

Informationstechnischer Anschluss in anwendungsneutralen Kommunikationskabelanlagen



Forum 11

Hinweise, Beispiele, Material
Regeln der Technik
Leitfaden

Hinweise, Beispiele, Material Regeln der Technik

6. Auflage Mai 2011

■ Impressum

Herausgegeben von:

BITKOM

Bundesverband Informationswirtschaft,
Telekommunikation und neue Medien e.V.
Albrechtstraße 10
10117 Berlin-Mitte

Fon (+49) 30/27576-457

Fax (+49) 30/27576-400

b.klusmann@bitkom.org

www.bitkom.org

ZVEI

Zentralverband Elektrotechnik-
und Elektronikindustrie e.V.
Lyoner Straße 9
60528 Frankfurt am Main

Fon (+49) 69 6302-467

Fax (+49) 69 6302-383

deul@zvei.org

www.zvei.org

Bildnachweis Titelseite: iStockphoto.com/ChrisGorgio

■ Autoren dieser und früherer Auflagen

Thomas Beneken
Jean-Marie Decker
Roland Dold
Dr. Reinhard Hund
Gerhard Knies
Peter Konopka
Hans-Günter Meierkört
Helmut Pöchmüller
Karin Standau
Rainer Wiener

Manfred Breul
Friedrich Denter
Mathias Hein
Dieter Jaag
Angelika Konopka
Dieter Michel
Gerd Philipp
Gerd Spinner
Heinz Ussat

■ Mitwirkende Unternehmen dieser und früherer Auflagen

Avaya GmbH & Co. KG
BTR NETCOM GmbH
get-power GmbH
Quante AG
VAF
ZE KOMMUNIKATIONSTECHNIK GmbH

BITKOM
Deutsche Telekom
MC TECHNOLOGY GmbH
Telegärtner Karl Gärtner GmbH
Wilhelm Rutenbeck GmbH & Co. KG
ZVEI

Trotz größtmöglicher Sorgfalt keine Haftung für den Inhalt.

Alle Rechte vorbehalten. Insbesondere ist die Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher Einwilligung der Herausgeber gestattet.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
1. Vorwort	5
2. Begriffe und normative Hinweise	6
3. Anwendungsbereich.....	9
4. Netzwerke.....	10
5. Verkabelungsstrukturen.....	11
5.1 Primärverkabelung.....	11
5.2 Sekundärverkabelung.....	12
5.3 Tertiärverkabelung.....	12
5.4 Schnittstellen	13
6. Kategorien und Klassen	14
7. Sicherheitsaspekte	16
7.1 Auswahl der Produkte.....	16
7.2 Anforderungen an die Sicherheit von Personen.....	16
8. Schirmungsaspekte.....	18
8.1 Schirmung anwendungsneutraler Kommunikationskabelanlagen	18
8.2 Erdungskonzepte.....	19
9. Anschlusskomponenten für symmetrische Kupferverkabelung	20
9.1 Stecksystem	20
9.2 Anschlusseinheiten.....	23
9.2.1 Merkmale	24
9.2.2 Anschlusstechnik.....	24
9.2.3 Gehäuseformen.....	24
9.2.4 Ausführungen.....	25
9.3 Rangierverteiler (Patchfeld) für geschirmte symmetrische Kupferkabel	26
9.4 Schnüre	27
9.4.1 Rangierschnur (ugs. Rangierkabel oder Patch-Kabel).....	27
9.4.2 Geräteanschlussschnur (ugs. Geräteanschlusskabel).....	28
9.4.3 Geräteverbindungsschnur	28
9.5 Kabel.....	28
9.6 Längen für Kabel und Schnüre	30
9.7 Power over Ethernet (PoE)	31
9.7.1 Varianten der Energieversorgung.....	32

9.7.1.1	Modus A - Phantomspeisung.....	32
9.7.1.2	Modus B – Speisung über Reservepaare (Spare Pair)	33
9.7.1.3	PoE-Verbraucher.....	33
9.7.2	Automatische Erkennung von PoE-Verbrauchern und Aufschaltung der Spannungsversorgung	34
9.8	Montagehinweise.....	36
10.	Anschlusskomponenten für "LWL"	37
10.1	LWL, Definition und Anwendung.....	37
10.2	Vorteile	37
10.3	Die Übertragung	37
10.4	LWL-Verkabelung	38
10.5	Stecksystem	40
10.6	Anschlusseinheiten.....	40
10.6.1	Anschlussdosen	41
10.6.1.1	LWL-Anschlussdose ohne Spleißablage	41
10.6.1.2	LWL-Anschlussdose mit Spleißablage	41
10.6.2	Rangierverteiler.....	41
10.6.2.1	Geschlossenes 19"-Gehäuse, 1 HE	42
10.6.2.2	Geschlossenes 19" Gehäuse mit Schubladenauszug, 1 HE	42
10.6.2.3	3-Kassetten-Steckermodul für 19"-Baugruppenträger.....	42
10.7	Schnüre	42
10.8	Kabel	43
10.8.1	Mehrmoden-Kabel.....	43
10.8.2	Einmoden-Kabel.....	43
11.	Polymer Optische Faser (POF)	44
11.1	Definition und Anwendung.....	44
11.2	Aufbau	44
11.3	Die Übertragung	45
11.4	Normen.....	46
11.5	Verbindungstechnik	46
11.6	Stecksystem	46
11.7	Vorteile	46
Anhang.....		48
A.1	Abkürzungen	48
A.2	Verzeichnis der Bilder	50
A.3	Verzeichnis der Tabellen	52

1. Vorwort

Die zuständigen Gremien in den Fachverbänden ZVEI und BITKOM vertreten die in der Bundesrepublik Deutschland tätigen einschlägigen Installations- und Herstellerfirmen. Ihre Kompetenz basiert auf langjährigen Erfahrungen bei der Errichtung von Kommunikationsnetzen aller Größenordnungen im In- und Ausland.

In der vorliegenden Informationsschrift wird, unter Verwendung einer zukunftssicheren anwendungsneutralen Kommunikationskabelanlage laut DIN EN 50173-1, der Stand der Technik bei der Errichtung von Kommunikationsnetzen aufgezeigt. Sie gibt für Bedarfsträger, unter Berücksichtigung einer optimalen Anpassung an kommende Bedürfnisse, Empfehlungen für die Neuplanung bzw. den Ausbau von Kommunikationskabelanlagen. Unter Anstreben einer größtmöglichen Betriebssicherheit werden Hinweise für die Auswahl von Komponenten und die Installation gegeben.

Besondere Beachtung bezüglich der sach- und fachgerechten Installation bei der Verlegung der Kommunikationskabel und beim Anschließen der Kabel an die Rangierverteiler und Anschlusseinheiten (Datendosen) ist notwendig. Die störungsfreie Übertragung von Informationen in der Kommunikationskabelanlage und die Einhaltung der elektromagnetischen Verträglichkeit kann nur bei Einhaltung bestimmter Übertragungstechnischer Eigenschaften angenommen werden, zu der wesentlich die genannte fachgerechte Installation beiträgt.

Die Mitglieder der gemeinsamen Projektgruppe "ITK-Anschlusstechnik" von ZVEI und BITKOM sind erfahrene und mit der Netzwerktechnik vertraute Fachleute, die die Anforderungen aus den einschlägigen Normen in Beiträge zum vorliegenden Forum 11 umgesetzt haben.

2. Begriffe und normative Hinweise

In der Literatur werden oft für ein und dieselbe Gerätschaft unterschiedliche Begriffe verwendet, die zu Fehlinterpretationen führen können. Erschwert wird die Orientierung noch durch umgangssprachliche Ausdrücke, die sich vielfach in der Praxis eingebürgert haben.

Zur Vermeidung von Missverständnissen hält sich diese Broschüre an die in den Normen verwendeten Begriffe. In den nachfolgenden Ausführungen werden daher einige dieser Begriffe zum Verständnis kurz erläutert:

- **Informationstechnischer Anschluss (TA)** ist die Einrichtung (z. B. Anschlussdose), an die das Endgerät angeschlossen wird.
- **Kabel** ist das Verbindungselement ohne Anschlüsse an den Enden (z. B. zwischen Rangierverteiler und informationstechnischer Anschluss).
- **Schnur** ist ein Verbindungselement zwischen einer Verkabelung und Geräten und hat zumindest einen Anschluss (z. B. Stecker).
- **Kommunikationskabelanlage** ist die Infrastruktur, über die die Kommunikationseinrichtungen mittels Kabel untereinander verbunden sind.
- **Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlage** ist ein hersteller-, protokoll- und diensteunabhängiges Verkabelungssystem. Sie besteht aus drei Teilsystemen (Primär-, Sekundär- und Tertiärverkabelung) und umfasst die funktionellen Elemente vom Standortverteiler bis zum informationstechnischen Anschluss.

In früheren Dokumentationen und Normenausgaben wurde anstelle von „Kommunikationskabelanlage“ der Begriff „Verkabelungssystem“ verwendet.

- **Rangierverteiler (Patchfeld)** ist eine Umsteckeinrichtung, die dem Anschluss, dem Verteilen und Rangieren von Verbindungen dient. Rangierverteiler sind in den Verteilerschränken im Verteilerraum untergebracht und unterstützen verschiedene Übertragungsmedien. Jeder Anschlussdose im Tertiärbereich ist auf dem Rangierverteiler eine eigene Steckverbindung zugeordnet. Die Rangierverteiler unterscheiden sich in der Anzahl der Anschlüsse (16 bis 48), in der Auflegungsart für die Anschlüsse, der Anzahl in einer Reihe liegender Anschlüsse (8 bis 24) und in den Höheneinheiten. Ein Rangierverteiler erleichtert durch die Umsteck-, Umschalt- und Matrix-Funktion den Anschluss von Überwachungs- und Analyseräten sowie die Rekonfiguration im Fehlerfall. Bei der universellen Verkabelung gemäß den Verkabelungsstandards ISO/IEC 11801 und DIN EN 50173-1 sind Rangierverteiler Bestandteil des Verkabelungssystems und unterliegen deren Spezifikationen. Da sie unmittelbar die Übertragungseigenschaften und damit die Link-Klassen beeinflussen, sollten Rangierverteiler mindestens die gleiche Kategorie aufweisen wie die übrigen Übertragungskomponenten.

In der vorliegenden Schrift werden nachfolgende sich auf die Verkabelung beziehende Normen mit dem angegebenen Ausgabestand angezogen:

Norm	Titel	Ausgabe
DIN EN 61000	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) Teil 6-1: Fachgrundnorm; Störfestigkeit für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe	Okt. 2007
	Teil 6-3: Fachgrundnormen; Fachgrundnorm Störaussendung für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe	Sept. 2007
	Teil 6-4: Fachgrundnormen; Fachgrundnorm Störaussendung für Industriebereich	Sept. 2007
DIN EN 50098-1	Informationstechnische Verkabelung von Gebäudekomplexen - Teil 1: ISDN-Basisanschluss	Juni 2003
DIN EN 50173	Informationstechnik - Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen Teil 1: Allgemeine Anforderungen	Juni 2010
	Teil 2: Bürogebäude	Schlussentwurf Juli 2010
	Teil 3: Industriell genutzte Gebäude	Schlussentwurf Juli 2010
	Teil 4: Wohneinheiten	Schlussentwurf Juli 2010
	Teil 5: Rechenzentren	Schlussentwurf Juli 2010
CLC/prTR 50173-99-1	Verkabelungsleitfaden zur Unterstützung von 10 GBASE-T	Juli 2007
DIN EN 50174FprA1 -1, -2 und -3	Informationstechnik - Installation von Kommunikationsverkabelung Teil 1: Installationsspezifikation und Qualitätssicherung Teil 2: Installationsplanung und Installationspraktiken in Gebäuden Teil 3: Installationsplanung und -praktiken im Freien	September 2010
DIN EN 50310	Anwendung von Maßnahmen für Erdung und Potentialausgleich in Gebäuden mit Einrichtungen der Informationstechnik	Mai 2011
DIN EN 50346	Informationstechnik - Installation von Verkabelung - Prüfen installierter Verkabelung	Feb. 2010

2. Begriffe und normative Hinweise

Norm	Titel	Ausgabe
DIN EN 55022	Einrichtungen der Informationstechnik, Funkstöreigenschaften	Sept. 2003
DIN EN 60950-1	Einrichtungen der Informationstechnik - Sicherheit - Teil 1: Allgemeine Anforderungen Beiblatt 1: (DSL)	Nov. 2006 Mai 2007

Tabelle 1: Relevante Normen



Es gilt der Vorrang der Norm vor der Veranschaulichung. Die in dieser Dokumentation enthaltenen Beschreibungen, technischen Zeichnungen und Bilder dienen der Veranschaulichung von Norminhalten und liefern neutrale, praktische Anwendungsbeispiele. Die Inhalte dieser Dokumentation sind somit als Anwendungshilfen und keinesfalls als Ersatz für Darstellungen in Normen zu verstehen. Die in den Normen zu einem jeweiligen Zeitpunkt festgehaltene Darstellung bildet die maßgebende Referenz zu dem behandelten Sachverhalt. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass Normen fortgeschrieben werden und darum andere als die hier referenzierten Versionen maßgeblich sein können.

DIN VDE Normen können über den Beuth-Verlag bezogen werden. www.beuth.de

3. Anwendungsbereich

Das Ziel einer strukturierten, anwendungsneutralen Kommunikationskabelanlage ist die Bereitstellung einer hersteller-, protokoll- und diensteneutralen Kommunikationsinfrastruktur unter Verwendung von symmetrischen Kupferkabeln oder Lichtwellenleiterkabeln. Hierzu werden in der Normenreihe DIN EN 50173 unter Teil 1 die grundlegenden Anforderungen beschrieben. Die weiteren Teile beschreiben die spezifischen Anforderungen für Büroumgebung (Teil 2), industrielle Anwendung (Teil 3), Heimanwendung (Teil 4) und Rechenzentren (Teil 5).

Diese Dokumentation beschränkt sich auf die gemeinsamen Anforderungen und exemplarisch die Büroumgebung.

Eine anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlage muss gleichermaßen für niederfrequente Anwendungen wie analoge Telefonie sowie für hochfrequente, digitale Datendienste mit sehr hohen Bitraten geeignet sein.

Daraus ergeben sich sehr hohe übertragungstechnische Anforderungen an die Qualität der Kabel, Anschlussdosen und Rangierverteiler. Diese Qualitätsanforderungen werden mit Konstruktionsprinzipien und Materialien verwirklicht, die besonders sorgfältige und fachgerechte Montage erfordern.

Vielfach sind Praktiken und Gepflogenheiten, die in der Vergangenheit bei anderen Technologien erfolgreich eingesetzt wurden, hier nicht mehr anwendbar. Aufgrund der hohen Systemanforderungen sind Material- oder Montagefehler nicht einfach erkennbar, sondern können erst mit hochwertigen Messgeräten festgestellt werden. Eine Auswahl der häufigsten Anwendungen, die über eine anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlage betrieben werden, sind auf Tabelle 7 genannt. Einige dieser Anwendungen benötigen zusätzliche Anpasskomponenten. Diese sind jedoch nicht Bestandteil einer solchen Kommunikationskabelanlage.

Bei Aufbau und Planung sind die Empfehlungen der Netzwerkplaner zu beachten.

Die Vorgaben bezüglich der Verkabelungsstruktur, d. h. die Aufteilung in die Primär-, Sekundär- und Tertiärverkabelung sind einzuhalten. Dadurch wird es möglich, mit Hilfe von Rangierverteilern unterschiedliche Netztopologien zu realisieren und eine universell nutzbare Kommunikationsinfrastruktur bereitzustellen, bevor anwendungsspezifische Anforderungen bekannt sind.

Im Rahmen der Systemvorgaben sollte mindestens ein Etagenrangierverteiler für je 1.000 m² Bürofläche eingeplant werden. Andererseits können - wenn innerhalb der Längenrestriktionen möglich - zwei Etagen von einem Rangierverteiler versorgt werden.

Die informationstechnischen Anschlüsse (TA) sollten über die gesamte nutzbare Fläche verteilt und an einfach zugänglichen Stellen angeordnet sein. Eine hohe Dichte informationstechnischer Anschlüsse erhöht die flexible Nutzung der Verkabelung bei Änderungen. Mindestens zwei TA müssen an jedem Arbeitsplatz zur Verfügung stehen.

4. Netzwerke

Ein Netzwerk stellt den Kommunikationsweg zwischen Datenendgeräten wie PC, Drucker oder Scanner dar, auf dem Daten ausgetauscht werden können. Dadurch wird es ermöglicht, dass alle PC in einem Netzwerk auf die verfügbaren Ressourcen wie Festplattenkapazität, Massenspeicher o. ä. zugreifen können, wenn dies erwünscht oder erforderlich ist. Die Festlegungen des Datenzugriffes erfolgen über das sogenannte Netzwerkmanagement per Software und sind unabhängig von der Grundstruktur des Netzwerkes jederzeit anpassbar.

Das kleinste denkbare Netzwerk besteht in der direkten Verbindung zweier PC untereinander. Als Kommunikationsweg kommen heutzutage verschiedene Alternativen in Frage. Die klassische Form sind drahtgebundene Lösungen. Unter Berücksichtigung spezifischer Voraussetzungen sind auch Funklösungen (Wireless Local Area Network WLAN) einsetzbar.

LAN / Ethernet

Netzwerke, deren Ausdehnung sich auf ein Firmengelände oder Gebäude beschränkt, werden als Local Area Networks (LAN) bezeichnet. Darüber hinaus haben sich anwendungsspezifische Begriffe wie z. B. SOHO (Small Office / Home Office) für kleinere Ausdehnungen/Anwendungsgrößen etabliert, die aber nahezu alle auf dem gleichen Übertragungsstandard aufsetzen. Die meisten drahtgebundenen LAN basieren auf dem Ethernet-Standard (IEEE 802.3), welcher seit seiner Verabschiedung im Jahre 1983 ständig erweitert wurde. Dieser sichert die Kompatibilität zwischen einer Vielzahl von Produkten unterschiedlichster Hersteller weltweit.

Übertragungsraten

Der heutige Stand der Technik ermöglicht Ethernet-Übertragungsraten von bis zu 10 Gbit/s.

Übertragungsmodi

Drahtgebundene Lösungen nutzen häufig die Möglichkeit einer Vollduplex-Übertragung, d.h., dass über getrennte Sende- und Empfangskanäle ein gleichzeitiges Senden und Empfangen von Daten möglich ist, wodurch sich die Effizienz des Netzwerkes erhöht. Können Daten aufgrund der verwendeten Komponenten oder Übertragungsverfahren nur abwechselnd gesendet oder empfangen werden, so spricht man von einem Halbduplexbetrieb.

Komponenten

- **Hub:** Unter einem Hub versteht man ein zentrales Verteilerelement, mit dem Datengeräte sternförmig miteinander verbunden werden (wird heute bei Neuinstallationen nicht mehr empfohlen).
- **Switch:** Unter einem Switch versteht man ein zentrales Vermittlungselement, mit dem Datengeräte gezielt angesprochen werden.
- **Router:** Der Router ist eine Kommunikationseinheit zur Verbindung unterschiedlicher Netzwerke, wie z.B. dem Internet oder anderen Unternehmensnetzwerken (LAN zu LAN).

5. Verkabelungsstrukturen

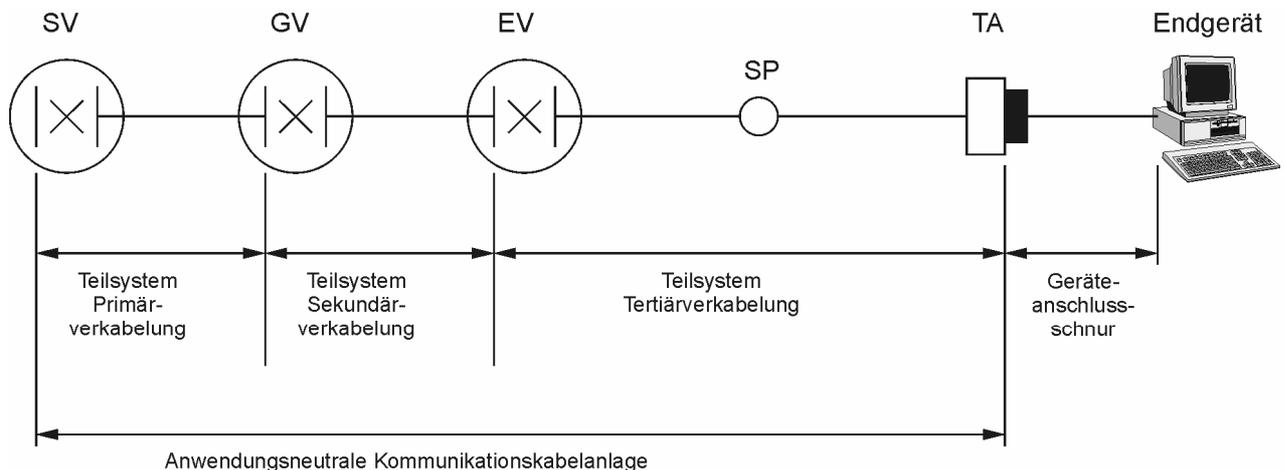
Eine anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlage besteht im allgemeinen aus drei Teilsystemen der Verkabelung:

- Primärverkabelung
- Sekundärverkabelung
- Tertiärverkabelung

Primär- und Sekundärverkabelung werden in der Regel in Glasfasertechnik ausgeführt, die Tertiärverkabelung in Kupfertechnik.

Verschiedene Netztopologien wie Bus, Stern und Ring werden mittels Verteiler realisiert.

Verbindungen zwischen den Teilsystemen der Verkabelung sind entweder aktiv oder passiv. Für aktive Verbindungen werden anwendungsspezifische Geräte benötigt. Passive Verbindungen werden im Allgemeinen durch Rangierungen erreicht.



- SV = Standortverteiler
- GV = Gebäudeverteiler
- EV = Etagenverteiler
- SP = Sammelpunkt
- TA = Informationstechnischer Anschluss

Bild 1: Struktur der anwendungsneutralen Kommunikationskabelanlage

5.1 Primärverkabelung

Das Teilsystem der Primärverkabelung reicht vom Standortverteiler bis zu dem (den) Gebäudeverteiler(n), die üblicherweise in verschiedenen Gebäuden angeordnet sind. Wenn vorhanden, enthält es die Primärkabel, ihre Auflagepunkte (am Standortverteiler und an den Gebäudeverteilern) und die Rangiereinrichtungen im Standortverteiler. Ein Primärkabel darf auch Gebäudeverteiler miteinander verbinden.

5. Verkabelungsstrukturen

5.2 Sekundärverkabelung

Ein Teilsystem der Sekundärverkabelung erstreckt sich vom (von den) Gebäudeverteiler(n) bis zu dem (den) Etagenverteiler(n). Das Teilsystem enthält die Sekundärkabel, ihre mechanischen Auflagepunkte (an den Gebäude- und Etagenverteilern) und die Rangiereinrichtungen im Gebäudeverteiler. Die Sekundärkabel dürfen keine Sammelpunkte enthalten.

5.3 Tertiärverkabelung

Das Teilsystem der Tertiärverkabelung reicht vom Etagenverteiler zu dem (den) angeschlossenen informationstechnischen Anschluss (Anschlüssen). Das Teilsystem enthält die Tertiärkabel, ihre mechanischen Auflagepunkte am Etagenverteiler, die Rangiereinrichtungen im Etagenverteiler und die informationstechnischen Anschlüsse.

Die Tertiärkabel müssen den Etagenverteiler und die informationstechnischen Anschlüsse ohne Unterbrechung verbinden, sofern nicht ein Sammelpunkt (SP) installiert ist (die Übertragungseigenschaften der Tertiärverkabelung müssen erhalten bleiben). Ankommende und abgehende Aderpaare müssen so miteinander verbunden sein, dass eine 1:1-Zuordnung gesichert ist. Alle Verseilelemente müssen aufgelegt sein. Am Sammelpunkt darf nicht rangiert werden und er darf keine aktiven Komponenten aufnehmen.

In der Kommunikationskabelanlage werden die funktionellen Elemente der Teilsysteme derart verbunden, dass sie folgende hierarchische Struktur bilden:

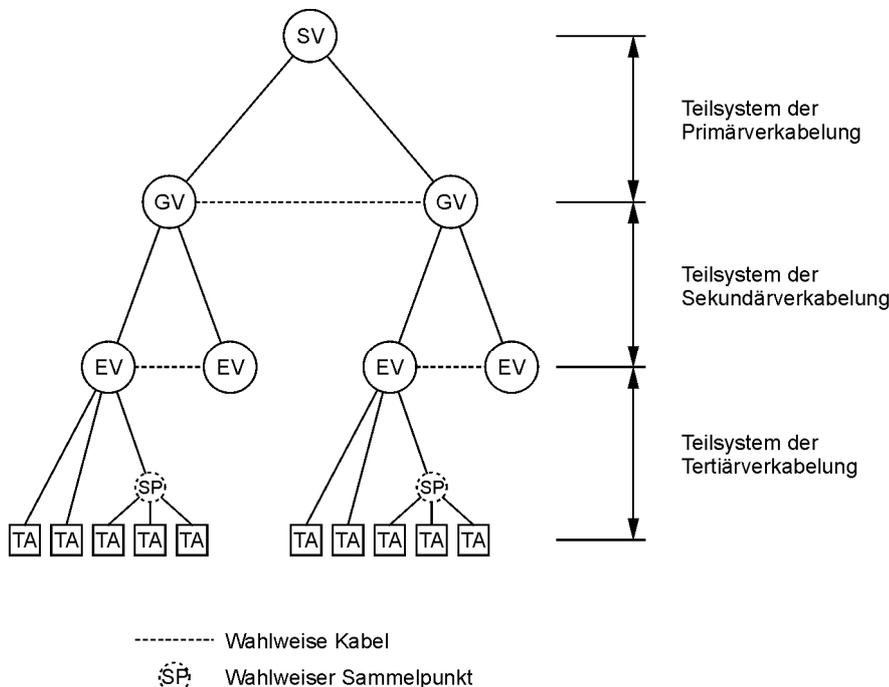


Bild 2: Hierarchische Struktur der Kommunikationskabelanlage

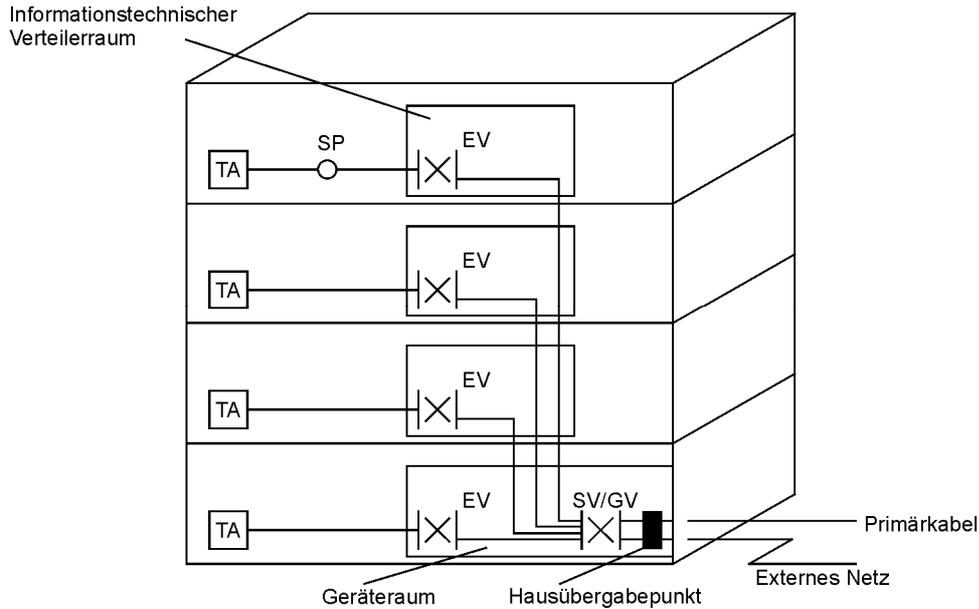
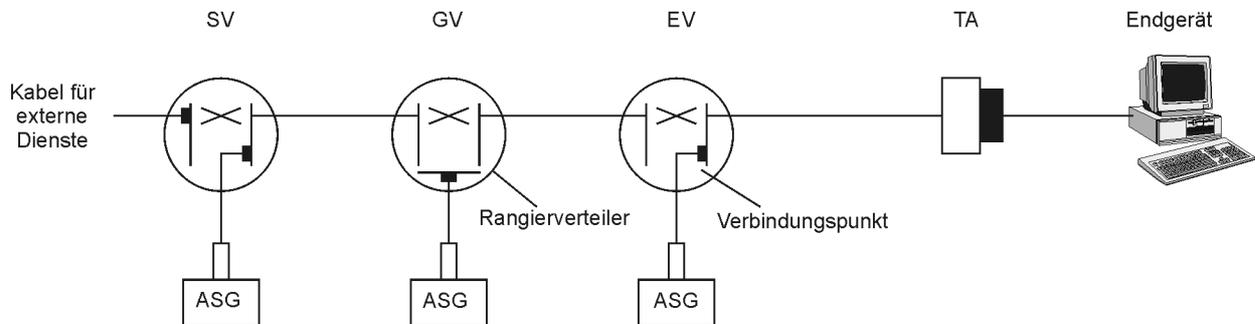


Bild 3: Beispiel für die Anordnung funktioneller Elemente in einem Gebäude

5.4 Schnittstellen

Die Geräteschnittstellen zur anwendungsneutralen Kommunikationskabelanlage befinden sich am Ende eines jeden Teilsystems. Anwendungsspezifische Einrichtungen können an diesen Stellen angeschlossen werden. Bild 4 zeigt die Lage möglicher Geräteschnittstellen an den Verteilern und am informationstechnischen Anschluss. Jeder Verteiler darf eine Schnittstelle für ein Kabel zu externen Diensten haben und als Rangierverteiler oder Verbindungspunkt ausgeführt sein.



■ Schnittstelle zur anwendungsneutralen Kommunikationskabelanlage ASG = anwendungsspezifisches Gerät

□ Geräte-Steckverbinder

Bild 4: Mögliche Schnittstellen zur Kommunikationskabelanlage

6. Kategorien und Klassen

Das Leistungsvermögen einer Verkabelungsstrecke (Teilsystem) wird zwischen ihren beiden Endpunkten definiert. Es werden ausschließlich die passiven Abschnitte, das Kabel, die Verbindungskomponenten und das Rangierkabel bewertet.

Grundlegende Parameter zur Bewertung einer symmetrischen Verkabelungsstrecke sind:

- der Wellenwiderstand (Z)
- die Nahnebensprechdämpfung (NEXT)
- das leistungssummierte Power sum NEXT zwischen den Adernpaaren (PSNEXT)
- die ausgangsseitige Fernsprechdämpfung ELFEXT
- die leistungssummierte Fernsprechdämpfung Power sum ELFEXT (PSELFEXT)
- der Gleichstrom-Schleifenwiderstand (R)
- die Widerstandsdifferenz innerhalb eines Kabels
- die Dämpfung
- die Signallaufzeit sowie Laufzeitdifferenzen
- das Dämpfungs-/Nebensprechdämpfungs-Verhältnis (ACR)
- das leistungssummierte Power sum ACR (PSACR)
- die Störfestigkeit gegenüber elektromagnetischer Beeinflussung (EMV)
- die elektromagnetische Störaussendung (EMV)

Die möglichen Netzanwendungen werden in den Klassen A bis F_A beschrieben.

Netzanwendungen

Klasse	Umfasste Anwendungen
A	niederfrequent wie z. B. Sprachübertragungen
B	mit niedriger Bitrate wie z. B. ISDN
C	mit hoher Bitraten wie z. B. Ethernet
D	mit sehr hohen Bitraten, wie Fast Ethernet (100 MBit/s) oder Gigabit Ethernet (1000 MBit/s)
E	mit sehr hohen Bitraten, wie Fast Ethernet (100 MBit/s) oder Gigabit Ethernet (1000 MBit/s)
E _A	mit sehr hohen Bitraten (10 GBit/s)
F	vorgesehen für 10 Gigabit Ethernet und darüber hinaus
F _A	vorgesehen für 10 Gigabit Ethernet für z.B. Multimedia-Anwendungen

Tabelle 2: Klassen für Netzanwendungen

Analog zu den Netzanwendungsklassen werden Verkabelungsstrecken klassifiziert. Für symmetrische Kupferkabel sind acht Klassen mit Bandbreiten von 100 kHz bis 1000 MHz definiert. Die jeweils aufgeführte Frequenz ist die messtechnische Bezugsgröße.

Die Leistungsanforderungen nach Klassen sind so definiert, dass die Mindestanforderungen für die Übertragung der jeweiligen Netzanwendungen erfüllt werden. Eine höhere Klasse der Verkabelungsstrecken unterstützt die Netzanforderungen der darunter liegenden Klassen. Bei Anwendungen der Klasse F ist jedoch auf die Rückwärtskompatibilität der verwendeten Stecker/Buchsen zu achten, da hier lt. Norm zwei Varianten zur Auswahl stehen.

Die Leistungseinstufung der passiven Komponenten zum Aufbau einer Verkabelungsstrecke, wie z. B. Tertiärkabel, Verbindungskomponenten, Rangierschnur erfolgt in Kategorien.

Verkabelungsstrecken

Klasse	Bandbreite
A	geeignet bis 100 kHz
B	geeignet bis 1 MHz
C	geeignet bis 16 MHz
D	geeignet bis 100 MHz
E	geeignet bis 250 MHz
E _A	geeignet bis 500 MHz
F	geeignet bis 600 MHz
F _A	geeignet bis 1000 MHz

Tabelle 3: Klassen für Verkabelungsstrecken

Passive Komponenten

Kategorie	Bandbreite
3	geeignet bis 16 MHz
5	geeignet bis 100 MHz
6	geeignet bis 250 MHz
6 _A	geeignet bis 500 MHz
7	geeignet bis 600 MHz
7 _A	geeignet bis 1000 MHz

Tabelle 4: Kategorien für passive Komponenten

Werden demnach Komponenten z. B. der Kategorie 6 fachmännisch und unter Berücksichtigung der Anweisungen der Hersteller und des Planers installiert, kann davon ausgegangen werden, dass die Leistungsanforderungen für eine Verkabelungsstrecke der Klasse E eingehalten werden, und diese für Gigabit-Ethernet-Anwendungen geeignet ist. Die Qualifikation der Strecke erfolgt ausschließlich durch den messtechnischen Nachweis der Übertragungseigenschaften (Link), welcher dann wiederum eine Zuordnung einer Netzanwendungsklasse zulässt (z. B. Klasse E = Verkabelungsstrecke der Klasse bis 250 MHz).

Die Eigenschaften der Verkabelungsstrecke sind durch Verwendung geeigneter LAN-Tester nachzuweisen und auf Einhaltung von Grenzwerten gemäß der vorgesehenen Klasse der Verkabelungsstrecke zu prüfen und zu dokumentieren.

In einer Verkabelungsstrecke bestimmt die Komponente mit den schlechtesten übertragungstechnischen Eigenschaften das Leistungsvermögen der gesamten Verkabelungsstrecke!

7. Sicherheitsaspekte

7.1 Auswahl der Produkte

Die strukturierte Verkabelung einer Neuinstallation soll zukunftssicher sein und die Bedürfnisse nach Sicherheit in der Datenübertragung und einen störungsfreien Betrieb gewährleisten. Bei der Auswahl der Verkabelungskomponenten, der Netzwerkkomponenten und der Trassenführung sind mögliche elektromagnetische Beeinflussungen sowie der unerlaubte Zugriff zu Rangierverteilern zu berücksichtigen bzw. zu verhindern.

Der störungsfreie Betrieb eines installierten Netzes ist nur sichergestellt, wenn mögliche Beeinflussungen (Störungen) in der Umgebung durch die Auswahl von geeigneten Kabeln und Komponenten vermieden werden.

Üblich sind im Primär- und Sekundärbereich Glasfaserkabel, die weitgehend störunanfällig und übertragungssicher sind.

Im Tertiärbereich der Verkabelung werden im Regelfall Kupferkabel verlegt, die nach Herstellerangabe mit Kategoriebezeichnungen für Verkabelungsstrecken unterschiedlicher Leistungsfähigkeit auswählbar sind.

Auch wenn geschirmte Kabel hinsichtlich ihres EMV-Verhaltens als sicher gelten, sind Faktoren wie das Schirmmaß (Kopplungswiderstand) der eingesetzten Komponenten inklusive der Anschlussdosen, Rangierverteiler und Stecker zu beachten. Sie können Schwachstellen in der Übertragungskette von der Datenquelle zur Datensenke sein.

In Abhängigkeit von der parallel verlegten Länge von Übertragungskabeln und deren Abstand zu benachbarten Stromkreisen sind innerhalb der Installationsumgebung kapazitive und/oder induktive Störungen möglich. Bei Kabel-Sharing (Nutzung von Elementen/Paaren eines Kabels für mehr als einen Dienst) kann es auch innerhalb eines an sich hochwertigen Kabels zu störenden Überkopplungen von Paar zu Paar kommen. Die Messgröße für diese Eigenschaft ist die Nahnebensprechdämpfung (NEXT). Die DIN EN 50173-1 definiert die NEXT-Anforderungen, die DIN EN 50174-2 beschreibt die Installationsvorschriften und -praktiken in Gebäuden.

7.2 Anforderungen an die Sicherheit von Personen

Allgemeine Anforderungen zum Personenschutz sind in den Normen DIN EN 50174 Teil 1 und Teil 2 und DIN EN 60950 beschrieben. Die Geräte müssen den Schutzanforderungen geltender Normen genügen. Die ausgewählten Kabel und Schnüre müssen den zutreffenden europäischen Produktnormen entsprechen (siehe Kapitel 9.4 und 9.5).

Zum Schutz vor elektrischem Schlag dürfen nur solche Geräte mit der informationstechnischen Verkabelung verbunden werden, die den Anforderungen an SELV- (Schutzkleinspannung)- und TNV-Stromkreise (Spannung in einem Telekommunikationsnetz) nach DIN EN 60950 entsprechen.

Leitfähige Kabelwegsysteme, Abdeckungen und Armaturen müssen in den Schutz gegen unzulässige Berührungsspannung eingeschlossen werden, indem sie z. B. mit dem Potenzialausgleich (Erdung) entsprechend DIN EN 50310 verbunden werden und für die verwendeten Kabel und Anschlüsse ausreichende Isolierung (Schutzisolierung) sichergestellt wird.

Das Eindringen von Schmutz und Feuchte an den Anschlusspunkten von informationstechnischen Kabeln und Stromversorgungsleitungen muss verhindert werden.

Gestelle sowie Anschluss- und Verteileinrichtungen für den Anschluss und/oder die Verteilung von informationstechnischen Kabeln und Stromversorgungsleitungen müssen getrennte Abdeckungen für zwei Kommunikationskabelanlagen aufweisen. Eine Kabelführung unter einer gemeinsamen Abdeckung ist nur zulässig, wenn die Stromversorgungsleitungen zusätzlich geschützt werden.

Die Installationspraxis darf weder das Brandverhalten beeinträchtigen noch zur Freisetzung gefährlicher Substanzen der Verkabelung und zugehöriger Bauteile führen.

Beim Einsatz von Lichtwellenleiterfasern sind die Anforderungen an die Sicherheit der DIN EN 50174 Teil 1 und Teil 2 einzuhalten. Gestelle mit Lichtwellenleiterverkabelung sind mit entsprechenden Warnschildern zu kennzeichnen.

Im Umgang mit Lichtwellenleitern sind z. B. folgende Verhaltensweisen zu beachten:

- Augen und Haut vor optischen Signalen an frei zugänglichen Faserenden schützen.
- Abfall von Lichtwellenleiter-Material gering halten und vorschriftsmäßig entsorgen.

8. Schirmungsaspekte

8.1 Schirmung anwendungsneutraler Kommunikationskabelanlagen

Die Funktion einer Kommunikationskabelanlage kann durch elektromagnetische Störungen beeinflusst werden. Es ist daher sicherzustellen, dass durch geschirmte Kabel und geschirmte Anschlusskomponenten eine Verkabelung die Kriterien der Störaussendung und der Störfestigkeit einhält, also die elektromagnetische Verträglichkeit gegeben ist.

Störaussendung (Störemission)

Eine elektrische Einrichtung gibt keine unzulässige elektromagnetische Störenergie an die Umgebung ab.

Störfestigkeit (Störimmunität)

Eine elektrische Einrichtung ist unempfindlich gegenüber einer festgelegten elektromagnetischen Störgröße.

Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

Eine elektrische Einrichtung arbeitet ordnungsgemäß in einer elektromagnetischen Umgebung, ohne diese unzulässig zu beeinflussen.

Elektromagnetische Störungen werden hervorgerufen durch galvanische, kapazitive, magnetische und gestrahlte Kopplungen. Eine geschlossene, leitende Abschirmung kann diese Störungen ableiten, vorausgesetzt, dass diese Abschirmung geerdet ist, d. h. ein Massepotential und damit ein Potenzialausgleich vorhanden ist.

Die Schirmerdung kann an einem Punkt (z. B. im Rangierverteiler) oder an mehreren Punkten (z. B. im Rangierverteiler und am Endgerät) erfolgen. Die Einpunkterdung wirkt bei höheren Frequenzen wie eine Antenne und wird aus diesem Grunde bei der hier beschriebenen Kommunikationskabelanlage nicht berücksichtigt. Die Mehrpunkterdung leitet die Störungen mehrfach gegen Erde ab und ist immer zu bevorzugen. In der Praxis wird sie jedoch nur als 2-Punkt-Erdung durchgeführt. Damit erfolgt an beiden Enden der Übertragungsstrecke eine Erdung, einmal im Rangierverteiler und zum anderen am angeschlossenen Endgerät. Es ist zu beachten, dass das Endgerät ebenfalls über eine Abschirmung verfügt und so über das geschirmte Datenanschlusskabel und die Geräteerde der zweite Erdungspunkt realisiert wird. Die Verkabelungsstrecke selbst ist nur im Rangierverteiler geerdet.

Damit die Schirmung ihrer funktionellen Bestimmung entspricht, darf innerhalb einer Zone die Potentialdifferenz zwischen Erdungspunkten des Netzwerkes und dem Erdungssystem des Gebäudes max. 1 Veff betragen. Die Normen EN 50174 und EN 50310 sind hierbei zu beachten.

Damit die Schirmwirkung der Kommunikationskabelanlage effektiv ist, ist es erforderlich, dass alle Verkabelungskomponenten geschirmt sind und die Anforderungen an den Kopplungswiderstand erfüllen. Der Übergang von einem Kabelschirm auf eine geschirmte Anschluss- oder Verbindungskomponente sollte möglichst über eine 360° Kontaktierung oder mittels einer technisch vergleichbaren Methode erfolgen.

Für installierte Verkabelungsstrecken wurde noch keine Messmethode zur Ermittlung des Kopp-
lungswiderstandes festgelegt. Nur durch die Auswahl geeigneter Kabel, Anschluss- und Rangier-
verteilerkomponenten mit dem Herstellernachweis ihrer EMV-Eigenschaften und deren fachge-
rechter Installation, kann die Einhaltung des EMVG angenommen werden.

8.2 Erdungskonzepte

Ein Erdungskonzept nach dem TN-S-System (Bild 5) wird bevorzugt. Bei unsymmetrischem Be-
trieb fließen Ströme über den Neutralleiter (N). Da in diesem System Neutralleiter und Schutzleiter
(PE) getrennt sind, fließt dieser Strom auf definiertem Pfad im Neutralleiter und beeinflusst die ge-
schirmte Datenverkabelung nicht.

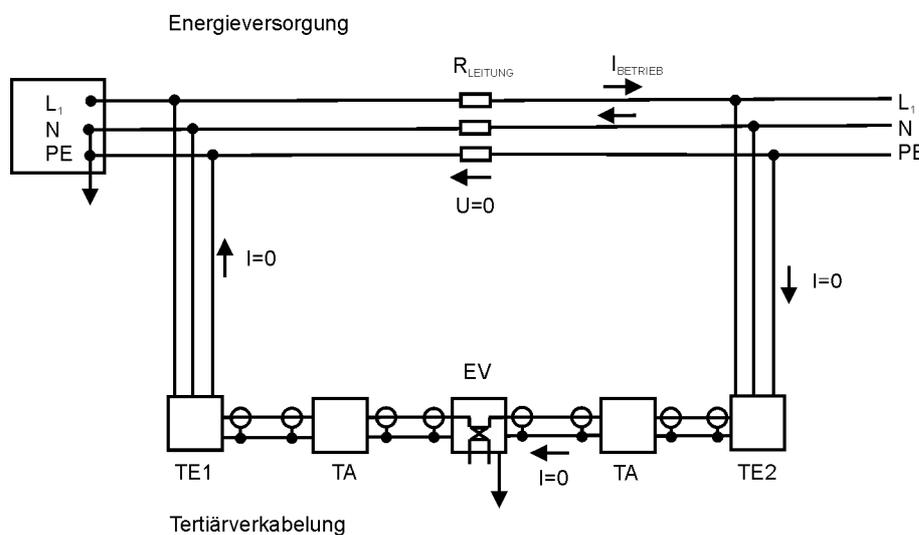


Bild 5: TN-S-System mit Tertiärverkabelung

Darüber hinaus sind häufig in der Installationsumgebung TN-C oder TT-Systeme vorzufinden. Die-
se erfordern Potenzialverbindungen die etagenbezogen zwischen PE und N - gemäß DIN VDE
0100 T 444 - vorgenommen werden müssen.

9. Anschlusskomponenten für symmetrische Kupferverkabelung

Auf Basis der in der DIN EN 50173-1 beschriebenen Struktur der anwendungsneutralen Kommunikationskabelanlage werden in diesem Kapitel die wesentlichen Merkmale der Anschlusskomponenten (Anschlusseinheiten, Rangierverteiler, Rangierschnur/Geräteverbindungsschnur und Geräteanschluss schnur) und des verwendeten Stecksystems beschrieben.

Dabei werden Komponenten der Kategorie 5 bis 7 für Verkabelungsstrecken der Klassen D bis F (100 MHz bis 600 MHz) und einem Wellenwiderstand von 100 Ω behandelt.

Da die Anschlusskomponenten herstellerepezifisch unterschiedlich ausgeführt sind, haben grafische Darstellungen von Anschlusskomponenten in diesem Kapitel nur symbolhafte Bedeutung.

9.1 Stecksystem

Bei den Anschlusskomponenten im Tertiärbereich der Kommunikationskabelanlage kommen Modular-Steckverbinder (bekannt auch unter RJ 45 bzw. Western-Steckverbinder) - genormt nach DIN EN 60603-7 bzw. IEC 60603-7 - zur Anwendung (Bild 6).

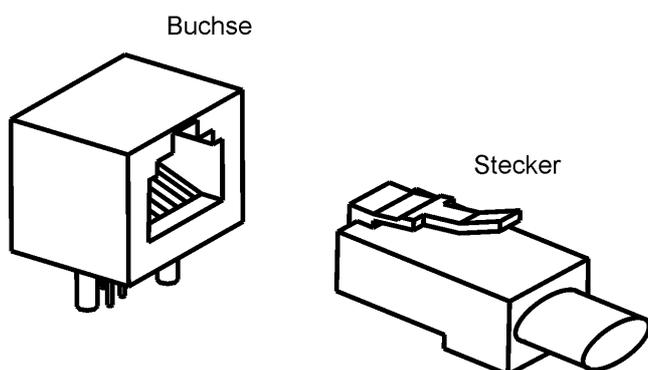


Bild 6: Beispiel Modular-Buchse-/Stecker-Konfiguration (vereinfacht)

Innerhalb der Normreihe DIN EN 60603-7 wird nach folgenden Bauartspezifikationen unterschieden:

3 MHz ungeschirmt	DIN EN 60603-7 Mai 2010 (Basisnorm)
3 MHz geschirmt	DIN EN 60603-7-1 Mai 2010 (Basisnorm)
100 MHz ungeschirmt	DIN EN 60603-7-2 März 2011
100 MHz geschirmt	DIN EN 60603-7-3 März 2011
250 MHz ungeschirmt	DIN EN 60603-7-4 März 2011
250 MHz geschirmt	DIN EN 60603-7-5 März 2011
500 MHz ungeschirmt	DIN EN 60603-7-41 Januar 2011
500 MHz geschirmt	DIN EN 60603-7-51 Januar 2011
600 MHz ungeschirmt	DIN EN 60603-7-7 Juni 2011
1000 MHz geschirmt	DIN EN 60603-7-71-Juni 2011

Tabelle 5: Normenreihe DIN EN 60603-7

Zum Einsatz kommen 8-polige Modularbuchsen und Modularstecker. Bei den geschirmten Ausführungen wird im gesteckten Zustand die Verbindung des Schirms vom Stecker über die Modularbuchse zur Schirmung des Gehäuses der Anschlusseinheit sichergestellt.

Gemäß DIN EN 60603-7-7 werden bei der Steckverbindung für bis zu 600 MHz (siehe Bild 7) zwei Paar Zusatzkontakte und ein Schalter (siehe Bild 8) verwendet. Damit wird die Kompatibilität der Steckverbindung für Anwendungen bis 250 MHz erreicht.

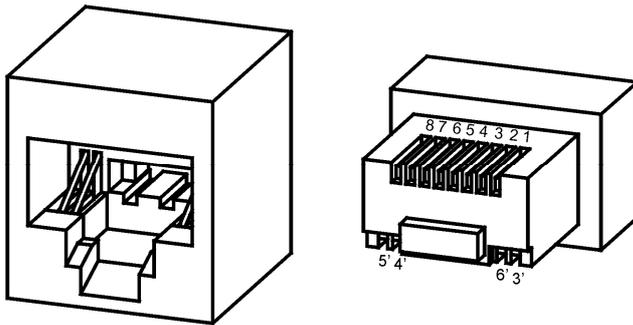
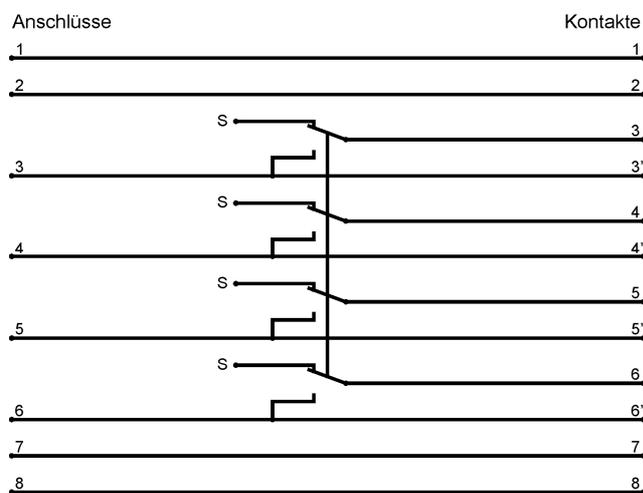


Bild 7: Modular-Buchse-/Stecker-Konfiguration der Kategorie 7

Die Steckverbinder der Kategorie 7 besitzen insgesamt 12 Kontakte und 8 Anschlüsse (4 Paare).



4 Anschlüsse (2 Paare) können über einen Schalter (Bild 8) je nach Schalterstellung mit 8 bzw. 4 Kontakten verbunden sein. In der Schalterstellung „4 Kontakte“ sind die restlichen Kontakte mit dem Schirm verbunden.

Bild 8: Schalter innerhalb der Steckverbindung der Kategorie 7
Darstellung bei gestecktem Kategorie-7-Stecker (Schalter betätigt)

Der Schalter - im Inneren der Steckverbindung - wird abhängig von dem eingesetzten Stecker betätigt (Kategorie 7) oder nicht (z. B. Kategorie 5 oder 6).

9. Anschlusskomponenten für symmetrische Kupferverkabelung

Die Kontaktbelegung der Steckverbindungen für die Kategorien 5 bis 7 und die Paarzuordnung der Kabel sind in Bild 9 und Bild 10 (Sicht auf die Modularbuchse) dargestellt.

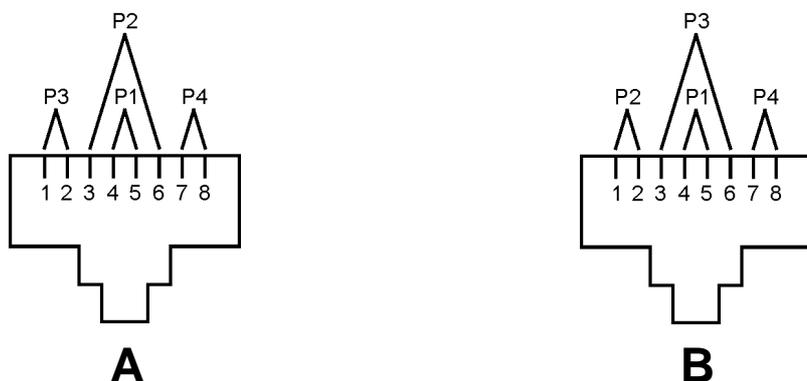


Bild 9: Kontaktbelegung der Kategorie 5 und 6 nach T568A und T568B

Bei Anschluss von paarigen Kabeln z. B. mit Farbkodierung nach IEC 708, kann eine der folgenden Belegungen zur Anwendung kommen (siehe Tabelle 6). Eine einmal gewählte Belegung ist für die gesamte Installation durchgehend einzuhalten.

Paar	Farbkodierung Adernpaare	Farb- abkürzung	Kontaktzuordnung	
			A	B
1	Blau	BU	4	4
	Weiß-Blau	WH-BU	5	5
2	Orange	OG	6	2
	Weiß-Orange	WH-OG	3	1
3	Grün	GN	2	6
	Weiß-Grün	WH-GN	1	3
4	Braun	BN	8	8
	Weiß-Braun	WH-BN	7	7

Tabelle 6: Paar und Farbkodierungszuordnung für Kategorie 5 und 6

Andere Farbkodierungen der Adernpaare oder Ringkennzeichnungen sind möglich. Die Herstellerangaben sind zu beachten.

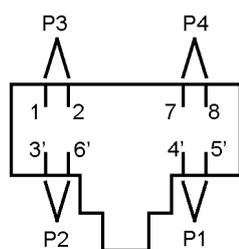


Bild 10: Paarbelegung der Kategorie 7

Eine Farbkodierung der Adernpaare ist für Kategorie 7 normativ nicht festgelegt.

Die in anwendungsneutralen Kommunikationskabelanlagen zur Anwendung kommenden Sprach- oder Datendienste nutzen in der Regel nicht alle 8 Kontakte der Modular- Steckverbindung.

In Tabelle 7 ist dargestellt, wie die Schnittstellen der einzelnen Dienste den Kontakten der Modular-Steckverbindung zugeordnet sind.

Kontakt	Telefon analog	ISDN	Ethernet 10/100 Base-T	Token Ring	TP-PMD	AS 400	3270	ATM	Gigabit Ethernet
1			TX+		TX+			X	X
2			TX-		TX-			X	X
3		RX+	RX+	RX+			RX+		X
4	a	TX+		TX-		TX+	TX+		X
5	b	TX-		TX+		TX-	TX-		X
6		RX-	RX-	RX-			RX-		X
7					RX+			X	X
8					RX-			X	X

TX = Senderichtung

RX = Empfangsrichtung

Tabelle 7: Kontaktbelegung der Modular Steckverbindung bei verschiedenen Diensten

Die gängigen Dienste (Anwendungen) benötigen maximal 2 Paare mit unterschiedlicher Kontaktbelegung zur Datenübertragung.

Ziel einer anwendungsneutralen Kommunikationskabelanlage ist es, eine universelle Nutzung zu ermöglichen, die völlig unabhängig von den Diensten ist.

Zur Erreichung dieser Diensteunabhängigkeit der Verkabelung wird daher empfohlen, grundsätzlich alle 4 Paare zu belegen. Andernfalls ist es z. B. notwendig, beim Wechsel von Token Ring auf Ethernet entweder die Belegung zu ändern oder spezielle Rangierschnüre zu verwenden.

In Abhängigkeit von den Anforderungen des Anwenders ist, im Rahmen der normativen Vorgaben der DIN EN 50173-1, auch die Ausführung der Verkabelung mit nur zwei Paaren zulässig.

9.2 Anschlusseinheiten

Die anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlage endet definitionsgemäß (DIN EN 50173-1) am informationstechnischen Anschluss (TA). Über eine Geräteanschlusschnur wird das Endgerät mit dem TA verbunden.

9. Anschlusskomponenten für symmetrische Kupferverkabelung

Für den TA werden Anschlusseinheiten in verschiedenen Bauformen angeboten. Die Anforderungen der vorgegebenen Kategorie (5, 6 oder 7) sind zu erfüllen.

In Analogie zu der bekannten Universal-Anschluss-Einheit (UAE), gemäß Forum 10, für den analogen und digitalen Wählanschluss mit relativ niedrigen Übertragungsfrequenzen umfasst die Familie der Anschlusseinheiten CAT.5 bis CAT.7 ein komplettes System zum Anschließen von Endgeräten für Anwendungen mit hohen Übertragungsfrequenzen bis 600 MHz.

9.2.1 Merkmale

Als Steckverbindung für die Anschlusseinheiten in der anwendungsneutralen Kommunikationskabelanlage kommt die Modular-Buchse gemäß Kapitel 9.1 zum Einsatz.

Durch die Anordnung der Buchsen in der Anschlusseinheit wird erreicht, dass der Stecker der Geräteanschlusskabel üblicherweise schräg von unten eingeführt werden kann. Die Anschlusseinheiten sind mit ein oder zwei 8-poligen Modular-Buchsen ausgestattet und stehen in geschirmter und ungeschirmter Version zur Verfügung. Andere Ausführungen sind möglich.

Die Schirmung der Anschlusseinheiten ist herstellerspezifisch unterschiedlich ausgeführt (z. B. Metallgehäuse, Kunststoffgehäuse mit galvanischer oder chemogalvanischer Metallbeschichtung).

9.2.2 Anschlussstechnik

In Anschlusseinheiten für die anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlage kommt in der Regel abisolierfreie Schneidklemmtechnik zur Anwendung. Für eine einfache Anschaltung der Adern des Installationskabels sind die Klemmkontakte nummeriert oder - den Adernfarben entsprechend - mit einer Farbkodierung versehen (siehe auch Kapitel 9.1). Die Anschlussarbeiten des Installateurs bedürfen besonderer Aufmerksamkeit (siehe Kapitel 9.7) und die Herstellerangaben sind zu beachten.

9.2.3 Gehäuseformen

Anschlusseinheiten gibt es in den Versionen

- Aufputz (AP)
- Unterputz (UP)
- Unterputz kombinationsfähig (UPK), auch mit handelsüblichen Schalter- und Steckdosenprogrammen kombinierbar

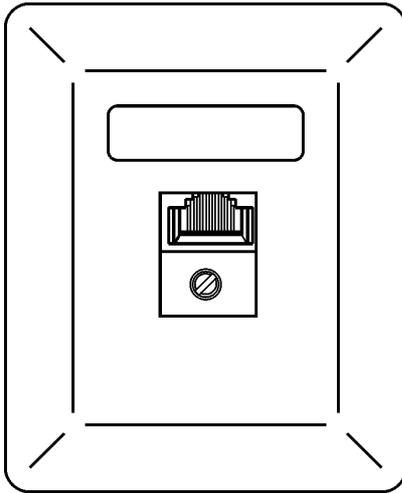


Bild 11: Beispiel Gehäuseform der Anschlussseinheit 8 AP

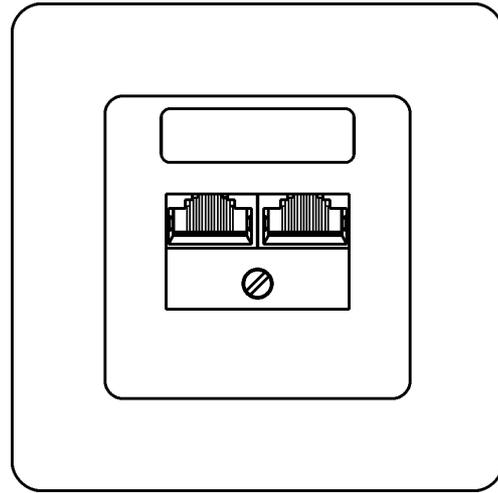


Bild 12: Beispiel Gehäuseform der Anschlussseinheit 8/8 Up

9.2.4 Ausführungen

Die Anschlussseinheiten sind gehäusegeschirmt und vorzugsweise mit ein oder zwei geschirmten Modular-Buchsen (8-polig) ausgestattet. Die Nummerierung der Anschlussklemmen entspricht denen der Kontakte in der Buchse. Die Farbkennzeichnung der Anschlussklemmen sind gemäß Kapitel 9.1 ausgeführt. Für den Kabelschirm ist eine großflächige, möglichst 360°-Kontaktierung vorhanden.

Anschlussseinheit für einen informationstechnischen Anschluss

Bezeichnung: Anschlussseinheit 8

Anschlussseinheit, geschirmt, mit einer Modular-Buchse, 8-polig

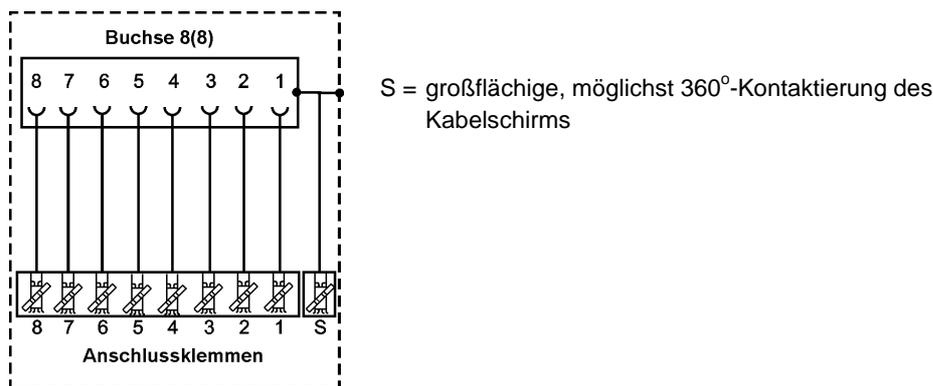


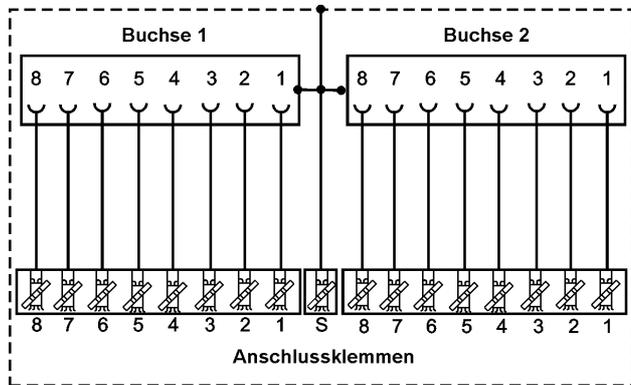
Bild 13: Schaltung der Anschlussseinheit 8

9. Anschlusskomponenten für symmetrische Kupferverkabelung

Anschlusseinheit für zwei informationstechnische Anschlüsse

Bezeichnung: Anschlusseinheit 8/8

Anschlusseinheit, geschirmt, mit zwei Modular-Buchsen, 8-polig



S = großflächige, möglichst 360°-Kontaktierung des Kabelschirms; kann auch für jede Buchse getrennt ausgeführt sein

Bild 14: Schaltung der Anschlusseinheit 8/8

9.3 Rangierverteiler (Patchfeld) für geschirmte symmetrische Kupferkabel

Rangierverteiler werden in den verschiedenen Verteilern der anwendungsneutralen Kommunikationskabelanlage eingesetzt.

Die Höhe des Rangierverteilers im Verteilerrahmen wird in Höheneinheiten (HE) angegeben. Eine Höheneinheit entspricht 44,5 mm (1 3/4 Zoll).

Die übliche Anzahl der Anschlüsse pro Höheneinheit ist 16 bis 24, je nach Hersteller und Ausführungsart.

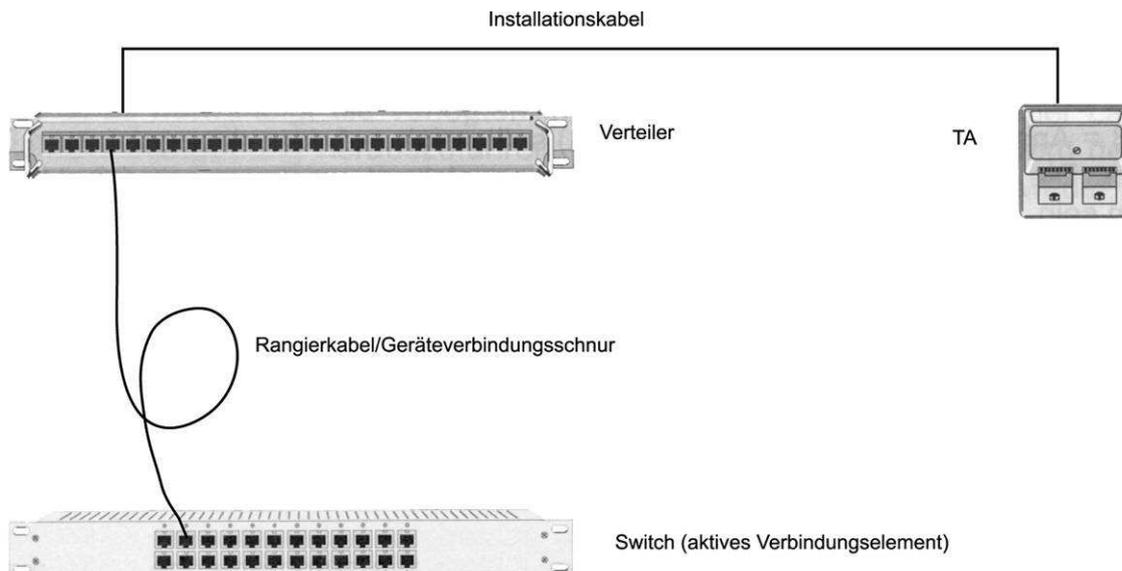


Bild 15: Beispiel Rangierverteiler

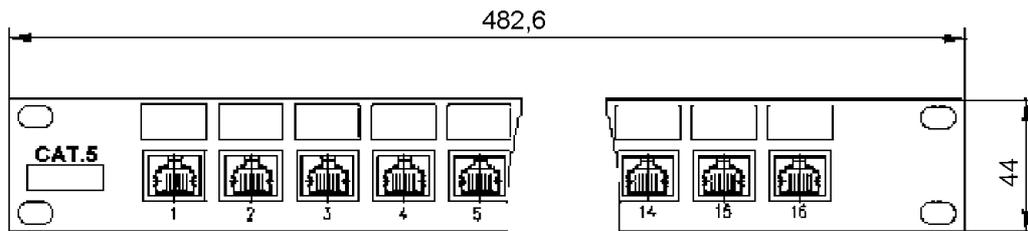


Bild 16: Beispiel Rangierverteiler für 16 Anschlüsse. Andere Ausführungen sind möglich.

Rangierverteiler werden angeboten mit:

- Montagehilfe,
- Auszug,
- Schwenkrahmen,
- Stecksystem/Modular-Buchse siehe Kapitel 9.1

Die Schirmung von Rangierverteilern kann unterschiedlich ausgeführt sein, z. B.:

- Einzelmodule geschirmt,
- Mehrfach-Module geschirmt,
- Schirmung über gesamte Buchsenreihe.

Die Auflegungsart der Adern erfolgt vorzugsweise in Schneidklemmtechnik. Die Kennzeichnung der Anschlussklemmen erfolgt nach Tabelle 6. Beim Auflegen der Adern und Anbringen des Kabelschirmes sowie der Montage der Zugentlastung für das Kabel sind die Herstellerangaben zu beachten. Eine Beschriftung der Rangierverteiler ist für eine ordnungsgemäße Dokumentation unbedingt notwendig. Dabei werden am einfachsten die Spalten und Reihen mit Buchstaben oder Zahlen versehen. Die gleiche Kennzeichnung (z. B. D8 = Anschluss in Spalte D und Reihe 8) sollte sich auf dem dazugehörigen TA wiederfinden. Die Anschlüsse können farblich gekennzeichnet und/oder mit Stechkodierung versehen sein.

9.4 Schnüre

Für Rangier-/Geräteverbindungs- und Geräteanschlussschnüre kommen geschirmte symmetrische Kupferkabel mit einem Wellenwiderstand von 100Ω zur Anwendung.

9.4.1 Rangierschnur (ugs. Rangierkabel oder Patch-Kabel)

Rangierschnüre dienen zur Rangierung in den Verteilern der anwendungsneutralen Kommunikationskabelanlage. Sie müssen flexibel und auf die Kabel der Festverkabelung abgestimmt sein. Sie sind in verschiedenen Farben und Längen erhältlich und üblicherweise 1:1 verdrahtet. Es ist zwingend auf die Einhaltung der anlagenspezifischen Kategorieanforderungen zu achten. Um langfristig Störungen vorzubeugen, sollten qualitative Aspekte (z. B. Eignung der Schirmung und Zugentlastung) bei der Produktauswahl berücksichtigt werden.



Bild 17: Rangierschnur mit Modular-Stecker nach Kapitel 9.1

9.4.2 Geräteanschlussschnur (ugs. Geräteanschlusskabel)

Die Geräteanschlussschnur ist die Verbindung zwischen TA und Endgerät. Sie ist anwenderspezifisch und sollte die gleichen Eigenschaften wie die Rangierschnur haben.

9.4.3 Geräteverbindungsschnur

Die Geräteverbindungsschnur ist die Verbindung zwischen einem Verteiler und einem Gerät und sollte die gleichen Eigenschaften wie die Rangierschnur haben

9.5 Kabel

In der anwendungsneutralen Kommunikationskabelanlage werden verschiedene, paarig verseilte Kupferkabeltypen eingesetzt. Vorzugsweise kommen symmetrische Kabel mit einem Wellenwiderstand von 100Ω zur Anwendung. Sie bestehen aus 8 (4) paarweise verseilten Adern oder 2 (1) Sternvierer. Bauartspezifikationen für geschirmte Kabel sind in den Normen entsprechend der Tabelle 8 "Normen für geschirmte symmetrische Kupferkabel" festgelegt. Sie behandeln halogenfreie symmetrische Kupferkabel der entsprechenden Kategorie mit Schirm und raucharmen Mantelwerkstoffen (LSOH). In der DIN EN 50173-1 sind die wichtigsten mechanischen, elektrischen und übertragungs-technischen Werte der installierten anwendungsneutralen Kommunikationskabelanlage angegeben. Die folgenden Kurzbezeichnungen werden üblicherweise verwendet und beschreiben den Aufbau (Konstruktion) des Kabels (siehe Tabelle 9).

Kabel-Kategorie	Anwendbare Norm für Kabel mit massivem Leiter	Anwendbare Norm für Kabel mit flexiblem Leiter
5	DIN EN 50288-2-1	DIN EN 50288-2-2
6	DIN EN 50288-5-1	DIN EN 50288-5-2
7	DIN EN 50288-4-1	DIN EN 50288-4-2

Tabelle 8: Normen für geschirmte symmetrische Kupferkabel

9. Anschlusskomponenten für symmetrische Kupferverkabelung

Bezeichnung	Element	Abkürzung
	Symmetrisches Element	TP = Twisted Pair
	Schirmelement	U = Ungeschirmt F = Folienschirm
	Gesamtschirm	U = Ungeschirmt F = Folienschirm S = Schirmgeflecht SF = Schirmgeflecht und Folienschirm

Tabelle 9: Kurzbezeichnungen Kabelaufbau

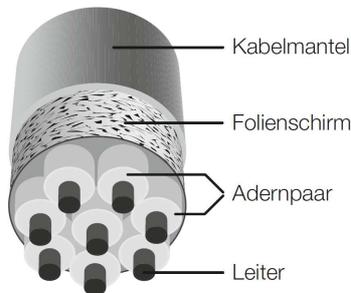


Bild 18: F/UTP

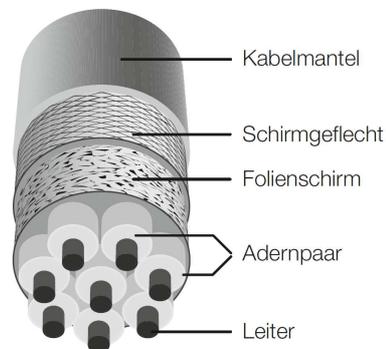


Bild 19: SF/UTP

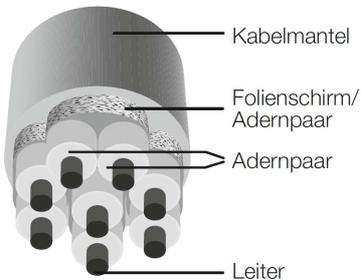


Bild 20: U/FTP

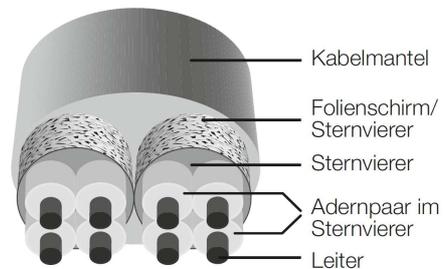


Bild 21: U/FTP

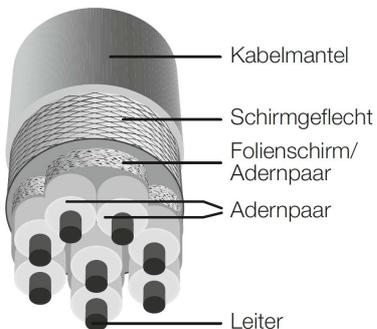


Bild 22: S/FTP

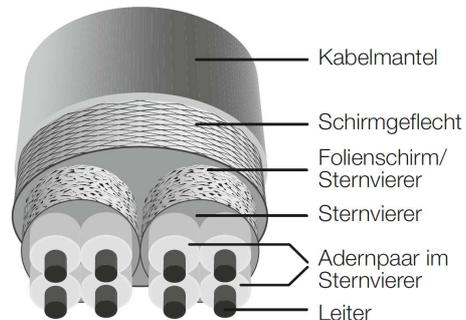
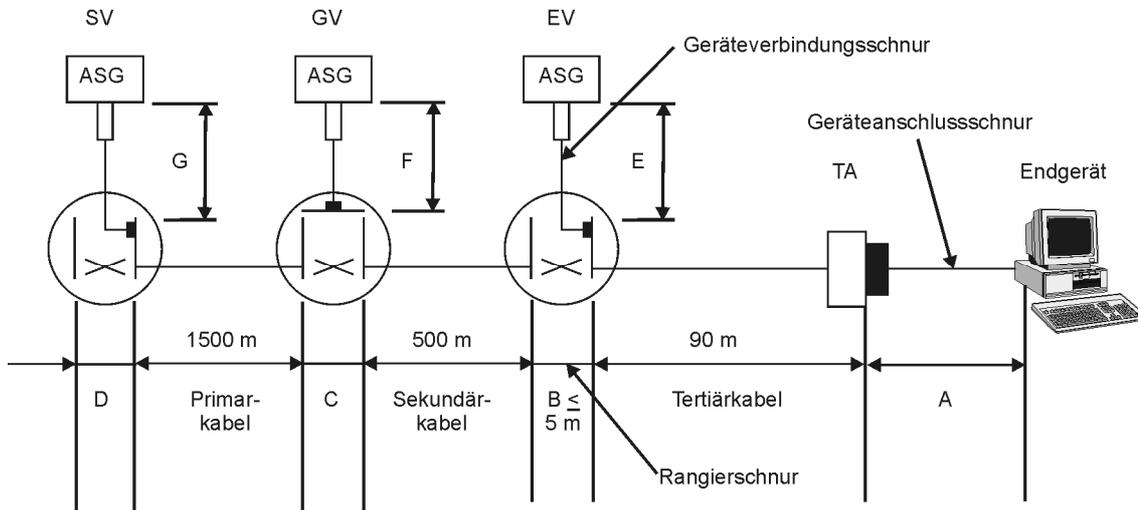


Bild 23: S/FTP

9.6 Längen für Kabel und Schnüre

Die Kabellänge zwischen dem Standort- (SV) und dem Gebäudeverteiler (GV) darf 1500 m, die zwischen Gebäudeverteiler (GV) und Etagenverteiler (EV) 500 m nicht überschreiten. Die Länge der Tertiärverkabelung, vom mechanischen Anschluss des Kabels im Etagenverteiler bis zum informationstechnischen Anschluss am Arbeitsplatz, soll 90 m nicht überschreiten.



$A+B+E \leq 10$ m Gesamtlänge von Geräteanschlusssschnur, Rangierschnur (oder Rangierpaare) und Geräteverbindungsschnur im tertiären Teilsystem

C und $D \leq 20$ m Rangierschnur (oder Rangierpaare) im GV oder EV

F und G Berechnen entsprechend Tabelle 35, EN 50173-1: 2010-06

Bild 24: Längen der einzelnen Kabelabschnitte

Darüber hinaus ist eine mechanische Gesamtlänge von 10 m für die Geräteanschlusssschnur, Rangierschnur oder Rangierpaare und Geräteverbindungsschnur in jedem Tertiärbereichs-Segment erlaubt. Geräteverbindungsschnüre, welche die Anforderungen für Rangierschnüre erfüllen oder die bessere Eigenschaften als diese aufweisen, werden ausdrücklich empfohlen, da sie erforderlich sein können, um die Leistungsanforderungen von Netzanwendungen zu erfüllen. Die mechanische Gesamtlänge darf dem Bedarf entsprechend unterschiedlich aufgeteilt werden. Die Länge der Rangierpaare oder -schnüre im Etagenverteiler darf 5 m nicht überschreiten.

Die Länge der Rangierpaare oder -schnüre im Standort-(D) und Gebäudeverteiler (C) sollte jeweils 20 m nicht überschreiten. Längen über 20 m müssen von der größten zulässigen Länge der Primär- bzw. Sekundärverkabelung abgezogen werden.

Alle Längenangaben beziehen sich auf die mechanische Länge.

9.7 Power over Ethernet (PoE)

Power over Ethernet (PoE) bezeichnet ein Verfahren, mit dem netzwerkfähige Geräte über das 8-adrige Ethernet-Kabel mit Strom versorgt werden. Zusätzliche Stromversorgungskabel oder Steckdosen können so eingespart werden. Der Einsatz einer unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV) wird erheblich vereinfacht und so die Ausfallsicherheit der angeschlossenen Geräte erhöht.

PoE basiert auf dem IEEE-Standard 802.3af, der im Juni 2003 verabschiedet wurde. Um den Sicherheitsrichtlinien (VDE) zu genügen, darf die Spannung 60 VDC nicht überschreiten. Kabel der Kategorie 5 oder 6 lassen einen maximalen Strom von 1 A bei 80 V zu. Der ursprüngliche Power over Ethernet (PoE) Standard sieht daher eine Schutzkleinspannung von nominal 48 V vor, wobei der tatsächlich von der Spannungsquelle (Power Sourcing Equipment – PSE) zur Verfügung zu stellende Bereich bis 57 V gehen kann. Die Stromaufnahme im Dauerbetrieb ist auf 350 mA begrenzt (kurzzeitig sind beim Einschalten 400 mA erlaubt). Höhere Ströme könnten in großen Kabelschächten zu Temperaturproblemen und an den Steckern zu Beschädigungen führen. Zudem ist die maximale Speiseleistung auf 15,4 W, die maximale Leistungsaufnahme des Endgeräts (Powered Device – PD) nach Abzug der Leitungsverluste über eine Kabellänge von 100 m auf 12,95 W beschränkt. Dabei ist zu beachten, dass die maximale Linklänge von 100 m inkl. der Patchkabel nicht überschritten werden darf, da sonst der Spannungsabfall die maximal zulässigen Werte überschreiten könnte.

In der Praxis stößt PoE mit dem Standard 802.3af jedoch zunehmend an Grenzen. Einerseits ist die ständig wachsende Anzahl von Leistungsabnehmern (wie zusätzliche Access Points, VoIP-Endgeräte usw.) sowie der Trend zu leistungsfähigeren Koppelkomponenten mit erhöhtem Energiebedarf hierfür verantwortlich. Um dem Rechnung zu tragen und eine Kombination mit Gigabit-Ethernet zu ermöglichen, wurde PoE Plus im September 2009 als neuer IEEE Standard 802.3at ratifiziert. Dieser stellt höhere Anforderungen an den Gleichstromwiderstand der verwendeten Kabel und erlaubt damit einen maximalen Strom von 600 mA im Dauerbetrieb. Typische Endgeräte die diese Leistung benötigen sind Accesspoints nach 802.11n, Gigabit-Ethernet-Geräte, IP-Kameras mit erweiterten Funktionen wie Zoom, motorischer Antrieb, Farbbild oder Heizung sowie WiMAX-Funkstationen, Thin Clients, Videotelefone etc..

	IEEE 802.3af		IEEE 802.3at ¹⁾	
	PSE	PD	PSE	PD
Spannung	44,0 – 57,0 V	37,0 – 57,0 V	50,0 – 57,0 V	42,5 – 57,0 V
Max. Strom in mA <small>(je Leitungspaar)</small>	350 mA	350 mA	600 mA	600 mA
Leistung in W	min. 15,4 W	12,95 W	min. 30,0 W	25,5 W
Max. Schleifenwiderstand	20,0 Ohm		12,5 Ohm	
PSE – Power Sourcing Equipment, die Energieversorgungseinheit				
PD – Powered Device, das über PoE zu versorgende Gerät				
¹⁾ Werte in diesen Spalten gelten für Typ-2 Geräte; Typ-1 Geräte wie in Spalten IEEE 802.3af				

Tabelle 10: Übersicht der Kennwerte für PoE nach IEEE 802.3af und IEEE 802.3at

9. Anschlusskomponenten für symmetrische Kupferverkabelung

9.7.1 Varianten der Energieversorgung

Power over Ethernet war ursprünglich nur für 10/100BaseT spezifiziert. Daher wurden zwei verschiedene Varianten der Energieversorgung spezifiziert, Modus A (Phantomspeisung) und Modus B (Speisung über Reservepaare), die unterschiedliche Leitungspaare für die Energieversorgung verwenden.



Die gleichzeitige Nutzung von Phantomspeisung und Speisung über Reservepaare ist in IEEE802.3af explizit untersagt!

9.7.1.1 Modus A - Phantomspeisung

Bei der Phantomspeisung leiten die Datenadern (1/2 und 3/6) auch die Energie. Die Polarität ist dabei nicht festgelegt, die Verbraucher sind mit geeigneten Eingangsbeschaltung zu versehen. Die eigentliche Ein- und Auskopplung ist unproblematisch, da 10/100BaseT Geräte entsprechende Übertrager (Signaltransformatoren) für die Datenleitungen verwenden, um das Gerät galvanisch vom LAN zu trennen. Die Einkopplung der Spannungsversorgung erfolgt daher über die Mittelanzapfung der Übertrager. Zwischen den Adern des selben Leitungspaares ist somit keine Gleichspannung zu messen (daher die Bezeichnung „Phantomspannung“), wohl aber jeweils zwischen den Adern der unterschiedlichen verwendeten Leitungspaare. Mögliche Störspannungen in der Speisung wirken sich durch die symmetrische Leitungsführung nicht auf die Modulation (Signalspannung) aus. Eine Speisung mehrerer Endgeräte durch eine einzige Spannungsversorgung ist problemlos möglich.

Definiert sind Phantomspeisungen mit verschiedenen Spannungen. Üblich sind die Spannungen 48 V, 24 V und 12 V. Durch die verschiedenen Spannungen sind auch verschiedene Entkoppelwiderstände erforderlich.

Pin	Funktion	
	Daten	PoE
1	TX+	+48V oder Ground
2	TX-	+48V oder Ground
3	RX+	Ground oder +48V
4		
5		
6	RX-	Ground oder +48V
7		
8		

Tabelle 11: Steckerbelegung bei Phantomspeisung

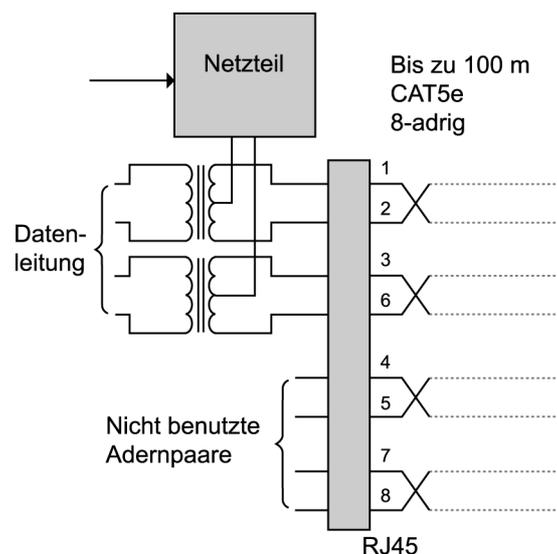


Bild 25: PoE IEEE 802.3af mit Phantomspeisung

9.7.1.2 Modus B – Speisung über Reservepaare (Spare Pair)

Bei 10Base-T und bei 100Base-TX können für die Energieversorgung - alternativ zur Phantomspeisung - die beiden ungenutzten Adernpaare (4/5 und 7/8) genutzt werden. Diese Methode kann ausschließlich bei Netzwerken mit achtadriger Verkabelung angewendet werden. Sie funktioniert nicht für Gigabit Ethernet, da hierbei alle acht Adern zur Signalübertragung verwendet werden und somit keine Spare-Pairs zur Verfügung stehen.

Pin	Funktion	
	Daten	PoE
1	TX+	
2	TX-	
3	RX+	
4		Ground
5		Ground
6	RX-	
7		+48V
8		+48V

Tabelle 12: Steckerbelegung bei Speisung über Reservepaare

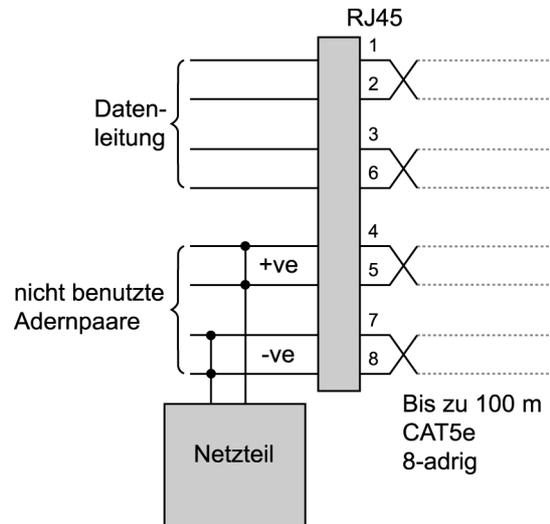


Bild 26: PoE IEEE 802.3af mit Speisung über Reservepaare

9.7.1.3 PoE-Verbraucher

PoE-Verbraucher müssen immer beide Varianten – also sowohl Phantomspeisung, als auch Speisung über Reservepaare – unterstützen. Die Steckerbelegung für die Speisung ergibt sich daher entsprechend zu der jeweiligen Speiseeinheit gemäß Tabelle 11 oder Tabelle 12. Die interne Beschriftung ist schematisch in Bild 27 dargestellt.

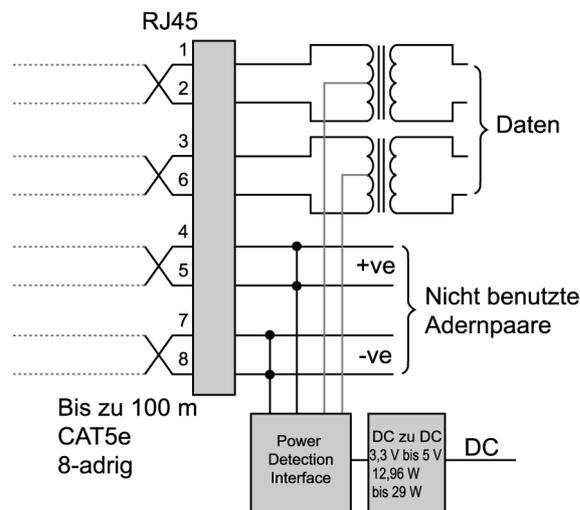


Bild 27: PoE-Verbraucher gemäß IEEE 802.3af

9.7.2 Automatische Erkennung von PoE-Verbrauchern und Aufschaltung der Spannungsversorgung

Auch wenn die Adern 4, 5, 7 und 8 bei 10BaseT und 100BaseTX eigentlich nicht genutzt werden, können diese beispielsweise bei Gigabit-Ethernet-Netzwerkkarten intern belegt sein oder für ISDN-Geräte verwendet werden. Um irreparable Schäden an entsprechenden Geräten zu vermeiden, wurde in 802.3af ein als „Resistive Power Discovery“ bezeichnetes Verfahren eingeführt.

Sobald der PoE-Versorger den Anschluss irgendeines Endgerätes erkennt, gibt er zunächst mehrfach einen minimalen Strom bis max. 10VDC auf die Adern, der keinen Verbraucher schädigt. Er erkennt dabei, ob und wo der Energieverbraucher einen Abschlusswiderstand von 15 bis 33 kOhm besitzt und damit PoE-fähig ist. Ist das der Fall, wird die Kapazität geprüft, die unter 150 nF liegen muss, was in der Summe nach 802.3af als Merkmal für PoE-Fähigkeit gilt. Sollte eines der beiden Kriterien nicht erfüllt sein, bricht das PSE die Prozedur ab.

Danach folgt ein Identifizierungsprozess bei 14,5 – 20,5 VDC, mit dem die erforderliche Leistungsklasse des Endgeräts ermittelt wird. Danach stellt der PoE-Versorger den für diese Leistungsklasse erforderlichen Strom bei 36 bis 57 Volt (typ. 48Volt) zur Verfügung. Erst dann bekommt das PD die volle Leistung und kann den Betrieb aufnehmen.

Schritt	Aktion	Zulässiger Spannungsbereich
1	Feststellung ob Endgerät einen Widerstand im Bereich von 15 - 33 kOhm aufweist	2,7 – 10,0 V
2	Messung des genauen Widerstandwertes um Leistungsklasse festzustellen	14,5 – 20,5 V
3	Eigentliche Stromversorgung aktivieren	> 42 V
4	Stromversorgung im Versorgungsmodus	36 – 57 V

Tabelle 13: Aktivierungsschritte bei PoE nach IEEE 802.3af

Als zusätzliche Sicherung implementiert IEEE 802.3af einen Disconnect-Schutzmechanismus. Sobald ein Powered Device vom LAN entfernt wird, schaltet sich am PSE die Stromversorgung des entsprechenden Ports automatisch ab. Dies beugt Schäden durch ein versehentliches Vertauschen von PoE-fähigen und Standard-Geräten an der Leitung vor.



In anwendungsneutralen Verkabelungssystemen kann, abhängig von den angeschlossenen Geräten, die Funktion der Kontakte bzw. die interne Gerätebeschaltung abweichend sein (vgl. z.B. Tabelle 7). Dies kann zu Fehldetektionen und zur Zerstörung der Geräte führen.

Es ist daher trotz der beschriebenen Schutzmechanismen immer auf eine korrekte Zuordnung bzw. Konfiguration zu achten!

Klasse	Verwendung	Klassifikationsstrom	Maximale Entnahmeleistung
0	Default	0 – 4 mA	0,44 – 12,95 W
1	Optional	9 – 12 mA	0,44 – 3,84 W
2	Optional	17 – 20 mA	3,84 – 6,49 W
3	Optional	26 – 30 mA	6,49 – 12,95 W
4	Optional	36 – 44 mA	12,95 – 30 W

Tabelle 14: Klassifizierung der Leistungsaufnahme nach IEEE 802.3af

Im neueren Standard IEEE 802.3at wurde ein zweiter Typ von Speiseeinheiten und Verbrauchern definiert, die höhere Leistungen ermöglichen. Neben der vorstehenden physischen Detektion der Leistungsklasse, unterstützen diese zusätzlich eine Klassifikation auf Ebene des Link-Layers.

9.8 Montagehinweise

Aufgrund der vielfältigen Ausführungen von Installationskabeln, Anschlussdosen und Rangierverteilern können die nachfolgenden Montagehinweise nur sehr allgemein gehalten werden. Auf jeden Fall sollten die Angaben der Komponentenhersteller und deren Montage- und Installationsanleitungen genau eingehalten werden.

Vor Auswahl der Produkte sollten Besonderheiten des jeweiligen Einbauortes sowie der Kabelführung bekannt sein (z.B. Unterflur, Kanal, Aufputz), um die Montage fachgerecht und ohne Mehraufwand ausführen zu können. Im Zweifelsfall sind Rückfragen bei den Herstellern empfehlenswert.

Exemplarisch werden unabhängig von den herstellerspezifischen Anleitungen nachfolgende Montagehinweise für Anschlussdosen gegeben, die sinngemäß auch für die Rangierverteiler gelten.

Zunächst müssen die verlegten Installationskabel mit ausreichender Länge aus der Installationsumgebung herausgeführt werden. Der Kabelmantel wird nach den Herstellerangaben entfernt. Je nach Struktur des Kabels wird der Kabelschirm entweder um den Kabelmantel herumgelegt (üblicherweise bei Kabeln mit Kabeldurchmesser < 6 mm) oder bleibt mit außenleitender Fläche außen stehen. Ein ggf. vorhandener Beilaufdraht wird zur Stabilisierung der Schirmung über das Geflecht oder die Folie gewickelt. In allen Fällen ist eine großflächige, möglichst 360°-Kontaktierung anzustreben.

Die Adern werden unter Berücksichtigung der Paarzuordnungen an die nummerierten oder farbmarkierten Anschlussklemmen angeschlossen (siehe Bild 9 und Bild 10). Um Kreuzungen/Vertauschungen in der Installation zu vermeiden, sollte bei der Farbkodierung unbedingt auf mögliche unterschiedliche Hersteller Ausführungen geachtet werden.

Die Aderlängen innerhalb der Anschlusseinheit sind grundsätzlich kurz zu halten. Die Verdrillung der Adern bei paarigen Kabeln sollte möglichst bis zu den Anschlussklemmen beibehalten werden.

Bei Kabeln mit Schirmung der Aderpaare sollte die Paarschirmung bis zu den Anschlussklemmen weitergeführt werden, um beste Übertragungstechnische Werte zu erreichen.



Bei Sternvierer-Kabeln (Bild 21 und Bild 23) gehören die im Vierer gegenüberliegenden Adern zusammen!

Die Anschlussdosen mit den angeschlossenen Kabeln müssen in die Installationsumgebung zurückgeschoben und befestigt werden (Unterflur-, Wandkanalinstallationen). Dabei ist darauf zu achten, dass die von den Kabelherstellern vorgeschriebenen minimalen Biegeradien der Kabel eingehalten (üblich 4-facher Kabeldurchmesser) und Beschädigungen durch mechanische Beanspruchungen wie z. B. Knick- oder Druckstellen vermieden werden.

Nach beendeter Installation der gesamten Verkabelungsstrecke sollte durch geeignete LAN-Tester eine Messung erfolgen. Die Ergebnisse sind mittels einer entsprechend vereinbarten Dokumentation zu protokollieren (s. a. Kapitel 6).

10. Anschlusskomponenten für "LWL"

10.1 LWL, Definition und Anwendung

Der Begriff LWL wird für alle Glas- und Kunststofffasern verwendet, die zur Übermittlung von Daten benutzt werden. Die Hauptanwendungsgebiete von LWL liegen in Verbindungen mit hohen Datenraten über lange Strecken. Gemäß DIN EN 50173-1 ist im Bereich der Primärverkabelung (von Gebäude zu Gebäude) und möglichst auch im Sekundärbereich LWL-Verkabelung anzuwenden. Auch im Tertiärbereich sind LWL bei Anwendungen mit konstant hohen Datenraten immer häufiger (FTTD = Fiber To The Desk).

10.2 Vorteile

Gegenüber Kupferleitern ergeben sich folgende Vorteile:

- größere Übertragungsbandbreite
- geringere Dämpfung bei größeren Längen
- keine EMV-Beeinflussung
- kein Übersprechen zwischen den Adern
- völlige Abhörsicherheit
- Blitz- und Explosionsschutz

10.3 Die Übertragung

Das nachfolgende Bild 28 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer optischen Übertragungsstrecke. Sie besteht aus den Baugruppen Signalaufbereitung, elektrisch/optischer Wandler (Laserdiode oder Leuchtdiode), Lichtwellenleiter, optisch/elektrischer Wandler (lichtempfindliche Diode) und dem Ausgangsverstärker.

Je nach Form des Eingangssignals sind die einzelnen Teile des Übertragungssystems unterschiedlich aufgebaut. Die Signalaufbereitung bei digitalen Systemen unterscheidet sich von der Signalaufbereitung bei analogen Systemen, da bei analogen Signalen die Information in der Kurvenform steckt und deshalb verzerrungsfrei übertragen werden muss. Einen weiteren Unterschied findet man bei den Videosystemen. Hier sind spezielle Regelverstärker enthalten, die ihre Verstärkung dem Eingangssignal so anpassen, dass am Ausgang ein konstanter genormter Pegel entsteht.

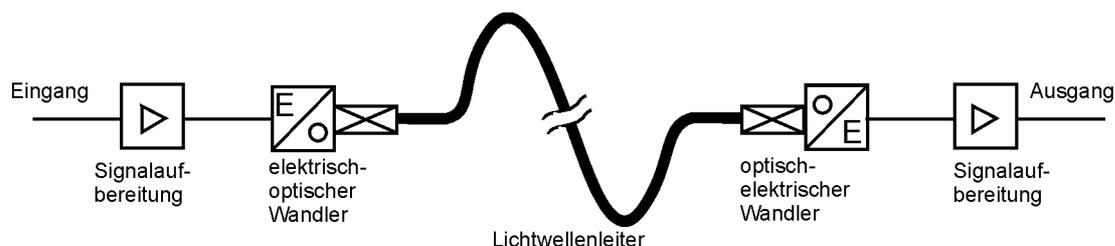


Bild 28: Prinzip einer optischen Übertragungsstrecke

10.4 LWL-Verkabelung

Die Lichtwellenleiter werden bezüglich der physikalischen Konstruktion (Kern-/Manteldurchmesser) und Kategorie unterschieden. Sie müssen in einer Übertragungsstrecke die gleiche physikalische Konstruktionsspezifikation und Kategorie aufweisen.

Wird in einem Teilsystem der Verkabelung mehr als eine physikalische Kabelkonstruktion oder -kategorie verwendet, muss die Verkabelung gekennzeichnet werden, damit jede Kategorie eindeutig identifiziert werden kann.

Die Auswahl der Lichtwellenleiter-Komponenten wird von den geforderten Übertragungsstreckenlängen und den zu unterstützenden Netzanwendungen bestimmt.

Art des Lichtwellenleiters	Klasse	Gleichungen für die Ausführung *		Größte Länge m
Mehrmoden (Multimode)		850 nm	1300 nm	
Kabelkategorie OM1/OM2/OM3	OF-300	$L = 735-145x-90y$	$L = 1300-330x-200y$	300
	OF-500	$L = 935-145x-90y$	$L = 1500-330x-200y$	500
	OF-2000	$L = 2435-145x-90y$	$L = 3000-330x-200y$	2000
Einmoden (Singlemode)		1310 nm	1550 nm	
OS1	OF-300	$L = 1800-500x-300y$	$L = 1800-500x-300y$	300
	OF-500	$L = 2000-500x-300y$	$L = 2000-500x-300y$	500
	OF-2000	$L = 3500-500x-300y$	$L = 3500-500x-300y$	2000
OS2	OF-300	$L = 4500-1875x-750y$	$L = 4500-1875x-750y$	300
	OF-500	$L = 5000-1875x-750y$	$L = 5000-1875x-750y$	500
	OF-2000	$L = 8750-1875x-750y$	$L = 5000-1875x-750y$	2000
	OF-5000	$L = 8750-1875x-750y$	$L = 8750-1875x-750y$	5000
	OF-10000	$L = 10000-1875x-750y$	$L = 10000-1875x-750y$	10000

Länge der Übertragungsstrecke (m)

x Gesamtzahl der gesteckten Verbindungen in der Übertragungsstrecke

y Gesamtzahl der Spleiße in der Übertragungsstrecke

* Diese Gleichungen nehmen eine Dämpfung von 0,5 dB je gesteckter Verbindung an (da bei einem System mit zwei Steckverbindungen nur 0,25 % diesen Wert überschreiten würden).

Tabelle 15: Parameter von Lichtwellenleiter-Übertragungsstrecken

Netzanwendung	Nenn- Übertragungs- wellenlänge nm	Größte Länge der Übertragungsstrecke in m	
		50 µm Faser ^a	62,5 µm Faser ^b
ISO/IEC 8802-3: FOIRL	850	514	1 000
ISO/IEC 8802-3: 10BASE-FL & FB	850	1 514	2 000
ISO/IEC TR 11802-4: 4 & 16 Mbit/s Token Ring	850	1 857	2 000
ISO/IEC 8802-12: Demand Priority	850	371	500
ATM bei 155 Mbit/s ^c	850	1 000	1 000
ATM bei 622 Mbit/s ^c	850	300	300
DIS 14165-111: Fibre Channel (FC-PH) bei 266 Mbit/s	850	2 000	700
DIS 14165-111: Fibre Channel (FC-PH) bei 531 Mbit/s	850	1 000	350
DIS 14165-111: Fibre Channel (FC-PH) bei 1062 Mbit/s ^c	850	500	300
ISO/IEC 8802-3: 1000BASE-SX ^c	850	550	275
ISO/IEC 9314-9: FDDI LCF-PMD	1 300	500	500
EN ISO/IEC 9314-3: FDDI PMD	1 300	2 000	2 000
ISO/IEC 8802-3: 100BASE-FX	1 300	2 000	2 000
IEEE 802.5t: 100 Mbit/s Token Ring	1 300	2 000	2 000
ISO/IEC 8802-12: Demand Priority	1 300	533	2 000
ATM bei 52 Mbit/s	1 300	2 000	2 000
ATM bei 155 Mbit/s	1 300	2 000	2 000
ATM bei 622 Mbit/s	1 300	330	500
DIS 14165-111: Fibre Channel (FC-PH) bei 133 Mbit/s	1 300	nicht unterstützt	1 500
DIS 14165-111: Fibre Channel (FC-PH) bei 266 Mbit/s	1 300	2 000	1 500
ISO/IEC 8802-3: 1000BASE-LX ^c	1 300	550	550

^a Größte Dämpfung je km (850 nm / 1 300 nm): 3,5 dB / 1,5 dB;
kleinste modale Bandbreite (850 nm / 1 300 nm): 500 MHz·km / 500 MHz·km

^b Größte Dämpfung je km (850 nm / 1 300 nm): 3,5 dB / 1,5 dB;
kleinste modale Bandbreite (850 nm / 1 300 nm): 200 MHz·km / 500 MHz·km

^c Diese Nutzungsanwendungen sind bei den angegebenen Übertragungsstreckenlängen in der Bandbreite begrenzt. Die Verwendung von Komponenten mit geringerer Dämpfung zur Realisierung von Übertragungsstrecken, welche diese Werte überschreiten, kann nicht empfohlen werden.

Tabelle 16: Von Lichtwellenleiter-Netzanwendungen unterstützte größte Länge der Übertragungsstrecken mit Mehrmodenfasern

Netzanwendung	Nenn-Übertragungswellenlänge nm	Größte Länge der Übertragungsstrecke* m
ISO/IEC 9314-4: FDDI SMF-PMD	1 310	2 000
ATM bei 52 Mbit/s	1 310	2 000
ATM bei 155 Mbit/s	1 310	2 000
ATM bei 622 Mbit/s	1 310	2 000
DIS 14165-111: Fibre Channel (FC-PH) bei 266 Mbit/s	1 310	2 000
DIS 14165-111: Fibre Channel (FC-PH) bei 531 Mbit/s	1 310	2 000
DIS 14165-111: Fibre Channel (FC-PH) bei 1062 Mbit/s	1 310	2 000
ISO/IEC 8802-3: 1000BASE LX	1 310	2 000

* Größte Dämpfung je km (1.310 nm / 1.550 nm): 0,5 dB / 1,5 dB

Tabelle 17: Von Lichtwellenleiter-Netzanwendungen unterstützte größte Länge der Übertragungsstrecke mit Einmodenfasern

10.5 Stecksystem

Für die Anschlusskomponenten am Arbeitsplatz in der Tertiärverkabelung sind Duplex SC-Steckverbinder (SC-D) nach Rahmenspezifikation IEC 60874-19-1 zu verwenden. Außerhalb des Arbeitsplatzes können alle von IEC genormten Arten von LWL-Steckverbindern ausgewählt werden. In Verteilern mit hoher Packungsdichte sind auch Miniatur-Steckverbinder anwendbar, die mindestens zwei Fasern in der Stirnfläche eines Steckverbinders nach EN 60603-7 aufnehmen (MT-RJ).



Bild 29: Duplex SC-Steckverbinder (SC-D)

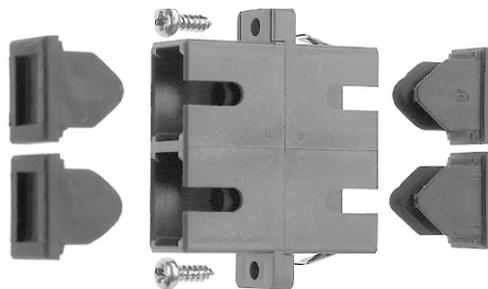


Bild 30: Duplex SC-Kupplung

10.6 Anschlusseinheiten

Netzwerkverkabelungen mit Lichtwellenleitern erfordern lösbare, wiederholgenaue und robuste Steckverbindungen zwischen den im Kanal verlegten LWL-Kabeln und dem Teilnehmeranschlusskabel. Die LWL-Kupplungen müssen in einer Wandauslassdose oder im Bodentank sicher und geschützt so montiert werden, dass die Verbindungen einfach gesteckt und gelöst werden können und die LWL-Kabelführungen den zulässigen min. Biegeradius von 25 mm nicht unterschreiten.

Sind Spleißverbindungen mit Pigtail-Anschlüssen vorgesehen, müssen Ablagen für Spleiße und Reservelängen sowie Zugentlastungsmöglichkeiten existieren.

19"-Rangierverteiler für LWL eignen sich zur Aufteilung mehradriger LWL-Kabel auf Einzeladern, entweder als Verteilerrahmen oder mit geschlossenem Gehäuse zur Aufnahme von Spleißkassetten. Sie können in alle genormten 19"-Verteilerschränke eingebaut und durch die Modulbauweise genau auf die jeweiligen Anforderungen abgestimmt werden.

10.6.1 Anschlussdosen

10.6.1.1 LWL-Anschlussdose ohne Spleißablage



Zwei Teilnehmer können mit Duplex-SC-Steckverbindern angeschlossen werden. Die Dose kann in den Wandkanal in Unterputz- oder geeigneten Aufputzdosen montiert werden. Für Kabel- bzw. Faserreserven ist ausreichend Wickelraum mit kontrollierter Radienbegrenzung vorhanden.

Bild 31: LWL-Anschlussdose ohne Spleißablage

10.6.1.2 LWL-Anschlussdose mit Spleißablage



Vier Teilnehmer können mit Duplex-SC-Steckverbindern angeschlossen werden. Die Dose kann in den Wandkanal oder in geeigneten Aufputzdosen montiert werden. Für Faserreserven steht ausreichend Ablageraum zur Verfügung, Spleißablagen sind integriert.

Bild 32: LWL-Anschlussdose mit Spleißablage



Für den Einbau im Bodentank sind spezielle Ausführungen vorhanden. Auskunft geben die entsprechenden Hersteller.

10.6.2 Rangierverteiler

Rangierverteiler gibt es in vielen Bauformen von 1 bis 4 HE (Höheneinheiten). Zubehörteile wie Verschraubungen, Spleißkassetten, Kupplungen und Befestigungsteile sind beliebig kombinierbar (siehe folgende Beispiele).

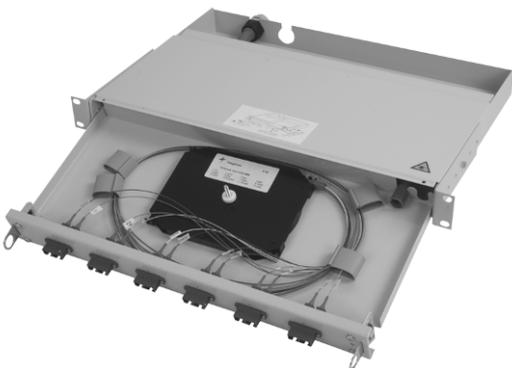
10.6.2.1 Geschlossenes 19"-Gehäuse, 1 HE



Das Gehäuse erlaubt die Aufnahme von max. 2 Spleiß- oder Kombikassetten. Die Kabeleinführung erfolgt links oder rechts mit Verschraubung ein schließlich Zugentlastungsklemmen und Führungen zur Faser- und Kabelablage.

Bild 33: 19"-Gehäuse, 1 HE

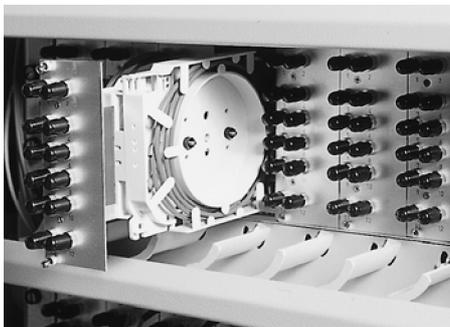
10.6.2.2 Geschlossenes 19" Gehäuse mit Schubladenauszug, 1 HE



Das Gehäuse erlaubt die Aufnahme von max. 2 Spleiß- oder Kombikassetten. Die ausziehbare Schublade erlaubt jederzeit den Zugang zur Spleißablage. Die Kabeleinführung erfolgt mit Verschraubung an der feststehenden Rückwand, ein Schutzschlauch dient zur Führung in der Schublade.

Bild 34: 19" Gehäuse mit Schubladenauszug, 1 HE

10.6.2.3 3-Kassetten-Steckermodul für 19"-Baugruppenträger



Das 3-Kassetten-Steckermodul hat eine Kapazität von 12 Faserverbindungen und lässt sich ausschließlich von vorne bedienen und installieren. Durch die integrierte Bündeladerkassette, ist eine separate Überlängenschublade unterhalb des Baugruppenträgers nicht erforderlich. Ein passend auf das System abgestimmter 19"- Baugruppenträger (3 HE) ermöglicht den Einbau von 8 Stück 3-Kassetten-Steckermodulen.

Bild 35: 3-Kassetten-Steckermodul für 19"-Baugruppenträger

10.7 Schnüre

Lichtwellenleiterkabel für Schnüre müssen den Normen DIN EN 60794-1-1 (Fachgrundnorm) und DIN EN 60794-1-2 (Prüfverfahren) entsprechen.

Die Anforderungen an die Verbindungstechnik sind in DIN EN 50173-1 festgelegt (Kapitel 9). Ausgenommen sind Rangier- und Geräteverbindungsschnüre, die in dieser Norm nicht geregelt sind.

10.8 Kabel

10.8.1 Mehrmoden-Kabel

Der Lichtwellenleiter ist mehrmodig mit einem Gradientenprofil der Brechzahl und Kern-/ Mantel-Nenn Durchmesser 50/125 µm oder 62,5/125 µm, entsprechend der Faser A1a oder A1b nach DIN EN 60793-2-10.

Anforderungen nach Tabelle 18 sind zu erfüllen, Dämpfung und Bandbreitenlängenprodukt sind nach DIN EN 60793-1-40 bzw. DIN EN 60791-1-41 zu messen.

Kategorie	Größte Dämpfung (dB/km)		Kleinste modale Bandbreite (MHz·km)		
			Vollanregung		Wirksame Laseranregung ^a
	850 nm	1 300 nm	850 nm	1 300 nm	850 nm
OM1	3,5	1,5	200	500	nicht festgelegt
OM2	3,5	1,5	500	500	nicht festgelegt
OM3 ^b	3,5	1,5	1.500	500	2 000

^a Die wirksame Bandbreite für die Laseranregung wird durch die Verwendung der differentiellen Modenlaufzeit (DMD), wie im Entwurf DIN EN 60793-1-49 festgelegt, sichergestellt. Lichtwellenleiter, die nur die Bedingungen der Vollanregung einhalten, unterstützen eventuell einige der in Anhang E genannten Netzanwendungen nicht.

^b OM3 kann nur mit 50/125 µm-Fasern realisiert werden.

Tabelle 18: Anforderungen an die Leistungsfähigkeit von Mehrmoden-Lichtwellenleitern

Anforderungen an die Mechanik und Umgebung für Innenraum- und Außenkabel mit LWL sind in DIN EN 60794-1-1, DIN EN 60794-1-2, IEC 60794 und DIN EN 60794-3 festgelegt.

10.8.2 Einmoden-Kabel

Der Lichtwellenleiter hat dem Typ B1 DIN EN 60793-2-50 zu entsprechen. Die Dämpfung jedes Lichtwellenleiters im Kabel - siehe Tabelle 19 - ist zu messen nach DIN EN 60793-1-40.

Wellenlänge in nm	Größte Dämpfung in dB/km
1 310	1,0
1 550	1,0

Tabelle 19: Anforderung an die Leistungsfähigkeit von Einmoden-Lichtwellenleitern

Die Grenzwellenlänge dieses Lichtwellenleitertyps beträgt < 1.260 nm (Messung nach DIN EN 60793-1-44).

Anforderungen an die Mechanik und Umgebung für Innenraum und Außenkabel mit LWL sind in DIN EN 60794-1-1, DIN EN 60794-1-2, IEC 60794-2 und DIN EN 60794-3 festgelegt.

11. Polymer Optische Faser (POF)

11.1 Definition und Anwendung

Polymer optische Fasern, auch als Polymerfasern oder kurz POF bezeichnet, bestehen im Gegensatz zu Glasfasern vollständig aus Kunststoff. Englische Bezeichnungen sind „polymeric optical fiber“ oder „plastic optical fiber“. Polymerfasern eignen sich für den Einsatz in der Datentechnik, für HiFi Audio, im Fahrzeugbau, in der Beleuchtungstechnik, für Digitales Fernsehen, HDTV, DVI und sogar für Triple Play, also Internet, Telefonie und TV über einen gemeinsamen Anschluss. Die Polymer-Faser bietet eine komfortable und handhabbare Alternative gegenüber Kupfer- und klassischen LWL-Lösungen ohne aufwändige Nachinstallation dicker Kabel.

Internet & IP-TV

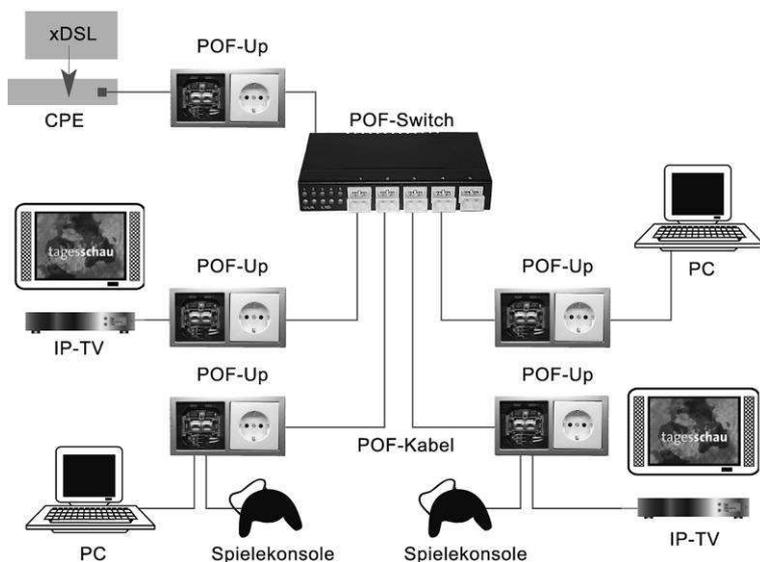
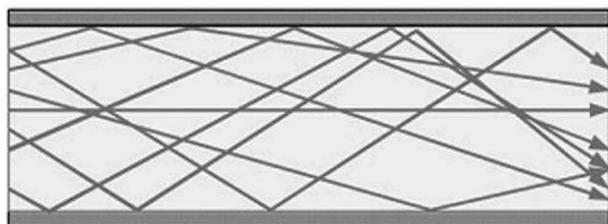


Bild 36: Beispiel für POF-Installationen und Anwendungen

11.2 Aufbau

Wie die klassischen Glasfasern besitzen Polymerfasern einen lichtführenden Kern und einen den Kern umgebenden Mantel. Für Kern und Mantel wird vorzugsweise Polymethylmethacrylat, kurz PMMA, verwendet. Unterschiedliche Brechungsindices bei Kern- und Mantelmaterial sorgen dafür, dass die Lichtmoden geordnet im Kernbereich geführt werden. Moden, die in den Mantelbereich ausgekoppelt werden, gelangen nicht mehr in den Kernbereich zurück.



Stufenindexprofil:

Hoher Brechungsindex im ganzen Kern, kleiner Brechungsindex im Mantel; Strahlen werden am Mantel total reflektiert

Bild 37: Aufbau einer Polymerfaser (schematisch)

Gängige Maße sind je nach Fasertyp	von	bis
Kerndurchmesser	ca. 60 µm	980 µm
Manteldurchmesser	245 µm	1.000 µm
Aderdurchmesser der beschichteten Faser	1,1 mm	2,2 mm

Tabelle 20: Gängige Maße von Polymer Optischen Fasern

Herstellerspezifisch sind auch andere Maße möglich. Am gebräuchlichsten sind Polymerfasern mit einem Kerndurchmesser von 980 µm und einem Außendurchmesser von 1.000 µm.

Einfache Polymerfasern besitzen ein Stufenindexprofil: Kern und Mantel besitzen je einen festen Brechungsindex, der Übergang erfolgt sprung- oder stufenförmig. Fasern mit Zwei-/Mehrstufenindexprofil ermöglichen höhere Übertragungsraten. Fasern mit Gradientenprofil wie bei Multimode-Glasfasern sind ebenfalls erhältlich, sind durch den hohen technischen Aufwand jedoch deutlich teuer und damit oft nicht wirtschaftlich.



Bild 38: Stufenindexprofil

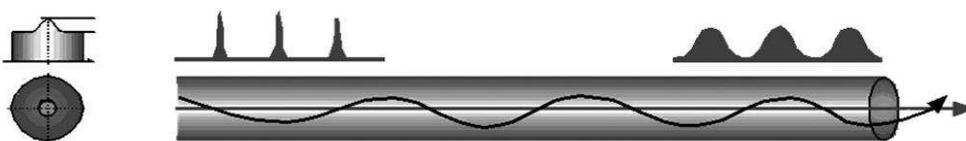


Bild 39: Gradientenprofil

11.3 Die Übertragung

Je nach Fasertyp erfolgt die Signalübertragung bei 650, 850 oder 1.300 nm. In der Praxis werden mit Polymer-Fasern Übertragungsgeschwindigkeiten von etwa 100 Mbit/s zwischen 30 und 100 m Leitungslänge erreicht. Im Rahmen von Übertragungsversuchen wurden mit speziellen Verfahren im Jahr 2002 bereits 1,25 Gbit/s über 1 km und im Jahr 2010 10 Gbit/s über 15 m über POF-Fasern erreicht. Die Übertragungsfenster der Stufenindex-POF befinden sich im sichtbaren Bereich des elektromagnetischen Spektrums (d. h. im Licht). Als Sender werden meist Leuchtdioden mit einer Wellenlänge von 650 nm verwendet.

Parameter	Typische Werte
Übertragungsgeschwindigkeit:	100 Mbit/s
Übertragungslänge:	30–100 m mit POF 1,5/2,2 mm
Optischer Datenanschluss:	1,5/2,2 mm Duplex POF
Elektrischer Datenanschluss:	RJ45
Wellenlänge:	650 nm typisch

Tabelle 21: Parameter von Polymer Optischen Fasern

11.4 Normen

Polymerfasern sind nach DIN EN 60793-2-40 als Mehrmodenfasern der Kategorie A4 genormt, international nach IEC 60793-2-40. Die beiden Normen unterscheiden acht verschiedene Fasertypen: A4a bis A4h.

Die DIN EN 50173-1:2010-06 enthält neben Glasfasern auch Polymerfasern:

- OP1 als Faser A4d nach EN 60793-2-40 mit Manteldurchmesser 1.000 μm , Signalübertragung bei 650 nm
- OP2 als Faser A4f nach EN 60793-2-40 mit Manteldurchmesser 490 μm , Signalübertragung bei 650, 850 oder 1.300 nm

11.5 Verbindungstechnik

Im Gegensatz zu Glasfasern können Polymerfasern nicht mit thermischen Spleißen verbunden werden, da der Kunststoff durch die hohe Temperatur schmelzen würde. Polymerfasern werden mit Steckern oder Klemmen verbunden. Mit scharfen Messern sind exakte, gerade Schnitte möglich; Schleifen und Polieren der Fasern entfällt.



Bild 40: Steckverbinder für Polymerfasern

11.6 Stecksystem

Optimale Installationsbedingungen werden durch den Einsatz so genannter „Push-Pull“-Stecker erreicht. Sie werden durch einfaches Ziehen (Pull) am Stecker geöffnet, das POF-Kabel wird lage-richtig eingesteckt und durch Zusammenschieben des Steckers (Push) werden die Adern kontaktiert und zugentlastet.

11.7 Vorteile

POF zeichnet sich gegenüber Kupferkabeln durch geringes Gewicht, hohe Flexibilität und Unempfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Einfluss (EMV-Verträglichkeit) aus. Wesentliche Merkmale bei Installation und Betrieb sind:

- einfache und unauffällige Installation ohne Spezialwerkzeug
- schnelle, sichere und strahlungsfreie Datenübertragung
- Licht im sichtbaren Bereich (ungefährlich für Auge und Netzhaut)
- Sehr dünne (1,5 mm), robuste Kabel und sichere Verbindung
- Große Flexibilität des Kabels, die eine weitgehend unsichtbare Verlegung begünstigt
- Unempfindlich gegenüber elektromagnetischen Einflüssen
- Verlegung parallel zur Elektroinstallation möglich
- Keine Probleme mit Erdungs- und Potentialausgleich

- Optische Funktionskontrolle ohne Messgerät
- Geringe Biegeradien (20 mm)

POF bietet konstanten Datendurchsatz von 100 Mbit/s auf Streckenlängen bis max. 70 m. Die Ausweitung der POF-Datenrate auf 1 Gigabit (1000 Mbit/s) ist in Vorbereitung. Die Leistungsaufnahme eines Gerätes liegt bei durchschnittlich 1 Watt, auch im Standby-Betrieb.



Bild 41: Push-Pull-Stecker

Anhang

A.1 Abkürzungen

ACR	Attenuation to Crosstalk Ratio (Dämpfungs-Nebensprechdämpfungs-Verhältnis)
AP	Aufputz
ASG	Anwendungsspezifisches Gerät
ATM	Asynchronous Transfer Mode (Asynchroner Übertragungsmodus)
CAT	Categorie 5, 6 oder 7
DIN	Deutsches Institut für Normung
DIS	Draft International Standard
ELFEXT	Equal Level Far End Crosstalk Loss (Ausgangsseitige Fernnebensprechdämpfung)
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
EMVG	Gesetz zur elektromagnetischen Verträglichkeit
EN	Europäische Norm
EV	Etagenverteiler
FC-PH	Fibre Channel Physical and Signaling Interface
FDDI	Fibre Distributed Data Interface (Verteilte Datenschnittstelle mit Lichtwellenleitern)
F/UTP	Foil/Unshielded Twisted Pair
GV	Gebäudeverteiler
HE	Höheneinheiten
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISO	International Organization for Standardization
KV	Kabelverzweiger
LSOH	Low Smoke Zero Halogen (raucharme, halogenfreie Mantelwerkstoffe)
LWL	Lichtwellenleiter
MT-RJ	Mechanically Transferable - Registered Jack
NEXT	Near-End Crosstalk (Nahnebensprechdämpfung)
OF	Optical Fibre
OM	Optical Multimode

OS	Optical Singlemode
PD	Powered Device, mit Energie versorgtes Gerät (Verbraucher) bei Power over Ethernet
PoE	Power over Ethernet
POF	Polymer Optische Faser
PSACR	Power Sum Attenuation to Crosstalk Ratio (Leistungssummiertes Dämpfungs-Nebensprechdämpfungs-Verhältnis)
PSE	Power Sourcing Equipment, Energieversorgungseinheit bei Power over Ethernet
PSELFEXT	Power Sum Equal Level Far End Crosstalk Loss (Leistungssummierte ausgangseitige Fernnebensprechdämpfung)
PSNEXT	Power Sum Near-End Crosstalk (Leistungssummierte Nahnebensprechdämpfung)
SC	Subscriber Connector (Lichtwellenleiter-Steckverbinder Typ SC)
SC-D	Duplex SC Connector (Lichtwellenleiter-Steckverbinder Typ Duplex-SC)
SF/UTP	Shielded Foil/Unshielded Twisted Pair
SMF-PMD	Single Mode Fibre - Physical Medium Dependent (Einmodenfaser – Mediumabhängige Bitübertragungsschicht)
S/FTP	Shielded/Foil Twisted Pair
SV	Standortverteiler
TA	Informationstechnischer Anschluss
U/FTP	Unshielded/Foil Twisted Pair
UP	Unterputz
UPK	Unterputz kombinationsfähig
Z	Wellenwiderstand

A.2 Verzeichnis der Bilder

Bild 1:	Struktur der anwendungsneutralen Kommunikationskabelanlage.....	11
Bild 2:	Hierarchische Struktur der Kommunikationskabelanlage.....	12
Bild 3:	Beispiel für die Anordnung funktioneller Elemente in einem Gebäude.....	13
Bild 4:	Mögliche Schnittstellen zur Kommunikationskabelanlage.....	13
Bild 5:	TN-S-System mit Tertiärverkabelung.....	19
Bild 6:	Beispiel Modular-Buchse-/Stecker-Konfiguration (vereinfacht)	20
Bild 7:	Modular-Buchse-/Stecker-Konfiguration der Kategorie 7	21
Bild 8:	Schalter innerhalb der Steckverbindung der Kategorie 7 Darstellung bei gestecktem Kategorie-7-Stecker (Schalter betätigt).....	21
Bild 9:	Kontaktbelegung der Kategorie 5 und 6 nach T568A und T568B	22
Bild 10:	Paarbelegung der Kategorie 7	22
Bild 11:	Beispiel Gehäuseform der Anschlusseinheit 8 AP	25
Bild 12:	Beispiel Gehäuseform der Anschlusseinheit 8/8 Up	25
Bild 13:	Schaltung der Anschlusseinheit 8.....	25
Bild 14:	Schaltung der Anschlusseinheit 8/8.....	26
Bild 15:	Beispiel Rangierverteiler.....	26
Bild 16:	Beispiel Rangierverteiler für 16 Anschlüsse. Andere Ausführungen sind möglich.....	27
Bild 17:	Rangierschnur mit Modular-Stecker nach Kapitel 9.1	28
Bild 18:	F/UTP.....	29
Bild 19:	SF/UTP	29
Bild 20:	U/FTP.....	29
Bild 21:	U/FTP.....	29
Bild 22:	S/FTP	29
Bild 23:	S/FTP.....	29
Bild 24:	Längen der einzelnen Kabelabschnitte.....	30
Bild 25:	PoE IEEE 802.3af mit Phantomspeisung.....	32
Bild 26:	PoE IEEE 802.3af mit Speisung über Reservepaare	33
Bild 27:	PoE-Verbraucher gemäß IEEE 802.3af	33
Bild 28:	Prinzip einer optischen Übertragungsstrecke	37
Bild 29:	Duplex SC-Steckverbinder (SC-D)	40
Bild 30:	Duplex SC-Kupplung.....	40
Bild 31:	LWL-Anschlussdose ohne Spleißablage	41
Bild 32:	LWL-Anschlussdose mit Spleißablage	41

Bild 33:	19“-Gehäuse, 1 HE	42
Bild 34:	19“ Gehäuse mit Schubladenauszug, 1 HE	42
Bild 35:	3-Kassetten-Steckermodul für 19“-Baugruppenträger	42
Bild 36:	Beispiel für POF-Installationen und Anwendungen.....	44
Bild 37:	Aufbau einer Polymerfaser (schematisch)	44
Bild 38:	Stufenindexprofil.....	45
Bild 39:	Gradientenprofil.....	45
Bild 40:	Steckverbinder für Polymerfasern	46
Bild 41:	Push-Pull-Stecker.....	47

A.3 Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1:	Relevante Normen	8
Tabelle 2:	Klassen für Netzanwendungen.....	14
Tabelle 3:	Klassen für Verkabelungsstrecken	15
Tabelle 4:	Kategorien für passive Komponenten.....	15
Tabelle 5:	Normenreihe DIN EN 60603-7.....	20
Tabelle 6:	Paar und Farbkodierungszuordnung für Kategorie 5 und 6.....	22
Tabelle 7:	Kontaktbelegung der Modular Steckverbindung bei verschiedenen Diensten.....	23
Tabelle 8:	Normen für geschirmte symmetrische Kupferkabel	28
Tabelle 9:	Kurzbezeichnungen Kabelaufbau.....	29
Tabelle 10:	Übersicht der Kennwerte für PoE nach IEEE 802.3af und IEEE 802.3at	31
Tabelle 11:	Steckerbelegung bei Phantomspeisung.....	32
Tabelle 12:	Steckerbelegung bei Speisung über Reservepaare	33
Tabelle 13:	Aktivierungsschritte bei PoE nach IEEE 802.3af.....	34
Tabelle 14:	Klassifizierung der Leistungsaufnahme nach IEEE 802.3af	35
Tabelle 15:	Parameter von Lichtwellenleiter-Übertragungsstrecken.....	38
Tabelle 16:	Von Lichtwellenleiter-Netzanwendungen unterstützte größte Länge der Übertragungsstrecken mit Mehrmodenfasern	39
Tabelle 17:	Von Lichtwellenleiter-Netzanwendungen unterstützte größte Länge der Übertragungsstrecke mit Einmodenfasern.....	40
Tabelle 18:	Anforderungen an die Leistungsfähigkeit von Mehrmoden-Lichtwellenleitern	43
Tabelle 19:	Anforderung an die Leistungsfähigkeit von Einmoden-Lichtwellenleitern.....	43
Tabelle 20:	Gängige Maße von Polymer Optischen Fasern	45
Tabelle 21:	Parameter von Polymer Optischen Fasern	45

Die Projektgruppe „ITK-Anschluss technik“ ist eine gemeinsame Arbeitsgruppe von BITKOM und ZVEI. Sie setzt sich zusammen aus erfahrenen und mit der Informati-
ons- und Telekommunikationstechnik vertrauten Fachleuten aus den einschlägigen
Installations-, Herstellerfirmen und Netzbetreibern.



Bundesverband Informationswirtschaft,
Telekommunikation und neue Medien e.V.
Albrechtstraße 10
10117 Berlin-Mitte

Fon (+49) 30/27576-457
Fax (+49) 30/27576-400

b.klusmann@bitkom.org
www.bitkom.org



Zentralverband Elektrotechnik-
und Elektronikindustrie e.V.
Lyoner Straße 9
60528 Frankfurt am Main

Fon (+49) 69 6302-467
Fax (+49) 69 6302-383

deul@zvei.org
www.zvei.org