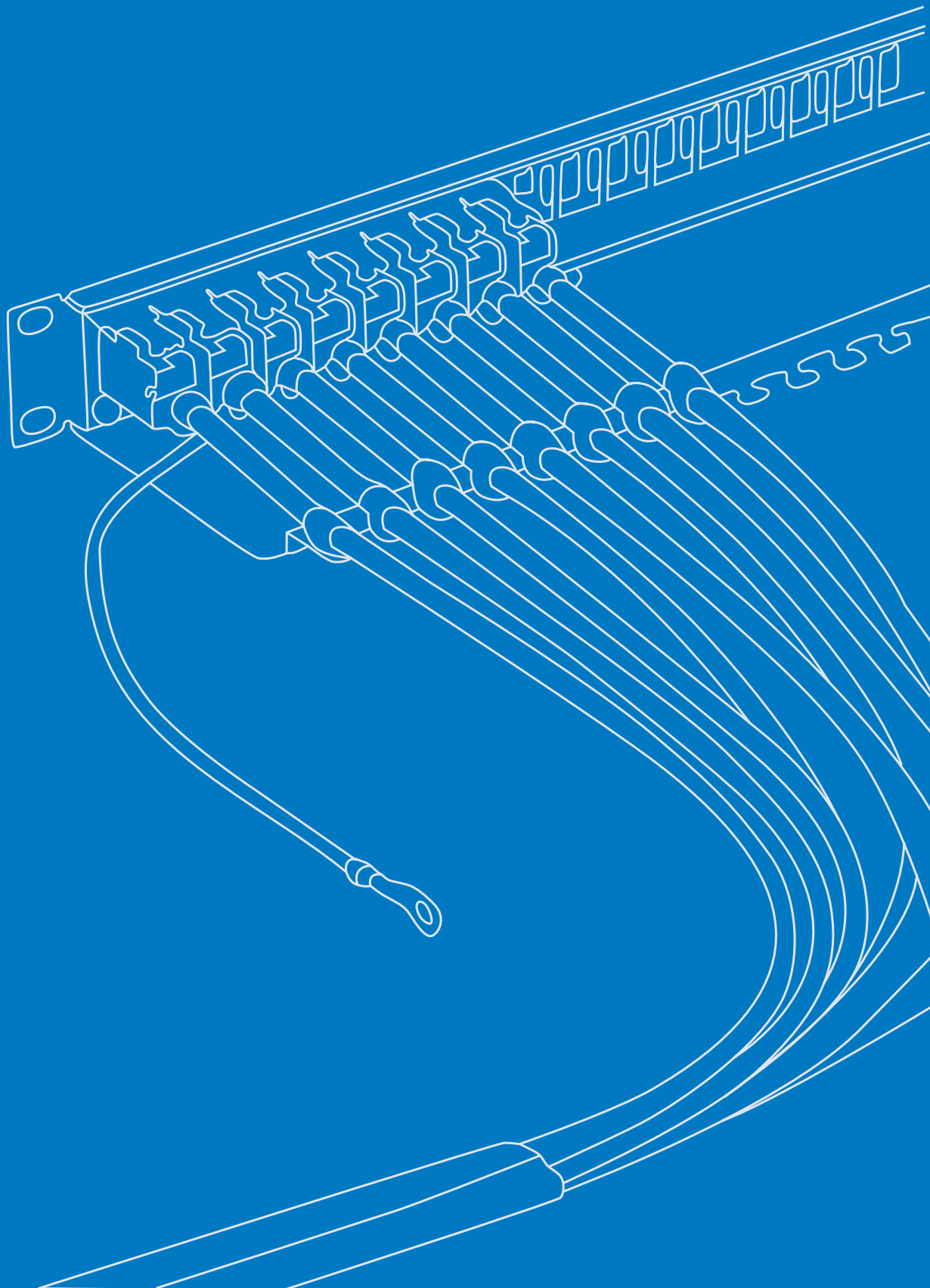


# BASISWISSEN KOMPAKT



# ALLGEMEINES

Die Geschichte der Datentechnik ist untrennbar mit den Entwicklungen der Verkabelung und der Anschlussstechnik verbunden. Ohne entsprechende Kabel und Leitungen und ohne qualitativ hochwertige Anschluss- und Verbindungskomponenten sind leistungsfähige Datennetze (engl. local area networks, kurz LANs) nicht möglich.

Angesichts von Hochgeschwindigkeitsnetzen wie 40 Gigabit- und 100 Gigabit Ethernet ist es heute kaum noch vorstellbar, dass Datennetze ihren Ursprung in der Telefonverkabelung haben. Schon früh war Telegärtner maßgeblich an richtungsweisenden Entwicklungen beteiligt.

Die Ethernet-Variante 10Base-2 verwendete Koaxialkabel. Um für Änderungen und Erweiterungen nicht jedes Mal sämtliche Endgeräte herunterfahren zu müssen, entwickelte Telegärtner mit der EAD eine unterbrechungsfreie Anschlussdose, die es erlaubte, Endgeräte während des laufenden Betriebes des Datennetzes ein- oder auszustecken. Bald darauf kam die geschirmte Variante scEAD („screened EAD“) auf den Markt, die bis ins 21. Jahrhun-



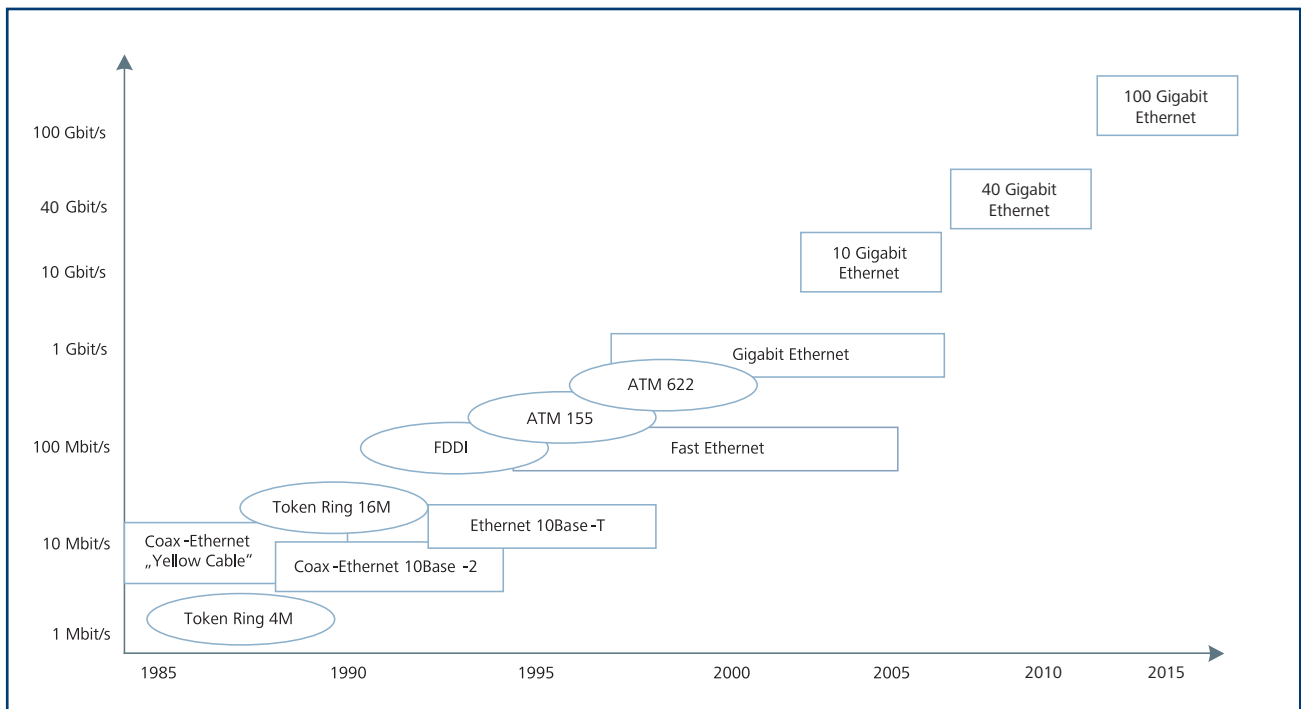
EAD/scEAD



TAE-Anschlussdose

dert genutzt wurde.

Ethernet entwickelt sich ständig weiter, was immer höhere Datenraten ermöglicht. So sind Stand 2019 über Kupferdatenleitungen 10 Gbit/s über bis zu 100 Meter und 25/40 Gbit/s über bis zu 30 Meter möglich. Ansätze, 25 Gigabit Ethernet über Kupferdatenleitungen über bis zu 50 Meter zu übertragen, sind recht vielversprechend.



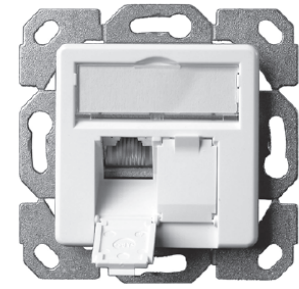
**Entwicklung der LAN-Technologie:** Ethernet hat sich zur einzig wichtigen LAN-Technik entwickelt. Am gebräuchlichsten sind mittlerweile Gigabit Ethernet mit 1 Gbit/s und 10 Gigabit Ethernet mit 10 Gbit/s. Für sehr schnelle Verbindungen werden 40 und 100 Gigabit Ethernet verwendet.

# KUPFERNETZE

## Strukturierte Verkabelung

Die Forderung nach herstellerunabhängigen, dienstneutralen Verkabelungen führte zur internationalen Norm ISO/IEC 11801, auf der die deutschsprachige DIN EN 50173 basiert. Sie beschreibt eine strukturierte Verkabelung, die unabhängig von der aktuellen Nutzung der zu verkabelnden Räume und unabhängig von irgendwelchen LAN-Technologien ausgeführt werden soll. In dieser Norm sind Anforderungen an die einzelnen Komponenten und an die komplette Übertragungsstrecke sowie entsprechende Prüfvorgaben enthalten.

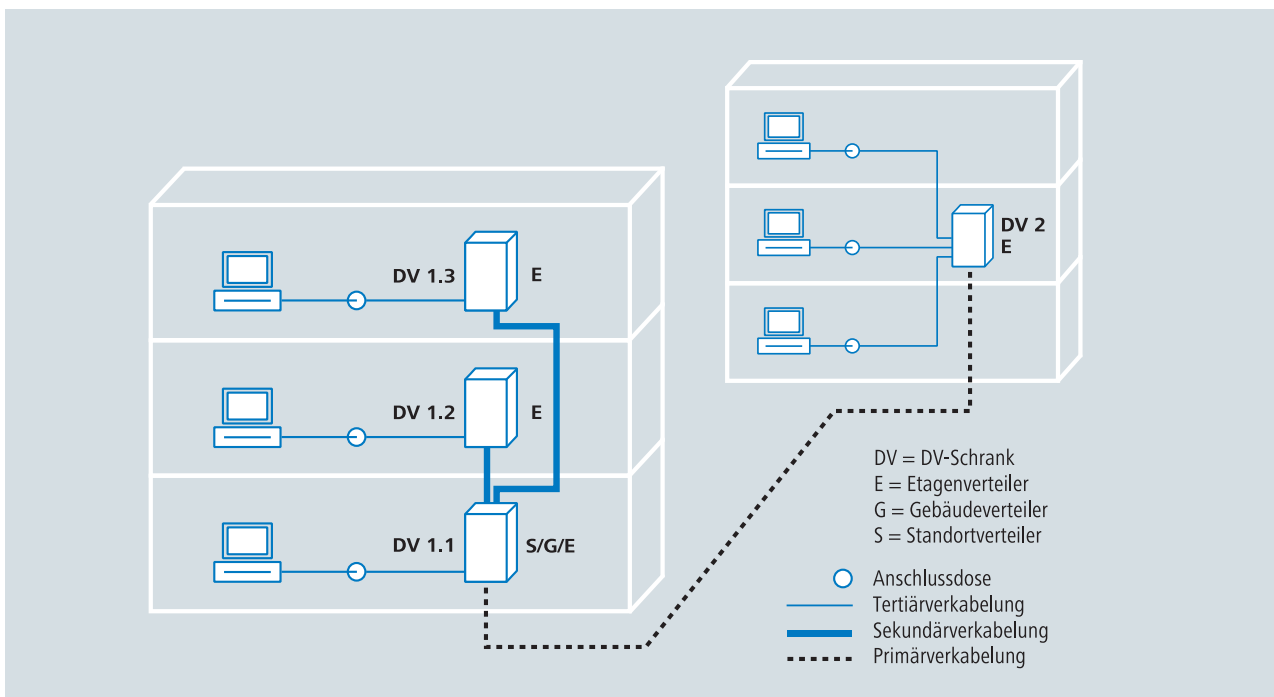
Eine strukturierte Verkabelung gliedert sich in Primär-, Sekundär- und Tertiärverkabelung. Die Primärverkabelung verläuft zwischen den einzelnen Gebäuden desselben Standortes. Sie besteht mit Ausnahme von Telefonkabeln fast ausschließlich aus Glasfaserkabeln, die von jedem Gebäude zu einem zentralen Standortverteiler verlaufen. Als Sekundärverkabelung werden die Leitungen zwischen getrennten Datenverteilern innerhalb eines Gebäudes bezeichnet. Sie laufen von den einzelnen Verteilern sternförmig zu einem Gebäudeverteiler. In jeder Etage eines Bürogebäudes sollte nach Norm (DIN EN 50173-2:2018) mindestens ein so genannter Etagenverteiler installiert werden, es ist aber zulässig, mehrere spärlich besiedelte Etagen vom Verteiler der darüber oder darunter liegenden Etage zu erschließen.



Beispiel für eine RJ45-Anschlussdose von Telegärtner

Vom Etagenverteiler verlaufen die Datenleitungen zu den Anschlussdosen, was als Tertiärverkabelung bezeichnet wird. Hier werden hauptsächlich Kupferdatenleitungen (Twisted Pair) und Anschlussdosen/Verteilerfelder mit RJ45-Buchsen eingesetzt. Glasfaserleitungen (LWL) bis zum Arbeitsplatz können je nach Bauvorhaben oder Netzgröße eine interessante Alternative darstellen. Das Telefonnetz wird meist ebenfalls über Datenleitungen realisiert, für Telefonanschlüsse ist lediglich eine andere Pinbelegung erforderlich; sind alle acht Adern einer Leitung in der RJ45-Buchse aufgelegt, kann sie wahlweise für Telefon oder EDV verwendet werden.

Eine Telefon- und EDV-Verteilung über dieselbe Netzwerk-Infrastruktur nennt man auch converged network (engl. to converge = zusammenlaufen).



Beispiel zur strukturierten Verkabelung

# DIN EN 50173

Die erste Fassung der DIN EN 50173 erschien bereits 1995. Sie wurde seitdem mehrfach überarbeitet und ergänzt, um mit den Anforderungen ständig steigender Datenraten Schritt zu halten.

Aktuell werden in Bürogebäuden Komponenten für 10 Gigabit Ethernet bis 500 MHz (Klasse E<sub>A</sub> / Kategorie 6<sub>A</sub>) in Netzwerken eingesetzt, in Rechenzentren für 40 Gigabit Ethernet bis 2.000 MHz (Klasse I / Kategorie 8.1)

Mittlerweile ist aus der DIN EN 50173 eine sechsteilige Normenserie geworden, deren einzelne Teile sich mit verschiedenen Anwendungsfällen befassen:

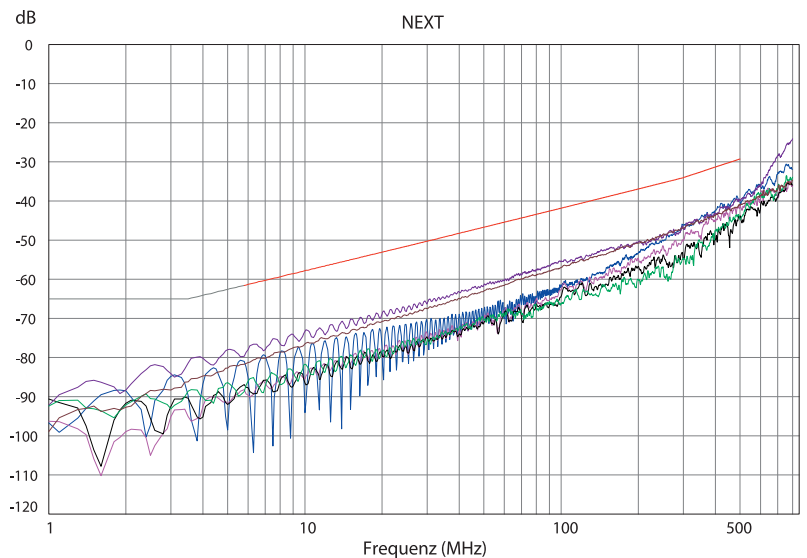
- DIN EN 50173-1:2018 Allgemeine Anforderungen
- DIN EN 50173-2:2018 Bürogebäude
- DIN EN 50173-3:2018 Industriell genutzte Standorte
- DIN EN 50173-4:2018 Wohnungen
- DIN EN 50173-5:2018 Rechenzentren
- DIN EN 50173-6:2018 Verteilte Gebäudedienste

Hohe Systemreserve der Telegärtner Anschluss-Komponenten Cat.6<sub>A</sub> gemessen im 90 m Permanent Link Class E<sub>A</sub> nach ISO/IEC 11801

# ISO/IEC 11801

Die international gültige Normenserie für die anwendungsneutrale Verkabelung ist die ISO/IEC 11801. Sie entspricht weitgehend der DIN EN 50173 und besitzt seit November 2017 auch dieselbe Gliederung in sechs Teile:

- ISO/IEC 11801-1:2017: General requirements
- ISO/IEC 11801-2:2017: Office premises
- ISO/IEC 11801-3:2017: Industrial premises
- ISO/IEC 11801-4:2017: Single-tenant homes
- ISO/IEC 11801-5:2017: Data centres
- ISO/IEC 11801-6:2017: Distributed building services



# TIA-568

In den USA gibt es neben der international gültigen ISO/IEC 11801 noch die TIA-568 als wichtige Verkabelungsnorm. Sie liegt mittlerweile in ihrer fünften Fassung vor. Als TIA-568-D ersetzt sie alle vorangegangenen Ausgaben. Die Werte für die Verkabelungskomponenten und für Installations- und Übertragungsstrecke unterscheiden sich teilweise von den Werten der ISO/IEC 11801 und damit der DIN EN 50173.

Die TIA-568 gilt grundsätzlich nur in Nordamerika, es sei denn, sie ist in Projekten ausdrücklich festgelegt.

Die TIA-568-D gliedert sich in fünf Teile:

- TIA-568.0-D: Generic Telecommunications Cabling for Customer Premises
- TIA-568.1-D: Commercial Building Telecommunications Infrastructure Standard
- TIA-568.2-D: Balanced Twisted-Pair Telecommunications Cabling and Components Standard
- TIA-568.3-D: Optical Fiber Cabling and Components Standard
- TIA-568.4-D: Broadband and Coaxial Cabling and Components Standard

# Installationsstrecke (Permanent Link) und Übertragungsstrecke (Channel)

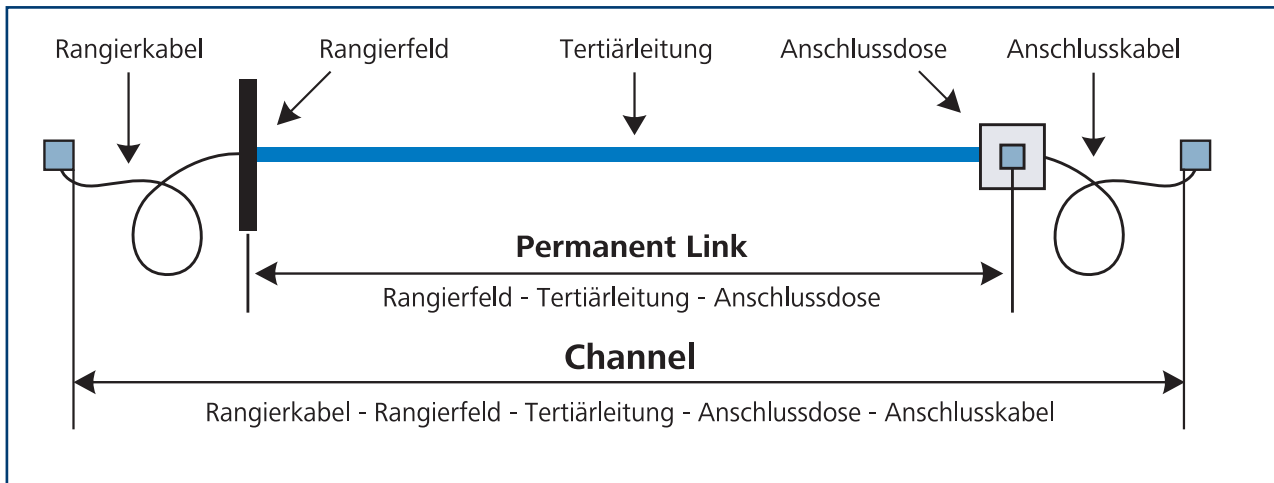
Die DIN EN 50173 unterscheidet bei der verkabelten Strecke zwischen Installations- und Übertragungsstrecke.

Die Installationsstrecke (engl. permanent link) enthält die fest verlegten bzw. fest angeschlossenen Komponenten, sie besteht also typischerweise aus Verteilfeld, Verlegekabel und Anschlussdose.

Die Übertragungsstrecke (engl. channel) ist die gesamte Verbindung zwischen zwei Geräten, beispielsweise einem PC und einem Switch im DV-Schrank, einschließlich aller Rangier- und Anschlusskabel (also Installationsstrecke

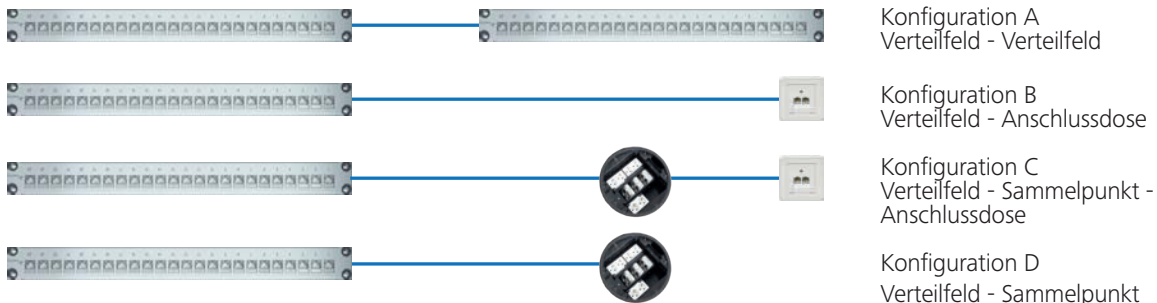
zuzüglich Verbindungs- und Anschlusskabel).

Die Übertragungsstrecke wird meist nur bei der Fehlersuche gemessen um sicherzustellen, dass sämtliche Komponenten der Verkabelung fehlerfrei arbeiten. Nach der Installation der Verkabelung wird fast immer nur die Installationsstrecke gemessen. Der Grund dafür ist einfach: Würden bei der Abnahme Protokolle der Übertragungsstrecke gefordert, dann müssten die gemessenen Anschlusskabel in allen Dosen und Verteilfeldern eingesteckt bleiben.



Beispiel für Permanent Link und Channel

DIN EN 50173-2:2018 sieht vier verschiedene Ausführungen („Konfigurationen“) für die Installationsstrecke vor.



Beispiele für die Konfigurationen der Installationsstrecke nach DIN EN 50173-2:2018

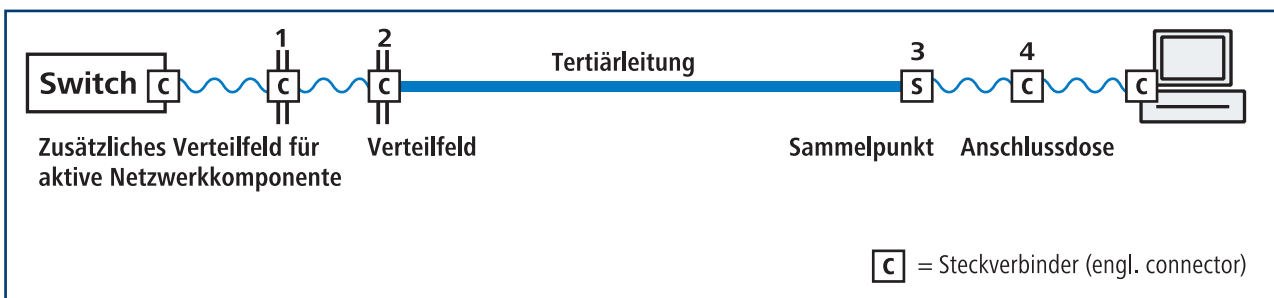
# Verkabelungsstrecken mit 2, 3 und 4 Steckverbindungen

Eine Verkabelungsstrecke darf nach Norm bis zu vier Steckverbindungen enthalten. Die Steckverbindungen an den aktiven Komponenten und den Endgeräten werden dabei nicht berücksichtigt.

Installations- und Übertragungsstrecke enthalten im einfachsten Fall zwei Steckverbindungen: eine am Verteilfeld, eine an der Anschlussdose.

Als weitere Steckverbindung kann die Strecke einen Sammelpunkt (engl. consolidation point) in der Nähe der

Anschlussdosen enthalten. Dies wird beispielsweise in Großraumbüros gerne so umgesetzt. Auch der Verteiler kann eine weitere Steckverbindung enthalten, wenn die aktive Komponente (beispielsweise ein Switch) auf ein eigenes Verteilfeld geführt wird; die Rangierungen erfolgen dann zwischen dem Verteilfeld der aktiven Komponente und dem Verteilfeld der Tertiärverkabelung statt direkt zwischen Switch und Tertiär-Verteilfeld. Dieses Vorgehen wird als „cross-connection“ bezeichnet.

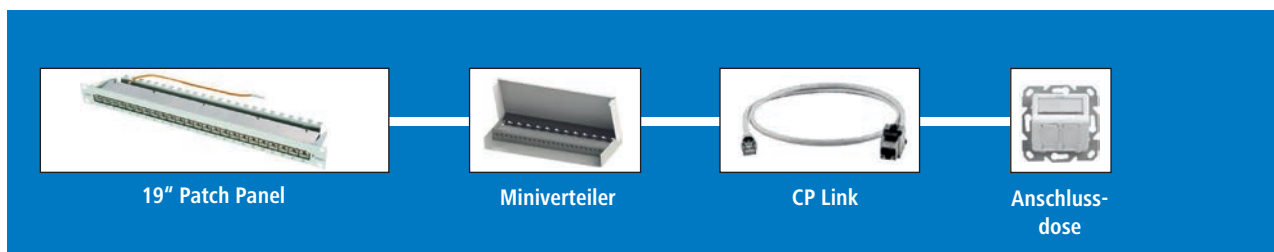


Übertragungsstrecke mit vier Steckverbindungen

# Verkabelungen mit Sammelpunkt (Consolidation Point)

Manchmal kann es sinnvoll sein, die Leitungen der Tertiärverkabelung gebündelt zu einem gemeinsamen Punkt, dem so genannten Sammelpunkt (engl. consolidation point), zu bringen und dort auf Dosen oder einen kleinen Zwischenverteiler aufzulegen. Von ihm werden Leitungen zu beweglichen oder fest montierten Dosen geführt, an die dann PCs oder andere Endgeräte angeschlossen werden. Sammelpunkte können beispielsweise kleine Zwischenver-

teiler in abgehängten Decken oder Doppelböden in Großraumbüros oder Industriehallen sein, bei denen Bodenplatten oder Installationsäulen mit Anschlussdosen je nach wechselnder Nutzung flexibel angeordnet werden. Auch Bodentanks können als Sammelpunkte eingesetzt werden, wenn beispielsweise nicht Endgeräte, sondern Zuleitungen zu EDV-Möbeln, die wiederum Anschlussdosen enthalten, dort angeschlossen werden.



Beispiel für eine Verkabelung mit Consolidation Point

# Klasse und Kategorie

DIN EN 50173-1 definiert verschiedene Leistungsklassen sowohl für die verkabelte Strecke, als auch für die einzelnen Komponenten, aus denen sie besteht. Die Netzanwendungskategorie (kurz Klasse) bezieht sich immer auf die installierte Verkabelungsstrecke, die Kategorie nur auf eine einzelne Komponente, beispielsweise das Kabel oder die Anschlussdose alleine, und wird vom Hersteller oder einem Prüflabor gemessen. Im Feld ist immer nach Klassen zu messen.

## Verkabelungsklassen nach DIN EN 50173-1:

Klasse D: bis 100 MHz, geeignet für Datenraten bis 1 Gbit/s  
Klasse E: bis 250 MHz, geeignet für Datenraten bis 1 Gbit/s  
Klasse E<sub>A</sub>: bis 500 MHz, geeignet für Datenraten bis 10 Gbit/s  
Klasse F: bis 600 MHz, für Multimedia-Anwendungen  
Klasse F<sub>A</sub>: bis 1.000 MHz, für Multimedia-Anwendungen  
Klasse I: bis 2.000 MHz, für Datenraten bis 40 Gbit/s  
Klasse II: bis 2.000 MHz, für Datenraten bis 40 Gbit/s

## Komponentenkategorien nach DIN EN 50173-1:

Kategorie 5: bis 100 MHz, geeignet für Datenraten bis 1 Gbit/s  
Kategorie 6: bis 250 MHz, geeignet für Datenraten bis 1 Gbit/s  
Kategorie 6<sub>A</sub>: bis 500 MHz, geeignet für Datenraten bis 10 Gbit/s  
Kategorie 7: bis 600 MHz, für Multimedia-Anwendungen  
Kategorie 7<sub>A</sub>: bis 1.000 MHz, für Multimedia-Anwendungen  
Kategorie 8.1: bis 2.000 MHz, für Datenraten bis 40 Gbit/s  
Kategorie 8.2: bis 2.000 MHz, für Datenraten bis 40 Gbit/s

## Klasse I/II und Kategorie 8.1/8.2

Übertragungsstrecken der Klassen I und II sind für eine maximale Länge von 30 m spezifiziert. Dabei entfallen 24 m auf das Verlegekabel (Installationsstrecke) und jeweils 3 m für Patch-/Anschlusskabel an beiden Enden.

Kategorie 8.1 baut auf der Kategorie 6<sub>A</sub> auf. Sie sieht den RJ45 nach IEC 60603-7-81 als Steckverbinder vor und ist rückwärtskompatibel zu den Kategorien 5, 6 und 6<sub>A</sub>. Kategorie 8.2 baut auf der Kategorie 7<sub>A</sub> auf. Sie ist rückwärtskompatibel zu allen Kategorien inklusive 7 und 7<sub>A</sub>, sieht jedoch einen nicht-RJ45-kompatiblen Stecker wie beispielsweise TERA nach IEC 61076-3-104, GG45 oder ARJ45 nach IEC 60603-7-82 vor. Da IEEE die 40-Gigabit-Ethernet-Variante 40GBASE-T für einen RJ45-kompatiblen Stecker spezifiziert hat, sind Verkabelungen mit Komponenten der Kategorie 8.2 äußerst selten.

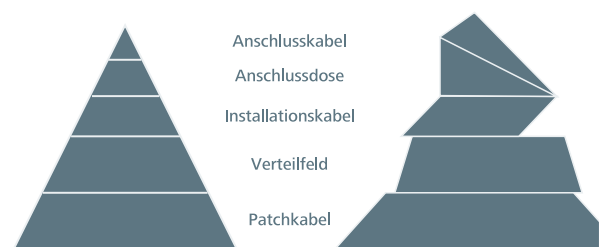
Nach der Standardisierung von 40GBASE-T nahm das IEEE noch die Ethernet-Variante 25GBASE-T auf. Statt 40 Gbit/s bietet sie mit nur 25 Gbit/s etwas mehr als die halbe Datenrate. Sie verwendet Verkabelungskomponenten, die die Anforderungen der Kategorie 8.1 lediglich bis 1250 MHz erfüllen. Im Umkehrschluss bedeutet das: Bei Komponenten der Kategorie 8.1 ist zu prüfen, ob sie die Vorgaben der DIN EN 50173-1:2018-10 über den vollen Frequenzbereich bis 2000 MHz erfüllen. Erfüllen sie die Normvorgaben lediglich bis 1250 MHz, dann bieten sie mit 25 Gbit/s nur noch etwas mehr als die halbe Datenrate.

Zur Schreibweise von Kategorie 6<sub>A</sub> und Category 6A: Ursprünglich wurde ein kleines „a“ verwendet, später einigten sich TIA und ISO auf die Verwendung eines großen „A“. Während ISO (und damit später auch Cenelec) das „A“ tiefstellen („A“), verwendet die TIA es auf gleicher Höhe wie die „6“:

Link und Channel nach ISO: Klasse E<sub>A</sub>  
Link und Channel nach TIA: Category 6A link  
Komponente nach ISO: Kategorie 6<sub>A</sub>  
Komponente nach TIA: Category 6A

# Abgestimmte Systeme und Mix & Match

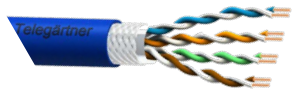
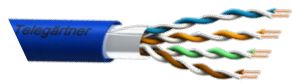
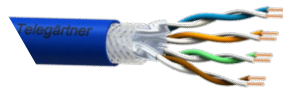
Obwohl die Verkabelungsnormen geschrieben wurden, um Komponenten verschiedener Hersteller innerhalb derselben Übertragungsstrecke verwenden zu können, kann ein Herstellermix zu Problemen führen. Die Normen gestatten einen relativ großen Toleranzbereich und es kommen in den Komponenten je nach Hersteller verschiedene Verfahren zur Kompensation elektromagnetischer Beeinflussungen zum Einsatz. In der Praxis kommt es durchaus vor, dass Komponenten, die nicht aufeinander abgestimmt sind, zu Signalreflexionen und dadurch zu hohen Bitfehlerraten führen. Höhere Antwortzeiten sind die Folge, das Datennetz arbeitet weit unter seiner vorgesehenen Leistung.



Abgestimmte und nicht abgestimmte Systeme

# Kupferdatenleitungen

Kupferdatenleitungen werden nach ihrer Leistungsfähigkeit (Komponentenkategorie) und ihrem Aufbau unterschieden. Bei den Bezeichnungen für den Kabelschirm steht links das Kürzel für den äußeren Gesamtschirm einer Leitung, danach – durch einen Schrägstrich getrennt – ein eventuell vorhandener Schirm der einzelnen Paare. Dabei steht „S“ für ein Geflecht feiner Drähte, „F“ für eine Folie. „TP“ steht für die Leitungsart Twisted Pair, auf deutsch „verdrilltes Aderpaar“.



Kupferdatenleitungen (Twisted Pair) werden nach dem Aufbau des Kabelschirmes unterschieden:

S/FTP  
gemeinsamer Geflechtschirm (S), einzelne Paare jeweils von einem Folienschirm umgeben (FTP)

F/UTP  
gemeinsamer Folienschirm (F), einzelne Paare ungeschirmt (UTP)

SF/UTP  
gemeinsamer Schirm aus Geflecht und Folie (SF), einzelne Paare ungeschirmt (UTP)

U/UTP  
kein gemeinsamer Schirm (U), einzelne Paare ungeschirmt (UTP)

Kupferdatenleitungen gibt es in massiver, eindrätiger Ausführung (eng. solid) und als flexible, mehrdrätige Leitungen (engl. stranded).





# Verbindungstechnik

Schon vor Jahren hat sich der RJ45-Stecker als dominierender Stecker für Kupfernetze durchgesetzt. Formell ist der Begriff „RJ45“ (oder „RJ-45“) nicht genormt, wird in der Praxis jedoch weltweit verwendet. Eindeutiger ist die amerikanische Bezeichnung 8P8C, wobei das „P“ für „positions“ (Positionen für Kontakte) und „C“ für „contacts“ (tatsächlich vorhandene Kontakte) steht. Der 8P8C besitzt somit auch Positionen für Kontakte, von denen alle acht auch belegt sind.

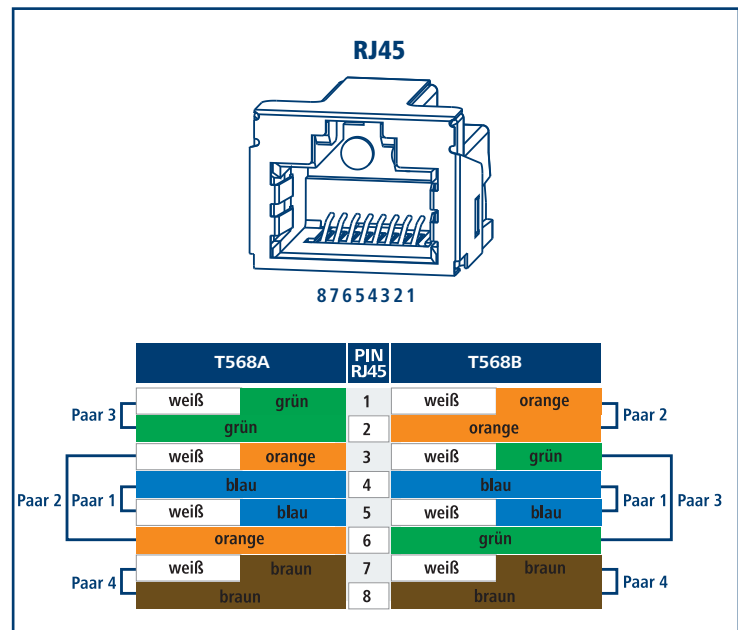
Die Normenserie EN 60603-7 (international IEC 60603-7) definiert den RJ45 in geschirmter und ungeschirmter Ausführung in verschiedenen Leistungsstufen, von Kategorie 5 bis Kategorie 8.1.

Die amerikanische Norm ANSI/TIA-568 sieht prinzipiell zwei verschiedene Möglichkeiten vor, achtadrige Leitungen auf RJ45-Buchsen und Stecker aufzulegen: T568A und T568B. Die Farbzurordnung T568A kommt ursprünglich aus dem Militärbereich und ist für US-Behörden noch immer vorgeschrieben.

Die Farbzurordnung nach TIA steht nicht im Widerspruch zur DIN EN 50173. Die verweist auf die DIN EN 50174, die zwei Auflegeschemata als „Option A“ und „Option B“ enthält. Welche der beiden Möglichkeiten gewählt wird, ist aus technischer Sicht egal. Wichtig ist nur, dass eine Leitung an beiden Enden nach dem selben Schema aufgelegt wird.

Die Farbzurordnung nach TIA steht nicht im Widerspruch zur DIN EN 50173. Die verweist auf die DIN EN 50174, die zwei Auflegeschemata als „Option A“ und „Option B“ enthält. Welche der beiden Möglichkeiten gewählt wird, ist aus technischer Sicht egal. Wichtig ist nur, dass eine Leitung an beiden Enden nach dem selben Schema aufgelegt wird.

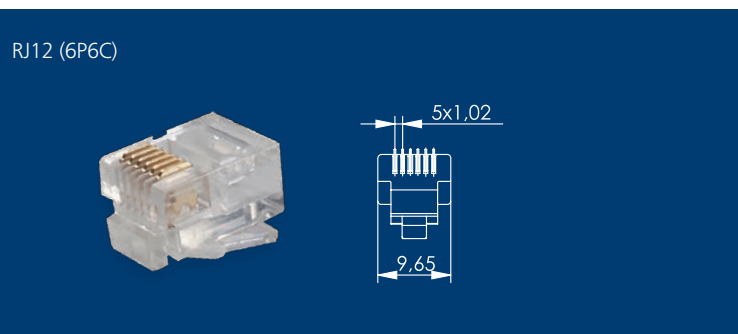
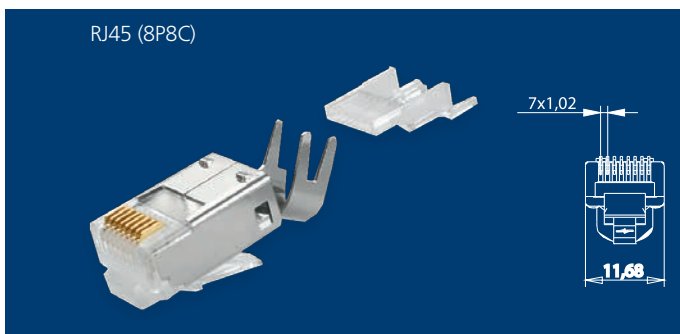
RJ45-Buchsen sollten einen integrierten Kontaktüberbiegeschutz besitzen. Wird ein Telefon oder Faxgerät mit RJ11- oder RJ12-Stecker an eine RJ45-Buchse angeschlossen, dann können die äußeren Kontakte 1/2 und 7/8 der RJ45-Buchse beschädigt werden. RJ11- und RJ12-Stecker ähneln zwar dem RJ45, sie sind jedoch schmaler. Mit einem integrierten Kontaktüberbiegeschutz wird die Beschädigung



RJ45 Pin- und Farbzurordnung

der Kontakte wirksam verhindert. Damit ist auch nach häufigen Fehlsteckungen gewährleistet, dass höchste Datenraten zuverlässig übertragen werden können.

Eine andere Bezeichnung für den RJ12 ist 6P6C (Stecker mit sechs Kontaktpositionen, von denen sechs belegt sind).



In Anwendungen der Industrie und des Transportwesens wird zunehmend der Rundsteckverbinder mit metrischem Gewinde des Typs M12 und M8 eingesetzt. Die Schraubverriegelung dieser Steckverbinder sorgt auch bei Vibrationen für eine zuverlässige Verbindung.

Der M12 D-kodiert nimmt vier Adern auf, erfüllt die Anforderungen der Kategorie 5 und bietet Datenraten bis einschließlich 100 Mbit/s.

Der M12 X-kodiert nimmt bei gleichen Abmessungen wie der M12-D vier Aderpaare auf, die durch ein Schirmkreuz auch im Kontaktbereich vollständig gegeneinander geschirmt sind. Der M12-X erfüllt die Anforderungen der Kategorie 6<sub>A</sub> und bietet Datenraten bis einschließlich



Der Rundsteckverbinder M12x1 X-codiert bietet Datenraten bis einschließlich 10 Gbit/s.

10 Gbit/s.

Der M8 nimmt wie der M12-D vier Adern auf, erfüllt die Anforderungen der Kategorie 5 und bietet Datenraten bis einschließlich 100 Mbit/s. Er ist jedoch deutlich kleiner als der M12 und eignet sich somit für Anwendungen, in denen nur wenig Raum zur Verfügung steht.

## Platinen- und Modultechnik

Immer höhere technische Anforderungen an die Verkabelungsstrecke und ein gleichzeitig immer höherer Zeitdruck bei der Montage und Verarbeitung konnten mit der Modultechnik erfolgreich gelöst werden. Wurden Anschlussdosen und Verteilfelder früher bevorzugt auf der Basis von Leiterplatten (Platinen) gefertigt, auf welche die Anschlussblöcke und RJ45-Buchsen gelötet wurden, so werden bei der Modultechnik einzelne, separate RJ45-Buchsen an den einzelnen Kabelenden montiert. Jedes Kabel wird also an beiden Enden auf separate Module aufgelegt. Die Buchsen werden dann nur noch in das Verteilfeld oder die Anschlussdose eingerastet. Die Modultechnik führt zu besseren Übertragungstechnischen Werten sowie zu einem deutlichen Zeitgewinn beim Auflegen der Kabel und der Montage der Dosen und Verteilfelder. Darüber hinaus bietet sie den Vorteil, dass einzelne Kabelstrecken einfacher und damit kostengünstiger nachgerüstet werden können als bei herkömmlichen Verteilfeldern.

Verlegekabel können mittlerweile aber nicht mehr nur an Dosen und Module angeschlossen werden. Werden Verlegekabel direkt mit einem Stecker abgeschlossen, können sie beispielsweise direkt in ein Wetterschutzgehäuse von Überwachungskameras eingeführt werden. Eine zusätzliche Anschlussdose in Kameranähe entfällt. Diesen Vorteil machen sich auch Anlagenverkabelungen in der industriellen Fertigung zunutze, und auch bei Home-Office-Verkabelungen kann auf Anschlussdosen, für die oftmals kein Platz vorhanden ist, verzichtet werden. Gute Stecker können mit geringem Aufwand vor Ort konfektioniert werden und eignen sich universell für Anwendungen von der Telefonie bis 40 Gigabit Ethernet.



Der MFP8 von Telegärtner: werkzeuglos feldkonfektionierbar in weniger als 60 Sekunden und geeignet für Netze bis 40 Gigabit Ethernet

## Power over Ethernet (PoE)

Bei Power over Ethernet werden die Endgeräte über die Datenleitung mit Strom versorgt. Das Normungsgremium IEEE hat im Standard IEEE 802.3 und seinen Ergänzungen die dafür notwendige Technik definiert: Bei PoE und besonders bei PoE+ und 4PPoE sind qualitativ hochwertige Anschlusskomponenten (Anschlussdosen / Verteilfelder) außerordentlich wichtig, denn die filigranen Kontakte führen nun Daten und Strom gleichzeitig.

Dem Design der Kontakte kommt dabei eine besondere Bedeutung zu. Wird eine RJ45-Steckverbindung getrennt, während das Endgerät noch über die Datenleitung mit Strom versorgt wird, entstehen Abreißfunken, die die feinen Kontakte von Stecker und Buchse beschädigen. Die Funken

können technisch nicht vermieden werden, daher ist es wichtig, die Kontakte so zu gestalten, dass der Bereich, in dem die Daten übertragen werden, weit von dem Bereich entfernt ist, in dem die Beschädigungen durch Abreißfunken auftreten. So ist gewährleistet, dass auch nach wiederholtem Ausstecken unter Last dennoch die volle Datenrate übertragen werden kann.

### Telegärtner Tipp

Das Trennen einer RJ45-Verbindung unter Last ist nicht als Regelbetrieb vorgesehen und sollte unbedingt vermieden werden. Bei Steckverbindern von Telegärtner liegt der Bereich, in dem Beschädigungen durch Abreißfunken auftreten, weit von dem Bereich entfernt, in dem die Daten übertragen werden. Dies gibt dem Anwender die Sicherheit, dass die Steckverbindung auch nach wiederholtem versehentlichem Ausstecken unter Last zuverlässig funktioniert.

### Verschiedene Power over Ethernet-Arten

	Norm	Jahr	Leistung am Endgerät typ.	Stromstärke pro Aderpaar
PoE	IEEE 802.3af	2003	12,95 W	350 mA
PoE+	IEEE 802.3at	2009	25,5 W	600 mA
4PPoE	IEEE 802.3bt	2019	51,0 W 71,3 W	600 mA 960 mA

## De-embedded/Re-embedded

Verkabelungen für Hochleistungsnetze erfordern eine anspruchsvolle Messtechnik. Dies gilt ganz besonders für die Komponenten, die in ihrem Zusammenspiel höchste Datenraten übertragen sollen. Für Komponenten der Kategorie 6 wurde die De-embedded-Messmethode entwickelt. Dabei wird eine Buchse gegen 12 verschiedene Referenzstecker gemessen, um die ganze Bandbreite für das in Deutschland so beliebte Mix & Match, dem Mischen von Produkten verschiedener Hersteller innerhalb einer Verkabelungsstrecke, zu erfassen. Naturgemäß erhält man verschiedene Werte für die verschiedenen Stecker und mit allen müssen Ergebnisse innerhalb der Normvorgaben erzielt werden.

Die De-embedded-Messmethode ist hinreichend genau für Komponenten der Kategorie 6 bis 250 MHz und Datenraten bis 1 Gbit/s. Trotz des großen Aufwandes ist sie für die Messung von Komponenten der Kategorie 6<sub>A</sub> bis 500 MHz und Datenraten bis 10 Gbit/s jedoch nicht zuverlässig genug. Hat man bei der De-embedded-Methode eine zu prüfende Buchse einzeln betrachtet (engl. to embed = „einbetten“, de-embed = „ausbetten“), so betrachtet man bei der Re-embedded-Methode (re-embed = „wieder einbetten“) die Buchse wieder im Gesamtzusammenhang. Bei der Re-embedded-Messmethode wird ein Referenz-Stecker verwendet, dessen Werte sehr genau ermittelt wurden. Bei dieser Messmethode werden zwei Messaufnahmen an einen Netzwerkanalysator angeschlossen. Eine enthält eine fest eingelötete Aufnahme für den Referenzstecker, an die

zweite wird die zu messende Buchse mit kurzen verdrehten Aderpaaren angeschlossen. Dann werden die beiden Aufnahmen zusammengesteckt und gemessen.

Der Re-embedded-Messaufbau mit mehreren Platinen nach IEC 60512 ist Telegärtner jedoch noch immer nicht genau genug: Das Telegärtner-Messlabor verbindet die Platine der Messbuchse direkt mit dem Netzwerkanalysator über Koaxleitungen. Der Vorteil: Störende NEXT-Einflüsse werden minimiert, ebenso Beeinflussungen von Aderpaaren untereinander bei Messleitungen mit verdrehten Adern. Durch den speziellen Messaufbau mit Koaxleitungen sind noch genauere Messergebnisse als mit dem Aufbau nach IEC 60512 möglich.

### Telegärtner Real-Time Re-Embedded Cat.6<sub>A</sub>

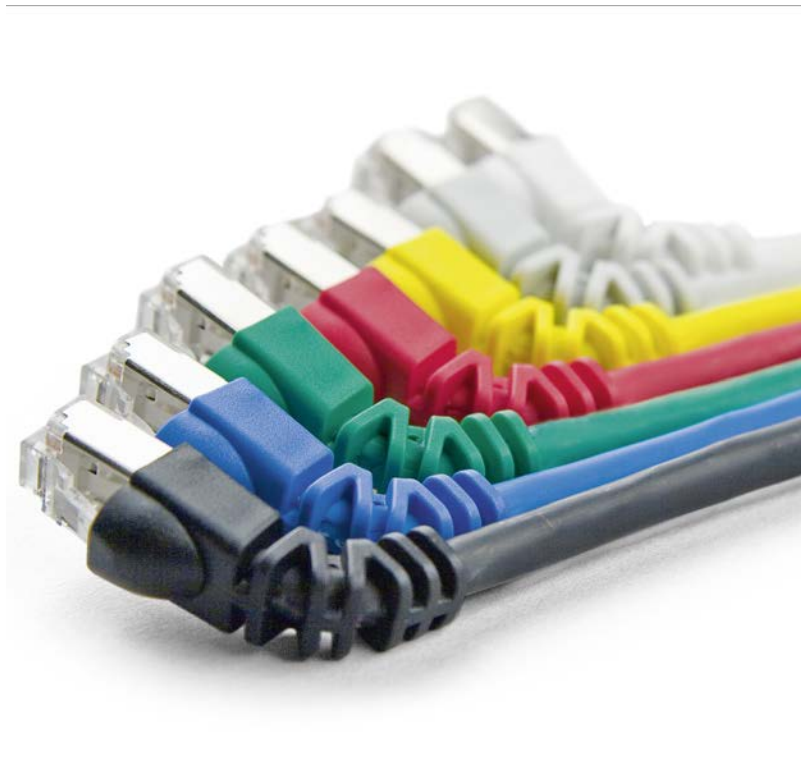
Mit einem 8-Port-Netzwerkanalysator mit Re-Embedding-Berechnungsverfahren liefert der Real-Time/Re-Embedded-Messaufbau eine echtzeitfähige Auswertung der Komponenten. So können die Auswirkungen von Änderungen an Messobjekten in Echtzeit bewertet werden. Die äußerst zeitaufwendige Messung aller Paarkombinationen entfällt somit.



## Patchkabel der Kategorie 6<sub>A</sub>

Patchkabel werden in vielen Installationen vernachlässigt – mit schwerwiegenden Folgen, denn die leistungsfähigste Infrastruktur bleibt weit hinter ihren Möglichkeiten zurück, wenn qualitativ minderwertige Patchkabel die Qualität der Gesamt-Übertragungsstrecke mindern. Doch woran erkennt man, ob man ein hochwertiges Patchkabel vor sich hat? Cat.6<sub>A</sub>-Komponenten werden seit geraumer Zeit im Labor nach der Re-embedded-Messmethode gemessen, nur Patchkabel nicht – die physikalischen Gegebenheiten machten das Messen schwierig. Wieder einmal war Telegärtner führend: Als erstes Messlabor war das Telegärtner-Labor in der Lage, Cat.6<sub>A</sub>-Patchkabel zu messen. Möglich wurde dies durch einen selbst entwickelten Messadapter. Der Messaufbau ist dabei anspruchsvoller und genauer als die internationalen Normen für Messtechnik vorschreiben. Dabei verwendet Telegärtner das Real-Time/Re-embedded-Messverfahren, bei dem alle vier Paare gleichzeitig mit einem 8-Port-Netzwerkanalysator

gemessen werden. Der anspruchsvolle Aufbau ohne Messübertrager (Baluns) liefert genauere Messergebnisse und ist richtungsweisend für die Überprüfung qualitativ hochwertiger Patchkabel. Damit ist sichergestellt, dass die Übertragungsstrecke die volle Datenrate übertragen kann. Die normkonforme Bezeichnung für Patchkabel lautet nach DIN EN 50173-1:2018-10 „Rangierschnur“ oder „Geräteverbindungsschnur“ - je nachdem, ob das Patchkabel zum Verbinden zweier Verteilfelder oder zum Anschluss von Geräten genutzt wird.



# GLASFASERNETZE

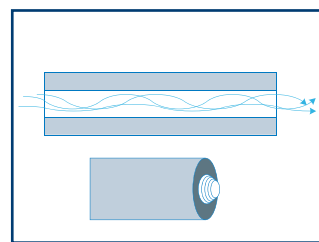
## Aufbau von Glasfasern

Moderne Glasfaserleitungen enthalten Multimode-Gradientenfasern (Kennbuchstabe „G“) oder Singlemodefasern (Kennbuchstabe „E“). Stark vereinfacht sind bei Multimodefasern mehrere verschiedene Lichtstrahlen (Moden) gleichzeitig auf unterschiedlichen Wegen durch die Faser unterwegs, bei Singlemodefasern nur einer (diese „Lichtstrahlen“ stehen symbolisch für die bevorzugte Ausbreitungsrichtung der Haupt-Energieverteilung der elektromagnetischen Welle „Licht“).

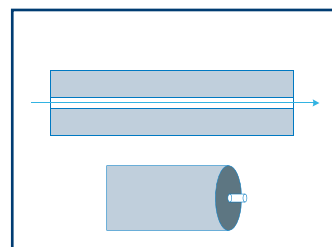
Im inneren Bereich der Faser wird das Licht geführt. Der äußere Bereich sorgt dafür, dass Licht, das den inneren Bereich verlassen hat, nicht wieder dort hineingelangen kann, was zu Signalverfälschungen führen würde. Der innere Bereich heißt bei Multimodefasern Kern, bei Singlemodefasern Modenfeld. Der äußere Bereich wird bei beiden Faserarten als Mantel bezeichnet.

Da Kern/Modenfeld und Mantel unterschiedliche Brechungsindizes besitzen, wird das Licht an der Grenze zwischen den beiden Bereichen reflektiert (Totalreflexion). Dadurch wird möglichst viel Licht im Kern/Modenfeld geführt. Heutzutage werden bei Multimodefasern Fasern mit einem Kerndurchmesser von 50 µm eingesetzt, früher auch mit 62,5 µm.

Die beiden Faserarten dürfen nicht auf derselben Strecke gemischt werden, da sonst hohe Licht-Verluste auftreten, besonders beim Übergang von 62,5 µm auf 50 µm. Der Durchmesser des Modenfeldes bei Singlemodefasern ist je nach Faserhersteller und Wellenlänge verschieden und beträgt 9 – 10 µm. Der Durchmesser des Mantels beträgt bei allen drei Faserarten 125 µm.



Multimodefaser G50/125



Singlemodefaser E9/125

## Glasfaser-Typen

Glasfasern für LAN-Verkabelungen werden nach ISO/IEC 11801 und damit auch nach DIN EN 50173 in verschiedene Leistungsklassen (Faserkategorien) eingeteilt. Für Multimodefasern gibt es die Kategorien OM1 bis OM5, wobei OM1 und OM2 nur noch informativ in der DIN EN 50173-1:2018 enthalten sind. Für Singlemodefasern gibt es OS1 und OS2, wobei OS2-Fasern die Fasern nach OS1 verdrängt haben. Die Faserkategorie OS1 der DIN EN 50173 wurde in OS1a umbenannt und hat damit dieselbe Bezeichnung wie nach ISO/IEC 11801-1:2017. Technisch wurden keine Änderungen an der OS1-Faser nach DIN EN 50173 vorgenommen.

Als Lichtquellen werden für Übertragungsraten bis 100 Mbit/s hauptsächlich Leuchtdioden (LEDs) verwendet. Für Gigabit und 10 Gigabit Ethernet reicht das Schaltverhalten von LEDs jedoch nicht mehr aus – hier werden Laser benötigt. Bei einer Wellenlänge von 850 nm können preisgünstige Halbleiterchip-Laser, sogenannte VCSELs (vertical cavity surface emitting laser) eingesetzt werden, bei anderen Wellenlängen (z. B. 1310 nm oder 1550 nm) werden klassische Laser benötigt.

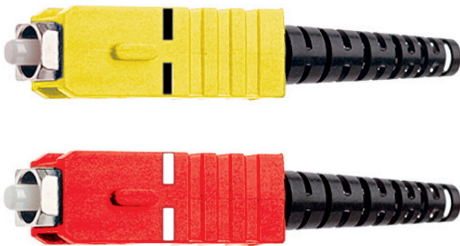
	Maximale Dämpfung in dB / km						
	Multimode OM1 bis OM4		Multimode OM5		Singlemode OS2		
Wellenlänge	850 nm	1300 nm	850 nm	1300 nm	1310 nm	1383 nm	1550 nm
Dämpfung	3,5 dB	1,5 dB	3,0 dB	1,5 dB	0,4 dB	0,4 dB	0,4 dB

Zulässiger Leistungsverlust (Dämpfung) in Glasfasern nach DIN EN50173-1:2018

## Lichtwellenleiter aus Kunststoff

Lichtwellenleiter müssen nicht unbedingt aus Glas sein. Sie können auch ganz oder teilweise aus Kunststoff bestehen. Polymere optische Fasern, auch als Polymerfasern oder kurz POF bezeichnet, bestehen vollständig aus Kunststoff. Englische Bezeichnungen sind „polymeric optical fiber“ oder „plastic optical fiber“.

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



LWL-Steckverbinder für Polymerfasern

### Telegärtner Tipp

LWL-Verkabelungen sollten unbedingt mit dem Lichtquellentyp gemessen werden, mit dem sie später auch betrieben werden. Die meisten optischen Messgeräte (engl. optical time domain reflectometer, kurz OTDR) verwenden standardmäßig klassische Laser. Für Multimodefasern kommen je nach Netzart jedoch LEDs und VCSELs zum Einsatz, klassische Laser werden für Multimodefasern nur selten verwendet. Die falsche Lichtquelle im Messgerät kann die Messergebnisse verfälschen.

## Glasfasern für engste Biegeradien

Biegeunempfindliche Glasfasern (engl. bend insensitive optical fibers) bieten bei Installationen mit beengten Platzverhältnissen deutliche Vorteile. Bei voller Übertragungs-Bandbreite lassen sich biegeunempfindliche Fasertypen auch in engen Kurven verlegen. Doch nicht alle sind rückwärtskompatibel zu herkömmlichen Fasern. Die Norm ITU-T G.657 definiert biegeunempfindliche Singlemodefasern. Die G.657.A-Serie ist kompatibel zu den Standard-Singlemodefasern nach ITU-T G.652. Fasern der G.657B-Serie sind es meist nicht zu 100 Prozent, sie bieten jedoch noch engere Biegeradien als die Fasern der A-Serie.

Biegeunempfindliche Multimodefasern (engl. bend insensitive multimode fibres, kurz BIMMF) sind je nach Hersteller rückwärtskompatibel zu herkömmlichen OM3- bzw. OM4-Fasern. Aufschluss zur Kompatibilität gibt das Faser-Datenblatt; im Zweifelsfalle empfiehlt es sich, eine Bestätigung zur Kompatibilität mit anderen Fasern anzufordern.

Wichtiger als der Biegeradius der Faser ist jedoch der des Kabels. Teure biegeunempfindliche Fasern sind nutzlos, wenn das Kabel, das sie enthält, einen großen Mindestbiegeradius erfordert.

## WDM-Systeme

Zero-Waterpeak-Fasern, die einen großen nutzbaren Wellenlängenbereich bieten, sind für WDM-Systeme sehr wichtig. WDM steht für Wavelength Division Multiplexing. War bei der herkömmlichen Übertragung Licht nur einer Wellenlänge in einer Singlemodefaser unterwegs, so werden bei WDM-Systemen mehrere Lichtstrahlen verschiedener Wellenlänge in derselben Faser übertragen.

Jedem Kanal wird dabei eine eigene Wellenlänge zugeordnet. Um eine gleichmäßige Übertragung zu gewährleisten, müssen die optischen Eigenschaften der Glasfaser im gesamten genutzten Bereich möglichst gleich sein. Auch wenn in den LANs noch sehr wenig WDM-Systeme anzutreffen sind, ist doch bei der Faserauswahl darauf zu achten, dass eine künftige Migration zu WDM durch den Einsatz von Zero-Waterpeak-Fasern möglich ist.



# Glasfaser-Steckverbinder

DIN EN 50173 1-2:2018 sieht für den Arbeitsbereich (Anschlussdosen) den LC-Duplex-Stecker vor. Bestehende Netze, in denen der SC-Duplex-Stecker verwendet wurde, können normgerecht auch weiterhin mit SC-Duplex-Steckern erweitert werden. In anderen Netz-Bereichen schreibt die Norm keinen bestimmten Stecker vor.

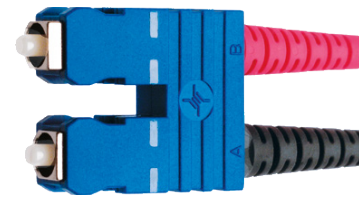
Viele Hersteller von aktiven Netzwerkkomponenten (Switches) sind dazu übergegangen, besonders platzsparende Stecker (engl. small form factor, kurz SFF) wie den LC-Duplex zu verwenden. Er benötigt nicht mehr Platz als ein RJ45-Stecker.

Neben LC- und SC-Duplex ist in bestehenden Netzen auch der ältere ST-Stecker anzutreffen.

Für beste optische Werte sind Stecker für Singlemode-Fasern auch mit schräg geschliffenen Steckerstirnflächen erhältlich. Durch den schrägen Schliffwinkel können an der Oberfläche reflektierte Lichtstrahlen nicht mehr in den lichtführenden Kernbereich der Glasfaser zurück, sie werden von der schrägen Fläche abgelenkt.



ST-Stecker



SC-Stecker



LC-Stecker

## Telegärtner Tipp

Nie in Glasfaser-Anschlüsse oder Stecker blicken, VCSELs und konventionelle Laser senden nicht-sichtbares Infrarot-Licht, man würde ein Signal nur an den (bleibenden!) Augenschäden erkennen.

Nie Gerad- (PC) und Schrägschliff-Stecker (APC) zusammenstecken. Bei Schrägschliffsteckern darauf achten, dass beide Stecker in einer Kupplung denselben Schliffwinkel besitzen.

## Farben für Stecker und Kupplungen

DIN EN 50173-1:2018 legt nur bei Steckern und Kupplungen für Singlemode-Fasern Farben fest:

- Singlemode PC, Steckerende gerade geschliffen (PC = physical contact): blau
- Singlemode APC, Steckerende schräg geschliffen (APC = angled physical contact): grün

In der Praxis haben sich auch bei Steckern und Kupplungen für Multimodefasern bestimmte Farben eingebürgert; nicht alle Hersteller halten sich jedoch daran.

	STECKER / KUPPLUNG	PATCHKABEL	VORKONFEKTIONIERTES VERLEGEKABEL
OM1	beige	orange	orange
OM2	beige	orange	orange
OM3	türkis	türkis	orange
OM4	erikaviolett	erikaviolett	orange
OM5	lindgrün	lindgrün	orange
OS2 PC	blau	gelb	gelb
OS2 APC	grün	gelb	gelb

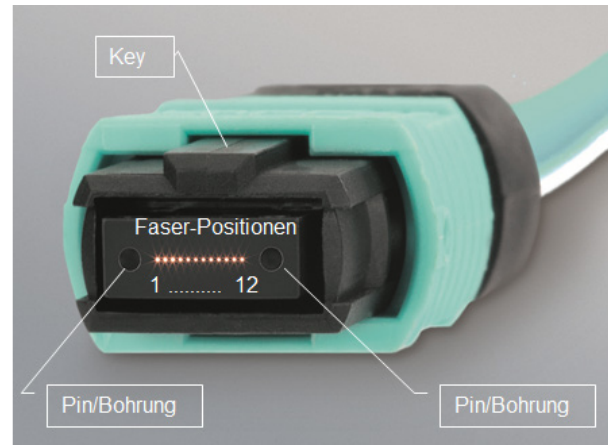
Typisches Farbschema:

Stecker, Patchkabel, vorkonfektionierte Verlegekabel

# Verkabelungen mit MPO-Steckverbindern

Immer öfter werden in Glasfasernetzen vorkonfektionierte Verkabelungskomponenten mit MPO-Steckverbindern eingesetzt – in Rechenzentren, Serverräumen, Technikräumen der Telekommunikationsanbieter und zunehmend auch in der Gebäudeverkabelung. Die einzelnen Komponenten sind anschlussfertig konfektioniert und müssen nur noch zusammengesteckt werden, was den Installationsaufwand deutlich verringert. Darüber hinaus bieten Verkabelungen mit MPO-Steckverbindern einen einfachen Migrationspfad zu 40 und 100 Gigabit Ethernet über Multimodefasern, bei dem acht bzw. zwanzig Fasern gleichzeitig verwendet werden.

MPO-Stecker sind durch eine Führungsnase (engl. key) auf der Steckeroberseite verdrehsicher. Je nachdem, ob zwei Stecker mit den Führungsnasen auf verschiedenen Seiten (engl. key up to key down, sog. Typ A) oder auf derselben Seite (engl. key up to key up, sog. Typ B) zusammengesteckt werden, werden unterschiedliche Faserpositionen miteinander verbunden. Typ C entspricht Typ A, doch werden Fasern in einem Kabel paarweise vertauscht, um Senden und Empfangen beim Übergang auf zweifaserige Netze miteinander zu verbinden.



12-faseriger MPO-Stecker mit markierten Faserpositionen

Weiterführende Informationen bietet das Telegärtner Whitepaper „MPO“.

Typ A



Typ B



Typ C



MPO-Kabel der Typen A, B und C im Vergleich

ANKOMMENE FASER	ABGEHENDE FASER		
	Typ A	Typ B	Typ C
1	1	12	2
2	2	11	1
3	3	10	4
4	4	9	3
5	5	8	6
6	6	7	5
7	7	6	8
8	8	5	7
9	9	4	10
10	10	3	9
11	11	2	12
12	12	1	11



# FTTH

## Fiber-To-The-Home

High Speed-Internet, Triple Play (TV, Telefon und Internet über einen Anschluss), Video on Demand wie auch Datenverbindungen zwischen Firmen und deren Niederlassungen fordern immer leistungsfähigere Netze. Die über Jahrzehnte gewachsene, vorhandene Infrastruktur kann mit den immer schneller wachsenden Anforderungen nicht mehr mithalten. Es ist also nur logisch, die leistungsfähigen Glasfasernetze des Weitverkehrsnetzes (engl. wide area network, kurz WAN) näher zum Endanwender, sei er Firmenkunde oder privater Verbraucher, zu bringen. Prominentes Beispiel hierfür ist die Glasfaser bis zum (Wohn-) Gebäude, englisch „fiber to the home“. Dies erfordert ein umfangreiches Spektrum an Produktlösungen, angefangen von optischen Kopplern über Glasfasern und entsprechende Stecker über koaxiale Steckverbinder bis hin zu anwendungsspezifischen RJ45-Steckern für Büro- und Heimanwendungen. Die verschiedenen Anwendungen der Glasfaser werden unter dem Sammelnamen FTTx zusammengefasst.

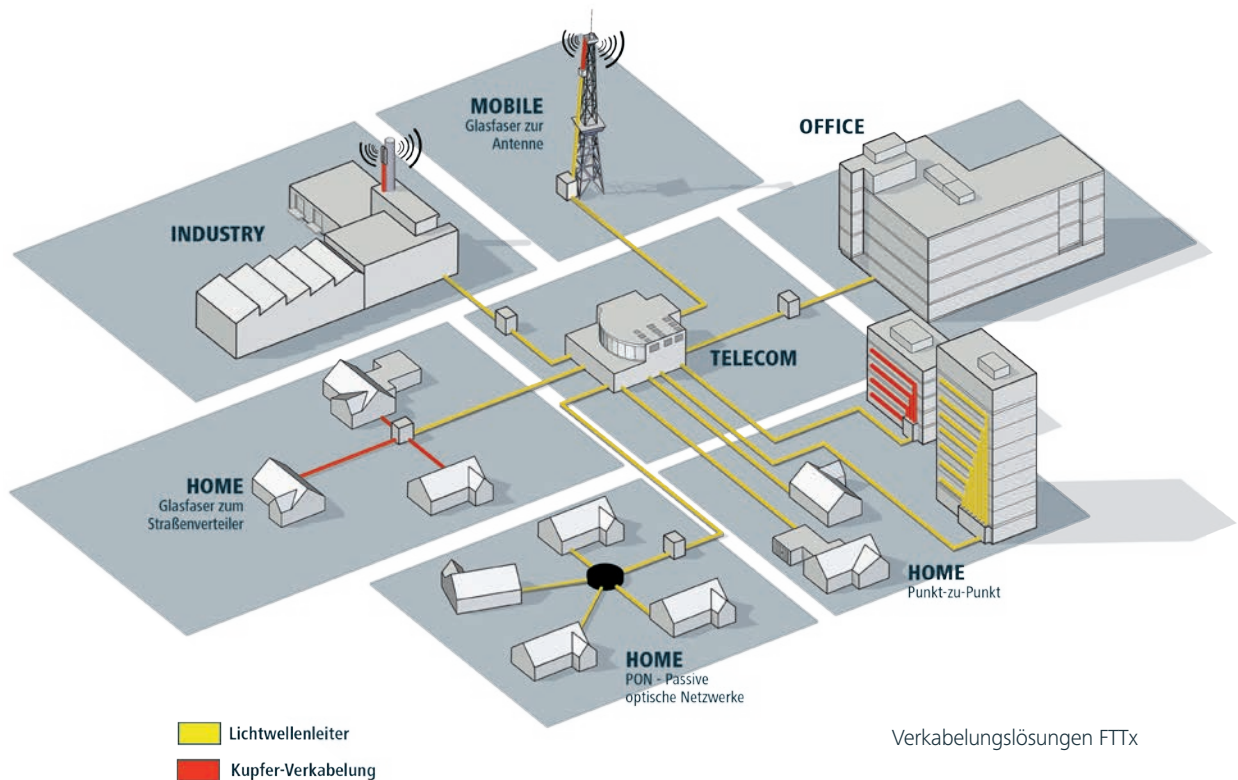
Detaillierte Informationen hierzu können unter: [fttx@telegartner.com](mailto:fttx@telegartner.com) angefordert werden.



Vorkonfektionierte Glasfaser-Anschlussdose mit Kabel

### Telegärtner Tipp

Die Begriffe „Fiber to the ...“ werden in der Praxis oft nicht einheitlich gebraucht. Es empfiehlt sich daher genau festzulegen, wie das Netz konzipiert werden soll.



Verkabelungslösungen FTTx

# FTTA

## Glasfaserverbindungen für leistungsfähige Mobilfunknetze

Das Datenaufkommen in den Mobilfunknetzen wächst un-aufhörlich. Social Media, E-Mails, Telefonate, Online-Shopping, mobile Apps – die Liste der nützlichen Helfer und Programme für unterwegs wird täglich länger. Auch zwei bis drei Mobilfunkgeräte gleichzeitig zu betreiben, ist für viele Anwender selbstverständlich geworden.

Um die Datenmengen zu bewältigen, errichten Provider immer leistungsfähigere Antennensysteme. Längst haben sich die Antennen von rein passiven Gebilden zu aktiven Systemkomponenten mit eigener Elektronik entwickelt. Um möglichst hohe Datenraten über die teilweise langen Strecken zwischen Basisstation und Funkmast übertragen zu können, setzen Provider auf Fiber-To-The-Antenna (FTTA), auf Deutsch „Glasfaser bis zur Antenne“. Bei dieser Technologie ist die Elektronik in unmittelbarer Nähe der Antenne untergebracht oder vollständig in das Antennengehäuse integriert. Die Datenübertragung von und zur Basisstation erfolgt über Glasfasern.

Glasfaserverbindungen auf Mobilfunkmasten sind besonders rauen Umgebungsbedingungen ausgesetzt: Hitze und Kälte, Staub, Regen, Schnee und Eis und eine dauerhafte UV-Strahlung stellen enorme Ansprüche an Kabel und Steckverbindungen. Als innovativer Systemanbieter hat Telegärtner daher sein praxisbewährtes Portfolio von Koaxialsteckern und -kabeln um FTTA-Produktlösungen erweitert und präzise auf die verschiedenen Anforderungen der Kunden abgestimmt. Die vorkonfektionierten Kabel decken mit den Typen TOC TDC, TOC FXC, TOC RBC, TOC FEM und natürlich mit der bewährten TOC-Ganzmetallausführung eine Vielzahl auch kundenspezifischer Anwendungen ab. Selbstverständlich sind auch kundenspezifische Sonderlösungen in der bekannten Telegärtner-Qualität lieferbar.



TOC TDC



TOC FXC



TOC RBC



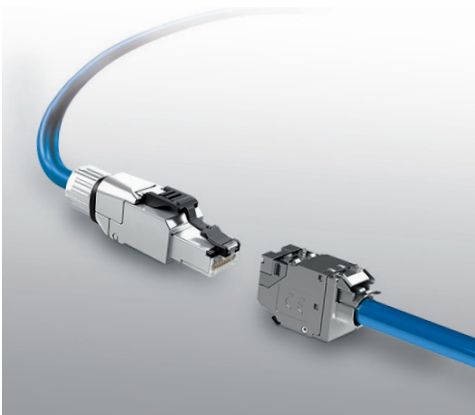
TOC FEM

# DATA CENTER

## Verkabelung in Rechenzentren

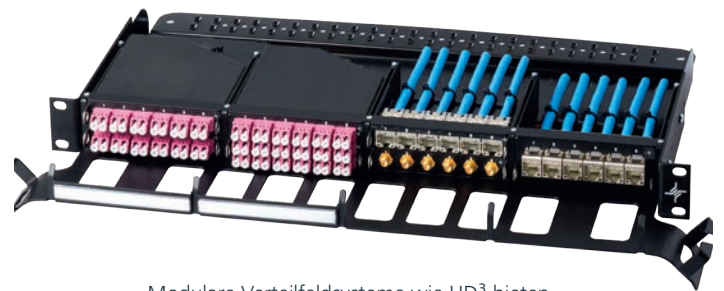
In Rechenzentren (engl. data center) sind Glasfaserleitungen für hohe Datenraten nicht wegzudenken. Hier haben sich Multimodefasern vom Typ OM3 bis OM5 durchgesetzt, die nach Norm IEEE 803.2 Datenraten mit 10, 40 und 100 Gigabit pro Sekunde übertragen.

Im Rechenzentrum ist Flexibilität bei kürzestmöglichen Betriebsunterbrechungen und hoher Anschlussdichte oberstes Gebot (Qualität ist dabei selbstverständlich). Hier haben sich daher vorkonfektionierte Lösungen durchgesetzt. Mehrfaserige Leitungen mit meist 12, 24 oder 48 Fasern enden auf 12-faserigen MPO/MTP<sup>®</sup>-Steckern oder LC- bzw. SC-Duplex-Steckern. Vorkonfektionierte Leitungen können dann verlegt werden, wenn es der Betrieb des Rechenzentrums gestattet, oft sogar während des laufenden Betriebs. Wenn die neuen Server, Switches oder Mainframes dann aufgestellt oder umgezogen werden, sind die Leitungen bereits anschlussfertig an Ort und Stelle. Aufwändiges Absetzen und Abisolieren von Adern und Fasern, Steckermontage sowie Klebe-, Schleif- und Polierarbeiten gehören damit der Vergangenheit an. Entsprechende Einziehhilfen schützen die Stecker während der Leitungsverlegung und garantieren fabrikgeprüfte Qualität auch unter schwierigen Installationsbedingungen.



Verkabelungssysteme mit Komponenten der Kategorie 8.1 ermöglichen Datenraten von 40 Gigabit pro Sekunde

Vorkonfektionierte Systeme sind nicht auf Glasfaserleitungen beschränkt. Immer mehr setzen sich auch vorkonfektionierte Lösungen für Kupferkabel durch. Diese Lösungen gibt es sowohl mit RJ45-Buchsen für Verteilfelder als auch mit flexiblen Leitungen und Steckern als Mehrfach-Patchkabel, was besonders bei großen Switches mit vielen Anschlüssen einen enormen Zeitvorteil bietet.



Modulare Verteilfeldsysteme wie HD<sup>3</sup> bieten hohe Packungsdichten und Flexibilität durch Medienmix



Vorkonfektionierte Leitungen  
MPO – MPO (links) und MPO – LC-Duplex (rechts)

### Telegärtner Tipp

Vorkonfektionierte Lösungen können unabhängig von der Inbetriebnahme von Servern, Switches oder Mainframes im Rechenzentrum verlegt werden. Sobald diese Maschinen in Betrieb gehen müssen, können die vorab verlegten Leitungen direkt angeschlossen werden - ohne Spleißen, Kleben, Polieren oder Crimpen. Über den Online-Konfigurator können die maßgefertigten Kabel rund um die Uhr bestellt werden.

# Parallel Optics und 40/100 Gigabit Ethernet

Die Übertragungskapazität von Multimodefasern ist deutlich kleiner als die von Singlemodefasern. Auf kurzen Strecken werden dennoch Multimodefasern eingesetzt, da die Sende- und Empfangselektronik für Multimodefasern kostengünstiger ist. Bei 40 und 100 Gigabit Ethernet werden daher die Datenströme in Kanäle von je 10 Gigabit pro Sekunde aufgeteilt, die gleichzeitig (parallel) übertragen werden, was zum Fachbegriff Parallel Optics führte. Für 40 Gigabit Ethernet werden dabei 8 Fasern (4 Fasern für Senden, 4 Fasern für Empfangen) verwendet, für 100 Gigabit 20 Fasern (10 Fasern für Senden, 10 Fasern für Empfangen).

Bestrebungen, die maximale Datenrate einer Multimodefaser auf 25 Gbit/s zu erhöhen, sind im Gange. Mit 8 Fasern

wären damit 100 Gbit/s möglich, mit 20 Fasern bis zu 400 Gbit/s. In beiden Fällen könnte der 12-faserige MPO-Stecker verwendet werden (bei 400 Gbit/s mit zwei Steckern pro Seite).

Bei der Verbindungstechnik greift man auf den bewährten MPO/MTP®-Steckverbinder zurück, der sich in vorkonfektionierten Systemen bereits bewährt hat.

Detaillierte Informationen hierzu können unter [datacenter@telegaertner.com](mailto:datacenter@telegaertner.com) angefordert werden.

# INDUSTRIAL ETHERNET

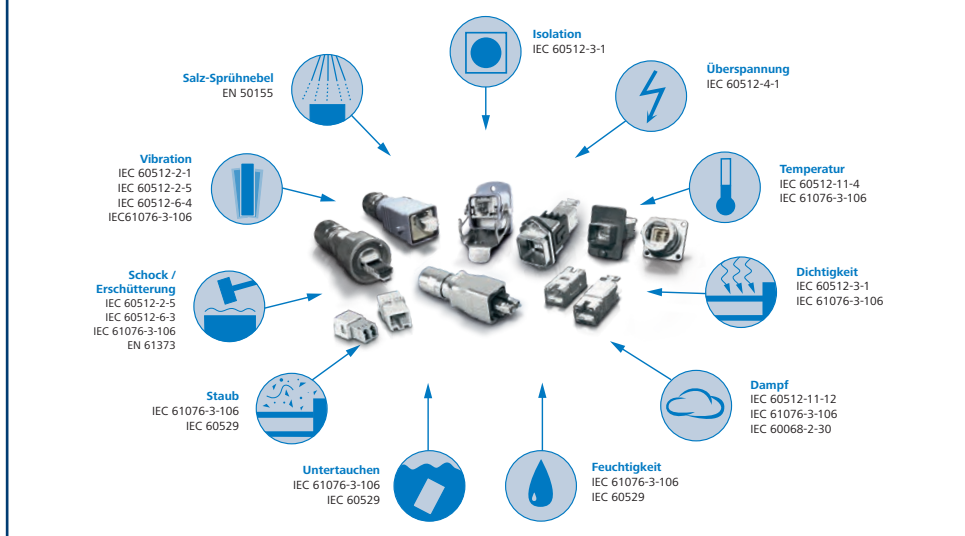
## Das Ethernet für die industrielle Umgebung

In der rauen Fertigungsumgebung sind die Komponenten eines Datennetzes sehr viel größeren Belastungen ausgesetzt als in Bürogebäuden: Staub, Feuchtigkeit, Chemikalien, mechanische Belastungen, extreme Temperaturen und sehr

viel höhere elektromagnetische Belastungen setzen der Verkabelung zu und stellen bislang enorme Anforderungen.

Neben der hohen Belastbarkeit ist in der Fertigung höchste Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit gefordert, denn ein Ausfall von auch nur kurzer Dauer führt unweigerlich zu hohen finanziellen Verlusten. Gerade im industriellen Umfeld sind Qualität und Zuverlässigkeit der Komponenten – besonders der Anschlussdosen und Steckverbindungen – von ausschlaggebender Bedeutung. Für Industriegebäude gelten daher neben der DIN EN 50173-3 auch andere Normen, besonders für die Prüfung von Komponenten.

AUSWAHL VON NORMEN FÜR DIE KOMPONENTENPRÜFUNG FÜR INDUSTRIAL ETHERNET



## Schutzarten

Neben der Qualität sorgfältig aufeinander abgestimmter Komponenten ist bei industriellen Anwendungen zusätzlich der Schutz gegen feste und flüssige Stoffe wichtig. Die internationale Norm IEC 60529 definiert mit dem IP-Code (International Protection) ein einfaches Bezeichnungssystem: Die erste Ziffer gibt den Schutz gegen das Eindringen fester Körper wie beispielsweise Staub an, die zweite Ziffer den Schutz gegen Wasser / Feuchtigkeit.

### SCHUTZARTEN GEGEN FESTE FREMDKÖRPER\*

Erste Ziffer	Kurzbeschreibung
0	Nicht geschützt
1	Geschützt gegen feste Fremdkörper Ø 50 mm oder größer
2	Geschützt gegen feste Fremdkörper Ø 12,5 mm oder größer
3	Geschützt gegen feste Fremdkörper Ø 2,5 mm oder größer
4	Geschützt gegen feste Fremdkörper Ø 1,0 mm oder größer
5	Staubgeschützt
6	Staubdicht

### SCHUTZARTEN GEGEN WASSER\*

Zweite Ziffer	Kurzbeschreibung
0	Nicht geschützt
1	Geschützt gegen Tropfwasser
2	Geschützt gegen Tropfwasser, wenn das Gehäuse bis zu 15° geneigt ist
3	Geschützt gegen Sprühwasser
4	Geschützt gegen Spritzwasser
5	Geschützt gegen Strahlwasser
6	Geschützt gegen starkes Strahlwasser
7	Geschützt gegen die Wirkungen beim zeitweiligen Untertauchen in Wasser
8	Geschützt gegen die Wirkungen beim zeitweiligen Untertauchen in Wasser. Wird zwischen Kunden und Lieferanten vereinbart.
9	Geschützt gegen Wasser bei Hochdruck-/Dampfstrahlreinigung. Wird zwischen Kunden und Lieferanten vereinbart.

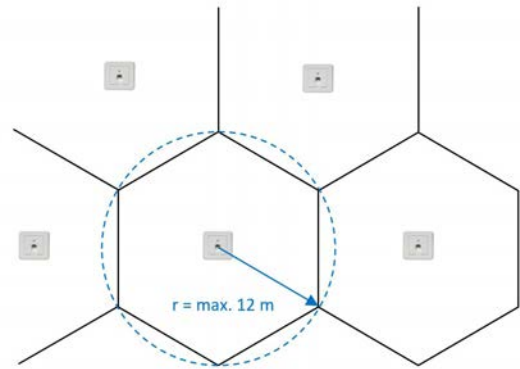
\* Definitionen siehe IEC 60529

# IP-BASIERTE GEBÄUDETECHNIK

Immer mehr Dienste und Anwendungen der Gebäudetechnik erhalten einen IP-Anschluss: Videoüberwachung, Zugangskontrolle, Zeiterfassung, Beleuchtung, Heizung, Lüftung, Klimatisierung, Beschattung, WLAN, Systeme für schnurlose Telefone und Handys (DAS), Sensornetzwerke, ... die Liste wächst fast täglich. DIN EN 50173-6 für verteilte Gebäudedienste normiert die hierfür benötigte Verkabelung.

## Digital Ceiling

Neben WLAN-Access-Points werden auch gerne LED-Leuchten und deren Steuerung, Sensoren für Temperatur und Helligkeit und Präsenzmelder – alle mit IP-Anschluss – in die Decke eingebaut, was zum Begriff der „digitalen Decke“, engl. „digital ceiling“, geführt hat. Da sich in abgehängten Decken Sensoren und deren Verkabelung leicht installieren lassen, sind Digital Ceilings wichtiger Bestandteil von Smart-Building-Anwendungen. Eine universelle, anwendungsneutrale Verkabelung für alle Anwendungen ermöglicht den einfachen und wirtschaftlichen Austausch von Geräten.



Verteilung von Anschlüssen für WLAN-Access-Points nach DIN EN 50173-6:2018-10. Statt Waben können auch andere Formen wie Kreise, Quadrate oder ähnliche für die Planung verwendet werden.

## Ende-zu-Ende-Verkabelung

Nicht immer ist es zweckmäßig, Geräte mit Patchkabeln an Dosen anzuschließen. Man denke nur an Kameras in Sicherheitsbereichen oder Access Points in Lobbys: Patchkabel sind hier bestenfalls störend, schlimmstenfalls ein Sicherheitsrisiko. Mit RJ45-Steckern, die direkt auf das verlegte Kabel montiert werden, entfallen Anschlussdosen und Patchkabel. Im Deutschen wird hierfür der Begriff „Ende-zu-Ende-Verkabelung“ verwendet, im Englischen „end-to-end link“ oder „modular plug terminated link (MPTL)“. Wichtig: Um eine Strecke, die in einem Stecker endet, korrekt messen zu können, sind entsprechende Messadapter nötig. Channel-Adapter eignen sich hierfür nicht, da sie die erste und die letzte Steckverbindung einer Strecke ausblenden.



Mit feldkonfektionierbaren Steckern können Endgeräte direkt an das Verlegekabel angeschlossen werden. Dosen und Patchkabel werden nicht benötigt.

## Single Pair Ethernet (SPE)

Nicht immer werden vier Aderpaare benötigt, um Sensoren oder Geräte anzuschließen. Single Pair Ethernet (SPE), das nur ein Aderpaar verwendet, ist eine interessante Alternative, die Platz und Geld spart. SPE soll Datenraten von 10 Mbit/s, 100 Mbit/s und 1 Gbit/s ermöglichen. Die Normungsarbeit hierzu ist aktuell noch nicht abgeschlossen; Varianten sind bzw. werden noch genormt in

IEEE 802.3cg (10 Mbit/s)  
IEEE 802.3bw (100 Mbit/s)  
IEEE 802.3bp (1 Gbit/s)  
IEEE 802.3ch (2,5, 5 und 10 Gbit/s), geplant für Mitte/Ende 2020

Die Leitungslängen betragen je nach Datenrate 15 m, 40 m, und 1000 m; je nach Variante sollen bis zu zehn Steckverbindungen pro Verkabelungsstrecke möglich sein.

## Power over Data Lines (PoDL)

Auch bei SPE ist die Stromversorgung der Endgeräte über die Datenleitung möglich, so dass kein eigener Stromanschluss benötigt wird. Gerade bei kleinen Komponenten wie Sensoren und Aktoren ist dies besonders wichtig. Die zugrundeliegende Technik ist mit dem bekannten Power over Ethernet (PoE) zwar verwandt, nicht jedoch kompatibel, da PoE mindestens zwei Aderpaare benötigt. Um Verwechslungen der beiden zu vermeiden, wurde ein neuer Name gewählt: Power over Data Lines, kurz: PoDL. Genormt ist PoDL nach IEEE 802.3bu. Im Regelbetrieb stehen Endgeräten bis zu 50 W bei einer Stromstärke von typisch bis zu 1360 mA zur Verfügung.



# WEITERFÜHRENDE LITERATUR



Immer öfter werden in Glasfasernetzen vorkonfektionierte Verkabelungskomponenten mit MPO-Steckverbindern eingesetzt – in Rechenzentren, Serverräumen, Technikräumen der Telekommunikationsanbieter und zunehmend auch in der Gebäudeverkabelung. Die einzelnen Komponenten sind anschlussfertig konfektioniert und müssen nur noch zusammengesetzt werden, was den Installationsaufwand deutlich

verringert. Darüber hinaus bieten Verkabelungen mit MPO-Steckverbindern einen einfachen Migrationspfad zu 40 und 100 Gbps Ethernet über Multimodfasern. Dieses Whitepaper beschreibt die verschiedenen Komponenten, die dabei eingesetzt werden, und stellt die verschiedenen Polaritätsmethoden von Verkabelungen mit MPO-Steckverbindern im Einzelnen vor.



## 1 Einführung

Fachliches, Planer und Anwender entscheiden sich bei Glasfasernetzen zunehmend für anschlussfertige Lösungen. Wie klassische Glasfasereinstellungen spezielle Fachkenntnisse, Sondermontage- und eine aufwändige Glasfasereinstellung mit Spindel- und Stegungsinstrumenten erfordern, werden die einzelnen Komponenten anschlussfertig konfektioniert und zusammengesetzt. Einfach, sauber, schnell. Kompakte Steckverbinder wie die MPO-Verbindern in einem Steckergang mehrere Fasern miteinander, was Zeit

und Platz gegenüber herkömmlichen Verkabelungen mit einzelnen Steckern spart. MPO-Steckverbinder werden mittlerweile nicht nur für die Verbindung von Glasfaserverbindern und -Modulen eingesetzt, sondern auch zum Anschluss aktiver Netzwerkkomponenten wie Switches und Server. IEEE, das international tätige Institute of Electrical and Electronic Engineers, spezifiziert das MPO für Ethernet-Verbindern mit Datenraten von 40 Gbps bis pro Sekunde und höher, die mehrere Multimodfasern gleichzeitig für die Datenübertragung nutzen. Vor Jahren fast ausschließlich in Rechenzentren ein-

© Telegartner 2019

## WHITEPAPER MPO

Immer öfter werden in Glasfasernetzen vorkonfektionierte Verkabelungskomponenten mit MPO-Steckverbindern eingesetzt – in Rechenzentren, Serverräumen, Technikräumen der Telekommunikationsanbieter und zunehmend auch in der Gebäudeverkabelung. Dieses Whitepaper beschreibt die verschiedenen Komponenten, die dabei eingesetzt werden, und stellt die verschiedenen Polaritätsmethoden von Verkabelungen mit MPO-Steckverbindern im Einzelnen vor.

PDF-Download auf der Telegärtner-Webseite unter [www.telegartner.com/de/service/downloads/veroeffentlichungen/](http://www.telegartner.com/de/service/downloads/veroeffentlichungen/)



## FACHBUCH LEISTUNGSFÄHIGE IT-INFRASTRUKTUREN

Dieses Buch gibt Fachrichtern, Planern und Anwendern einen Überblick über aktuelle Verkabelungs-Infrastrukturen geben und stellt deren jeweilige Besonderheiten gegenüber. Aus dem Inhalt: Strukturierte Verkabelung – Fiber To The Office (FTTO) – Passive Optical LAN (POL) – Vergleich der drei Infrastrukturtypen – Aktuelle Entwicklungen und Trends – Technische Informationen.

Traeger, Dirk: Leistungsfähige IT-Infrastrukturen; Joachim Treiber Meisterbuchverlag ISBN 978-3-946045-01-4



## FACHBUCH WER VIEL MISST ...

Dieses Buch gibt wertvolle Tipps, wo es sich lohnt nachzuschauen, bevor man Verteilfelder und Dosen tauscht und Kabel neu einzieht – und was beim Messen tun und was man lieber lassen sollte. Es entstand aus der langjährigen Praxis des Autors als Planer, Fachbauleiter und Schulungsleiter für Zertifizierungsschulungen in der Daten-/Netzwerktechnik.

Traeger, Dirk: Wer viel misst ... Praxistipps zur Messung von Kupferstrecken der strukturierten Verkabelung; Joachim Treiber Meisterbuchverlag ISBN 978-3-946045-03-8