

**Zeitschrift:** Bulletin Electrosuisse  
**Herausgeber:** Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik  
**Band:** 99 (2008)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Installationen für Breitband-LANs  
**Autor:** Good-Engelhardt, Regina  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-855824>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 29.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Installationen für Breitband-LANs

## Glasfaser oder Kupfer, geschirmt oder ungeschirmt?

**10-Gigabit-Ethernet über Kupfer soll im LAN-Bereich eine preiswerte Alternative zur Glasfaser bieten. Der entsprechende Standard 10GBase-T oder IEEE 802.3an wurde im Juni 2006 verabschiedet. Doch Planer, Installateure und Kunden sind nach wie vor verunsichert: Reicht eine Verkabelung Klasse E/Kat. 6? Was bedeutet Klasse E<sub>A</sub>/Kat. 6A? Ein neuer Begriff, der aktuell in die Diskussion geworfen wird.**

Für 10-Gigabit-Ethernet über Glasfaser ist die Situation geklärt: Die IEEE-Arbeitsgruppe 802.3ae erarbeitete eine ganze Familie von Standards, die allgemein unter 10GBase-F (Fiber) zusammengefasst werden und seit 2002 gelten. Sie sind nicht nur für LANs relevant. Beispielsweise definiert IEEE 802.3ae den Standard 10GBase-SR (Short Range) für LAN-Verbindungen über Multimodefaser mit 850 nm Wellenlänge,

*Regina Good-Engelhardt*

aber ebenso 10GBase-ER (Extended Range) für Weitverkehrsverbindungen über Singlemode-Faser mit 1550 nm Wellenlänge. Die einzusetzenden Fasertypen entsprechen der Klassifizierung nach ISO 11801, 2<sup>nd</sup> Edition, vom September 2002.

Bei 10-Gigabit-Ethernet über Kupferkabel tat man sich aus verständlichen technischen Gründen schwerer. Das Jahr 2004 brachte mit 10GBase-CX4 von IEEE 802.3ak die erste auf Kupferkabel basierende, standardisierte 10-Gigabit-Ethernet-Variante. Wegen ihrer geringen Reichweite von 15 m eignet sie sich ausschliesslich für Punkt-zu-Punkt-Verbindungen von nahe nebeneinander stehenden Endgeräten in Rechenzentren oder in Verteilerräumen.

Umso mehr war die Fachwelt erleichtert, als im Juni 2006 der Standard 10GBase-T der Arbeitsgruppe IEEE 802.3an verabschiedet wurde, der Reichweiten bis zu 100 m basierend auf der bekannten RJ45-Verkabelung vorsah. Der Standard umfasst sämtliche Merkmale der 10-Gigabit-Übertragung, angefangen von den Modulationsverfahren bis hin zu den erforderlichen Eigenschaften der Übertragungsstrecke.

Doch hier beginnt ein Dilemma. IEEE 802.3an spezifiziert den Channel, also die gesamte Übertragungsstrecke von der Quelle bis zum Endgerät. Was ist mit dem Permanent Link? Was mit den einzelnen Komponenten?

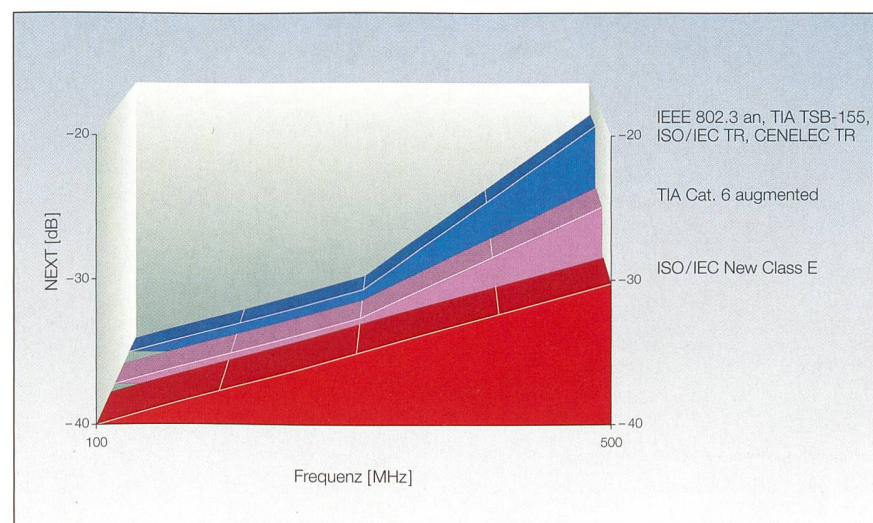
Die Standardisierungsgremien für Verkabelungen haben bereits mit der Arbeit an diesem komplexen Thema begonnen. Bei ISO/IEC JTC1 (Joint Technical Committee) arbeitet das zuständige Sub-Komitee (SC25 WG3) an Zusätzen zur ISO/IEC 11801: Zusatz 1.1 für Channel und 1.2 für Komponenten und Permanent Link. TIA arbeitet an Addendum 10 für die ANSI/TIA/EIA-568-B.2, der zurzeit als Entwurf 10.0 vorliegt. Cenelec dagegen wartet auf die

Ergebnisse und Entscheidungen von ISO/IEC, um sich mit seiner europäischen Norm eng an diesen Standard anlehnen zu können. Verwirrend ist, dass die unterschiedlichen Gremien schon bei der Spezifizierung des Channels von verschiedenen Zielen ausgehen – zumindest was den Parameter NEXT betrifft.

### Wichtiger Parameter: NEXT

NEXT, das Nebensprechen am nahen Ende, definiert das Übersprechen von einem Adernpaar zum nächsten. Die bisher bekannte Klasse E definiert die Channel-Eigenschaften einschliesslich der zulässigen NEXT-Werte bis zu einer Frequenz von 250 MHz. Für 10-Gigabit-Ethernet musste die Spezifikation wegen der höheren Signalbandbreite bis 500 MHz erweitert werden. Während IEEE 802.3an möglichst geringe Anforderungen stellte, indem es einen steileren Anstieg des NEXT oberhalb von 330 MHz zulies, verlangt ISO/IEC in der aktuellen Diskussion einen streng linearen Anstieg für seinen Channel, bekannt als «New Class E» oder «Klasse E<sub>A</sub>». TIA ist moderater und bewegt sich zwischen diesen beiden Modellen (Bild 1).

Derzeit ist zu erwarten, dass sowohl ISO/IEC wie auch EIA/TIA in den ersten Monaten des Jahres 2008 ihre Channel-



**Bild 1** Die Normungsgremien spezifizieren unterschiedliche Anforderungen an das Nahnebensprechen (NEXT) im Channel.



Wellenlänge	Kodierung 8B/10B, WWDM-Übertragung	Kodierung 64B/66B, serielle Übertragung*
850 nm		<b>10GBase-SR</b> OM1 62,5 µm 33 m OM2 50 µm 82 m OM3 50 µm 300 m
1300/1310 nm	<b>10GBase-LX4</b> MM 62,5 µm 300 m MM 50 µm 300 m OS1 9 µm 10 km	<b>10GBase-LR</b> OS1 9 µm 10 km
1550 nm		<b>10GBase-ER</b> OS1 9 µm 40 km

Tabelle I Standards für Lichtwellenleiter.

Wellenlängen, Fasertypen, Kerndurchmesser und mögliche Reichweiten für verschiedene 10GBase-F-Standards. Anmerkungen: \* für Sonet-Kodierung, wie in vielen WANs üblich, ergeben sich dieselben Reichweiten. MM steht für Multimode; OM, OS ist die Faserklassifizierung nach ISO 11801, 2<sup>nd</sup> Edition, September 2002.

Anwendung	10GBase-F	10GBase-T	10GBase-CX4
Rechenzentrum	geeignet	sehr geeignet	geeignet bis 15 m
Horizontale Gebäudeverkabelung (inkl. Verteiler) <sup>1)</sup>	nicht geeignet	geeignet	nicht geeignet
Vertikale Gebäudeverkabelung (Steigleitungen) <sup>1)</sup>	geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet
Campus- und Metro-Netz	geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet

Tabelle II Anwendungen von Glasfaser- und Kupfernetzen im Vergleich.

Spezifikationen verabschieden. Bei EIA/TIA gehören die Spezifikationen für die Komponenten und für den Permanent Link von Anfang an dazu, da sich ein Gremium mit allen Aspekten befasst und darum schneller einen Konsens findet. Im Unterschied dazu gibt es bei ISO und IEC unterschiedliche Gremien mit verteilten Zuständigkeiten, was eine Einigung auf die wesentlich anspruchsvolleren ISO/IEC-Grenzwerte erschwert. ISO/IEC wird die Spezifikationen für den Permanent Link und die Komponenten wohl erst 2009 verabschieden, denn man stellt hier höhere Anforderungen als EIA/

TIA, und die Modellierungstechniken für die höheren Frequenzen (250 bis 500 MHz) sind erst noch zu definieren. Der ISO/IEC-Klasse-E<sub>A</sub>-Channel wird nach heutigem Kenntnisstand die Anforderungen der EIA/

TIA-Kat.-6A-Channel deutlich übertreffen. Verwirrend ist, dass die Komponenten bei beiden Gremien Kat. 6A heißen, aber etwas total Unterschiedliches bedeuten.

Dennoch beeilt sich die Industrie, schon jetzt sogenannte Kat.-6A-Komponenten anzubieten, um damit die 10-Gigabit-Tauglichkeit zu unterstreichen. Doch solange die Standards nicht verabschiedet sind, ist diese Bezeichnung nicht korrekt. Dass die Kat.-6A-Komponenten nach TIA auch keinen Channel nach der zukünftigen internationalen Klasse E<sub>A</sub> garantieren, trägt weiter zur Verunsicherung bei. Also doch, wenn möglich, in Glasfaser investieren?

### Wann Faser, wann genügt Kupfer?

Grundsätzlich kann man strukturierte Gebäudeverkabelungen mit Kupfer und mit Glasfaser realisieren – und beide existieren problemlos nebeneinander. Glasfaser hat den Vorteil, dass sie von Natur aus unempfindlich ist gegen elektromagnetische Störungen: Sie verursacht keinen «Elektrosmog» und «fängt sich auch nichts ein». Wer allerdings glaubt, mit Glasfaser seien alle Bandbreiten- und Reichweitenprobleme gelöst, sollte genauer hinschauen: Mit konventionellen Multimodefasern der Klasse OM1 reicht 10-Gigabit-Ethernet gerade mal 33 m weit (Tabelle 1). OM2 kann knapp mit Kupfer konkurrieren. Erst mit OM3 kommt man auf 300 m Reichweite. Diese Faser ist mit ihrem optimierten Indexprofil im zentrumsnahen Bereich auf geringe modale Dispersion gezüchtet, denn die Dispersion

Verkabelung	Channel-Länge
Klasse E/Kat. 6 ungeschirmt Erweitert um ISO/IEC TR-24750 und EIA/TIA TSB-155	55 m
Klasse E/Kat. 6 geschirmt Erweitert um ISO/IEC TR-24750 und EIA/TIA TSB-155	100 m
Klasse F Erweitert um ISO/IEC TR-24750	100 m
Klasse E <sub>A</sub> /Kat. 6A	100 m

Tabelle III Kabelklassen.

Die neue Klasse E<sub>A</sub> bzw. die Komponenten der «verbesserten» Kat. 6A sind eine von mehreren Möglichkeiten, eine 10-Gigabit-taugliche Verkabelung zu realisieren.

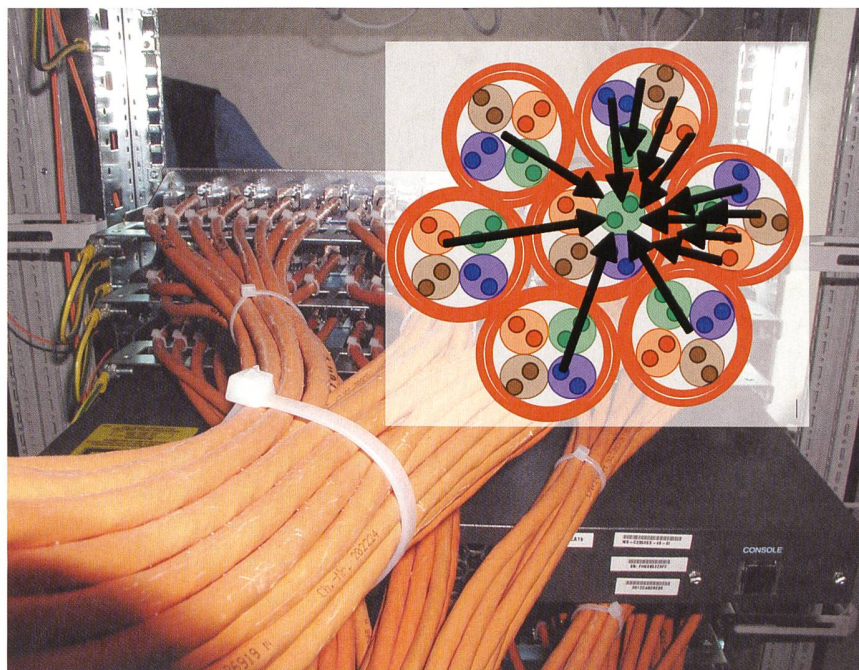
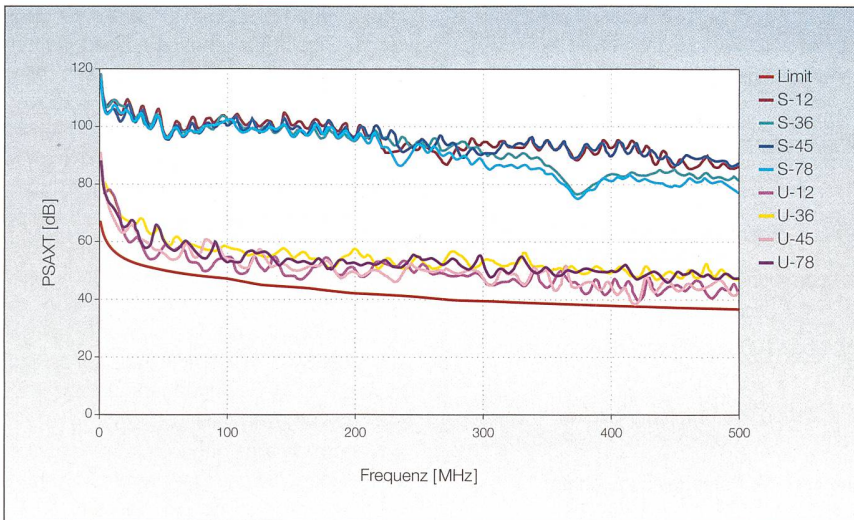


Bild 2 Alien NEXT zwischen benachbarten Kabeln: Jeder stört jeden.





**Bild 3 Vergleich geschirmte/ungeschirmte Kabel.**

Leistungsaddiertes Alien NEXT für geschirmte und ungeschirmte Kabel. Gemessen wurde das Übersprechen von 6 äusseren auf ein inneres Kabel, die über 100 m parallel geführt und alle 15 cm zusammengebunden waren.

ist neben der Dämpfung der Parameter, der die Geschwindigkeit und die Reichweite limitiert.

OM3 ist für Neuinstallationen bis 300 m Reichweite die preiswerteste Lösung. Wer längere Übertragungsstrecken braucht, muss auf die teurere Singlemodetechnik umsteigen, die mit ihren 9 µm Kerndurchmesser wesentlich höhere Ansprüche an die Steckverbinder stellt. Wer dagegen mit 100 m Reichweite auskommt, hat mit 10GBase-T über Kupfer eine exzellente Alternative. Selbst in Rechenzentren ist

10GBase-T dem älteren Standard 10GBase-CX4 in wirtschaftlicher Hinsicht überlegen (Tabelle 2), denn 10GBase-CX4 braucht Spezialstecker und -kabel. 10GBase-T kommt mit den gängigen vier verdrehten Aderpaaren und Standard-RJ45-Steckverbindern aus.

Bei der Entwicklung von IEEE 802.3an waren vier Möglichkeiten der Kupferverkabelung vorgesehen (Tabelle 3). Alle sollten 10-Gigabit-Funktionalität bieten. Eine Einschränkung besteht bei der heutigen ungeschirmten Kat.-6-Verkabelung, die nur eine Reichweite von 55 m zulässt. Ohnehin sind nur solche Kat.-6-Übertragungsstrecken für 10-Gigabit-Ethernet tauglich, die zusätzlich in dem von ISO/IEC TR-24750 oder TIA/EIA TSB-155 spezifizierten Frequenzbereich von 250 bis 500 MHz die definierten Grenzwerte einhalten. Die neue Klasse E<sub>A</sub> bzw. die Komponenten der Kategorie 6A beinhalten diese Anforderungen bereits.

**Kupfer – geschirmt oder ungeschirmt?**

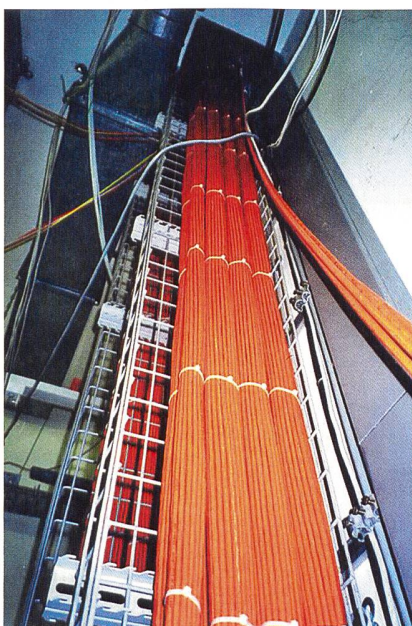
Technisch gesehen, bietet die geschirmte Kupferverkabelung zweifellos die höhere Sicherheit – bei etwas höheren Installationskosten. Die Entscheidung scheint eine Frage der Mentalität zu sein: In der deutschsprachigen Schweiz ist wie in Deutschland und Österreich die STP-Installation (Shielded Twisted Pair) vorherrschend. Meist handelt es sich hier um S/FTP: Die Doppeldern sind einzeln mit Folien (F) geschirmt, alle vier gemeinsam nochmals mit einem Schirm aus Drahtgeflecht (S). In Frankreich begnügt man sich mit FTP und verzichtet

auf den gemeinsamen Schirm. Der grosse Rest der Welt benutzt UTP (Unshielded Twisted Pair), genauer gesagt: U/UTP. Aber: Durch die immer höheren Übertragungsbreiten werden die Nutzsignale am Empfänger immer kleiner. So ist das Empfangssignal bei 10GBASE-T rund 100-mal kleiner als beim heutigen 1000BASE-TX. Der Schutz vor Störungen von aussen ist bei 10GBASE-T darum entscheidend. Und das soll durch die neue Klasse E<sub>A</sub> bzw. die Komponenten der Kategorie 6A verbessert werden.

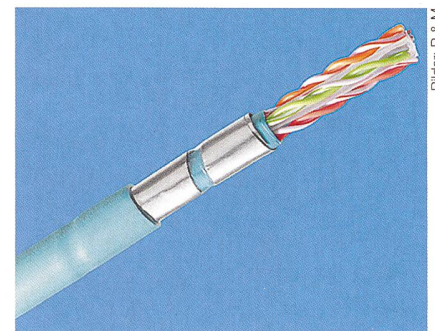
Gleichtaktstörungen auf dem Kabel (EMV) und Alien NEXT, das Übersprechen aus benachbarten Kabeln, sind dabei das Hauptproblem (Bild 2). Korrekt installierte geschirmte Verkabelungssysteme schützen effektiv gegen die beiden Effekte. Deshalb orientiert sich der Markt zunehmend in Richtung geschirmter Lösungen (Bild 4). Eine neue Möglichkeit besteht darin, das Prinzip der Schirmung auf die ungeschirmte Verkabelungstechnik zu übertragen. So gibt es bereits eine Lösung, bei der kurze Foliensegmente im Mantel – Wave Reduction Patterns (WARP) – das Kabel schützen (Bild 5). Diese Technik bietet guten Schutz gegen Alien NEXT in ungeschirmten Verkabelungssystemen. Sie hilft jedoch nicht gegen Gleichtaktstörungen. Alles in allem bleibt die geschirmte Verkabelung die sichere Lösung.

**Wie entscheiden?**

Bei LAN-Neuinstallationen ist die Entscheidung relativ einfach. Für alle Strecken über 100 m kommt die optische Übertragung infrage, und da ist OM3 in die engste Wahl zu ziehen. Selbst wenn 10-Gigabit-Ethernet als Anwendung noch nicht konkret ansteht – mit OM3 ist man auf der sicheren Seite. Denn OM3 ist kompatibel: Die Faser funktioniert mit heutigen LED-Modulen für Fast Ethernet oder Token Ring und ermöglicht jederzeit einen Umstieg auf



**Bild 4 Worst Case für UTP: Parallele Führung der Kabel über lange Strecken macht das Alien NEXT praktisch unbeherrschbar.**



**Bild 5 Versteckte Schirmtechnik für ungeschirmte Verkabelungssysteme.** Foliensegmente, die beim Abmanteln sichtbar werden, dämpfen das Übersprechen.

articles spécialisés



Norm	Beschreibung
EN 50173-1:2003-06	Informationstechnik – Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen
ISO/IEC 11801:2002	Information technology – Generic cabling for customer premises
ISO/IEC TR-24750	Information technology – Assessment and mitigation of installed balanced cabling channels in order to support of 10GBase-T
ANSI/TIA/EIA 568-B.2	Commercial Building Telecommunications Cabling Standard
TIA TSB-155	Additional guidelines for 4-pair 100 Ω Category 6 cabling for 10GBase-T applications
EN 50174-2	Informationstechnik – Installation von Kommunikationsverkabelung – Installationsplanung und -praktiken in Gebäuden
EN 50310	Anwendung von Massnahmen für Potenzialausgleich und Erdung in Gebäuden mit Einrichtungen der Informationstechnik

Tabelle IV Verkabelungsnormen.

Gigabit- oder 10-Gigabit-Ethernet mit modernen VCSEL-Modulen.

Bei LAN-Neuinstallationen bis zu 100 m Übertragungsstrecke ist eine geschirmte Verkabelung nach Klasse E<sub>A</sub> eine zukunfts-sichere Investition. Weil es zurzeit keine verbindlichen Spezifikationen für die Komponenten gibt, sollte man Hersteller wählen, die ihr Verkabelungssystem von unabhängigen Instituten zertifizieren lassen. Es empfiehlt sich ausserdem, bei Neuinstallationen eine komplette Lösung eines Herstellers zu bevorzugen und nicht zu mischen, solange die Komponenten nicht eindeutig spezifiziert sind. Kabel der Kategorie 7 bieten aufgrund der besseren Schirmeigenschaften zusätzliche Reserven, und der Mehrpreis spielt im Vergleich zu den Gesamtkosten keine grosse Rolle.

Bei Kat.-7-Steckverbindern, die ebenfalls als Plattform für 10-Gigabit-Ethernet auf dem Markt angeboten werden, ist die Sache nicht so einfach. Gleich zwei genormte, aber nicht kompatible Systeme stehen zur Wahl: IEC 60603-7-7 in Anlehnung an RJ45 und IEC 61076-3-104 mit

einem völlig neuen Konzept. Der Kunde steht damit vor dem Zwang, sich für ein System entscheiden zu müssen, das zwar genormt ist, aber dennoch alle Nachteile einer proprietären Lösung mit sich bringt. Und solange die Endgeräte nicht mit der entsprechenden Kat.-7-Steckverbindung ausgerüstet sind, braucht er zum Anschluss ein Hybridkabel. Spätestens an dessen Ende mit dem RJ45-Stecker wird die Qualität auf Kat. 6 reduziert.

Abschliessend bleibt festzuhalten: Obwohl es im Bereich der Kupferverkabelung

ungeschirmte Lösungen für die Anwendung von 10-Gigabit-Ethernet gibt, bleibt die Einstrahlung von Störungen von aussen (Alien NEXT) ein Problem, das man nicht vernachlässigen darf. Ein bestehendes Klasse-E-LAN sollte man auf jeden Fall testen, bevor man zu 10-Gigabit-Ethernet migriert. Alien-NEXT-Tests sind beim ungeschirmten LAN notwendig, aber zeitaufwendig, schwierig, und das Ergebnis hängt allein von den Verhältnissen der Installation ab. Dagegen erfüllt ein korrekt installiertes geschirmtes System von Haus aus (by design) die Alien-NEXT-Bedingungen, die von IEEE 802.3an vorgesehen sind.

Wenn man alles gegeneinander abwägt, ist ein hochwertiges geschirmtes System, das die Anforderungen der Klasse E<sub>A</sub> erfüllt, die beste Wahl für ein zukunftssicheres und ungestörtes Netzwerk.

### Angaben zur Autorin

**Regina Good-Engelhardt** ist seit 2004 Product Marketing Managerin bei Reichle & De Massari. Sie hat ein Bachelor-of-Science-Diplom in Electrical Engineering an der Purdue University in den USA abgeschlossen und arbeitet seit 1987 in verschiedenen Funktionen in der Hightech-Industrie in den USA, Deutschland und der Schweiz. Reichle & De Massari, 8620 Wetzikon, regina.good-engelhardt@rdm.com

<sup>1)</sup> Der Hauptunterschied zwischen der vertikalen und horizontalen Gebäudeverkabelung ist die Länge. Meistens braucht man mehr als 100 m im Backbone, und dann müsste LWL eingesetzt werden. Eine andere Überlegung ist die EMV. Starkstromkabel zu finden, ist im vertikalen Bereich wahrscheinlicher als im horizontalen. Besonders bei 10GBASE-T können diese Störungen zu Fehlern führen.

### Résumé

#### Installations pour réseaux locaux à large bande

*Fibre optique ou cuivre, blindé ou non?* Ethernet 10 gigabits sur cuivre doit offrir une alternative économique à la fibre optique dans le domaine LAN. La norme correspondante 10GBase-T ou IEEE 802.3an a été adoptée en juin 2006. Mais planificateurs, installateurs et clients hésitent encore: un câblage de la classe E/cat. 6 suffira-t-il? Que signifie la classe E<sub>A</sub>/cat. 6A? C'est là une nouvelle notion actuellement lancée dans la discussion.



## Offre de reliure Bulletin SEV/AES

Avec un classeur pour le Bulletin SEV/AES, vous pourrez ranger vos Bulletins SEV/AES de manière claire et compacte.  
Nous nous ferons un plaisir de relier votre revue spécialisée pour vous.

### Commande

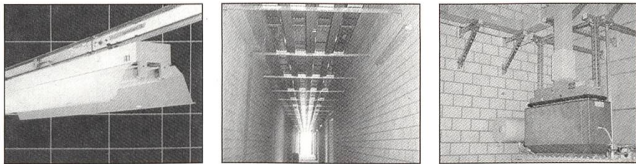
Nombre		Année	Prix
.....	classeurs incl. couvertures	2007	Fr. 109.20
.....	classeurs incl. couvertures	.....	Fr. 109.20
.....	couvertures/année	2007	Fr. 43.20
.....	couvertures/année	.....	Fr. 43.20

Port, emballage et TVA non compris

Les Bulletins de l'année 2006 sont reliés avec une version imprimée de la table des matières annuelle.  
A la commande de couvertures pour l'année 2006, un exemplaire imprimé de la table des matières annuelle est fourni gratuitement.

Veuillez envoyer vos Bulletins avec la mention «Bulletin SEV/AES» à:

**BU BU** Buchbinderei Burkhardt AG  
Isenrietstrasse 21, 8617 Mönchaltorf  
tél. 044 949 44 59, www.bubu.ch



## Votre sécurité – LANZ canalisations électriques

- **LANZ EAE** – à gaine métallique 25–4000 A IP 55  
Pour une alimentation électrique modifiable et extensible de l'éclairage, des machines dans les laboratoires, fabriques, chaînes de production, etc.
- **LANZ HE** – à gaine de résine synthétique 400–6000 A IP 68  
La meilleure canalisation électrique au monde, résistant à 100% à la corrosion. Homologuée EN/IEC. Aussi avec conducteur neutre 200% et blindage CEM maximal.

**Spécialement recommandées pour les liaisons transformateur principale, pour les réseaux d'étage dans les immeubles administratifs, centres de calcul et hôpitaux, pour l'équipement de centrales de force, usines d'incinération, STEP et installations à l'air libre.**

Conseils, offres: **lanz oensingen sa 4702 Oensingen 0623882121**

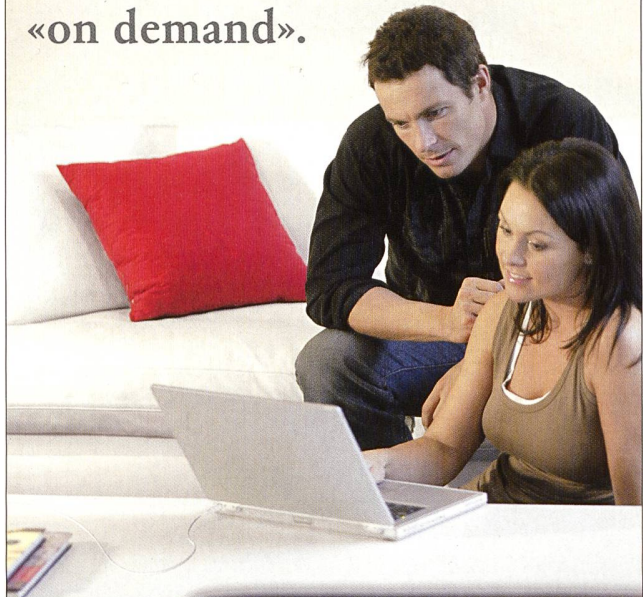
Les canalisations électriques LANZ EAE et LANZ HE m'intéressent. Veuillez m'envoyer la documentation.

Pourriez-vous nous rendre visite à une date à convenir par téléphone? Nom / adresse / tél. \_\_\_\_\_

fs2

**LANZ lanz oensingen sa**  
CH-4702 Oensingen Südringstrasse 2  
Téléphone 0623882121 Fax 0623882424  
www.lanz-oens.com info@lanz-oens.com

## Multimedia-Erlebnisse «on demand».



### Auf Jahre hinaus!



### NewLine: Verkabelungs- und Anschlusssysteme für morgen und übermorgen.

Freie Fahrt für Daten und Signale mit der tausendfach bewährten Multimedia-Anschlussdose MMC3000pro. Hochleistungs-Infrastrukturen von BKS garantieren gleichzeitigen Genuss von Bild und Ton, und Datenübertragungen im Schnellzugtempo.

#### MMC3000pro

- ein Kabel pro Dose: spart Kosten, Zeit und Platz
- übertrifft alle bekannten Normen auf Jahre hinaus
- höchste Aufschaltperformance und Sicherheit
- wirtschaftlich, jeder Bandbreite gewachsen, unbeschränkt offen für weitere Applikationen

MMC3000pro – garantiert sicher!

B&S

**BKS** BKS Kabel-Service AG, Fabrikstrasse 8, CH-4552 Derendingen,  
Tel: +41 32 681 54 54 oder 0848 22 55 25, Fax: +41 32 681 54 59  
bksmail@bks.ch, www.bks.ch