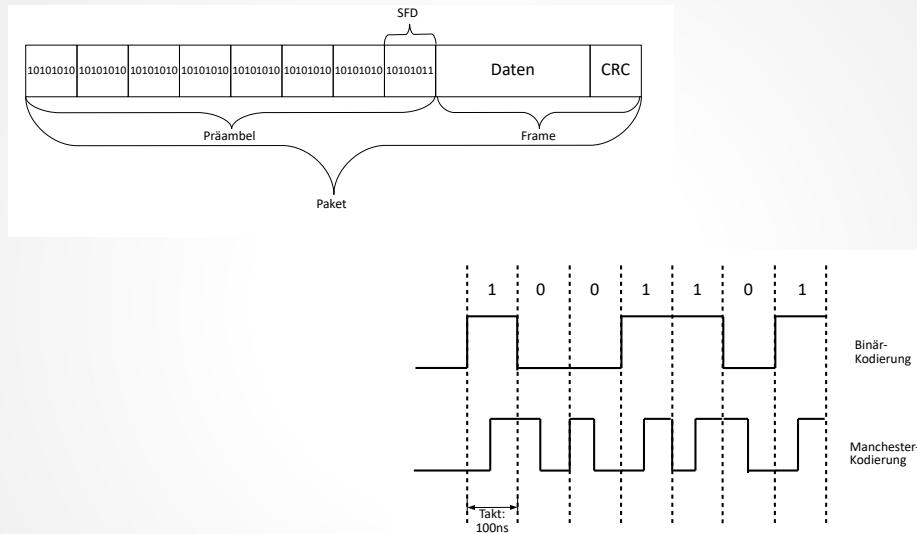
Mit einer Anzapfung (TAP) konnte eine Station, die einen Controller mit Interface eingebaut hatte, mittels des INTERFACE CABLE auf das Medium zugreifen.

Da es sich bei dieser Realisierung um ein Bus-System handelt teilen sich alle Stationen gleichberechtigt das Medium.

Um auf das Medium zuzugreifen müssen sich die Stationen mit einem Medien-Zugriffsverfahren koordinieren.

Die Ursprünge dazu liegen in einem Funk-Netzwerk der Universität Hawaii. Dort war mit dem Aloha-Netzwerk bereits die Grundlagen für das Zugriffsverfahren CSMA gegeben.

# Paketaufbau und Kodierung



Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 43:75

Die auf Ebene 1 übertragene Einheit wird **Paket** genannt. (Nicht zu verwechseln mit einem **Paket** auf Ebene 3).

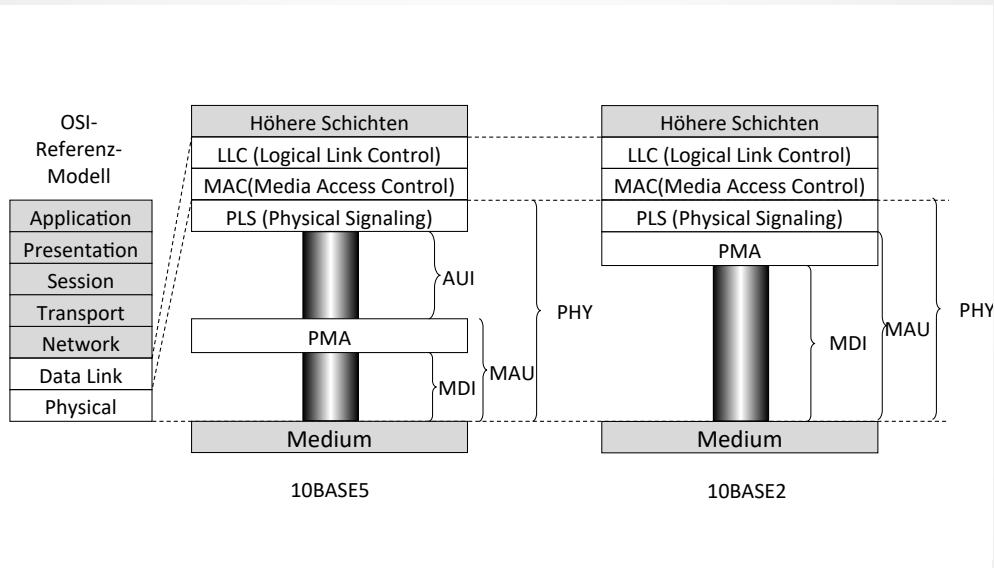
Auf Ebene 1 wird den Daten eine **Präambel** als Header vorangestellt. Der Header dient dazu die Taktrückgewinnung zu ermöglichen deshalb werden 7 Bytes mit der Bitfolge 10101010 übertragen.

Um zu erkennen, dass der Header zu Ende ist und die Daten beginnen, wird am Ende des Headers der so genannte Start-Frame-Delimiter (SFD) mit einer Bitfolge von 10101011 übertragen. Im Vergleich zu einem Präambel-Byte hat sich am Ende hier nur ein Bit geändert.

Danach werden die Daten der Ebene 2 übertragen. Dieser Teil wird **Frame** (Rahmen) genannt.

Als Leitungscodierung verwendet 10Mbps-Ethernet die **Manchester-Codierung**. Um 10Mbps zu übertragen wird ein Takt von 100ns benötigt. Bei der Manchester-Codierung wird eine 1 durch eine steigende Flanke in der Taktmitte dargestellt. Eine 0 wird durch eine fallende Flanke in der Taktmitte dargestellt.

## Einbettung von Ethernet in das ISO / OSI-7-Referenz-Modell



Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 44:75

Die Folie zeigt die Einbettung von Ethernet in das OSI-Referenz-Modell der ISO.

Ethernet hat eine Auswirkung auf die erste und zweite Schicht.

Subschichten:

Die **LLC** (Logical-Link-Control) Ebene bietet eine Adressierung mittels DSAP (Destination Service Access Point) und SSAP (Source Service Access Point). Damit können auf einem System mehrere Applikationen adressiert werden.

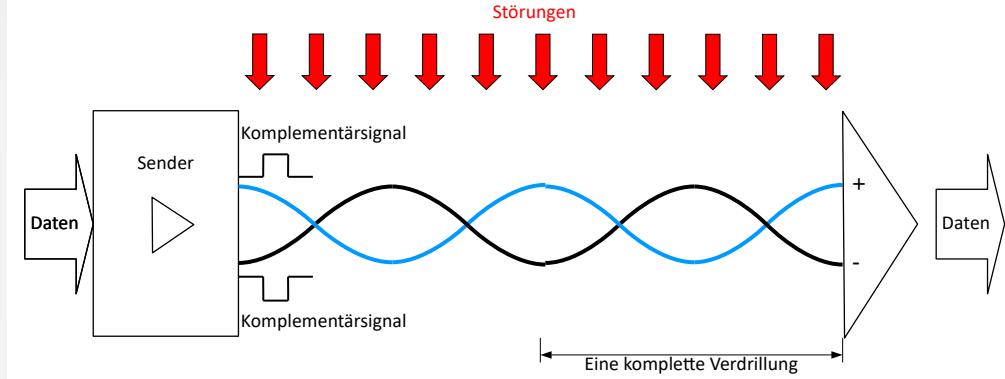
Die **MAC**-Ebene bietet eine Adressierung mittels MAC-Adressen und handelt das Medien-Zugriffsverfahren (CSMA/CD) und die Bearbeitung der Prüfsumme mit der Frame-Check-Sequence (FCS ab).

Die Ebene der Physical Line Signaling (**PLS**) ermittelt den Zustand der Leitung (Belegt, Frei, Kollision, ...) und dient damit der Bearbeitung des Medien-Zugriffs Verfahrens.

Die Physical Medium Attachment (**PMA**) Ebene stellt die eigentliche Hardware Schnittstelle auf das Medium dar. Hier wird der Medium-spezifische Anschluss bewerkstelligt.

Die Physikalische Ebene (Ebene 1) wird oft als **PHY** abgekürzt. Die Hardware, um auf das Medium zuzugreifen wird Media Attachment Unit (**MAU**) genannt. Der Stecker/ die Buchse mit dem/der auf das Medium zugegriffen wird, ist die Media Dependent Interface (**MDI**) = Medium abhängige Schnittstelle.

## 10 Mbps-Ethernet mit Twisted-Pair-Leitungen



Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 45:75

Twisted-Pair-Leitungen gehören zu den symmetrischen Leitungen.  
(Bezogen auf das Potential Erde wird auf jeden Draht ein Signal mit umgekehrter Polarität gelegt)

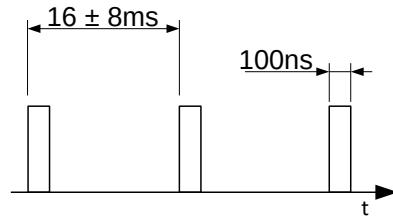
Das gesendete Komplementärsignal hat auf dem ersten Draht die Pegel von 0V – +2,8V – 0V.

Auf dem zweiten Draht werden komplementär dazu die Pegel 0V - -2,8V – 0V angelegt.

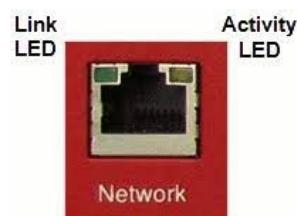
Über eine komplett Verdrillung wirken Störungen von außerhalb des Paares von jeder Seite einmal und heben sich dadurch auf.

$$((+ \text{ Nutzsignal}) + (+ \text{ Störsignal})) - ((- \text{ Nutzsignal}) + (+ \text{ Störsignal})) \\ = 2 * \text{ Nutzsignal}$$

## Normal Link Pulse (NLP) Link Integrity Test (LIT)



Sicherstellung der physikalischen Verbindung mit dem so genannte Normal Link Puls (NLP).



Auf der Hardware wird beim Link Integrity Test (LIT) die Link-LED angesteuert.

Stand: 25.10.2022

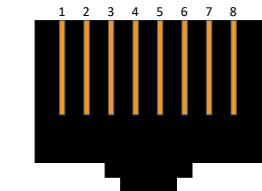
Netztechnik Teil-5

Folie: 46:75

Zur Überprüfung der physikalischen Verbindung wird bei 10Mbps alle 16ms der so genannte Normal Link Puls (NLP) mit der Dauer von 100ns gesendet.

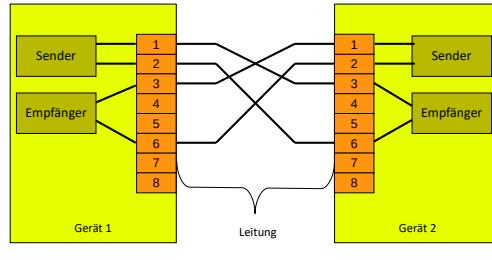
Wird der NLP regelmäßig empfangen kann der Link Integrity Test (LIT) der physikalischen Schnittstelle die Link-LED ansteuern um anzugeben, dass die Verbindung physikalisch in Ordnung ist.

# Aufbau der TP-Schnittstelle

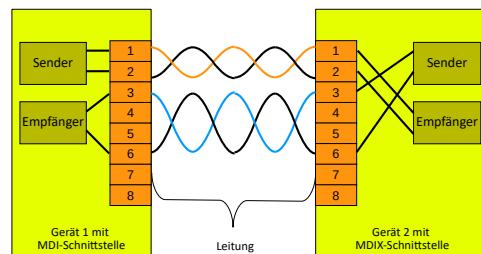


Pin-belegung der RJ45-Buchse (RJ48C-8P8C)

Pin	Belegung
1	TD+ (Datenausgang)
2	TD- (Datenausgang)
3	RD+ (Dateneingang)
4	Bei 10Base-T nicht belegt
5	Bei 10Base-T nicht belegt
6	RD- (Dateneingang)
7	Bei 10Base-T nicht belegt
8	Bei 10Base-T nicht belegt



Crossover-Leitung



Straight-Through-Verbindung  
(1:1-Verbindung)

Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 47/75

Der RJ45-Stecker hat bei 10 Mbps und 100 Mbps vier angeschlossene Drähte. Jeweils 2 Drähte in eine Richtung.

Die Beschaltung der Ethernet-Schnittstelle ist auf allen End-Geräten (PCs, Notebooks, Drucker, Router) gleich. Das Senden erfolgt auf Pin 1 und 2, das Empfangen auf Pin 3 und 6. (MDI-Beschaltung)

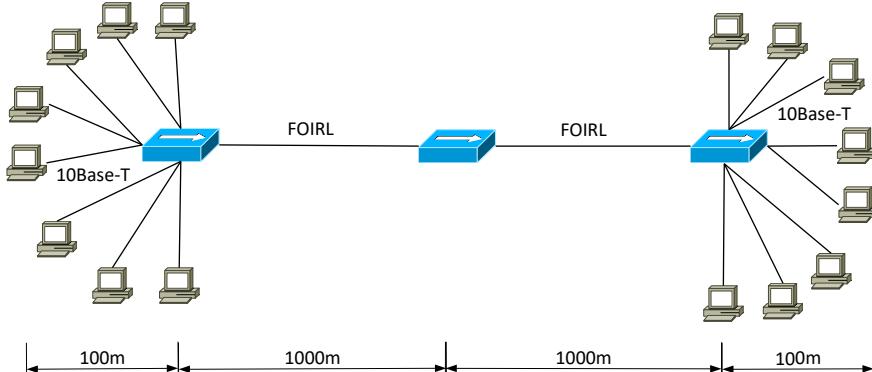
Damit der Sender des Geräts 1 mit dem Empfänger des Geräts 2 verbunden werden kann, müssen die Drähte in den Steckern mit den entsprechenden Pins verbunden werden.

(Z. B .Pin 1 auf Gerät 1 mit dem Pin 3 auf dem Gerät 2)

Dies ist bei der Konfektionierung der Leitungen (Aufkrimpen der Stecker auf die Leitungen) eine aufwändige Angelegenheit.

Um den Konfektionsaufwand etwas zu minimieren gibt es Leitungen bei denen z. B. der Pin 1 immer mit dem Pin 1 auf der anderen Seite verbunden ist. Das funktioniert jedoch nur wenn in den Netzwerk-Geräten (Hubs oder Switches) die Beschaltung entsprechend korrigiert wird. Deshalb haben die Ports bei Switches oder Hubs die Bezeichnung MDI-X, was darauf hindeutet, dass die Verbindung von Sender mit Empfänger im Switch oder Hub durchgeführt wird.

# Optimierung mit LWL



Bei der Anwendung von Glasfasern entfallen einige Probleme.

- Galvanische Trennung
- Potentialprobleme
- Dämpfungsprobleme und damit Längenprobleme
- Sicherheit gegenüber Elektromagnetischen Störungen

Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 48/75

Um die nur kurzen Distanzen bei den Twisted-Pair-Verbindungen zu Erweitern, wurde LWL-Lösungen eingeführt

Es gibt mehrere Varianten von Glasfasern bei 10 Mbps:

FOIRL (Fibre Optic Inter Repeater Link)

Damit kann eine Verbindung zwischen zwei Reatern (Hubs) auf bis zu 1000 m vergrößert werden. Als Lichtquelle wurden LEDs mit einer Wellenlänge von 850 nm verwendet. Als Fasertyp kommt eine Gradienten Multimode Faser mit einem Durchmesser von 62,5/125 µm zum Einsatz.

10Base-FL

Diese Variante entspricht FOIRL mit dem Unterschied, dass die überbrückbare Distanz von 1000 m auf 2000 m anwächst.

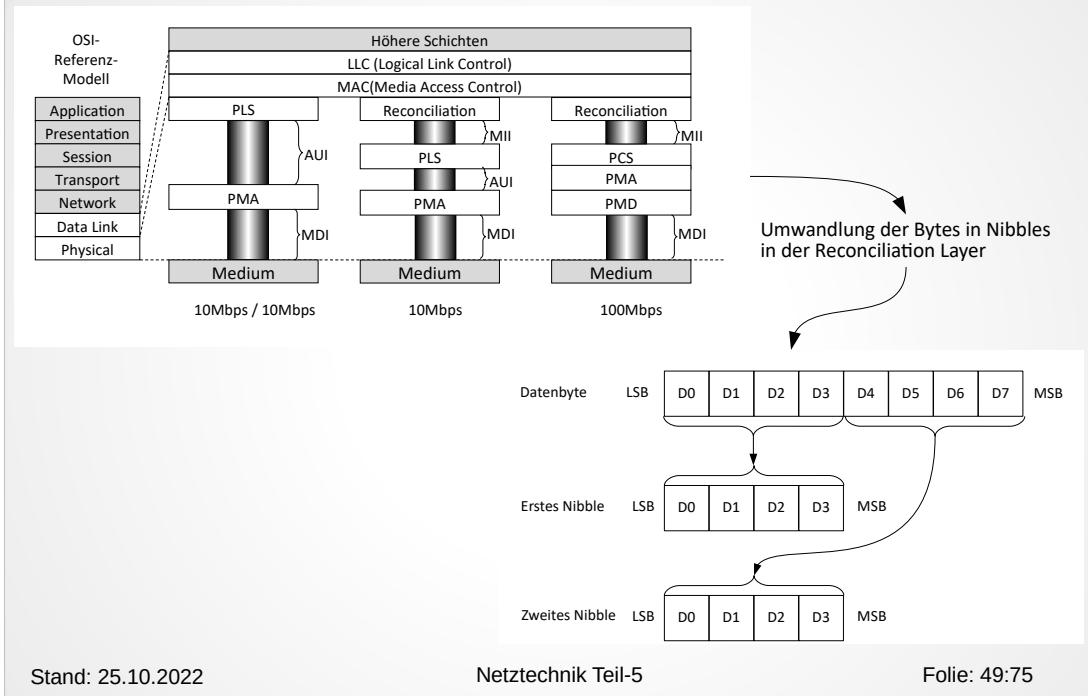
10Base-FB

Diese Lösung war für den Backbone-Einsatz gedacht. Es gibt Reichweiten bis zu 2000 m.

10Base-FP

Diese Lösung besteht aus passiven glasfaserbasierten Sternverteilern. Es wurden allerdings keine Produkte dazu auf den Markt gebracht..

## 100Mbps-Ethernet (Fast Ethernet) (IEEE802.3u)

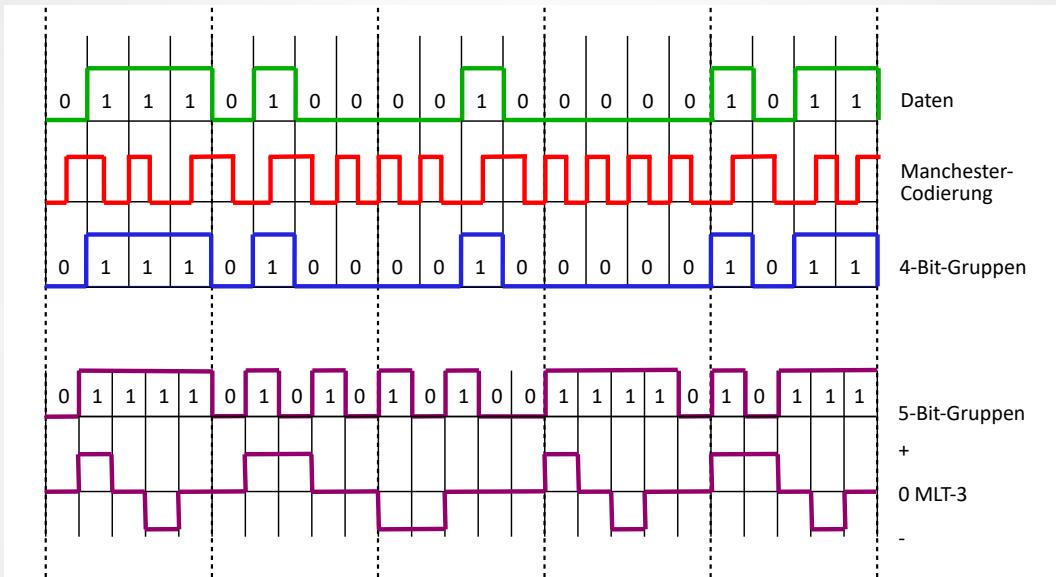


In der Reconciliation Layer wird die Anpassung an das neu erstellte Media Independent Interface (**MII**) durchgeführt. Damit wurde die AUI-Schnittstelle ersetzt. Im Falle eines Kommunikationspartners der nur 10 Mbps-Fähigkeiten besitzt, kann die PLS mit der MII verbunden werden. Darunter ist dann auch wieder eine AUI-Schnittstelle verfügbar.

Die Daten werden über die MII Schnittstelle mit 4 Bits (**Nibbles**) gemacht. Dafür müssen die Datenbytes in 4 Bit große Nibbles umgewandelt werden.

In der neu eingeführten Physical Coding Sublayer (PCS) wird eine 4B/5B-Codierung verwendet.

## Aufbereitung der Daten zu einem MLT3-Code



Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 50:75

Um die bei 10Base-T verwendeten Leitungen weiterhin auch mit 100 Mbps nutzen zu können, musste eine andere Codierung gewählt werden. Bei der bisherigen Manchester-Codierung hätte eine Frequenz von 100 MHZ auf der Leitung zur Folge gehabt. Von FDDI hat man die NRZI-Codierung übernommen. Dabei wird nur bei jeder 1 ein Pegelwechsel durchgeführt.

Dies hat allerdings den Nachteil, dass eine Taktrückgewinnung bei einer langen Null-Folge nicht mehr möglich ist. Deshalb ist dafür Sorge zu tragen, dass es keine langen Null-Folgen gibt. Dies wird erreicht, indem ein 4-Bit Nibble in ein 5-Bit-Symbol umgewandelt wird (siehe folgende Tabelle).

## Umwandlung: 4Bit-Nibble in 5Bit-Symbol

Codetyp	4B Code	Name	5B Symbole	Codetyp	4B Code	Name	5B Symbole
Daten	0000	0	11110	Quiet		Q	00000
Daten	0001	1	01001	Idle		I	11111
Daten	0010	2	10100	Start of Stream		J	11000
Daten	0011	3	10101	Start of Stream		K	10001
Daten	0100	4	01010	End of Stream		T	01101
Daten	0101	5	01011	Reset		R	00111
Daten	0110	6	01110	Set		S	11001
Daten	0111	7	01111	Halt		H	00100
Daten	1000	8	10010	Invalid			00001
Daten	1001	9	10011	Invalid			00010
Daten	1010	A	10110	Invalid			00011
Daten	1011	B	10111	Invalid			00101
Daten	1100	C	11010	Invalid			00110
Daten	1101	D	11011	Invalid			01000
Daten	1110	E	11100	Invalid			10000
Daten	1111	F	11101	Invalid			11001

The diagram illustrates the structure of a signal frame. It starts with a JK transition, followed by an Idle-Signal. The main payload begins with a Sync Sequence Detector (SSD) consisting of seven 4-bit patterns (10101010, 10101010, 10101010, 10101010, 10101010, 10101010, 10101011). This is followed by a bracket labeled "Präambel" (Preamble). The data payload is labeled "Daten". The frame concludes with a Transition Register (TR) and an Idle-Signal.

Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 51:75

Bei langen Nullfolgen wäre eine Taktrückgewinnung nicht möglich. Deshalb ist dafür Sorge zu tragen, dass es keinen langen Nullfolgen gibt. Das wird erreicht, indem aus einem 4-Bit-Nibble ein 5-Bit-Symbol gemacht wird.

Damit ist es auch möglich, neue Symbole zu codieren, was in der rechten Hälfte zu sehen ist. Es ist damit auch möglich Fehler zu erkennen da es auch ungültige Symbole gibt.

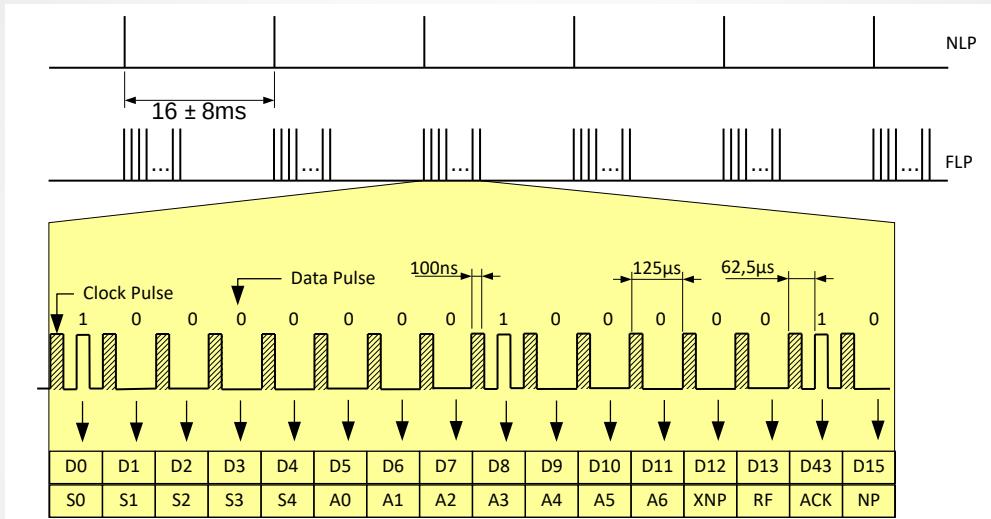
Bei 10Mbps wurden außer den NLPs keine Daten gesendet. Um bei 100Mbps eine Taktrückgewinnung zu ermöglichen werden so genannte IDLE-Symbole (11111) gesendet. Damit ist eine Taktrückgewinnung möglich.

Im Beginn einer Datenübertragung anzulegen wird die Symbolgruppe für Start-of-Stream (JK) gesendet.

Das Ende einer Datenübertragung wird mit der Symbolgruppe für End-of-Stream-Delimiter (ESD = TR) gekennzeichnet.

Zwischen den Datenübertragungen werden dann wieder IDLE-Symbole übertragen.

## Autonegotiation um 10Mbps oder 100Mbps zu erkennen



Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 52:75

Bei der Twisted-Pair-Kupfervariante gab es mit den NLPs (Normal Link Pulse) bei 10 Mbps eine Möglichkeit herauszufinden, ob der Link zustande gekommen ist.

Diese Funktionalität wurde erweitert um die Datenrate und den Duplexmode zwischen den Kommunikationspartnern anzupassen. Dazu wurden die NLPs zu den Fast Link Pulse (FLP) erweitert.

Alle  $16 \pm 8$  ms wird, wie bei den NLPs, eine Folge von 16 Clock-Pulsen innerhalb von 2 ms ( $16 * 125 \mu\text{s}$ ) gesendet.

Zwischen den Clock-Pulsen kann jeweils ein Bit Dateninformation mitgegeben werden (0 = kein Daten-Puls / 1 = Daten-Puls) Damit werden die 16 Datenbits eines Basic-Link-Codewortes (BLC) übertragen.

Die detaillierte Beschreibung der Felder erfolgt auf der nächsten Folie  
Die ersten 5 Bits (S0 – S4) bilden das Selektor-.Feld.

Daran anschließend folgen die 7 Bits (A0 – A6) des Ability-Feldes.

Es folgt ein Bit für den Extended-Next-Page (XNP)

Weiter folgt ein Remote-Fault-Bit (RF).

Daran anschließend gibt es ein Acknowledge-Bit (ACK)

Am Ende steht das Next-Page-Bit (NP)

# Aufbau des Basic-Link-Codeworts

S4	S3	S2	S1	S0	Selector-Beschreibung	Bit	Technologie
0	0	0	0	0	Reserviert für künftige Entwicklungen	A0	10Base-T
0	0	0	0	1	IEEE-802.3-Standard	A1	10Base-T Vollduplex
0	0	0	1	0	IEEE-802.9-Standard (zurückgezogen)	A2	100Base-TX
0	0	0	1	1	IEEE-802.5-Standard (zurückgezogen)	A3	100Base-TX Vollduplex
0	0	1	0	0	IEEE-1394-Standard	A4	100Base-T4
0	0	1	0	1	INCITS	A5	Pause Operation für Flow-Control
0	0	1	1	X	Reserviert für künftige Entwicklungen	A6	Asymmetrische Pause Operation für Flow Control
0	1	X	X	X	Reserviert für künftige Entwicklungen		
1	X	X	X	X	Reserviert für künftige Entwicklungen		

Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 53:75

Bei den Selektor-Bits ist nur noch 0,0,0,0,1 (S4,..,S0) für den IEEE802.3-Standard relevant. Alle anderen Bits sind noch reserviert oder zurückgezogen worden, weil der entsprechende Standard nicht mehr von Bedeutung ist.

Bei den Ability-Bits kann zwischen 10Mbps und 100Mbps sowie dem Full-Duplex-Betrieb oder dem Half-Duplex-Betrieb unterschieden werden.

Weiterhin kann mit dem Bits A5 eine Fluss-Steuerung durchgeführt werden. Das Bit A6 dient dazu die Fluss-Steuerung symmetrisch durchzuführen.

Priorität Modus

- 1 10GBase-T Vollduplex
- 2 1000Base-T Vollduplex
- 3 1000Base-T
- 4 100Base-T2 Vollduplex
- 5 100Base-TX Vollduplex
- 6 100Base-T2
- 7 100Base-T4
- 8 100Base-TX
- 9 10Base-T Vollduplex
- 10 10Base-T

Von den Geräten wird versucht die höchste Priorität (1) anzustreben. Gelingt dies nicht, wird eine Priorität darunter ausgehandelt. Als letzte Möglichkeit gilt 10Mbps im Half-Duplex-Betrieb.

## Ethernet Flow-Control bei 100Mbps

Präambel	SFD	Ziel-MAC-Adresse 01-08-C2-00-00-01	Quell-MAC-Adresse	Type 0x8808	MAC-Control Opcode=0x0001 2 Bytes	Pause Time 2 Bytes	Füller 44 Bytes	CRC 4 Bytes
----------	-----	---------------------------------------	-------------------	----------------	-----------------------------------------	-----------------------	--------------------	----------------

Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 54:75

Die Bits A5 und A6 des Ability-Feld bieten die Möglichkeit für die Steuerung des Datenstroms (Flow Control). Beim Auto-Negotiation-Ablauf wird mit den beiden Bits festgelegt, ob die Stationen die Funktion unterstützen.

Im Full duplex Mode, also bei Verbindungen, bei denen immer nur zwei Geräte miteinander kommunizieren, ist kein Zugriffsverfahren mehr notwendig und es kann vorkommen, dass ein Gerät mit der Abarbeitung der eingehenden Daten nicht mehr hinterherkommt. Mit der Einführung des Standards IEEE-802.3x gibt es die Möglichkeit den Sender aufzufordern mit dem Sender zu warten. Dazu wird ein spezieller Pause-Frame an den Sender gesendet. Er hat als Inhalt den Wert 0x8808 im Type-Feld eingetragen. Im Pause-Frame ist die Wartezeit hinterlegt, die der Sender einlegen muss. Nach Ablauf der Pausezeit (Pause Time) sendet der Sender wieder Daten. Kommt es wieder zu einer Überlastung, kann der Ablauf wiederholt werden.

Der Pause-Frame hat einen speziellen Aufbau bei dem als Ziel-MAC-Adresse immer 01-08-C2-00-00-01 an gegeben wird. Das ist eine Multicast-Adresse die von Switches gefiltert, also nicht weiter geleitet wird. Damit bleibt dieser Frame immer in der Verbindung, die gedrosselt werden soll.

Im 2 Byte großen MAC-Control-Opcode ist der Code 0x0001 hinterlegt, was darauf hinweist, dass das nächste 2 Byte große Feld die Pausezeit beinhaltet. Mit den zwei Bytes können Werte zwischen 0 und 65635 als das Vielfache der Slot-Time darstellt.

Beim Flow-Control-Verfahren gibt es zwei Varianten. Wird von beiden Seiten Flow-Control unterstützt spricht man von symmetrischem Flow-Control. Beim asymmetrischen Flow-Control sendet nur eine Seite Pause Frames. Die andere Seite wertet die Frames aus und wartet mit dem Senden der Daten.

# 100Mbps mit LWL

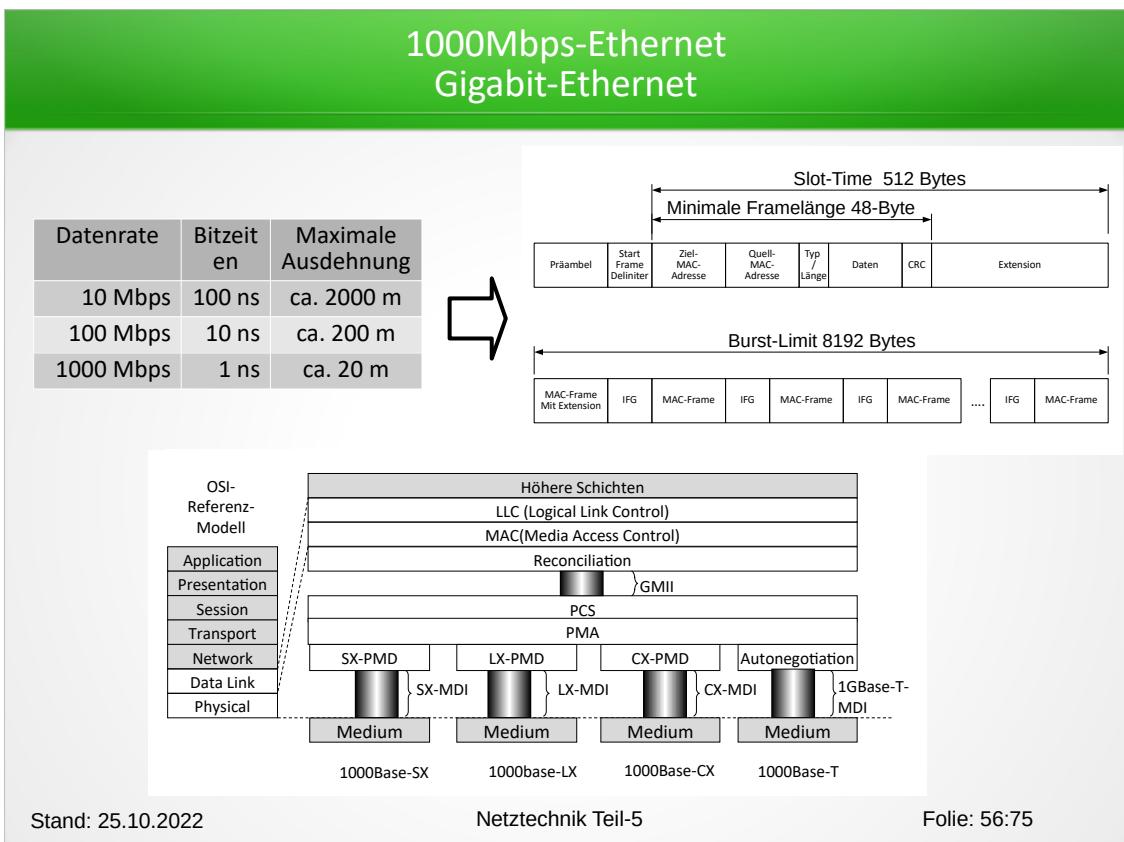
## **100BaseFX für kurze Distanzen**

Bei den LWL-Varianten können nur feste Datenraten verwendet werden.  
Damit gibt es keine Abwärts-kompatibilität.  
Hier können Distanzen von bis zu 412m erreicht werden.  
Dabei wird im Vollduplex Modus gearbeitet.  
Als Übertragungsmedium werden Gradienten-Multimode-Fasern mit den Durchmessern 62,5/125 µm und 50/125µm.  
Als Lichtquelle werden LEDs mit einer Wellenlänge von 1300nm verwendet.  
Die Datenübertragung wird mit einem NRZI-Code durchgeführt.

## **100Base-FX für große Distanzen**

Es gibt noch eine LWL-Variante für Distanzen von bis zu 15km.  
Dazu wird einen Singlemode-Stufenindex-Faser mit 9/125 µm und  
eine Laserdiode mit einer Wellenlänge von 130nm verwendet.

## 1000Mbps-Ethernet Gigabit-Ethernet



Um die Erfolgsgeschichte von Ethernet fortzuschreiben wurde den Entwicklern vorgegeben, dass 1000Mbps-Ethernet abwärtskompatibel sein sollte. Damit wollte man sicherstellen, dass Geräte die nur mit einer Datenrate von 10Mbps oder 100Mbps arbeiten konnten, weiter auch an Netzwerken angeschlossen werden konnten, die 1000Mbps übertrugen.

Bei der Verwendung des Zugriffsverfahrens CSMA/CD ist die maximale Ausdehnung abhängig von den so genannten Bitzeiten um Kollisionen sicher zu erkennen. Je größer die Datenrate ist, desto kürzer ist die Zeit um ein Bit zu übertragen. Damit wird die maximale Ausdehnung eines Segmentes ebenso kürzer. Bei 1000Mbps wäre folglich die maximale Segmentlänge nur noch 20m.

Da die bisher verwendeten Segmentlängen bei Twisted-Pair-Leitungen 100m waren, sollte das von den Entwicklern beibehalten werden.

Als Lösung wurde die minimale Framegröße von 48 Bytes auf 512 Bytes vergrößert. Durch diese Frame-Extension konnte die Länge von 100m wieder eingehalten werden. Allerdings musste im schlimmsten Fall, um ein Bit zu übertragen, ein Frame mit 512Byte aufgebaut und übertragen werden, was auch nicht besonders performant ist. Um die Problematik zu mildern wurde das so genannten Frame-Bursting eingeführt. Dabei wird der erste Frame mit Extension gesendet. Die folgenden Frames werden nach einem IFG ohne Frame-Extension gesendet. Damit eine Station nicht zu lange sendet, wurde das Frame-Burst-Limit auf  $65536 = 8192$  Bytes gesetzt. Damit lassen sich maximal 6 Frames mit maximaler Größe senden.

CSMA/CD wurde für 1000Mbps-Ethernet definiert jedoch wurden kaum Hubs mit dieser Datenübertragungsrate hergestellt. Zusätzlich wurden Hubs zunehmend durch Switches ersetzt und damit wurde CSMA/CD und somit auch die Frame-Extension zum Teil der Geschichte.

Realisiert wurden 2 LWL-Varianten und 2 Kupfervarianten

## 8B/10B-Codierung

Code Group Name	Octet Wert	Octet Bits HGF EDCBA	Current RD - abcdei fghj	Current RD + abcdei fghj
D0.0	00	0 0 0 0 0 0 0 0	100111 0100	011000 1011
D1.0	01	0 0 0 0 0 0 0 1	011101 0100	100010 1011
D2.0	02	0 0 0 0 0 0 1 0	101101 0100	010010 1011
D3.0	03	0 0 0 0 0 0 1 1	110001 1011	001110 0100
D4.0	04	0 0 0 0 0 1 0 0	110101 0100	001010 1011
D5.0	05	0 0 0 0 0 1 0 1	101001 1011	010110 0100
D6.0	06	0 0 0 0 0 1 1 0	011001 1011	100110 0100
D7.0	07	0 0 0 0 0 1 1 1	111000 1011	000111 0100
D8.0	08	0 0 0 0 1 0 0 0	111001 0100	000110 1011
D9.0	09	0 0 0 0 1 0 0 1	100101 1011	011010 0100
D10.0	0A	0 0 0 0 1 0 1 0	010101 1011	101010 0100
D11.0	0B	0 0 0 0 1 0 1 1	110100 1011	001011 0100
D12.0	0C	0 0 0 0 1 1 0 0	001101 1011	110010 0100
D13.0	0D	0 0 0 0 1 1 0 1	101100 1011	010011 0100
D14.0	0E	0 0 0 0 1 1 1 0	011100 1011	100011 0100
D15.0	0F	0 0 0 0 1 1 1 1	010111 0100	101000 1011

Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 57:75

Die 8B/10B-Codierung wurde dem Fibre-Channel-Standard ANSI X3.230:1994 entlehnt. Hier ist die weitgehende Gleichspannungsfreiheit und die Möglichkeit der Taktrückgewinnung gegeben.

Die 10Bit großen Blöcke sind in 2 Unterblöcke aufgeteilt. Dabei handelt es sich um einen 5B/6B-NRZ-Code und einen 3B/4B-NRZ-Code

Eine erzeugte Codegruppe hat mindestens 4, jedoch nie mehr als 7 Pegelwechsel. Damit werden die Lauflängen der Nullen und Einsen beschränkt. (Run Length Limited). Der Gleichspannungsanteil ergibt sich aus der Differenz von Einsen (mit einem hohen Signalpegel) und den Nullen (mit einem niedrigen Signalpegel). Die Ungleichheit zwischen Einsen und Nullen innerhalb einer Codegruppe nennt man Disparity.

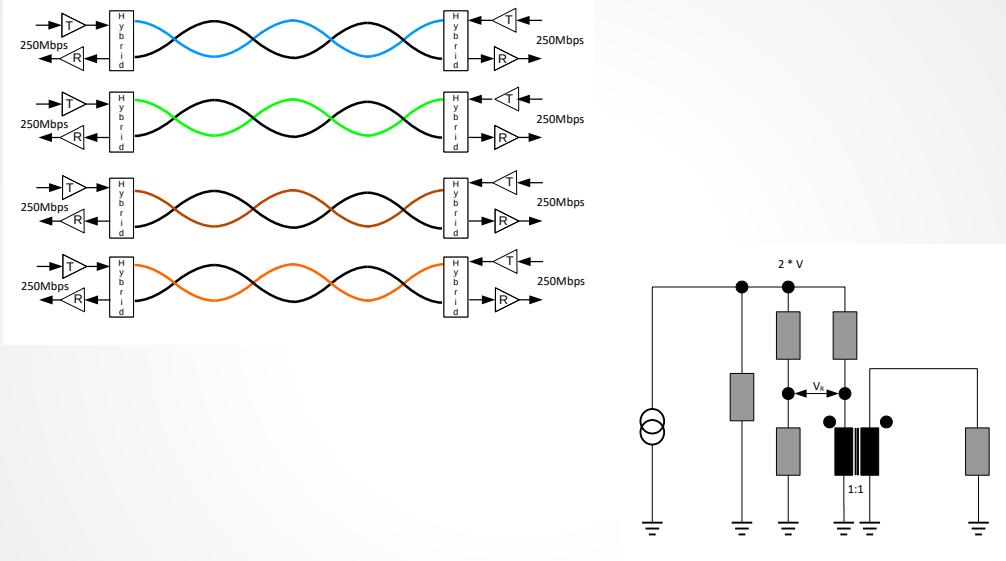
Disparity = Anzahl der Einsen – Anzahl der Nullen

Die Disparity bei den verwendeten Codewörtern kann nur Werte von 2, 0 oder +2 annehmen. So hat z. B. der Octet-Wert 00 zwei mögliche Ergebnisse mit der Disparity = 0 (100111 0100 oder 011000 1011). Der Octet-Wert 03 hat

ein Ergebnis mit einer Disparity von +2 (110001 1011) und ein Ergebnis mit -2 (001110 0100)

Je nach aktueller Disparity wird der entsprechende Block verwendet um die Vorgabe zu erfüllen, dass der Disparity-Wert nur 2, 0 oder -2 sein darf.

## 4 Adernpaare bei 1000Mbps



Stand: 25.10.2022

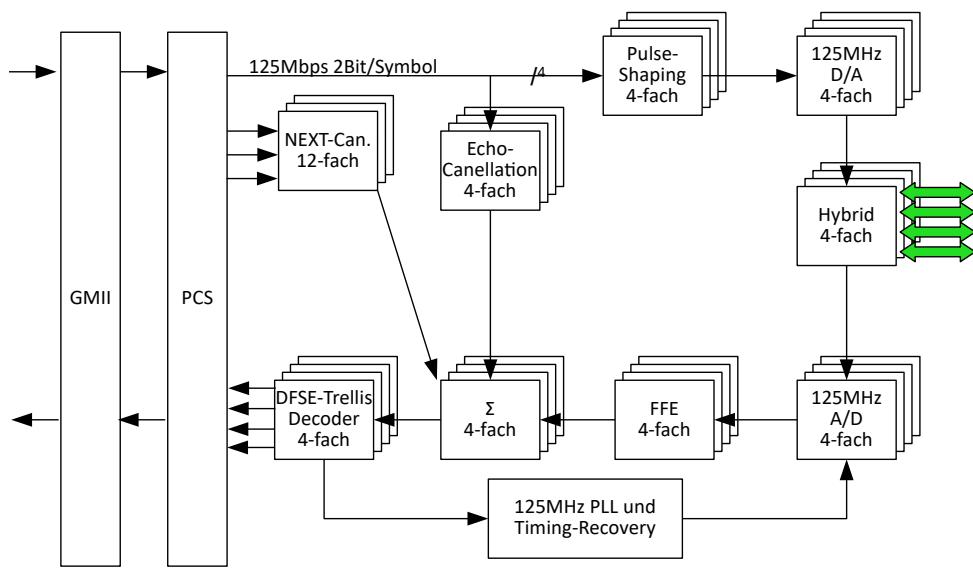
Netztechnik Teil-5

Folie: 58:75

Um die geforderte Datenrate zu übertragen haben die Entwickler den Datenstrom auf 4 Adernpaare aufgeteilt. Damit können mit Cat5e-Leitungen 1000Mbps übertragen werden, denn es sind auf einem Adernpaar nur 250Mbps zu transportieren.

Da ein RJ45-Stecker nur 8 Pins also 4 Adernpaare verbinden kann, mussten die 4 Adernpaare in beiden Richtungen betrieben werden.  
Um das zu bewerkstelligen wird ein Hybrid-Schaltung verwendet.

# 1000Base-T-PHY



Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

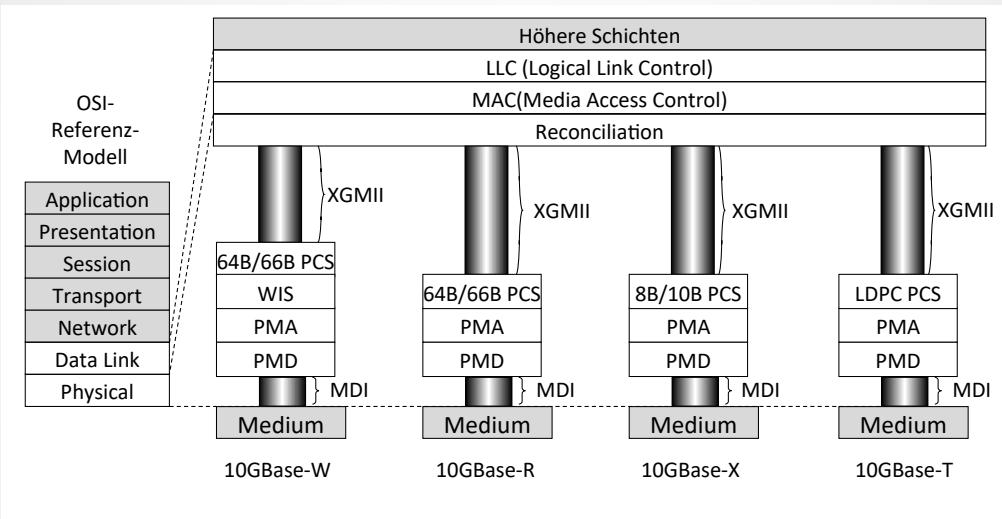
Folie: 59:75

In der Folie ist ersichtlich, dass es einigen zusätzlichen Aufwand erfordert um 1000Mbps auf Cat5e-Leitungen zu transportieren.

So musste eine Echo-Cancellation und eine NEXT-Cancellation eingeführt werden um die Daten auf einem Paar in beiden Richtungen transportieren zu können.

Weiterhin gibt es noch Trellis-Decoder und Scrambler um die Datenrate zu ermöglichen.

# 10G-Ethernet



Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 60:75

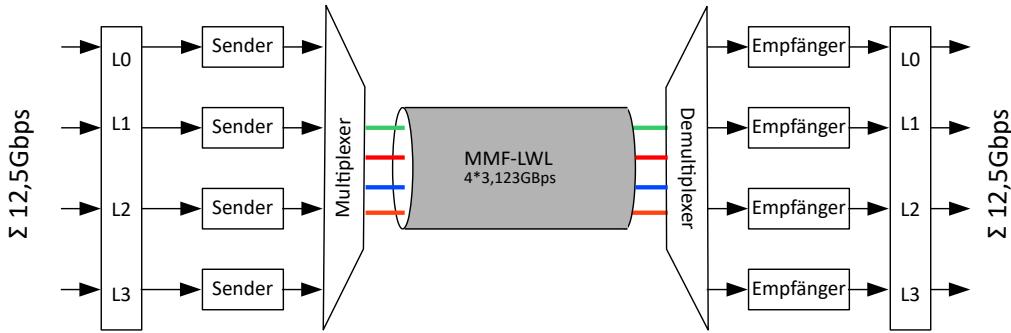
Bei 10G-Ethernet hat man sich endlich vom Halbduplex-Betrieb und damit auch von CSMA/CD verabschiedet.

Es gibt für die 10GBase-Lösungen 4 Ausprägungen:

- Die WAN-Schnittstelle unter 10GBase-W
- Die LWL-Schnittstelle unter 10GBase-X mit WWDM
- Die LAN-LWL-Schnittstelle unter 10GBase-R
- Die Kupferbasiserte TP-Lösung unter 10Gbase-T

Für jede Variante gibt es eine eigene PCS-Lösung!

# 10GBase-X (WWDM)



Kanal	Wellenlängenbereich
L0	1269,0 nm – 1282,4 nm
L1	1293,5 nm – 1306,9 nm
L2	1318,0 nm – 1331,4 nm
L3	1342,5 nm – 1355,9 nm

Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 61:75

Die LWL-Lösung verwendet das Wide-Wavelength-Division-Multiplexing-Verfahren (WWDM).

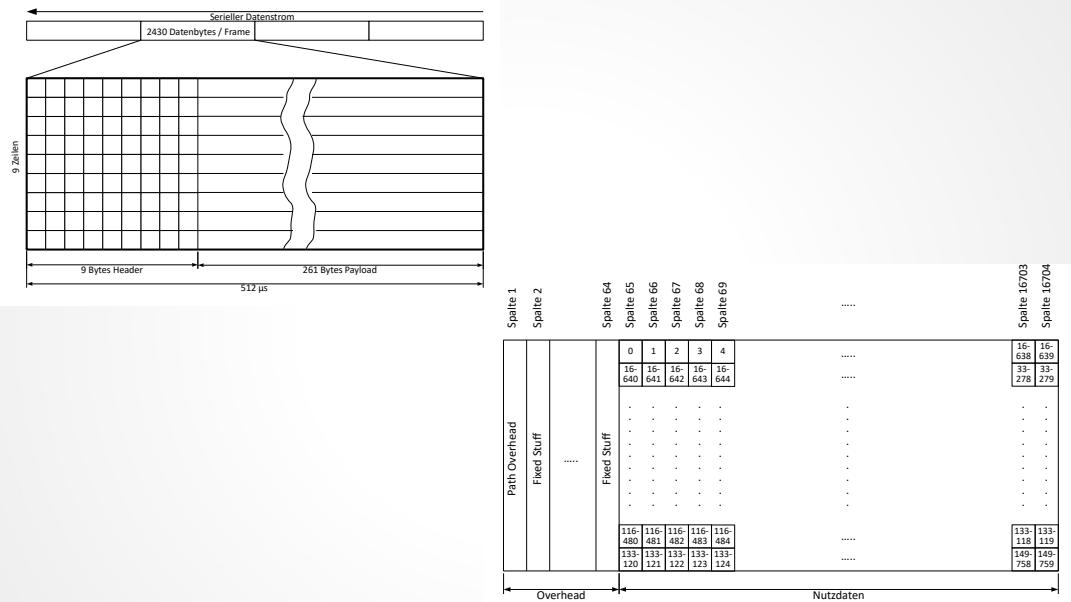
Dabei werden die Daten auf 4 Kanäle aufgeteilt die über unterschiedlichen Wellenlängen (Farben) transportiert werden.

Bei der 10GBase-X-Variante wird zuerst eine 8B/10B-Codierung vorgenommen.

Damit der so entstandene Overhead wieder ausgeglichen wird, werden pro Kanal die Daten mit 3,125Gbps übertragen.

Über die 4 Kanäle hinweg summiert, entstehen so 12,5Gbps. (Multipliziert man die 12,5Gbps mit 8/10 ergibt sich wieder 10Gbps.

# 10GBase-W



Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

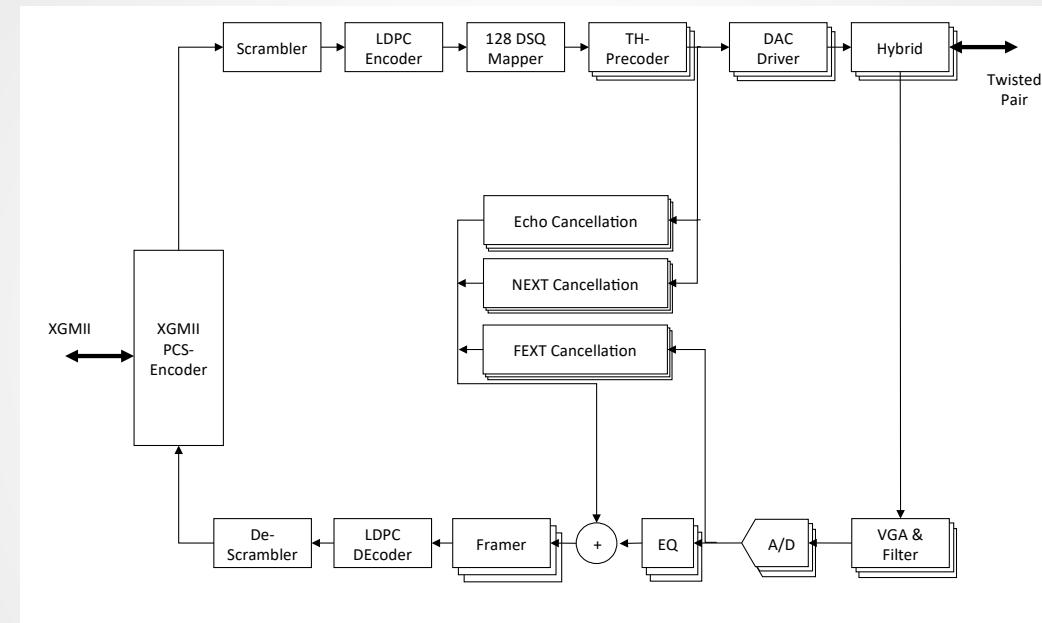
Folie: 62:75

Mit 10GBase-W wurde erstmals Ethernet auch im WAN-Bereich verfügbar  
Gemacht.

Mit dem WAN Interface Sublayer (WIS) erfolgt die Anpassung von Ethernet an SDH/SONET. Dabei muss die Datenrate von 10Gb/s an die bei SDH/SONET verwendete Datenrate von 9,95328 Gbps (Payload-Datenrate von 9,58464) angepasst werden. Die Anpassung erfolgt mittels der so genannten Stretch Funktion, bei der 104 zusätzliche IDLE-Symbole eingefügt werden. Dadurch wird der Frame-Abstand von 96 Bit auf 200Bit vergrößert. Auf der Senderseite werden bei der 64B/66B-Codierung werden die IDLE-Symbole entfernt und in das SDH/SONET-Übertragungsformat gepackt. Auf der Empfängerseite werden die IDLE-Symbole wieder eingefügt.

Die Rahmen werden bei SDH Synchronous Transport Module (STM) genannt. STM entspricht einer Byte-weisen Strukturierung in Spalten und Zeilen. Die STM-1-Grundstruktur wird in 270 Spalten und 9 Zeilen aufgeteilt. Die Übertragung selbst erfolgt zeilenweise (Begonnen wird links oben und abgeschlossen rechts unten).

# 10GBase-PHY



Stand: 25.10.2022

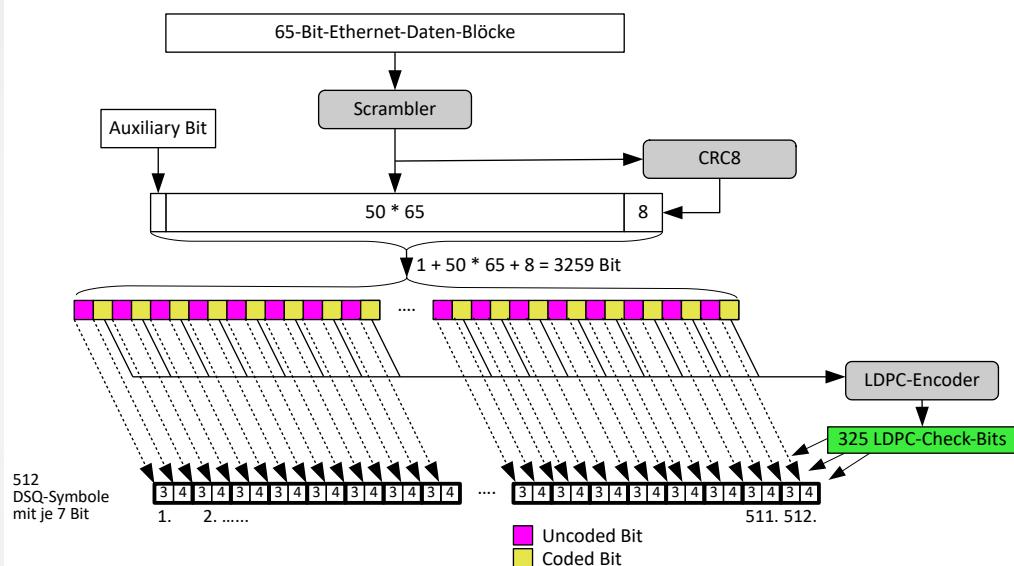
Netztechnik Teil-5

Folie: 63:75

Zusätzlich zu den bisher ergriffenen Maßnahmen, um eine Datenübertragung zu ermöglichen, wurden bei Twisted-Pair für 10GBase-T weitere Maßnahmen erforderlich:

- FEXT-Canellation
- TH-Precoder (Tomlinson-Harashima Precoder)
- 128DSQ-Mapper

# LDPC



Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 64:75

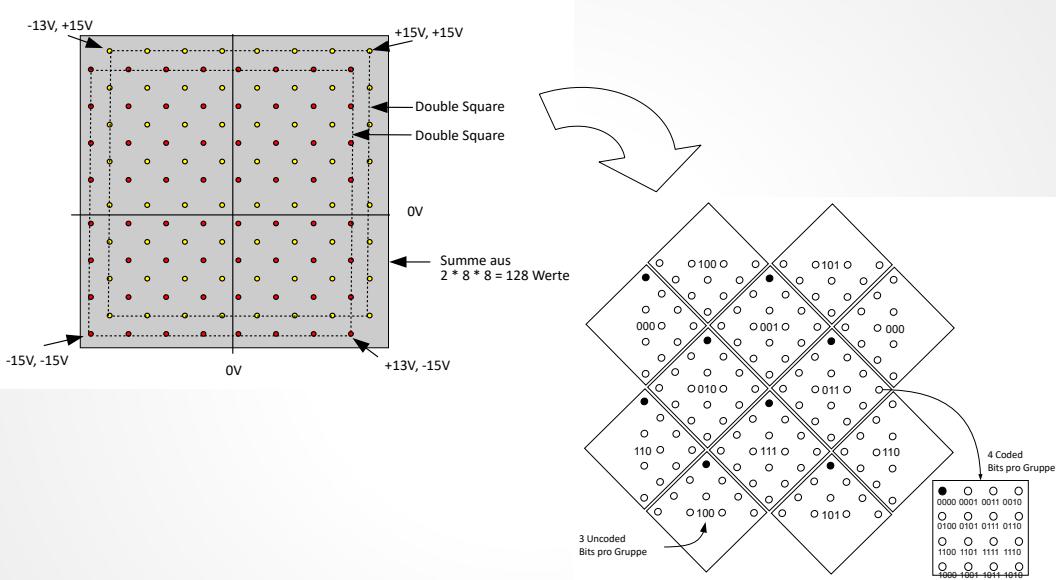
Beim Low Density Parity Check werden zusätzliche (redundante) Bits eingefügt.

Erst durchlaufen die 65-Bit-Datenblöcke einen Scrambler. Über das Ergebnis wird eine 8 Bit Prüfsumme gebildet.

Dann wird aus 50 Datenblöcken ein großer Block gebildet. Zusammen mit einem Auxiliary-Bit und den 8 CRC-Bits ergeben sich dann 3259 Bits, wovon jedes 2. Bit (in der Folie gelb) im LDPC-Encoder verwendet wird.

Die entstandenen 325 LDPC-Check-Bits werden jeweils einem DSQ-Symbol zugeschlagen. Damit ergeben sich 512 DSQ-Symbole mit je 7 Bit. (Davon sind 3 Bit nicht codiert und 3 Bit haben ein LDPC-Bit dazu bekommen)

# DSQ-128 (PAM-16)



Stand: 25.10.2022

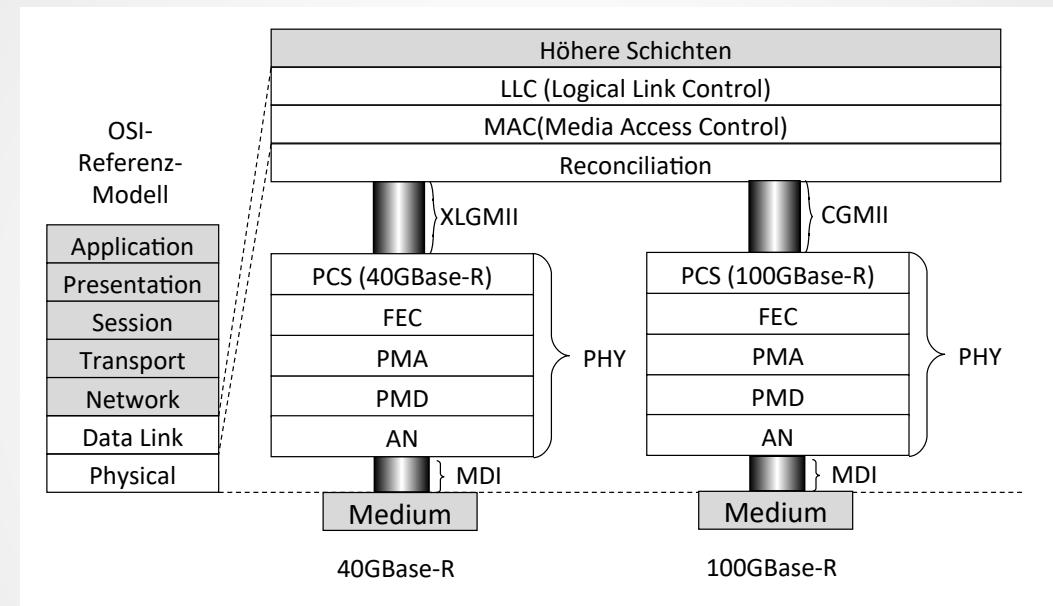
Netztechnik Teil-5

Folie: 65:75

Bei der Double-Square (DSQ)-128 (PAM-16) Codierung werden 2 Konstellationen (jeweils um je 2 V verschoben) zusammen zu einem Gebilde aus 128 Zuständen zusammengebracht.

Dabei dienen 3 Bits der räumlichen Auswahl einer von acht Gruppen aus jeweils 16 über vier Bit codierten Positionen.  
(Die halben Felder werden zu ganzen Feldern, indem sie mit der gegenüberliegenden Seite zusammen genommen werden)

# 40/100Gigabit-Ethernet



# NBase-T

Die von der Nbase-T Alliance erstellten Varianten wurden von IEEE als IEEE802.3bt am 18.10.2016 veröffentlicht.

Es handelt sich dabei um eine abgespeckte 10GbE-T-Variante. Typische Anwendungsfälle sind z. B. Accesspoints mit IEEE802.11ac.

## Vorteile:

- Billiger als 10GbE-T
- Mit diesen Varianten sind 2,5 / 5 / 10 Gbps auf Cat 5e / 6 / 6e möglich. Damit muss u. U. keine neue Verkabelung erfolgen.
- RJ45 als Stecker ist weiterhin möglich.
- Die Anpassung der Datenrate erfolgt aufgrund der Konfiguration, der verbauten Geräte und automatisch aufgrund der Qualität der Verbindungsleitung.
- Automatische MDI/MDIX-Erkennung.
- Geräte mit 100Mbps, 1Gbps, 2,5Gbps, 5Gbps und 10Gbps können angeschlossen werden.

## Nachteile:

- Mit dieser Technik ist eine erhöhte Leistungsaufnahme verbunden die Werte erzeugt welche durch Lüfter abgeführt werden müssen. (Lüfterlose Switches sind deshalb nicht möglich)
- Erhöhte Anforderungen an Bandbreite, Rückflusserbringung, Nebensprechern und Aiken Cross talk.

## Technik:

- 4 Adressen mit SG212B wobei alle Möglichkeiten von MAC ID genutzt werden.
- 16k Jumbo-Frames möglich
- Optimiertes Rahmenende der LPTC für alle Bits vorhandig (dient nur alle 8bit zu schützen)
- 100m Kabel mit 10GbE-T und auf ein Vierel (bei 2,5Gbps) oder die Hälfte (bei 1GbE)

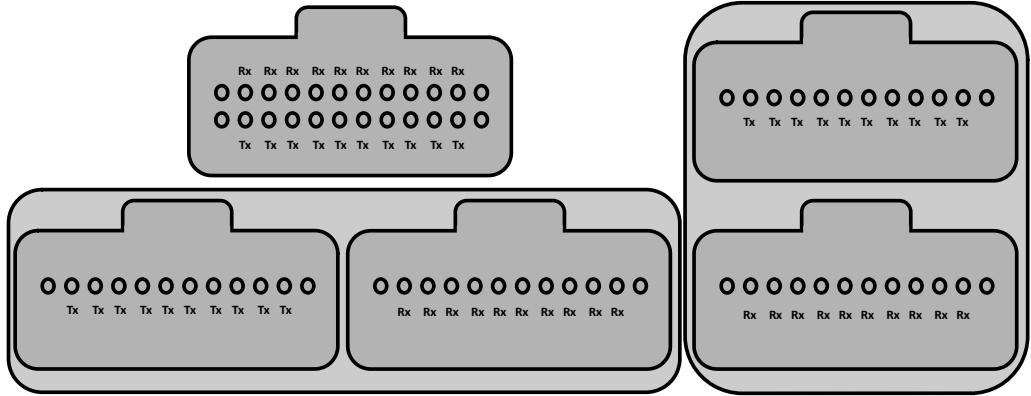
Category	1Gbps	2,5Gbps	5Gbps	10Gbps
5e	100m	100m	100m	./.
6	100m	100m	100m	55m
6e	100m	100m	100m	100m

Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 67:75

# MPO-Stecker-Varianten



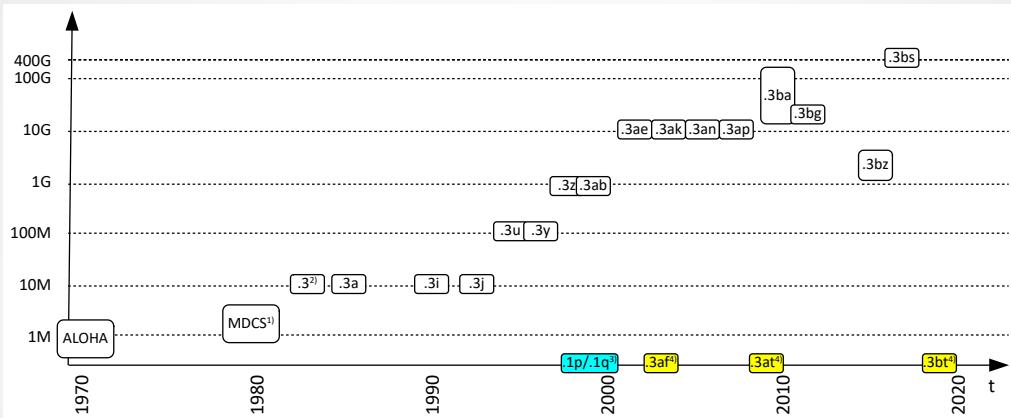
Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 68:75

In der Folie sind mögliche Steckerbelegungen

# Ethernet-Zusammenfassung



Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 69:75

In der Folie ist im historischen Zusammenhang zu sehen wie sich aus dem ALOHA-Netzwerk das aktuell gültige 400G-Ethernet entstanden ist.

Weiterhin ist die Entwicklung der VLANs (blau) und Power-over-Ethernet (PoE) mit deren 3 Entwicklungsstufen abgebildet (gelb).

## Kupferverkabelung: Steckerbauformen (Koaxialstecker)



Für 10Base5

**RG8A/U**  
Barrel-Stecker  
Abschlusswiderstand



Für 10Base2

**RG58**  
BNC-Stecker  
BNC-T-Verbinder  
Abschlusswiderstand

Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 70:75

Der N-Stecker hat seinen Namen von der amerikanischen Marine (Navy-Connector; deutsch: Marine-Verbinder). Er wird mit einer Überwurfmutter an seinem Gegenstück befestigt.

Er ist selbstreinigend, da die Spitze des Innenleiters in eine nachgiebige Hülse kleineren Durchmessers gepresst wird, und somit Verschmutzungen entfernt werden.

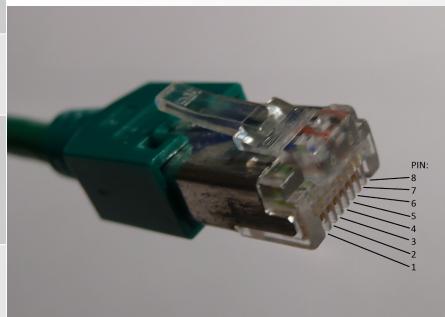
BNC bedeutet Bajonet Navy Connector was wiederum auf die amerikanische Marine (Navy) als Auftraggeber für die Entwicklung hinweist.

Der Stecker wird nicht geschraubt, sondern unter leichtem Druck um etwa 90° gedreht und rastet mit Federdruck ein.

Ein Bajonett-Verschluss wird z.B. auch bei Autoglühbirnen für den Blinker verwendet.

## Kupferverkabelung: Steckerbauformen (Twisted-Pair-Stecker / RJ-xx)

Kontakt-positionen	Handels-bezeichnung	Pin-Belegung
4P4C	RJ-10	
6P2C	RJ-11	
6P4C	RJ-11 oder RJ-14	
6P6C	RJ-12 oder RJ-25	
8P8C	RJ-45	



Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 71:75

RJ steht für Registered Jack; deutsch registrierter Stecker. Der Stecker wurden von den Bell Laboratories in den 1970er Jahren eingeführt und von der FCC (US-amerikanische Federal Communication Commission) standardisiert.

Er wurde von vielen Firmen im Telefonumfeld genutzt, so auch von der Firma Western Electric. Durch die weite Verbreitung hat sich auch auch den Name Western-Stecker, oder als Gegenstück Western-Buchse etabliert.

Der Stecker existiert in verschiedenen Bauformen.

In der Norm wird die Stecker-Bezeichnung mit RJ-xx y u v C beschrieben.

Wobei die folgende Zuordnungen gelten:

xx Bauform. Damit werden die Abmessungen festgelegt.

y Eigenschaften mit folgender Bedeutung:

C=Bündig abgeschlossener Stecker

W=Wandsteckdose

S=Einzelanschluss

M=Mehrfachanschluss

X=Komplexer Stecker

u Anzahl der möglichen Pins (gefolgt von einem P für Pins)

v Anzahl der belegten Pins (gefolgt von einem C für Connections)

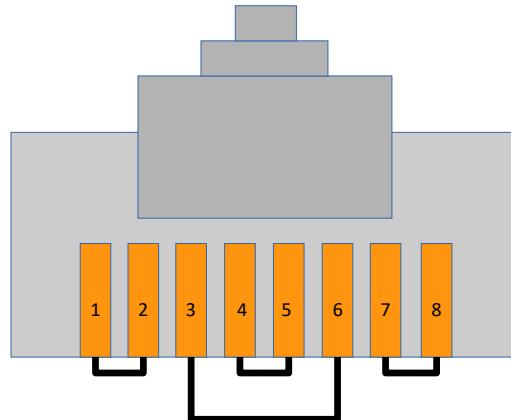
Damit hat z. B. ein LAN-Stecker für einen 1000Base-T-Verbbindung nach der Norm eigentlich die Bezeichnung RJ-48C 8P8C.

Durchgesetzt hat sich jedoch die Bezeichnung RJ-45.

## Kupferverkabelung: Gruppierung der Pins bei Twisted-Pair-Stecker / RJ-xx

EIA/TIA 568A

Paar-Nr	Kontakt-Nr
1	4,5
2	3,6
3	1,2
4	7,8



EIA/TIA 568B

Paar-Nr	Kontakt-Nr
1	4,5
2	1,2
3	3,6
4	7,8

Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 72:75

Der Unterschied liegt in einer Vertauschung der Paare 2 und 3.

Elektrisch und physikalisch sind beide Varianten gleichwertig.

Die beiden Varianten entstanden dadurch, dass die EIA/TIA den Standard 568A zeitlich nach dem proprietären de facto Standard 258A von AT&T eingeführt haben.

EIA/TIA übernahm den AT&T Standard 258A als EIA/TIA Standard 568B. Damit ist historisch bedingt, die EIA/TIA 568B weltweit verbreitet.

In Europa dagegen ist die EIA/TIA 568A verbreitet da die Belegung mit den Farbcodes der Telefonleitungen übereinstimmt.

Wichtig ist nur, dass auf beiden Seiten einer Verkabelung, die gleiche Norm verwendet wird.

## Kupferverkabelung: Pinbelegung (Twisted-Pair-Stecker / RJ-xx)

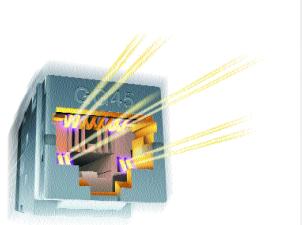
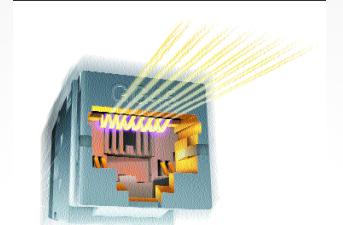
Pin	Telefon analog	Telefon alt	T + T (CH)	DSL Splitter	ISDN ( $U_{k0}/U_{p0}$ )	ISDN ( $S_0$ )	Ethernet 10BaseT 100BaseT	Ethernet 1000BaseT	Token Ring	TP-PM-D	AS 400	3270	ATM
Schirm					(S)	(S)	S	S	S	S	(S)	(S)	S
1							TX+	D1+		TX+			X
2							TX-	D1-		TX-			X
3	W	a	1b		a2	a2	RX+	D2+	RX+			RX+	
4	a		1a	a	a1	a1		D3+	TX-		TX+	TX+	
5	b		(2a)	b	b1	b1		D3-	TX+		TX-	TX-	
6	e	b	(2b)		b2	b2	RX-	D2-	RX-			RX-	
7								D4+		RX+			X
8								D4-		RX-			X

Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 73:75

## Kupferverkabelung: Nachfolger für RJ-xx



GG45-Stecker



TERA-Stecker

Stand: 25.10.2022

Netztechnik Teil-5

Folie: 74:75

Für die Anwendung in einer CAT7-Installation ist der RJ45-Stecker nicht mehr geeignet. Beim RJ45-Stecker sind die Pins zu nah beieinander und verursachen ein zu großes Nebensprechen.

Eine wichtige Vorgabe bei der Entwicklung eines Nachfolgers war die Rückwärts-Kompatibilität zum bisher verwendeten RJ45-Stecker.

Die GG-45-Buchse besitzt nicht nur die 8 Pins an der Oberseite sondern noch zusätzlich jeweils 2 Pins links und rechts neben der Aussparung für den Verriegelungshebel. Der Stecker hat an der Stirnseite eine zusätzliche Nase mit der er in der Buchse einen Federschalter betätigt, um zwischen den Modi (CAT 5,6 und CAT7) umzuschalten.

Mit dem Umschalter werden die beiden inneren Kontaktpaare der oberen 8 Pins auf den Buchsenschirm geschaltet. Damit liegen die noch verfügbaren 4 Paare so weit auseinander, dass die erforderlichen Werte für das Übersprechen erreicht werden.

Die Channel-Werte bis 1.000MHz werden nach der neuen Klasse F gemäß ISO/IEC Amendment 1 erfüllt. Damit werden die Anforderungen, die über 10GBaseT hinausgehen erfüllt.

Diese Lösung bietet bereits die Möglichkeit PoE (Plus) nach IEEE 802.3at, mit der doppelten Leistung von 30W über 4 Paare, zu realisieren.

# Netztechnik-Vorlesung Teil-5

## Inhalt

- Topologien
- Kupferverkabelung
- Lichtwellenleiter (LWL)
- Ethernet