

Leseprobe aus  
Dirk Traeger

# Leistungsfähige IT-Infrastrukturen

Strukturierte Verkabelung – FTTO – POL

2., aktualisierte Auflage

Mit 122 Abbildungen



Aus der Reihe  
*Praxiswissen Daten-/Netzwerktechnik*

JOACHIM TREIBER  
**MEISTERBUCHVERLAG**

## 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, ebenso wenig für Druckfehler. 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, 2019

© Joachim Treiber MEISTERBUCHVERLAG, Leinfelden-Echterdingen, 2019  
Alle Rechte vorbehalten.

Sections reproduced unter written permission from Telecommunications Industry Association.

Umschlagsgestaltung: Dirk Traeger; Gebäudeplan © Uladzimir – Fotolia.com;

Produktfoto: Telegärtner; Produktfoto vorige Seite: Telegärtner

Druck: WIRmachenDRUCK GmbH, Backnang

2. aktualisierte Auflage, Februar 2019, ISBN 978-3-946045-04-5

[www.meisterbuch.de](http://www.meisterbuch.de)

# 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 Frühjahr 2019

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

<b>1 Der Anfang: Wie wir dahin kamen, wo wir heute sind</b>	<b>1</b>
1.1 Kurze Geschichte der IT-Verkabelung	1
1.2 Wieso ist die Infrastruktur so wichtig?	4
<b>2 Der Klassiker: Strukturierte Verkabelung</b>	<b>6</b>
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
<b>3 Das Innovative: Fiber To The Office (FTTO)</b>	<b>50</b>
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
<b>4 Der Newcomer: Passive Optical LAN (POL)</b>	<b>82</b>
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
<b>5 Vergleich der drei Infrastrukturtypen .....</b>	<b>124</b>
<b>6 Aktuelle Entwicklungen und Trends .....</b>	<b>131</b>
6.1 Verkabelung für Wireless LAN .....	131
6.2 Verkabelung für verteilte Gebäudedienste .....	134
6.3 Direktanschluss (Direct Connect/MPTL) .....	136
6.4 Fernspeisung (Remote Powering) .....	138
6.5 Automatisiertes Infrastrukturmanagement (AIM) .....	142
6.6 Trends .....	146
<b>7 Anhang – Technische Informationen .....</b>	<b>149</b>
7.1 Kupfertechnik .....	149
7.1.1 Übertragungsklassen, Kategorien, Leitungslängen .....	150
7.1.2 Kabeltypen .....	152
7.1.3 Stecker und Pinbelegungen .....	154
7.2 Glasfasertechnik .....	158
7.2.1 Fasertypen und Leitungslängen .....	158
7.2.2 Kabeltypen .....	161
7.2.3 Glasfaserstecker .....	166
7.2.4 Vorkonfektionierte Verkabelung mit MPO-Stecker .....	168
7.3 Netzwerk-Switches .....	180
7.4 Berechnungen zum Beispiel aus dem Vorwort .....	186
<b>Literaturhinweise .....</b>	<b>188</b>
<b>Dank .....</b>	<b>190</b>
<b>Über den Autor .....</b>	<b>191</b>
<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>192</b>

## 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 Daten-Netzwerktechnik 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 Daten-Netz 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.

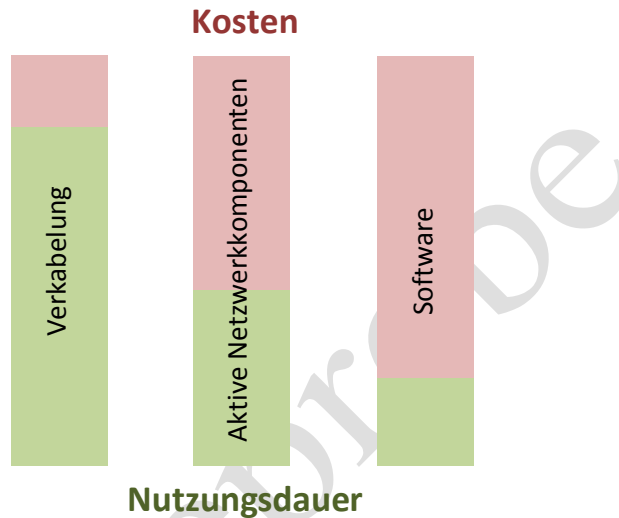


Bild 1.2: Typische Verteilung von Kosten und Nutzungsdauer in Datennetzen (Prinzipschaubild).

## **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 300 m werden meist Multimodefasern verwendet, darüber hinaus meist Singlemodedefasern. 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 300 m meist Multimodefasern verwendet. In vielen Projekten werden auch bei Verkabelungen mit Multimodefasern zusätzlich Singlemodedefasern verlegt. Bei Leitungslängen über 300 m werden fast ausschließlich Singlemodedefasern eingesetzt. Als Stecker wird auch hier meist der LC Duplex verwendet, in älteren Netzen ist oftmals der SC Duplex oder der ST vorhanden.



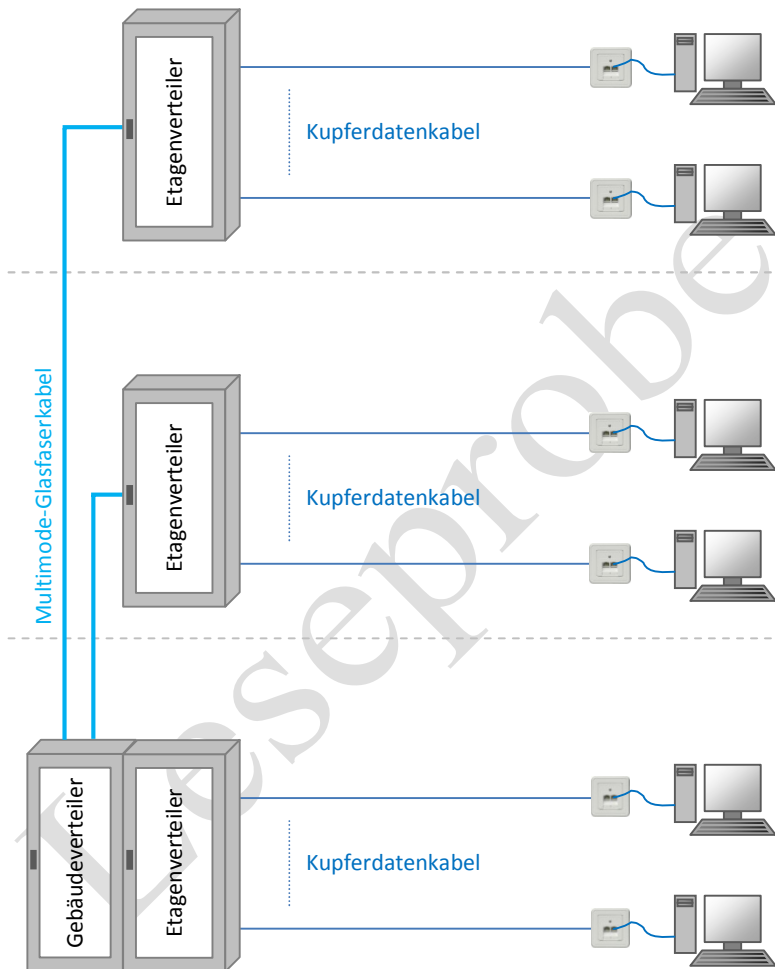


Bild 2.1: Beispiel für eine typische Struktur einer anwendungsneutralen Verkabelung, in der Praxis als „Strukturierte Verkabelung“ bezeichnet.  
(Produktfotos: Telegärtner).

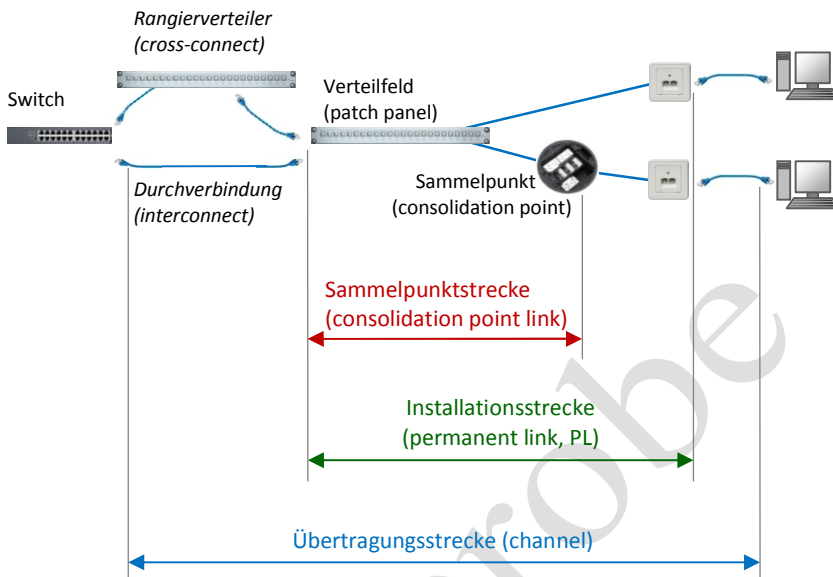


Bild 2.7: Beispiele für Sammelpunktstrecke, Installationsstrecke und Übertragungsstrecke.  
(Produktfotos: MICROSENS, Telegärtner).

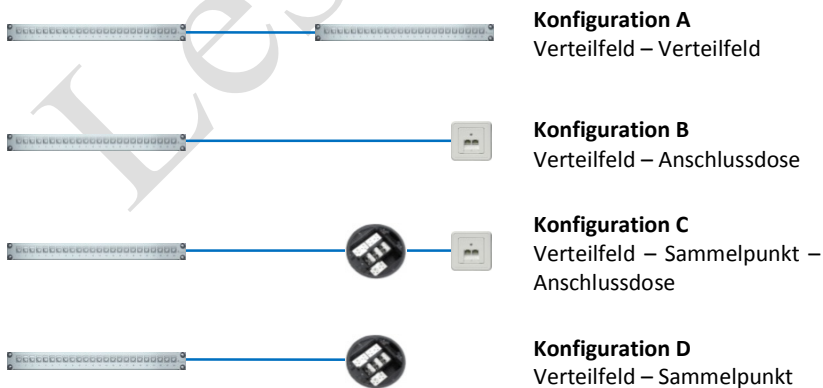


Bild 2.8: Beispiele für die Konfigurationen nach DIN EN 50173:2018-10.  
(Produktfotos: Telegärtner).

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<sub>A</sub> und F<sub>A</sub>.

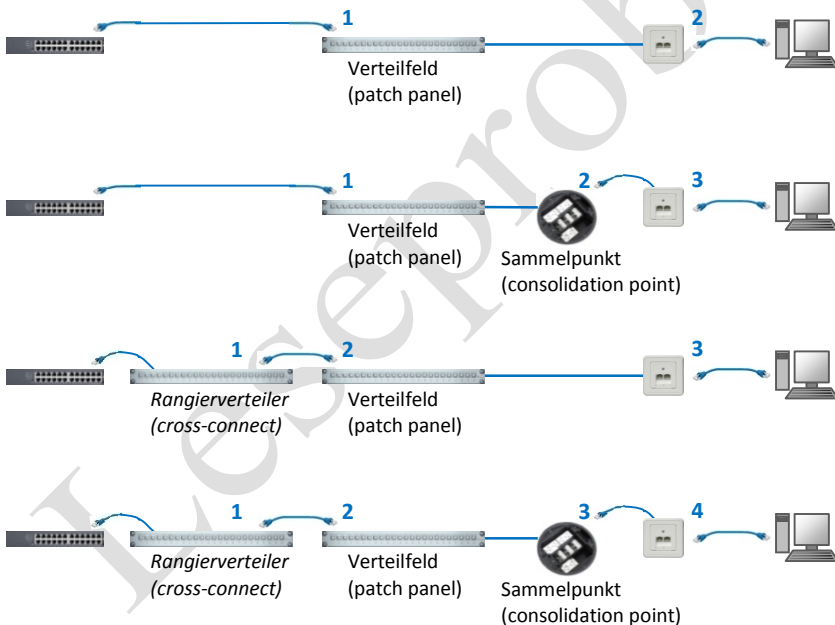


Bild 2.9: Beispiele für Übertragungsstrecken mit 2, 3, und 4 Steckverbindungen; die erste und die letzte Steckverbindung zählen nicht zur Übertragungsstrecke.  
(Produktfotos: MICROSENS, Telegärtner).

## 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 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.

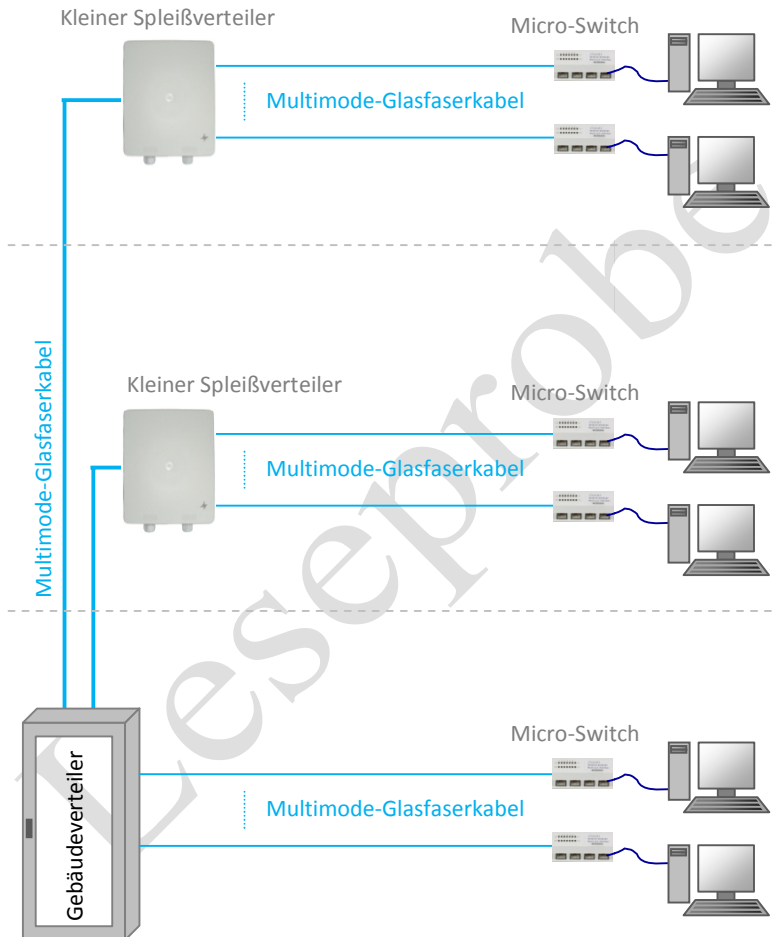


Bild 3.1: Beispiel für eine typische Struktur von FTTO-Netzen.  
(Produktfotos: Telegärtner, MICROSENS).

### 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.

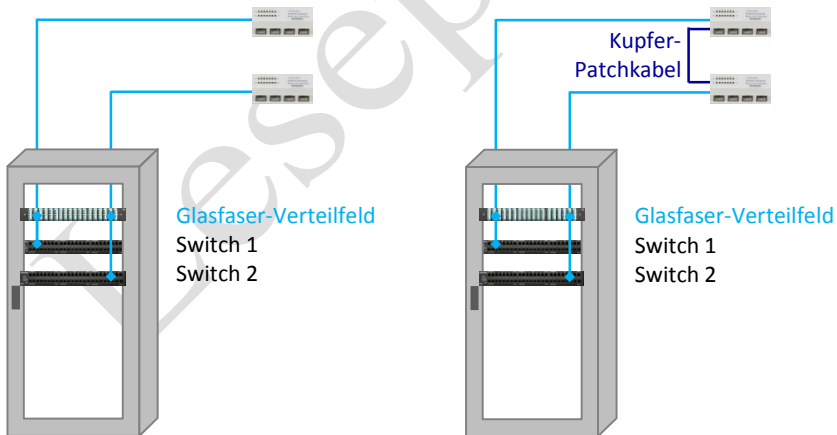


Bild 3.21: Beispiele für einfache Redundanzkonzepte: Benachbarte Micro-Switches sind mit verschiedenen Core-Switches verbunden (links); eine Querverbindung mit einem Kupfer-Patchkabel sorgt für erhöhte Ausfallsicherheit (rechts). (Produktfotos: MICROSENS, Telegärtner).

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.

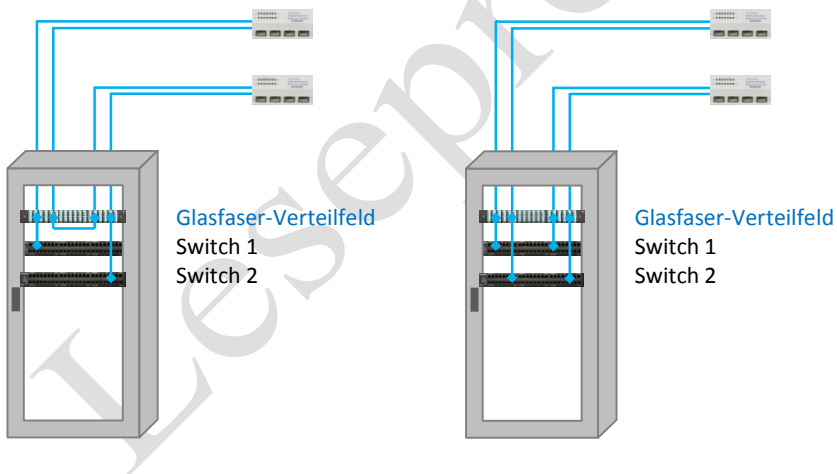


Bild 3.22: Beispiele für Redundanzkonzepte mit zwei Glasfaser-Uplinks:  
Links: Querverbindung zwischen zwei Micro-Switches durch einfaches Patchen im Gebäudeverteiler.  
Rechts: Dual Homing, bei dem der Micro-Switch mit zwei verschiedenen Core-Switches verbunden wird.  
(Produktfotos: MICROSENS, Telegärtner).

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

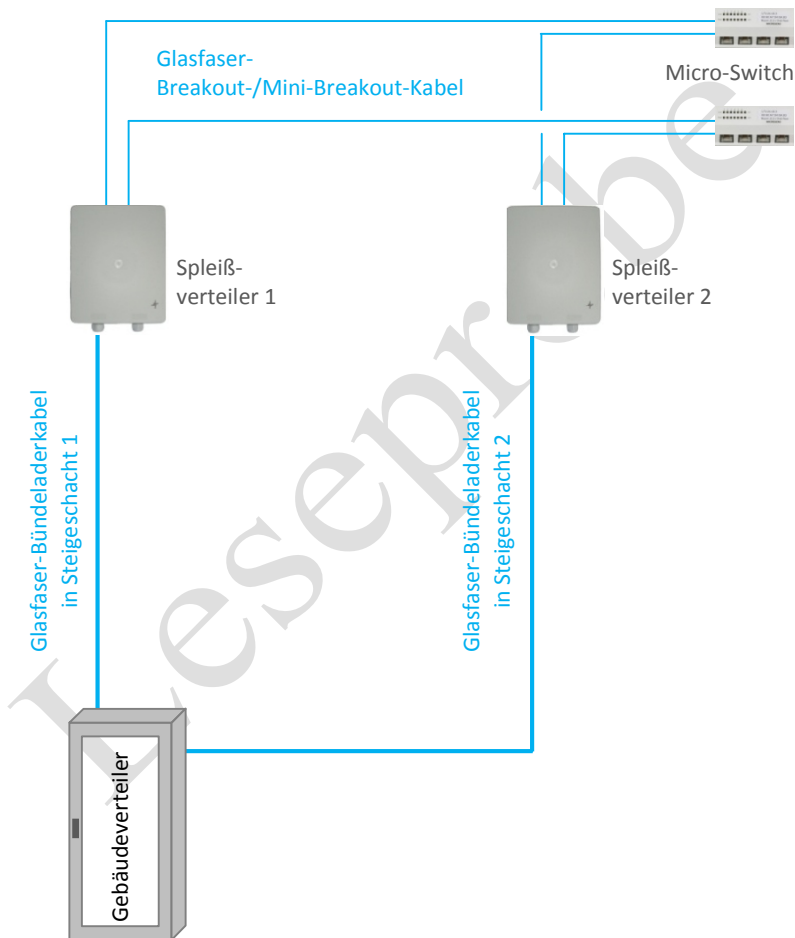


Bild 3.23: Beispiel für ein FTTO-Netz mit hoher Redundanz für erhöhte Ausfallsicherheit.  
(Produktfotos: MICROSENS, Telegärtner).



## 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.

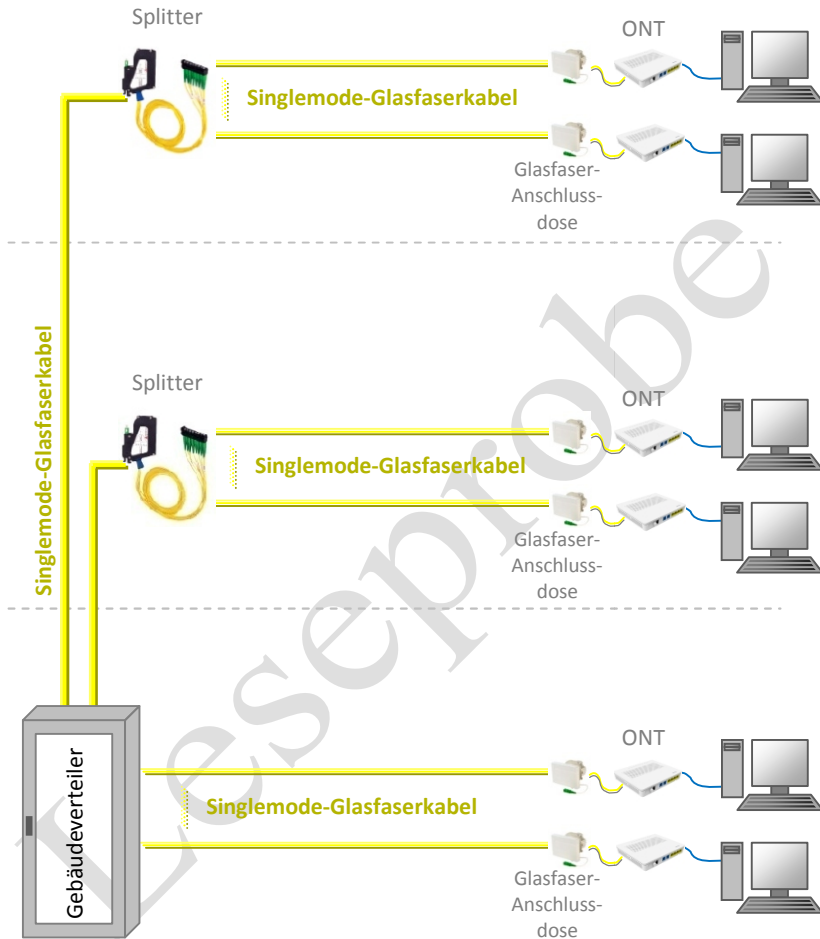


Bild 4.1: Beispiel für eine typische Struktur eines POL-Netzes.  
(Produktfotos: © Copyright CommScope 2017, Huawei).

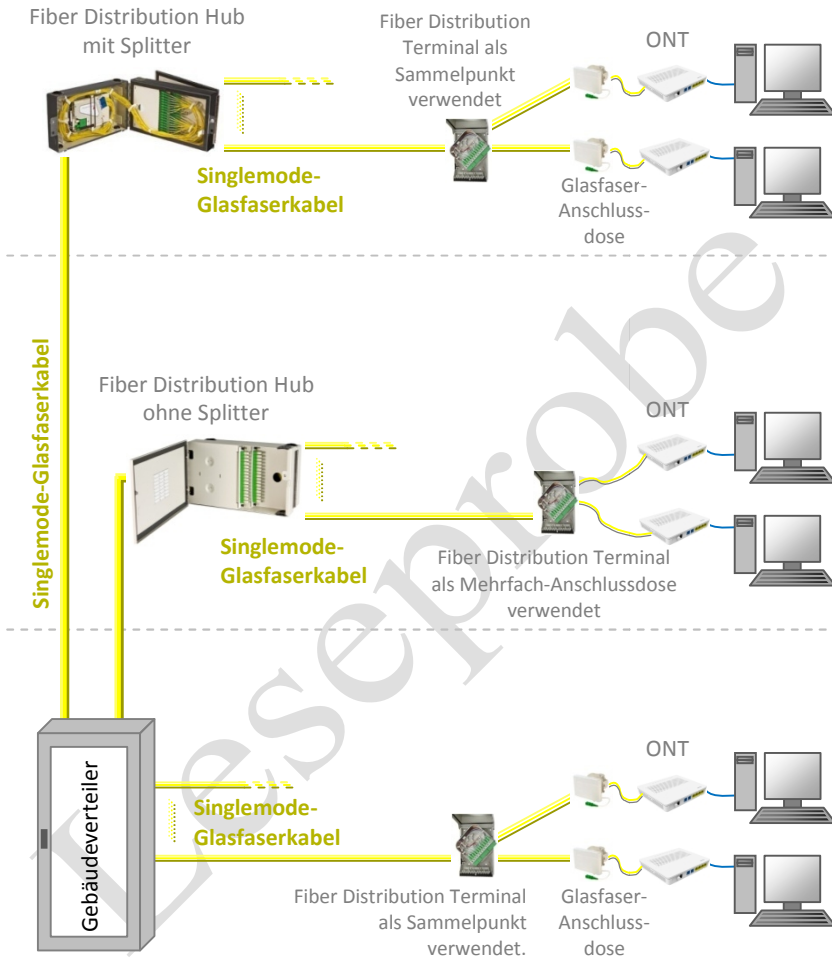


Bild 4.9: Beispiel für ein POL-Netz mit mehreren Zwischenverteilern (Fiber Distribution Hubs und Fiber Distribution Terminals). Fiber Distribution Terminals können als Sammelpunkt wie auch für den Anschluss von Endgeräten verwendet werden. Splitter können in den Fiber Distribution Hubs und/oder im Gebäudeverteiler installiert werden.  
(Produktfotos: © Copyright CommScope 2017, Huawei).

Bei Breakoutkabeln ist die Aderisolierung dick genug, um Ziffern für die Kennzeichnung der einzelnen Fasern aufzudrucken, doch schon beim Mini-Breakout wird das schwierig und bei Bündeladern ist es völlig unmöglich. Wo der Platz für eine Ziffernbedruckung nicht ausreicht, ist die Faserisolierung eingefärbt. Verschiedene Normen sehen unterschiedliche Farbcodes. Sie verwenden meist dieselben Farben, nur die Reihenfolge ist verschieden.

<b>Farbe für Lichtwellenleiter nach DIN EN 50174-1:2018-10</b>	<b>Faser- nummer</b>	<b>Farbe für Fasern in Bündeladern nach DIN EN 60794-1-1 Beiblatt 1:2014-04 (VDE 0888-100-1 Beiblatt 1), entspricht laut dieser Norm dem Farbcode nach IEC 60304</b>
<b>Blau</b>	<b>1</b>	<b>Rot</b>
<b>Gelb</b>	<b>2</b>	<b>Grün</b>
<b>Rot</b>	<b>3</b>	<b>Blau</b>
<b>Weiß</b>	<b>4</b>	<b>Gelb</b>
<b>Grün</b>	<b>5</b>	<b>Weiß</b>
<b>Violett</b>	<b>6</b>	<b>Grau</b>
<b>Orange</b>	<b>7</b>	<b>Braun</b>
<b>Grau</b>	<b>8</b>	<b>Violett</b>
<b>Türkis</b>	<b>9</b>	<b>Türkis</b>
<b>Schwarz</b>	<b>10</b>	<b>Schwarz</b>
<b>Braun</b>	<b>11</b>	<b>Orange</b>
<b>Rosa</b>	<b>12</b>	<b>Rosa</b>

Tabelle 7.7: Gebräuchliche Faserfarbcodes.  
In der Praxis sind auch andere anzutreffen.

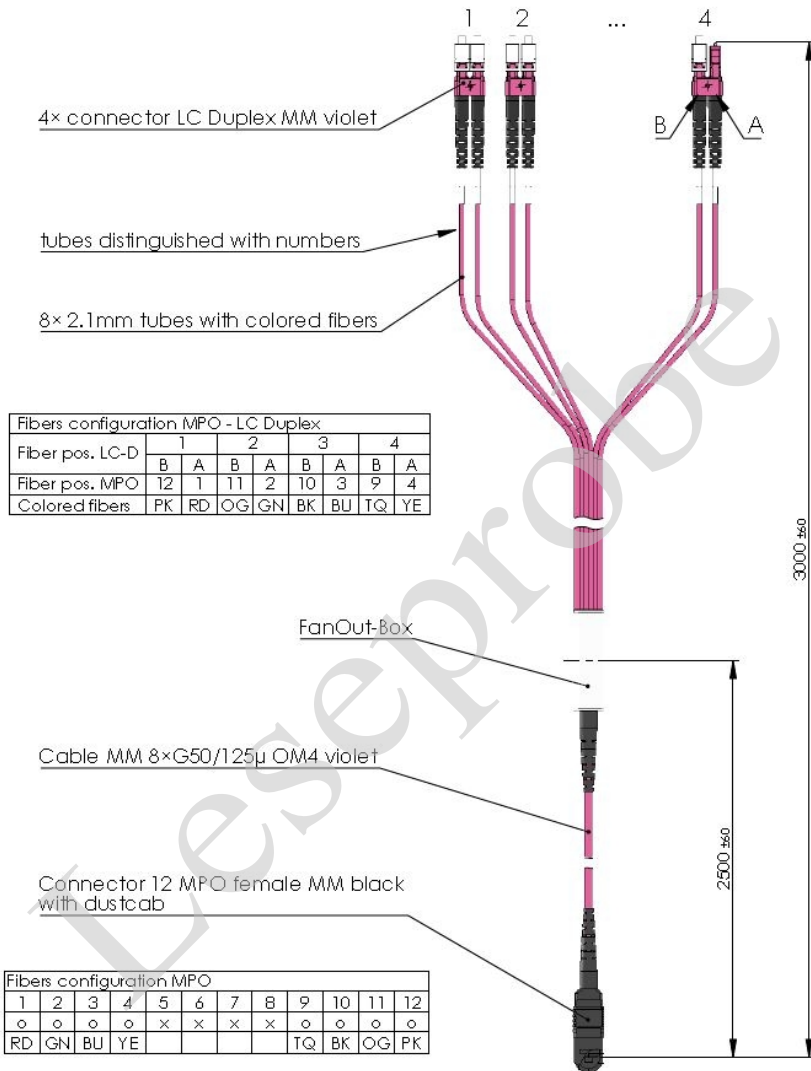


Bild 7.14: Beispiel für ein MPO-Harnesskabel mit nur acht Fasern.  
Manche Switchanschlüsse für 40 Gigabit Ethernet mit MPO lassen sich auf vier getrennte 10 Gigabit Ethernet-Kanäle aufteilen. Hierfür werden nur acht Fasern benötigt.  
(Zeichnung: Telegärtner).

## 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 Verkabelungskompo-

nenten 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](http://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	150	40GBASE-SR4	159
2.5GBASE-T	150	90 Grad (Knickschutztülle)	
4 Pair Power over Ethernet		29 f.	
(4PPoE)	138	100BASE-FX	159
4PPoE (4 Pair Power over		100GBASE-ER4	160
Ethernet)	138 f.	100GBASE-LR4	160
5 Gigabit Ethernet	150	100GBASE-SR10	159
5GBASE-T	150	180 Grad (Knickschutztülle)	
8P8C modular connector	154	29 f.	
10"	26	270 Grad (Knickschutztülle)	
10 Zoll	26	29 f.	
10BASE-FL	159	1000BASE-LX	159 f.
10BASE-ER	160	1000BASE-SX	159
10BASE-LR	160		
10BASE-LX4	159 f.	Abreißfunken	48, <b>140 f.</b>
10BASE-SR	159	Access-Switch	181
19"	25 f.	Adapterkabel	<b>38, 67</b> , 108
19 Zoll	25	Aderfarben (Kupfer)	153
40GBASE-LR4	160	Aggregation-Switch	184

- AIM (Automatisiertes Infrastrukturmanagement) 142 ff.  
angled physical contact (APC) **167**  
Anschlussdose (Glasfaser) 106 f.  
Anschlussdose (Kupfer) 26 ff.  
Anschlussdose, leiterplatten-basierend 26  
Anschlussdose, modulare 26  
anschlussfertige Kabel 62, 67, 98 f.  
Anschlusskabel 28  
Anschnidetechnik 54  
ANSI/TIA-568 46, 78, 117  
ANSI/TIA-568-C 155  
ANSI/TIA-568-D 155  
APC (angled physical contact) **167**  
Apps 72, **79 f.**, 146 f.  
aspherical physical contact 167  
asymmetrical physical contact 167  
Aufteilkabel 169 f.  
Außen-/Innenkabel 34, 60, **163**  
Außenkabel 34 f., 163 f.  
Automatisiertes Infrastrukturmanagement (AIM) 142 ff.
- Bezeichnungen für Kupferkabel 152  
Biegeradien-unempfindliche Glasfaser 161  
Biegeunempfindliche Glasfaser 97 f., 161  
bottleneck 81  
Breakoutkabel 33 ff., 60 ff., 97, **161 ff.**  
Mini-Breakout 33 ff., 60 ff., 97, **161 ff.**  
Bündeladerfarben 165  
Bündeladerkabel 33 ff., 60 ff., 97, **161 ff.**  
verseilte Bündelader 33 f., **161 f.**  
Zentralbündelader 33 f., **161 f.**
- Cable Sharing 156  
campus network 8  
Cascaded Split Architecture 86  
Cascaded Splitting 86  
Centralized Split Architecture 86 ff.  
Centralized Splitting 86  
channel 15 f.  
Codierung 168  
consolidation point 14 ff.  
consolidation point cable 31  
consolidation point cable assembly 31  
consolidation point link 15 f.  
Core-Switch 39 f., 73 f., **180 ff.**  
cross-connection **11 f.**, 16 f., 57, 91
- Datendose (Kupfer) 26  
designfähige Dose 27, 148  
Dienstkonzentrationspunkt (DKP) 18, 134 f.  
Digital Building 146  
DIN EN 50173 2, 45, 78, 117



- DIN EN 50174 45, 78, 117, 164  
DIN EN 50310 45  
DIN EN 50346 45, 78, 117  
DIN EN 60708 153  
DIN EN 60794-1-1 Beiblatt 1 164 f.  
Direct Attach 137  
Direct Connect 136 f.  
Direktanschluss 136 f.  
Distributed Split Architecture 86, **90**  
Distributed Splitting 86  
Distribution Switch 73, **184**  
DKP (Dienstkonzentrationspunkt) 134 f.  
Dose (Kupfer) 26 ff.  
Dose, designfähig 27, 148  
Downlink 39, 69 f.  
Downstream 121  
dreistufiges Switchkonzept 40, 185  
Dual Homing 76, 114  
Durchverbindung **11 f.**, 16, 57 91  
Durchverbindungsschnur 28  
  
Edge-Switch 39 f., 129, 176 f.  
Einmodenfaser 158  
Einzelader 97  
Einzelfaserstecker 167  
Erdung 49  
Erwärmung der Datenleitung 139  
Etagenverkabelung 11  
  
F/FTP 23, **152 f.**  
F/UTP 152 f.  
  
Fanout-Kabel 169  
Fanout-Modul 62 f., 67, **169 f.**  
Farbcode (Bündeladern) 165  
Farbcode (Glasfaserkabel) 165  
Farbcode (Glasfasern) 164  
Farbcode (Glasfaser-Steckverbinder) 168  
Farbcode (Kupfer) 155  
Faserfarbcode 164  
female (MPO) 168  
Fernspeisung 138 ff.  
Fiber Distribution Hub 91 ff., 97, 100, **102 f.**  
Fiber Distribution Terminal 92, 94, 96, **104**  
Fiber To The Building (FTTB) 84, 147  
Fiber To The Desk (FTTD) 32, **57 f.**  
Fiber To The Desktop 57  
Fiber To The Home (FTTH) 84, 147  
Fiber To The Office (FTTO) **50 ff.**, 125, 127 ff.  
Fiber Zone Box 102  
FTTB (Fiber To The Building) 84, 147  
FTTD (Fiber To The Desk) 32, 57 f.  
FTTH (Fiber To The Home) 84, 147  
FTTO (Fiber To The Office) **50 ff.**, 125, 127 ff.  
Führungsnase 166, 168  
Führungsstift 168

- geschirmte Verkabelungs-  
komponenten 20 f.  
Geradauslassdose (Kupfer) 27  
Geradschliffstecker 167  
Geräteanschlussdose (Kupfer)  
26  
Geräteanschlussschnur 28  
Geräteverbindungsschnur 28  
GG45 24  
Glasfaser-Anschlussdose  
106 f.  
Glasfaser-Verteilfeld 36 ff.,  
64 ff., 105 f.  
Glasfaserstecker 36, 63 f., 99 f.
- Harness-Kabel 169, 178  
HE (Höheneinheit) 175  
hierarchische Sternstruktur 9  
Höheneinheit (HE) 175  
horizontal cabling 8  
Horizontalverkabelung 11
- IEC 60304 164  
IEEE Standard for Ethernet  
802.3 46, 78, 118  
IEEE 802.3af 139  
IEEE 802.3at 47, **139**  
IEEE 802.3bt 138 f.  
IEEE 802.3bz 151  
IEEE 802.3ca „Next Genera-  
tion EPON“ 118  
informationstechnischer An-  
schluss 26  
Innen-/Außenkabel 34, 60,  
**163**  
Innenkabel 34 f., 60, 97,  
**162 f.**, 165
- Installationskabel (Glasfaser)  
33 ff., 60 ff., 97 ff.  
Installationskabel (Kupfer)  
6, 11, 15, **22 f.**  
Installationsstrecke **15 ff.**, 22,  
26  
Installations-Switch 70, 181  
interconnection **11 f.**, 16, 57,  
91  
ISO/IEC 11801 2, 46, 78, 117  
ITU-T G.671 118  
ITU-T G.984 118  
ITU-T G.987 118  
ITU-T G.989 118
- Kabel 149  
kaskadierte Splitter 86  
Kategorie (Glasfaser) 158 ff.  
Kategorie (Kupfer) 150  
key 168  
key down to key down 170  
key up to key down 170  
key up to key up 170  
Klasse 150  
Knickschutztülle, gewinkelte  
29 f.  
Kompaktader 62, **162**  
Konfiguration A 15 f.  
Konfiguration B 15 f.  
Konfiguration C 15 f.  
Konfiguration D 15 f.  
Kontaktüberbiegeschutz 47,  
155  
Kosten der Verkabelung 4 f.  
Kupferdatenleitungen 22 f.,  
**152 f.**  
F/FTP 152 f.  
F/UTP 152 f.

- S/FTP 152 f.
- SF/UTP 152 f.
- U/UTP 152 f.
- Kürzel (Kupferkabel) 152
- LC Duplex 36, 63 f., 99 f.,  
**166**
- LC-Stecker 36, 63, **166**
- Lebensdauer (Verkabelung)  
4 f.
- leiterplattenbasierend 25 f.  
Dose 26  
Verteilfeld) 25
- Leitung 149
- Leitungslänge (Glasfaser)  
159 f.
- Leitungslänge (Kupfer) 11
- Linkklasse (Glasfaser) 158
- male (MPO) 165
- Mantelfarben (Glasfaserkabel)  
166
- Methode A 170 ff., 175 f. 179
- Methode B 170 f., 173, 175,  
177, 179
- Methode C 170 f., 174 f.,  
178 f.
- Micro-Switch 70 ff., 185  
managebar 72  
nicht-managebar 72
- Mini-Breakoutkabel 33 ff.,  
60 ff., 97, **161 ff.**
- Mini-Patchkabel (Kupfer) 30 f.
- Minizip 97, **162**
- modular plug terminated link  
(MPTL) 18, 137
- modulare Anschlussdose 26
- modularer Switch 73, **180**
- modulares Verteilfeld (Glas-  
faser) 67
- modulares Verteilfeld (Kupfer)  
25
- Monomodefaser 158
- MPO (multifiber push-on)  
168 ff.
- MPO-Kassette 67
- MPO-Stecker 64, **168 ff.**
- MPO/MTP®-Stecker 168
- MPTL (modular plug termina-  
ted link) 18, 137
- MTP® 168
- multifiber push-on (MPO) 168
- multipath push-on 168
- multiple fibre push-on 168
- Multimodefaser 158
- Multiport-ONT 111
- OLT (Optical Line Terminal)  
84, **109**, 112 f.
- OM2 159
- OM3 159 f.
- OM4 159 f.
- OM5 160
- ONT (Optical Network Ter-  
minal) 84, **110 ff.**
- Multiport-ONT 111
- SPF-ONT 111
- steckbar 111
- ONU (Optical Network Unit)  
110
- Workgroup-ONU 111
- Optical Line Terminal (OLT)  
84, **109**, 112 f.
- Optical Network Terminal  
(ONT) 84, **110 ff.**

- Optical Network Unit (ONU)  
110
- OS1 160
- OS1a 160
- OS2 160
- Outlet 26
- Passive Optical LAN (POL)  
82 ff., 125 ff.
- Passive Optical Network  
(PON) 84
- Patchcord 28
- Patchfeld (Kupfer) 24
- Patchkabel (Glasfaser) 38, 68,  
107 f.
- Patchkabel (Kupfer) 28 ff.
- Patch Panel 24
- Patchpanel 24
- PC (physical contact) **167**  
physical contact (PC) **167**
- Pigtail 33, 37, 62
- PiMF (Paare in Metall-Folie)  
152
- Pin-/Farbzuordnung (RJ45)  
155 f.
- Pin-/Paarzuordnung (RJ45)  
154 ff.
- Pinbelegung (RJ45) 154 ff.  
pinned 168  
permanent link 15 f.
- PoE (Power over Ethernet) 72,  
138 ff.
- PoE+ (Power over Ethernet  
Plus) 72, 138 ff.
- point to multipoint 112
- POL (Passive Optical LAN)  
82 ff., 125 ff.
- PON (Passive Optical Net-  
work) 84
- Potenzialausgleich 49
- Power over Ethernet (PoE) 72,  
138 ff.
- Power over Ethernet Plus  
(PoE+) 72, 138 ff.
- Power via Media Dependent  
Interface 138
- Primärverkabelung 8, 10
- Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbin-  
dung 112
- Querverbindung, 1, 13, 75 f.
- Rangierfeld 24
- Rangierkabel 28, 38, 67, 108
- Rangierschnur 28
- Rangierverteiler **11 f.**, 16, 24,  
57, 91
- Redundanzkonzept  
FTTO 75 ff.  
POL 114 ff.  
strukturierte Verk. 41 ff.
- Registered Jack (RJ) 154
- Remote Powering 47 ff., **138**  
riser 8
- RJ (Registered Jack) 154
- RJ11 47, 156 f.
- RJ12 47, 156 f.
- RJ45 24, 47, **154 ff.**  
Pin-/Farbzuordnung 155 f.  
Pin-/Paarzuordnung 154 ff.  
Pinbelegung 154 ff.  
T568A 155 f.  
T568B 155 f.
- RJ-45 154

- S/FTP 23, 152 f.
- Sammelpunkt 14 ff.
- Sammelpunktkabel 14, **31**
- Sammelpunktstrecke 15 f.
- SC Duplex 36, 63 f., **166**
- SC-Stecker 36, 63, 99 f., **166**
- SC/APC-Stecker 99 f.
- SC UPC-Stecker 99 f.
- Schnur 28
- Schrägauslassdose (Kupfer) 27
- Schrägschliffstecker 167
- Sekundärverkabelung 8, 10
- semi-tight buffer 62, **162**
- service concentration point 134
- SF/UTP 23, **152 f.**
- SFP (small form-factor pluggable) **71**, 73, 111, 137
- SPF-ONT 111
- Singlemodefaser 158
- Single Point of Administration (SPA) 53
- small form-factor pluggable (SFP) 71
- Smart Building 146
- Smart Home 146
- Smart Lighting 146 f.
- Smart Office 80, 146 f.
- SPA (Single Point of Administration) 53
- Spleißverteiler 66 f.
- split ratio 100
- Splitter 84 ff., 100 ff.
  - kaskadiere 86
- ST-Stecker 36, 63 f., **166**
- Stackable Switch 73, 180
- Sternstruktur, hierarchische 9
- stockwerkübergreifende Verkabelung 10
- Strukturierte Verkabelung 6 ff., 124, 127 ff.
- Switch 39 f., 69 ff., 180 ff.
  - Access-Switch 181
  - Aggregation-Switch 39 f., 73, 129, **184 f.**
  - Core-Switch 39 f., 73 f., 129, **181 ff.**
  - Distribution Switch 73, **184**
  - Edge-Switch 39 f., 129, **180 ff.**
  - Installations-Switch 70, 185
  - Micro-Switch **70 ff.**, 185
  - modular 73, **180**
  - Stackable Switch 73, 180
- T568A 155 f.
- T568B 155 f.
- TDMA (time domain multiple access) 113
- Teilungsverhältnis (Splitter) 100
- TERA 24
- Tertiärverkabelung 8, 11
- TIA/EIA-568 155
- TIA/EIA-568-A 155
- TIA/EIA-568-B 155
- tight buffer 62, **162**
- time domain multiple access (TDMA) 113
- Trunkkabel 169
- Typ A (Verkabelung) 134 f.
- Typ B (Verkabelung) 134 f.
- U/FTP 152
- U/UTP 23, **152 f.**

- Übertragungsstrecke 15 ff.  
Übertragungsstreckenklasse 150  
ultra physical contact 167  
ultra polished contact (UPC) 167  
ungeschirmte Verkabelungskomponenten 20 f.  
Universalkabel 34 f., 60 f., 97, 163  
unpinned 168  
UPC (ultra polished contact) 167  
Uplink 39, 69 f.  
Upstream 121
- VDE 0888-100-1 Beiblatt 1 164  
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., 61 f., **161 f.**  
Verteilerfeld 24  
Verteilfeld (Glasfaser) 36 ff., 64 ff., 105 f.  
Verteilfeld (Kupfer) 24 ff.  
Verteilfeld, modulares 25  
verteilte Gebäudedienste 18, 134 f.  
Vollader 62, **162 f.**  
vorkonfektionierte Kabel 62 f., 67, 98 f.
- Wireless LAN (Verkabelung) 131 ff.  
Workgroup-ONU 111
- Zeitmultiplex-Verfahren 113  
Zentralbündelader 33 f., **161 f.**  
Zipcord 97, **161 f.**  
Zone Splitting 86, 89  
zusammengefasste Lichtwellenleiter-Übertragungsstrecke 50  
Zweiwegeführung 41, 77, 116