



WS 2016/2017
LV Rechnernetzpraxis

3. Strukturierte Verkabelung

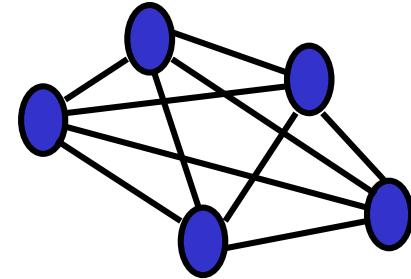
Dr. rer.nat. D. Gütter

Mail: Dietbert.Guetter@tu-dresden.de
WWW: <http://www.guetter-web.de/education/rnp.htm>

Verkabelungstopologien

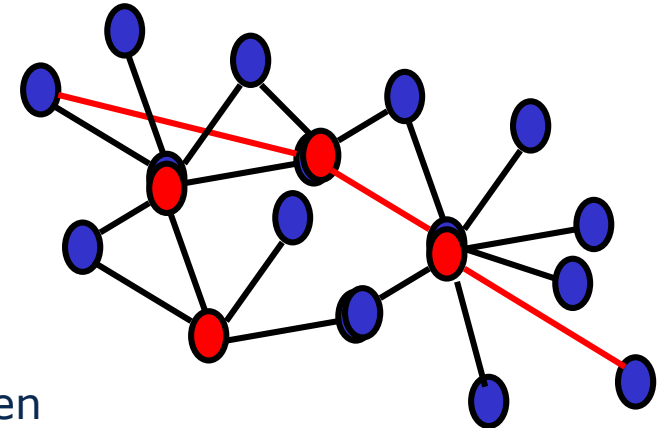
vollvermaschtes Netz

- jeder Rechner hat eine Verbindung zu jedem anderen Rechner
- **Leitungsanzahl:** $n * (n-1)/2$
- nur in kleineren Netzen möglich



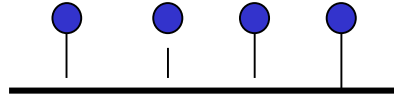
teilvermaschtes Netz

- reduzierte Verbindungsanzahl
- einige Rechner können nur noch über **Vermittlungseinrichtungen** erreicht werden
- beliebig skalierbar
- Vermittlung kann zu Engpässen führen



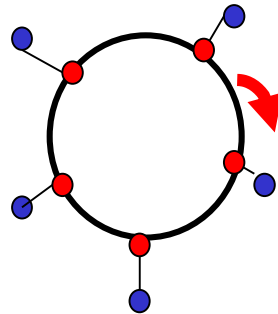
Einfache Verkabelungstopologien

Bus



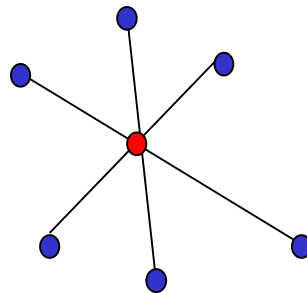
meist
passive Signalausbreitung

Ring

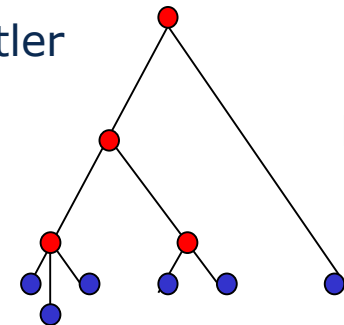


aktive, gerichtete Signalausbreitung
Signalvermittler erforderlich

Stern



meist aktive Vermittler
erforderlich



Baum

Bedarfsverkabelung

- üblich bis ca. 1990
- Standorte der Arbeitsstationen und Server bestimmen Kabelführung
Kostenanteil der Kabelinfrastruktur an IT-Technik gering
- Netzwerktechnologie erfordert spezifische Verkabelung

1980:

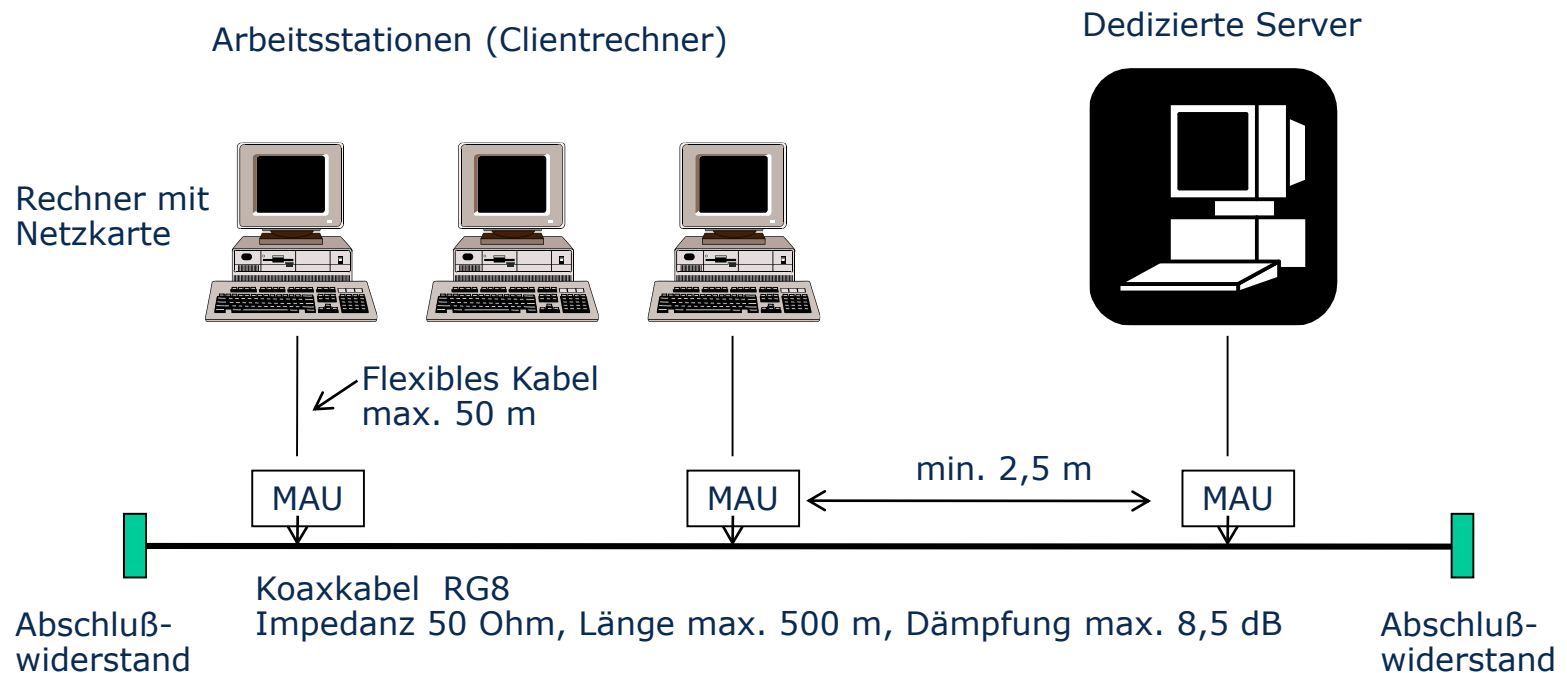
Ethernet 10Base5, 10Base2	Koaxverkabelung, busförmige Topologie
Ethernet 10Base-T	TP-Kabel, baumförmige Topologie
Token Ring	TP-Kabel, Ringtopologie

1990:

FDDI	Lichtwellenleiter, Ringtopologie
------	----------------------------------

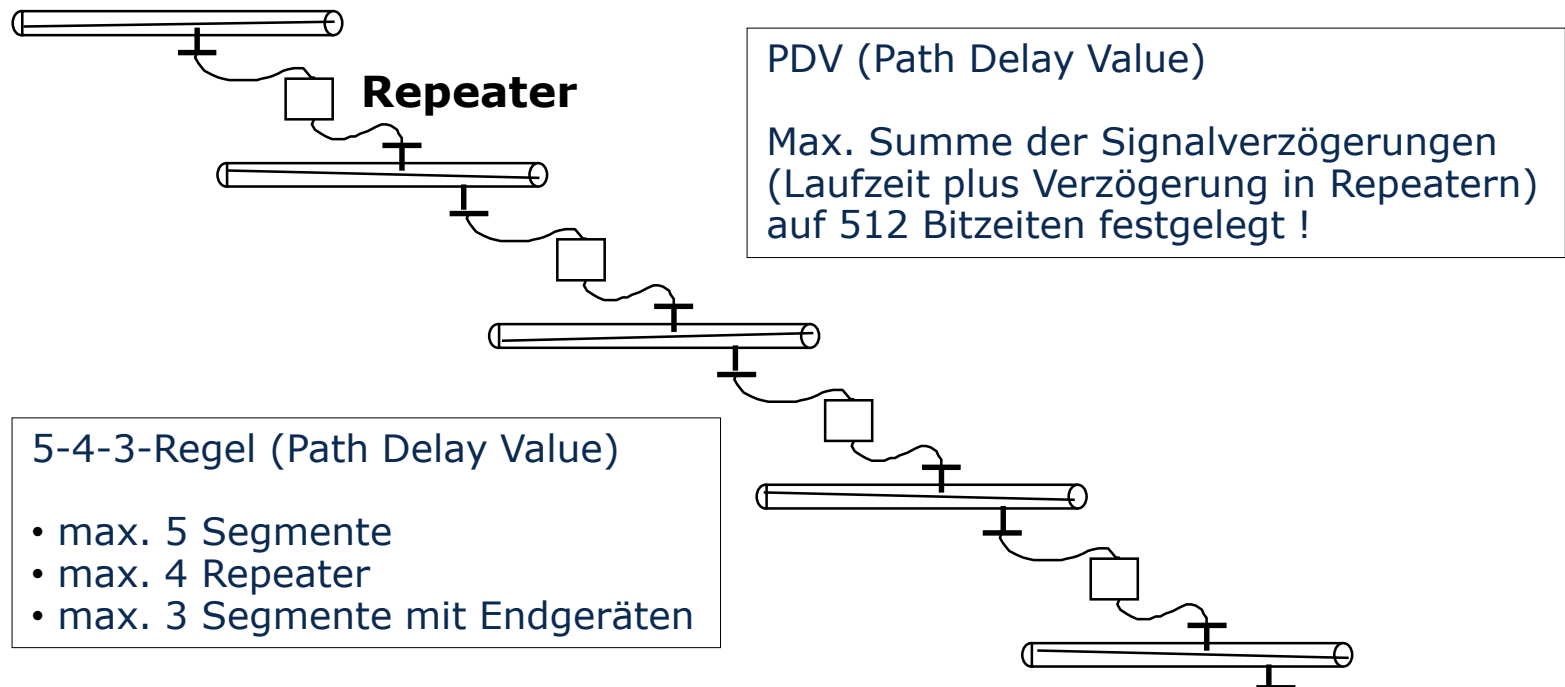
Bedarfsverkabelung IEEE 802.3 Ethernet 10Base5

- Standardtechnologie Anfang der 80-er bis Anfang 90-er Jahre
- **ein** dickes (1 cm), starres (Biegeradius 25 cm) **Koaxialkabel**
- Transceiver bzw. **MAU** (Media Access Unit) für Medienzugriff (mit Dorn an Koaxkabel geklemmt, Anschluß während des Netzbetriebes möglich)



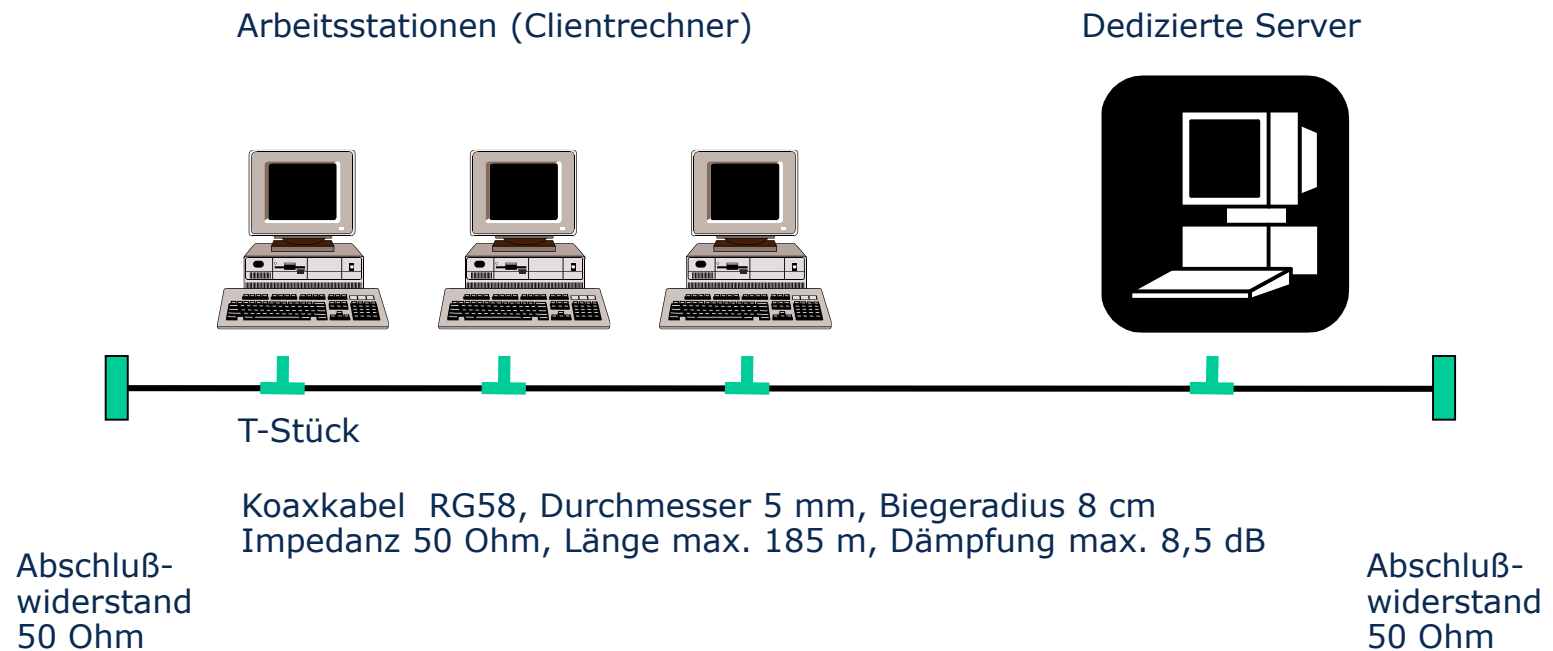
Kabelsegmente bei Ethernet 10Base5

- max. 500 m pro "Segment", 5 Segmente möglich → 2,5 km Länge
- Kopplung durch Signalverstärker (Repeater)
- unzuverlässig wegen der vielen Verbindungsstellen, Totalausfall des Netzes bereits bei einem Kontaktproblem
- schlecht administrierbar, nicht skalierbar (shared medium)



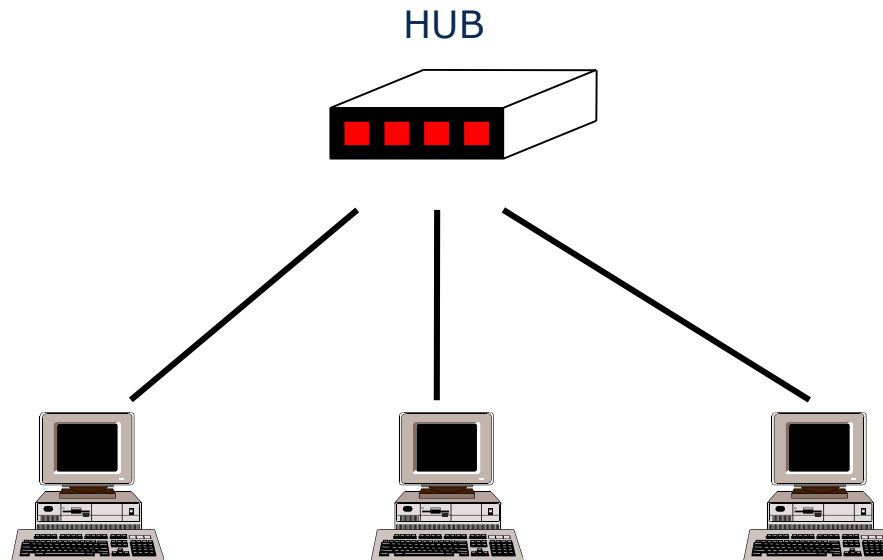
Kabelsegmente bei Ethernet 10Base2

- Standardtechnologie Anfang bis Mitte der 90-er Jahre
- dünneres Koaxialkabel, ebenfalls max. 5 Segmente
- kein Transceiver, Direktanschluß der Rechner über T-Stücke
- einfacher zu verlegen, sehr fehleranfällig



Bedarfsverkabelung für Ethernet 10Base-T

- TP-Kabel, gut verlegbar
- Stern- bzw. Baumtopologie, mehr Kabelaufwand
- zentraler Signalverstärker (Hub)
- gut administrierbar
(da nur 2-Punktverbindungen Fehler schnell eingrenzbar)



Bedarfsverkabelung für Ethernet 10Base-F

- LWL-Kabel
- höhere Bandbreite, geringere Dämpfung, größere Reichweite
- galvanische Trennung
- nicht anfällig gegen elektromagnetische Störungen
- Einsatz vor allem bei Überwindung größerer Strecken (bis 2000 m)

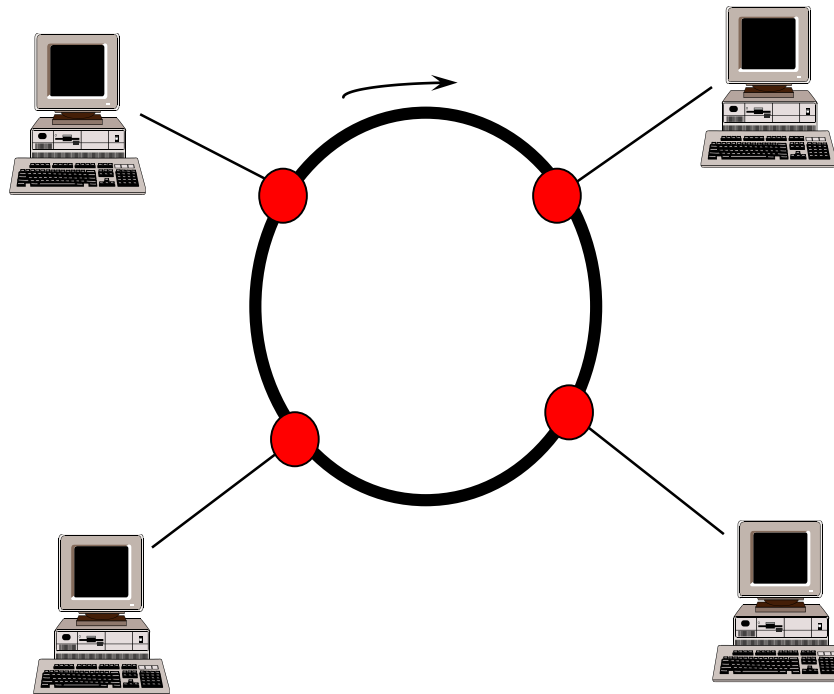
Ethernet Mischformen

- verschiedene Netzkabeltypen
- verschiedene Topologien
- schwierige Zusammenarbeit mit anderen Netztechnologien
- Probleme noch größer bei

100 Mbit/s Fast Ethernet Netzwerken
z.Tl. In zeitlicher Koexistenz mit alten Ethernet-Abschnitten

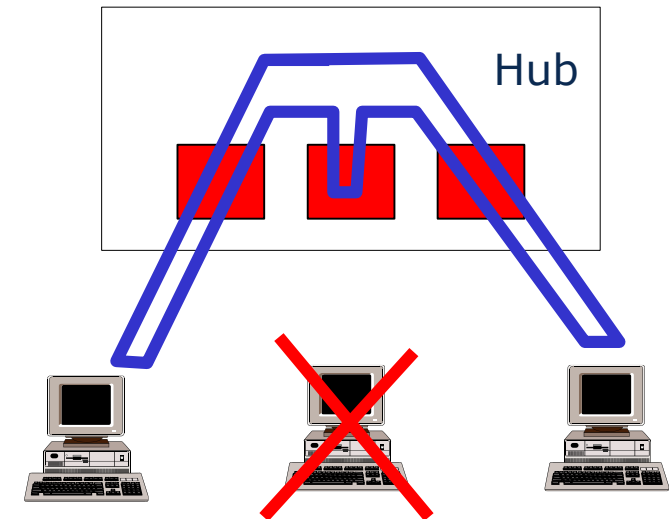
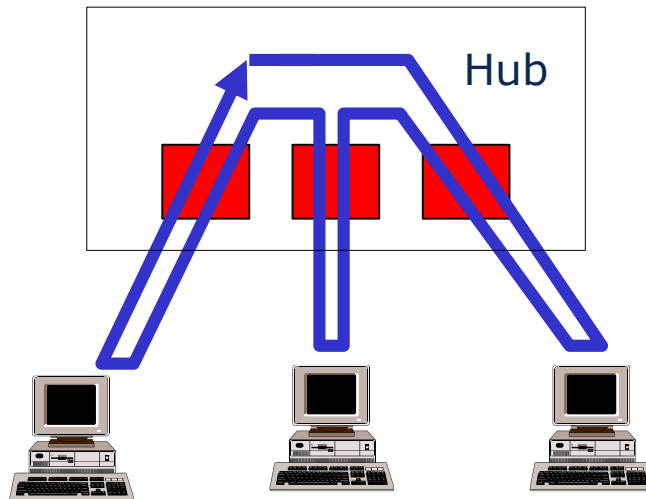
Bedarfsverkabelung für IEEE 802.5 Token Ring

- TP-Kabel, aber auch LWL
- Ringstruktur
- ringförmige Verkabelung bringt Probleme bei Fehlersuche



Bedarfsverkabelung für IEEE 802.5 Token Ring

- logischer Ring
- Sterntopologie mit TP-Kabeln
- nur eine zentraler Ringvermittler
- preiswerter, bessere Fehleradministration

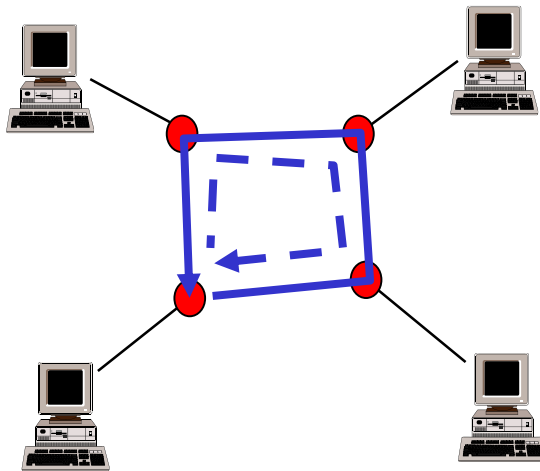


Bei Rechnerausfall

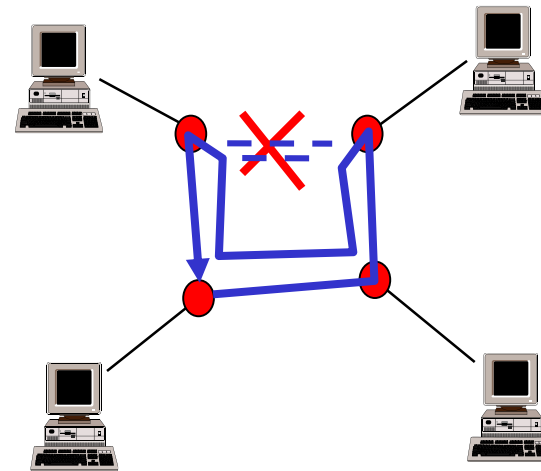
Einfache Überbrückung
des fehlerhaften Ringsegmentes

Bedarfsverkabelung für FDDI (Fiber Distributed Data Interface)

Token Ring auf Lichtwellenleiter-Basis mit 100 Mbit/s
"Backbone" zur Netzintegration Anfang der 90-er Jahre
Doppelringstruktur, fehlertolerant;
max. 1000 Stationen über max. 200 km; "Backbone" zur Netzintegration



Gegenring
normalerweise redundant



Bei Beschädigung
wird Ring aufgetrennt
und Gegenring genutzt

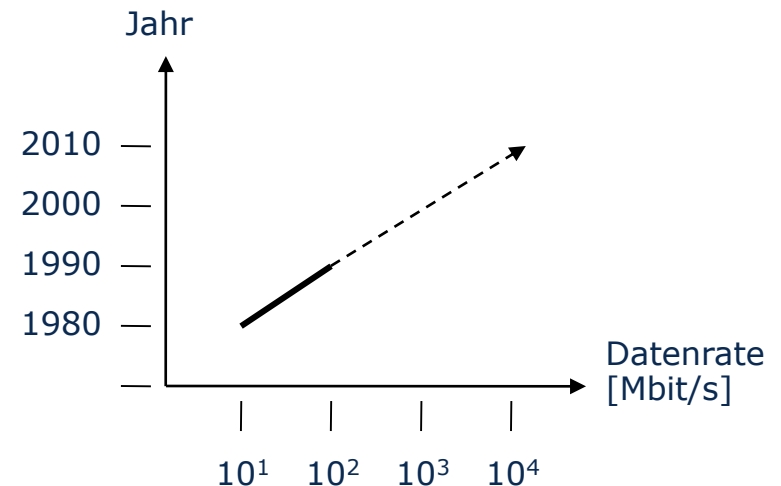
Bedarfsverkabelung: Fazit

hohe Infrastrukturkosten,
da ca. alle 5 Jahre Erneuerung/Ergänzung der Verkabelung

- Kabelkosten
- Stecker
- **Konfektionierungsarbeiten**
- **Baumaßnahmen**

Kosten durch Netzausfall bei

- Baumaßnahmen
- Netzanlauf nach Rekonstruktion



→ Forderung an Kabelinfrastrukturplanung

- (relativ) technologieunabhängig
- langfristig

Strukturierte Verkabelung

Verkabelung wird als Infrastruktur geplant,
wie beim Stromnetz, Wasserrohrnetz, Gebäudeautomatisierungsnetz, ...

Zeithorizont 10 bis 20 Jahre (*langfristig* geringere Infrastrukturkosten)

- Anwendungsunabhängigkeit
- Netztechnik muss sich an die Verkabelung anpassen
Erneuerung von Arbeitsstationen, Server und Vermittlungstechnik
unabhängig von Verkabelung,
Erneuerungszyklus *mittelfristig*, z.B. 2-3 Jahre
- Netzerweiterungen müssen möglich sein
(Stationsanzahl, Übertragungsraten)
- Einfach: Installation, Wartung, Fehlerkontrolle, Management
- hohe Zuverlässigkeit (ggf. Einplanung von Redundanz)
- Schutz vor unberechtigtem Zugriff

Hierarchische Baumstruktur

Strukturierte Verkabelung - Standards

US-Normen

ANSI (American National Standard Institute)
EIA (Electronics Industries Association)
TIA (Telecommunication Industry Association)

1991 **EIA/TIA 568**
 "Commercial Building Telecommunications Wiring Standard"

ISO (International Organization for Standardization)

IEC (International Electronic and Electrotechnical Commission)
CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization)
DIN (Deutsches Institut für Normung)

1995 **ISO/IEC-11801** "General Cabling for Customer Premises"
 EN 50173 "General Cabling Systems"

DIN EN 50173 “Anwendungsneutrale Verkabelungssysteme”

DIN-Arbeitsgruppen

- DKE/GUK 715.3 „Informationstechnische Verkabelung von Gebäudekomplexen“
- DKE/UK 412.1 „Symmetrische Kabel und Leitungen, Drähte“
- DKE/K 712 „Sicherheit von Einrichtungen der Informationstechnik“

viele Detail-Standards

Dokumentation relativ teuer, Bestellung meist über Beuth-Verlag

Phasen und Spezifikationen der Verkabelung

- EN 50310 Gebäudemaßnahmen: Erdung, Potentialausgleich, ...
- EN 50173 Planung der strukturierten Verkabelung
- EN 50174-1 Spezifikation/Qualitätssicherung
- EN 50174-2 Installation in Bürogebäuden
- EN 50174-3 Installation im industriellen Bereich
- EN 50174-4 Installation in Wohnungen
- EN 50174-5 Installation in Rechenzentren
- EN 50288-X Kabelnormen
- EN 60603-7-X Steckverbinder (RJ-45, ...)
- EN 50346 Prüfvorschriften für installierte Verkabelung

EMV - Elektromagnetische Verträglichkeit

„Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Betriebsmitteln (EMVG)“ vom 26.2.2008

regelt Begrenzung
der "Störaussendung" und Mindest-"Störfestigkeit" von Geräten

Nachweis der EMV ist Pflicht (Konformitätserklärung)
→ **CE-Zeichen** (frz. Conformité Européenne)

DIN-Arbeitsgruppen

- DKE/UK 767.17 „EMV von Einrichtungen der Informationsverarbeitungs- und Telekommunikationstechnik“
- DKE/UK 767.3 „Hochfrequente Störgrößen“

Normen

- EN 55022 „Grenzwerte und Meßverfahren für Funkstörungen von informationstechnischen Einrichtungen“
- EN 5082 „Fachgrundnorm Störfestigkeit“

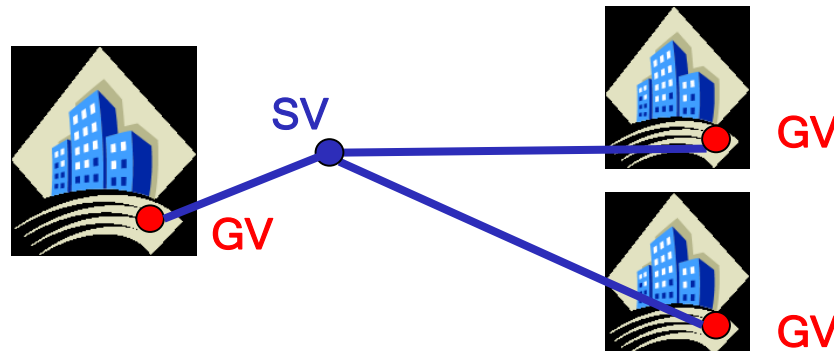
Strukturierte Verkabelung

Topologievorschriften, Längenrestriktionen, Kabeltypen, ...

- **Primärverkabelung** (Arealverkabelung)
zwischen Standortverteiler SV und verschiedenen Gebäudeverteilern GV

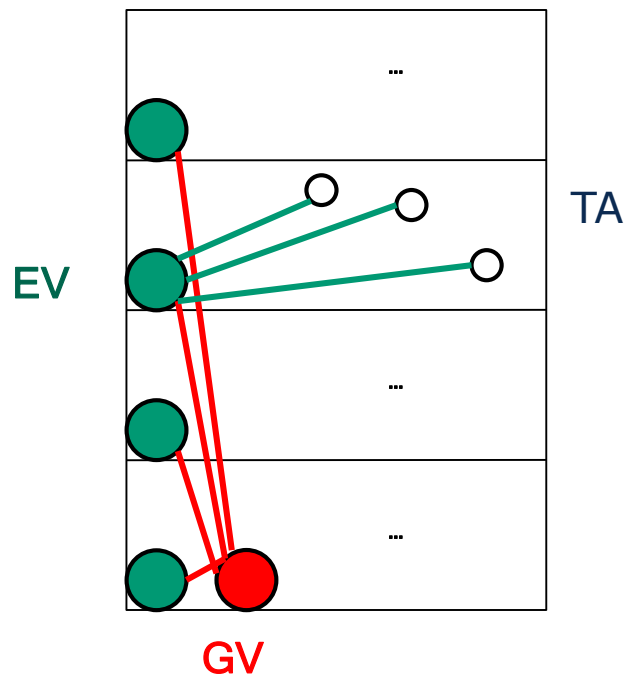
Anforderungen

- Trassenführung mit Redundanz für Notfälle
- Potentialtrennung zwischen Gebäuden
- elektrische Störungsfestigkeit, Erweiterbarkeit, Abhörsicherheit
- Integrationsmöglichkeit für Subnetze beliebiger Technologie
- hohe Übertragungsraten (→ Lichtwellenleiter)



Strukturierte Verkabelung

- **Sekundärverkabelung** (Steigzonenverkabelung)
für den Anschluß der Etagenverteiler EV an Gebäudeverteiler
- **Tertiärverkabelung** (horizontale Verkabelung)
von den Etagenverteilern zu den Computeranschlüssen TA



Sekundär-V.: LWL oder TP
Tertiär-V: TP-Kabel

2 kupferbasierte Informationswege

- Telefon
- Datenübertragung.

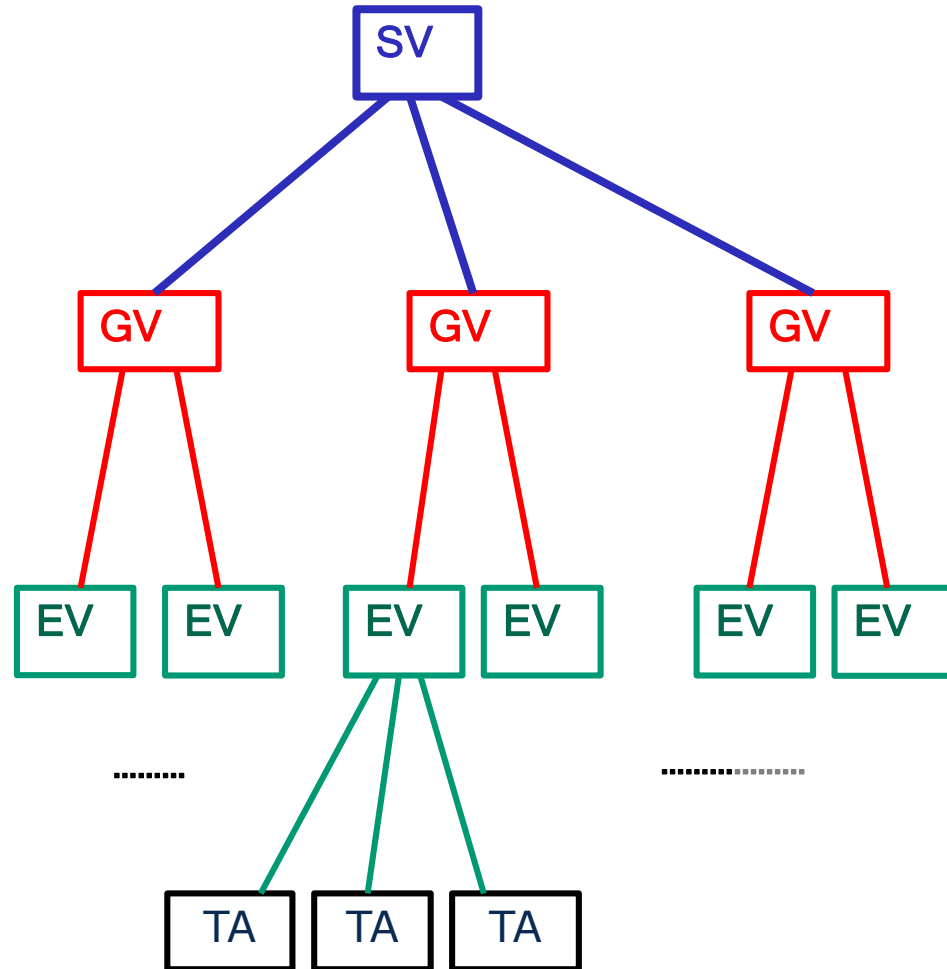
TP-Kabel-Qualität
LAN-tauglich ab
Kategorie 5 bzw. Klasse D

Strukturierte Verkabelung

Gelände-Backbone
max. 2000m
Lichtwellenleiter

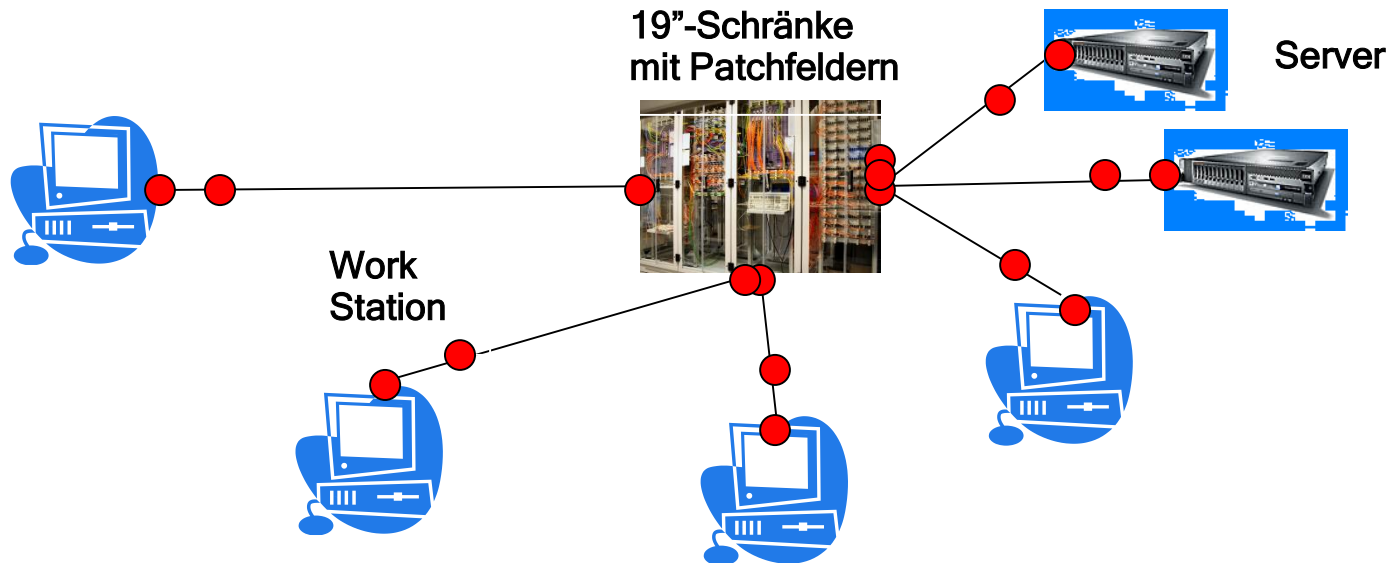
Gebäude-Backbone
max. 500m
LWL bzw. STP

Etagenverkabelung
max. 100m
UTP \geq Cat 5



EN 50173 Etagenverkabelung

- Installationskabel für jeden Netzwerkanschluß, meist Cu-TP-Kabel fest verlegt zwischen 2 Buchsen
Patchfeld im EV-Raum \leftrightarrow Anschlußdosen in Arbeitsräumen
- Anschluß der aktiven Komponenten, z.B. Arbeitstationen und Switch mittels flexibler Anschlußkabel (Stecker \leftrightarrow Stecker)



verdrillte Kupferleitungen (Twisted Pair)

Kabel relativ preiswert, leichte Montage

gekennzeichnet durch

- Kabelgeometrie, -material

Durchmesser, Zahl der Adernpaare
Schlaglänge (Verdrillungen pro Länge)
Isolationsmaterial
Schirmung
Temperaturbereich
Gewicht

- Frequenzband
- Max. Kabeldämpfung K für 100 m, z.B. bei 100 Mhz

Qualitätskategorien nach Normen EN50173 bzw. EIA/TIA 568

EN 50173 TP-Kabel

Kabel 8-adrig, Cu-Adern ca. 1mm,
paarweise verdreht, unterschiedliche Schirmung



UTP

(Unshielded Twisted Pair)

Adernpaare ohne Schirmung, bis 100 MHz
auch U/UTP

FTP

(Foiled Twisted Pair)

Adernpaare in Metallfolie, bis 625 MHz
auch U/FTP

S/UTP

(Screened unshielded TP)

wie UTP plus Gesamtschirmung
auch F/UTP (Folie) bzw. SF/UTP (Geflecht + Folie)

S/FTP

(Screened foiled TP)

wie FTP plus Gesamtschirmung
auch F/FTP (Folie) bzw. SF/FTP (Geflecht + Folie)

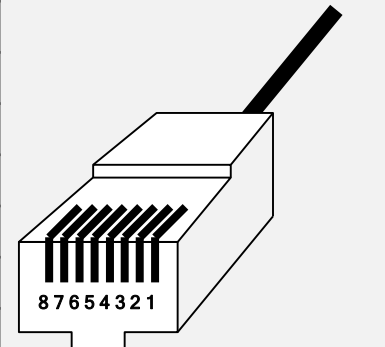
TP - Kabelklassen/-kategorien

Kabel-Kategorie EIA/TIA 568	Link-Klasse EN 50173	Grenz-frequenz	Zulässige Dämpfung bei Grenzfrequenz	geeignet für	
				Datenrate	Anwendung
3		16 MHz	13,1 dB/100m	10 Mbit/s	Telefon/LAN
	C	16 MHz	14,4 dB/100m	20 Mbit/s	
	D	100 MHz	24 dB/100m	100 Mbit/s	FastEthernet
5		100 MHz	22 dB/100m	100 Mbit/s	
6		200 MHz	23 dB/100m	1 Gbit/s	
	E	250 MHz	35,9 dB/100m	1 Gbit/s	GbE
(6 _A)	E _A	500 MHz	49,3 dB/100m	10 Gbit/s	10 GbE
	F	600 MHz	54,6 dB/100m	> 10 Gbit/s	
7		600 MHz	50 dB/100m	> 10 Gbit/s	
(7 _A)	F _A	1000 MHz	67,6 dB/100m		
8		2000 MHz	?/30m	40 Gbit/s	40 GbE

RJ-45 Stecker- und Buchsenbelegung

TP-Kabel bestehen aus 4 farbige gekennzeichneten Adernpaaren,
zB. Paar Blau/Weiß-Blau



EIA/TIA 568 A			EIA/TIA 568 B		B-Kodierung dominiert
1	Weiß-Grün		1	Weiß-Orange	
2	Grün		2	Orange	
3	Weiß-Orange		3	Weiß-Grün	
4	Blau		4	Blau	
5	Weiß-Blau		5	Weiß-Blau	
6	Orange		6	Grün	
7	Weiß-Braun		7	Weiß-Braun	
8	Braun		8	Braun	

Netzwerkinstallation



sämtliche Anschlüsse auf korrekte Installation prüfen
Protolle in Netzwerkdokumentation aufnehmen

Festinstallation
Flexible Kabel

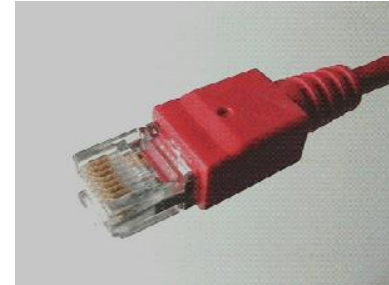
einheitliche Kodierung im gesamten Netzwerk
normal: beidseitig gleich kodiert, sonst Cross-Over-Kabel

Stecker/Buchsen

RJ-45 (Registered Jack)

Standard, 8 Pin
max. bis Cat 6A
bis 500 MHz

ungeeignet für Cat7



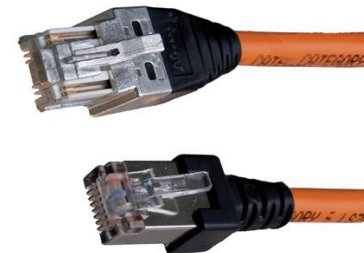
Nexans GG45

abwärtskompatibel zu RJ-45

8+4 Pin

bis 1000 MHz

geeignet für Cat 7



Siemon TERA

unkompatibel zu RJ-45,
2, 4, oder 8 Pin

bis 1,2 GHz

Geeignet für Cat 7



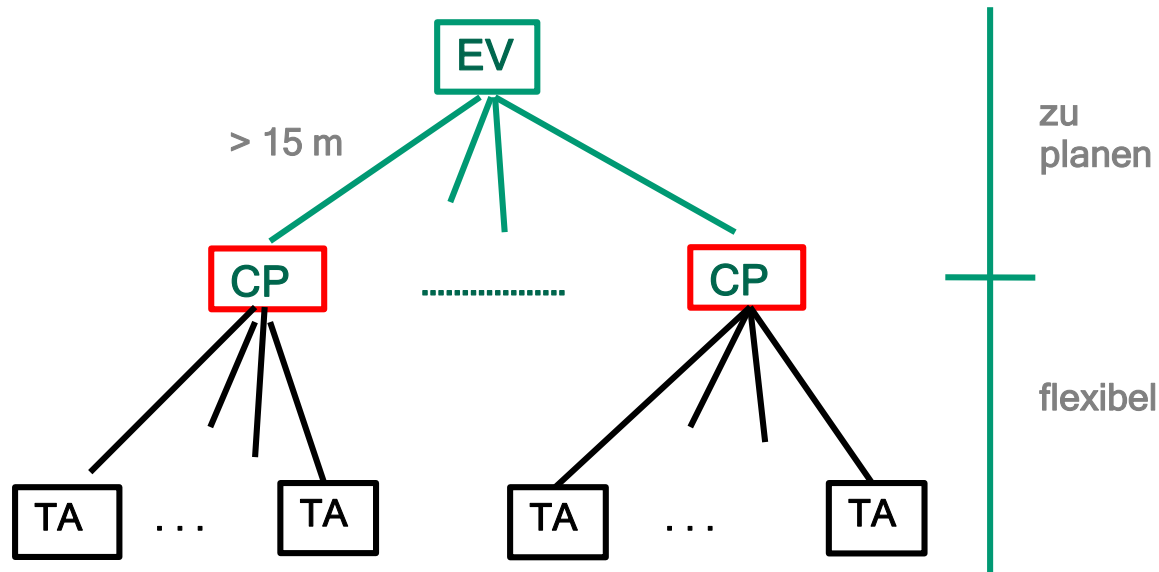
EN 50173 Sammelpunkte (Consolidation Points)

Bürobetrieb

wechselnde Anforderungen an Anzahl und Position der Anschlußdosen

2002 Möglichkeit der Installation von Sammelpunkten
zwischen Etagenverteiler und Anschlußdosen

- Zugängigkeit muß gegeben sein (Zwischendecken, Unterflursysteme, ...)
- maximal 12 Anschlüsse pro CP
- Abstand EV \leftrightarrow CP muß größer als 15 m sein



Qualitätssicherung

EN 50173	Formulierung Anforderungen an Netzwerkinstallation
EN 50174	Qualitätsplan, unterschiedliche Stufen
EN 50346	Meßverfahren, hohe Anzahl HF-Messungen (48 pro Kabel) (moderne Geräte messen Meßwertsatz in 9 s)
Verifizierung	Überprüfen der Verdrahtung Zuordnen von Anschlüssen Durchgangstest
Qualifizierung	Überprüfen der Gewährleistung der Bandbreite
Zertifizierung	Überprüfen Konformität mit vorgegebenen Standards Grenzwerteinhaltung nach ISO/IEC 11801, EN 50173, ...
Referenzierung	Untersuchungen im Labor

Zertifikat: Kontrollparameter

Wiremap	Kontrolle der korrekten Verdrahtung
Impedance	Leitungswellenwiderstand des Kabels
Attenuation	Dämpfung
Length	Länge der Übertragungsstrecke
DC-Resistance	Ohmscher Widerstand
NEXT	(near end crosstalk) Nahübersprechen
FEXT	(far end crosstalk) Fernübersprechen
ACR-F (ELFEXT)	(equal level far end crosstalk) Verhältnis des übersprechenden Ausgangspegels zum eigentlichen Ausgangspegel
ACR	(Attenuation To Crosstalk Ratio) Dämpfung-Übersprech-Verhältnis
powersum NEXT	Leistungssumme des Nahübersprechens
powersum ELFEXT	Leistungssumme der elektromagnetische Koppelung am entfernten Kabelende
powersum ACR	Leistungssumme des Dämpfung-Übersprech-Verhältnis
Return Loss	Rückflusssdämpfung
NVP	(nominal velocity of propagation) verzögerte Signallaufzeit gegenüber der Lichtgeschwindigkeit im Vakuum
Propagation Delay	Signallaufzeit
Delay Skew	Signallaufzeitunterschied auf verschiedenen Aderpaaren

Zertifikat: Kontrollparameter

Wiremap (Verdrahtungsfehler)

- Adernvertauschung
- Überkreuzung von Adernpaaren
- nicht paarweise Pin-zuordnung
- Ader-Schirmschluß
- offene Pins

Gleichstromwiderstand

- Überschreitung von Grenzwerten problematisch
- niedrige Werte ermöglichen Fernstromversorgung

Kapazität (optional)

- Überschreitung von Grenzwerten problematisch (Feuchtigkeit im Kabel, Druckstellen, ...)
- Meßwert dient der Berechnung der Impedanz

Delay Laufzeiten

Zusammenhang

- Signalausbreitungsgeschwindigkeit
- Länge
- NVP (Nominal Velocity of Propagation)

$$T_L = \frac{l_{Kabel}}{c_{Kabel}} = \frac{l_{Kabel}}{NVP * c_{Vakuum}}$$

NVP-Wert: Angabe durch Kabelhersteller (0,6 ... 0,9),
abhängig von

- Verkürzungsfaktor
- Schlaglänge, Verdrillung

In der Praxis wird die o.g. Formel meist umgekehrt benutzt.
Laufzeitmessung → **Kabellänge**

Delay Skew Laufzeitdifferenzen

Kabelproduktion

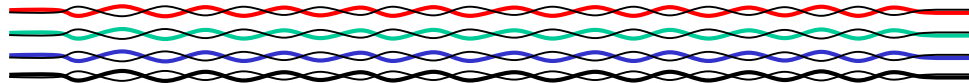
→ NVP-Wert schwankt über Kabellänge

Laufzeitdifferenzen zwischen den einzelnen Adernpaaren eines Kabels

Skew = Differenz zwischen Maximal- und Minimalwert

$$\text{Delay Skew} = T_{L-\max} - T_{L-\min}$$

wichtig für Technologien mit zeitparallelem Senden über mehrere Adern
z.B. bei 10GbE



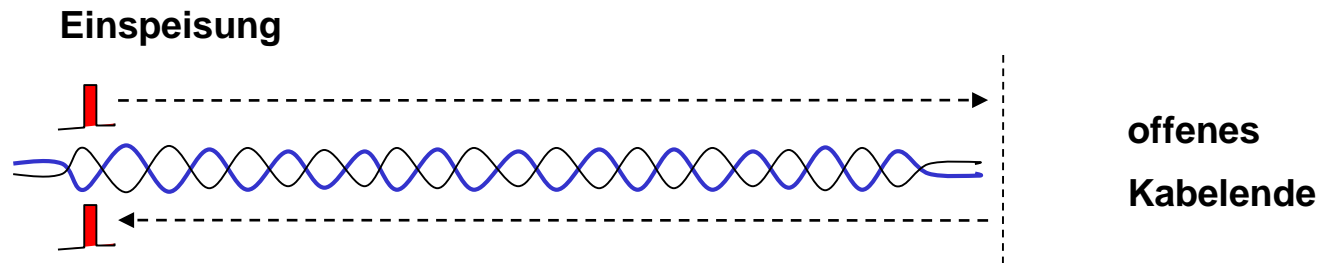
Bidirektionale Übertragung mit 4 x 250 Mbit/s

Delay Skew von 4 ns bedeutet bereits Zeitverschiebung um 1 Bitzeit !

Laufzeitmessung

Ausnutzung der Signalreflexion am Kabelende

- keine Reflexion, wenn korrekter Kabelabschluß mit Wellenwiderstand
- Reflexion, wenn offenes Ende
- Reflexion mit Pegelumkehr bei kurzgeschlossenem Ende

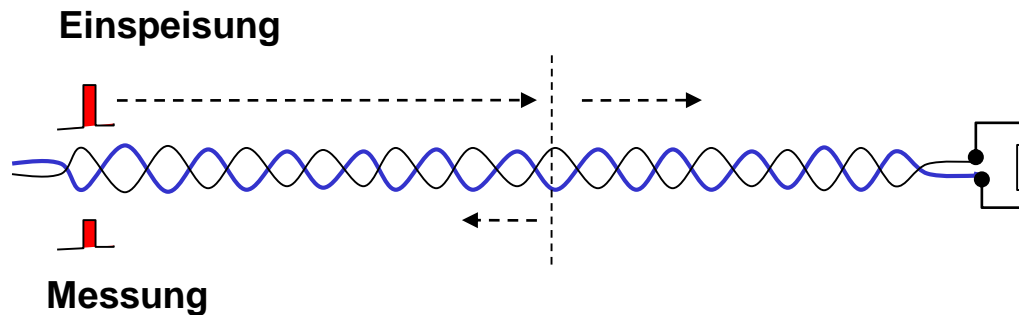


Beim Meßvorgang werden kurze Impulse (zB. 20 ns) gesendet und die Zeitdifferenz gemessen:
zwischen Senden Signal und Empfang des reflektierten Signales

→ **Laufzeit = Meßwert / 2**

Kabelrückflußdämpfung (Return Loss)

An Störstellen der Übertragungsstrecke erfolgen Signalreflexionen
Ursachen: Kabelmontagefehler, falsche Abschlußwiderstände, ...



$$A_r = 10 \lg \left(\frac{\text{Sendeleistung}}{\text{reflektierte Leistung}} \right)$$

Beim Meßvorgang werden kurze Impulse (zB. 20 ns) gesendet
und danach die Intensität des reflektierten Signales gemessen.

Über Messung der Laufzeit kann auch Reflexionsort ermittelt werden.

Impedanz

Wellenwiderstand

wird berechnet aus Meßwerten für Laufzeit und Kabelkapazität

→ Größe der Kabelabschlußwiderstände

$$Z_0 = \frac{T_L}{C}$$

$$c_{Kabel} = \frac{l_{Kabel}}{T_L} = \frac{1}{\sqrt{L' * C'}}$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$$

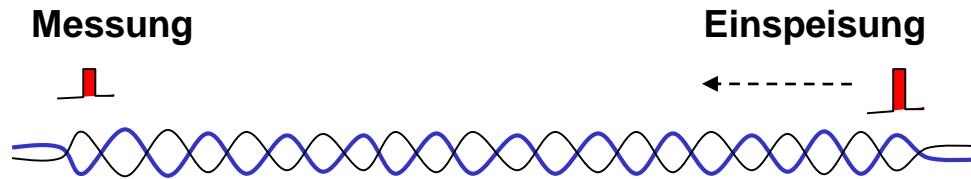
Beispielmessung

- 500 ns Laufzeit
- 5 nF Kapazität

→ 100 Ω Impedanz

Kabeldämpfung (Insertion Loss)

Dämpfungsgrenzwerte müssen unbedingt eingehalten werden
→ Messungen und ggf. Korrekturen an der Netzwerkinstallation



$$A_i = 10 \lg \left(\frac{\text{Sendeleistung} - \text{fern}}{\text{Empfangsleistung} - \text{nah}} \right)$$

Kabeldämpfung abhängig von

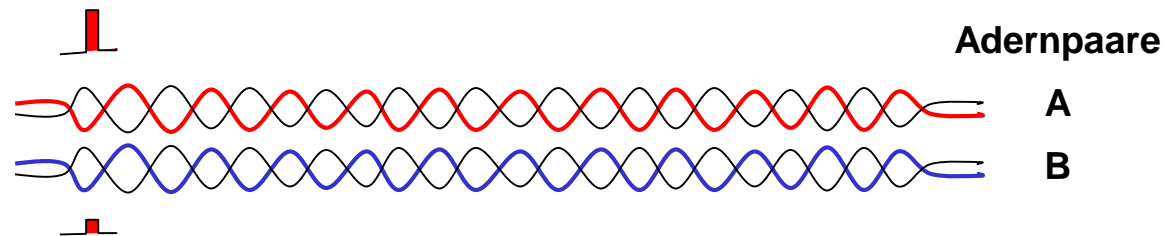
- Kabellänge
- Frequenz
- Installationsfehlern (Biegungen, Quetschungen)
- Temperatur , Luftfeuchtigkeit

Insertion Loss ist durch Verstärkung korrigierbar

NEXT Near End Crosstalk

Nahübersprechen NEXT

- Signalströme im Paar A induzieren Störströme im Nachbar-Paar B
- NEXT wird am Kabelanfang gemessen, Maßeinheit dB
- relativ längenunabhängig
- stark frequenzabhängig, beeinflussbar durch Kabelqualität



$$NEXT = 10 \lg \left(\frac{Sendeleistung - nah - A}{Störleistung - nah - B} \right)$$

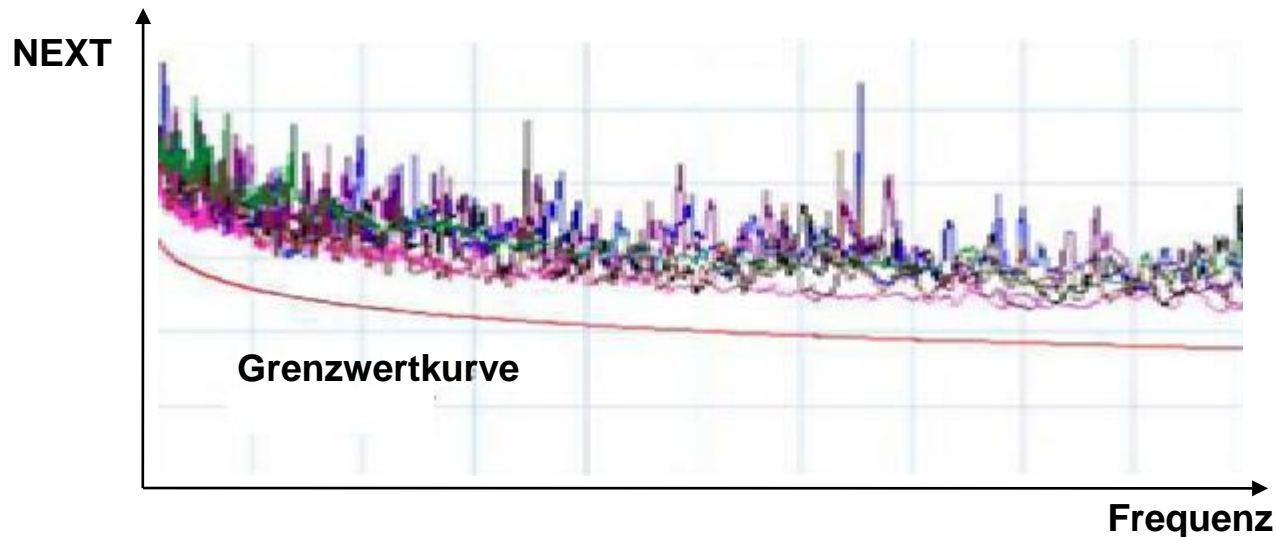
NEXT kann sich an den beiden Enden unterscheiden → 2 Messungen
NEXT ist prinzipiell korrigierbar, durch Gegensteuern im Adernpaar B

PSNEXT Power Sum NEXT

berücksichtigt NEXT von **allen** anderen Paaren im Kabel
bedeutsam für Kabel mit Parallel-Übertragung über mehrere Adernpaare

Hauptursachen für schlechte NEXT-Werte

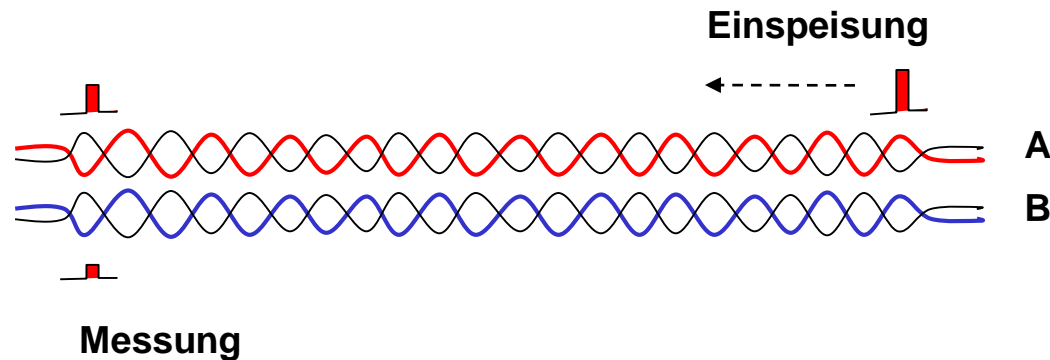
- zu geringe Qualität der Netzwerkkomponenten
- Montagefehler



FEXT Far End Crosstalk

Fernübersprechen FEXT

- FEXT wird am der Einspeisung entgegengesetzten Ende gemessen
 - Nebensprechen erfolgt über gesamte Kabellänge
zusätzlich geht Leitungsdämpfung ein
- FEXT-Wert längenabhängig, schwer meßbar



$$FEXT = 10 \lg \left(\frac{\text{Sendeleistung} - \text{fern} - A}{\text{Störleistung} - \text{nah} - B} \right)$$

FEXT ist nicht korrigierbar.

ACR Attenuation Crosstalk Ratio
Verhältnis des Nebensprechens NEXT zur Dämpfung A

$$\text{ACR [dB]} = \text{NEXT [dB]} - \text{Dämpfung [dB]}$$

ACR-F bzw. **ELFEXT** (Equal Level Far-end Cross Talk)
Verhältnis des Nebensprechens FEXT zur Dämpfung A
relativ längenunabhängig

$$\text{ACR-F [dB]} = \text{FEXT [dB]} - \text{Dämpfung [dB]}$$

PSACR und **PSACR-F**

$$\begin{aligned}\text{PSACR} &= \text{PSNEXT minus Dämpfung des eigenen Paares} \\ \text{PSACR-F} &= \text{Summe ACR-F der anderen Paare}\end{aligned}$$

EMI (Eletromagnetic Interference) / AXTALK (Alien NEXT)

EMI

Einstrahlung durch Emission fremder Geräte

AXTALK

Übersprechen in Kabelbündeln zwischen Nachbarkabeln
ANEXT, PS ANEXT, PS AACR-F, ...

Problem bei Frequenzen ≥ 500 MHz in UTP-Installationen

Auswege

- Kabelabstände erhöhen
- Abstände der Netzwerkdosen erhöhen
- Patch Panels mit größerem Buchsenabstand
- bessere Schirmung durch S/FTP-Kabel
Dämpfung des Alien AXTALK um 100 dB
- Installation auf Niveau Klasse F
Gütegarantie „per Design“

Grenzwerte

Grenzwerte einer Übertragungsstrecke Klasse E (250 MHz) nach Standard EN 50173:2001

Meßwerte Loss [dB] Delay [ns]	Frequenz / MHz								
	1	4	10	16	20	31,25	100	200	250
Insertion Loss	4,0	4,2	6,5	8,3	9,3	11,7	21,7	31,7	35,9
Delay				555					
Delay Skew	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	44,0
NEXT	65,0	63,0	56,6	53,2	51,6	48,4	39,9	34,8	33,1
PSNEXT	62,0	60,5	54,0	50,6	49,0	45,7	37,1	31,9	30,2
Return Loss	19,0	19,0	19,0	18,0	17,5	16,5	12,0	9,0	8,0
ACR-F	63,2	51,2	43,2	39,2	37,2	33,3	23,3	17,2	15,3
PSACR-F	60,3	48,3	40,3	36,2	34,3	30,4	20,3	14,2	12,3
ACR	62,8	58,9	50,0	44,9	42,3	36,7	18,2	3,0	-2,8
PSACR	58,0	56,3	47,5	42,3	39,7	34,0	15,4	0,2	-5,7

IEEE 802.3af Power over Ethernet

bisher	Informationsübertragung über Netzwerk Stromversorgung getrennt (220V-Wechselstromnetz)
IEEE 802.3af	Stromversorgung über Netzwerk PSE (Power Sourcing Equipment) → PD (Powered Device) pro Kabel ca. 15 W Leistung, und 44 ... 57 V Spannung typischerweise 48 V

2 Varianten

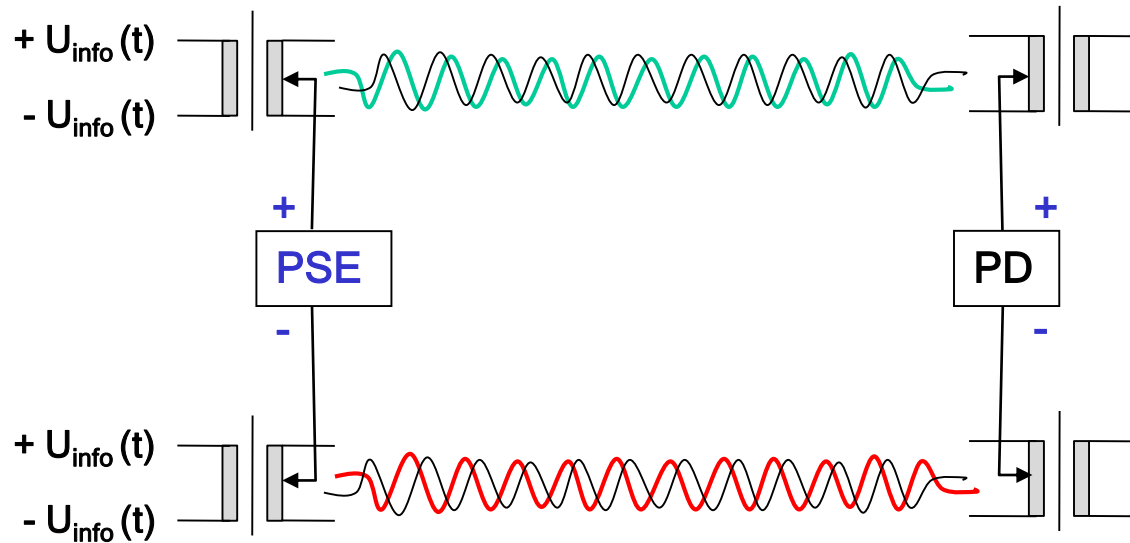
- Phantomeinspeisung MDI und MDI-X (über Datenübertragungspaare)
- Spare-Pair-Einspeisung (über ungenutzte Paare)
- PSE kann Verfahren wählen (muß aber einheitlich sein im Netzwerk)
- PD muß alle Verfahren beherrschen
- beim Anschließen erfolgt Erkennungsprozedur (zwischen PSE und PD)

→ **Vorsicht**

IEEE 802.3af Phantomeinspeisung

PSE setzt Adernpaare 1/2 und 3/6 auf unterschiedliche Potentiale
PD kann die Spannungsdifferenz nutzen

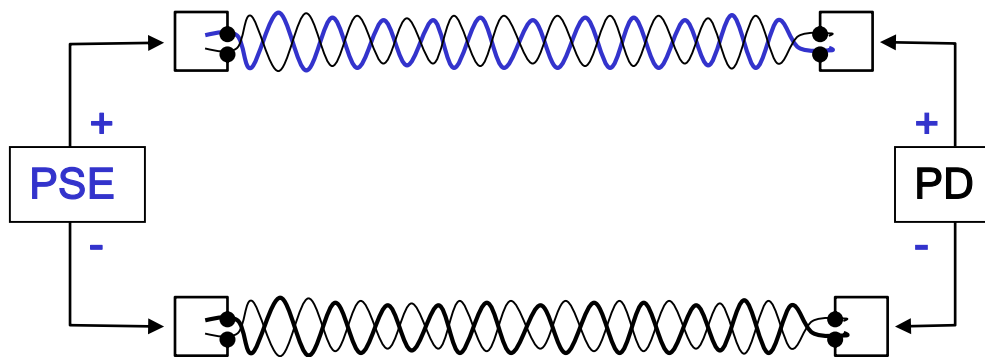
MDI (Phantomeinspeisung)



MDI-X (Phantomeinspeisung - alternativ mit umgekehrter Polung)

IEEE 802.3af Spare-Pair-Einspeisung

PSE setzt Adernpaare 4/5 und 7/8 auf unterschiedliche Potentiale
PD kann die Spannungsdifferenz nutzen



Probleme

- unkompatibel zu ISDN, ...
- ungeeignet für Netzwerke,
in denen alle Adernpaare genutzt werden !!! (z.B. Gbit-Ethernet)

IEEE 802.3af Power over Ethernet

Leistungsklassen				
Klasse	Typ	Max. Strom	Max. Leistung (PSE)	Max. Leistung (PD)
0	default	0-5 mA	15,4 W	0,44 W - 12,95 W
1	optional	8-13 mA	4,0 W	0,44 W - 3,84 W
2	optional	16-21 mA	7,0 W	3,84 W - 6,49 W
3	optional	25-31 mA	15,4 W	6,49 W - 12,95 W
4	reserviert	35-45 mA	15,4 W	reserviert

Standardleistung 15 W reicht für VoIP-Telefone, ..., nicht für Computer
Erhöhung auf 30 W in Diskussion (IEEE 802.3at)

Wärmeentwicklung

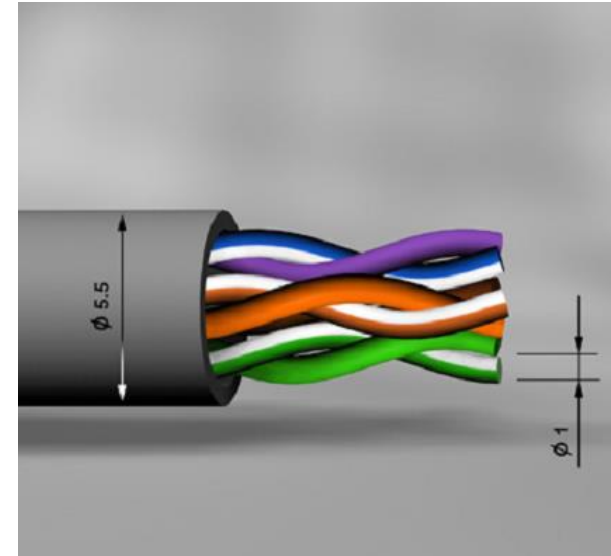
- pro Kabel ist die Wärmeabgabe unkritisch
- bei Kabelbündeln muß Wärmebilanz berechnet werden !
zulässiger Kabeltemperaturbereich z.B. – 20 ... + 60 °C

UTP

UTP, PVC, 4 pair, Cat-5, 305 m
39-504-PB (Molex)

Eigenschaften:

1. kompatibel zu EIA/TIA 568A and ISO/IEC 11801
2. speziell für horizontale Verkabelung und Backbone
3. schmaler Außendurchmesser
4. Charakteristische Impedanz = $100 \pm 15 \text{ Ohm}$
5. Min. NEXT bei 100 m und 100MHz = 32 dB
6. Max. Dämpfung, dB/100 m bei 100MHz = 22 dB
7. Temperaturbereich von -20 bis +60 °C



Paar 1: weiss-blau/blau

Paar 2: weiss-orange/orange

Paar 3: weiss-grün/grün

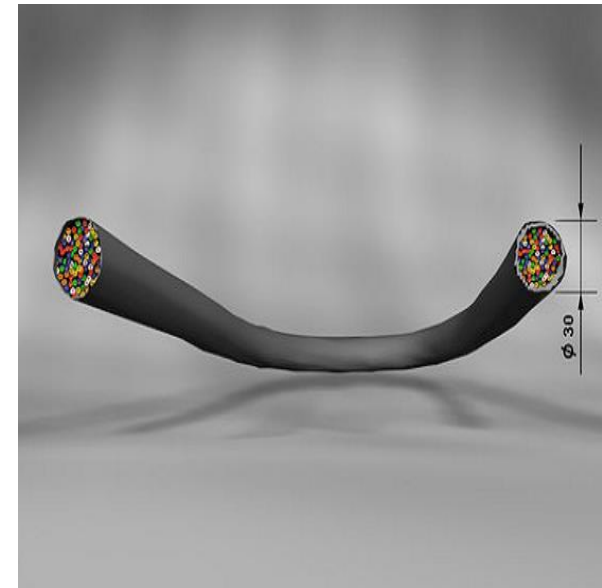
Paar 4: weiss-braun/braun

UTP

UTP Cable Riser, 100-pair
MS.B0130 (Molex)

Eigenschaften:

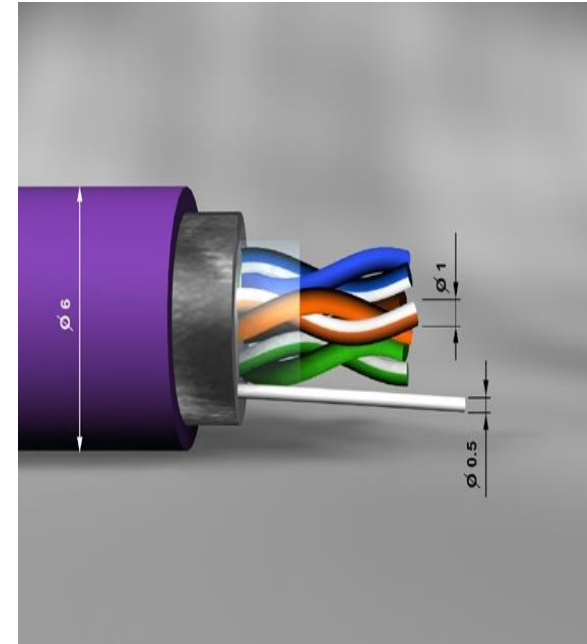
1. kompatibel zu EIA/TIA 568A and ISO/IEC 11801
2. 4 x 25 Paar-Elemente
3. FR-PVC-Mantel (feuerfestes PVC)
4. kompatibel mit EIA/TIA 568A und ISO/IEC 11801
5. speziell für Sprache und Backbone
6. Min. NEXT bei 100 m und 16 MHz = 23 dB
7. Charakteristische Impedanz = $100 \pm 25 \text{ Ohm}$
8. Max. Dämpfung, dB/100 m bei 16 MHz = 13.1
9. Temperaturbereich = -20 to +60 °C



FTP, LSZH, 4 pair, Cat-5.305m
39A-504-AA (Molex)

Eigenschaften:

1. LSZH-Mantel (Low Smoke Zero Halogen)
2. kompatibel mit EIA/TIA 568A und ISO/IEC 11801
3. Speziell für horizontale Verkabelung and Backbone
4. Schmäler Außendurchmesser
5. Min. NEXT bei 100 m Kabel und 100 MHz = 32 dB
6. Charakteristische Impedanz = $100 \pm 15 \text{ Ohm}$
7. Max. Dämpfung, dB/100 m = 22
8. Temperaturbereich = -20 to +600C



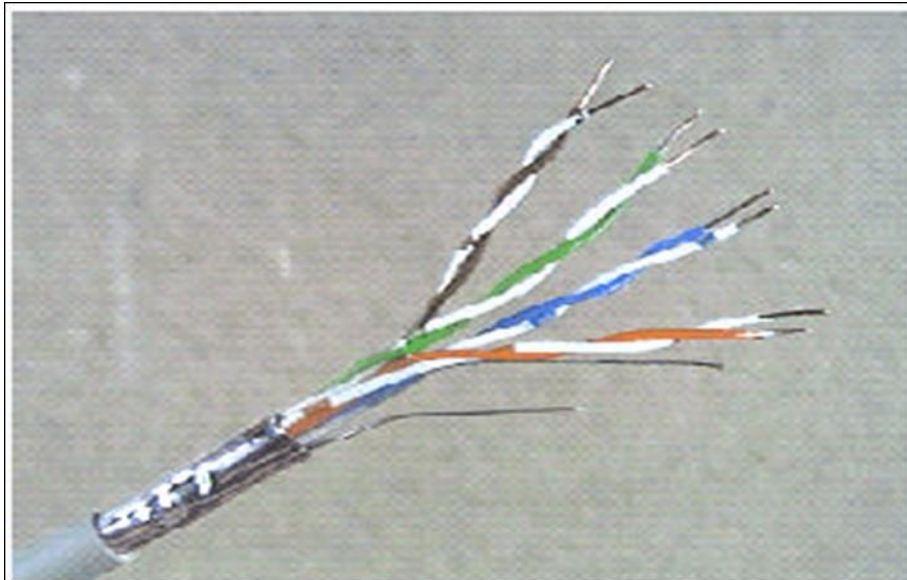
Paar 1: weiss-blau/blau

Paar 2: weiss-orange/orange

Paar 3: weiss-grün/grün

Paar 4: weiss-braun/braun

S/UTP

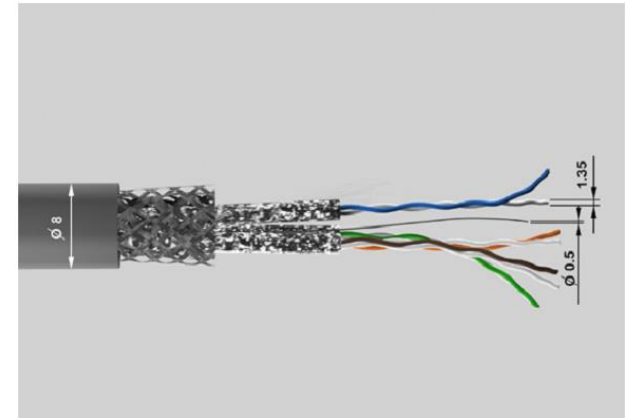


S/FTP

S/FTP PVC Cable 600 MHz 4-pair, 305 m
39A-504-SM

Eigenschaften:

1. kompatibel mit DIN 44312-5 (600 MHz)
2. speziell für horizontale Verkabelung und Backbone
3. FR-PVC- Mantel (feuerfestes PVC), grau (RAL 7046)
4. jedes Paar individuell mit Aluminium/Polyester Folie abgeschirmt
5. Durchmesser des Leiters 23 AWG (0.58 mm)
6. garantiert EMV -Schutz (360 Grad Abschirmung)
7. Charakteristische Impedanz $100 \pm 15 \text{ Ohm}$
8. Maximale Dämpfung 45.49 dB/100 m
9. Mechanische Charakteristiken bei 600 MHz 100 W
10. Pair-Pair NEXT 600MHz = 98 dB/100m
11. Temperaturbereich = -20 to +60 °C

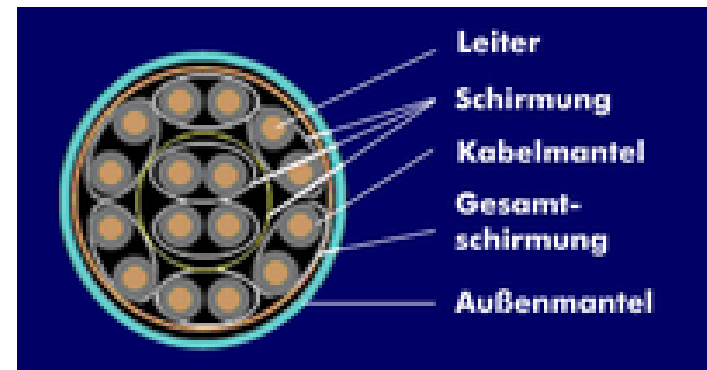


Twinax Cable

SFP IB4X Cable

Eigenschaften:

1. Für die Ethernettechnologie 10Gbase-CX4 optimiert
Dämpfung unter 10 dB auf 15 m bei 1,25 GHZ
2. 8 Adernpaare mit Schirmung
innen 2 Adernpaare mit Zusatzschirmung,
darum weitere 6 Adernpaare
außen Gesamtschirmung
3. Spezielle Stecker/Buchsen



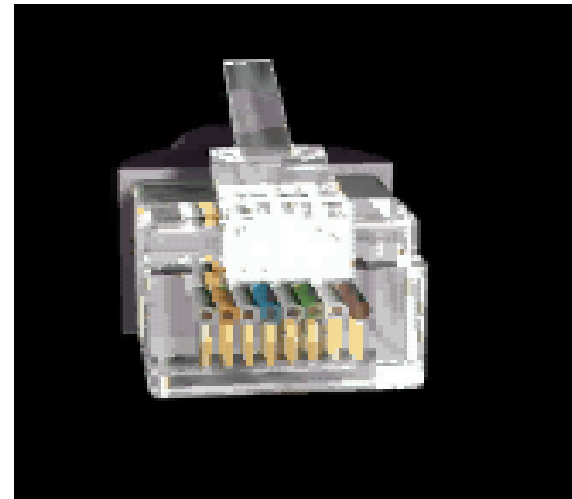
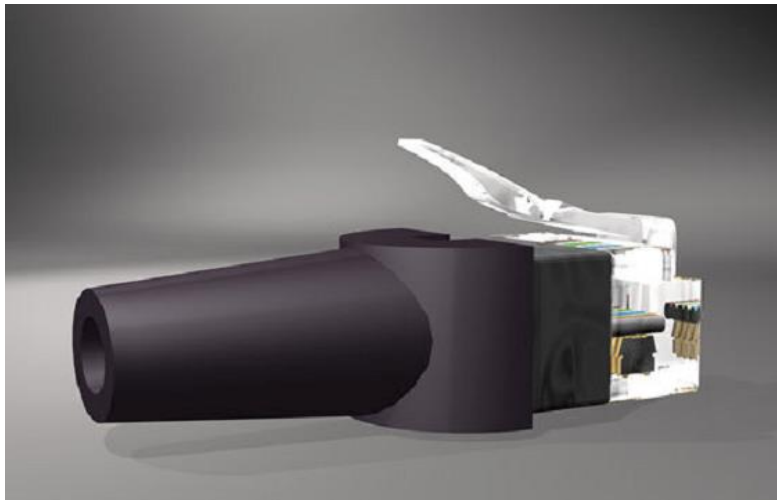
Quelle:
www.itwissen.info

Stecker

RJ45 Shielded Modular Plug Kit MX95043-2891 (Molex)

Eigenschaften:

1. entspricht Cat5 - Anforderungen
2. 360° Abschirmung
3. Draht: 1.02 mm \pm 0.1 mm
4. Plastteile (Schutzstecker) zugehörig

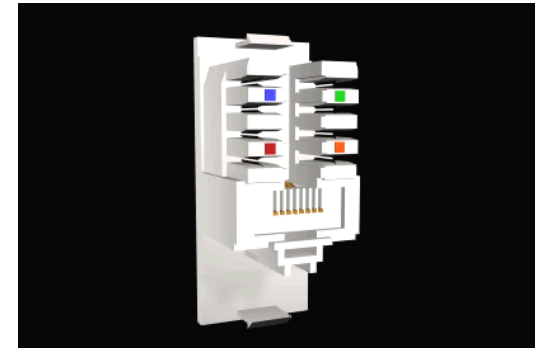


Buchsen

Euromod 1xRJ45, M1 Straight, 568B, UTP, PoweCat, White
17.1B.011.A0042 (Molex)

Eigenschaften:

1. Euromod-Wallplates und Bezels kompatibel
2. enthält RJLP RJ45-Connector geschlossen
3. PowerSum kompatibel
4. geeignet für High Speed Data Transmission (Gigabit Ethernet, 622 Mbps ATM)
5. Platzsparende kleine Module



Eigenschaften

- hohe Übertragungsraten, sehr hohe Reichweiten
- hohe Abhörsicherheit
- keine Beeinflussung durch äußere elektromagnetische Störfelder
- kein Nebensprechen
- Erdung Potentialausgleich, Abschirmung nicht nötig, Überspannungsschutz, keine Explosionsgefahr
- keine Möglichkeit der Gerätestromversorgung über LWL
- empfindlich gegenüber mechanischer Belastung, Gefahr Faserbruch nicht einfach zu verlegen, Zuglasten, Biegeradius
- hoher Konfektionierungsaufwand (Installation durch Spezialfirmen)
- Schwachstelle Steckertechnik (Verschmutzung, Justage)
Dämpfung durch Spleiße
- hohe Kosten für Geräte- und Messtechnik

Faser-Kategorien

Optical Multimode OM1 ... OM3e

- preiswert, insbesondere bei Nutzung von LED-Strahlern
- Modendispersion, Einschränkungen Datenraten/Entfernungen

Optical Singlemode OS1

- kostenintensiv
- keine Modendispersion, höhere Datenraten/größere Kabellängen

Max. zulässige Dämpfung nach EN 50173-1				
Kategorie	Max. Dämpfung (dB/km)			
	850 nm	1300 nm	1310 nm	1550 nm
OM1	3,5	1,5		
OM2	3,5	1,5		
OM3	3,5	1,5		
OS1			1,0	1,0

Faser-Klassen

nach EN 50173-1

- **OF-300** zulässig für Kabellängen bis 300 m
- **OF-500** zulässig für Kabellängen bis 500 m
- **OF-2000** zulässig für Kabellängen bis 2000 m

Max. zulässige Dämpfung auf der Übertragungsstrecke				
Klasse	Multimode		Monomode	
	850 nm	1300 nm	1310 nm	1550 nm
OF-300	2,55 dB	1,95 dB	1,8 dB	1,8 dB
OF-500	3,25 dB	2,25 dB	2,0 dB	2,0 dB
OF-2000	8,50 dB	4,50 dB	3,5 dB	3,5 dB

modale Bandbreite bei OM-Fasern

BLP – (Effektive Modal Bandwidth)
Bandbreitenlängenprodukt , bzw. modale Bandbreite
Maß für Modendispersion bei OM-Fasern

Max. Größe der Impulsfrequenz bei 1 km Kabellänge
Gemessen in [MHz*km]

z.B. $BLP = 1000 \text{ MHz*km}$
 Länge 1 km max. Impulsfrequenz 1000MHz
 Länge 2 km max. Impulsfrequenz 500 MHz

Meßmethode **OFL** (Overfilled Launch)

- LED-ähnliche Lichteinkopplung
(weiter Öffnungswinkel, Anregung aller Kernmoden)
Messung bei Wellenlängen von 850 nm und bei 1300 nm
- Erhöhung Lichtimpulsfrequenz , bis zur 3dB-Dämpfung (ca 50%)
- Multiplikation Frequenz x Faserlänge

BLP bei LED-optimierten Fasern meist für 1300 nm größer als für 850 nm

Lichtwellenleiter - Technologieeignung

Fasertypen

- Optical Multimode OM1 ... OM3e
- Optical Singlemode OS1

Zitat:
KSI Kontakt-Systeme Inter GmbH

	OM1	OM1e	OM2	OM2e	OM3	OM3e	OS1
100BASE-SX	OF300						-
100BASE-FX	OF2000						
1000BASE-SX	-	OF500					-
1000BASE-LX	OF500			OF2000	OF500		OF2000
10GBASE-SR	-				OF300	OF500	
10GBASE-LX4	OF300			OF500	OF300		OF2000
10GBASE-LR	-						
10GBASE-LW							
10GBASE-ER							
10GBASE-EW							

Lichtwellenleiter-Fasertypen Übersicht

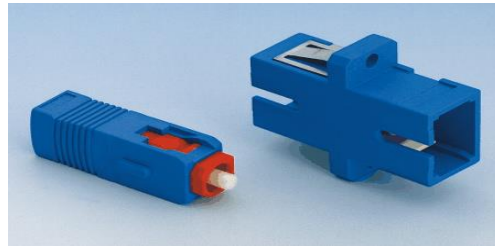
Standards		Multimode						Singlemode
IEC/ISO 11801 Klasse		OM1	OM1e	OM2	OM2e	OM3	OM3e	OS1
IEC 60793-2 Kategorie		10-A1b	10-A1b	10-A1a	10-A1a	10-A1a.2	10-A1a.2	50-B1.1
EN 50173-1 Standards		EN 60793-2-10	EN 60793-2-10	EN 60793-2-10	EN 60793-2-10	EN 60793-2-10	EN 60793-2-10	EN 60793-2-50
ITU-T		G.651	G.651	G.651	G.651	G.651	G.651	G.652
Core/Cladding		62,5 / 125 µm	62,5 / 125 µm	50 / 125µm	50 / 125µm	50 / 125µm	50 / 125µm	9(10) / 125µm
optimiert für Wellenlänge		-	1300nm	-	1300nm	850nm	850nm	-
numerische Apertur		0,275	0,275	0,2	0,2	0,2	0,2	-
Dämpfung dB/km (typisch)								
850nm		3,1	3,1	2,5	2,5	2,5	2,3	0,4
1300nm		0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,5	0,25
Bandbreitenlängenprodukt (BLP) MHz*km								
850nm OFL (minEMBC)		200	250	500	600	1500 (2000)	3500 (4500)	-
1300nm		600	800	1000	1200	500	500	-
Linklänge m								
850nm	100BASE-SX / 100Mbit/s	300	300	300	300	300	300	-
	1000BASE-SX / 1Gbit/s	275	500	550	750	900	1000	-
	10GBASE-SR / 10Gbit/s	33	65	82	110	300	550	-
1310nm	100BASE-FX / 100Mbit/s	2000	2000	2000	2000	2000	2000	60000
	1000BASE-LX / 1Gbit/s	550	1000	550	2000	550	550	5000
	10GBASE-LX4 / 10Gbit/s	300	450	300	900	300	300	10000
	10GBASE-LR / 10Gbit/s	-	-	-	-	-	-	10000
	10GBASE-LW / 10Gbit/s	-	-	-	-	-	-	10000
1550nm	10GBASE-ER / 10Gbit/s	-	-	-	-	-	-	40000
	10GBASE-EW / 10Gbit/s	-	-	-	-	-	-	40000

Steckertypen für LWL

ST-Stecker



SC-Stecker



SC-Duplex-Stecker

