

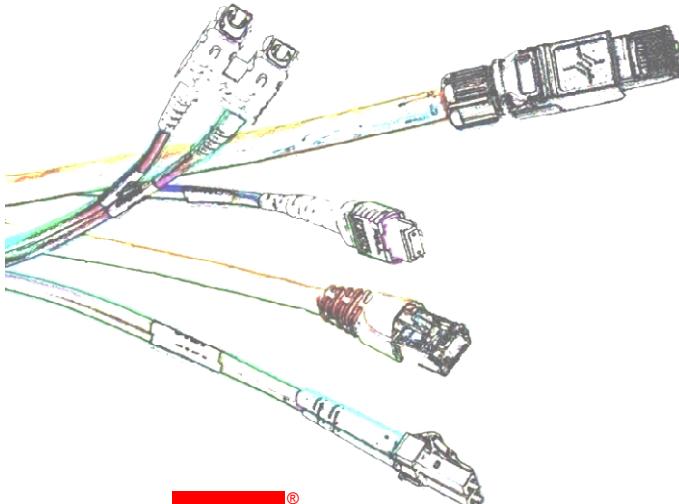
Dirk Traeger

Leistungsfähige IT-Infrastrukturen

Strukturierte Verkabelung – FTTO – POL

4., aktualisierte und erweiterte Auflage

Mit 126 Abbildungen



KaTiKi[®]
PRO

Praxisbücher für Profis
Daten/Netzwerktechnik

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 dürfen.

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, 2024

© KaTiKi Verlag, Amselweg 31, 71116 Gärtringen, 2024

Umschlagfoto: © Dirk Traeger

Alle Rechte vorbehalten.

Druck: WIRmachenDRUCK GmbH, Backnang

4. Auflage, ISBN 978-3-939877-25-7

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 Facherrichtern, Planern und Anwendern einen Überblick über aktuelle Verkabelungs-Infrastrukturen geben und deren jeweilige Besonderheiten gegenüberstellen.

Gärtringen, im Sommer 2024

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 Alternative Verkabelungskonfigurationen (MPTL, Direktanschluss, EzE/E2E)..... | 136 |
| 6.4 Fernspeisung (Remote Powering) | 140 |
| 6.5 Automatisiertes Infrastrukturmanagement (AIM)..... | 144 |
| 6.6 Trends..... | 148 |
| 7 Anhang – Technische Informationen..... | 152 |
| 7.1 Kupfertechnik | 152 |
| 7.1.1 Übertragungsklassen, Kategorien, Leitungslängen | 153 |
| 7.1.2 Kabeltypen | 156 |
| 7.1.3 Stecker und Pinbelegungen | 159 |
| 7.2 Glasfasertechnik | 162 |
| 7.2.1 Fasertypen, Übertragungsklassen, Leitungslängen | 162 |
| 7.2.2 Kabeltypen | 168 |
| 7.2.3 Stecker und Paarpositionierungen..... | 172 |
| 7.2.4 Vorkonfektionierte Verkabelung mit MPO-Stecker | 180 |
| 7.3 Netzwerk-Switches..... | 188 |
| 7.4 Berechnungen zum Beispiel aus dem Vorwort | 194 |
| Literaturhinweise | 195 |
| Dank | 196 |
| Über den Autor | 197 |
| Stichwortverzeichnis | 198 |

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 Datenetzwerktechnik 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 Datennetz 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 (Prinzippschaubild).

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.

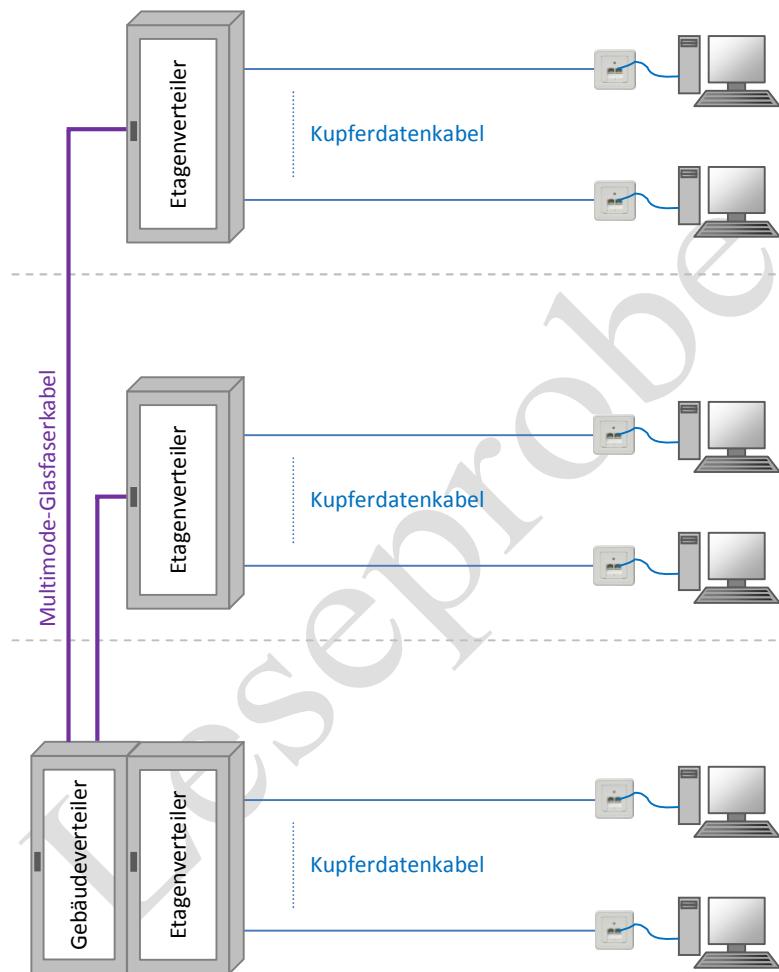


Bild 2.1: Beispiel für eine typische Struktur einer anwendungsneutralen Verkabelung, in der Praxis als „Strukturierte Verkabelung“ bezeichnet.
(Produktfotos: Telegärtner).

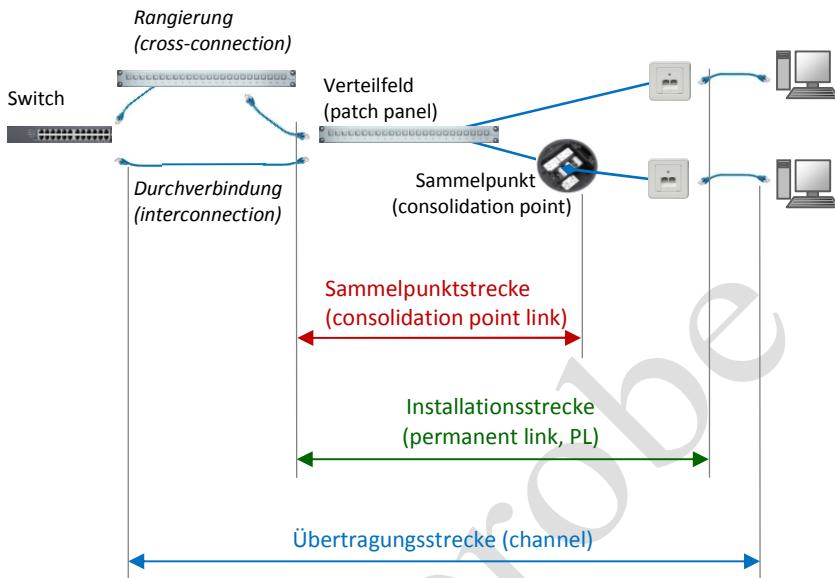


Bild 2.7: Beispiele für Sammelpunktstrecke, Installationsstrecke und Übertragungsstrecke.
(Produktfotos: MICROSENS, Telegärtner).

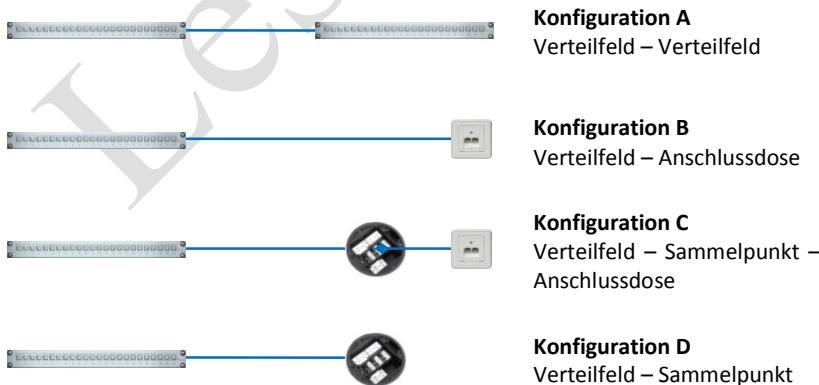


Bild 2.8: Beispiele für die Konfigurationen nach DIN EN 50173:2018-10.
(Produktfotos: Telegärtner).

Die Steckverbindungen am Ende einer Übertragungsstrecke, also am Switch oder am Endgerät, werden nicht mitgezählt. Die Anzahl der Steckverbindungen beeinflusst die übertragungstechnischen Eigenchaften 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.

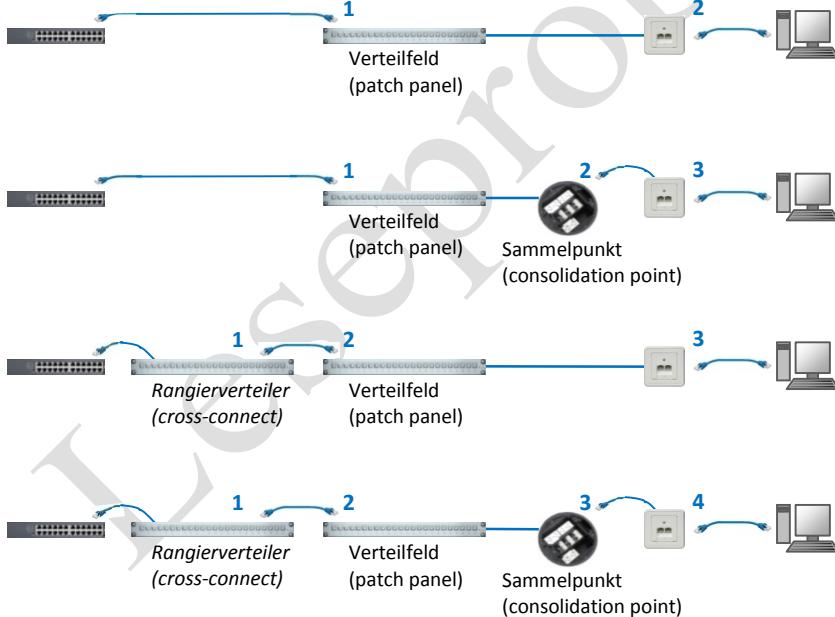


Bild 2.9: Beispiele für Übertragungsstrecken mit 2, 3 und 4 Steckverbindungen; die erste und die letzte Steckverbindung zählen nicht zur Übertragungsstrecke.
(Produktfotos: MICROSENS, Telegärtner).

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 Etagenverteilern wie die klassische strukturierte Verkabelung, allenfalls kleine Spleißverteilern, 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.

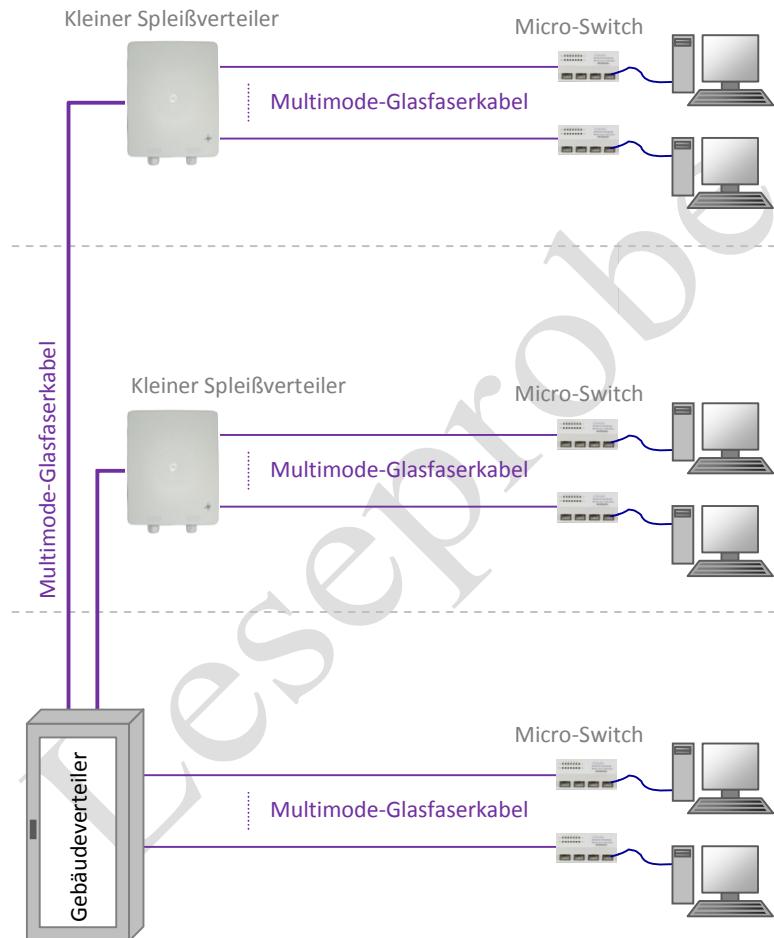


Bild 3.1: Beispiel für eine typische Struktur von FTTO-Netzen.
(Produktfotos: Telegärtner, MICROSENS).

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 Glasfaser-Verbindung 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.

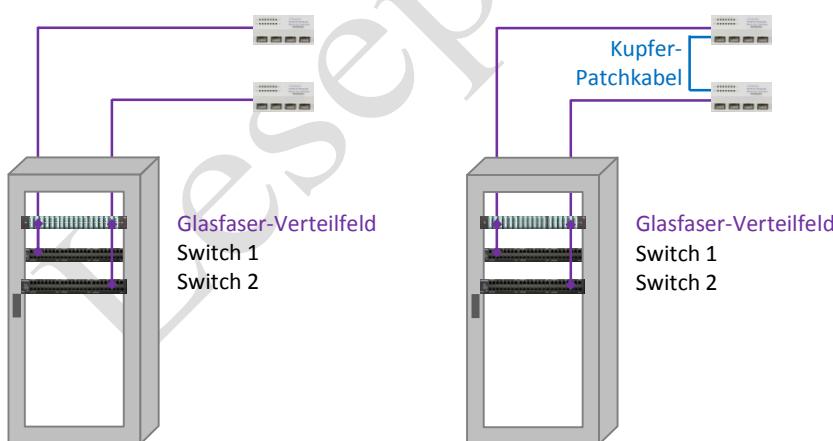


Bild 3.21: Beispiele für einfache Redundanzkonzepte:
Benachbarte Micro-Switches sind mit verschiedenen Core-Switches verbunden (links); eine Querverbindung mit einem Kupfer-Patchkabel sorgt für erhöhte Ausfallsicherheit (rechts). (Produktfotos: MICROSENS, Telegärtner).

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.

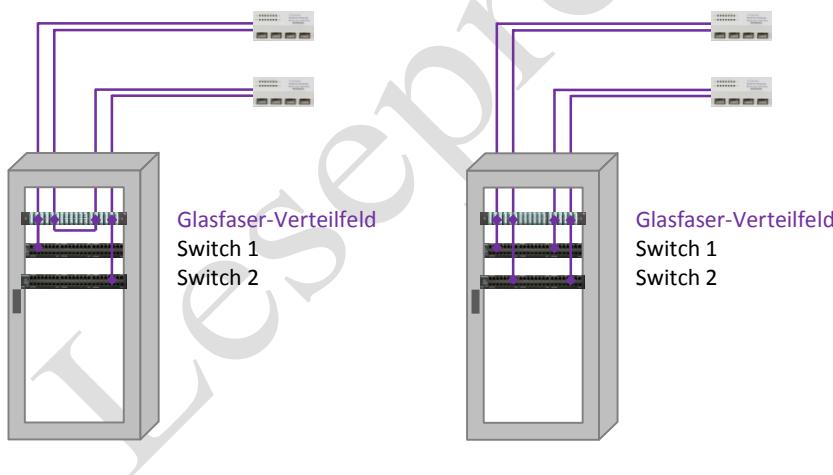


Bild 3.22: Beispiele für Redundanzkonzepte mit zwei Glasfaser-Uplinks:
Links: Querverbindung zwischen zwei Micro-Switches durch einfaches Patchen im Gebäudeverteiler.
Rechts: Dual Homing, bei dem der Micro-Switch mit zwei verschiedenen Core-Switches verbunden wird.
(Produktfotos: MICROSENS, Telegärtner).

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

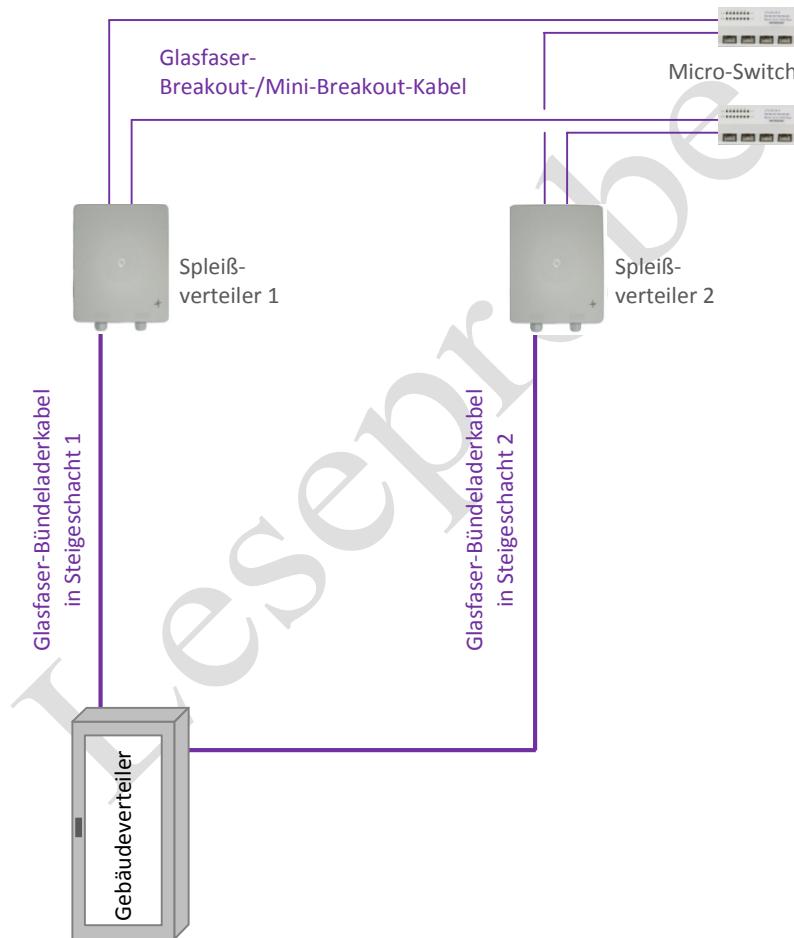


Bild 3.23: Beispiel für ein FTTO-Netz mit hoher Redundanz für erhöhte Ausfallsicherheit.
(Produktfotos: MICROSENS, Telegärtner).

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 schrägeschliffener 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 aufgenommen.

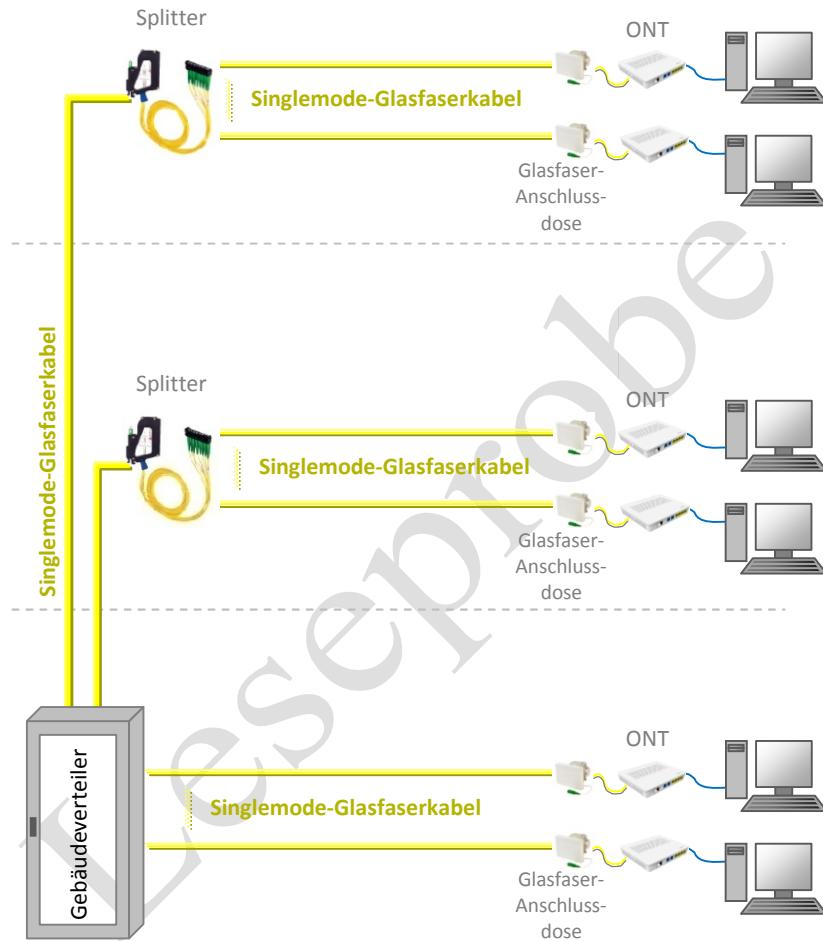


Bild 4.1: Beispiel für eine typische Struktur eines POL-Netzes.
(Produktfotos: © Copyright CommScope 2017, Huawei).

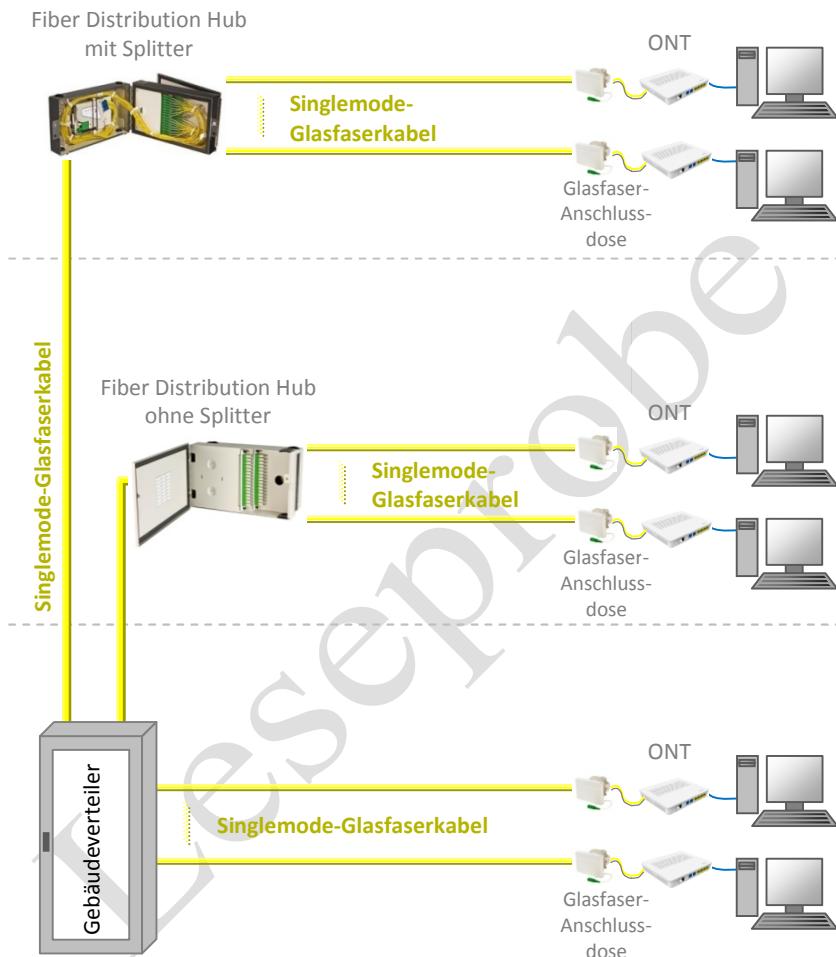


Bild 4.8: Beispiel für ein POL-Netz mit Zwischenverteilern (Fiber Distribution Hubs) auf den Etagen. Splitter können in den Fiber Distribution Hubs und/oder im Gebäudeverteiler installiert werden. (Produktfotos: © Copyright CommScope 2017, Huawei).

6.3 Alternative Verkabelungskonfigurationen (MPTL, Direktanschluss, EzE/E2E)

Nicht immer ist es zweckmäßig, eine Anschlussdose in der Nähe des Endgeräts zu installieren. In Hotellobys 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 gewinkeltem 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. Dies wird als **MPTL** (engl. **modular plug terminated link**) bezeichnet. Der deutsche Normbegriff dafür lautet **Anschluss mit freiem Steckverbinder**, wird in der Praxis aber selten verwendet. Ein MPTL kann einen Sammelpunkt enthalten, muss aber nicht.



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

ches, Server und Speichergeräte (Storage) untereinander verwendet. Der deutsche Begriff dafür ist **Direktanschluss**. 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)**. 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. Der deutsche Begriff hierfür ist **Ende-zu-Ende-Verbindungsstrecke** oder **EzE-Verbindungsstrecke**. Die hier vorgestellten Begriffe, besonders „Direct Attach ...“, werden in der Praxis oft nicht einheitlich verwendet.

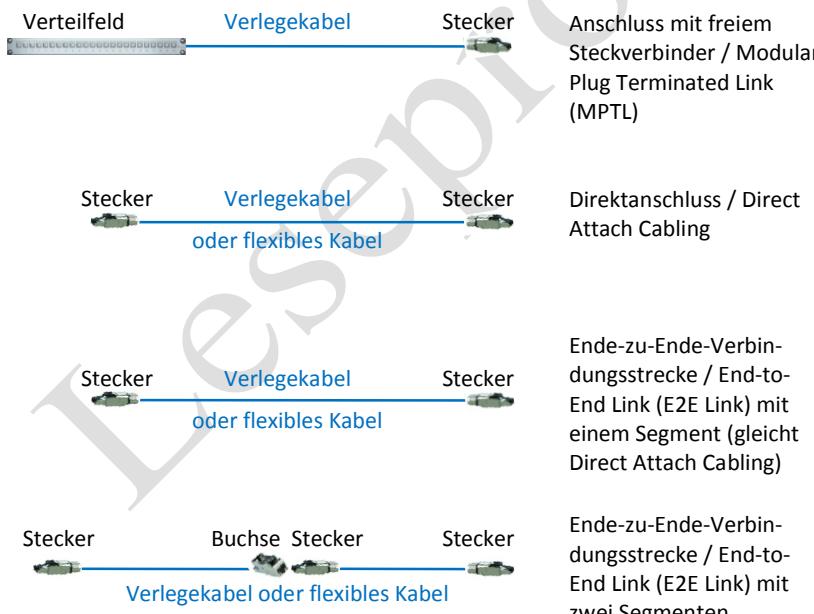


Bild 6.5: Beispiele für Modular Plug Terminated Link (MPTL), Direct Attach Cabling und End-to-End Link (E2E Link). Ein End-to-End Link kann bis zu fünf Segmente enthalten.
In der Praxis sind auch andere Ausführungen anzutreffen.
(Produktfotos: Telegärtner)

Die Beispiele in Bild 6.5 sind in **DIN EN 50173-20:2023-05** enthalten. 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).



Bild 6.6: Beispiel für ein Direct-Attach-Kabel.
(Produktfoto: MICROSENS).

Auch DIN EN 50173-6:2018-10 sieht die Möglichkeit vor, Endgeräte ohne Anschlussdose direkt an die Verlegekabel anzuschließen, schreibt für diesen Fall jedoch einen Dienstekonzentrationspunkt (Sammelpunkt) in der Nähe der Endgeräte vor, um die Fehlersuche und Reparatur bei defekten Verbindungen zu vereinfachen. In der Praxis wird auf einen Dienstekonzentrationspunkt jedoch häufig verzichtet und das Installationskabel durchgehend bis zum Endgerät verlegt.

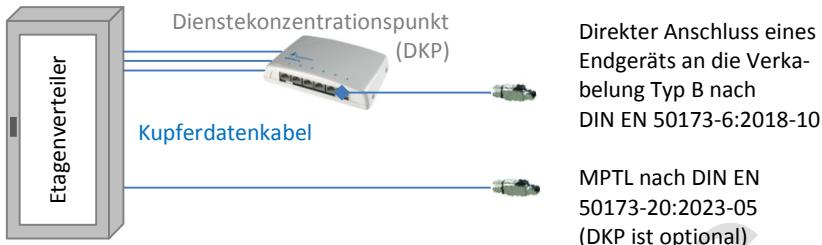


Bild 6.7: Beispiele für den Anschluss von Endgeräten an das Verlegekabel nach DIN EN 50173-6:2018-10 (Verkabelungstyp B) und MPTL nach DIN EN 50173-20:2023-05. Im Gegensatz zum Verkabelungstyp B ist der Dienstekonzentrationspunkt beim MPTL optional und wird in der Praxis oft weggelassen.
(Produktfotos: Telegärtner).

VSFF-Glasfaserstecker

Für Rechenzentren, Serverräume und aktive Netzwerkkomponenten mit sehr hoher Anschlussdichte wurden so genannte VSFF-Steckverbinder entwickelt. VSFF steht für „**very small form factor**“, was recht gut mit „besonders klein“ übersetzt werden kann. VSFF-Steckverbinder ist ein Sammelname für besonders kleine Glasfaserstecker. Zur Zeit der Manuskripterstellung werden die Steckertypen **MDC**, **SN** und **CS** häufiger diskutiert. Ob und wieweit sie sich in der IT-Verkabelung von Gebäuden durchsetzen werden, bleibt abzuwarten.

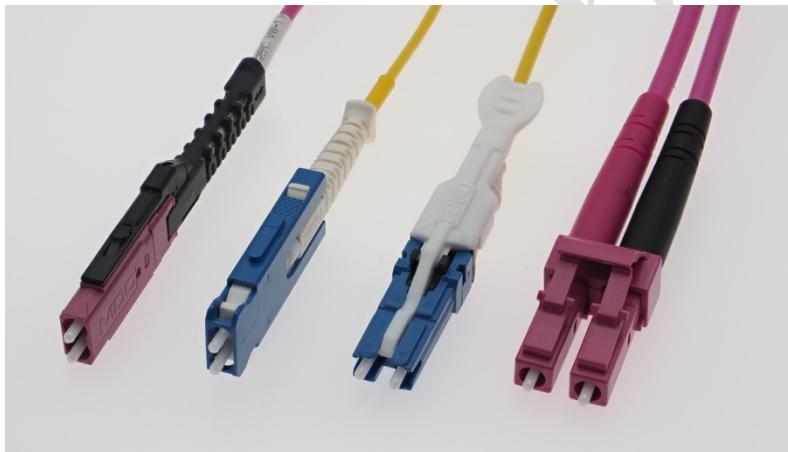


Bild 6.14: Beispiele für VSFF-Stecker. Von links nach rechts: MDC-, SN- und CS-Stecker. Ganz rechts ein LC-Duplex-Stecker als Größenvergleich.

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 60793-2-10:2022-11 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 60793-2-10:2022-11 (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 7.8: 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.

| Faserkategorie | Mindest-Biegeradius | Kompatibel zu Standard-Singlemodefaser G.652.D/OS2 |
|----------------|---------------------|----------------------------------------------------|
| G.657.A1 | 10 mm | ja („compliant“) |
| G.657.A2 | 7,5 mm | ja („compliant“) |
| G.657.B2 | 7,5 mm | mit Einschränkungen („compatible“) |
| G.657.B3 | 5 mm | mit Einschränkungen („compatible“) |

Tabelle 7.9: Mindest-Biegeradien von biegeoptimierten Singlemodefasern nach ITU-T G.657:2016-11.

Die alte Fassung der DIN EN 50173-1 vom September 2011 definierte auch für Glasfasern **Übertragungsstreckenklassen**. Diese waren **OF-100**, **OF-300**, **OF-500**, **OF-2000**, **OF-5000** und **OF-10000**. Die Zahl gab die Mindestlänge in Metern an, über die die in der Norm aufgeführten Netzanwendungen übertragen werden können. Die Klassen basierten auf der Dämpfung der Übertragungsstrecke. Anders als bei Kupferverkabelungen, bei denen die maximale Länge der Übertragungsstrecke bis 10 Gigabit Ethernet einheitlich 100 m mit maximal vier Steckverbindungen und für 40 Gigabit Ethernet 30 m mit zwei Steckverbindungen beträgt, gibt es bei Glasfaserstrecken für die verschiedenen Übertragungsprotokolle unterschiedliche Leitungslängen. So konnte nach DIN EN 50173-1:2011-09 beispielsweise Gigabit Ethernet 1000BASE-SX über Fasern der Kategorie OM1 über bis zu 275 m übertragen werden, als zugehörige Übertragungsstreckenklasse wurde aber nur OF-100 zugeordnet, weil es keine Zwischenstufe zwischen OF-100 und OF-300 für Glasfasern gab. Eine Klasse **OF-200** gab es nur für Kunststofffasern. Das Konzept mit nur sechs Stufen wurde in der Praxis kaum angewandt, die zulässige Maximallänge ist dort viel wichtiger. In der Ausgabe der DIN EN 50173-1 vom Oktober 2018 sind die optischen Übertragungsstreckenklassen nicht mehr enthalten.

Um das Konzept der Übertragungsstreckenklassen bei Glasfaserstrecken nicht aufzugeben, ist in der nationalen Norm **DIN VDE 0800-173-100:2023-06** Informationstechnik – Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen – Teil 100: Klassifizierung von Lichtwellen-

leiter-Übertragungsstrecken eine neue Klassifizierung für LWL-Strecken definiert. Auch sie basiert auf den Dämpfungswerten der Übertragungsstrecke, unterscheidet aber zusätzlich zwischen verschiedenen Faserkategorien. DIN VDE 0800-173-100:2023-06 definiert 26 verschiedene Lichtwellenleiterklassen:

- **OMA-3** bis **OMF-3** für Multimodefasern der Kategorie OM3
- **OMA-4** bis **OME-4** für Multimodefasern der Kategorie OM4
- **OMA-5** bis **OME-5** für Multimodefasern der Kategorie OM5
- **OSA-1a** bis **OSE-1a** für Singlemodefasern der Kategorie OS1a
- **OSA-2** bis **OSE-2** für Singlemodefasern der Kategorie OS2

Um festzustellen, ob für eine Netzanwendung ein Fasertyp in einer bestimmten Länge geeignet ist, wird in einer Tabelle nachgeschlagen, welche Lichtwellenleiterklasse welche Netzanwendung unterstützt. Dann ist die zu erwartende Dämpfung der Strecke mit der in der Norm aufgeführten Formel anhand der Faserkategorie, ihrer Länge und der Anzahl der Stecker und Spleiße zu berechnen. Mit dem errechneten Dämpfungswert wird die zugehörige Lichtwellenleiterklasse bestimmt. Entspricht die ermittelte Klasse der für die Netzanwendung benötigten Klasse oder übertrifft sie sie, dann steht zu erwarten, dass die Übertragungsstrecke die Netzanwendung unterstützt. Ob die Lichtwellenleiterklassen nach DIN VDE 0800-173-100:2023-06 in der Praxis angenommen werden, wird sich zeigen.

In der Praxis ist eher der folgende pragmatische Ansatz üblich:

1. Maximal zulässige Dämpfung der Strecke für eine bestimmte Netzanwendung in DIN EN 50173-1:2018-10 nachschlagen.
2. Von diesem Wert wird die zulässige Dämpfung der Steckverbindungen und Spleiße der Strecke abgezogen (DIN EN 50173-1:2018-10 legt 0,75 dB pro Steckverbinder und 0,3 dB pro Spleiß fest); dies ergibt die zulässige Dämpfung durch die Faser.
3. Die zulässige Dämpfung durch die Faser wird geteilt durch die Dämpfung der Faser pro Kilometer gemäß DIN EN 50173-1, dies ergibt die maximale Länge der Übertragungsstrecke in Kilometern.

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 Büchern 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 | 153 | 25GBASE-T | 21 f., 154 f. |
| 2.5GBASE-T | 153 | 40GBASE-LR4 | 164 |
| 4PPoE (Four-Pair Power over Ethernet) | 72, 140 f. | 40GBASE-SR4 | 164, 183 |
| 5 Gigabit Ethernet | 153 | 40 Gigabit Ethernet | 20 f., 32, 154, 166, 187 |
| 5GBASE-T | 153 | 40GBASE-T | 20, 153 f. |
| 8P8C modular connector | 159 | 90 Grad (Knickschutztülle) | 29 f. |
| 10 Zoll | 26 | 100BASE-FX | 163 |
| 10BASE-FL | 163 | 100GBASE-ER4 | 164 |
| 10GBASE-ER | 164 | 100GBASE-LR4 | 164 |
| 10GBASE-LR | 164 | 100GBASE-SR4 | 163 |
| 10GBASE-LX4 | 163 f. | 100GBASE-SR10 | 163, 183 |
| 10GBASE-SR | 163 | 180 Grad (Knickschutztülle) | 29 f. |
| 10GBASE-T | 20 f., 153 | 270 Grad (Knickschutztülle) | 29 f. |
| 19" | 25 | 1000BASE-LX | 163 f. |
| 19 Zoll | 25 | | |
| 25 Gigabit Ethernet | 21 f., 154 f. | | |

- 1000BASE-SX 163, 166
1000BASE-T 153
- A (Farbzuordnung RJ45) 160
A-A-Patchkabel 179
- A1-OM1 165
A1-OM2a 165
A1-OM2b 165
A1-OM3a 165
A1-OM3b 165
A1-OM4a 165
A1-OM4b 165
A1-OM5a 165
A1-OM5b 165
- A1a.1a 165
A1a.1b 165
A1a.2a 165
A1a.2b 165
A1a.3a 165
A1a.3b 165
A1a.4a 165
A1a.4b 165
- A1b 165
Abreißfunken 48, **142 f.**
Access-Switch 189
Adapterkabel **38, 67 f.**, 108
Aderfarben (Kupfer) 157
Aggregation-Switch 39 f., 69, 129, **192 f.**
- AIM (Automatisiertes Infrastrukturmanagement) 144 ff.
- American Wire Gauge (AWG) 158
- angled physical contact (APC) 174
- Anschlussdose
designfähig 27, 150
Glasfaser 106 f.
- Kupfer 26 ff.
leiterplattenbasierend 26
modular 26
anschlussfertige Kabel 62, 67, 98 f.
- Anschlusskabel 28
Anschneidetechnik 54
Anschluss mit freiem Steckverbinder 136 f.
- ANSI/TIA-568 46, 78, 117
- APC (angled physical contact) 174
- Apps **72, 79 f.**, 148 f.
- aspherical physical contact 174
- asymmetrical physical contact 174
- ASTM B258 158
- Aufteilkabel 181 f.
- Außen-/Innenkabel 34, 60, **169**
- Außenkabel 34 f., 169 f.
- Automatisiertes Infrastrukturmanagement (AIM) 144 ff.
- AWG (American Wire Gauge) 158
- AWG-Zahl 158
- B (Farbzuordnung RJ45) 160
Bezeichnungen für Kupferkabel 156 f.
- Biegeoptimierte Glasfaser 165 f.
- Biegeradien-unempfindliche Glasfaser 165
- Biegeunempfindliche Glasfaser 97 f., **165 f.**
- bottleneck 81

- Breakoutkabel 33 ff., 60 ff., 97, **168 ff.**
Mini-Breakout 33 ff., 60 ff., 97, **168 ff.**
Bündeladerfarben 171
Bündeladerkabel 33 ff., 60 ff., 97, **168 ff.**
verseilte Bündelader 33 f., **168 f.**
Zentralbündelader 33 f., **168 f.**
- Cable Sharing 161
campus network 8
Cascaded Split Architecture 86
Cascaded Splitting 86
Centralized Split Architecture 86 ff.
Centralized Splitting 86
channel (CH) 15 f.
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., **188 ff.**
CP link (consolidation point link) 15 f.
cross-connection **11 f.**, 16 f., 57, 91
CS-Stecker 151, 173
- Datendose (Kupfer) 26
designfähige Dose 27, 150
Dienstekonzentrationspunkt (DKP) 18, **134 f.**
- Digital Building 148
DIN EN 50173 2, 45, 78, 117
DIN EN 50173-20 18, 124, **138 f.**
DIN EN 50174 45, 78, 117, 160, 170 f., 177
DIN EN 50310 45
DIN EN 50346 45, 78, 117
DIN EN 60708 157
DIN EN 60794-2 172
DIN EN IEC 60793-2-10 165
DIN EN IEC 61753-1 175 f.
DIN EN IEC 61755-1 176
DIN VDE 0800-173-100 166 f.
DIN VDE V 0888-100-1-1 169 ff.
Direct Attach 136
Direct Attach Cabling 136 ff.
Direct Attach Copper 137
Direct-Attach-Kabel 137, 139
Direct Connect 136
Direktanschluss 137
Distributed Split Architecture **86, 90**
Distributed Splitting 86
Distribution-Switch 73, **192**
DKP (Dienstekonzentrationspunkt) 134 f.
Downlink 39, 69
Downstream 121
dreistufiges Switchkonzept 39 f., 192
Dual Homing 76, 114
Durchverbindung **11 f.**, 16, 57 91
Durchverbindungsschnur 28

- E2E Link (End-to-End Link)
136 ff.
- Edge-Switch 39 f., 129, 189 ff.
- Einmodenfaser 162
- Einzelader 97 f.
- Einzelfaserstecker 172
- End-to-End Link (E2E Link)
136 ff.
- Erdung 20, 49
- Erwärmung Datenleitung 48,
141 f.
- Etagenverkabelung 11
- F/FTP 23, **156 f.**
- F/UTP 156
- Fanout-Kabel 181
- Fanout-Modul 54, **62 f.**, 67,
105 f. **181 f.**
- Farbcode
- Bündeladern 171
 - Glasfaserkabel 172
 - Glasfasern 170 f.
 - Glasfaser-Steckverbinder
174
 - Kupferadern 157
 - RJ45-Kontakte 160
- Farbe (Glasfaser-Steckverbinder) 174
- Farbzuordnung A (RJ45)
160
- Farbzuordnung B (RJ45)
160
- Faserfarbcode 170 f.
- female (MPO) 180
- Fernspeisung 140 ff.
- Fiber Distribution Hub 91 ff.,
97, 100, **102 ff.**
- Fiber Distribution Terminal
92, 94, 96, **104**
- Fiber In The Building (FITB)
150
- Fiber In The Home (FITH)
150
- FITB (Fiber In The Building)
150
- FITH (Fiber In The Home)
150
- Fiber To The Building (FTTB)
84, 149
- Fiber To The Desk (FTTD)
32 f., **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 f., **57 f.**
- FTTH (Fiber To The Home)
84, 149
- FTTO (Fiber To The Office)
50 ff., 125, 127 ff.
- Führungsstift 180
- G.652.D 165
- G.657 165
- G.657.A 165
- G.657.A1 166
- G.657.A2 166
- G.657.B 165

- G.657.B1 166
G.657.B2 166
geschirmte Verkabelungskomponenten 20 f.
Geradauslassdose (Kupfer) 27
Geradschliffstecker 174
Geräteanschlussdose (Kupfer) 26
Geräteanschlusschnur 28
Geräteverbindungsschnur 28
GG45 21, **24**
Glasfaser-Anschlussdose 106 f.
Glasfaser-Installationskabel 33 ff., 60 ff. 97 ff.
Glasfaser-Verteilfeld 36 ff., 64 ff., 105 f.
Glasfaserkabel 168 ff.
Glasfaserstecker 36, 63 f., 99 f., **172 ff.**
Grades 176
Güteklassen von Glasfasersteckern 175 f.

Harness-Kabel 181, 187
HE (Höheneinheit) 182
hierarchische Sternstruktur 9
Höheneinheit (HE) 182
horizontal cabling 8
Horizontalverkabelung 11

identische Positionierung 179
IEC 60304 170
IEC 61753-1 175 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 154
IEEE 802.3ca „Next Generation EPON“ 118
informationstechnischer Anschluss 26
Innen-/Außenkabel 34, 60, **169**
Innenkabel 34 f., 60, 97, **169 f.**, 172
Installationskabel
Glasfaser 33 ff., 60 ff., 97 ff.
Kupfer 6, 11, 15, **22 f.**
Installationsstrecke **15 ff.**, 22, 26
Installations-Switch 70, 193
interconnection **11 f.**, 16, 57, 91
ISO/IEC 11801 2, 46, 78, 117
ISO/IEC TR 11801-9902 138
ISO/IEC TR 11801-9905 154 f.
ISO/IEC TR 11801-9907 138
ISO/IEC TR 11801-9909 22, **154**
ISO/IEC TR 11801-9910 138
ITU-T G.652.D 165
ITU-T G.657 165
ITU-T G.657.A 165
ITU-T G.657.B 165
ITU-T G.671 118
ITU-T G.984 118
ITU-T G.987 118
ITU-T G.989 118

- Kabel 152
Kabelkurzzeichen (Glasfaserkabel) 169 f.
kaskadierte Splitter 86
Kategorie (Glasfaser) 162 ff.
Kategorie (Kupfer) 153
key 176, 180
key down to key down 182
key up to key down 182
key up to key up 182
Klasse
 Glasfaserstecker 175 f.
 Verkabelungsstrecke 152
Knickschutztülle
 90 Grad 29 f.
 180 Grad 29 f.
 270 Grad 29 f.
Kodierung 176, 180
Kodierung oben – Kodierung oben 182
Kodierung oben – Kodierung unten 182
Kodierung unten – Kodierung unten 182
Kompaktader 62, **166 f.**, 170
Konfiguration A 15 f.
Konfiguration B 15 f.
Konfiguration C 15 f.
Konfiguration D 15 f.
Kontaktüberbiegeschutz 47, 161
Kosten der Verkabelung 4 f.
Kupferdatenleitung 22 f., **156 f.**
 F/FTP 23, **156 f.**
 F/UTP 156
 S/FTP 23, **156 f.**
 SF/UTP 23, **156 f.**
U/UTP 23, **156 f.**
Kürzel (Kupferkabel) 156
LC Duplex 32, 36, 63 f., 70, 99 f., **172 f.**
LC-Stecker 36, 63, **172 f.**
Lebensdauer (Verkabelung) 4 f.
leiterplattenbasierend 25 f.
 Dose 26
 Verteifeld) 25
Leitung 152
Leitungslänge
 Glasfaser 162 f.
 Kupfer 11
male (MPO) 1809
Mantelfarben (Glasfaserkabel) 172
MDC-Stecker 151, 173
Micro-Switch 69, **70 ff.**, 193
 managebar 72
 nicht-managebar 72
Mini-Breakoutkabel 33 ff., 60 ff., 97, **168 ff.**
Mini-Patchkabel (Kupfer) 30 f.
Minizip 97, **168**
modular plug terminated link (MPTL) 18, **136 ff.**
modulare Anschlussdose 26
modularer Switch 73, **188**
modulares Verteifeld
 Glasfaser 65 ff.
 Kupfer 25
Monomodefaser 162
MPO (multifiber push-on) 180 ff.
MPO-Kassette 67, 181

- MPO-Stecker 64, **180 ff.**
MPO/MTP®-Stecker 180
MPTL (modular plug terminated link) 18, **136 ff.**
MTP® 180
multifiber push-on (MPO) 180
multipath push-on 180
multiple-fibre push-on 1809
Multimodefaser 162
Multiport-ONT 111
- OF-100 166
OF-200 166
OF-300 166
OF-500 166
OF-2000 166
OF-5000 166
OF-10000 166
OLT (Optical Line Terminal) 84, **109**, 112 f.
OM1 162
OM2 162
OM3 162 ff.
OM4 162 ff.
OM5 162 ff.
OMA-3 167
OMA-4 167
OMA-5 167
OME-3 167
OME-4 167
OME-5 167
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 160
Option B 160
OS1 164
OS1a 164
OS2 164
OSA-1a 167
OSA-2 167
OSE-1a 167
OSE-2 167
Outlet 26
- Positionierung
identisch 179
symmetrisch 177
umgedreht 178
- 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., 168
Kupfer 28 ff.
- Patch Panel 24
- Patchpanel 24
- PC (physical contact) 174
- physical contact (PC) 174
- Pigtail 33, 37, 62
- PiMF (Paare in Metall-Folie) 156

- Pin (Führungsstift) 180
Pin-/Paarzuordnung (RJ45) 159 f.
Pinbelegung (RJ45) 159 f.
pinned 180
permanent link (PL) 15 f.
PL (permanent link) 15 f.
PoE (Power over Ethernet) 72, **140 ff.**
PoE+ (Power over Ethernet Plus) 140 f.
PoE++ 140
point to multipoint 112
POL (Passive Optical LAN) **82 ff.**, 125 ff.
POLAN 82
Polarität A 183
Polarität B 183
Polarität C 183
PON (Passive Optical Network) 84
Potentialausgleich 49
Power over Ethernet (PoE) 72, **140 ff.**
 Typ 1 140
 Typ 2 140
 Typ 3 140
 Typ 4 140
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) 159
Remote Powering 47 ff., **140 ff.**
 riser 8
RJ (Registered Jack) 159
RJ11 47, 161
RJ12 47, 161
RJ45 24, 47, **159 ff.**
 Farbzuordnung 190
 Pin-/Paarzuordnung 159 ff.
 Pinbelegung 159 ff.
 T568A 160
 T568B 160
 RJ-45 159
S/FTP 23, **156 f.**
Sammelpunkt 14 ff.
Sammelpunktkabel 14, **31**
Sammelpunktstrecke 15 f.
SC Duplex 36, 63 f.. **172 f.**
SC-Stecker 99 f., **172**
SC/APC-Stecker 99 f.
SC UPC-Stecker 99 f.
Schliffwinkel 174
Schnur 28
Schrägauslassdose (Kupfer) 27
Schrägschliffstecker 174
Sekundärverkabelung 8, **10**
semi-tight buffer 62, **168 f.**

- service concentration point 134
- SF/UTP 23, **156 f.**
- SFF-Stecker 173
- SFP (small form-factor pluggable) 71, 73, 111
- SPF-ONT 111
- Singlemodefaser 162
- Single Point of Administration (SPA) 53
- small form factor (SFF) 173
- small form-factor pluggable (SFP) 71
- Smart Building 148
- Smart Home 148
- Smart Lighting 148 f.
- Smart Office 80, 148 f.
- SN-Stecker 151, 173
- SPA (Single Point of Administration) 53
- Spleißverteiler 66
- split ratio 100
- Splitter 84 ff., 100 ff.
kaskadierte 86
- ST-Stecker 36, 63 f., **172 f.**
- Stackable Switch 73 f., 188 f.
- steckbares ONT 111
- Steckergrades 176
- Sternstruktur, hierarchische 9
- stockwerkübergreifende Verkabelung 10
- Strukturierte Verkabelung **6 ff.**, 124, 127 ff.
- Stufe (Glasfaserstecker) 175 f.
- Switch 39 f., 69 ff., **188 ff.**
Access-Switch 189
- Aggregation-Switch 39 f., 73, 129, **192 f.**
- Core-Switch 39 f., 69, 73, 129, **188 ff.**
- Distribution Switch 73, **192**
- Edge-Switch 39 f., 129, **189 ff.**
- Installations-Switch 70, 193
- Micro-Switch **69 ff.**, 193
- modular 73, **188**
- Stackable Switch 73 f., 188 f.
- symmetrische Positionierung 177
- T568A 160
- T568B 160
- TDMA (time domain multiple access) 113
- Teilungsverhältnis (Splitter) 100
- TERA 24
- Tertiärverkabelung 8, **11 ff.**
- tight buffer 62, **168**
- time domain multiple access (TDMA) 113
- Trunkkabel 181, 184 ff.
- Typ A (Verkabelung) 134 f.
- Typ B (Verkabelung) 134 f.
- Typenkurzzeichen (Glasfaserkabel) 169 f.
- U/FTP 156
- U/UTP 23, **156 f.**
- Übertragungsstrecke 15 ff.
- Übertragungsstreckenklasse bei Glasfasern 162, **166 f.**
bei Kupferleitungen 153

- ultra physical contact 174
ultra polished contact (UPC) 174
umgedrehte Paarpositionierung 178
ungeschirmte Verkabelungskomponenten 20 f.
Universalkabel 34 f., 60 f., 97, 169 f.
unpinned 180
UPC (ultra polished contact) 174
Uplink 39, 69
Upstream 121
- Verkabelung für
verteilte Gebäudedienste 134 f.
WLAN 131 ff.
Verkabelungsstrecke 15
Verkabelungsstruktur
FTTO 52 ff.
POL 84 ff.
strukturierte Verk. 8 ff.
Typ A 134 f.
Typ B 134 f.
verteilte Gebäudedienste 18, 134 f.
Verkabelungssystem 3, 22
Verlegekabel (Kupfer) 22
verseilte Bündelader 33 f., 62, **168 f.**
- Verteilerfeld 24
Verteifeld
Glasfaser 36 ff., 64 ff., 105 f.
Kupfer 24 ff.
modulares 25, 67
verteilte Gebäudedienste 18, 134 f.
very small form factor (VSFF) 151, **173**
Vollader 62, **168 f.**
vorkonfektionierte Kabel 62 f., 67, 98 f.
VSFF-Stecker 151, **173**
- Wireless LAN (Verkabelung) 131 ff.
Workgroup-ONU 111
- Zählelement 171
Zählrichtungsanzeiger 171
Zeitmultiplex-Verfahren 113
Zentralbündelader 33 f., 62, **168 f.**
Zipcord 97 f., **168 f.**
Zone Splitting 86, 89
zusammengefasste Lichtwellenleiter-Übertragungsstrecke 50, 53
Zweiwegeführung 41, 77, 116