

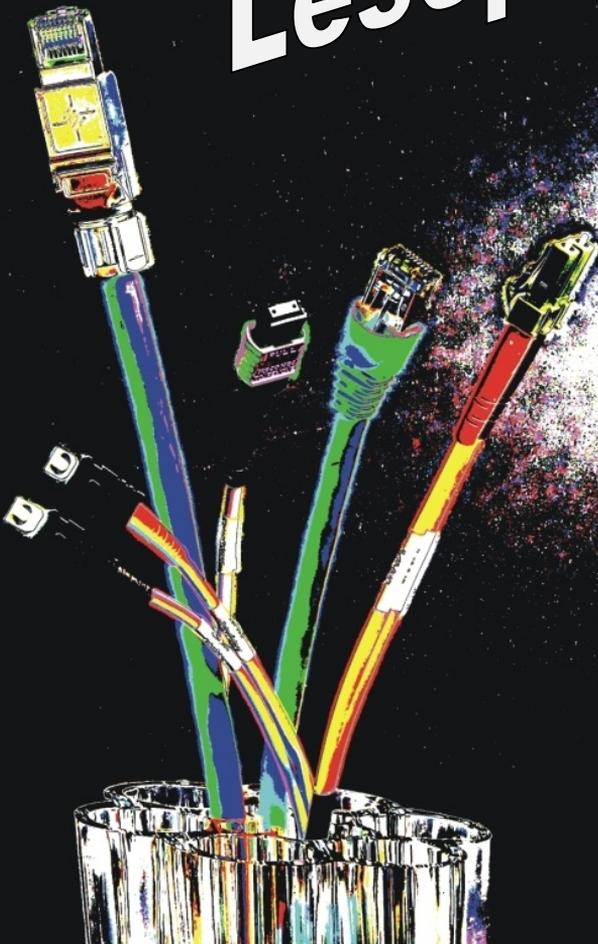
Dirk Traeger

Leistungsfähige IT-Infrastrukturen

Strukturierte Verkabelung – FTTO – POL

3. Auflage

Leseprobe



KaTiKi[®] PRO

Wichtige Hinweise

Da die in diesem Buch zitierten einschlägigen Vorschriften, Normen, Standards und Herstellerangaben laufend aktualisiert werden, wird ausdrücklich darauf verwiesen, dass es erforderlich ist, jeweils deren neuesten Stand in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen. Wird in diesem Buch auf eine bestimmte Ausgabe einer Norm Bezug genommen, wird das Erscheinungsdatum angegeben. Fehlt dieses, so ist die jeweils gültige Fassung zu verwenden.

Die Informationen in diesem Buch wurden mit großer Sorgfalt recherchiert. Dennoch sind inhaltliche Fehler oder Fehler in der Darstellung nicht ganz auszuschließen. Verlag und Verfasser übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für eventuell fehlerhafte Angaben und deren Folgen. Für Vermögens-, Sach- und Personenschäden wird daher im gesetzlich zulässigen Umfang eine Haftung ausgeschlossen.

Es wird ausdrücklich empfohlen, die in diesem Buch dargestellten Sachverhalte vor einer konkreten Realisierung/Anwendung durch einen Testaufbau selbst zu verifizieren und auf Verträglichkeit mit eventuell geplanten oder bereits eingesetzten Systemen zu prüfen.

Bezeichnungen von Marken und Warenzeichen sind in diesem Werk oftmals nicht besonders gekennzeichnet. Das Fehlen einer Kennzeichnung berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen freie Warennamen seien und von jedermann benutzt werden dürften.

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

© Dirk Traeger, 2017, 2022

© KaTiKi Verlag, Amselweg 31, 71116 Gärtringen, 2022

Umschlagfoto: © Dirk Traeger

Alle Rechte vorbehalten.

Sections reproduced unter written permission from Telecommunications Industry Association.

Druck: WIRmachenDRUCK GmbH, Backnang

3. Auflage, Januar 2022, ISBN 978-3-939877-21-9

Die erste und zweite Auflage dieses Werkes sind im Joachim Treiber Meisterbuchverlag erschienen.

www.katiki.de/pro

Vorwort

Das durchschnittliche Datenaufkommen aller deutschen Festnetze zusammen könnte problemlos in einer einzigen Glasfaser übertragen werden. Der Durchmesser einer solchen Faser beträgt nur 125 Mikrometer. Das ist dünner als der Punkt am Ende dieses Satzes.

In einer Kupferdatenleitung sind die Daten mit einer Geschwindigkeit von über 225.000 Kilometern pro Sekunde unterwegs. Wenn Sie sich in Stuttgart an einer Kupferleitung in den Finger stächen, dann wüssten der Administrator auf Island und der Hacker auf den Azoren bereits darüber Bescheid, bevor Sie den Piks selbst spürten.

Willkommen in der Welt der Datentechnik.

Seit der ersten Ausgabe der DIN EN 50173 im Jahre 1995 ist viel Zeit vergangen, doch das Thema der „richtigen“ Verkabelung ist heute so aktuell wie damals. Technisch und wirtschaftlich interessante Alternativen wie Fiber To The Office (FTTO) und Passive Optical LAN (POL) haben sich längst in zahlreichen Projekten bewährt, und so stellt sich oft die Frage: Welche Infrastruktur ist die beste für mein Projekt? Dazu kommt, dass es von den drei Grundkonzepten eine Fülle von Varianten gibt, was die Entscheidung und die darauf aufbauende Planung und Ausführung nicht gerade erleichtert. Zudem werden viele Begriffe in der Praxis nicht einheitlich verwendet, sei es, weil es keine Norm für sie gibt, oder weil sich nicht alle daran halten.

Dieses Buch entstand aus der langjährigen Praxis in der Daten-/ Netzwerktechnik. Es soll Fachrichtern, Planern und Anwendern einen Überblick über aktuelle Verkabelungs-Infrastrukturen geben und deren jeweilige Besonderheiten gegenüberstellen.

Gärtringen, im Herbst 2021

Dirk Traeger

[Wer sich für die obigen zwei Beispiele näher interessiert, findet die zugehörigen Berechnungen in Kapitel 7.4 im technischen Anhang dieses Buches.]

Inhalt

1 Der Anfang: Wie wir dahin kamen, wo wir heute sind	1
1.1 Kurze Geschichte der IT-Verkabelung.....	1
1.2 Wieso ist die Infrastruktur so wichtig?.....	4
2 Der Klassiker: Strukturierte Verkabelung	6
2.1 Kurz das Wichtigste	6
2.2 Der Aufbau: Verkabelungsstruktur	8
2.3 Die Einzelteile	19
2.3.1 Passive Komponenten	20
2.3.1.1 Komponenten für Kupfernetze.....	20
2.3.1.2 Komponenten für Glasfasernetze	32
2.3.2 Aktive Komponenten	39
2.4 Redundanzkonzepte.....	41
2.5 Wichtige Normen	45
2.6 Besonderheiten/Beachten	47
3 Das Innovative: Fiber To The Office (FTTO)	50
3.1 Kurz das Wichtigste	50
3.2 Der Aufbau: Verkabelungsstruktur	52
3.3 Die Einzelteile	59
3.3.1 Passive Komponenten	60
3.3.2 Aktive Komponenten	68
3.4 Redundanzkonzepte.....	75
3.5 Wichtige Normen	78
3.6 Besonderheiten/Beachten	79
4 Der Newcomer: Passive Optical LAN (POL)	82
4.1 Kurz das Wichtigste	82
4.2 Der Aufbau: Verkabelungsstruktur	84
4.3 Die Einzelteile	96
4.3.1 Passive Komponenten	97
4.3.2 Aktive Komponenten	109
4.4 Redundanzkonzepte.....	114

4.5 Wichtige Normen	117
4.6 Besonderheiten/Beachten	119
5 Vergleich der drei Infrastrukturtypen	124
6 Aktuelle Entwicklungen und Trends	131
6.1 Verkabelung für Wireless LAN	131
6.2 Verkabelung für verteilte Gebäudedienste	134
6.3 Direktanschluss (MPTL, Direct Attach, E2E).....	136
6.4 Fernspeisung (Remote Powering)	140
6.5 Automatisiertes Infrastrukturmanagement (AIM).....	144
6.6 Trends.....	148
7 Anhang – Technische Informationen.....	151
7.1 Kupfertechnik.....	151
7.1.1 Übertragungsklassen, Kategorien, Leitungslängen	152
7.1.2 Kabeltypen	155
7.1.3 Stecker und Pinbelegungen	157
7.2 Glasfasertechnik	161
7.2.1 Fasertypen, Übertragungsklassen, Leitungslängen	161
7.2.2 Kabeltypen	167
7.2.3 Stecker und Paarpositionierungen.....	171
7.2.4 Vorkonfektionierte Verkabelung mit MPO-Stecker	179
7.3 Netzwerk-Switches.....	191
7.4 Berechnungen zum Beispiel aus dem Vorwort	197
Literaturhinweise	199
Dank.....	201
Über den Autor	202
Stichwortverzeichnis	203

1.2 Wieso ist die Infrastruktur so wichtig?

Egal, welche Dienste sie zur Verfügung stellen oder was sie berechnen, Computer arbeiten mit einer Folge von Einsen und Nullen. Mittlerweile sind Verkabelungen für 10 Gigabit Ethernet, das zehn Milliarden Einsen und Nullen pro Sekunde überträgt, Stand der Technik in Büro-, Industrie- und Wohngebäuden. Rechenzentren, die die ganze Datenflut verarbeiten müssen, verlangen noch weit mehr. Und ein Ende dieser Entwicklung ist nicht in Sicht.

Die Verkabelungs-Infrastruktur bildet dabei die Grundlage des gesamten Datennetzes. Sie ist das Fundament, auf dem die gesamte Datenwerktechnik aufbaut. Und wie bei einem Gebäude gilt: Stimmt es beim Fundament nicht, dann kann es nirgendwo stimmen.

Das beginnt bereits bei den einzelnen Komponenten wie Kabel, Anschlussdose und Patchkabel. Bei fehlerhaften und bei nicht zusammenpassenden Komponenten ist es oft noch recht einfach: Das Datenetz funktioniert nicht und man ist gezwungen, etwas dagegen zu tun. Mangelhafte oder schlecht zusammenpassende Komponenten sind schon schwerer zu erkennen, denn die Protokolle (Vorschriften), nach denen die Daten in Netzwerk übertragen werden, sind meist fehlertolerant. Erkennt der Empfänger, dass die Daten unvollständig oder fehlerhaft sind, fordert er sie einfach nochmals an, wenn nötig auch mehrmals. Der Haken dabei: Durch das mehrmalige Versenden der Daten wird das Netz langsam. Wer alles wiederholen muss, kann nicht viel mitteilen.

Dennoch wird an der Verkabelung allzu oft gespart. Dabei machen in vielen Projekten die Kosten für die Verkabelung im Schnitt gerade mal 5 bis 10 % der Gesamtkosten eines Datennetzes aus. Gleichzeitig ist die Verkabelung der Teil des Netzes, der am längsten halten muss. Aktive Komponenten wie Switches und Router werden häufig alle paar Jahre ersetzt, Software teilweise noch früher. Die Verkabelung ist oft die günstigste Komponente des Netzwerks, und gleichzeitig wird von ihr die längste Lebensdauer erwartet. 10 Jahre und länger sollte

sie gemäß einschlägiger Normen halten, und wenn sie sachkundig geplant und fachgerecht installiert wurde, dann tut sie das meist auch.

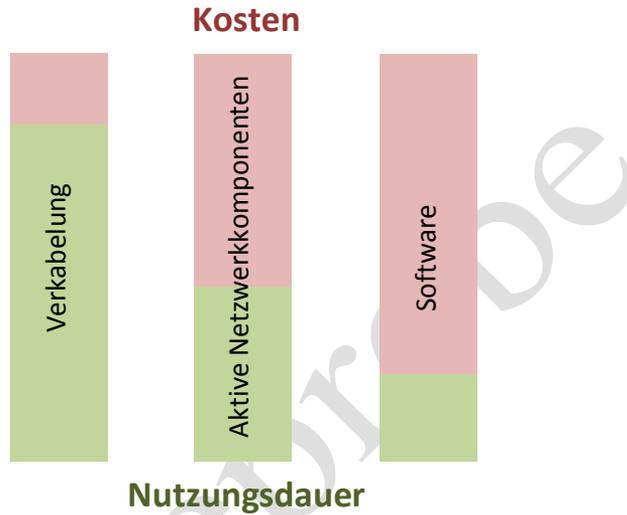


Bild 1.2: Typische Verteilung von Kosten und Nutzungsdauer in Datennetzen (Prinzipschaubild).

2 Der Klassiker: Strukturierte Verkabelung

2.1 Kurz das Wichtigste

Die klassische strukturierte Verkabelung basiert auf Kupferleitungen, die von den Etagenverteilern zu den Anschlussdosen im Anwenderbereich führen. Die Länge von Installations- und Patchkabel zusammen sollte höchstens 100 m Meter betragen, wobei in Bürobereichen das Installationskabel höchstens 90 m lang sein sollte. Als Stecker wird fast ausschließlich der RJ45 verwendet.

Die Etagenverteiler sind mit dem Gebäudeverteiler fast immer über Glasfaserkabel verbunden. Bei Längen bis 400 m werden meist Multimodefasern verwendet, darüber hinaus meist Singlemodefasern. Als Stecker hat sich der LC Duplex durchgesetzt, in älteren Netzen ist der SC Duplex und manchmal noch der ST-Stecker anzutreffen.

Falls an einem Standort mehrere Gebäude vorhanden sind, werden die verschiedenen Gebäudeverteiler mit dem Standortverteiler ebenfalls fast immer über Glasfaserkabel verbunden. Auch hier werden bei Längen bis 400 m meist Multimodefasern verwendet. In vielen Projekten werden auch bei Verkabelungen mit Multimodefasern zusätzlich Singlemodefasern verlegt. Bei Leitungslängen über 400 m werden fast ausschließlich Singlemodefasern eingesetzt. Als Stecker wird auch hier meist der LC Duplex verwendet, in älteren Netzen ist oftmals der SC Duplex oder der ST vorhanden.

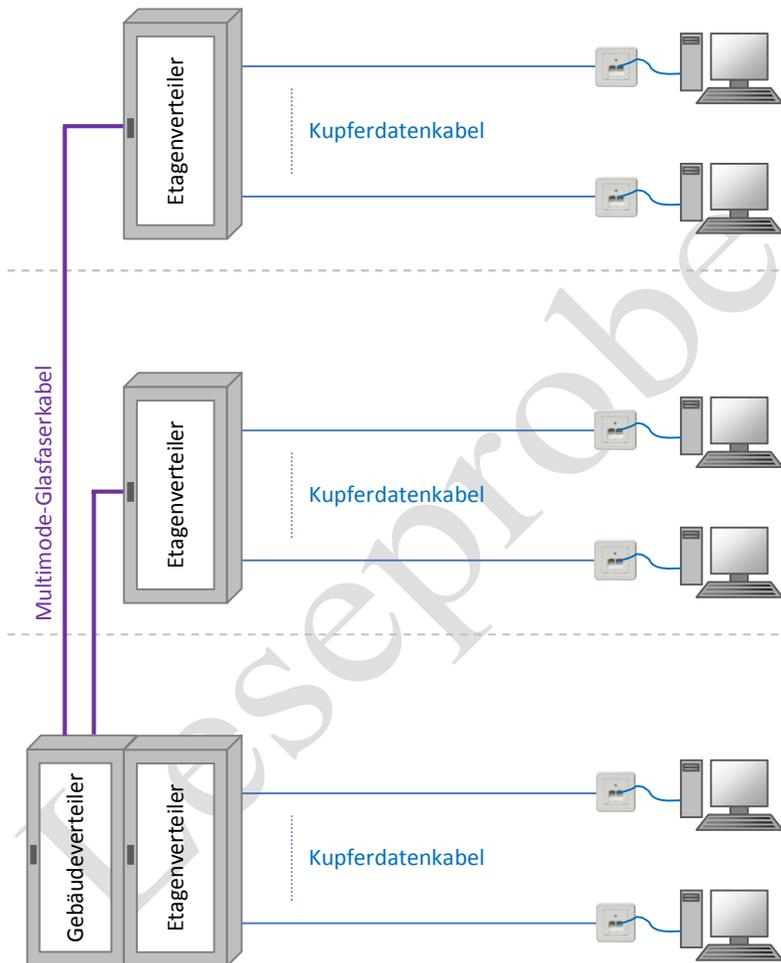


Bild 2.1: Beispiel für eine typische Struktur einer anwendungsneutralen Verkabelung, in der Praxis als „Strukturierte Verkabelung“ bezeichnet.
(Produktfotos: Telegärtner).

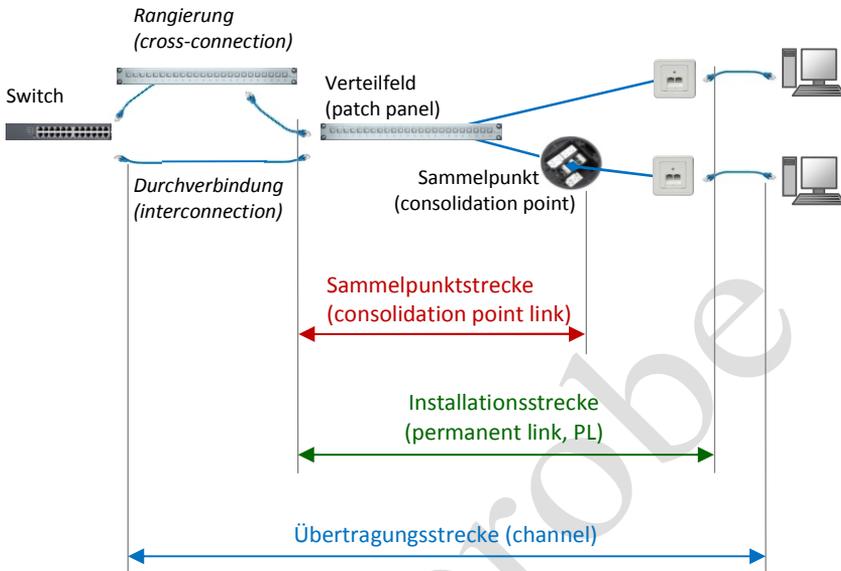


Bild 2.7: Beispiele für Sammelpunktstrecke, Installationsstrecke und Übertragungsstrecke. (Produktfotos: MICROSENS, Telegärtner).

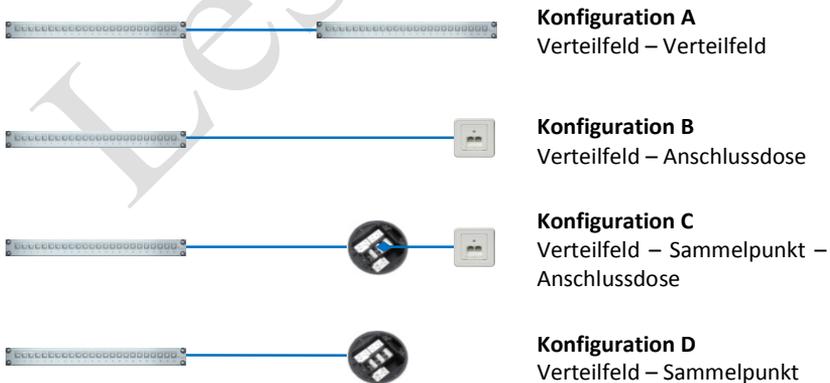


Bild 2.8: Beispiele für die Konfigurationen nach DIN EN 50173:2018-10. (Produktfotos: Telegärtner).

Die Steckverbindungen am Ende einer Übertragungsstrecke, also am Switch oder am Endgerät, werden nicht mitgezählt. Die Anzahl der Steckverbindungen beeinflusst die übertragungstechnischen Eigenschaften einer Installationsstrecke. Soll beispielsweise die Strecke zwischen Verteilfeld und Anschlussdose gemessen werden, ist am Messgerät die Prüfvorschrift für die entsprechende Konfiguration oder das entsprechende Verkabelungsmodell zu wählen: mit 2 Steckverbindern für eine Verkabelung ohne Sammelpunkt, mit 3 Steckverbindern mit Sammelpunkt. Viele Messgeräte bieten diese Auswahl jedoch nur bei Installationsstrecken der Klassen E_A und F_A.

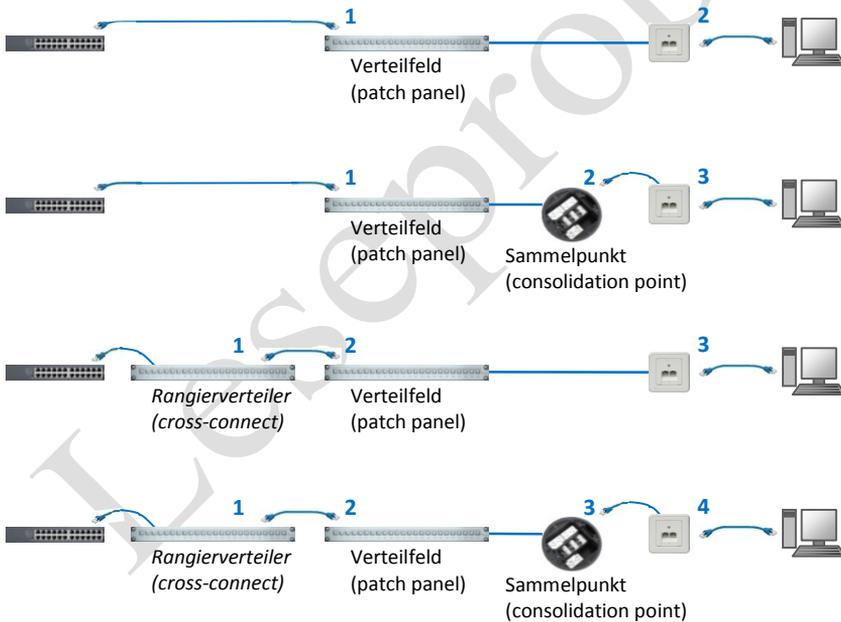


Bild 2.9: Beispiele für Übertragungsstrecken mit 2, 3 und 4 Steckverbindungen; die erste und die letzte Steckverbindung zählen nicht zur Übertragungsstrecke.
(Produktfotos: MICROSENS, Telegärtner).

3 Das Innovative: Fiber To The Office (FTTO)

3.1 Kurz das Wichtigste

FTTO steht für **Fiber To The Office**, auf Deutsch „Glasfaser bis zum Büro“. Bei diesem Verkabelungskonzept laufen Glasfaserkabel sternförmig von einem zentralen Verteiler zu den Arbeitsplätzen. Der Verteiler muss nicht unbedingt im selben Gebäude stehen. Die maximale Leitungslänge beträgt typischerweise 400 bis 550 m bei Multimodefasern und 10 km bei Singlemodefasern, was beide Male allerdings von der Datenrate, dem Fasertyp und den aktiven Netzwerkkomponenten abhängt. Auch längere Singlemode-Strecken sind möglich. Als Glasfaserstecker werden hauptsächlich SC Duplex, ST und LC Duplex verwendet.

FTTO-Netze benötigen keine Etagenverteiler wie die klassische strukturierte Verkabelung, allenfalls kleine Spleißverteiler, um Glasfaserkabel miteinander zu verbinden.

Am Arbeitsplatz werden so genannte Micro-Switches installiert. Diese kleinen Switches besitzen meist einen oder zwei Glasfaseranschlüsse auf der Netzwerkseite und üblicherweise vier RJ45-Anschlüsse für Endgeräte wie PCs, Drucker und was es sonst so gibt. Kupferleitungen werden fast nur als Geräteanschlusskabel oder für eine redundante Verbindung zweier Micro-Switches untereinander verwendet.

Die Struktur mit durchgehenden Glasfasern bis zum Anwender ist in DIN EN 50173-2:2018-10 „Informationstechnik – Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen – Teil 2: Bürobereiche“ als „**zusammengefasste Lichtwellenleiter-Übertragungsstrecke**“ enthalten.

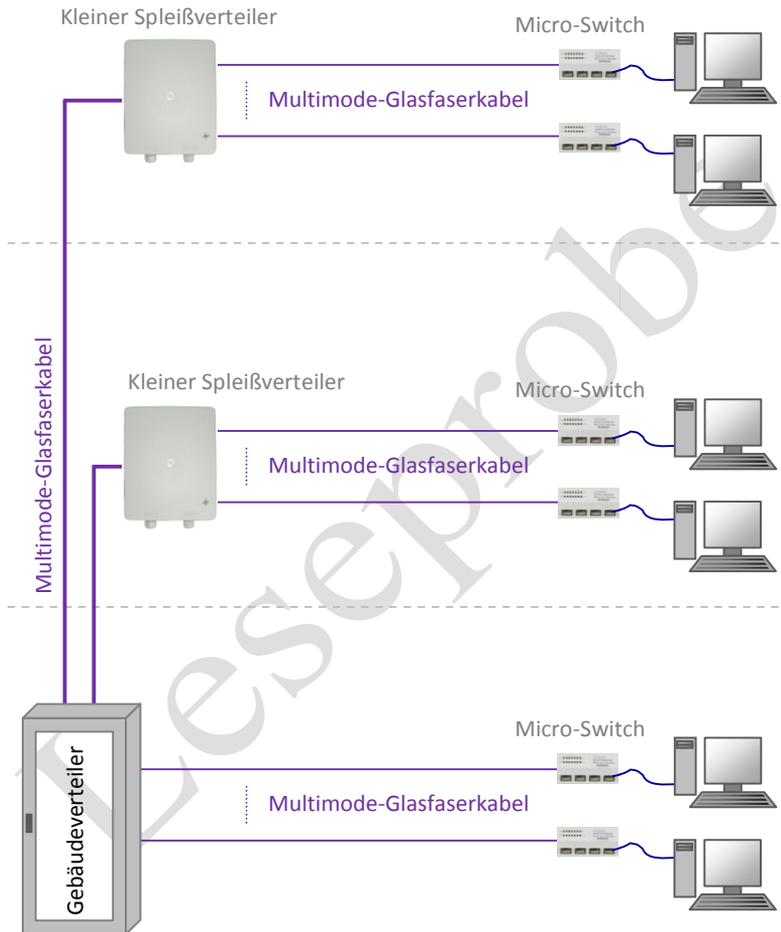


Bild 3.1: Beispiel für eine typische Struktur von FTTO-Netzen.
(Produktfotos: Telegärtner, MICROSENS).

3.4 Redundanzkonzepte

Mit FTTO lassen sich auf einfache Weise redundante Netze aufbauen, die durch ihre zusätzlichen Verbindungen eine erhöhte Ausfallsicherheit bieten.

Im einfachsten Fall werden benachbarte Micro-Switches von verschiedenen Core-Switches versorgt. Besitzen die Micro-Switches einen zusätzlichen Kupfer-Uplink, können jeweils zwei zusätzlich mit einem Kupfer-Patchkabel miteinander verbunden werden. Fällt die Glasfaserverbindung zu einem Micro-Switch aus, bleibt dieser über das Kupferkabel weiterhin im Netz. Die ringförmige Verkabelung, die im Regelbetrieb mit dem Kupfer-Patchkabel entsteht, muss durch entsprechende Netzwerk-Protokolle berücksichtigt werden, da im klassischen Ethernet keine Ringstruktur vorgesehen ist.

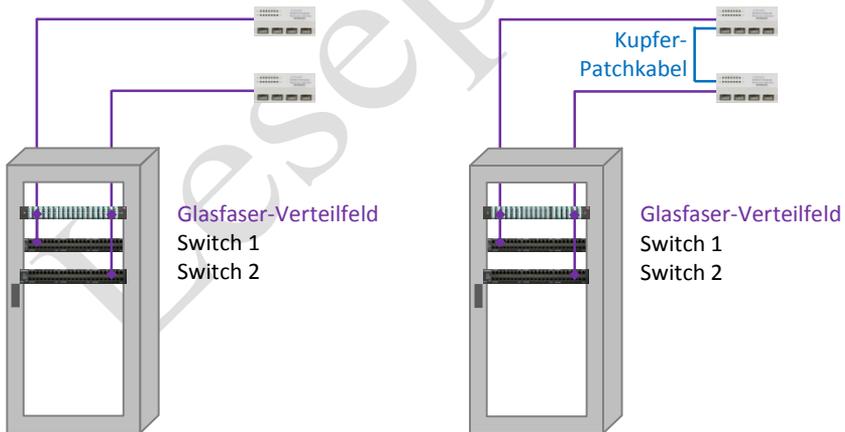


Bild 3.21: Beispiele für einfache Redundanzkonzepte: Benachbarte Micro-Switches sind mit verschiedenen Core-Switches verbunden (links); eine Querverbindung mit einem Kupfer-Patchkabel sorgt für erhöhte Ausfallsicherheit (rechts). (Produktfotos: MICROSENS, Telegärtner).

In vielen Projekten werden für mögliche künftige Erweiterungen vier statt zwei Glasfasern zu den Micro-Switches verlegt. Bei Micro-Switches mit zwei Glasfaser-Uplinks kann eine Glasfaser-Querverbindung zwischen zwei Micro-Switches dann recht einfach realisiert werden: Die Fasern, die zu den beiden zusätzlichen Uplink-Ports führen, werden im Gebäudeverteiler einfach mit einem Glasfaser-Patchkabel verbunden. Dadurch entsteht eine Ringstruktur wie oben mit dem Kupfer-Patchkabel beschrieben, und auch hier muss das Netzwerkprotokoll die ringförmige Verkabelung berücksichtigen, da sonst Übertragungsfehler im Netzwerk auftreten können.

Noch einen Schritt weiter geht das **Dual Homing**, bei dem Micro-Switches mit zwei Glasfaser-Uplinks mit zwei verschiedenen Core-Switches verbunden werden.

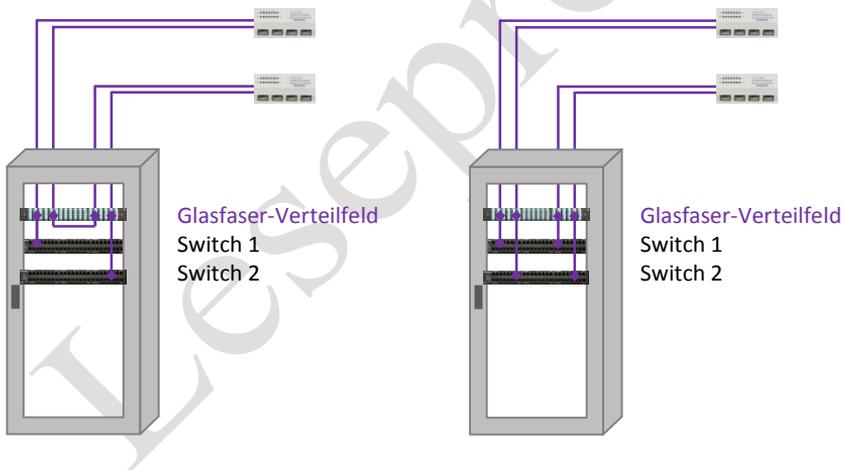


Bild 3.22: Beispiele für Redundanzkonzepte mit zwei Glasfaser-Uplinks:
Links: Querverbindung zwischen zwei Micro-Switches durch einfaches Patchen im Gebäudeverteiler.
Rechts: Dual Homing, bei dem der Micro-Switch mit zwei verschiedenen Core-Switches verbunden wird.
(Produktfotos: MICROSENS, Telegärtner).

Eine noch höhere Ausfallsicherheit kann erreicht werden, wenn die Kabel zu den Micro-Switches über verschiedene Wege (einschließlich verschiedener Steigeschächte) geführt werden (so genannte **Zweiwegeführung**).

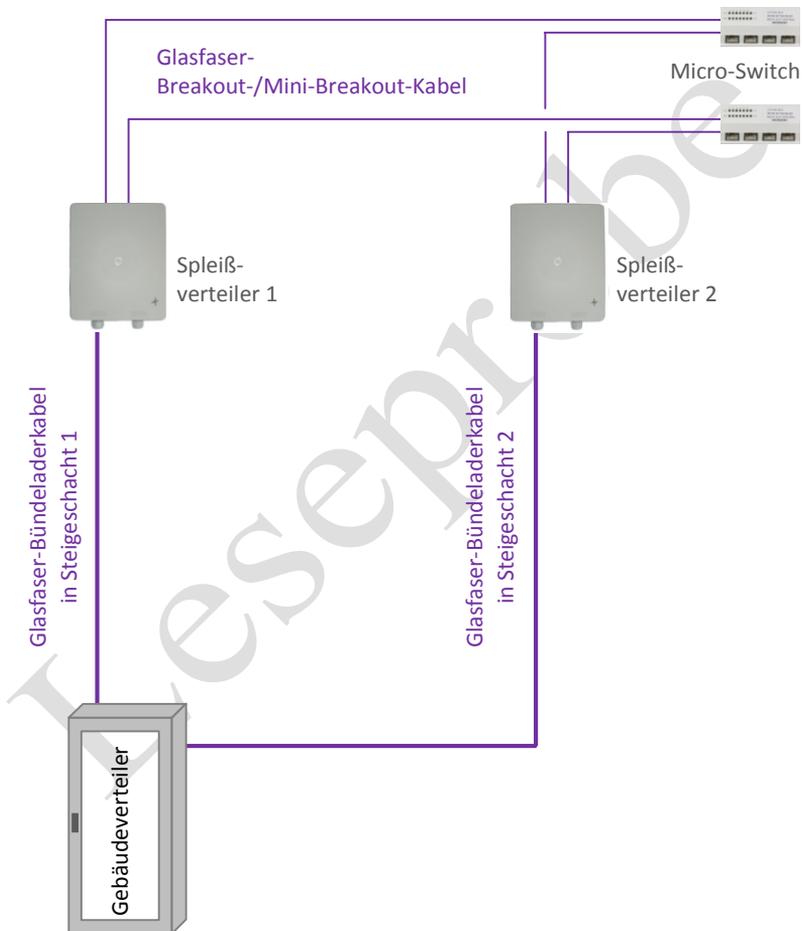


Bild 3.23: Beispiel für ein FTTO-Netz mit hoher Redundanz für erhöhte Ausfallsicherheit. (Produktfotos: MICROSENS, Telegärtner).

4 Der Newcomer: Passive Optical LAN (POL)

4.1 Kurz das Wichtigste

POL, seltener auch als **POLAN** bezeichnet, steht für **Passive Optical LAN**, auf Deutsch „Passives optisches lokales Netz“. POL verwendet pro Link eine einzelne Singlemode-Glasfaser, in der die Daten in beide Richtungen übertragen werden. Fasern, die vom Gebäudeverteiler in Richtung Anwender-Anschlüsse laufen, können über passive Splitter auf mehrere abgehende Fasern aufgeteilt werden. Die typische maximale Leitungslänge bei POL-Netzen wird oft mit 20 km angegeben, sie hängt jedoch stark von Art und Anzahl der eingebauten Komponenten ab, besonders der aktiven Netzwerkkomponenten und der Splitter. Die Verkabelung erfolgt baumförmig. Als Glasfaserstecker wird meist der SC in schräggeschliffener Version (SC/APC) verwendet.

POL-Netze benötigen keinen Etagenverteiler, sondern allenfalls kleine Wandgehäuse für Splitter, oder um Glasfaserkabel miteinander zu verbinden.

Am Arbeitsplatz werden so genannte Optical Network Terminals (ONTs) installiert. Sie besitzen einen oder mehrere Glasfaseranschlüsse auf der Netzwerkseite und mehrere RJ45-Anschlüsse für Endgeräte wie PCs, Drucker und Ähnliches.

In DIN EN 50173-2:2018-10 „Informationstechnik – Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen – Teil 2: Bürobereiche“ ist eine Verkabelungsstruktur mit Glasfasern bis zum Anwender enthalten; Splitter sind dabei nicht vorgesehen. In die amerikanische Verkabelungsnorm ANSI/TIA-568 wurden POL-Strukturen bereits aufgenommen.

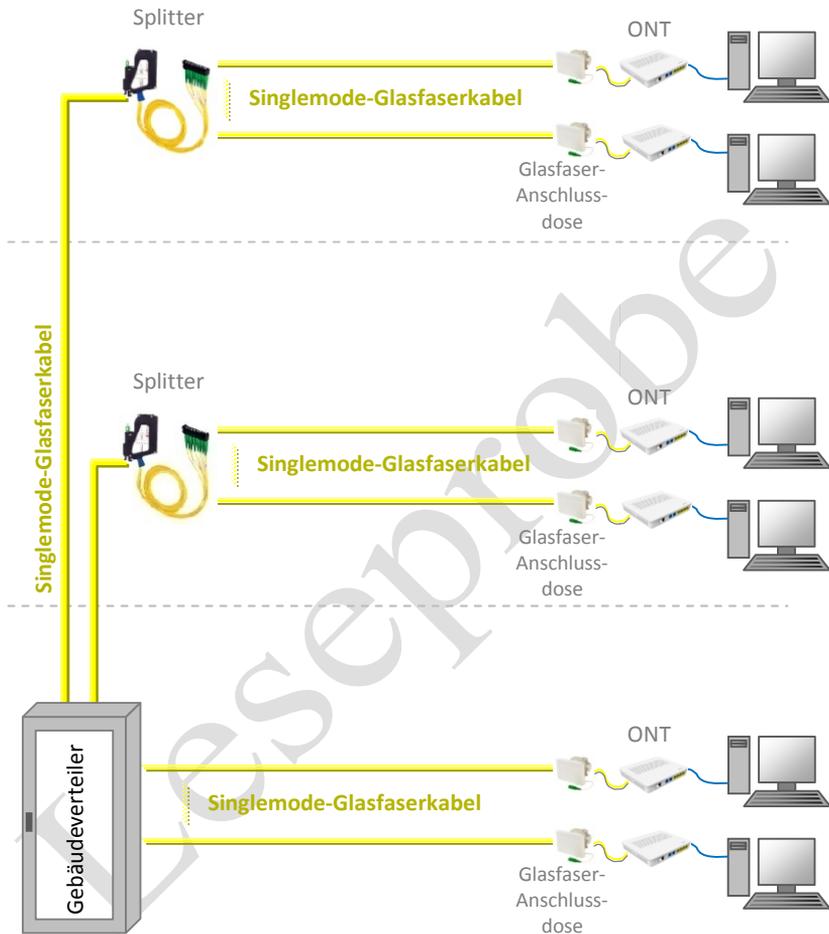


Bild 4.1: Beispiel für eine typische Struktur eines POL-Netzes.
(Produktfotos: © Copyright CommScope 2017, Huawei).

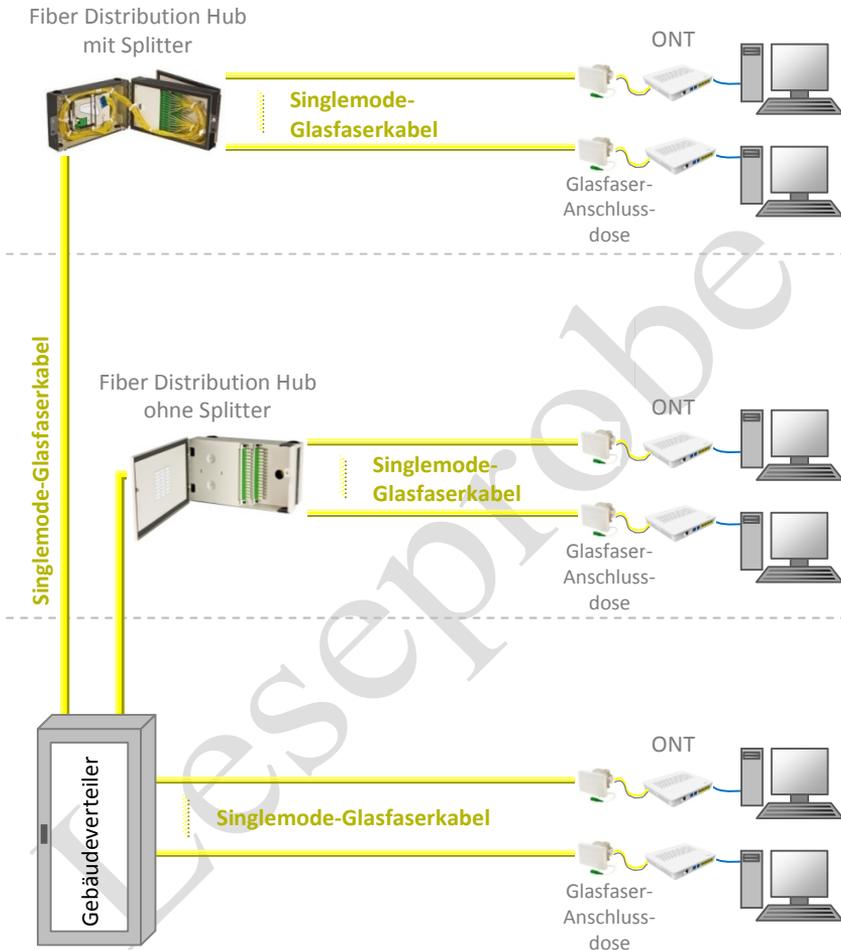


Bild 4.8: Beispiel für ein POL-Netz mit Zwischenverteilern (Fiber Distribution Hubs) auf den Etagen. Splitter können in den Fiber Distribution Hubs und/oder im Gebäudeverteiler installiert werden. (Produktfotos: © Copyright CommScope 2017, Huawei).

6.3 Direktanschluss (MPTL, Direct Attach, E2E)

Nicht immer ist es zweckmäßig, eine Anschlussdose in der Nähe des Endgeräts zu installieren. In Hotellobbys und anspruchsvoll gestalteten Empfangsbereichen sind Anschlussdosen und lose Patchkabel an WLAN Access Points oft ebenso unerwünscht wie in der Sicherheitstechnik, wo der Anschluss vor unbefugtem Zugriff geschützt werden soll. In der Praxis werden in solchen Fällen Endgeräte gerne mit feldkonfektionierbaren Steckern gleich an das Installationskabel angeschlossen. Feldkonfektionierbare Stecker gibt es mit geradem und mit gewinkeltm Kabelabgang. Bei IP-Kameras kann das Kabel oft in das Schutzgehäuse, das die Kamera umgibt, eingeführt werden. Im Verteiler endet das Installationskabel wie gewohnt in einem Verteilfeld.

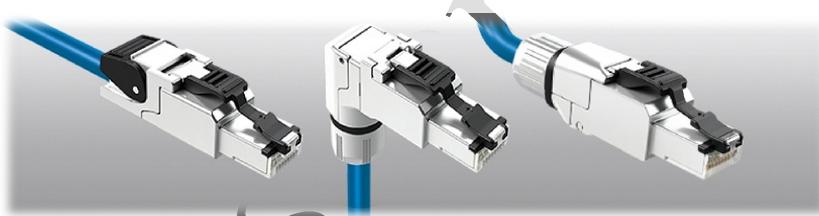


Bild 6.4: Wo Anschlussdosen und Patchkabel nicht zweckdienlich sind, können Endgeräte mit feldkonfektionierbaren Steckern an das Verlegekabel angeschlossen werden. (Produktfoto: Telegärtner).

DIN EN 50173-6:2018-10 sieht die Möglichkeit vor, Endgeräte ohne Anschlussdose direkt an die Verlegekabel anzuschließen, schreibt für diesen Fall jedoch einen Dienstkonzentrationspunkt (Sammelpunkt) in der Nähe der Endgeräte vor, um die Fehlersuche und Reparatur bei defekten Verbindungen zu vereinfachen. In der Praxis wird auf einen Dienstkonzentrationspunkt jedoch häufig verzichtet und das Installationskabel durchgehend bis zum Endgerät verlegt. Dies ist in ISO/IEC TR 11801-9910:2020 und ANSI/TIA-568.2-D so vorgesehen und wird dort als **MPTL** (engl. **modular plug terminated link**, zu Deutsch

„mit einem Stecker abgeschlossene Verbindung“) bezeichnet. Ein MPTL kann einen Sammelpunkt enthalten und entspricht dann der Verkabelung Typ B nach DIN EN 50173-6:2018-10, muss aber nicht.

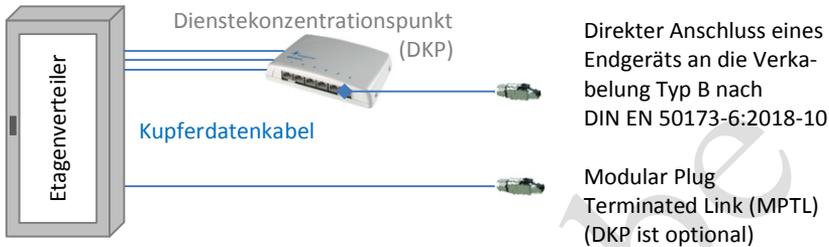


Bild 6.5: Beispiele für den Anschluss von Endgeräten an das Verlegekabel nach DIN EN 50173-6:2018-10 (Verkabelungstyp B) und Modular Plug Terminated Link (MPTL). Im Gegensatz zum Verkabelungstyp B ist der Dienstkonzentrationspunkt beim MPTL optional und wird in der Praxis oft weggelassen. (Produktfotos: Telegärtner).

Endgeräte mit einem Stecker direkt an das Installationskabel anzuschließen, wird oft als **Direct Connect** bezeichnet. Im Gegensatz dazu werden die Begriffe **Direct Attach** und **Direct Attach Cabling** meist für die direkte Verbindung aktiver Netzwerkkomponenten wie Switches, Server und Speichergeräte (Storage) gemäß ISO/IEC TR 11801-9907 untereinander verwendet. So genannte **Direct-Attach-Kabel** hingegen besitzen integrierte Elektronik-Module wie beispielsweise SFPs, die in die Einschubplätze in aktiven Komponenten gesteckt werden; dies wird auch als **Direct Attach Copper (DAC)** bezeichnet. Dann gibt es noch den **End-to-End Link (E2E Link)** nach ISO/IEC 11801-9902. Bei ihm werden zwei Geräte mit Steckern direkt an das Kabel angeschlossen wie bei Direct Connect/Direct Attach Cabling. Ein E2E-Link kann aus bis zu fünf Teilstrecken bestehen und ist typischerweise in industriellen Bereichen anzutreffen. Die hier vorgestellten Begriffe, besonders „Direct Attach ...“, werden in der Praxis oft nicht einheitlich verwendet. Es empfiehlt sich daher immer zu prüfen, was genau benötigt wird und wie die Verkabelung aussieht.

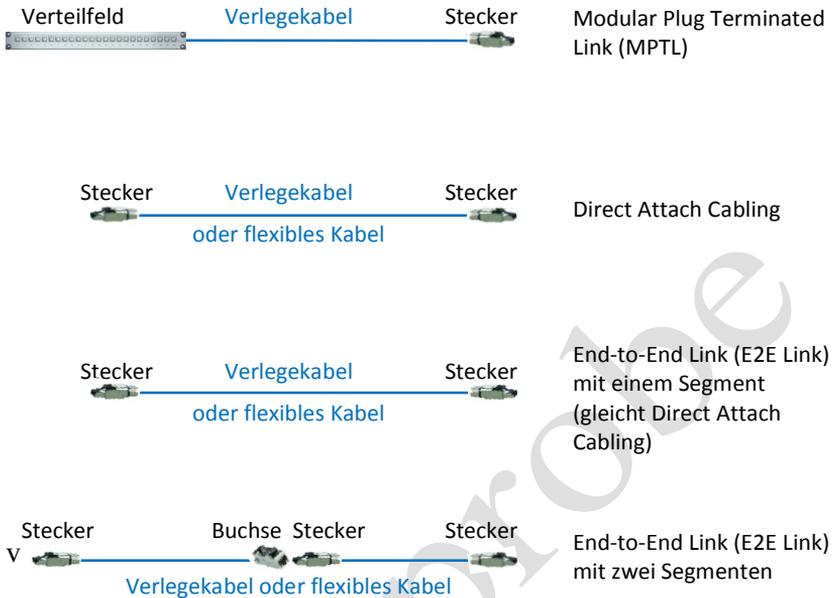


Bild 6.6: Beispiele für Modular Plug Terminated Link (MPTL), Direct Attach Cabling und End-to-End Link (E2E Link). Ein End-to-End Link kann bis zu fünf Segmente enthalten.
In der Praxis sind auch andere Ausführungen anzutreffen.
(Produktfotos: Telegärtner)

Zu den verschiedenen Verkabelungsvarianten veröffentlichte ISO/IEC jeweils technische Berichte (engl. technical report, kurz TR):

- ISO/IEC TR 11801-9910 befasst sich mit dem Modular Plug Terminated Link (MPTL).
- ISO/IEC TR 11801-9907 befasst sich mit Direct Attach Cabling.
- ISO/IEC TR 11801-9902 befasst sich mit End-to-End-Links (E2E-Links).

Biegeunempfindliche Glasfasern in dünnen Kabeln bieten überall dort Vorteile, wo wenig Platz vorhanden ist. Auch bei recht engen Kurven und Biegungen erhöht sich die Faserdämpfung nicht oder nur unwesentlich, solange der geringe Mindestbiegeradius der Faser nicht unterschritten wird. Nicht alle biegeunempfindlichen Fasern sind kompatibel zu den Standardfasern – ein Blick ins Datenblatt oder eine Bestätigung des Herstellers schafft Klarheit. Andere Bezeichnungen sind **biegeoptimierte Faser** und **Biegeradien-unempfindliche Faser**. Bei der Kabelverlegung ist in erster Linie der Mindest-Biegeradius des Kabels zu beachten. Dieser ist meist größer als der der Faser!

DIN EN IEC 60793-2-10:2020-04 enthält ausführliche Vorgaben für Multimodefasern der Kategorien OM1 bis OM5 in Standard- und biegeunempfindlicher Ausführung sowie ein zugehöriges Bezeichnungsschema.

Bezeichnung der Faserkategorie nach		
DIN EN 50173-1:2018-10	DIN EN IEC 60793-2-10:2020-04 (alte Bezeichnung nach IEC 60793-2-10:2017 in Klammer)	
	Standard-Ausführung	biegeunempfindliche Ausführung
OM1 (Kerndurchmesser 62,5 µm)	A1-OM1 (A1b)	keine (keine)
OM2 (Kerndurchmesser 50 µm)	A1-OM2a (A1a.1a)	A1-OM2b (A1a.1b)
OM3	A1-OM3a (A1a.2a)	A1-OM3b (A1a.2b)
OM4	A1-OM4a (A1a.3a)	A1-OM4b (A1a.3b)
OM5	A1-OM5a (A1a.4a)	A1-OM5b (A1a.4b)

Tabelle 7.7: Normbezeichnungen von Multimodefasern.

Biegeunempfindliche Singlemodefasern sind in **ITU-T G.657** spezifiziert. Fasern der **G.657.A**-Serie sind laut einem ITU-Merkblatt vollständig mit den Standard-Fasern **G.652.D**, die den OS2-Fasern entsprechen, verträglich („compliant“). Fasern der **G.657.B**-Serie sind es mit leichten Einschränkungen auch („compatible“). In der Praxis kann dies zu Problemen führen, muss aber nicht.

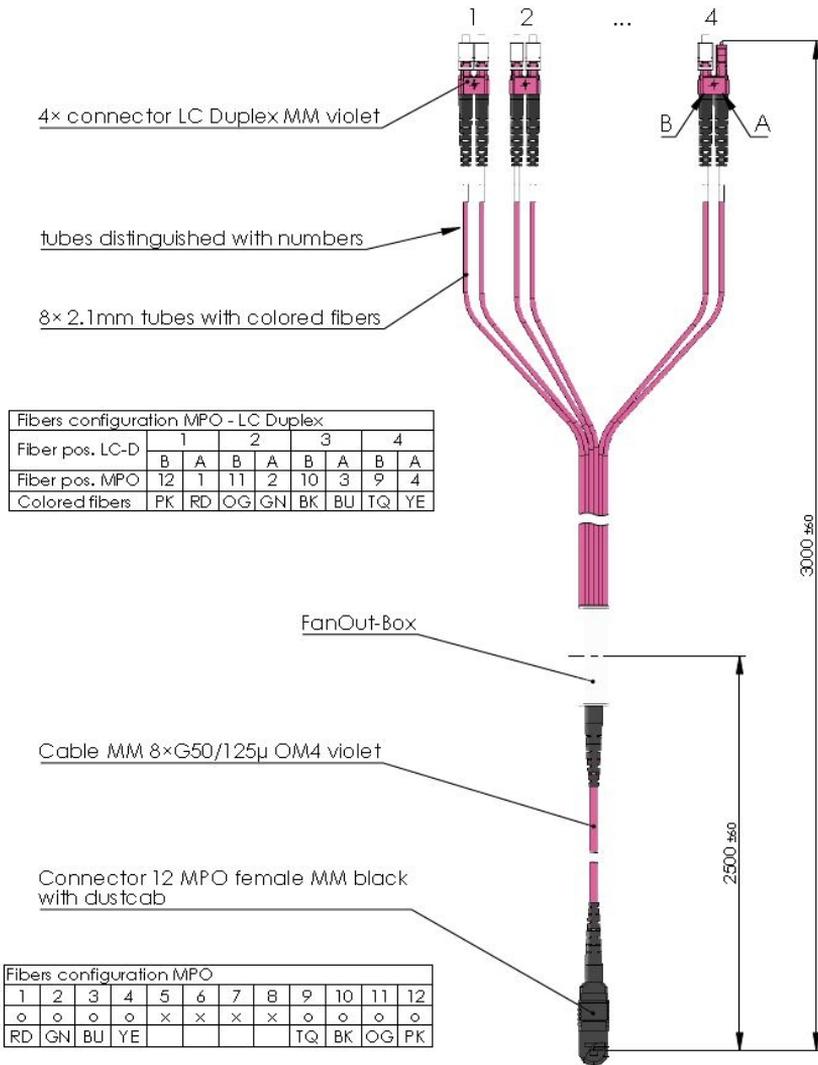


Bild 7.18: Beispiel für ein MPO-Harnesskabel mit nur acht Fasern. Manche Switchanschlüsse für 40 Gigabit Ethernet mit MPO lassen sich auf vier getrennte 10 Gigabit Ethernet-Kanäle aufteilen. Hierfür werden nur acht Fasern benötigt. (Zeichnung: Telegärtner).

Über den Autor



Dirk Traeger

Jahrgang 1966, studierte Nachrichtentechnik an der Fachhochschule für Technik in Esslingen.

Praxiserfahrung sammelte er als Planer und Fachbauleiter/Projektleiter in zahlreichen Verkabelungsprojekten und bei Herstellern von Verkabelungskomponenten im In- und Ausland. Zu seinen beruflichen Aufgaben gehören die technische Beratung und praxisorientierte Schulungen für Installateure, Planer und Anwender weltweit sowie Vorträge auf Fachkongressen und Seminaren.

Er ist Autor zahlreicher Fachbücher, White Paper und Fachartikel zu wichtigen und aktuellen Themen der Daten-/Netzwerktechnik. Sein erstes Fachbuch schrieb er bereits als Student zusammen mit zwei Studienkollegen.

Neben Fachbüchern schreibt Dirk Traeger auch spannende Kinderbücher. Für *Silva Norica – Verschwörung im Moor* erhielt er den begehrten Literaturpreis LesePeter der Gewerkschaft Erziehung und Wissenschaft (GEW), die das Buch als „herausragendes aktuelles Werk der Kinder- und Jugendliteratur“ auszeichnete (Näheres zu Dirk Traegers Kinderbüchern unter www.katiki.de).

Stichwortverzeichnis

Um die praktische Arbeit zu erleichtern, wurde das Stichwortverzeichnis auch gleichzeitig als Verzeichnis der Abkürzungen gestaltet. Wo es eine Abkürzung für einen Begriff gibt, ist diese in Klammer hinter dem Begriff angegeben und umgekehrt.

f. = „folgende“, das Stichwort taucht auf der angegebenen Seite und der unmittelbar darauf folgenden auf (3 f. = Seite 3 und 4)

ff. = „fort folgende“, das Stichwort taucht auf der angegebenen Seite und mehreren darauf folgenden auf (5 ff. = ab Seite 5 auf mehreren Seiten)

Wenn Begriffe auf verschiedenen Seiten erwähnt werden, weisen **fett gedruckte Seitenzahlen** auf eine ausführliche Erklärung hin.

2.5 Gigabit Ethernet	152	40GBASE-LR4	163
2.5GBASE-T	152	40GBASE-SR4	162
4PPoE (Four-Pair Power over Ethernet)	72, 140 f.	40 Gigabit Ethernet	153
5 Gigabit Ethernet	152	40GBASE-T	152 f.
5GBASE-T	152	90 Grad (Knickschutztülle)	29 f.
8P8C modular connector	157	100BASE-FX	162
10 Zoll	26	100BASE-ER4	163
10BASE-FL	162	100BASE-LR4	163
10GBASE-ER	163	100BASE-SR4	162
10GBASE-LR	163	100BASE-SR10	162
10GBASE-LX4	162 f.	180 Grad (Knickschutztülle)	29 f.
10GBASE-SR	162	270 Grad (Knickschutztülle)	29 f.
10GBASE-T	152	1000BASE-LX	162 f.
19"	25	1000BASE-SX	162
19 Zoll	25	1000BASE-T	152
25 Gigabit Ethernet	153 f.		
25GBASE-T	153 f.		

- A-A-Patchkabel 178
- A1-OM1 164
- A1-OM2a 164
- A1-OM2b 164
- A1-OM3a 164
- A1-OM3b 164
- A1-OM4a 164
- A1-OM4b 164
- A1-OM5a 164
- A1-OM5b 164
- A1-OM 164
- A1a.1a 164
- A1a.1b 164
- A1a.2a 164
- A1a.2b 164
- A1a.3a 164
- A1a.3b 164
- A1a.4a 164
- A1a.4b 164
- A1b 164
- Abreißfunken 48, **142 f.**
- Access-Switch 192 ff.
- Adapterkabel **38, 67 f.**, 108
- Aderfarben (Kupfer) 156
- Aggregation-Switch 39 f., 73, **195 f.**
- AIM (Automatisiertes Infrastrukturmanagement) 144 ff.
- angled physical contact (APC) 172
- Anschlussdose
 - designfähig 27, 150
 - Glasfaser 106 f.
 - Kupfer 26 ff.
 - leiterplattenbasierend 26
 - modular 26
- anschlussfertige Kabel 62, 67, 98 f.
- Anschlusskabel 28
- Anschneidetechnik 54
- ANSI/TIA-568 46, 78, 117
- ANSI/TIA-568-D 156
- APC (angled physical contact) 172
- Apps 72, **79 f.**, 146 f.
- aspherical physical contact 172
- asymmetrical physical contact 172
- Aufteilkabel 180 f.
- Außen-/Innenkabel 34, 60, **168**
- Außenkabel 34 f., 168 f.
- Automatisiertes Infrastrukturmanagement (AIM) 144 ff.
- Bezeichnungen für Kupferkabel 155 f.
- Biegeoptimierte Glasfaser 164 f.
- Biegeradien-unempfindliche Glasfaser 164 f.
- Biegeunempfindliche Glasfaser 97 f., **164 f.**
- bottleneck 81
- Breakoutkabel 33 ff., 60 ff., 97, **167 ff.**
 - Mini-Breakout 33 ff., 60 ff., 97, **167 ff.**
- Bündeladerfarben 170
- Bündeladerkabel 33 ff., 60 ff., 97, **167 ff.**
 - verseilte Bündelader 33 f., **167 f.**
- Zentralbündelader 33 f., **167 f.**

- Cable Sharing 159
 campus network 8
 Cascaded Split Architecture 86
 Cascaded Splitting 86
 Centralized Split Architecture 86 ff.
 Centralized Splitting 86
 channel (CH) 15 f.
 consecutive-fiber positioning 175
 consolidation point 14 ff.
 consolidation point cable 31
 consolidation point cable assembly 31
 consolidation point link (CP link) 15 f.
 Core-Switch 39 f., 69, 73 f., **191 ff.**
 CP link (consolidation point link) 15 f.
 cross-connection **11 f.**, 16 f., 57, 91
 DAC (Direct Attach Copper) 137
 Datendose (Kupfer) 26
 designfähige Dose 27, 150
 Dienstkonzentrationspunkt (DKP) 18, **134 f.**
 Digital Building 148
 DIN EN 50173 2, 45, 78, 117
 DIN EN 50174 45, 78, 117, 159, 169 f.
 DIN EN 50310 45
 DIN EN 50346 45, 78, 117
 DIN EN 60708 156
 DIN EN IEC 60793-2-10 164
 DIN EN IEC 61753-1 173 f.
 DIN VDE V 0888-100-1-1 168 ff.
 DIN VDE V 0888-173-100 165 f.
 Direct Attach 137
 Direct Attach Cabling 137 ff.
 Direct Attach Copper (DAC) 137
 Direct-Attach-Kabel 137, 139
 Direct Connect 137
 Distributed Split Architecture 86, **90**
 Distributed Splitting 86
 Distribution Switch 73, **195**
 DKP (Dienstkonzentrationspunkt) 134 f.
 Downlink 39, 69
 Downstream 121
 dreistufiges Switchkonzept 39 f., 196
 Dual Homing 76, 114
 Durchverbindung **11 f.**, 16, 57, 91
 Durchverbindungsschnur 28
 E2E Link (End-to-End Link) 137
 Edge-Switch 39 f., 129, 192 f.
 Einmodenfaser 161
 Einzelader 97
 Einzelfaserstecker 167
 End-to-End Link (E2E Link) 137 ff.
 Erdung 49
 Erwärmung Datenleitung 48, 141
 Etagenverkabelung 11

- F/FTP 23, **155 f.**
- F/UTP 155
- Fanout-Kabel 180
- Fanout-Modul 62 f., 67, **180 f.**
- Farbcode (Bündeladern) 170
- Farbcode (Glasfaserkabel) 171
- Farbcode (Glasfasern) 170
- Farbcode (Glasfaser-Steckverbinder) 173
- Farbcode (Kupfer) 156, 158
- Farbe (Glasfaser-Steckverbinder) 173
- Faserfarbcode 170
- female (MPO) 179
- Fernspeisung 140 ff.
- Fiber Distribution Hub 91 ff., 97, 100, **102 f.**
- Fiber Distribution Terminal 92, 94, 96, **104**
- Fiber In The Building (FITB) 150
- Fiber In The Home (FITH) 149
- FITB (Fiber In The Building) 150
- FITH (Fiber In The Home) 149
- Fiber To The Building (FTTB) 84, 149
- Fiber To The Desk (FTTD) 32, **57 f.**
- Fiber To The Desktop 57
- Fiber To The Home (FTTH) 84, 149
- Fiber To The Office (FTTO) **50 ff.**, 125, 127 ff.
- Fiber Zone Box 102
- Four-Pair Power over Ethernet (4PPoE) 72, 140 f.
- FTTB (Fiber To The Building) 84, 149
- FTTD (Fiber To The Desk) 32, 57 f.
- FTTH (Fiber To The Home) 84, 149
- FTTO (Fiber To The Office) **50 ff.**, 125, 127 ff.
- Führungsstift 179
- G.652.D 164
- G.657 164
- G.657.A 164
- G.657.A1 165
- G.657.A2 165
- G.657.B 165
- G.657.B1 165
- G.657.B2 165
- geschirmte Verkabelungskomponenten 20 f.
- Geradauslassdose (Kupfer) 27
- Geradschliffstecker 172
- Geräteanschlussdose (Kupfer) 26
- Geräteanschlussschnur 28
- Geräteverbindungsschnur 28
- GG45 24
- Glasfaser-Anschlussdose 106 f.
- Glasfaser-Installationskabel 33 ff., 60 ff. 97 ff.
- Glasfaser-Verteilfeld 36 ff., 64 ff., 105 f.
- Glasfaserkabel 164 ff.
- Glasfaserstecker 36, 63 f., 99 f., **171 ff.**

- Grades 173
 Güteklassen von Glasfaser-
 steckern 173 f.
 Harness-Kabel 180, 190
 HE (Höheneinheit) 186
 hierarchische Sternstruktur 9
 Höheneinheit (HE) 186
 horizontal cabling 8
 Horizontalverkabelung 11
 identische Paarpositionierung
 178
 IEC 60304 169
 IEC 61753-1 173 f.
 IEEE Standard for Ethernet
 802.3 46, 78, 118
 IEEE 802.3af 141
 IEEE 802.3at 141
 IEEE 802.3bt 140 f.
 IEEE 802.3bz 153
 IEEE 802.3ca „Next Genera-
 tion EPON“ 118
 informationstechnischer An-
 schluss 26
 Innen-/Außenkabel 34, 60,
168
 Innenkabel 34 f., 60, 97,
168 f., 171
 Installationskabel (Glasfaser)
 33 ff., 60 ff., 97 ff.
 Installationskabel (Kupfer)
 6, 11, 15, **22 f.**
 Installationsstrecke **15 ff.**, 22,
 26
 Installations-Switch 70, 196
 interconnection **11 f.**, 16, 57,
 91
 ISO/IEC 11801 2, 46, 78, 117
 ISO/IEC TR 11801-9902
 137, 139
 ISO/IEC TR 11801-9905
 153 f.
 ISO/IEC TR 11801-9907
 137, 139
 ISO/IEC TR 11801-9909 151
 ISO/IEC TR 11801-9910 139
 ITU-T G.652.D 164
 ITU-T G.657 164
 ITU-T G.657.A 164
 ITU-T G.657.B 164
 ITU-T G.671 118
 ITU-T G.984 118
 ITU-T G.987 118
 ITU-T G.989 118
 Kabel 151
 Kabelkurzzeichen (Glasfaser-
 kabel) 168 f.
 kaskadierte Splitter 86
 Kategorie (Glasfaser) 161 ff.
 Kategorie (Kupfer) 152
 key 175, 179
 key down to key down 181
 key up to key down 181
 key up to key up 181
 Klasse 152
 Knickschutztülle
 90 Grad 29 f.
 180 Grad 29 f.
 270 Grad 29 f.
 Kodierung 175, 179
 Kompaktader 62, **167**
 Konfiguration A 15 f.
 Konfiguration B 15 f.
 Konfiguration C 15 f.

- Konfiguration D 15 f.
- Kontaktüberbiegeschutz 47, 160
- Kosten der Verkabelung 4 f.
- Kupferdatenleitungen 22 f., **155 f.**
 - F/FTP 23, **155 f.**
 - F/UTP 152 f.
 - S/FTP 23, **155 f.**
 - SF/UTP 23, **155 f.**
 - U/UTP 23, **155 f.**
- Kürzel (Kupferkabel) 155

- LC Duplex 36, 63 f., 99 f., **171 f.**
- LC-Stecker 36, 63, **171**
- Lebensdauer (Verkabelung) 4 f.
- leiterplattenbasierend 25 f.
 - Dose 26
 - Verteilfeld) 25
- Leitung 151
- Leitungslänge (Glasfaser) 162 f.
- Leitungslänge (Kupfer) 11

- male (MPO) 179
- Mantelfarben (Glasfaserkabel) 171
- Methode A 181 ff., 186 f.
- Methode B 179, 181 f., 184, 186, 188
- Methode C 181 f., 185 f., 189
- Micro-Switch 69, **70 ff.**, 194
 - managebar 72
 - nicht-managebar 72
- Mini-Breakoutkabel 33 ff., 60 ff., 97, **167 ff.**
- Mini-Patchkabel (Kupfer) 30 f.
- Minizip 97, **167**
- modular plug terminated link (MPTL) 18, **136 ff.**
- modulare Anschlussdose 26
- modularer Switch 73, **191**
- modulares Verteilfeld (Glasfaser) 65 ff.
- modulares Verteilfeld (Kupfer) 25
- Monomodefaser 161
- MPO (multifiber push-on) 179 ff.
- MPO-Kassette 67, 180
- MPO-Stecker 64, **179 ff.**
- MPO/MTP[®]-Stecker 179
- MPTL (modular plug terminated link) 18, **136 ff.**
- MTP[®] 179
- multifiber push-on (MPO) 179
- multipath push-on 179
- multiple-fibre push-on 179
- Multimodefaser 161
- Multiport-ONT 111

- OF-100 165
- OF-200 165
- OF-300 165
- OF-500 165
- OF-2000 165
- OF-5000 165
- OF-10000 165
- OLT (Optical Line Terminal) 84, **109**, 112 f.
- OM1 161
- OM2 161

- OM3 161 ff.
OM4 161 ff.
OM5 161 ff.
OMA-3 166
OMA-4 166
OMA-5 166
OME-3 166
OME-4 166
OME-5 166
ONT (Optical Network Terminal) 84, **110 ff.**
 Multiport-ONT 111
 SPF-ONT 111
 steckbar 111
ONU (Optical Network Unit) 110
Optical Line Terminal (OLT) 84, **109**, 112 f.
Optical Network Terminal (ONT) 84, **110 ff.**
Optical Network Unit (ONU) 110
Option A 159
Option B 159
OS1 161, **163**
OS1a 163
OS2 163 f.
OSA-1a 166
OSA-2 166
OSE-1a 166
OSE-2 166
Outlet 26

Paarpositionierung
 identisch 178
 symmetrisch 175 f.
 umgedreht 177

Passive Optical LAN (POL) **82 ff.**, 125 ff.
Passive Optical Network (PON) 84
Patchcord 28
Patchfeld (Kupfer) 24
Patchkabel (Glasfaser) 38, 67 f., 107 f., 167
Patchkabel (Kupfer) 28 ff.
Patch Panel 24
Patchpanel 24
PC (physical contact) 172
physical contact (PC) 172
Pigtail 33, 37, 62
PiMF (Paare in Metall-Folie) 155
Pin (Führungsstift) 179
Pin-/Farbzuordnung (RJ45) 158 f.
Pin-/Paarzuordnung (RJ45) 157 ff.
Pinbelegung (RJ45) 157 ff.
 pinned 179
permanent link (PL) 15 f.
PL (permanent link) 15 f.
PoE (Power over Ethernet) 72, **140 f.**
PoE+ (Power over Ethernet Plus) 140 f.
PoE++ 140
point to multipoint 112
POL (Passive Optical LAN) **82 ff.**, 125 ff.
POLAN 82
PON (Passive Optical Network) 84
Potenzialausgleich 49

- Power over Ethernet (PoE) 72, **140 ff.**
- Power over Ethernet Plus (PoE+) 140 f.
- Power via Media Dependent Interface 140
- Primärverkabelung 8, **10**
- Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindung 112

- Querverbindung, 1, 13, 75 f.

- Rangierfeld 24
- Rangierkabel 28, **38, 67**, 108
- Rangierschnur 28
- Rangierung **11 f.**, 16, 57, 91
- Rangierverteiler 24
- Redundanzkonzept
 - FTTO 75 ff.
 - POL 114 ff.
 - strukturierte Verk. 41 ff.
- Registered Jack (RJ) 157
- Remote Powering 47 ff., **140**
- reverse-pair postitioning 175
- reverse-pair method 175
- riser 8
- RJ (Registered Jack) 157
- RJ11 47, 159 f.
- RJ12 47, 159 f.
- RJ45 24, 47, **157 ff.**
 - Pin-/Farbzuordnung 158 ff.
 - Pin-/Paarzuordnung 157 ff.
 - Pinbelegung 157 ff.
 - T568A 158 f.
 - T568B 158 f.
- RJ-45 157

- S/FTP 23, **155 f.**

- Sammelpunkt 14 ff.
- Sammelpunkt-kabel 14, **31**
- Sammelpunktstrecke 15 f.
- SC Duplex 36, 63 f., **172**
- SC-Stecker 36, 63, 99 f., **171 f.**
- SC/APC-Stecker 99 f.
- SC UPC-Stecker 99 f.
- Schliffwinkel 172 f.
- Schnur 28
- Schrägauslassdose (Kupfer) 27
- Schrägschliffstecker 172
- Sekundärverkabelung 8, **10**
- semi-tight buffer 62, **167**
- service concentration point 134
- SF/UTP 23, **155 f.**
- SFP (small form-factor pluggable) **71**, 73, 111, 137
- SPF-ONT 111
- Singlemodefaser 161
- Single Point of Administration (SPA) 53
- small form-factor pluggable (SFP) 71
- Smart Building 148
- Smart Home 148
- Smart Lighting 148 f.
- Smart Office 80, 148 f.
- softwarebasierende Netze 148
- SPA (Single Point of Administration) 53
- Spleißverteiler 66
- split ratio 100
- Splitter 84 ff., 100 ff.
 - kaskadierte 86
- ST-Stecker 36, 63f., **171 f.**
- Stackable Switch 73, 191
- steckbares ONT 111

- Sternstruktur, hierarchische
9
- stockwerkübergreifende Verkabelung 10
- Strukturierte Verkabelung
6 ff., 124, 127 ff.
- Switch 39 f., 69 ff., **191 ff.**
Access-Switch 192
Aggregation-Switch 39 f.,
73, 129, **195 f.**
Core-Switch 39 f., 73, 129,
191 ff.
Distribution Switch 73, **195**
Edge-Switch 39 f., 129,
192 ff.
Installations-Switch 70, 196
Micro-Switch **70 ff.**, 185
modular 73, **191**
Stackable Switch 73 f., 191
- symmetrical position method
175
- symmetrische Positionierung
175 f.
- T568A 158 f.
T568B 158 f.
- TDMA (time domain multiple
access) 113
- Teilungsverhältnis (Splitter)
100
- TERA 24
- Tertiärverkabelung 8, **11 ff.**
- TIA/EIA-568 158
TIA/EIA-568-A 158
TIA/EIA-568-B 158
- tight buffer 62, **167**
- time domain multiple access
(TDMA) 113
- Trunkkabel 180
Typ A (Verkabelung) 134 f.
Typ B (Verkabelung) 134 f.
Typenkurzzeichen 168 f.
- U/FTP 155
U/UTP 23, **155 f.**
- Übertragungsstrecke 15 ff.
Übertragungsstreckenklasse
bei Glasfasern 161, **165 f.**
bei Kupferleitungen 152
ultra physical contact 173
ultra polished contact (UPC)
173
umgedrehte Paarpositionierung
175, 177
ungeschirmte Verkabelungs-
komponenten 20 f.
- Universalkabel 34 f., 60 f., 97,
168
unpinned 179
- UPC (ultra polished contact)
173
- Uplink 39, 69
Upstream 121
- Verkabelung für
verteilte Gebäudedienste
134 f.
WLAN 131 ff.
- Verkabelungsstrecke 15
- Verkabelungsstruktur
FTTO 52
POL 84
strukturierte Verk. 8
Typ A 134 f.
Typ B 134 f.

- verteilte Gebäudedienste 18, 134 f.
- Verkabelungssystem 3, 22
- Verlegekabel (Kupfer) 22
- verseilte Bündelader 33 f., 62, **167 f.**
- Verteilerfeld 24
- Verteilfeld (Glasfaser) 36 ff., 64 ff., 105 f.
- Verteilfeld (Kupfer) 24 ff.
- Verteilfeld, modulares 25, 67
- verteilte Gebäudedienste 18, 134 f.
- Vollader 62, **167 f.**
- vorkonfektionierte Kabel 62 f., 67, 98 f.
- Wireless LAN (Verkabelung) 131 ff.
- Workgroup-ONU 111
- Zählelement 170
- Zählrichtungsanzeiger 170
- Zeitmultiplex-Verfahren 113
- Zentralbündelader 33 f., 62, **167 f.**
- Zipcord 97, **167 f.**
- Zone Splitting 86, 89
- zusammengefasste Lichtwellenleiter-Übertragungsstrecke 50, 53
- Zweiwegeführung 41, 77, 116