Berechnung von Übertragungsstrecken

S. Klein, Heltersberg

Die Wirtschaftlichkeit eines Unternehmens hängt zunehmend von der Qualität der passiven Netzwerkinfrastruktur ab. Diese Abhängigkeit wird spätestens dann bewusst, wenn ein LAN nach einer Änderung oder Erweiterung nicht mehr richtig funktioniert. Die Ausfallkosten wegen nicht funktionierender Netzwerke können sich beispielsweise bei einem Geldautomaten auf rund 12 500 Euro pro Stunde belaufen. Die möglichen Konsequenzen zeigt eine Statistik des Haftpflichtverbandes der deutschen Industrie auf: 40 Prozent aller Unternehmen, die ihre Daten verlieren, sind nach spätestens zwei Jahren insolvent.

1 Primäre, sekundäre und tertiäre Übertragungsstrecken

Aber selbst eine Neu-Installation garantiert noch nicht ein funktionierendes Netzwerk. Bei Planung und Ausführung unterlaufen häufig die gleichen, zum Teil grundlegenden Fehler. In über 50 % aller Fälle liegen die Fehlerursachen in der physikalischen Struktur beispielsweise durch Kabelunterbrechung, Performance-Verluste durch schlechte Verbindungs-Qualität, zu hohe Dämpfungswerte oder auch durch die Überschreitung der maximal zulässigen Segmentlängen. Dabei sind kupfer-basierende und LWL-basierende Installationen gleichermaßen betroffen.

Anwendungsneutrale Kommunikationskabel-Anlagen sind in drei Bereiche aufgeteilt:

- primär (Gebäude übergreifender Bereich)
- sekundär (Steigleitungsbereich)
- tertiär (Etagenbereich)

Die festgelegte maximale Länge für den gesamten Primär-, Sekundär- und Tertiärbereich ist 2000 m. Davon können maximal 100 m für den Tertiärbereich verwendet werden. Der Primärbereich besteht aus Primärverkabelung (Campus Backbone Cabeling) und Standortverteiler (SV oder CD = Campus Distributor). Der Sekundärbereich beinhaltet Gebäudeverteiler (GV oder BD = Building Distributor) und Sekundärverkabelung (Building Backbone Cabeling).

Zum Tertiärbereich gehören als wichtigste Elemente:

- Etagenverteiler (EV oder FD = Floor Distributor)
- Tertiärverkabelung/Festverkabelung (Horizontal Cabeling)
- Anschlussdose (Telecommunication Outlet, Teilnehmeranschluss)
- Sammelpunkt (Consolidation Point)
- Patchfeld/Rangierfeld
- Rangierpaare/Rangierschnüre im zugehörigen Etagenverteiler.

Zum Teilsystem der tertiären Verkabelung gehören nicht die Geräteanschlussschnüre und Geräteverbindungsschnüre, die zur Verbindung von Datendose zur Endeinrichtungen dienen.

Bestimmt wird die Auswahl der symmetrischen Verkabelungskomponenten im Primär-, Sekundär- und Tertiärbereich von den geforderten Übertragungsstreckenlängen und den zugehörigen Klassen der Netzanwendungen. Um die hohen technischen Anforderungen der modernen Dienste erfüllen zu können, ist es nach Einführung der EN 50173-1:2002 unter anderem notwendig geworden, die zu installierenden Strecken vorher zu berechnen.

Autor
Dipl.-Ing. (FH) *Stefan Klein* ist Mitarbeiter der Technische Schulung Hager Tehalit Vertriebs GmbH, Heltersberg.

2 Berechnung primärer und sekundärer Strecken

Das Beispiel nach Bild ❶ einer Primär/Sekundärverkabelung stellt die ungünstigste Konfiguration dar. Sie enthält Schnüre sowie Rangier- und Geräteverbindungsschnüre. Eine Rangierschnur dient zur Herstellung von Verbindungen innerhalb von Rangierfeldern, die Geräteverbindungsschnur stellt den Anschluss zwischen Gerät und Verteiler her. Eine Schnur ist ein Verseilelement oder Kabelbündel mit wenigstens einem Abschluss. Die Ran-

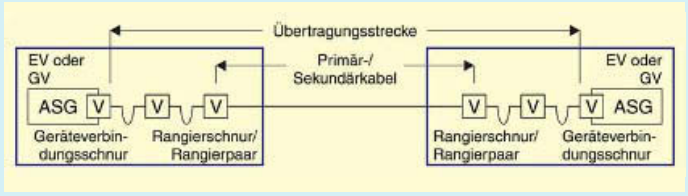
Tafel ❶ Ermittlung der maximalen Länge von Primär-/Sekundärkabeln

Komponentenkategorie 5 Klasse (a)	Formel	Wert	F	X	B
A	2000				2000
B	B=250-F*X	250	4	1,18	245,28
C	B=170-F*X	170	4	1,18	165,28
D	B=105-F*X	105	4	1,18	100,28

Komponentenkategorie 6 Klasse (a)	Formel	Wert	Wert (b)	F	X	B
A	2000					2000
B	B=260-F*X	260	0	4	1,18	255,28
C	B=185-F*X	185	0	4	1,18	180,28
D	B=111-F*X	111	0	4	1,18	106,28
E	B=105-3-F*X	105	3	4	1,18	97,28

Komponentenkategorie 7 Klasse (a)	Formel	Wert	Wert (b)	F	X	B
A	2000					2000
B	B=260-F*X	260	0	4	1,18	255,28
C	B=190-F*X	190	0	4	1,18	185,28
D	B=115-F*X	115	0	4	1,18	110,28
E	B=107-3-F*X	107	3	4	1,18	99,28
F	B=105-3-F*X	105	3	4	1,18	97,28

B: Länge der festverlegten Primär- /Sekundärkabel (m)
F: gesamte Länge der Rangierschnüre, -paare und Geräteverbindungsschnüre (m)
X: Verhältnis der Dämpfung flexibler Kabel (dB/m) zur Dämpfung festinstallierter Primär-/Sekundärkabel → **Kabeldämpfung:** Der größte Aderdurchmesser zur Verwendung in modularen Steckern nach EN 60603-7 beträgt 1,02 mm.
Das größte Dämpfungsverhältnis flexibler Kabel, definiert als ihre Dämpfung/Einfügedämpfung (dB/m), verglichen mit derjenigen von Installationskabeln, beträgt 1,5.
Kabelkennzeichnung. Jede Schnur muss mit folgenden Angaben gekennzeichnet werden:
a) Länge; b) dimensioniertes Dämpfungsverhältnis des Kabels
c) Kabelkategorie; d) Verdrahtungszustand, wo eine direkte Beziehung zwischen den Kontaktstiften fehlt (d. h. Kabelkreuzungen)
(a) Sind Übertragungsstreckenlängen größer als 100 m, werden Netzanwendungen mit Beschränkungen bezüglich der Laufzeit oder des Laufzeitunterschiedes eventuell nicht unterstützt.
(b) Diese Verringerung der Länge soll eine zugeteilte Reserve bieten, um die Einfügedämpfungsschwankungen zu berücksichtigen.



❶ Modell der primären/ sekundären Verkabelung

gierpaare, die an Stelle von Rangierschnüren verwendet werden, sind wie Schnüre zu behandeln.

Die Berechnung nach den folgenden Gleichungen setzt voraus, dass das verwendete flexible Kabel in den Schnüren eine höhere Dämpfung als das Installationskabel hat und dass die Kabel in den Schnüren in der Übertragungsstrecke eine gemeinsame Dämpfungsspezifikation aufweisen.

Mindestens 15 m sollte die physikalische Länge der Primär- bzw. Sekundärkabel betragen, wenn in einer Übertragungsstrecke vier Steckverbindungen verwendet werden.

Der zur Anwendung kommende Dienst wird im Anhang E (unterstützte Netzanwendungen für symmetrische Kupferverkabelung) der EN 50173-1:2002 ausgewählt. Dort ist die Zuordnung des ausgewählten Dienstes in eine bestimmte Klasse zu erkennen. Nachdem die Klasse feststeht, wird das Dämpfungsverhältnis von Schnur und Installationskabel bestimmt. Jetzt ist es erforderlich, das Datenblatt des Kabelherstellers einzusehen. Die Werte „Dämpfung dB/100 m“ werden ins Verhältnis gesetzt. Im ungünstigsten Fall kann auch der Dämpfungsverhältniswert 1,5 angenommen werden.

Beispiel für Wert X (Dämpfungsverhältnis):
Dämpfung Patchkabel bei 100 MHz:
20 dB/100 m
Dämpfung Installationskabel bei 100 MHz:
16,9 dB/100 m
X = Patchkabeldämpfung/Installationskabeldämpfung
X = 20 (dB/100 m)/16,9 (dB/100 m)
X = 1,18

Die Gesamtlänge der Rangierschnüre, -paare und Geräteverbindungsschnüre ist als bekannt vorausgesetzt. Diese Länge wird – wie das Dämpfungsverhältnis auch – in Tafel ❶ in den grün hinterlegten Feldern eingesetzt. Die eingesetzten Werte sind als Beispiele anzusehen. Die rot hinterlegten Felder zeigen die maximal zu verlegende Länge des Primär- bzw. Sekundärkabels an.

Enthalten Übertragungsstrecken eine andere Anzahl von Steckverbindungen als in den nachfolgenden Modellen A bis D, muss die Länge des flexiblen Kabels bei Cat. 5 um 2 m, bei Cat. 6 und 7 um 1 m je Steckverbindung verkürzt werden (wenn mehr Steckverbindungen vorhanden) oder darf erhöht werden (wenn weniger Steckverbindungen vorhanden sind). Zusätzlich sind Leistungsvermögen der Nahnebensprechdämpfung, Rückflussdämpfung und Fernnebensprechdämpfung zu überprüfen.

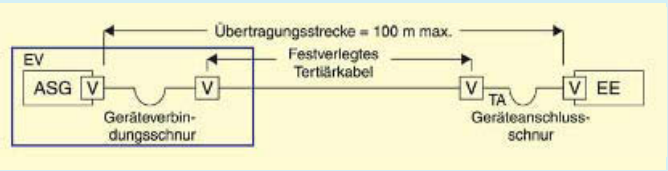
3 Berechnung tertiärer Übertragungsstrecken

Bestimmt wird die Auswahl der symmetrischen Verkabelungskomponenten im Primär-, Sekundär- und Tertiärbereich von den geforderten Übertragungsstreckenlängen und den

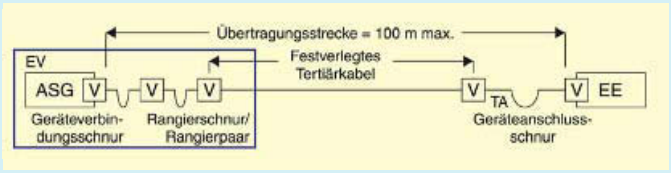
Tafel ❷ Berechnung tertiärer Übertragungsstrecken

Modell für Klasse D	Bild	Formel	Wert	Modellgleichungen Wert (a)	F	X	C	Y	H
Durchverbindung - TA	A	H=109-F*X	109	0	15	1,18			91,3
Rangierverteiler - TA	B	H=107-F*X	107	0	15	1,18			89,3
Durchverbindung - SP - TA	C	H=107-F*X-C*Y	107	0	15	1,18	6	1,18	82,22
Rangierverteiler - SP - TA	D	H=105-F*X-C*Y	105	0	15	1,18	6	1,18	80,22
Modell für Klasse E	**Bild**	**Formel**	**Wert**	**Modellgleichungen Wert (a)**	**F**	**X**	**C**	**Y**	**H**
Durchverbindung - TA	A	H=107-3-F*X	107	3	15	1,18			86,3
Rangierverteiler - TA	B	H=106-3-F*X	106	3	15	1,18			85,3
Durchverbindung - SP - TA	C	H=106-3-F*X-C*Y	106	3	15	1,18	6	1,18	78,22
Rangierverteiler - SP - TA	D	H=105-3-F*X-C*Y	105	3	15	1,18	6	1,18	77,22
Modell für Klasse F	**Bild**	**Formel**	**Wert**	**Modellgleichungen Wert (a)**	**F**	**X**	**C**	**Y**	**H**
Durchverbindung - TA	A	H=107-2-F*X	107	2	15	1,18			87,3
Rangierverteiler - TA	B	H=106-3-F*X	106	3	15	1,18			85,3
Durchverbindung - SP - TA	C	H=106-3-F*X-C*Y	106	3	15	1,18	6	1,18	78,22
Rangierverteiler - SP - TA	D	H=105-3-F*X-C*Y	105	3	15	1,18	6	1,18	77,22

H: größte Länge des festinstallierten horizontalen Kabels (m)
F: gesamte Länge der Rangierschnüre, -paare, Geräteanschluss-, Geräteverbindungsschnüre (m)
C: Länge des Sammelpunktkabels (m)
X: Verhältnis der Dämpfung flexibler Kabel (dB/m) zur Dämpfung festinst. horizontaler Kabel (dB/m)
Kabeldämpfung: Der größte Aderdurchmesser zur Verwendung in modularen Steckern nach EN 60603-7 beträgt 1,02 mm. Das größte Dämpfungsverhältnis flexibler Kabel, definiert als ihre Dämpfung/Einfügedämpfung (dB/m), verglichen mit der von Installationskabeln, beträgt 1,5.
Kabelkennzeichnung: Jede Schnur muss mit folgenden Angaben gekennzeichnet werden:
a) Länge; b) dimensioniertes Dämpfungsverhältnis des Kabels
c) Kabelkategorie; d) Verdrahtungszustand, wo eine direkte Beziehung zwischen den Kontaktstiften fehlt (d. h. Kabelkreuzungen)
Y: Verhältnis der Dämpfung Sammelpunktkabel (dB/m) zur Dämpfung festinstallierter horizontaler Kabel (dB/m)
(a) diese Verringerung der Länge soll eine zugeteilte Reserve bieten, um die Einfügedämpfungsschwankungen zu berücksichtigen.



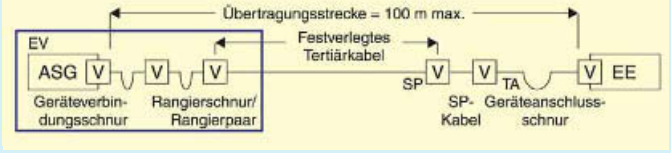
a) Modell Durchverbindung – TA



b) Modell Rangierung – TA



c) Modell Durchverbindung – SP – TA



d) Modell Rangierung – SP – TA

❷ Installationsarten im tertiären Bereich

zugehörigen Klassen der Netzanwendungen. Eine Übertragungsstrecke der Klasse D wird durch die Verwendung von Kategorie-5-Komponenten hergestellt, Klasse E durch Kategorie-6-Komponenten und schließlich Klasse F durch Kategorie-7-Komponenten. Werden Produkte verschiedener Kategorien gemischt, setzt sich die Komponente mit der niedrigsten Kategorie durch.

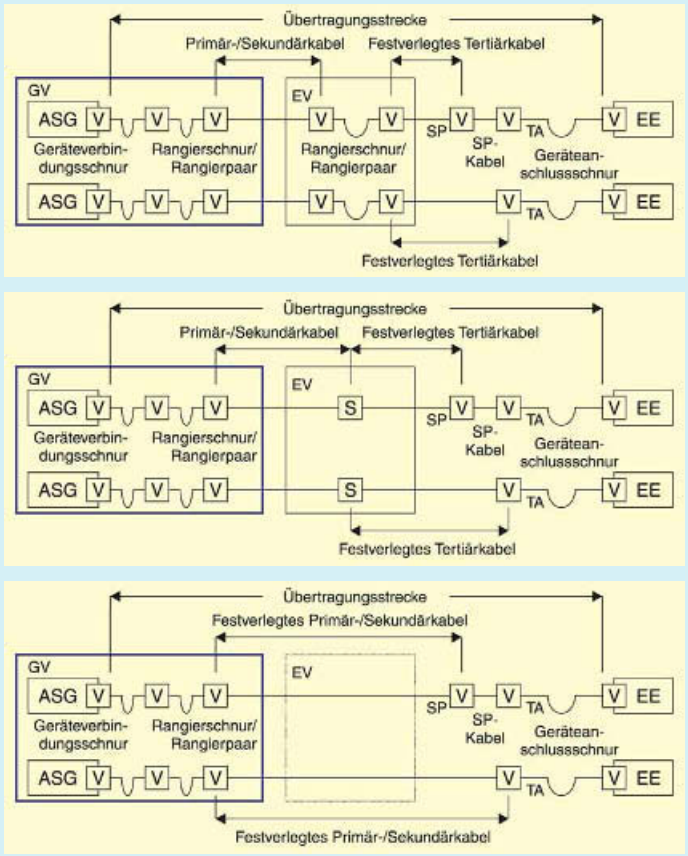
Ausgewählt wird zuerst der zur Anwendung kommende Dienst im Anhang E (unterstützte Netzanwendungen für symmetrische Kupferverkabelung) der EN 50173-1:2002. In der Tabelle ist der gewählte Dienst einer bestimmten Klasse zugeordnet. Nachdem die Klasse feststeht, wird das Dämpfungsverhältnis von Schnur und Installationskabel bestimmt. Jetzt ist es erforderlich, das Datenblatt des Kabelherstellers einzusehen. Die Werte „Dämpfung dB/100m“ werden ins Verhältnis gesetzt. Im ungünstigsten Fall kann auch der Dämpfungsverhältniswert 1,5 angenommen werden.

Jetzt muss noch die Art der Installation im tertiären Bereich bestimmt werden. Dazu dienen die in EN 50173:1-2002 festgelegten Anwendungsbeispiele.

Bild ❷a zeigt eine Übertragungsstrecke mit einer Durchverbindung und einem Teilnehmeranschluss.

Bild ❷b zeigt zusätzlich eine Rangierverbindung. Bild ❷c ist eine Übertragungsstrecke mit einer Durchverbindung, einem Sammelpunkt (auch Consolidation Point, CP genannt) und einem Teilnehmeranschluss. Bild ❷d ergänzt die Installation aus Bild ❷c mit einer zusätzlichen Rangierung.

Das Sammelpunktkabel ist in Bild ❷c/❷d zu finden. Das Dämpfungsverhalten darf von dem der Installationskabel und der Schnüre abweichen. Die Installation aus Bild ❷d wird als Maximalinstallation angesehen. In Bild ❷a und ❷b stellt das tertiäre Installationskabel eine Verbindung zwischen Etagenverteiler und Teilnehmeranschluss her. In Bild ❷c und ❷d stellt das tertiäre Installationskabel die Verbindung zwischen Etagenverteiler und Sammelpunkt dar.



a) „Rangierte“ zusammengefasste Übertragungsstrecke

b) „Gespleißte“ zusammengefasste Übertragungsstrecke

c) „Direkte“ zusammengefasste Übertragungsstrecke

❸ Zusammengefasste primäre, sekundäre und tertiäre Lichtwellenleiter-Übertragungsstrecken

Die Verwendung von unterschiedlichen Kabeln mit verschiedenen Dämpfungseigenschaften erzwingt unter Umständen eine Angleichung der Länge des Installationskabels. Dazu werden die in Tafel ❷ angegebenen Gleichungen verwendet. Aus physikalischer Sicht dürfen die allgemeinen Einschränkungen nicht außer Acht gelassen werden. Dazu zählen:

- max. Länge der Übertragungsstrecke: 100 m
- max. Länge des festverlegten Horizontalkabels: 90 m
- max. Länge der Geräteanschlussschnur: 20 m
- Sammelpunkt mindestens 15 m vom Etagenverteiler anbringen
- Sammelpunkt nur aus passiven Bauteilen, und max. 12 Teilnehmer dürfen angesprochen werden.
- max. Länge der Rangierschnüre/-paare: 5 m

4 Berechnung von Lichtwellenleiter-Übertragungsstrecken

Im Bereich Kupferverkabelung ist es schon lange üblich, passive Bauteile in Kategorien und die daraus entstehende Übertragungsstrecke in Klassen einzuteilen. In der Lichtwel-

Tafel ❸ Berechnung von Lichtwellenleiter-Übertragungsstrecken

Art des Lichtwellenleiters	Klasse	Größte Länge (m)	Gleichungen für die Ausführung (a)						
Mehrmoden 850 nm Kabelkategorie OM1/OM2/OM3			**Formel**	**Wert**	**Wert**	**x**	**Wert**	**y**	**L**
	OF300	300	L=753-145*x-90*y	753	145	2	90	2	635,5
	OF500	500	L=935-145*x-90*y	935	145	2	90	2	817,5
	OF2000	2000	L=2435-145*x-90*y	2435	145	2	90	2	2318
Mehrmoden 1300 nm Kabelkategorie OM1/OM2/OM3			**Formel**	**Wert**	**Wert**	**x**	**Wert**	**y**	**L**
	OF300	300	L=1300-330*x-200*y	1300	330	2	200	2	1035
	OF500	500	L=1500-330*x-200*y	1500	330	2	200	2	1235
	OF2000	2000	L=3000-330*x-200*y	3000	330	2	200	2	2735
Einmoden 1310 nm Kabelkategorie OS1			**Formel**	**Wert**	**Wert**	**x**	**Wert**	**y**	**L**
	OF300	300	L=1800-500*x-300*y	1800	500	2	300	2	1400
	OF500	500	L=2000-500*x-300*y	2000	500	2	300	2	1600
	OF2000	2000	L=3500-500*x-300*y	3500	500	2	300	2	3100
Einmoden 1550 nm Kabelkategorie OS1			**Formel**	**Wert**	**Wert**	**x**	**Wert**	**y**	**L**
	OF300	300	L=1800-500*x-300*y	1800	500	2	300	2	1400
	OF500	500	L=2000-500*x-300*y	2000	500	2	300	2	1600
	OF2000	2000	L=3500-500*x-300*y	3500	500	2	300	2	3100

L: Länge der Übertragungsstrecke (m)
X: Gesamtzahl der gesteckten Verbindungen in der Übertragungsstrecke
Y: Gesamtzahl der Spleiße in der Übertragungsstrecke
(a): diese Gleichungen nehmen eine Dämpfung von 0.5 dB je gesteckter Verbindung an (da bei einem System mit zwei Steckverbindungen nur 0,25 % diesen Wert überschreiten würden).

lenleitertechnik gibt es die Einteilung in Kategorie und Klasse erst seit Einführung der EN 50173-1:2002. Die Kategorien sind OM1/OM2/OM2 und kennzeichnen die Mehrmodenfasern. OS1 steht für Einmodenfasern. Die dazugehörige Klasse für Mehrmoden- und Einmodenfasern nennt man OF-300, OF-500 bzw. OF-2000, wobei 300, 500 und 2000 für die maximal mögliche Installationslänge stehen.

Um die Anzahl der Spleiße und Steckverbindungen zu erhalten, die in einer Strecke vorhanden sind, muss die Art der Installation feststehen. Es stehen drei Beispiele zur Auswahl. Erstens die rangierte zusammengefasste Übertragungsstrecke, zweitens die gespleißte zusammengefasste Übertragungsstrecke und drittens die direkte zusammengefasste Übertragungsstrecke. Nun zählt man die Anzahl der benötigten Spleiße und Steckverbindungen.

Auch für die Lichtwellenleiterinstallation gilt die vorherige Auswahl der Netzanwendung im Anhang E der EN 50173. In der Tabelle Anhang E ist die LWL-Klasse und deren Alternativen festgelegt. Entsprechend der möglichen Klassen wählt man die LWL aus (Bild ❸).

Die bisher erhaltenen Werte sind:

- Art der Netzanwendung (z. B. ISO/IEC 8802-3:1000BASE-LX)
- Mögliche Faserkategorie/Klasse/Wellenlänge (z. B. OM1/OF-500/1300 nm oder OM2/OF-500/1300 nm oder OM3/OF-500/1300 nm oder OS1/OF-2000/1310 nm)
- Art der Übertragungsstreckeninstallation (z. B. a, b oder c in Bild ❸)
- Anzahl der Spleiße und Steckverbindungen.

In der Tafel ❸ wählt man die richtige Formel nach Faser, Wellenlänge, Klasse, Kategorie, Anzahl der Spleiße und Steckverbindungen aus und errechnet die Länge der Übertragungsstrecke. Grün hinterlegt sind die anzugebenen Werte und rot das Ergebnis.

5 Zusammenfassung

Die Berechnung einer Übertragungsstrecke nach EN 50173-1:2002 bedarf einer gewissen Gewöhnung. Fest steht, dass die vorherige Berechnung für den Planer und den ausführenden Installateur eine zumindest theoretische „Garantie“ über die zukünftige Funktionalität der installierten Strecke bedeutet. Die immer anspruchsvoller werdenden Dienste erfordern größere Sorgfalt sowohl bei Konzeption als auch bei Ausführung. Höherer Anspruch bedeutet auch Investition in mehr Zeit. Genau die sollte sich jeder Verantwortliche und Ausführende nehmen, damit ein Netzwerk anwendungsneutral und zukunftssicher wird.

Allerdings: Selbst bei Anwendung normkonformer Komponenten, Beachtung der Längenrestriktionen und durchgeführter Berechnung kann die Konformität der Installationsstrecke nicht daraus abgeleitet werden, sondern muss z. B. durch Messung der Übertragungsstrecke nachgewiesen werden. ■