

**10 Gigabit Ethernet über geschirmte Kupferkabel-Systeme**

**I N H A L T**

Der LAN-Standard 10GBase-T gemäß IEEE 802.3an

Anpassung der Verkabelungsnormen

Entwicklung der Komponentennormen

Haupteinsatzgebiete für 10GBase-T

Besser geschirmt – weil.....

Stromversorgung, Erdung und Potentialausgleich

Grundsätzliche Vorgaben für Ausschreibungen

Empfehlungen von Dätwyler für Unilan-Verkabelungen

Qualität bietet Investitionsschutz

Weitere Informationen erhalten Sie auf Wunsch von:

**Dätwyler Cables**

**Rolf Nieswand**

Leitung Produktmanagement

Tel.: 0049 (0) 811 99 86 33 80

e-mail: [rolf.nieswand@daetwyler-cables.com](mailto:rolf.nieswand@daetwyler-cables.com)

## Der LAN-Standard 10GBase-T / IEEE 802.3an

Der LAN Standard definiert die Systemanforderungen für die Übertragungsbedingungen über symmetrische Datenkabel.

- ◆ am 08.06.2006 von IEEE eingeführt
- ◆ die Bezeichnung ist IEEE 802.3an
- ◆ LAN für 10 Gigabit Ethernet über Kupferkabel Twisted Pair
- ◆ Datenstrom wird auf alle 4 Paare aufgeteilt
- ◆ Codierung mit DSQ-Double Square
- ◆ Pulsamplituden-Modulation PAM16 mit 16 Stufen
- ◆ Schwerpunktfrequenz liegt bei 417 MHz
- ◆ Erforderliche Bandbreite 500 MHz
- ◆ sehr kleine und dadurch stöempfindliche Nutzsignale
- ◆ besonders die UTP-Verkabelungen sind betroffen
- ◆ Einführung der Alien NEXT Parameter

### Anpassung der Verkabelungsnormen

Es war von Anfang an klar, dass der Standard IEEE 802.3an nur Erfolg haben wird, wenn die Übertragung über einen Großteil bereits bestehender Verkabelungen funktionieren wird. Daran sind alle beteiligten Geräte-, Komponenten- und Software-Hersteller interessiert.

Aus den genormten Systemanforderungen für 10GBase-T können nun die Verkabelungsanforderungen abgeleitet werden. Damit möglichst viele bereits installierte Verkabelungen genutzt werden können bzw. bis zur Entwicklungen verbesserter Komponenten kein Ausbaustillstand eintritt, wurde hier von den Normungsgremien TIA/EIA und ISO/IEC erstmalig eine Einteilung in verschiedene Varianten vorgenommen:

- ◆ bestehende Verkabelungen
- ◆ neue Verkabelungen

Die Hinweise zur Prüfung von bestehenden Verkabelungen und deren Channel-Grenzwerte hinsichtlich 10GBase-T sind in Technical Reports festgelegt.

- ◆ ISO/IEC TR 24750 (Juli 2007) bzw. TIA/EIA TSB 155
- ◆ Die Grenzwerte für die Übertragungstrecke (Channel) sind identisch
- ◆ Anforderungen entsprechen „Mindestanforderungen“
- ◆ Grundsatz: „ **so gut wie nötig** „

### 10GBase-T - Reichweiten der bestehenden Übertragungsklassen (Mindestanforderungen)

1	Klasse F geschirmt S/FTP	Reichweite 100 m
2	Klasse E ungeschirmt UTP	Reichweite 55 m
3	Klasse E geschirmt F/UTP, U/FTP, S/FTP	Reichweite 100 m
4	Klasse E ungeschirmt UTP -> ANEXT-optimiert	Reichweite 55 m bis 100 m

Für „neue“ bzw. „verbesserte“ Verkabelungen wurden von den Normierungsgremien neue Übertragungsklassen definiert. Die Vorgaben für die Channel Anforderungen sind als Anhang/Erweiterung zu den bestehenden Verkabelungsnormen veröffentlicht worden:

- ◆ Neue Übertragungsklasse E = E<sub>A</sub> bis 500 MHz
- ◆ ISO/IEC 11801 amendment 1 : 2008 (nur Channel)
  
- ◆ Verbesserte (augmented) Kategorie 6 = 6<sub>A</sub> bis 500 MHz
- ◆ TIA/EIA 568-B.2 addendum 10 : 2008 (Channel + PM-Link + Connecting Hardware)
  
- ◆ Grundsatz:  
**Investitionsschutz durch Planung von Reserven für die nächste Generation !**

Zusätzlich wurde international von ISO/IEC auch eine neue Klasse F<sub>A</sub> bis 1000 MHz definiert, weil der Abstand zur bestehenden Klasse F bis 600 MHz nur noch marginal ist. Sowohl für die Klasse F als auch F<sub>A</sub> gibt es bisher jedoch noch keine Anwendungen.

In Amerika sind die Klassen F bzw. F<sub>A</sub> von TIA/EIA nicht übernommen worden. Vermutlich auch, weil diese Klassen mit UTP-Kabel nicht mehr zu realisieren sind.

Bisher besteht nur Einigkeit über die Channel-Grenzwerte . Diese definierten Grenzwerte bieten höhere Sicherheitsreserven für die Übertragung von 10GBase-T.  
(Die Werte gemäß TIA/EIA und ISO/IEC sind nicht in allen Parametern identisch).

- ◆ Die Permanent-Link Anforderungen sind bisher nur in TIA/EIA 568-B.2 als Anhang 10 in 2008 veröffentlicht worden
  
- ◆ International sollen die PM-Link Anforderungen erst zu einem späteren Zeitpunkt im Anhang 2 zur ISO/IEC 11801 definiert werden (evtl. noch in 2009)

Im allgemeinen Sprachgebrauch spricht man international (ISO/IEC) bei Neuverkabelungen von der „neuen Klasse E“ = Klasse E<sub>A</sub>  
(Klassenbezeichnungen gibt es international bei den ISO/IEC Standards)

In Amerika hingegen spricht man von der „augmented (erweiterten) Kategorie 6 = 6<sub>A</sub> (in TIA/EIA werden alle Anforderungen für Channel, PM-Link und Steckverbinder mit „Kategorie“ bezeichnet)

## 10GBase-T Reichweiten der neuen Übertragungsklassen (mit Reserven !)

1	Klasse F geschirmt S/FTP	Reichweite 100 m
2	Klasse E <sub>A</sub> bzw. Kategorie 6A geschirmt S/FTP	Reichweite 100 m
3	Klasse E <sub>A</sub> bzw. Kategorie 6A ungeschirmt UTP	Reichweite 100 m

## Entwicklung der Komponenten-Normen

Aus den o.g. Verkabelungsnormen werden international in den nächsten Normierungsrunden die Komponentennormen abgeleitet. Ebenso wie die Übertragungstrecken in definierte Güteklassen eingeteilt sind, werden die hierzu benötigten Komponenten in entsprechende Kategorien eingeteilt

Für 10GBASE-T muss die Spezifikation von Cat.6 Kabeln und Komponenten von bisher 250 MHz auf 500 MHz erweitert werden.

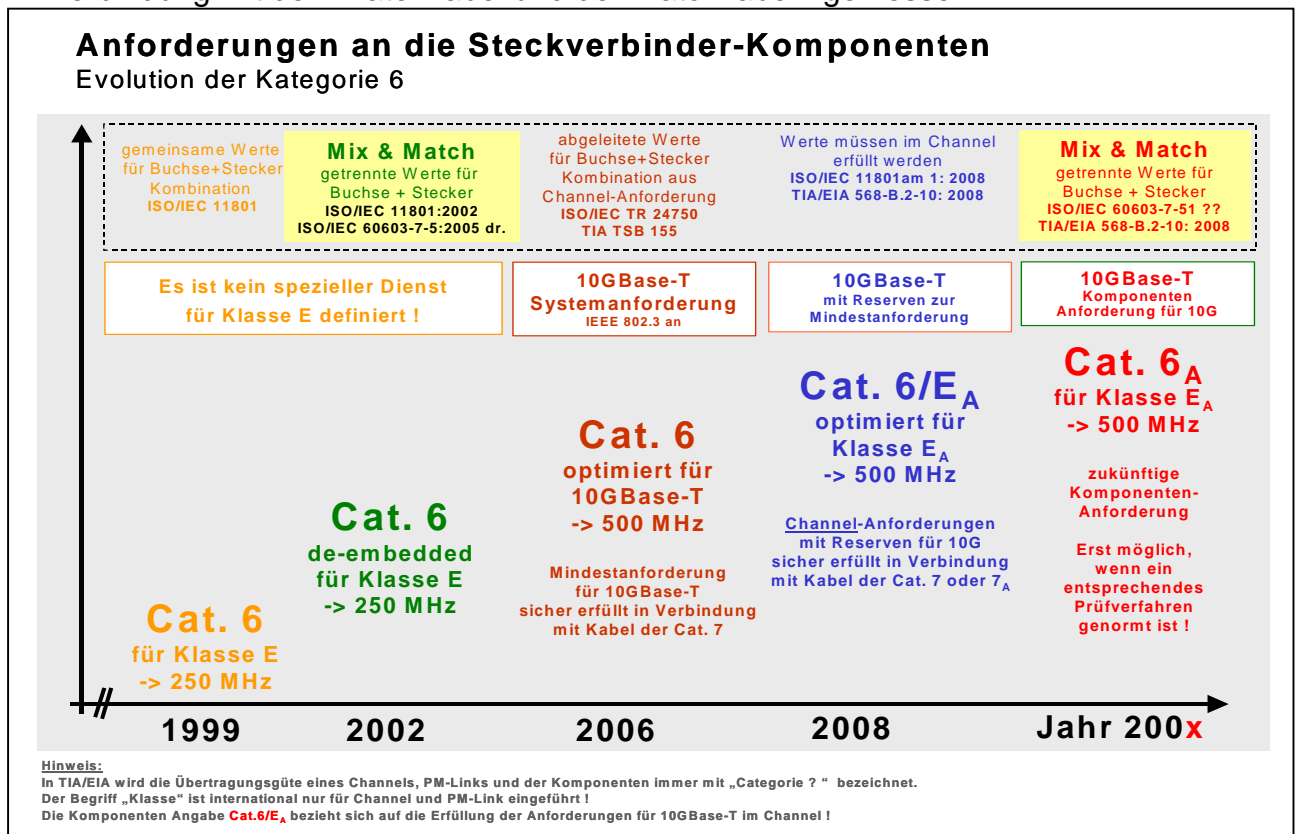
Für 10GBase-T gilt die verbesserte Steckverbinder (Komponenten)-Anforderung der

- ◆ Kategorie 6<sub>A</sub> bis 500 MHz

Bei der Entwicklung neuer Steckverbinder der neuen Kategorie 6 = 6<sub>A</sub> müssen international noch einige Hürden geschafft werden, d.h.

- ◆ Grenzwerte für zukünftige Kategorie 6<sub>A</sub> noch immer in Diskussion !
- ◆ Probleme bei der Rückwärtskompatibilität zur Kat 6 de-embedded
- ◆ RJ45-Prüfstecker sind nur bis 250 MHz spezifiziert
- ◆ Frühestens in 2009 ist mit Ergebnissen zur Kategorie 6<sub>A</sub> zu rechnen

Alle heute angebotenen Steckverbinder-Komponenten erfüllen bis zum Vorliegen entsprechender Standards und entsprechender Produktverbesserungen der elektrischen Eigenschaften lediglich im Channel die Anforderungen. D.h. die Parameter werden immer in Verbindung mit dem Datenkabel und den Patchkabeln gemessen.



## Haupteinsatzgebiete für 10GBase-T

Bereits im Jahre 2002 wurde der LAN Standard IEEE 802.3ae für 10 Gigabit Ethernet über Glasfaser verabschiedet. Dieser Standard hat sich im Rechenzenter sowie bei Campus und Backbone Infrastrukturen etabliert, wo heute vorwiegend Multimodefasern OM 3 für 10GbE zum Einsatz kommen.

In der horizontalen Verkabelung wird mit Einführung des neuen LAN Standards IEEE 803.2an definitiv die Kupferverkabelung weiter vorherrschen. Fiber to the Desk (FTTD) Installationen werden bei der Office Verkabelung weiterhin eine Ausnahme bilden.

Durch die Einführung neuer Dienste und Anwendungen besteht ständiger Bedarf an immer höhere Bandbreiten und Bandbreiten-Reserven. Neue Applikationen wie TelePresence von Cisco, welche Video-Conferencing in eine neue Dimension führen wird, benötigen im Hintergrund mehrere Gigabit Datenströme. Es müssen aber nicht unbedingt immer sichtbare, anspruchsvolle Anwendungen wie Multimedia-Streaming oder Echtzeit-Bildverarbeitung sein, sondern sind auch unsichtbar im Hintergrund laufende Anwendungen wie VoIP, Virencheck und Software- Updates.

Der zukünftige Einsatzschwerpunkt für 10GBase-T wird zunächst in den **Rechenzentren** liegen, wo es die günstigste Möglichkeit sein wird, Server-Cluster zu bilden. Aufgrund der begrenzten Ausdehnung eines RZ-Raumes mit max. 40-50 m hat man die Mindestanforderungen für UTP-Verkabelung mit 55 m definiert.

Generell gilt, dass die Installation einer Verkabelungsinfrastruktur immer eine strategische Investition darstellt, die mehreren Rechner- und Software-Generationen genügen soll.

## Besser geschirmt – weil.....

- ◆ das 10GBase-T Nutzsignal beim Empfänger ist so klein ist, dass es sich kaum mehr vom Rauschen unterscheiden lässt. (siehe oben)
- ◆ die Gefahr einer EMV-Beeinträchtigung dadurch erheblich gestiegen ist
- ◆ man gegen Einstreuungen von außen jedoch machtlos ist. Denn kompensieren kann man nur, was man kennt. Das gilt besonders für Alien NEXT (ANEXT), das Übersprechen von den benachbarten Kabeln und Anschlussmodulen.
- ◆ besonders bei UTP hängt die Störbeeinflussung nicht allein vom Kabel selbst ab, sondern auch von der Anordnung der Kabel untereinander ab. Dieser erweiterte Zusammenhang ist besonders unangenehm, weil damit die Übertragungsleistung (max. Bitrate) nicht nur von den Komponenten, sondern direkt auch von der Art der Installation abhängt.
- ◆ Eine Reduzierung der Störsignal-Beeinflussung bei UTP Verkabelungen ist nur durch stärkere Verdrillung der Kabeladern und räumliche Distanz zu erreichen

- ◆ Bei geschirmten Verkabelungen (STP) ist das Alien NEXT vernachlässigbar.
- ◆ Zum Schutz gegen Übersprechen im STP Kabel werden hier die Adernpaare gegenseitig durch einen Folienschirm um jedes Paar geschützt und man erhält dadurch bessere NEXT-Werte.
- ◆ Zum Schutz gegen elektromagnetische Beeinflussung von außen wird ein zusätzlicher gemeinsamer Geflechschirm (S/FTP) eingesetzt.
- ◆ Die Qualität des EMV-Verhaltens wird durch die so genannte Coupling Attenuation (Kopplungsdämpfung) bestimmt. Sie ergibt sich aus der Summe der Schirmdämpfung und der Unsymmetriedämpfung

Auch bestehende Verkabelungen können durchaus den 10-Gigabit-Anforderungen genügen. Denn Kabel und Module, die bis 250 MHz gut waren, müssen bis 500 MHz nicht unbedingt schlecht sein.

Das gilt vor allem für hochwertige STP-Installationen mit geschirmten Kabel der Kat. 7, weil diese sogar bis 600 MHz spezifiziert, und damit noch bessere Übertragungseigenschaften bieten.

Im Anhang 1 zur ISO/IEC 11801 wurde zu dem brisanten Thema Alien Crosstalk festgehalten, dass geschirmte Kabel nicht gemessen werden müssen, weil sie die Anforderungen per Design (konstruktiver Aufbau des Datenkabels mit einem Geflecht- und Folienschirm) erfüllen !

11801 Amend 1 ISO/IEC:2008 (E)

#### 6.4.15 Alien crosstalk

##### 6.4.15.1 General

The following alien crosstalk requirements are applicable only to Classes  $E_A$  and  $F_A$ . Alien crosstalk of Class F is considered to be as good as the alien crosstalk performance specified for Class  $E_A$ . For information on alien crosstalk performance of Class E systems, see ISO/IEC TR 24750.

If coupling attenuation for Class  $E_A$  or F channels is 10 dB better than Table 22 or for Class  $F_A$  channels is 25 dB better than Table 22, then  $PS ANEXT$  and  $PS AACR-F$  are met by design.

Alle ungeschirmten (UTP) Kabel müssen jedoch auf Alien Crosstalk (AXT) Beeinflussung getestet werden! Hier werden die Hauptprobleme des AXT für 10G Übertragungen gesehen, d.h. der elektromagnetischen Störbeeinflussungen von benachbarten Datenkabeln.

## Stromversorgung, Erdung und Potentialausgleich

Die Datenübertragung mit 10 Gigabit/s ist verbunden mit sehr kleinen Signalpegeln. Dadurch wird die elektrische Störsicherheit von Netzwerken zunehmend wichtiger. Diese Eigenschaft wird mit elektromagnetischer Verträglichkeit EMV bezeichnet. EMV ist die Fähigkeit von Geräten oder Systemen in einer elektromagnetischen Umgebung zufrieden stellend zu arbeiten, ohne andere Geräte in ihrer Funktion zu beeinträchtigen.

Netzteile von Computer sind als getaktete Schaltnetzteile aufgebaut, die mit Ihren Oberwellen und Spikes (Spitzen) zu elektromagnetischer Beeinflussung führen können.

Bei mangelhaft ausgeführten geschirmten Verkabelungssystemen könnten diese Störsignale über den Schirm übertragen werden und so zu höheren Bitfehlerraten führen.

Egal ob geschirmte oder ungeschirmte Verkabelungssysteme installiert werden sollen, es sind immer das Stromversorgungssystem, die Potentialausgleichsanlage und der Blitzschutz von Anfang an mit einzubeziehen.

- ◆ EN 50310 Potentialausgleich und Erdung in Gebäuden mit Einrichtungen der Informationstechnik
- ◆ EN 50174-x Installation von Kommunikationsverkabelung
- ◆ Stromsystem als TN-S Anlage aufbauen
- ◆ äußeren Blitzschutz korrekt errichten

In der EN 50174-2 sind auch Installationshinweise auf das EMV-Verhalten, der Schirmung, der Stromversorgung z.B. Trennung der Stromkreise der Kabeltrassen, den Bauarten der Kabeltrassen, und der Erdung und Potentialausgleich beschrieben.

## Grundsätzliche Vorgaben für Ausschreibungen

Folgende Themen sollten bei der Planung und Ausschreibung für eine zukunftsorientierte Kupferverkabelung Verkabelung beachtet werden. Eine Verkabelung gehört zum Bestandteil eines Gebäudes und soll daher langfristig ca. 15 – 20 Jahre genutzt werden können. Bei der Planung einer Verkabelungsstrecke für 10G sind daher alle heutigen und auch zukünftig geplanten Übertragungsdienste mit einzubeziehen.

- ◆ Anwendungsneutrale geschirmte Kommunikationskabelanlage für Netz-anwendungen bis 10 Gigabit Ethernet mit einer Bandbreite von 500 MHz
- ◆ Die einzusetzenden Verkabelungskomponenten müssen dem Verkabelungs-standard gemäß ISO/IEC 11801:Ed 2 Amd 1:2008 erfüllen.
- ◆ Die einzusetzenden Verkabelungskomponenten müssen die System-Anforde-rungen für 10GBase-T gemäß IEEE 802.3an vom 08.06.2006 erfüllen.

Die Auswahl der richtigen Steckverbinder-Komponenten erfolgt in Abhängigkeit von folgenden Eigenschaften:

- ◆ Übertragungstechnische Eigenschaften mit Reserven zu den in der Normung festgelegten Werten für: NEXT, Return Loss, Insertion Loss, usw.....
- ◆ Einsatz von geschirmten Kabeln der Kategorie 7 bzw. 7<sub>A</sub> (PiMF) 4P ( EN 50288-4)
- ◆ Bei Kupferdatenkabel sollte nicht nur die max. Bandbreite des Kabels (z.B. 1000 MHz) sondern auch die wichtigsten elektrischen Parameter in Abhängigkeit der Frequenz definiert werden.
- ◆ Einsatz von dämpfungsarmen Kabeln , z.B. AWG 22
- ◆ Einsatz von Kabel mit halogenfreiem Kabelmantel
- ◆ In der Regel sind Kabel mit geringer Brandlast einzusetzen.
- ◆ Einsatz von geschirmten RJ45-Steckverbindern der Cat. 6/E<sub>A</sub> mit einem für 10G optimierten Übertragungsverhalten ( EN 60603-7-5 zukünftig EN 60603-7-51)
- ◆ Mechanische Kompatibilität hinsichtlich der Einbaumöglichkeiten von RJ45-Modulen oder Anschlussdosen in Schalterprogrammen verschiedener Hersteller, Bodentank-Lösungen und Kabel Kanalsystemen, usw.
- ◆ Auswahl installationsfreundlicher Produkte mit kurzer Aufschaltezeit und Reproduzierbarkeit der einzelnen Anschlüsse mit gleich bleibend guter Qualität.
- ◆ Bei der Abnahmemessung der Übertragungsstrecke müssen mindestens die für den Channel ISO/IEC Klasse E<sub>A</sub> bzw. TIA/EIA Kategorie 6A definierten Werte erreicht werden.
- ◆ Hinsichtlich des EMV-Verhaltens sind die MICE-Anforderungen der Umgebungs-klassifikation E 3 einzuhalten, wie sie in ISO/IEC TR 24702 bzw. der EN 50173-1: 2007 definiert sind.
- ◆ Für eine mangelfreie Installation ist die Einforderung eines Befähigungsnachweises des ausführenden Unternehmens durch Teilnahmezertifikate an Garantieschulungen oder ähnlichem erforderlich. Dies gilt auch für die auf der Baustelle eingesetzten Subunternehmen.
- ◆ Grundsätzlich gilt, dass jede in einer Ausschreibung aufgeführte Norm in Ihrer jeweils aktuellen Fassung zu zitieren ist.

Wer eine Verkabelung mit Tauglichkeit für 10GBase-T auf allen Links mit 100%iger Sicherheit erreichen möchte, sollte am besten eine S/FTP-Lösung einsetzen. Dadurch bleiben äußere elektromagnetische Störfaktoren ohne Einfluß auf die Übertragungsqualität.



Bei einem UTP-Channel mit optimierten UTP-Komponenten ist dagegen nur bei einwandfreier Installation die Tauglichkeit für 10G zu erwarten.

## Empfehlungen von Dätwyler für Unilan-Verkabelungen

Alle Systemanforderungen hinsichtlich Datenübertragung bis 10 Gigabit Ethernet werden mit folgenden unilan Komponenten von Dätwyler erfüllt:

- ◆ uninet Datenkabel der Cat.7 bzw. 7<sub>A</sub> 4P (PiMF)
- ◆ geschirmte RJ45-Module der Cat.6/E<sub>A</sub> optimiert für 10GBase-T
- ◆ bzw. geschirmte Module der Cat.7<sub>A</sub> (z.B. PS-TERA oder PS-GG45)  
mit größten elektrischen Reserven
- ◆ geschirmte Patchkabel RJ45 mit Flexkabel der Cat. 7

Natürlich ist hierfür Voraussetzung, dass die Standards für die normgerechte Anwendung von Maßnahmen für die Erdung und Potentialausgleich in Gebäuden mit Einrichtungen der Informationstechnik beachtet und umgesetzt sind, wie sie in der EN 50310:2006 beschrieben sind.

## Qualität bietet zusätzlichen Investitionsschutz

- ◆ Produktion der Linkprodukte unter Einhaltung hoher Fertigungsqualität
- ◆ Prüfmuster Zertifizierung durch eine neutrale Stelle (z.B. GHMT)
- ◆ Erweiterte Serienmusterprüfung durch neutrale Stelle (z.B. Premium Verification Programm ( PVP) der GHMT)
- ◆ Teilnahme an Schulungsprogrammen des Herstellers
- ◆ Vorschriftsmäßiges Installieren der Produkte unter Beachtung der Montageanweisungen
- ◆ Beachtung der allgemeinen Normvorgaben und Verlegestandards
- ◆ Durchführung von Abnahmemessungen mit Feldtester und aktueller Software
- ◆ Dokumentation des Kabelnetzes
- ◆ 20 Jahre Garantie des Hersteller für die uneingeschränkte Nutzung der definierten Anwendungen – bei Beachtung der o.g. Vorgaben !

## T I P P

Alle Investoren, die bereits vor vielen Jahren die auch heute noch aktuellen geschirmten PiMF Kabel der Kategorie 7 verlegt haben, können diese Kabel in Verbindung mit der verbesserten Connecting-Hardware auch heute noch ohne Einschränkung für 10Gbase-T nutzen.

## Internationale Normen für strukturierte Verkabelungen

