

# SWPF NETZWERKTECHNIK I

## Inhalt

1.	NETZWERK-INFRASTRUKTUREN .....	2
1.1.	Das Übertragungsverfahren Ethernet .....	3
1.2.	Standards und Normen .....	3
1.3.	Netzwerktopologie und Strukturierte Gebäudeverkabelung .....	8
1.3.1.	Primärverkabelung, Gebietsnetz .....	10
1.3.2.	Sekundärverkabelung, Steigbereich .....	12
1.3.3.	Tertiärverkabelung, Anschlussbereich.....	13
1.3.4.	Wahl der Übertragungsgeschwindigkeiten.....	15
1.3.5.	Infrastrukturmaßnahmen.....	16
1.4.	Übertragungsmedien beim Ethernet .....	18
1.4.1.	Kupferkabel .....	18
1.4.1.1	Abschirmvarianten .....	18
1.4.1.2	Verlegungsvorschriften für Kabel .....	21
1.4.1.3	Anschlusstechnik beim Kupferkabel .....	21
1.4.1.4	Farbcodes für die „Twisted Pair“- Verkabelung .....	22
1.4.1.5	Ethernet-Kabel.....	25
1.4.2.	Lichtwellenleiter-Kabel (LWL).....	25
1.4.2.1	LWL-Kabeltypen und Aufbaustruktur.....	25
1.4.2.2	Fiber Optic Connectors .....	27
1.5.	Zertifizierung von Netzwerkverbindungen .....	29
1.5.1.	Motivation und Ziele.....	29
1.5.2.	Normen .....	29
1.5.3.	Testparameter.....	32
1.5.4.	Messablauf .....	41
1.5.5.	Protokollierung der Messergebnisse (Bsp. Linkware).....	43
1.6.	Beispiele von Netzwerkkonfigurationen .....	45
1.6.1.	Beispielkonfiguration A.....	45
1.6.2.	Beispielkonfiguration B.....	46
1.6.3.	Beispielkonfiguration C - Einsatz von Firewallsystemen .....	47
1.6.4.	Beispielkonfiguration D Industrienetze .....	48

# 1. NETZWERK-INFRASTRUKTUREN

**Modules**

- 1: Einführung in Netze
- 2: Netzgrundlagen
- 3: Netzmedien
- 4: Testen von Kabeln
- 5: Verkabeln von LANs und WANs
- 6: Ethernet-Grundlagen
- 7: Ethernet-Technologien
- 8: Ethernet-Switching
- 9: TCP/IP-Protokollfamilie und IP-Adressierung
- 10: Routing-Grundlagen und Subnetze
- 11: Anwendungsschicht und Transportschicht des TCP/IP-Modells

Case Study:  
Fallstudie zur strukturierten Verkabelung

## CISCO NETWORKING ACADEMY PROGRAM

### CCNA 1: Netzgrundlagen 3.1.1

CCNA 1: Netzgrundlagen ist der erste von vier Kursen zum Erwerb der Cisco Certified Network Associate (CCNA)-Zertifizierung. In diesem Kurs erhalten die Teilnehmer des Cisco Networking Academy Program eine Einführung auf dem Gebiet der Netztechnik. Der Kurs konzentriert sich auf die Themen Netzterminologie und Netzprotokolle, lokale Netze (LANs) und Weitverkehrsnetze (WANs), OSI-Modell (Open System Interconnection), Verkabelung, Verkabelungswerkzeuge, Router, Router-Programmierung, Ethernet, Internet Protocol (IP)-Adressierung und Netzstandards.

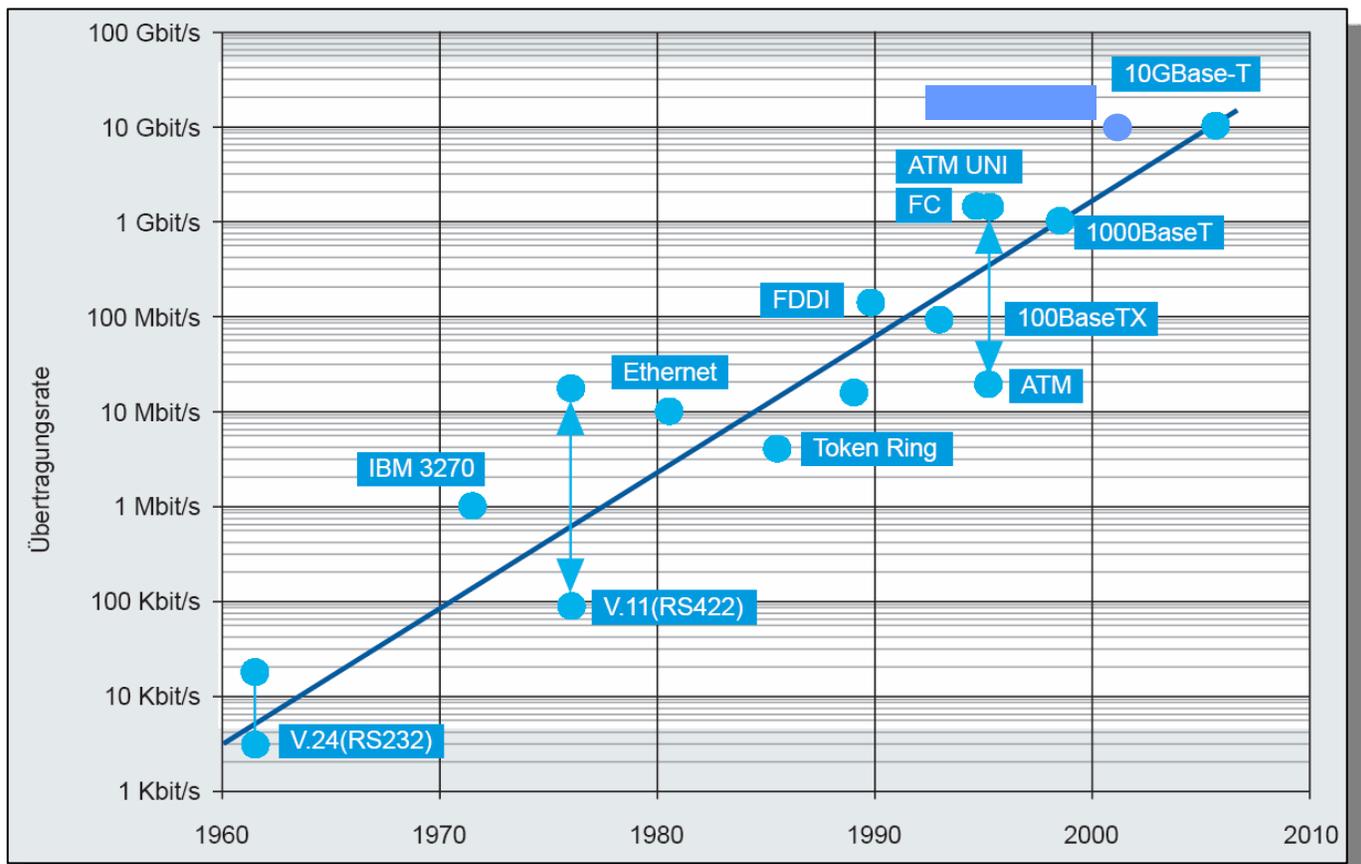


Bild: Entwicklung der Datenraten

Statistik: Die machbare Datenrate verzehnfacht sich alle 7 Jahre.

## 1.1. Das Übertragungsverfahren Ethernet

Das Ethernet-Protokoll (IEEE 802.3xx) hat sich in den letzten Jahren zum Standardprotokoll im LAN-Bereich entwickelt. Ein Überblick über die möglichen Übertragungsgeschwindigkeiten und Medien liefert die untenstehende Tabelle.

Der Nachteil des ursprünglichen Ethernet-Standards war das CSMA/CD-Zugriffsverfahren. Hierdurch ist die Netzausdehnung eingeschränkt und wegen der Kollisionen ist nur ein Teil der physikalischen Übertragungsgeschwindigkeit nutzbar.

Mit dem Einsatz von Switches und Vollduplex-Strecken entfallen Kollisionen und der Switch regelt den Netzzugriff; das CSMA/CD-Protokoll mit seinen Nachteilen entfällt.

Norm	Bezeichnung	Übertragungsgeschwindigkeit, Medium	Länge
IEEE 802.3	10/100 Base TX	10/100 Mbit/s Twisted Pair 2 DA Kat. 5	100 m
	100 Base FX	100 Mbit/s LWL 50/125 µm (62,5/125 µm)	2 km *
IEEE 802.3z	1.000 Base	1 Gbit/s	
	1000BaseSX **	LWL 50/125 µ (850 nm) Gradientenindexfasern	2-500 m
	1000BaseLX 1000BaseTX	50/125 µm (1310 nm) Einmodenfasern 9/125 µm	2-550 m 10 km
		über Kupfer (4 Doppeladern): Twisted Pair (seit 9/99 standardisiert)	100 m
IEEE 802.3ae	10GBase-	10 Gbit/s	
		im LAN-Bereich (Gradientenindexfasern) (Einmodenfasern)	300 m 2 km
		im WAN-Bereich (Einmodenfasern)	40 km

\* Bei Vollduplexübertragung

\*\* Wellenlänge: S: Short (850 nm); L: Long (1310 nm); E: Extra Long (1550 nm)

Bild: IEEE 802.3 Übertragungstechniken

Für Gigabit-Ethernet sind im IEEE-802.z-Standard auch 62,5-µm-Fasern zugelassen. Vorhandene Fasern sind daher nicht auszutauschen.

Zu beachten ist bei Verwendung von 1000BaseSX über die 62.5-µm-Faser die geringere maximale Leitungslänge von 220m, bei 1000BaseLX sind ebenfalls Längen von 550 m möglich.

## 1.2. Standards und Normen

IEC / ISO	ISO / IEC 11801 1995, 2001
-----------	----------------------------

CENELEC	EN 50173, 2002
ANSI TIA / EIA	TIA / EIA 568A and B 1999
DIN	47.1000

Bild: Normen zur Verkabelung von Netzwerken

Der wichtigste Standard ist der ISO/IEC 11801 Standard von 1995 / 2001, der nachfolgend eingehender betrachtet werden soll.

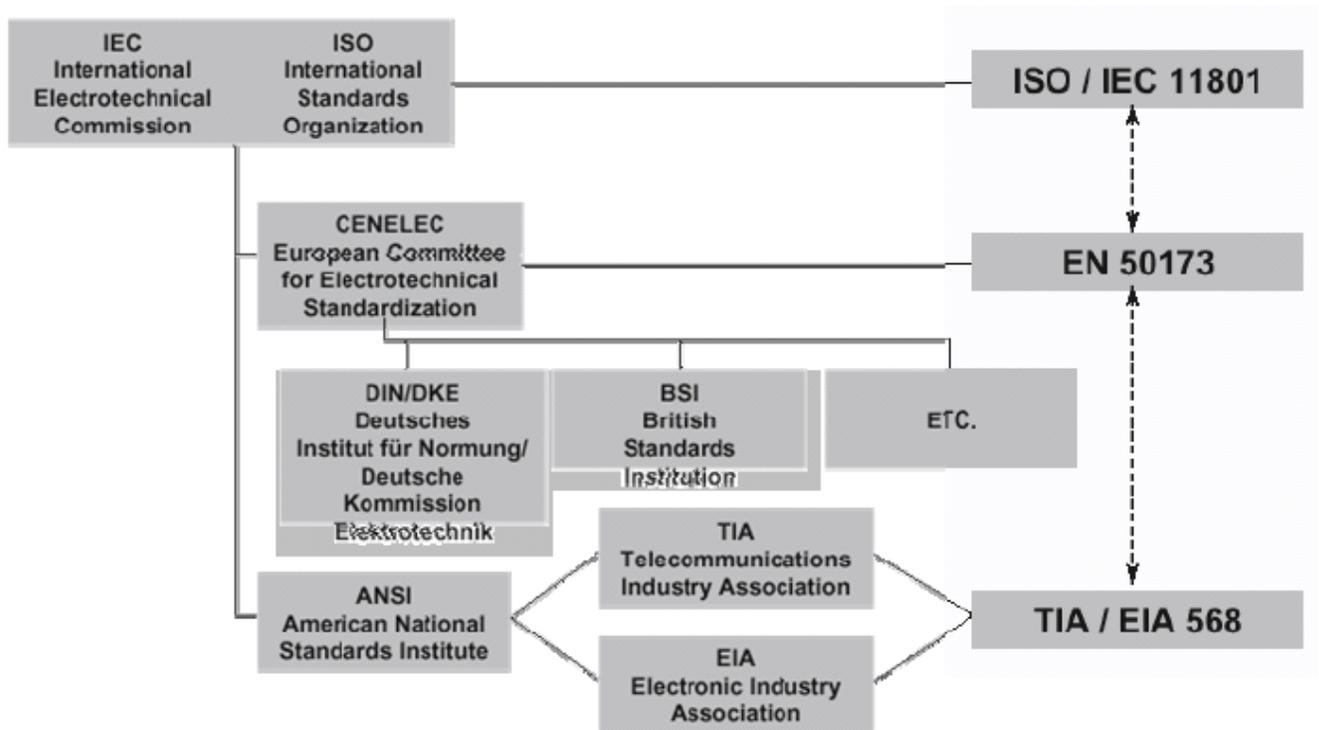


Bild: Internationale Verbindungen der Normierungsgremien

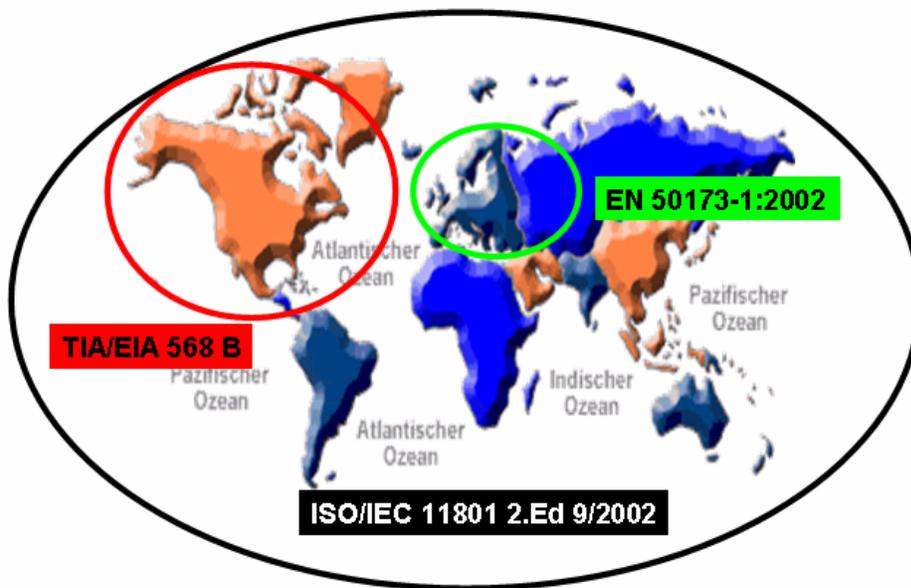


Bild: Geltungsbereich der Normen

	Kabel	Komponenten	Verkabelung	Installation	Messen
<b>TIA/EIA</b> USA	TIA/EIA 568-B.2	TIA/EIA 568-B.2	TIA/EIA 568-B.2		TIA/EIA 568-B.2
<b>ISO/IEC</b> International	IEC 61156	IEC 60603-7	ISO/IEC11801		IEC 61935
<b>GENELEC</b> Europa	EN 50288	EN 60603-7	EN 50173	EN50174-x	EN 50346
<b>DKE</b> VDE DIN Deutschland	DIN EN50288	DIN EN60603-7	DIN EN50173	DIN EN50174-x	DIN EN50346
	... EN50288-1 Grundspezifikation ... EN50288-2 Cat 5 geschirmt ... EN50288-3 Cat 5 ungeschirmt ... EN50288-4 Cat 7 geschirmt ... EN50288-5 Cat 6 geschirmt ... EN50288-6 Cat 6 ungeschirmt ... EN50288-7 Steuerkabel	... 60603-7-2 Cat 5 ungeschirmt ... 60603-7-3 Cat 5 geschirmt ... 60603-7-4 Cat 6 ungeschirmt ... 60603-7-41 (E) Cat 6a ungesch. ... 60603-7-5 Cat 6 ungeschirmt ... 60603-7-51 (E) Cat 6a geschirmt ... 60603-7-7 Cat 7 geschirmt (... 61076-3-104 TERA)	... 50173-1 Bürobereich ... 50173-2 SOHO ... 50173-3 Industrie	... 50174-1 Spezifikation/ Qualitätssicherung ... 50174-2 Planungen/ Installationen Inhouse ... 50174-3 Planungen/ Installationen Im Freien	... 50346 Prüfen installierter Verkabelung

Bild: Standards und Normen im Bereich der Cu-Netze

Beispiel: EN 50173-1:2002

In der Norm werden die Komponenten in entsprechenden Normen spezifiziert (Komponentenstandards)

- Normenreihe EN 50288-X „Kabel“
- Normenreihe EN 60603-7-X „Steckverbinder“
- EN 50174-X Installation von Verkabelungen
- EN 50346 Messverfahren



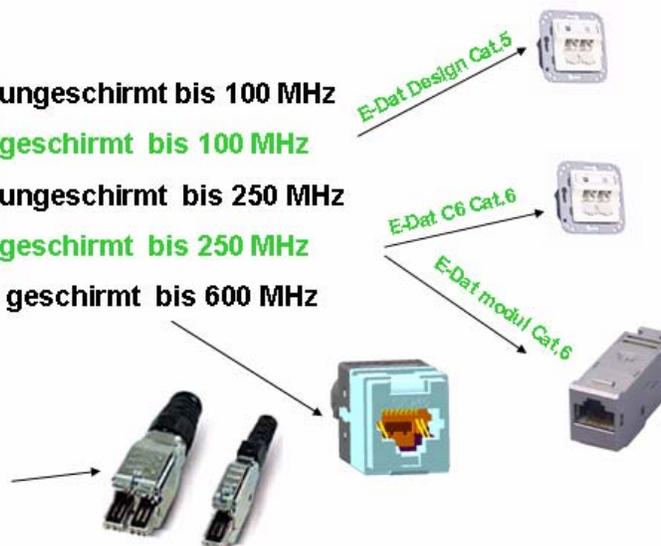
Beispiel: Kabelnormen EN 50288-X

- 1 Mehradrige metallische Daten – und Kontrollkabel für analoge und digitale Übertragungen (Fachgrundspezifikation)
- 2 Rahmenspezifikation für geschirmte Kabel bis 100 MHz
- 3 Rahmenspezifikation für ungeschirmte Kabel bis 100 MHz
- 4 Rahmenspezifikation für geschirmte Kabel bis 600 MHz
- 5 Rahmenspezifikation für geschirmte Kabel bis 250 MHz
- 6 Rahmenspezifikation für ungeschirmte Kabel bis 250 MHz

Beispiel: Steckverbinder Normen EN 60603-7-X

- 2 Steckverbinder **RJ 45** ungeschirmt bis 100 MHz
- 3 Steckverbinder **RJ 45** geschirmt bis 100 MHz
- 4 Steckverbinder **RJ 45** ungeschirmt bis 250 MHz
- 5 Steckverbinder **RJ 45** geschirmt bis 250 MHz
- 7 Steckverbinder **GG 45** geschirmt bis 600 MHz

alternativ EN 61076-3-104 :  
Steckverbinder **Tera**  
geschirmt bis 600MHz



	100 MHz	250 MHz	500 MHz	600 MHz	1000 MHz
 <b>USA</b>	TIA/EIA 568-B.1/2 Cat. 5e	TIA/EIA 568-B.2-1 Cat.6	TIA/EIA 568-B.2-10 Cat.6A		
 <b>International</b>	ISO/IEC11801: 2nd Edition Class D	ISO/IEC11801 2nd Edition Class E	ISO/IEC11801 2.1 Edition Class E <sub>A</sub>	ISO/IEC11801 2nd Edition Class F	ISO/IEC11801 2.1 Edition Class F <sub>A</sub>
 <b>Europa</b>	CENELEC EN50173-1 Class D	CENELEC EN50173-1 Class E	Entwurf	CENELEC EN 50173-1 Class F	Entwurf
 <b>Deutschland</b>	DKE DIN EN50173-1 Klasse D	DKE DIN EN50173-1 Klasse E	Entwurf	DKE DIN EN50173-1 Klasse F	Entwurf

Bild: Standards und Normen im Bereich der Verkabelung

## Leistungsfähigkeit von Komponenten: Kategorien

(Horizontalkabel, Patchkabel, Steckverbindungen, Verteilfelder, Anschlußdosen)

Kategorie 3	bis 16 MHz
Kategorie 5	bis 100 MHz
Kategorie 6	bis 250 MHz
Kategorie 7	bis 600 MHz

## Leistungsfähigkeit von Verkabelungsstrecken: Klassen

(gesamte Verkabelungsstrecke)

Linkklasse C	bis 16 MHz
Linkklasse D	bis 100 MHz
Linkklasse E	bis 250 MHz
Linkklasse E <sub>A</sub>	bis 500 MHz (Entwurf)
Linkklasse F	bis 600 MHz
Linkklasse F <sub>A</sub>	bis 1000 MHz (Entwurf)

(Nur in den USA Einteilung von Verkabelungsstrecken in Link-“Categories“)

Bild: Unterschied zwischen Linkklassen und Kategorien.

## Klasse und Übertragungskapazitäten

Klasse C: 16 Mhz -> Übertragungskapazität: 10 MBit

Klasse D: 100 Mhz -> Übertragungskapazität: 100 Mbit

Klasse E: 250/500 Mhz -> Übertragungskapazität: 1 GB

Klasse F: 600/1000 Mhz -> Übertragungskapazität: 10 GB

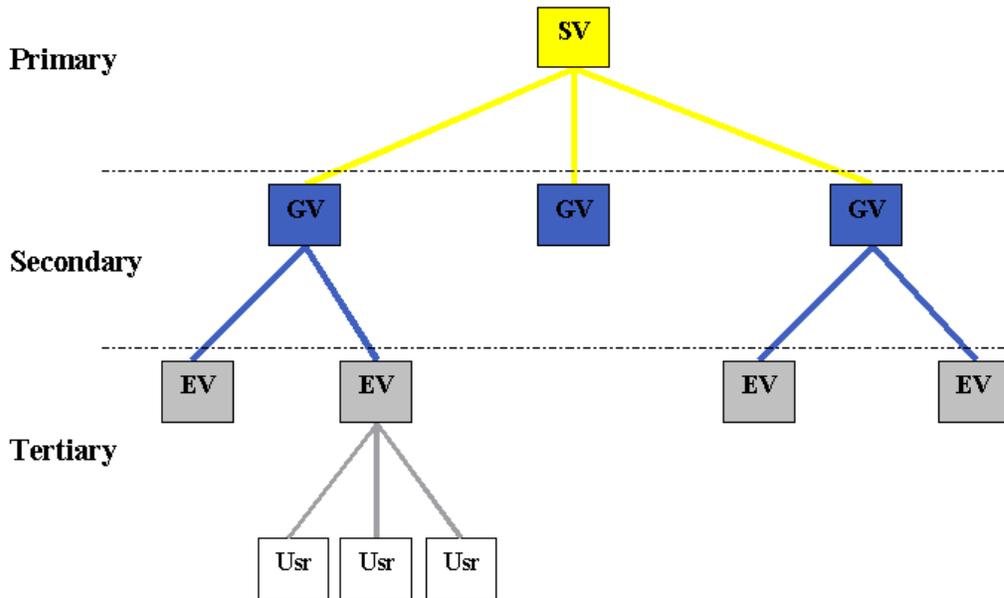
- **Neue Anwendungen erhöhen weiter die Anforderungen an die passive Infrastruktur, siehe z.B. 10 Gigabit Ethernet über Kupfer-Verkabelungen (IEEE 802.3an 10GBASE-T)**
- **Neue Standards und Normen bereits in Vorbereitung**
  - Für neue Verkabelungen
    - **TIA/EIA-568-B.2-10:** Cat6a (Augmented) als Weiterentwicklung der bestehenden Cat6.
      - Derzeitige Grenzwertkurven werden über 250MHz hinaus verlängert auf 500 MHz und die Werte entsprechend angepasst
    - **ISO/IEC 11801 & EN 50173-1:** Weiterentwicklung der Leistungsklassen E und F.
      - Klasse E<sub>A</sub>: Derzeitige Grenzwertkurven werden über 250MHz hinaus verlängert auf 500 MHz und die Werte entsprechend angepasst
      - Klasse F<sub>A</sub>: Derzeitige Grenzwertkurven werden über 600MHz hinaus verlängert auf 1000MHz und die Werte entsprechend angepasst
  - Für bestehende Verkabelungen
    - **TIA/EIA TSB-155:** Cat6a (Augmented) als Weiterentwicklung der bestehenden Cat6.
      - Derzeitige Grenzwertkurven werden über 250MHz hinaus verlängert auf 500 MHz und die Werte entsprechend angepasst
    - **ISO/IEC TR-24750:** Weiterentwicklung der Leistungsklasse E
      - Klasse E<sub>A</sub>: Derzeitige Grenzwertkurven werden über 250MHz hinaus verlängert auf 500 MHz und die Werte entsprechend angepasst
    - **CENELEC CLC/prTR 50173-99-1:** Weiterentwicklung der Leistungsklasse E
      - Klasse E<sub>A</sub>: Derzeitige Grenzwertkurven werden über 250MHz hinaus verlängert auf 500 MHz und die Werte entsprechend angepasst

Bild: Zukünftige Standards und Normen

## 1.3. Netzwerktopologie und Strukturierte Gebäudeverkabelung

### Unterscheidung in:

- Primär (Campus, Zwischen den Gebäuden, ...)
  - ca. 98% in LWL (singlemode/multimode)
- Sekundär (Backbone, Steigbereich, Vertikalverkabelung, ...)
  - ca. 95% in LWL (mm/sm)
- Tertiär (Horizontalverkabelung, Etagenverkabelung, ...)
  - ca. 90% in Kupfer (Twisted Pair, Koax)



SV - Standortverteiler  
 GV - Gebäudeverteiler  
 EV - Etagenverteiler  
 Usr - Teilnehmeranschluss

Bild: Physikalische Netzstruktur

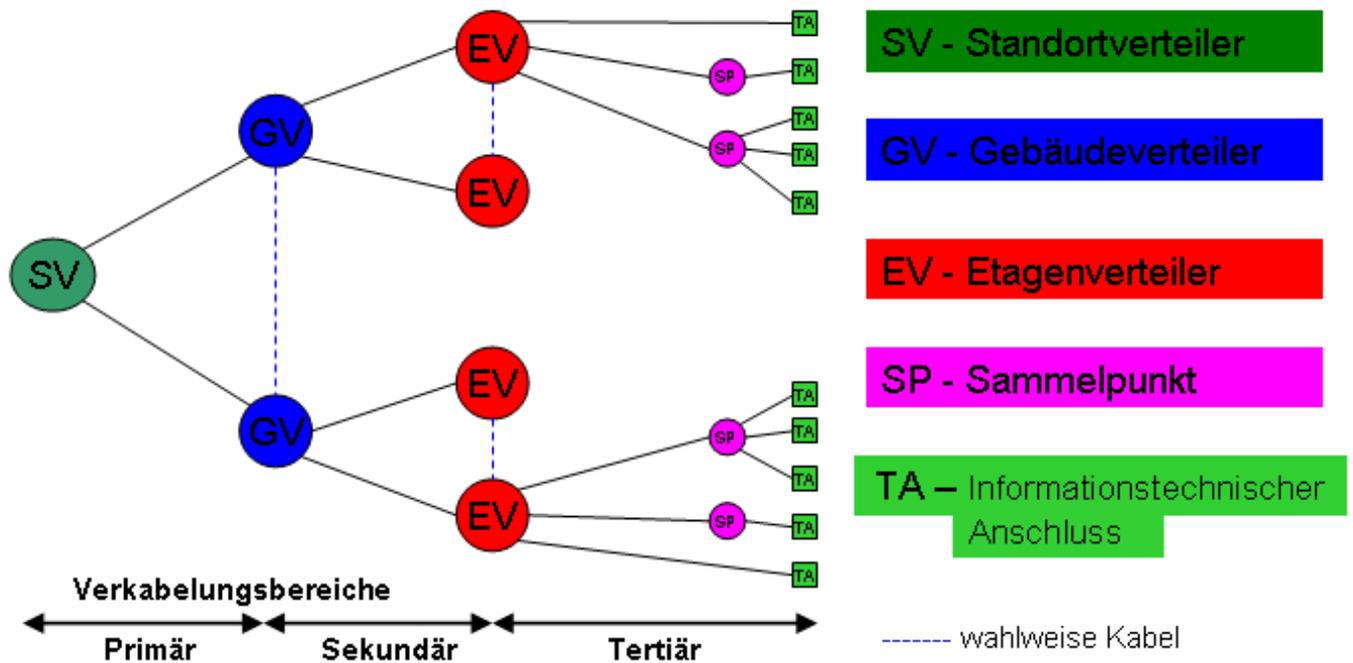


Bild: Physikalische Netzstruktur mit Sammelpunkt (Consolidated Point)

TO = Telecommunications Outlet  
 (TA = Informationstechnischer Anschluß)  
 CP = Consolidation Point  
 (SP = Sammelpunkt)  
 FD = Floor Distributor  
 (EV = Etagenverteiler)  
 BD = Building Distributor  
 (GV = Gebäudeverteiler)  
 CD = Campus Distributor  
 (SV = Standortverteiler)

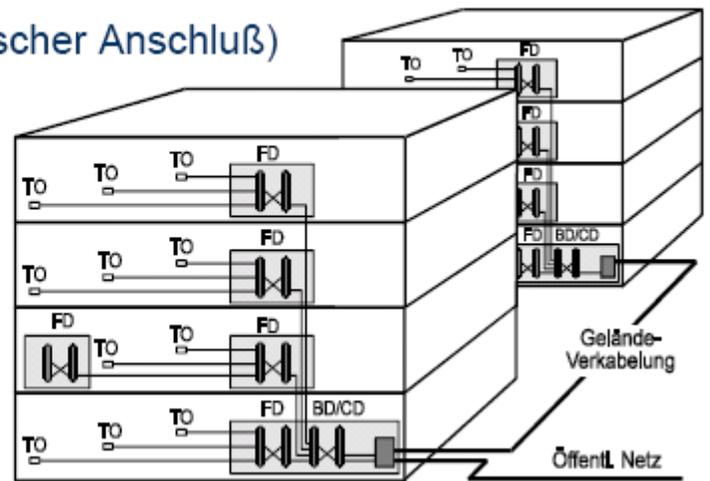


Bild: Bestandteile und Bezeichnungen aus der Norm EN 50173-1

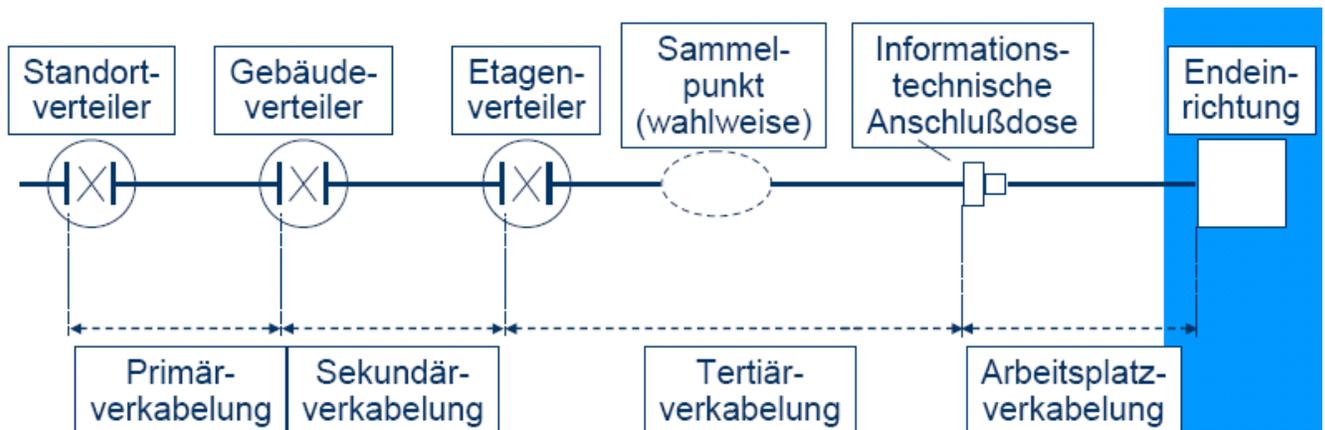


Bild: Universelles Verkabelungssystem

Allgemein gilt:

- Sternförmige Verkabelung (Baum)
- Unterschiedliche Techniken möglich (dienstneutrale Verkabelung), wie Ethernet 10/100/1000/10000
- Heute keine Neuverkabelungen mehr mit Cheapernet (BNC, 10Base2) und Yellow Cable (10Base5)

### 1.3.1. Primärverkabelung, Gebietsnetz

Das Primärnetz erstreckt sich über einzelne größere Grundstücke bzw. zusammenhängende Liegenschaften. Für das Datennetz kommen ausschließlich LWL-Kabel zur Gebäudeanbindung in Betracht.

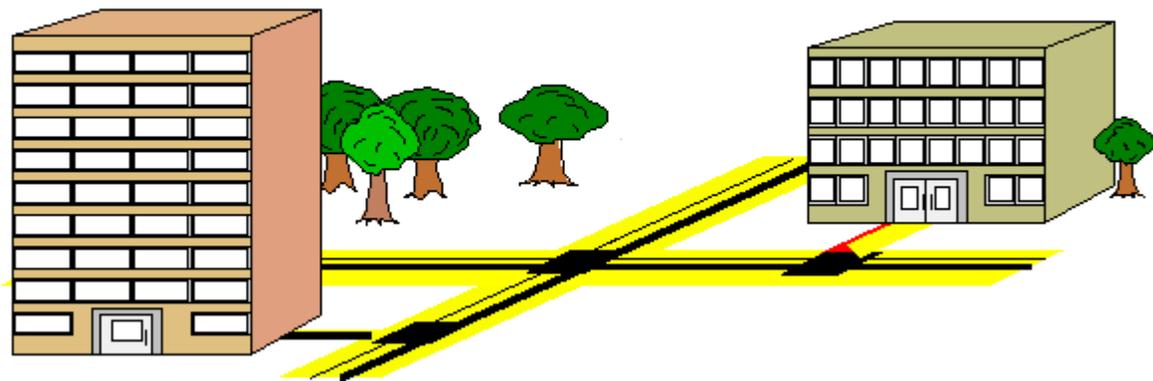


Bild: Primärverkabelung (1)

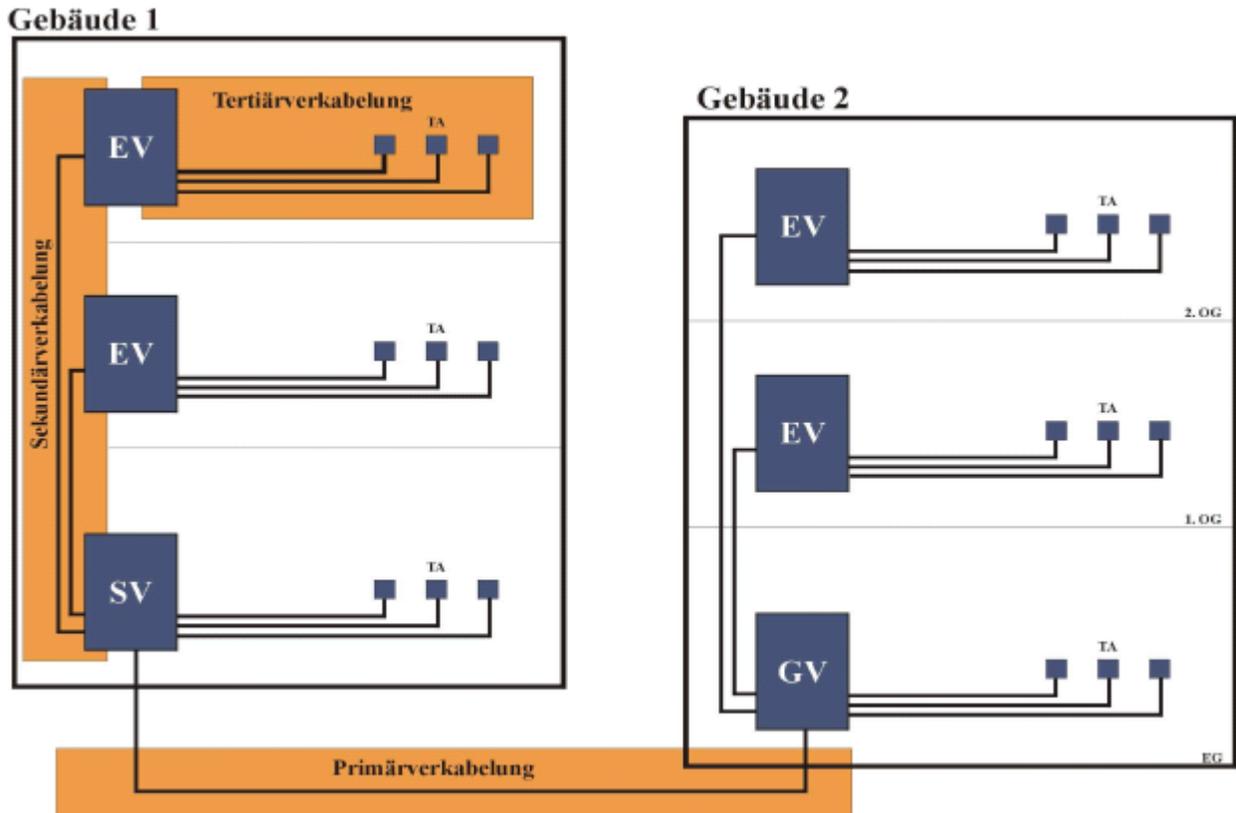


Bild: Primärverkabelung (2)

Ausgehend von einem Standortverteiler SV werden die Gebäudeverteiler GV sternförmig angefahren. In der Regel werden SV und erster GV gemeinsam realisiert. Redundante Strukturen, vorzugsweise Ringstrukturen, sind möglich.

Recommended Cables	100, 120, 150 ohm balanced copper cable  62.5µm /125µm multimode optical fibre -> Nordamerika (50µm /125µm multimode optical fibre -> Europa)
--------------------	--

**1.3.2. Sekundärverkabelung, Steigbereich**

In den Gebäuden werden größere Versorgungsbereiche durch Etagenverteiler EV erschlossen.

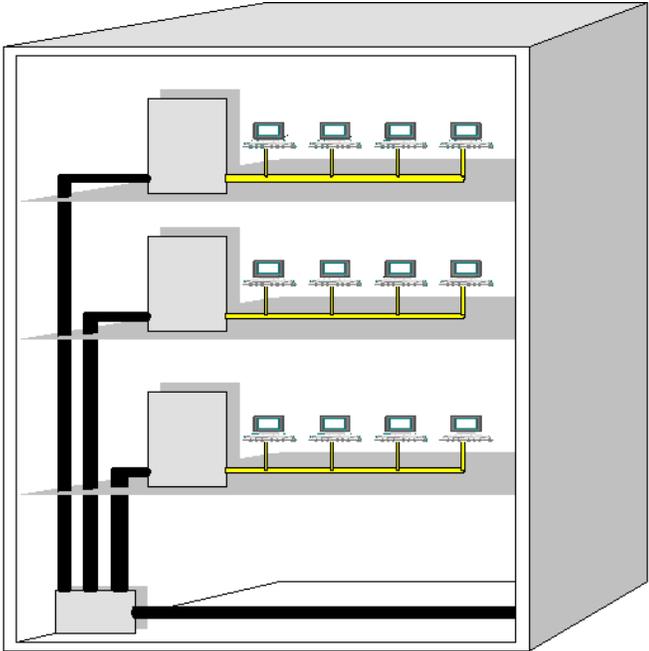


Bild: Sekundär (Steigleitungen)- und Tertiärverkabelung (1)

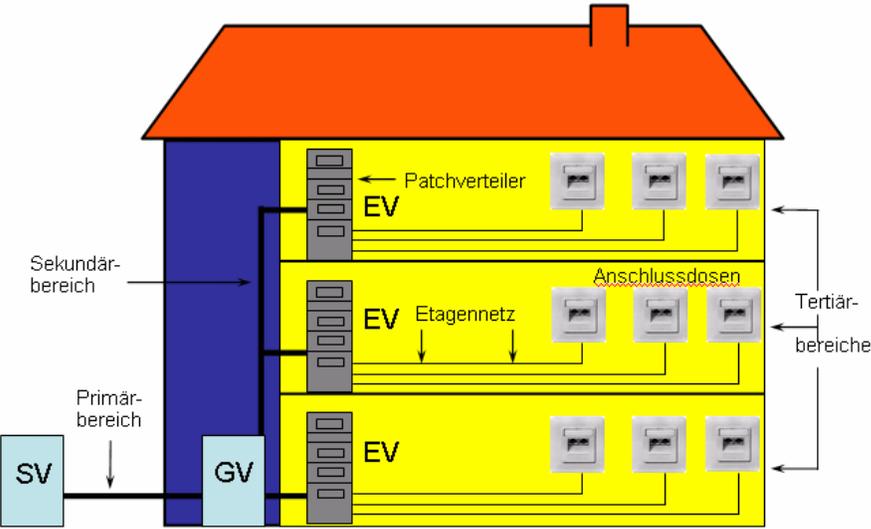


Bild: Sekundär (Steigleitungen)- und Tertiärverkabelung (2)

Es können mehrere Etagen an einem EV angeschlossen werden, bei großen oder langgestreckten Gebäuden können auch, aufgrund der Kabellängenrestriktionen von Ethernet, mehrere EV pro Etage notwendig werden.

Die EV werden sternförmig durch LWL-Kabel mit dem GV verbunden.

Recommended Cables	100 ohm balanced copper cable 62.5µm / 125µm multimode optical fibre (50µm/125µm multimode optical fibre -> Europa)
--------------------	--

### 1.3.3. Tertiärverkabelung, Anschlussbereich

Für den Anschluss der Endbenutzer werden hochwertige vierpaarige S/STP-Kabel mit 100 Ω Impedanz eingesetzt. Auch diese werden sternförmig, vom Etagenverteiler EV ausgehend, verlegt.

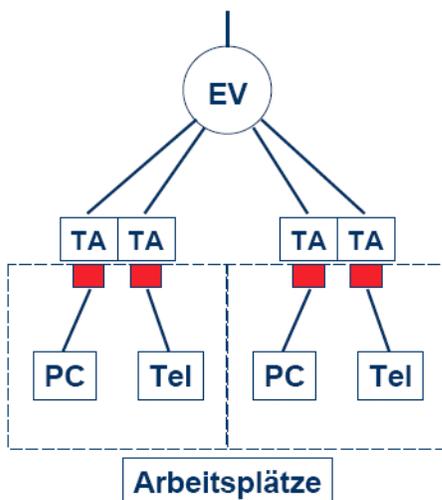


Bild: Typische Tertiärbereichs- und Geräteanschlussverkabelung

Recommended Cables	100 ohm balanced copper cable
--------------------	-------------------------------

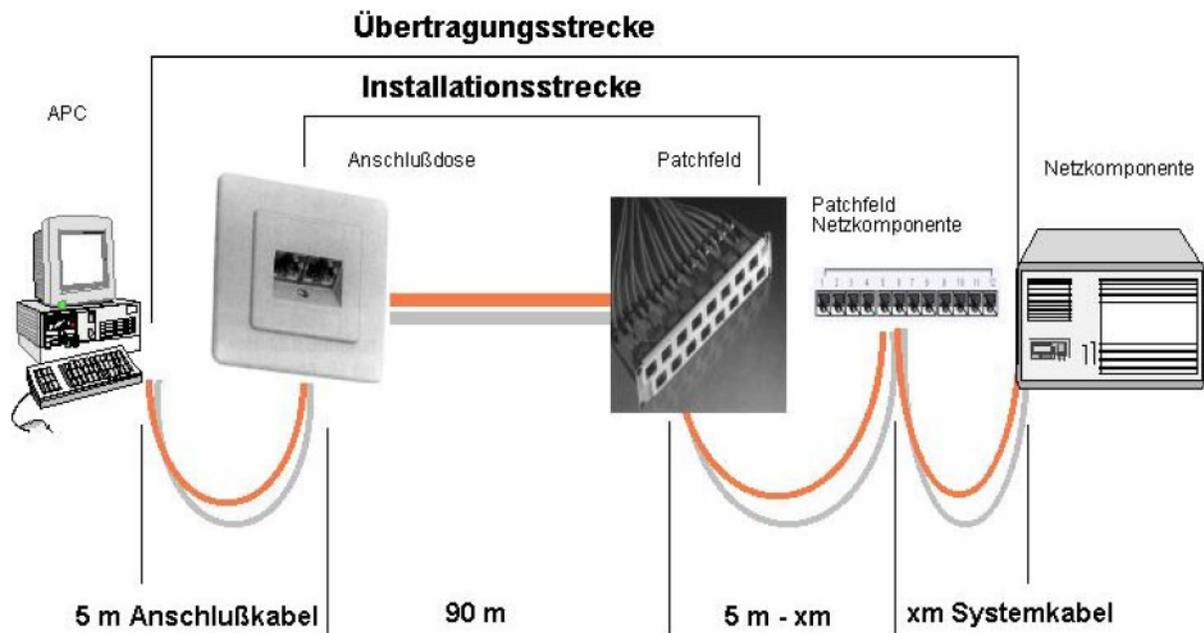
Die Realisierung aller geplanten Netze ist unter Einhaltung der Mindestkriterien nach Klasse D mit Kabeln des Aufbaus S/STP mindestens nach Kategorie 6 mit 4 Doppelpaaren durchzuführen.

Mit der EN 50173A1 vom Juli 2000 wird im Tertiärbereich zusätzlich die folgende Unterscheidung eingeführt:

- **Installationsstrecke**  
= Strecke zwischen Anschlussdose und Patchfeld, fest mit dem Gebäude verbunden (permanent links).
- **Übertragungsstrecke**  
= die Installationsstrecke zuzüglich aller Patchkabel.

Für beide Strecken sind Übertragungsparameter definiert. Bei der Längenberechnung ist zu beachten, dass in die Länge der Übertragungsstrecke die Anschlusskabel einbezogen werden müssen.

Für die Verteiler- und Teilnehmerseite wurden gemäß der Norm zusammen 10 m vorgesehen. Bei einer Gesamtlänge der Übertragungsstrecke von 100 m verbleiben für das Leitungsnetz 90m. In Einzelfällen (Großräume, Werkstätten usw.) kann es notwendig sein, dass die Anschlusskabelänge auf der Teilnehmerseite größer als 5 m wird. In diesem Fall ist die Länge der fest verlegten Leitung entsprechend zu reduzieren.

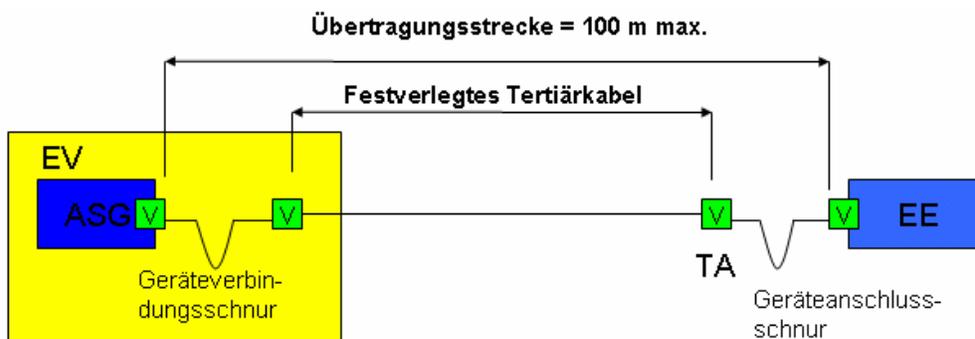


Längenberechnung:  $90 \text{ m (Horizontal)} + 5 \text{ m (Anschluß)} + (5 \text{ m} - \text{xm}) + \text{xm} = \underline{100 \text{ m}}$

$\text{xm ( Systemkabel)} = 0 \text{ m} - 5 \text{ m}$

Bild: Übertragungsstrecke und Installationsstrecke

### Aber: Tertiäre Verkabelungsmodelle



EV - Etagenverteiler

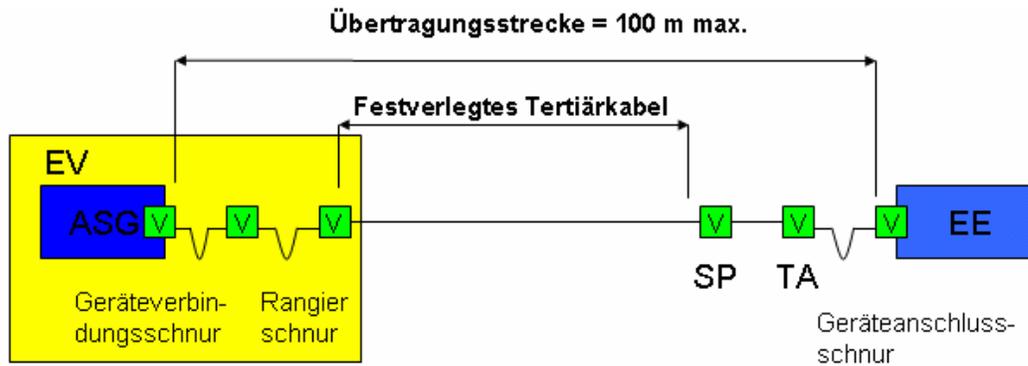
TA – technischer Anschluss

ASG – anwendungsspezifisches Gerät

EE – Endeinrichtung , Endgerät

■ - Verbindung

Bild: Tertiäres Verkabelungsmodell a) Durchverbindung - TA



EV - Etagenverteiler

SP - Sammelpunkt

ASG – anwendungsspezifisches Gerät

TA – technischer Anschluss

■ - Verbindung

EE – Endeinrichtung , Endgerät

Bild: Tertiäre Verkabelungsmodell b) Rangierung - SP - TA

In Ausnahmefällen dürfen einzelne Übertragungsstrecken länger als 100 m sein, wenn dadurch z. B. ein Verteilerraum eingespart wird. Es muss jedoch sichergestellt sein, dass die übrigen Anforderungen an eine Klasse D-Verbindung erfüllt sind, z. B. durch Messungen.

Die Strecken für Datennetze nach EN 50173 sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

#### 1.3.4. Wahl der Übertragungsgeschwindigkeiten

Aufgrund der Entwicklung von Endgeräten und Anwendungen sowie der Nutzungsdauern ist der Einsatz von Ethernet mit den unten angegebenen Übertragungsgeschwindigkeiten für einen Zeitraum von mindestens 5 Jahren ausreichend:

Clients: 100 Mbit/s (Bürokommunikation)  
in Sonderfällen 1 Gbit/s

Server: 100 Mbit/s - 1 Gbit/s

Backbone: 100 Mbit/s - 10 Gbit/s

### 1.3.5. Infrastrukturmaßnahmen

Sofern bei der Installation in vorhandenen Gebäuden ausreichende Flächen für Verteilerräume nicht bereitgestellt werden können, sind verschließbare Verteilerschränke zu verwenden. Dabei ist die Lärmemission zu beachten. Die Schränke sollen auf Publikumsverkehr nicht zugänglichen Flächen untergebracht werden.

Anforderungen an einen Verteilerraum:

- Trockener Innenraum nach DIN VDE 0800
- Unterbringung möglichst nicht im Untergeschoss
- Keine Installationen von Wasser- oder Heizungsrohren im IT-Verteilerraum, bereits vorhandene Leitungen sind abzuschotten
- Brandschutz:
  - Falls im Gebäude eine Brandmeldeanlage mit automatischen Meldern installiert ist, ist der Verteilerraum auf diese aufzuschalten.
- Sicherheit: (Bei geschlossenen Verteilerräumen)
  - Einbruchhemmende Tür
  - Panikschloss
  - kein oder neutrales Türschild
  - gesonderte Schließzylinderung
- Bodenbelag:
  - Ableitwiderstand  $\leq 10^8 \Omega$  gemäß DIN 51 953
- EDV-Stromversorgung:
  - Ausreichende Anzahl von Stromkreisen aus dem IT-Versorgungsnetz für Server, Serverkonsolen, Technikschränke usw.
- Allgemeine Stromversorgung:
  - Ausreichende Anzahl von Steckdosen für Werkzeuge und Geräte

An die Ausführung und Aufstellung der zentralen DV-Verteiler sind folgende Anforderungen zu stellen:

- In Verteilerräumen sind 19“-Schränke mit vorzugsweise 40-42 Höheneinheiten (HE) einzusetzen
- temperaturgeregelte, wartungsfreie Lüfter (Begrenzung der Schrankinnentemperatur auf ca 35°C), hierzu ist ggf. eine Kühllastberechnung erforderlich
- Bei Neuplanung sind ca. 25 % Platzreserve für Erweiterungen vorzusehen.
- Erdung von Schrank und allen Einbauteilen nach VDE 0800 Teil 2.
- Verwendung von USV-Systemen mit potentialfreien Kontakten und SNMP-Agenten zur Schranküberwachung (Temperatur, Überspannungsschutz, Niederspannung, Türkontakt etc.) und USV-Überwachung.



## 1.4. Übertragungsmedien beim Ethernet

Für den Aufbau von Kommunikationsnetzen gilt die Norm DIN EN 50173. In dieser Norm werden die technischen Spezifikationen der Übertragungsstrecken, Kabel und Stecker für IT-Leitungsnetze festgelegt.

Diese europäische Norm wird ergänzt durch den im August 1996 erschienenen Entwurf der DIN 44312-5 und den Normvorschlag ISO IEC 11801-2000 vom Februar 2000.

### 1.4.1. Kupferkabel

#### 1.4.1.1 Abschirmvarianten

Die DIN EN 50173 beschreibt symmetrische Kabel (balanced copper cable) als Twisted Pair-Kabel oder als Sternvierer-Kabel (Quad) mit einer Impedanz von 100, 120 bzw. 150 Ohm bei 4 Kabelpaaren.

Asymmetrische Koaxial-Kabel haben für die Errichtung strukturierter Netze keine Bedeutung mehr. Eventuell vorhandene Kabel bestehender Netze sind als Provisorium mit geeigneten Komponenten an das strukturierte Netz anzuschließen. Im Endausbau sind alle Netzbereiche strukturiert mit Twisted-Pair-Kabeln zu realisieren.

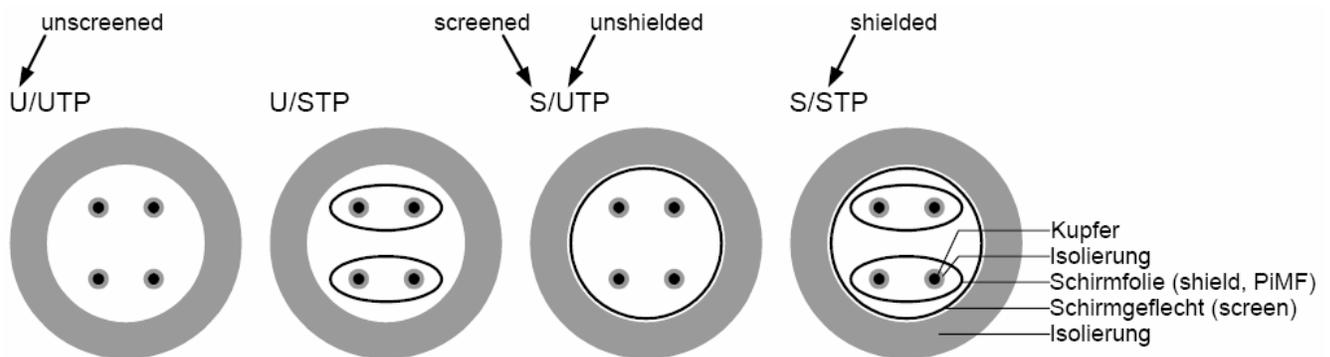


Bild: Abschirmvarianten beim 2paarigen Twisted Pair - Kabel

Abbreviation	Meaning	Comment
UTP	unshielded twisted pair	twisted wirepairs, no shields
FTP	foiled twisted pair	one shield around all twisted pairs
S-UTP	screened unshielded twisted pair	one screen around all twisted pairs

S-FTP	screened foiled twisted pair	one screen and one foile shield around all twisted pairs
PiMF	Paired in metal foile	a foile shield around each twisted pair. One screen around all pairs.

Bild: Abkürzungen und deren Bedeutung

## Beispiele

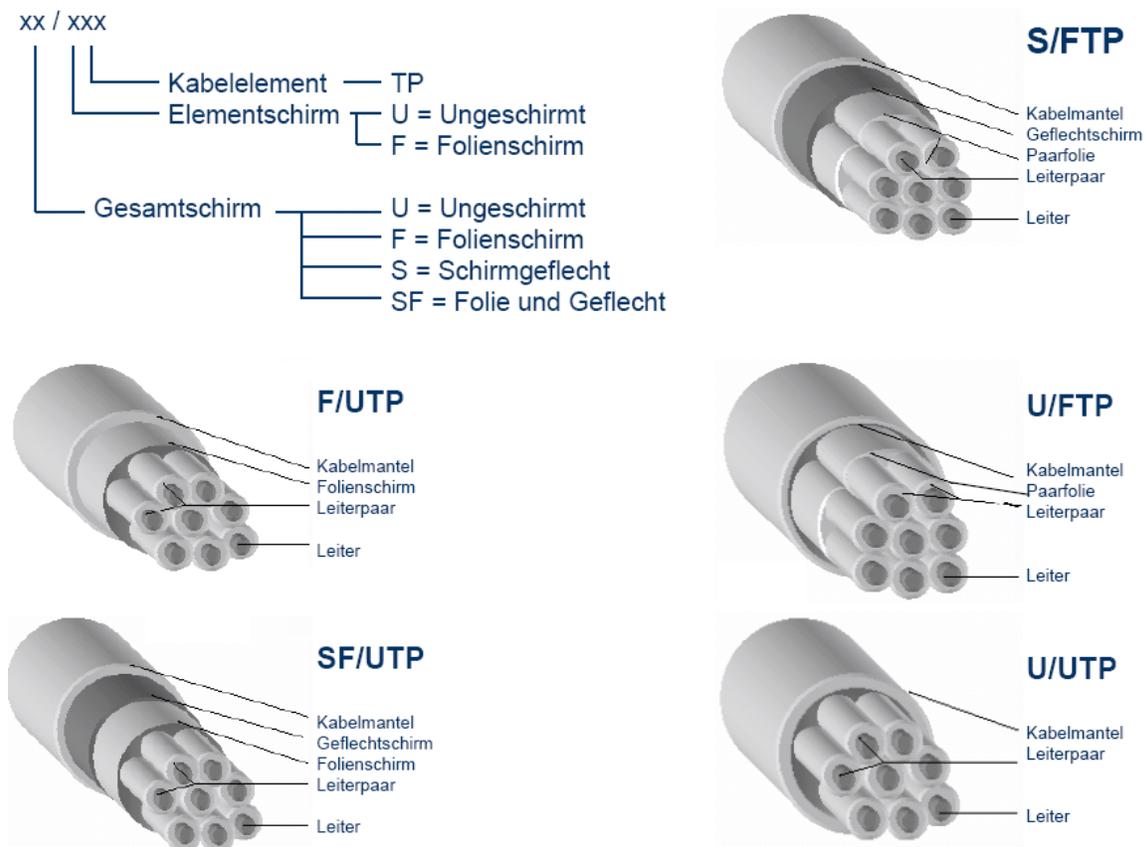


Bild: Benennungsschema für Kupferkabel, nach ISO/IEC 11801:2002

In der obenstehenden Abbildung ist der Aufbau von Twisted-Pair-(TP)-Kabeln dargestellt. Der Buchstabe vor und hinter dem Schrägstrich gibt den Aufbau des Schirmes wieder.

Für Übertragungsstrecken werden in der DIN EN 50173 vier unterschiedliche Übertragungsklassen von A bis D beschrieben; die o. a. Normentwürfe enthalten weitere Übertragungsklassen.

Entsprechend der Klasse für die Übertragungsstrecke werden für die Kabel- und Steckertechnik fünf Kategorien unterschieden, von denen nur die Kategorien 3 und 5 in den derzeit geltenden ISO/IEC- und EN-Normen zitiert werden. Die Kategorien 6 bzw. 7

wurden in den Normentwürfen E DIN 44312-5 bzw. ISO IEC 11801-A unterschiedlich definiert. Die Vorgaben der ISO 11801 werden in der nächsten Fassung der EN 50173 übernommen.

Nachfolgend sind die Übertragungsklassen mit den vorgesehenen Einsatzgebieten sowie die Grenzwerte für Übertragungsstrecken und Kategorien dargestellt.

DIN EN 50173 A1	Klasse			Bandbreite
	DIN 44312-5 Entwurf	ISO IEC 11801-A Fortschreibung in 2001		
A		A	Sprachübertragung (geringe Übertragungsrate, große Entfernung)	100 kHz
B		B	Digitale Nebenstellenanlagen, ISDN	1 MHz
C		C	Lokale Netze (hohe Übertragungsraten, geringe Entfernungen)	bis 20 MHz
D		D	High Speed (HS)-LAN )	bis 100 MHz
		E	HS-LAN mit erhöhter Leistungsfähigkeit (bis 1Gbit/s)	bis 250 MHz
	E	F	HS-LAN höchster Leistungsfähigkeit,	bis 600 MHz

Bild: Übertragungsklassen nach verschiedenen Normen

Class of Application	Class A	Class B	Class C	Class D	Class E	Class F	Optical
Frequency range	100 kHz	1 MHz	16 MHz	100 MHz	250 MHz	600MHz	
Max distance with Cat3 Cable (DIN 50173)	2000m	<b>200m</b>	100m	-	-	-	
Max distance with Cat4 Cable (DIN 50173)	3000m	260m	150m	-	-	-	
Max distance with Cat5e Cable (DIN 50173)	<b>3000m</b>	260m	160m	<b>100m</b>	-	-	
Max distance with Cat6 (ISO IEC 11801-A) Cat6 (E DIN 44312-5)	-	-	-	-	<b>100m</b>	<b>100m</b>	
Max distance with Cat7 (ISO IEC 11801-A)	3000m	290m	180m	120m	-	-	
62.5/125 and 50/125 µm optical fibre							<b>2000m</b>
Singlemode optical fibre							<b>3000m</b>

Bild: Längenbegrenzung nach DIN EN 50173 und versch. Normvorschlägen

Die Realisierung aller 100 Mbit/s Netze ist unter Einhaltung der Mindestkriterien nach Klasse D mit Kabeln des Aufbaus S/STP mindestens nach Kategorie 5 mit 4 Doppeladern durchzuführen. Für die Realisierung von 1 Gbit/s Netze sind Kabeln nach Kategorie 6 und höher zu verwenden.

#### 1.4.1.2 Verlegungsvorschriften für Kabel

Bei Bauleitung und Abnahme sind die Verlegungsrichtlinien zu beachten; so gilt für TP-Kabel:

- Kein Abknicken, kein Quetschen und kein Verdrehen der Kabel.
- Zulässige Biegeradien ( $\geq 8 \varnothing$  Außendurchmesser) und maximale Zugkräfte nach Kabelspezifikation sind zu beachten.
- Die Kabel sind im Verteilerschrank seitlich zu führen, um den rückseitigen Zugang zu Patchfeldern und Geräten zu ermöglichen.
- Der Kabelschirm ist beidseitig aufzulegen. Auf einen großflächigen Anschluss des Schirms über dessen ganzen Umfang ist zu achten. Die Einzelschirmung der Aderpaare ist bis zu den Anschlusspunkten der Adern beizubehalten.

#### 1.4.1.3 Anschlusstechnik beim Kupferkabel

Der informationstechnische Anschluss (TA) nach DIN EN 50173 ist, trotz seiner elektrischen und mechanischen Mängel weiterhin mit dem RJ 45-Steckverbinder nach DIN EN 60603-7 zu realisieren. Die Anschlussdosen sind in geschirmter Ausführung mit Schrägauslass einzusetzen.



Bild: Anschlussdosen mit Schrägauslass

Derzeit werden für alle gebräuchlichen Dienste mit Ausnahme von Gigabit Ethernet nur 2 Doppeladern (DA) benötigt. Die Verwendung von Switches sichert an Arbeitsplätzen mit 100-Mbit/s-Ethernet durch die Möglichkeit des „full duplex“-Betriebs eine ausreichende Übertragungsgeschwindigkeit.

Gigabit-Ethernet Verbindungen werden zwischen den Switches und den Servern eingesetzt. Der Einsatz von Gigabit-Ethernet an den Arbeitsplätzen lässt keine vernünftige

Aggregation der Übertragungsgeschwindigkeit zwischen Switches und Servern zu und ist daher nur in Ausnahmefällen sinnvoll.

Da in der Praxis paargeschirmte Kabel mit 4 DA verlegt werden, ist die Möglichkeit des „cable sharing“, d. h. die Führung von zwei Diensten über ein Kabel zu nutzen. Um ein späteres Umklemmen von Kabeladern zu vermeiden, sind Dosensysteme zu verwenden, die cable sharing zu fest aufgelegten Adern gestatten. Die Verwendung eines modularen Dosensystems (z. B. AMP ACO-System, Dätwyler UniPatch, SIEMENS SML-System) mit Doppeldosen-Einsatz erlaubt hier eine Änderung der „Ader zu Pin“-Zuordnung über austauschbare Module.

PIN	Paar	Telefon				LAN				IBM-Terminals	
		2-Draht analog	4-Draht analog	ISDN So	ISDN U..	10BaseT 100BaseTX	1000BaseTX	Token Ring	TPDDI, ATM (Vorschlag)	AS/400 und 3X	TYP 3270
1	3a					TX +	RX/TX		TX +		
2	3b					TX -	RX/TX		TX -		
3	2a		c	RX +		RX +	RX/TX	RX +			RX +
4	1a	a-Draht	a	TX +	a-Draht		RX/TX	TX -		TX +	TX +
5	1b	b-Draht	b	TX -	b-Draht		RX/TX	TX +		TX -	TX -
6	2b		d	RX -		RX -	RX/TX	RX -			RX -
7	4a						RX/TX		RX +		
8	4b						RX/TX		RX -		

Bild: Pinzuordnung RJ 45

Diese Systeme erlauben auch bei fest aufgelegtem Installationskabel durch bloßes Auswechseln der modularen Doseneinsätze (Inserts) die unterschiedlichen Pinbelegungen der einzelnen Dienste herzustellen und gestatten damit die Verwendung von einheitlichen 1:1 Anschluss- und Rangierkabeln (Patchkabeln).

#### 1.4.1.4 Farbcodes für die „Twisted Pair“- Verkabelung

Wire pair	Pins	EIA/TIA	IEC	DIN 47.100
1	4/5	blue/white	white/blue	white/brown
2	3/6	white/orange	red/orange	green/yellow
3	1/2	white/green	black/grey	grey/cyan
4	7/8	white/brown	yellow/brown	blue/red

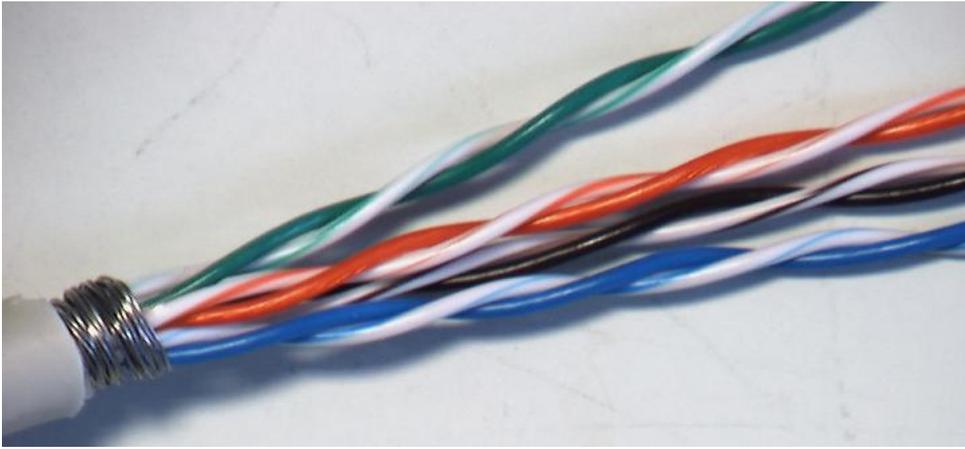


Bild: Farbcodes für TP-Verkabelung

Signal	Pin	Color
TX+	1	white/green
TX-	2	green
RX+	3	white/orange
	4	blue
	5	white/blue
RX-	6	orange
	7	white/brown
	8	brown

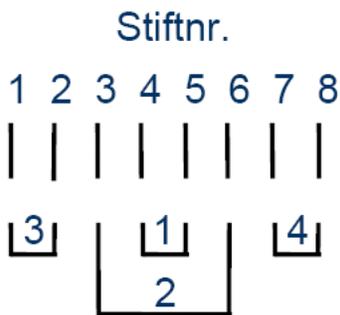
Conductor

Insulation

Overall screen

Outer sheath

Bild: z. B. Ethernet Connector PinOut



### Paarnummern nach T568

Stiftnr.	T568A	T568B
1	ws-gn	ws-or
2	gn	or
3	ws-or	ws-gn
4	bl	bl
5	ws-bl	ws-bl
6	or	gn
7	ws-bn	ws-bn
8	bn	bn

Applikation	Pins	Klasse
10MB Ethernet	1,2 / 3,6	D
100MB (Fast) Ethernet	1,2 / 3,6	D
1GB (Gigabit-) Ethernet	1,2 / 3,6 / 4,5 / 7,8	D
10GB Ethernet	1,2 / 3,6 / 4,5 / 7,8	E <sub>A</sub>
ATM-155	1,2 / 7,8	D
ATM-1200	1,2 / 3,6 / 4,5 / 7,8	E
TOKEN Ring	3,6 / 4,5	D
ISDN	4,5 / 3,6	A/B
Analog Telefon	4,5	A

### Bauform

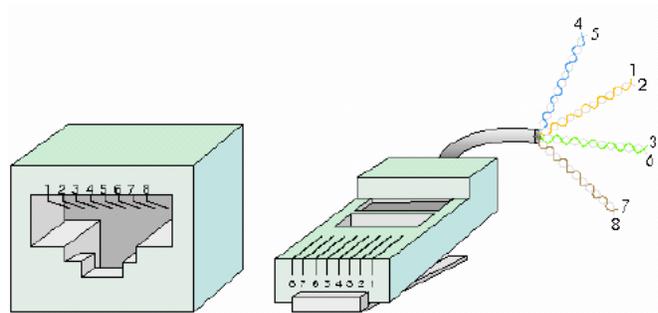
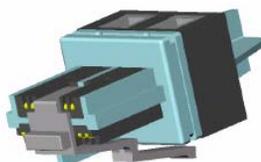
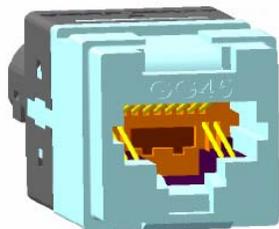


Bild: Beschaltung RJ-45  
Normstecker Cat. 3 bis 6(6a) nach IEC 60603-7-x

### NEXANS GG-45



### SIEMON TERA



Stiftnr.	TERA
1	bl
2	ws-bl
3	ws-or
4	ws-bn
5	bn
6	or
7	ws-gn
8	gn

Bild: Beschaltung GG-45 und Tera  
Normstecker Cat. 7 (IEC 60603-7-7 bzw. IEC/PAS 61076-3-104/Ed.1)

### 1.4.1.5 Ethernet-Kabel

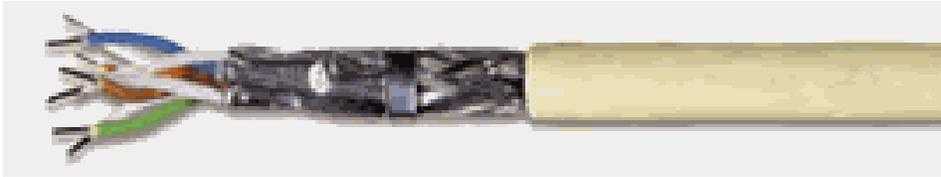


Bild: Kupferkabel Kerpen Megaline 8

Kabelspezifikation, Beispiele:

- Primary, secondary, tertiary
- Category 5 acc. to EN 50173, EN 50173 "2nd edition", ISO/IEC 11801, ISO/IEC 11801 "2nd edition", EN 50167, EN 50169
- Category 6 and Category 7 acc. to ISO/IEC 11801 "2nd edition", EN 50173 "2nd edition" and prEN 50288-4-1, August 2000
- IEEE 802.3 10 BASE T Ethernet
- IEEE 802.3u 100 BASE T Fast Ethernet
- IEEE 802.3ab 1000 BASE T Gigabit Ethernet
- IEEE 802.5 Token Ring
- IEEE 802.12 100VG-AnyLAN
- FDDI on copper, ISDN, B-ISDN, ATM, DQDB, Video

### 1.4.2. Lichtwellenleiter-Kabel (LWL)

Bei neuen Anlagen sind LWL-Kabel im Tertiärbereich entsprechend DIN EN 50173 mit Duplex-SC-Steckverbindern abzuschließen; es wird die Verwendung vorkonfektionierter Verbinder (Pigtails) mit thermischen Spleißen empfohlen. Vorhandene Anlagen mit ST-Steckern können entsprechend erweitert werden.

#### 1.4.2.1 LWL-Kabeltypen und Aufbaustruktur

Fasertyp	Fenster	BLP / Dispersion	Dämpfung
<b>MULTIMODE</b>			
Gradientenindex 50/125 µm (oder 62,5/125 µm)	850 nm	(200) 500 MHz/km	< (3,5) 2,4 dB/km
	1300 nm	(500) 800 MHz/km	< (1,0) 0,7 dB/km

## SINGLEMODE

Einmoden 9/125 $\mu\text{m}$	1310 nm	3,5 ps/(nm*km)	< (1,0) 0,4 dB/km
	1550 nm	18 ps/(nm*km))	< (1,0) 0,25 dB/km

Bild: Kabelparameter LWL-Kabel (Werte der EN 50173 in Klammern)

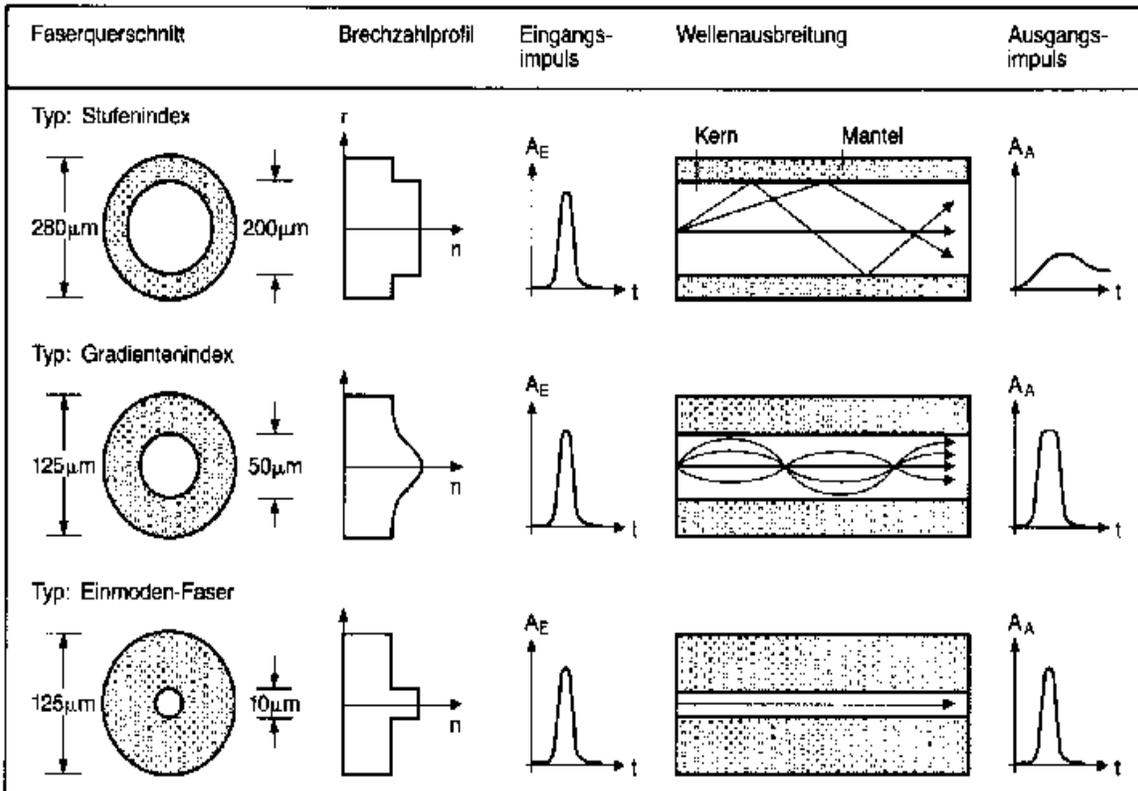


Bild: Struktur des Glasfaserkabels

# LWL-Kabel

- Multimode:

- Wellenlängen

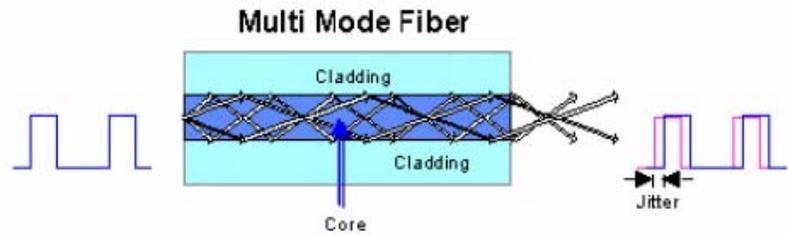
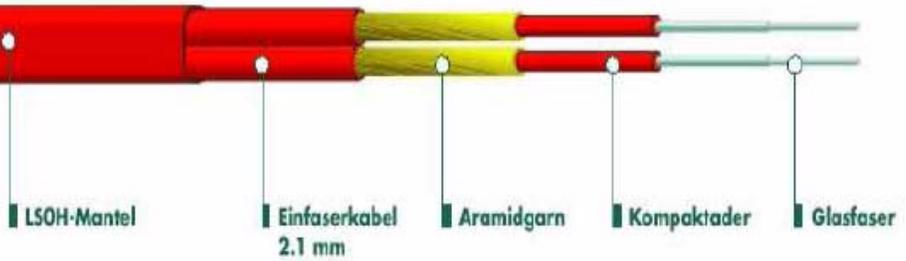
- 850 nm
    - 1300 nm

- Kabel

- Kern 50/62,5  $\mu\text{m}$
    - Mantel 125  $\mu\text{m}$

- Anregung

- LED
    - LASER



- Singlemode:

- Wellenlängen

- 1310 nm
    - 1550 nm

- Kabel

- Kern 9  $\mu\text{m}$
    - Mantel 125  $\mu\text{m}$

- Anregung

- LASER

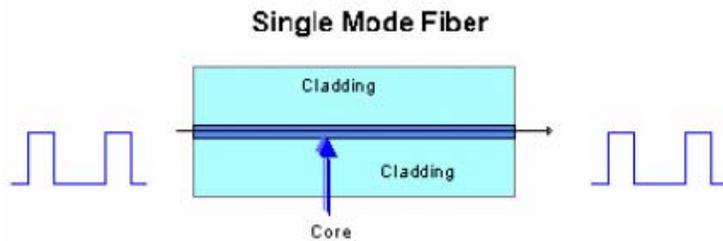
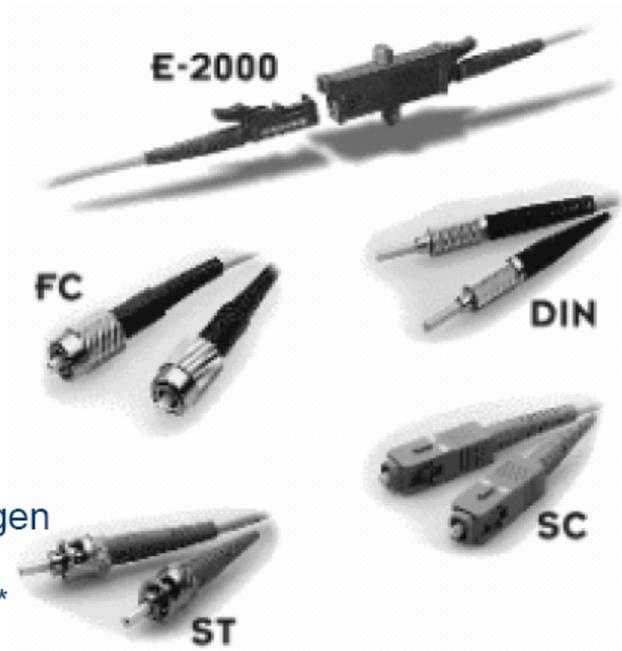


Bild: Aufbaustruktur von LWL-Kabeln

## 1.4.2.2 Fiber Optic Connectors

# LWL-Stecker

- Unterschiedliche Typen
  - E-2000
  - DIAMOND
  - DIN
  - FC/PC
  - MFS
  - MTRJ
  - SC
  - SMA
  - ST
- Unterschiedliche Ausführungen
  - Simplex, Duplex
  - PC, APC, HRL, NPC\*
- Typische Dämpfungswerte
  - ca. 0,2 - 0,5 dB/Paar



PC = Physical Contact (0°), APC = Angle Physical Contact (8°),  
HRL = APC, NPC = Non Physical Contact



Bild: LWL-Steckerausführungen



Bild: ST CONNECTOR



Bild: SC CONNECTOR



Bild: LSA-Connector

## 1.5. Zertifizierung von Netzwerkverbindungen

### 1.5.1. Motivation und Ziele

Warum Messungen am LAN ?

Technische Gründe

- Sicherstellen des korrekten Anschließens
- Überprüfung der geforderten Performance/Bandbreite
- Minimierung von Ausfallzeiten bedingt durch Fehler auf der physikalischen Ebene

Kommerzielle Gründe

- Sicherheit für Netz-Betreiber durch Zertifizierung
- Sicherheit für Installateur durch Dokumentation

### 1.5.2. Normen

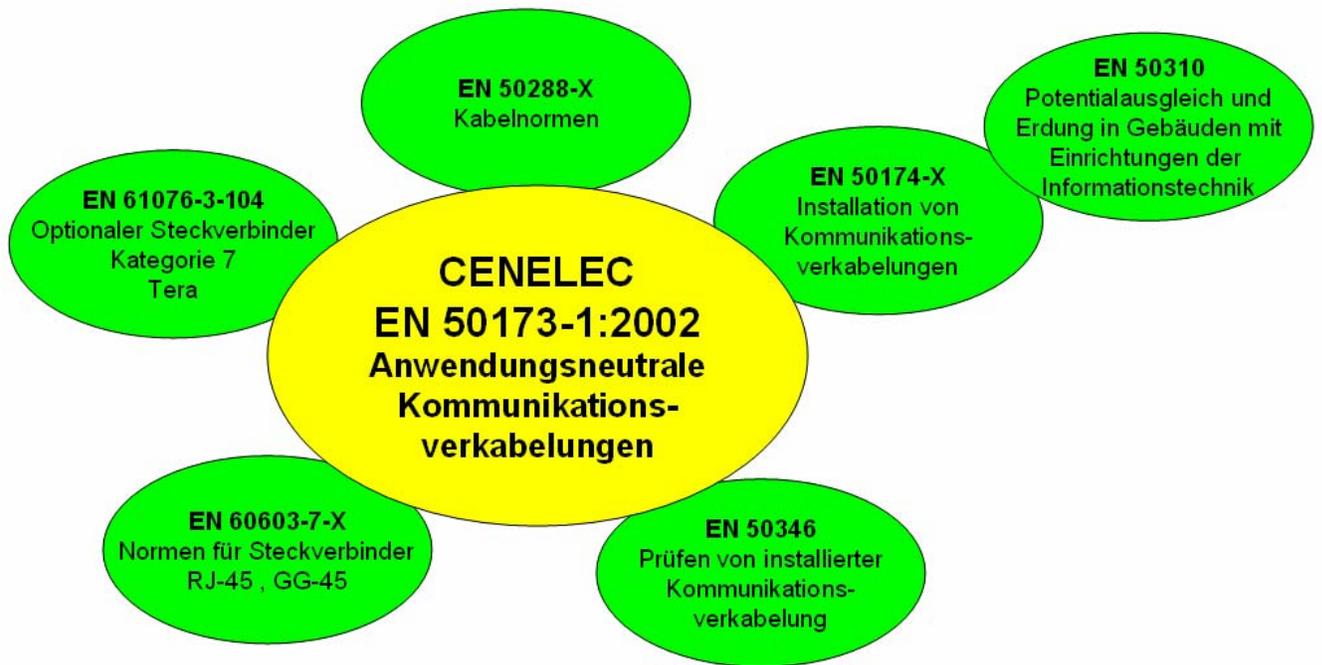


Bild: Normen Überblick der EN 50173-1

	Kabel	Komponenten	Verkabelung	Installation	Messen	Applikation
<b>TIA/EIA</b> USA	TIA/EIA 568-B.2	TIA/EIA 568-B.2	TIA/EIA 568-B.2		TIA/EIA 568-B.2	IEEE (z.B. 802.3) Ethernet Fast Ethernet Gigabit Ethernet Token Ring
<b>ISO/IEC</b> International	IEC 61156	IEC 60603-7	ISO/IEC 11801		IEC 61935	...
<b>CENELEC</b> Europa	EN 50288	EN 60603-7	EN 50173	EN 50174-x	EN 50346	ISO/IEC (z.B. 8802-x) Ethernet Fast Ethernet Gigabit Ethernet Token Ring
<b>DKE</b> VDE DIN Deutschland	DIN EN 50288	DIN EN 60603-7	DIN EN 50173	DIN EN 50174-x	DIN EN 50346	...
	... EN50288-1 Grundspezifikation ... EN50288-2 Cat 5 geschirmt ... EN50288-3 Cat 5 ungeschirmt ... EN50288-4 Cat 7 geschirmt ... EN50288-5 Cat 6 geschirmt ... EN50288-6 Cat 6 ungeschirmt ... EN50288-7 Steuerkabel	... 60603-7-2 Cat 5 ungeschirmt ... 60603-7-3 Cat 5 geschirmt ... 60603-7-4 Cat 6 ungeschirmt ... 60603-7-41 (E) Cat 6a ungesch. ... 60603-7-5 Cat 6 ungeschirmt ... 60603-7-51 (E) Cat 6a geschirmt ... 60603-7-7 Cat 7 geschirmt (... 61076.3-104 TERA)	... 50173-1 Bürobereich ... 50173-2 SOHO ... 50173-3 Industrie	... 50174-1 Spezifikation/ Qualitätssicherung ... 50174-2 Planungen/ Installationen Inhouse ... 50174-3 Planungen/ Installationen Im Freien	... 50346 Prüfen installierter Verkabelung	ATM Forum ATM LAN 155 ATM LAN 622 ATM 1.2G  ITU-T X.21 V.11 S0 Bus S1/S2 ...

Bild: Nationale und Internationale Normen am Beispiel der Cu-Netze

	100 MHz	250 MHz	500 MHz	600 MHz	1000 MHz
<b>TIA/EIA</b> USA	TIA/EIA 568-B.1/2 Cat. 5e	TIA/EIA 568-B.2-1 Cat.6	TIA/EIA 568-B.2-10 Cat.6A		
<b>ISO/IEC</b> International	ISO/IEC11801: 2nd Edition Class D	ISO/IEC11801 2nd Edition Class E	ISO/IEC11801 2.1 Edition Class E <sub>A</sub>	ISO/IEC11801 2nd Edition Class F	ISO/IEC11801 2.1 Edition Class F <sub>A</sub>
<b>CENELEC</b> Europa	CENELEC EN50173-1 Class D	CENELEC EN50173-1 Class E	Entwurf	CENELEC EN 50173-1 Class F	Entwurf
<b>DKE</b> VDE DIN Deutschland	DKE DIN EN50173-1 Klasse D	DKE DIN EN50173-1 Klasse E	Entwurf	DKE DIN EN50173-1 Klasse F	Entwurf

Bild: Nationale und Internationale Verkabelungsnormen

## Leistungsfähigkeit von Komponenten: Kategorien

(Horizontalkabel, Patchkabel, Steckverbindungen, Verteilfelder, Anschlußdosen)

Kategorie 3	bis 16 MHz
Kategorie 5	bis 100 MHz
Kategorie 6	bis 250 MHz
Kategorie 7	bis 600 MHz

## Leistungsfähigkeit von Verkabelungsstrecken: Klassen

(gesamte Verkabelungsstrecke)

Linkklasse C	bis 16 MHz
Linkklasse D	bis 100 MHz
Linkklasse E	bis 250 MHz
Linkklasse E <sub>A</sub>	bis 500 MHz (Entwurf)
Linkklasse F	bis 600 MHz
Linkklasse F <sub>A</sub>	bis 1000 MHz (Entwurf)

(Nur in den USA Einteilung von Verkabelungsstrecken in Link-„Categories“)

Bild: Unterschied zwischen „Klasse“ und „Kategorien“

### 1.5.3. Testparameter

Parameter	Abnahme (Acceptance)	Fehlersuche (Compliance)	Konformität (Reference)
Verdrahtung	X	X	X
Länge [m]	o	o	X
Cu-Schleifenwiderstand [ $\Omega$ ]	x	X	X
Laufzeit, -unterschied [ $\mu$ s]	x	X	X
Dämpfung [dB] über Freq.	x	X	X
NEXT [dB] über Freq.	x	X	X
Power Sum NEXT [dB] über Freq.	c	C	C
ELFEXT [dB] über Freq.	x	X	X
Power Sum ELFEXT [dB] über Freq.	c	C	C
ACR [dB] über Freq.	o	o	X
Power Sum ACR [dB] über Freq.	o/c	o/c	X
Erdunsymmetriedpfg. [dB]			X
Kopplungswiderstand [ $m\Omega/m$ ]			FFS
Rückflußdpfg. [dB] über Freq.	x	X	X
Wellenimpedanz [ $\Omega$ ] über Freq.	x	X	X
Kapazität [pF/m]	o	o	o
Echoantwort [TDR]	o	o	o
Ausbreitungs-Geschwindig. [NVP]	o	o	o
Reserve	o	o	o

Legende:

x/X = kann/muss

c/C = kann/muss berechnet werden

o = optionale Funktion im Tester

FFS = in Diskussion

Bild: Testparameter-Übersicht aus ISO/IEC 11801, 2nd edition

Installationsqualität	Komponenten	Kabel	Zusammenspiel Komponenten und Kabel
Verdrahtung	NEXT	Dämpfung	ELFEXT
Schleifenwiderstand	PS-NEXT	(Kapazität)	PS-ELFEXT
		Laufzeit	Rückflußdämpfung
		Laufzeitdifferenz	ACR
			PS-ACR
			(Impedanz)

Bild: Zuordnung der Testparameter nach Verursacher

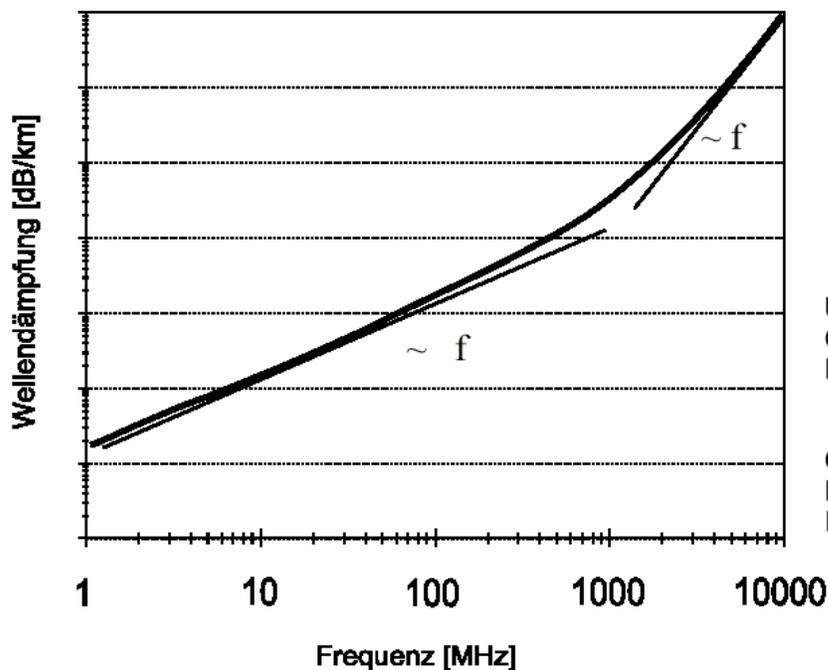
## Traditionelle Testparameter

- Dämpfung
- NEXT
- ACR
- PSNEXT
- PSACR

## Neue Testparameter aufgrund neuer Verkabelungsklassen

AFEXT	Alien FEXT
ANEXT	Alien NEXT
ELTCTL	Equal level TCTL
PS AELFEXT	Power sum alien ELFEXT
PS AFEXT	Power sum AFEXT
PS ANEXT	Power sum ANEXT

## Dämpfung



$$\alpha = \frac{R'}{2 \sqrt{\frac{L'}{C'}}} + \frac{G' \sqrt{\frac{L'}{C'}}}{2}$$

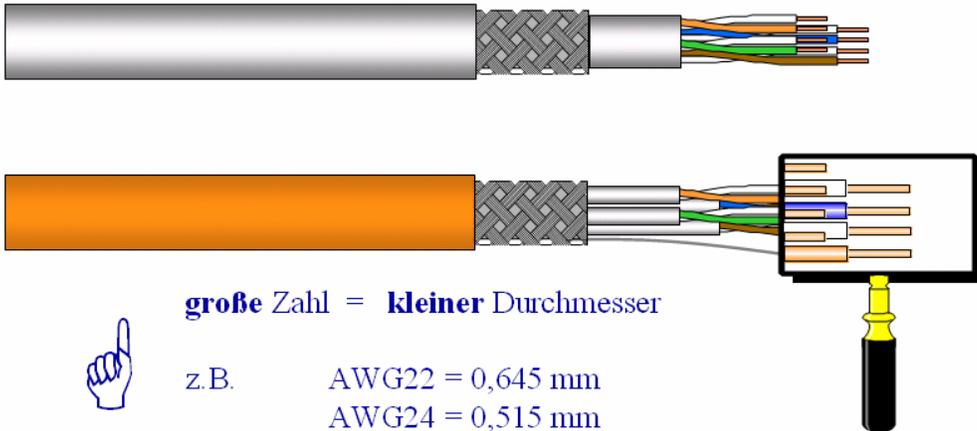
**Unterer Frequenzbereich:**  
Ohmsche Verluste im  
Leitermaterial überwiegen

**Oberer Frequenzbereich:**  
Dielektrische Verluste im  
Isolator überwiegen

Bild: Dämpfung (1)

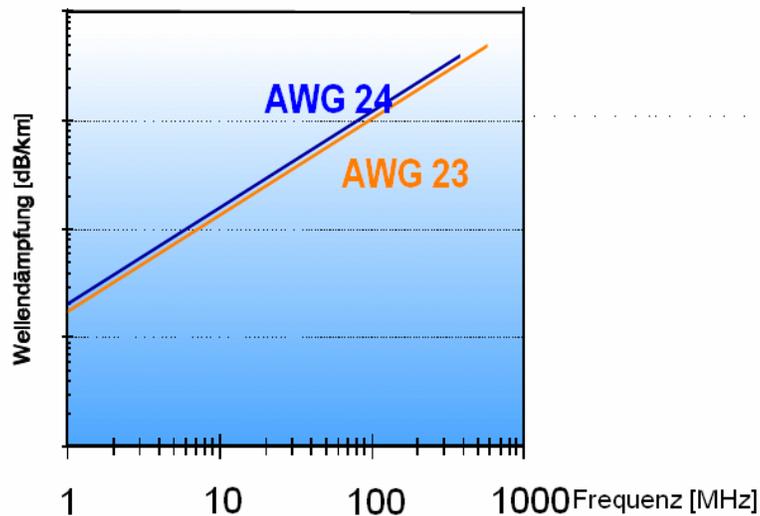
Der Leiter kann wie eine Wasserleitung betrachtet werden:

AWG = amerikanisches Drahtmaß



**Je größer der Durchmesser, desto mehr Strom fließt bei gleicher Erwärmung (Verluste).  
Die Verluste steigen proportional zur Länge des Leiters.**

Bild: Dämpfung (2)



Mit **hohen Frequenzen** fließt der Strom zunehmend nur noch in einer dünnen Schicht an der Oberfläche des Leiters (sog. **Skineffekt**).

Daher steigt die Dämpfung mit hohen Frequenzen an.

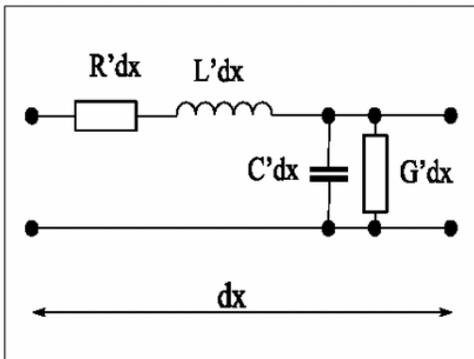
Der Unterschied zwischen den verschiedenen Leiterabmessungen ist nur gering.

Bild: Dämpfung (3)

Zusammenfassung Dämpfung:

- Leistungsverlust bei der Signalübertragung über eine bestimmte Strecke
- Leistungsverlust ist frequenzabhängig, steigt mit zunehmender Frequenz
- je dicker der Kupferleiter, umso geringer die Dämpfung
- Angabe in dB/100 m

Wellenwiderstand



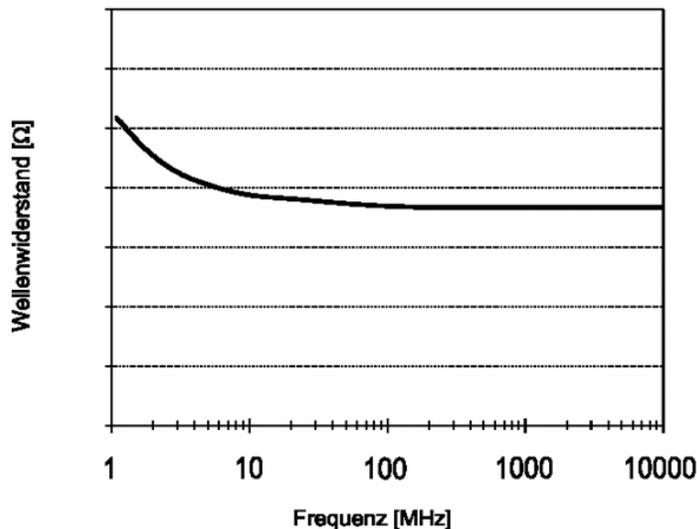
Übertragungstechnische Eigenschaften werden ausgedrückt durch Wellenwiderstand:

$$Z := \sqrt{\frac{R' + j\omega L'}{G' + j\omega C'}}$$

und Ausbreitungsmaß:

$$\gamma := \sqrt{(R' + j\omega L')(G' + j\omega C')} \\ = \alpha + j\beta$$

Bild: Definition des Wellenwiderstandes (1)

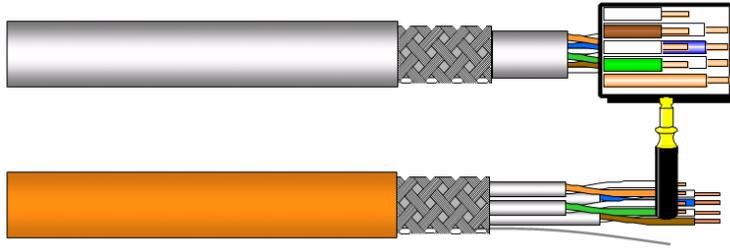


$$Z := \sqrt{\frac{R' + j\omega L'}{j\omega C'}}$$

**Unterer Frequenzbereich:**  
Imaginärteil ist noch nicht zu vernachlässigen, d.h.  $\omega L' < R'$

**Oberer Frequenzbereich:**  
Wellenwiderstand ist rein ohmsch, d.h.  $\omega L' \gg R'$

Bild: Definition des Wellenwiderstandes (1)

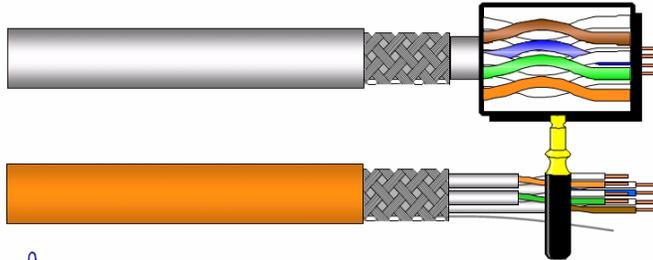


### Durchmesserschwankung

- = Wellenwiderstandsschwankung
- = Reflexionen bei der Datenübertragung

Die einzelnen Adern der Datenkabel werden mit größtmöglicher **Gleichmäßigkeit** und **Maßhaltigkeit** produziert.  
Nur diese Präzision garantiert den für **reflexionsfreie** Übertragung wichtigen, gleichmäßigen Wellenwiderstandsverlauf.

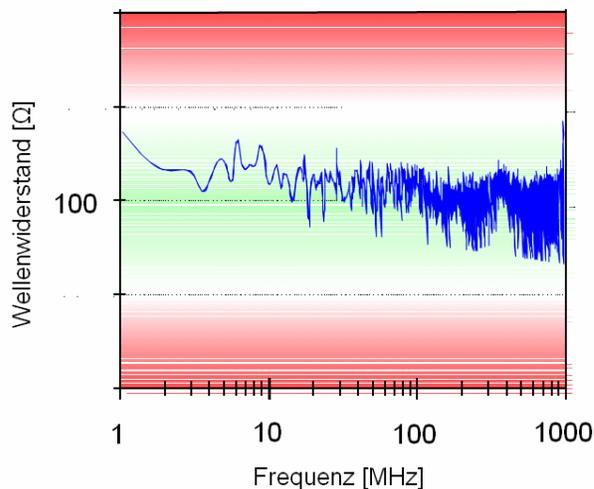
Bild: Gleichmäßige Leiterisolierung



**kurze** Paarschlaglänge = **hohe** Stabilität = **niedrige** Beeinflussung

Die räumliche Nähe der Paare im Kabel verlangen vom Hersteller höchste Präzision bei der Verseilung und Weiterverarbeitung.  
Durch speziell abgestufte Schlaglängen von wenigen Zentimetern wird eine minimal gegenseitige Beeinflussung der Paare untereinander gewährleistet.

Bild: Stabile Paarverseilung



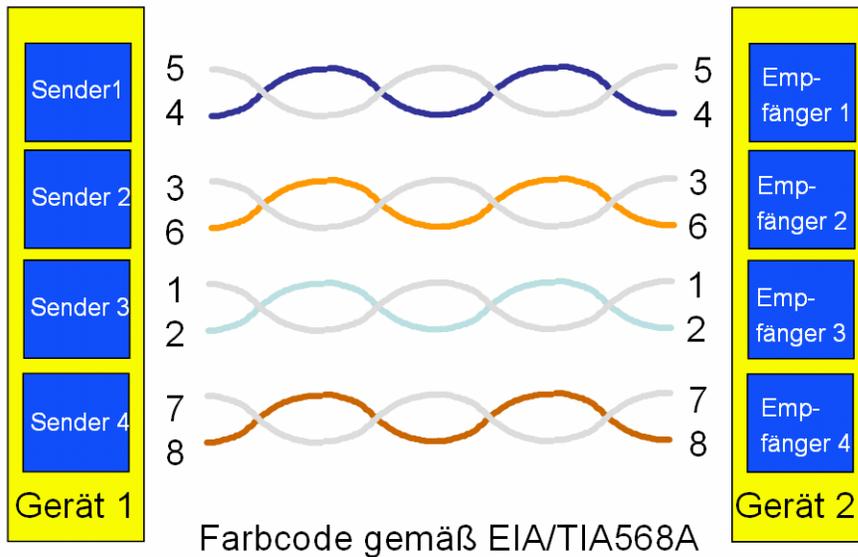
Die neuen Standards für Datenkabel fordern einen Wellenwiderstand von  $Z = 100 \pm 5 \Omega$  bei 100 MHz.

Bild: Wellenwiderstandstoleranz

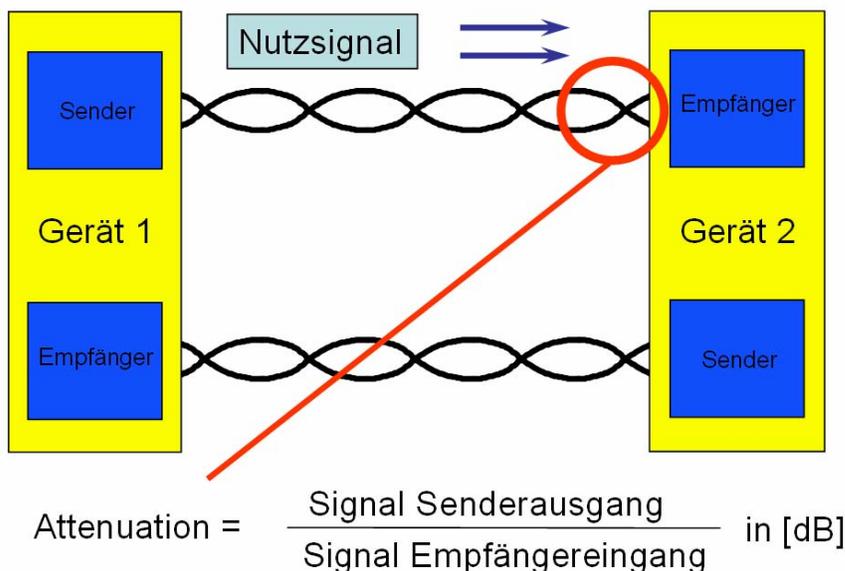
## Zusammenfassung Wellenwiderstand:

- abgeleitetes Maß aus Kapazität, Induktivität und Leitfähigkeit eines Kabels
- Maßeinheit: Ohm
- Wichtig: Alle Komponenten eines Netzwerks müssen die gleiche Impedanz haben
- Exakte Abmessungen bei den Kabelkomponenten sorgen für eine stabile Impedanz

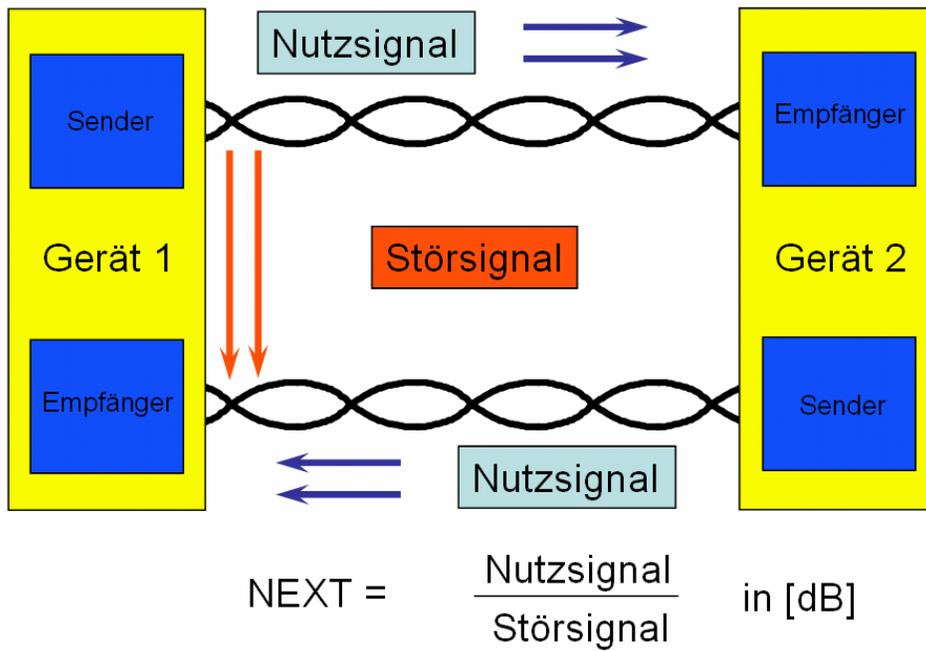
## Verdrahtung



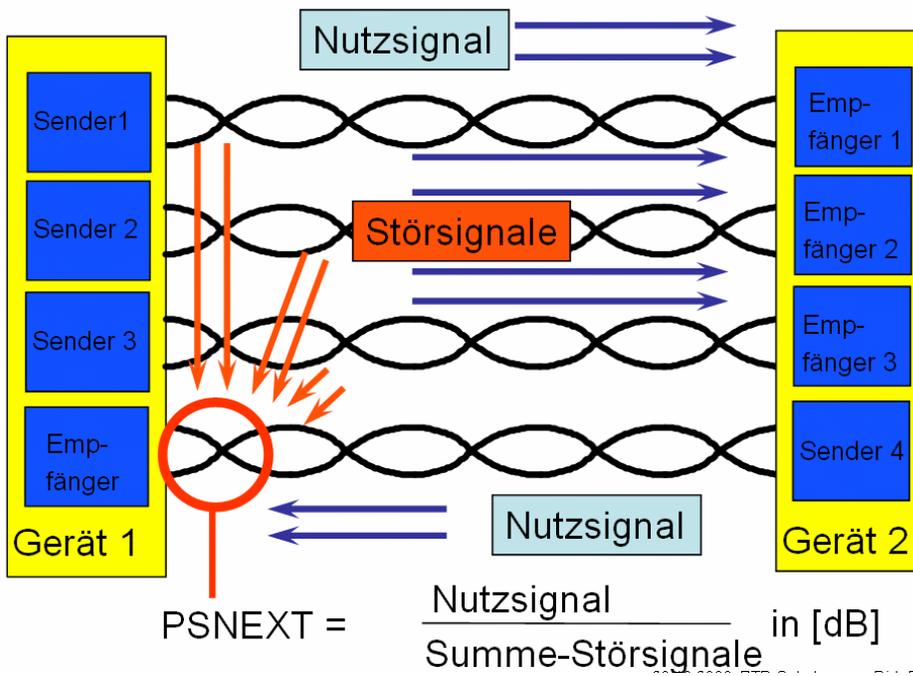
## Attenuation (Streckendampfung)



## NEXT (Nahnebensprechen)



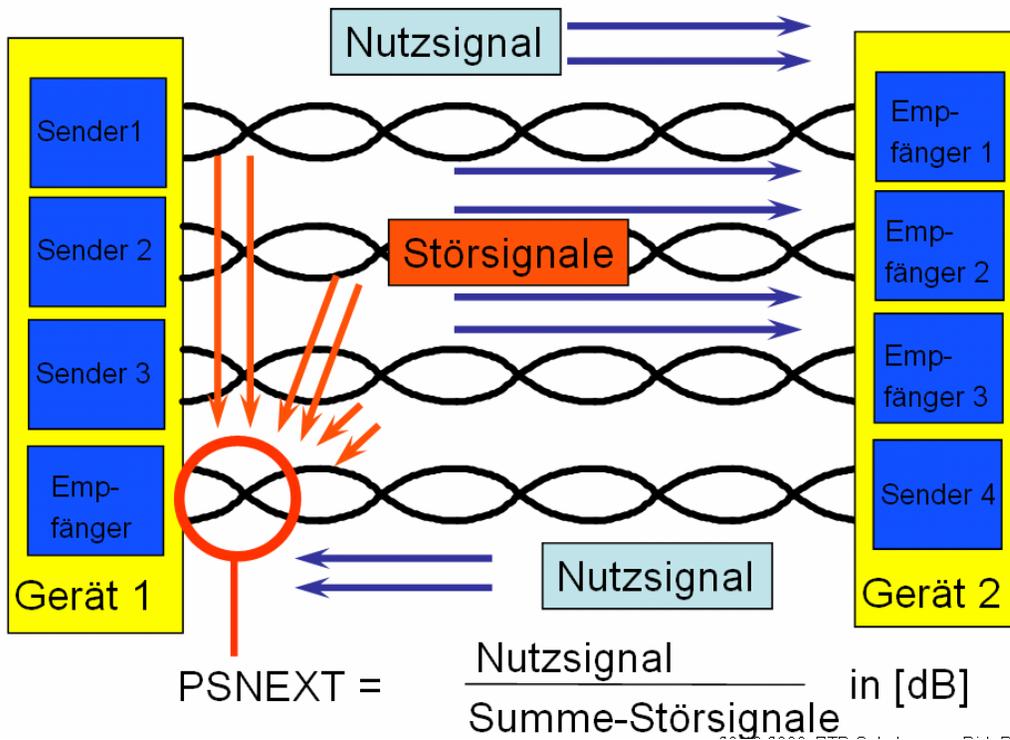
## Powersum NEXT



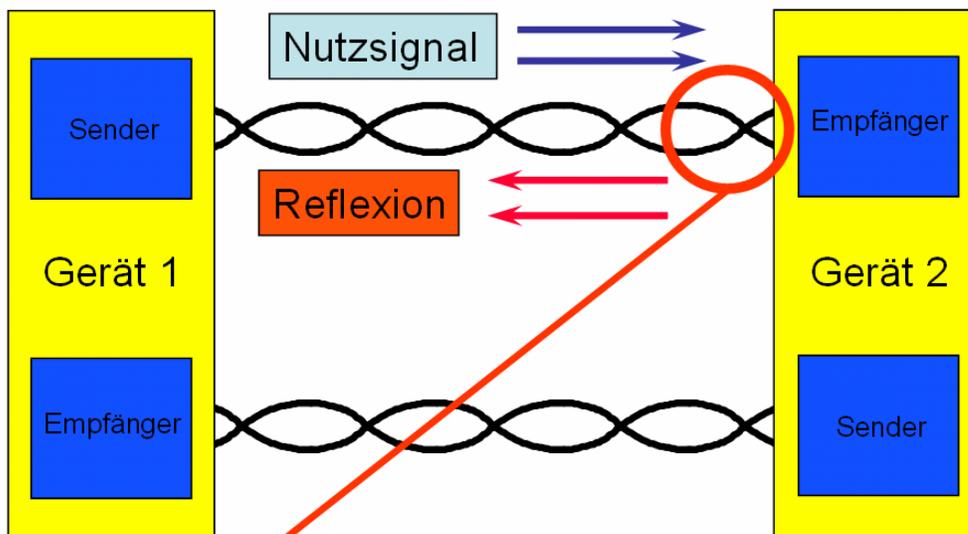
## ELFEXT / PowerSum ELFEXT

ELFEXT (equal level far end crosstalk )

ELFEXT ELFEXT ist eine relative Größe, die das Verhältnis des übersprechenden Ausgangspegels zum eigentlichen Ausgangspegel definiert

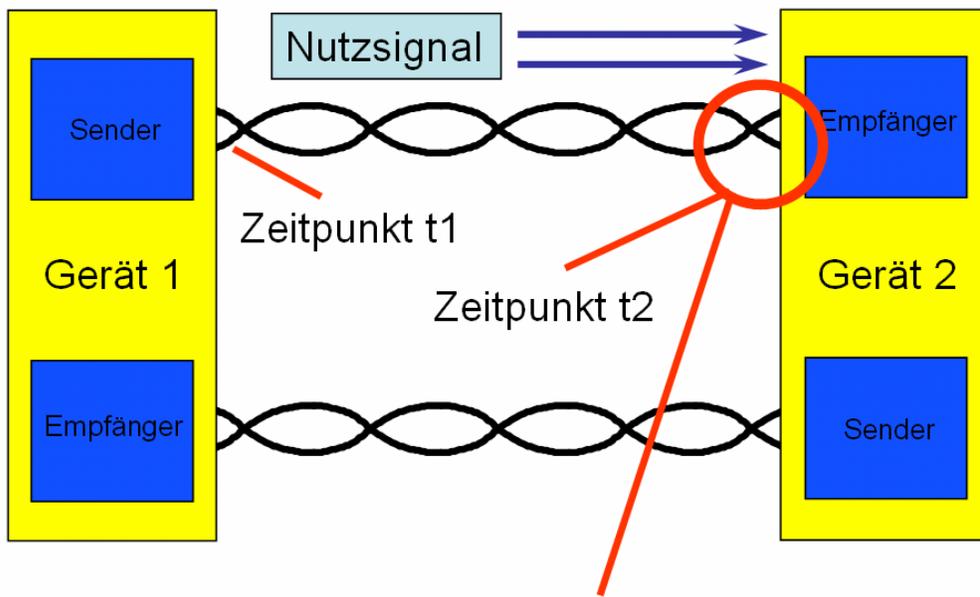


## Return Loss (Rückflussdämpfung)



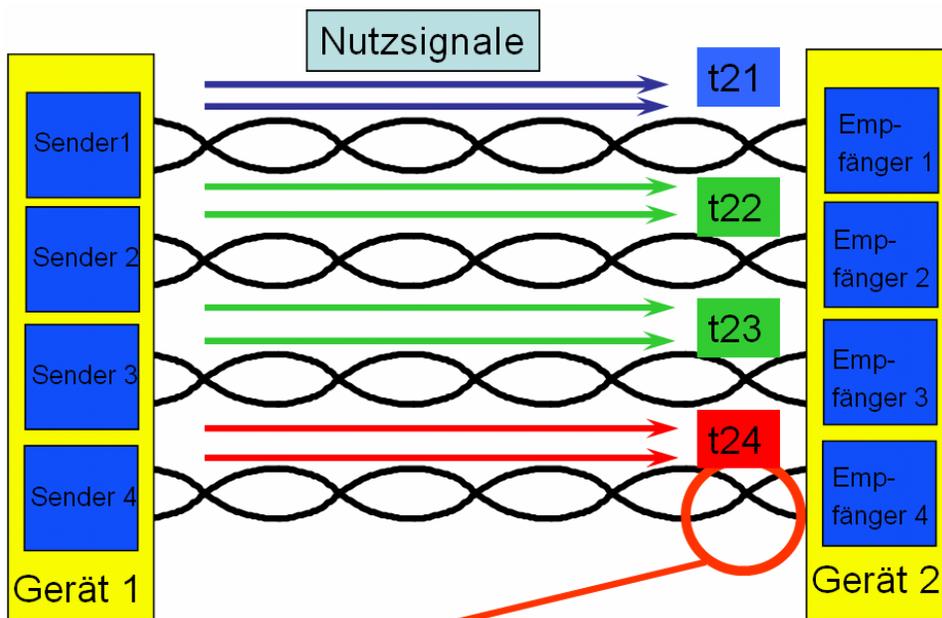
$$\text{Return Loss} = \frac{\text{Nutzsignal in Vorwärtsrichtung}}{\text{Reflexionssignal in Rückwärtsrichtung}} \text{ in [dB]}$$

### Propagation Delay (Signallaufzeit)



Signallaufzeit  $P\text{-Delay} = t_2 - t_1$

### Delay Skew (Signallaufzeitdifferenz)

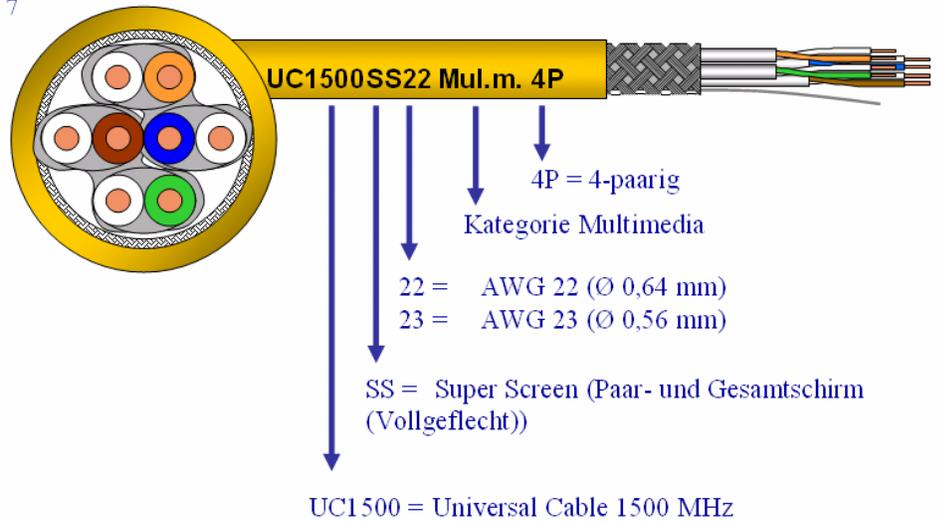


Delay Skew =  $t_{21} - t_{22}$ ,  $t_{21} - t_{23}$  usw.

**Beispiel:**

### **Einsetzbar bis 1500 MHz**

- Patentierter Folienschirmung um je 2 Paare
- 100 Ω LAN Kabel Category 7
- ISO/IEC 11801
- EN 50288-4-1
- EN 50173-1
- IEC 61156-5; IEC 61156-7



Bsp.: UC1500 Multimedia

#### **1.5.4. Messablauf**

Infos zum Fluke DTX Series CableAnalyzer

[Bedienungshandbuch zum Fluke "DTX Series CableAnalyzer"](#)

[Bedienungshandbuch zu den Fiber Modules "DTX-MFM2/GFM2/SFM2"](#)

[\(MFM2 Multimodus-Glasfasermodule, GFM2 Multimodus-Glasfasermodule, SFM2 Singlemodus-Glasfasermodule\)](#)

[Technical Reference Handbook zum Fluke "DTX Series Cable Analyzer" \(sehr umfassendes Handbuch!\)](#)

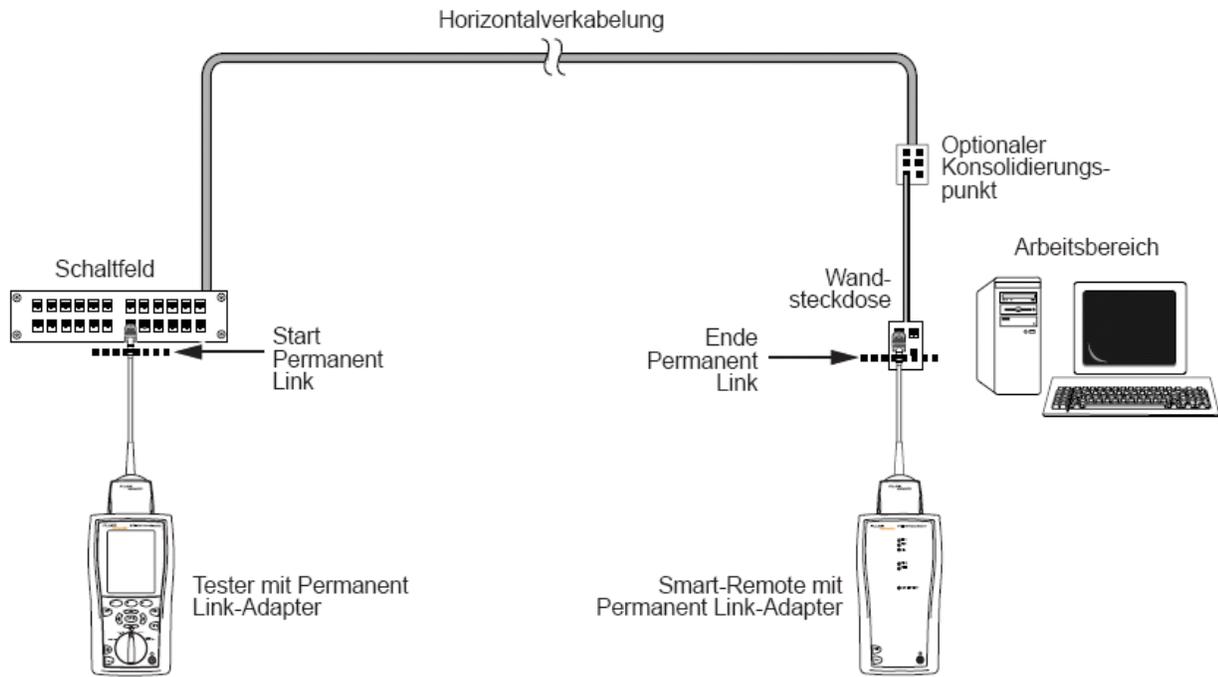


Bild: Permanent Link (Installationsstrecke)

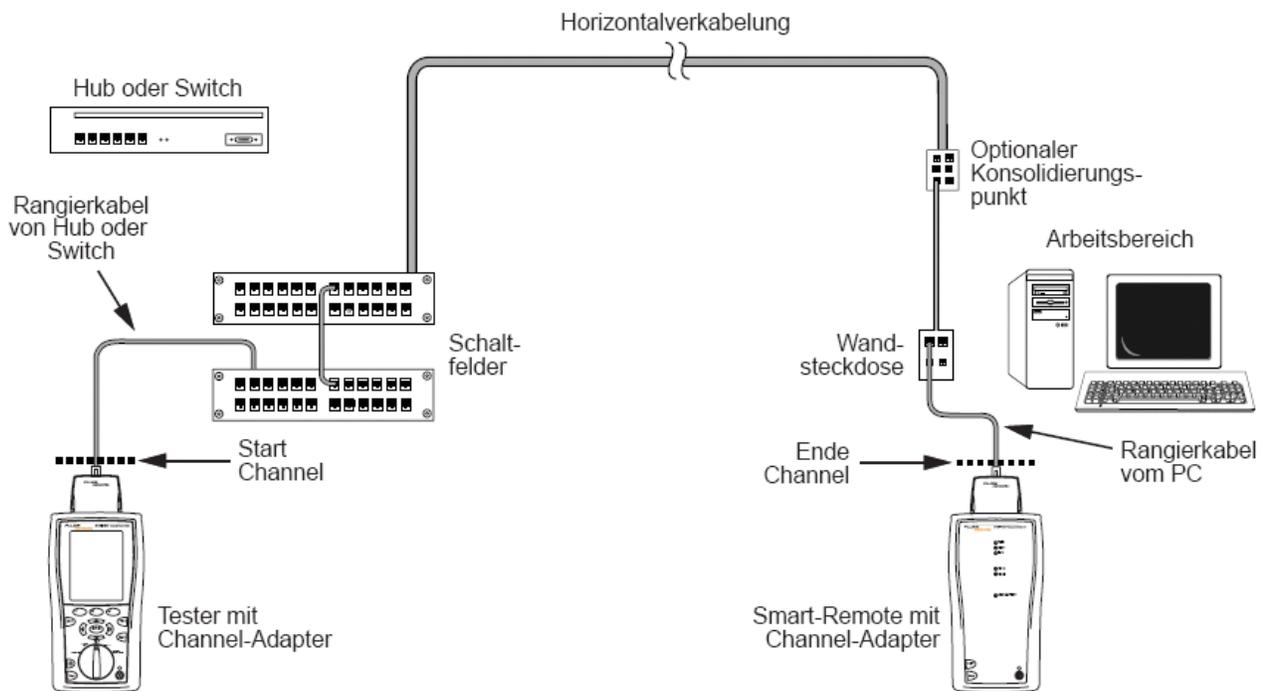


Bild: Channel Link (Übertragungsstrecke)

## 1.5.5. Protokollierung der Messergebnisse (Bsp. Linkware)

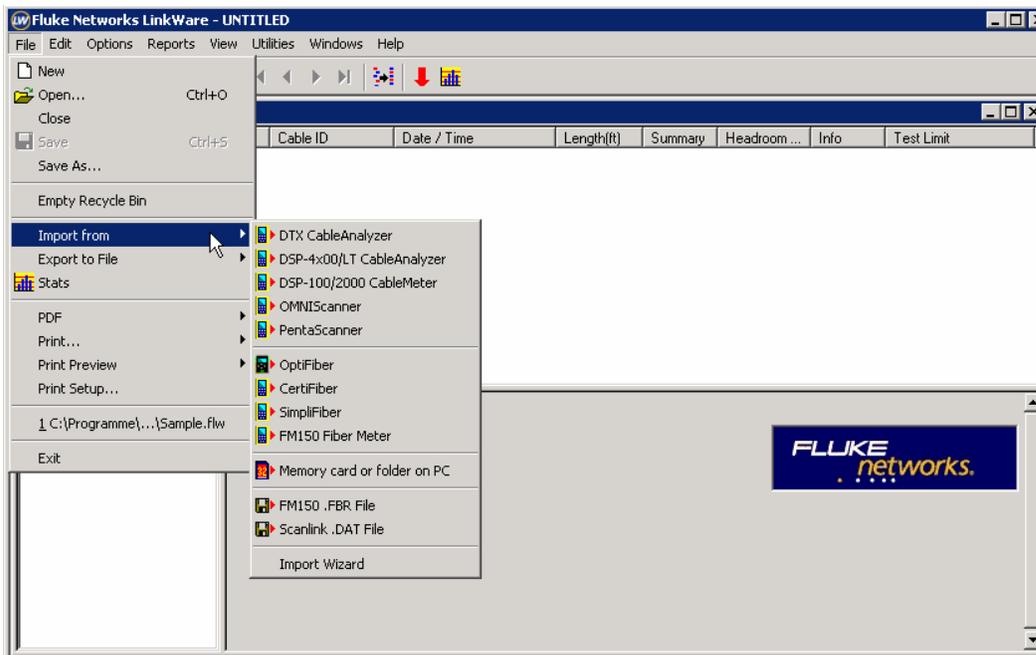
Infos zur Fluke Software "Linkware" (Kabeltestmanagement und Protokollerstellung)

[LinkWare Getting Started Guide](#)

Weblink zum Download der Fluke Software "LinkWare"

[Weblink zur Fluke LinkWare Software v2.6 \(Stand 7/10/2006\)](#)

[Direkter Download der LinkWare Software v2.6](#)





**Cable ID: A[02]-A**

**Test Summary: PASS**

Date / Time: 06/29/2002 08:47:13am  
**Headroom: 5.8 dB (NEXT 12-36)**  
**Test Limit: TIA Cat 6 Perm. Link**  
 Cable Type: UTP 100 Ohm Cat 6  
 Fault Anomaly Threshold: 15%

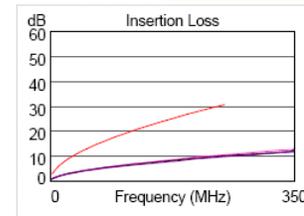
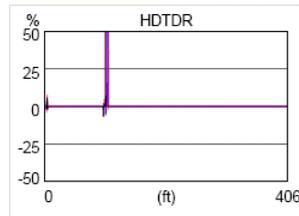
Operator: TOM TRUMP  
 Software Version: 1.85  
 Limits Version: 4.92  
 NVP: 69.0%  
 Shield Test: N/A

Model: DSP-4300  
 Main S/N: 7350022  
 Remote S/N: 7350022  
 Main Adapter: PM- 001  
 Remote Adapter: PM- 001

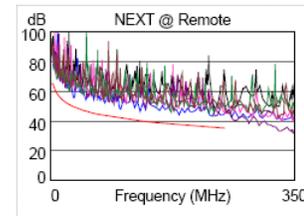
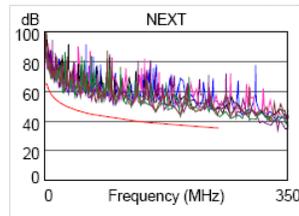
Wire Map	1 2 3 4 5 6 7 8 S
<b>PASS</b>	
	1 2 3 4 5 6 7 8



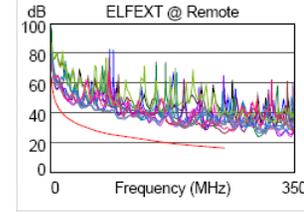
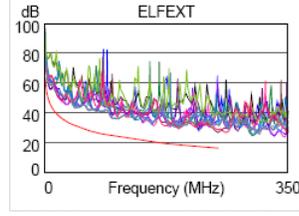
Length (ft), Limit 295	[Pair 78]	95
Prop. Delay (ns), Limit 498	[Pair 12]	147
Delay Skew (ns), Limit 44	[Pair 12]	7
Resistance (ohms)		N/A
Insertion Loss Margin (dB)	[Pair 36]	20.2
Frequency (MHz)	[Pair 36]	250.0
Limit (dB)	[Pair 36]	30.7



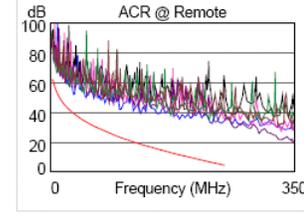
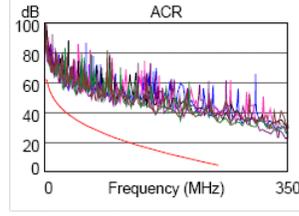
	Worst Case Margin		Worst Case Value	
	MAIN	SR	MAIN	SR
<b>PASS</b>				
Worst Pair	36-78	12-36	36-78	36-45
<b>NEXT (dB)</b>	6.1	5.8	6.1	6.6
Freq. (MHz)	196.0	33.2	196.0	236.5
Limit (dB)	37.1	49.6	37.1	35.7
Worst Pair	78	36	78	36
<b>PSNEXT (dB)</b>	6.0	6.9	7.6	7.2
Freq. (MHz)	195.5	199.5	248.5	236.0
Limit (dB)	34.5	34.4	32.7	33.2



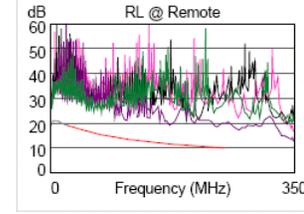
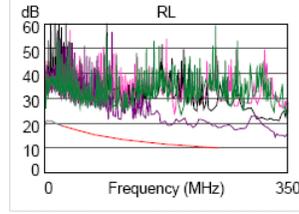
	Worst Case Margin		Worst Case Value	
	MAIN	SR	MAIN	SR
<b>PASS</b>				
Worst Pair	36-12	36-12	36-78	36-78
<b>ELFEXT (dB)</b>	9.4	9.4	10.3	9.5
Freq. (MHz)	7.2	7.2	248.5	248.5
Limit (dB)	47.1	47.1	16.3	16.3
Worst Pair	45	36	78	36
<b>PSELFEXT (dB)</b>	10.8	10.9	12.4	11.0
Freq. (MHz)	194.0	7.1	248.0	222.5
Limit (dB)	15.5	44.2	13.3	14.2



	Worst Case Margin		Worst Case Value	
	MAIN	SR	MAIN	SR
<b>PASS</b>				
Worst Pair	12-36	12-36	36-78	36-45
<b>ACR (dB)</b>	13.7	12.7	29.2	26.4
Freq. (MHz)	4.0	33.2	248.5	236.5
Limit (dB)	60.6	39.3	4.8	6.0
Worst Pair	78	78	78	36
<b>PSACR (dB)</b>	13.0	13.4	28.4	28.0
Freq. (MHz)	9.9	10.0	248.5	249.5
Limit (dB)	50.1	50.0	2.2	2.1



	Worst Case Margin		Worst Case Value	
	MAIN	SR	MAIN	SR
<b>PASS</b>				
Worst Pair	45	45	45	45
<b>RL (dB)</b>	6.0	7.4	6.0	8.1
Freq. (MHz)	195.5	171.0	195.5	249.5
Limit (dB)	11.1	11.6	11.1	10.0



Compliant Network Standards:  
 10BASE-T                      100BASE-TX                      100BASE-T4  
 100BASE-T                      ATM-25                              ATM-51  
 ATM-155                        100VG-AnyLan                      TR-4  
 TR-16 Active                      TR-16 Passive

Project: DSP Record Examples  
 Site: DSP-4000 Series Records

Sample.flw



## 1.6. Beispiele von Netzwerkkonfigurationen

### 1.6.1. Beispielkonfiguration A

In der nachstehenden Grafik ist ein Beispielnetz für ein mittelgroßes Büronetz mit 50-100 Mitarbeitern dargestellt.

Typischerweise ist hier nur ein Verteilerstandort vorhanden, in dem alle Tertiärkabel des Gebäudes aufgelegt sind.

Im Beispiel wird mit stapelbaren Layer-2-Switches ein Stack mit der notwendigen Portanzahl aufgebaut und Server und Clients über 10/100-Mbit/s-Ethernet an diesen Stack angeschlossen. Die Switches innerhalb des Stacks sollten mit mindestens 1 Gbit/s verbunden sein. Bei entsprechenden Anwendungen kann die Anbindung der Server auch mit Gigabit-Ethernet erfolgen.

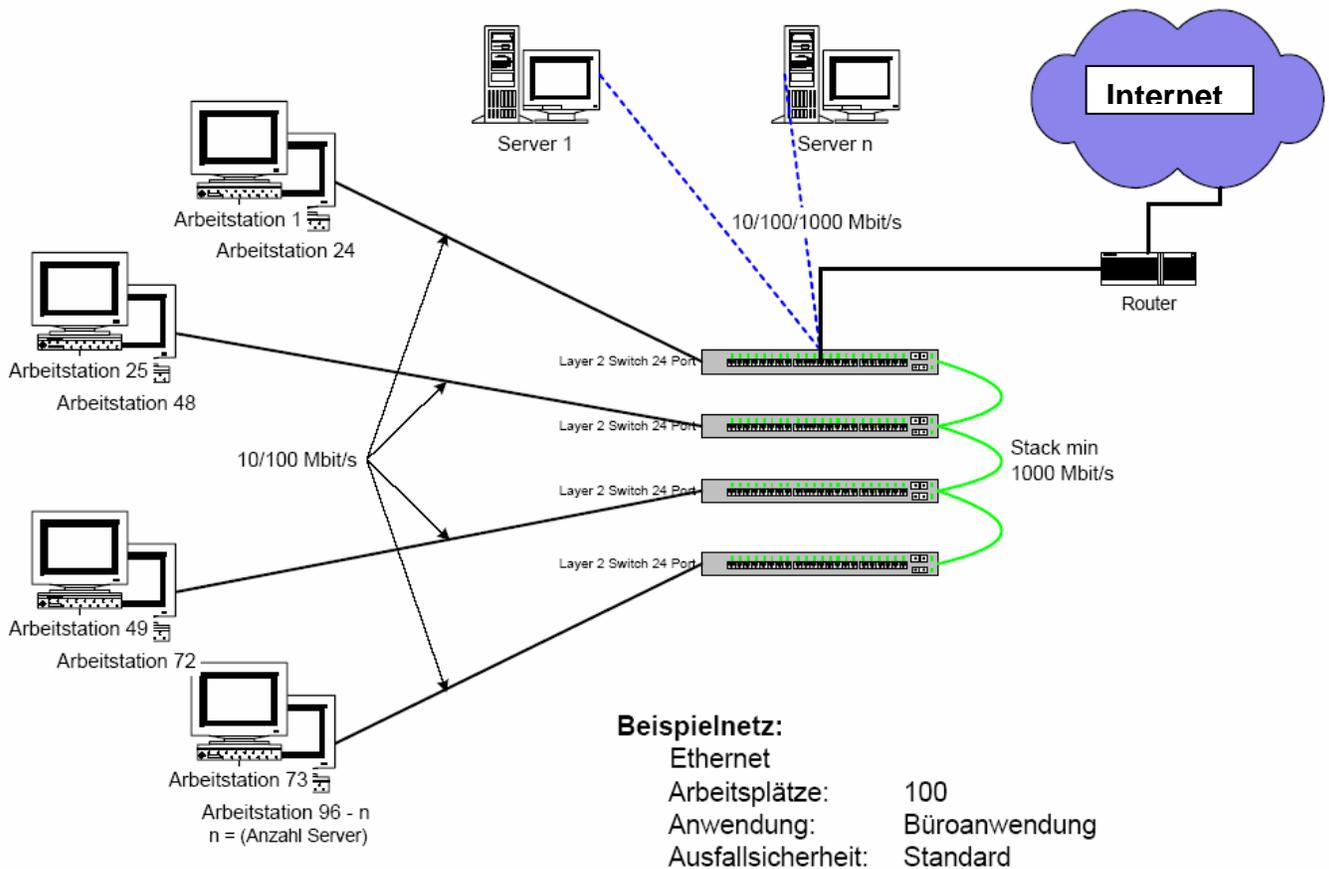


Bild: Büronetz mit max. 100 Arbeitsplätzen in einem kleinen Gebäude mit einem zentralen Verteiler

Besondere Vorkehrungen bei Geräte- oder Serverausfall wurden nicht getroffen. Bei Ausfall eines Switches sind die daran angeschlossenen Endgeräte oder Server nicht mehr erreichbar.

Für den Ausfall einer Komponente sollten auf den anderen so viele Ports frei sein, dass die Server und die wichtigsten Endgeräte an eine andere Komponente angeschlossen und die Ausfallzeit gering gehalten werden kann.

Diese Lösung ist für Anwendungen, bei denen keine permanente Serveranbindung vorausgesetzt wird, z.B. für Textverarbeitung oder Tabellenkalkulation ausreichend.

### 1.6.2. Beispielkonfiguration B

Sind wie untenstehend dargestellt, mehrere Gebäude einzubeziehen, wird in jedem Verteiler ein Stack mit 10/100-Mbit/s-Layer2-Ethernet-Switches aufgebaut. Diese Stacks werden über Gigabit-Ethernet-LWL-Strecken mit dem zentralen Verteiler verbunden.

Die Anbindung abgesetzter Gebäude kann auch ggf. über Richtfunk- oder xDSL-Strecken erfolgen.

Bei Client-Server-Anwendungen sind unter Umständen Server im abgesetzten Gebäude notwendig, da unter Umständen bei xDSL-Strecken die Übertragungsgeschwindigkeit nicht ausreicht und die Antwortzeiten der Clients hoch sind.

Mit zusätzlichen Servern in den abgesetzten Gebäuden werden nur die Daten zwischen den Servern über die Strecke ausgetauscht. Die Zugriffe der Anwender erfolgen direkt auf den lokalen Server und die Antwortzeiten sind niedrig.

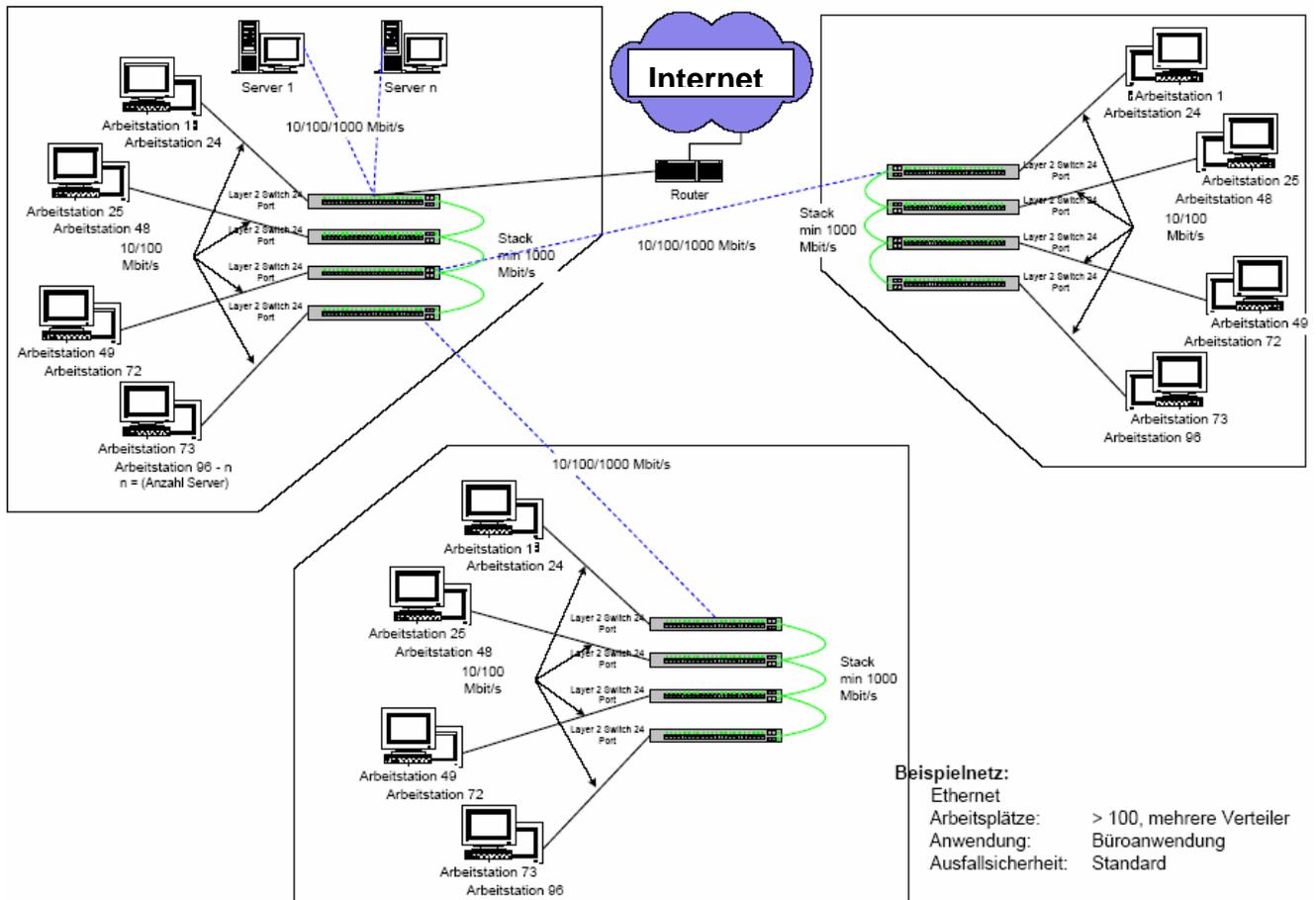


Bild: Büronetz mit mehreren Gebäuden an einem Standort

Bei großen Anforderungen an die Ausfallsicherheit eines Netzes können Netze redundant aufgebaut werden.

Die untenstehend dargestellten Verfahren sind bedarfsgerecht und sinnvoll auszuwählen beziehungsweise zu kombinieren.

- Redundante Anbindung der Server
- Redundante Ausbildung der zentralen Netzwerkkomponenten
- Redundante Anbindung von Gebäude- oder Etagenverteiltern (Wegeredundanz)

### 1.6.3. Beispielkonfiguration C - Einsatz von Firewallsystemen

Bei besonderen Sicherheitsanforderungen, die über das lokale Büronetz hinaus gehen, oder bei Kopplung des LAN an das Internet, können zusätzliche Firewallsysteme sinnvoll sein.

In der untenstehenden Abbildung ist der Einsatz eines Firewallsystems am Beispiel eines Büronetzes mit Anbindung an das Internet dargestellt.

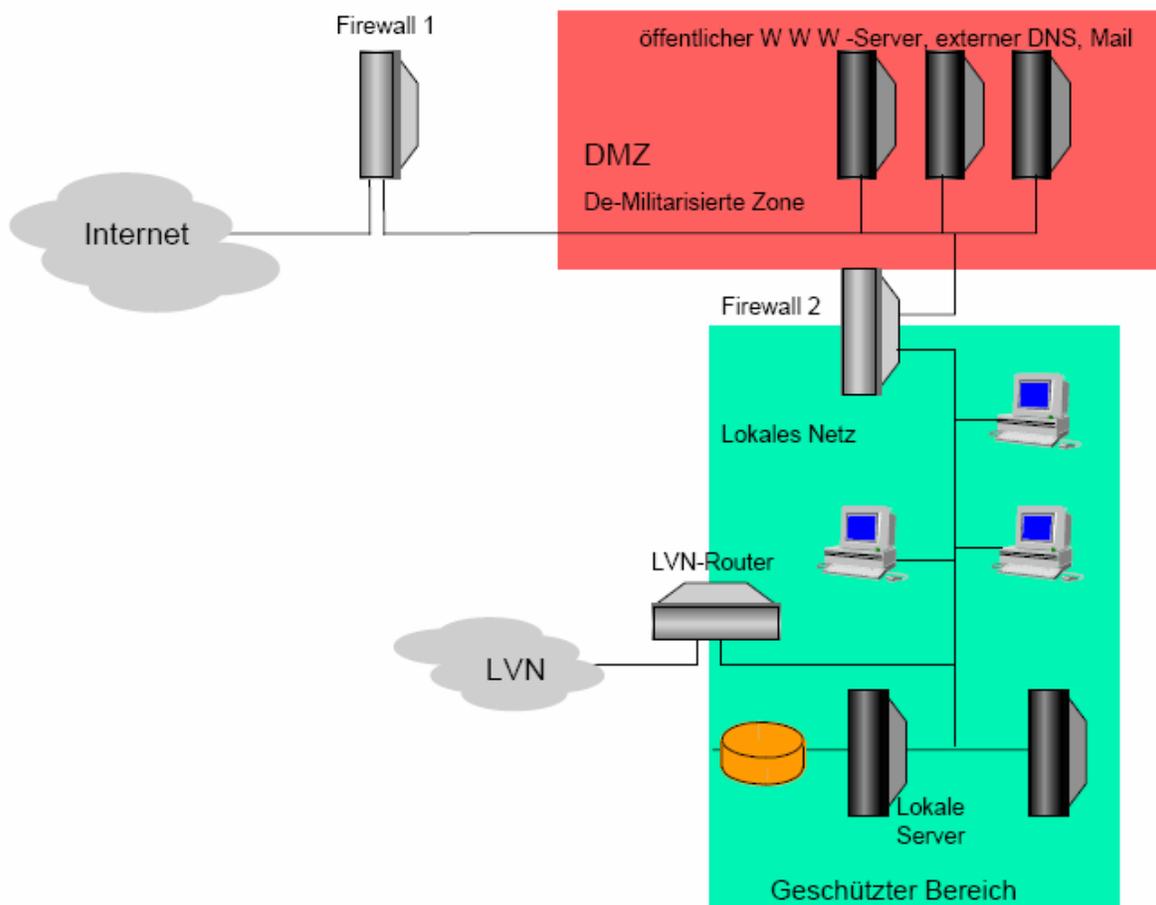


Bild: Firewallsysteme

Zum Schutz gegen Angriffe aus dem Internet dient Firewallsystem 1. Alle Daten vom oder zum Internet laufen über diese Firewall.

Direkt dahinter befinden sich die für die Öffentlichkeit zugänglichen WWW-Server. Abteilung 1 und Abteilung 2 sind über die Firewalls 2a und 2b sowohl vom öffentlich zugänglichen Bereich, als auch gegeneinander abgeschottet.

#### 1.6.4. Beispielkonfiguration D Industrienetze

Zukünftige Eigenschaften von Industrienetzwerken:

- Full Duplex
- Fast Ethernet Switching (Collision Elimination)
- Controlled Physical Port Switching (VLAN)
- Supervision of Packet Size (Priority)
- Implementation of Priority (IEEE802.1p/Q)

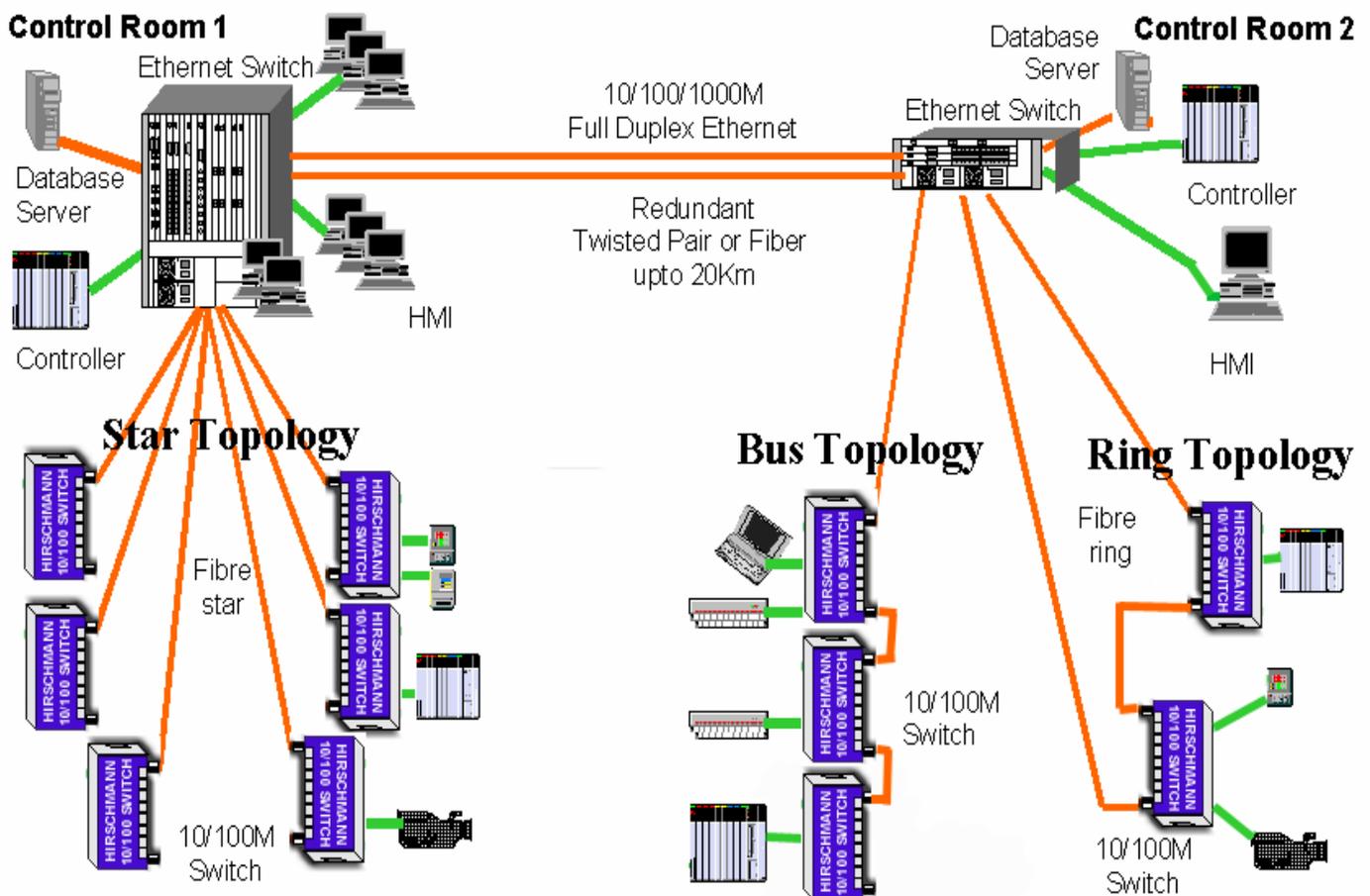


Bild: Industrienetzwerk mit Wegeredundanz zwischen den zentralen Switchen

## Control Room

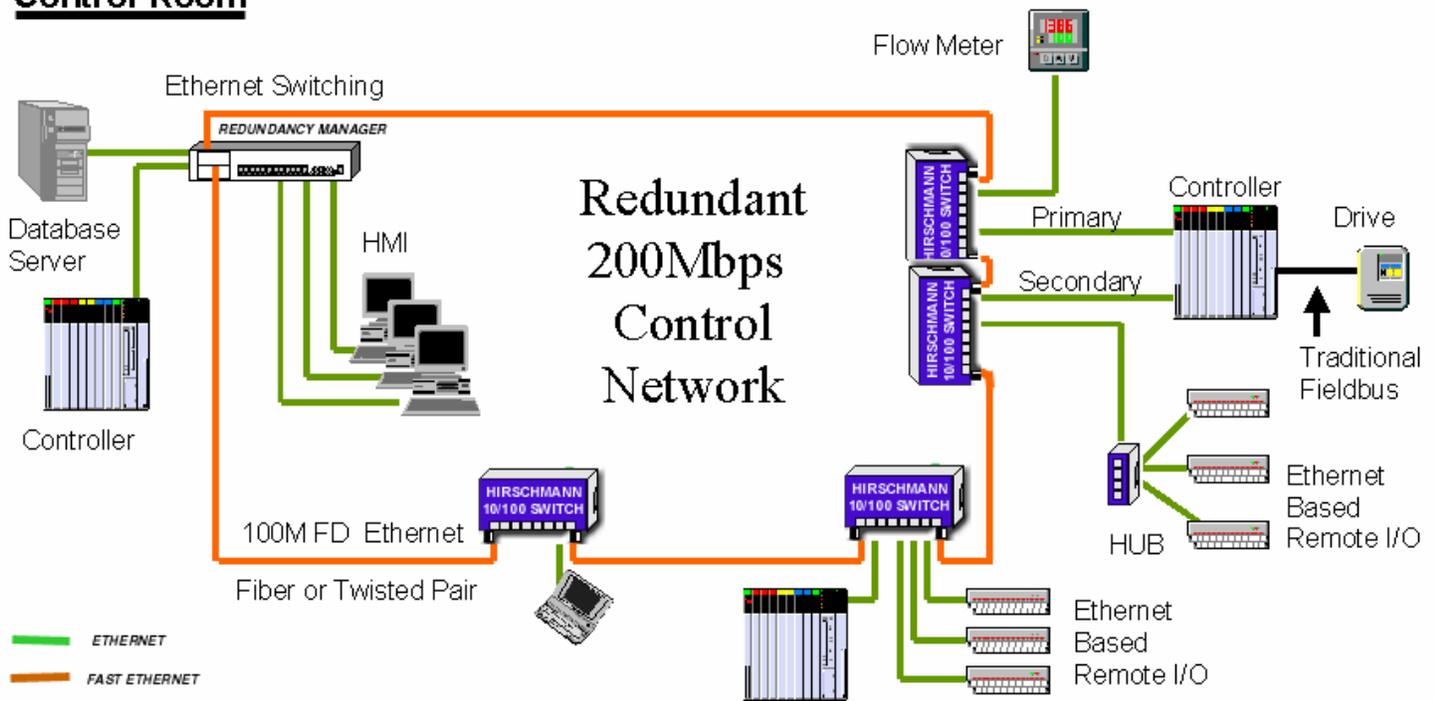


Bild: Industrienetzwerk mit Ring-Redunanz