

## GESCHIRMT UND UNGESCHIRMT IM TEST

# Die EMV gibt den Ausschlag

Im Auftrag von neun deutschen Kabel- und Komponentenherstellern führte die Gesellschaft für Hochfrequenztechnik in Bexbach (GHMT) letzten Herbst Vergleichsuntersuchungen zwischen geschirmten und ungeschirmten Verkabelungssystemen der künftigen Klasse E durch. Sie testete an zwei exemplarischen Aufbauten die Übertragungs- und elektromagnetischen Eigenschaften bei Ethernet- und Fast-Ethernet-Übertragungen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen liegen jetzt vor.

Die Auftraggeber dieser Studie sind Mitglieder aus den Fachverbänden Kabel und isolierte Drähte sowie Installationsgeräte- und -systeme des ZVEI (Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.). Ziel dieser Studie ist es, eine messtechnisch fundierte Aussage über die Leistungsfähigkeit von ungeschirmten Systemen im Vergleich zu den in Deutschland hauptsächlich verwendeten geschirmten Systemen zu liefern. Die Mehrzahl der Beteiligten hat nach eigenen Angaben selbst ungeschirmte Produkte im Programm.

Neben den Übertragungstechnischen Eigenschaften spielt die elektromagnetische Verträglichkeit eine immer wichti-

gere Rolle bei Datenkabeln. Damit ein Netzwerk als richtlinienkonform gelten kann, reicht es nicht immer aus, dass alle angeschlossenen Komponenten über ein CE-Kennzeichen verfügen. Das ganze System muss die Grenzwerte für Störaussendungen und Störfestigkeit einhalten. Und für immer mehr Unternehmen ist die IT-Infrastruktur ein wesentliches Betriebsmittel. Störungen oder Ausfälle können verheerende Auswirkungen haben. Vor allem die Störfestigkeit, also die Resistenz gegen Störungen von außen wird zunehmend wichtiger. So werden die Funk- und Kabelnetze immer dichter und gelangen in immer höhere Frequenzbereiche. Deshalb legten die Auftraggeber bei den Vergleichstests ein besonderes Augenmerk auf die elektromagnetischen Eigenschaften der beiden Systeme.

### DIE PRÜFLINGE

Beide Prüfaufbauten sollten den aktuell diskutierten Anforderungen der künftigen Link-Klasse E entsprechen. Um der tatsächlichen Verle-

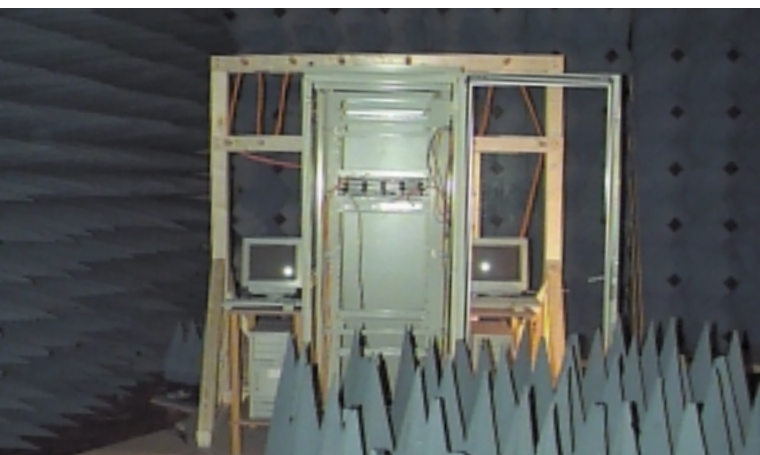
gesituation nahe zu kommen, wurde ein Musteraufbau festgelegt, in den ein Vorschlag der Cenelec TC46X Arbeitsgruppe 3 einbezogen wurde, um die vorgegebenen Biegeradien zu berücksichtigen. Für die Untersuchungen verband das Laborpersonal zwei PCs und einen Switch über Anschlussdose, Patchpanel sowie zehn und 90 Meter lange Verkabelungsstrecken miteinander. Beim ungeschirmten Aufbau stammen sämtliche passiven Komponenten ausschließlich aus dem Verkabelungssystem des Weltmarktführers; der geschirmte Aufbau dagegen ist als Mix-and-Match-System ausgelegt und besteht aus Komponenten unterschiedlicher Hersteller. Selbst Patch-Panel und Anschlussdose stammen nicht aus einer Hand. Um trotzdem die Link-Klasse E zu erreichen, entschieden sich die Auftraggeber für entsprechend hochwertige Komponenten. Die Kabel und Anschlusschüre sind beispielsweise paargeschirmt (S/STP) und das Patch-Kabel sogar für 600 MHz ausgelegt. Sämtliche passiven Komponenten bestellte die GHMT bei einem Reseller, so dass nur handelsübliche Serienprodukte zum Einsatz kamen.

### LINK-PERFORMANCE-MESSUNGEN

Eine Link-Performance-Messung sollte vorab die Vergleichbarkeit der beiden absichtlich so ungleich zusammengesetzten Systeme gewährleisten. So führte die GHMT zunächst an beiden die im aktuell diskutierten Entwurf für die Link-Klasse E vorgegebenen Abnahmemessungen für den Interconnect Channel durch: Powersum-NEXT, Powersum-ACR, Powersum-ELFEXT, Laufzeitunterschiede, Unsymmetrie- und Rückflussdämpfung. Dabei stellte sich heraus, dass beide die Vorgaben der künftigen Klasse E erreichen und kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Systemen erkennbar ist.

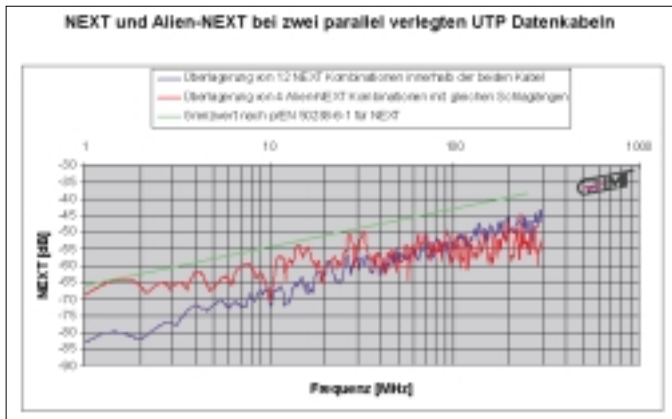
### EMV-RELEVANTE KABELMESSUNGEN

Darüber hinaus ermittelte die GHMT im Zuge der Kabelmessungen jeweils für ein 100 Meter langes Datenkabel die Störleistungsunterdrückung (also: wie viel Stör-signal nach außen an die Oberfläche des Kabels dringt, wenn über ein Adernpaar

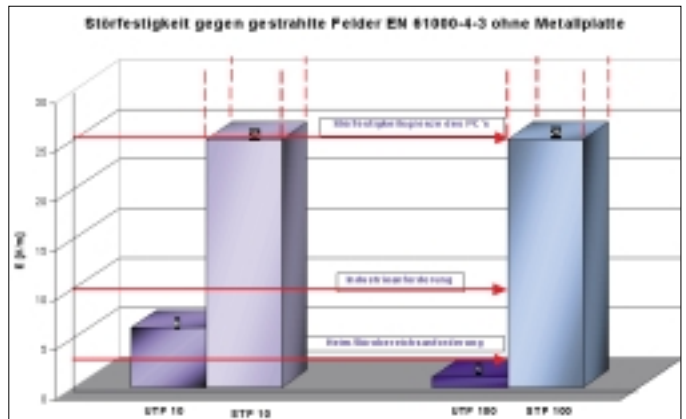


Der Prüfaufbau mit dem Kabelaufnahme-gestell

Quelle: GHMT



Das Übersprechen von einem Kabel auf das benachbarte (Alien-NEXT) hängt auch von den Schlaglängen der benachbarten Kabel ab



In einem elektromagnetischen Feld erreicht das ungeschirmte System zwar bei Ethernet-Übertragungen noch die Anforderungen für den Bürobereich, bei Fast Ethernet aber schon nicht mehr

ein definiertes Signal fließt) sowie das Alien-NEXT und Alien-ELFEXT (die gegenseitigen Einflüsse von benachbarten Kabeln auf das Nebensprechen am nahen und am entfernten Ende der Leitungen). Hintergründe zu diesen EMV-relevanten Messverfahren finden sich im Sonderheft Verkabelung '99 ab Seite 52 und 56. Bei den Vergleichstests der GHMT konnten die Laboringenieure angeblich für die geschirmten Kabel keinerlei Alien-Übersprechen nachweisen, bei den ungeschirmten kamen die Alien-NEXT-Werte mit 0,01 dB Reserve sehr nahe an die NEXT-Grenzwerte der künftigen Klasse E heran, beim Übersprechen am fernen Ende (Alien-ELFEXT) wurden die Grenzwerte im Frequenzbereich nahe 200 MHz sogar überschritten. Bei der Störleistungsunterdrückung erreichte das ungeschirmte Kabel einen Wert von 50 dB (Grenzwert laut prEN 50288-6-1: 40 dB) und das geschirmte 91 dB (Grenzwert laut prEN 50288-4-1: 80 dB). Beide Systeme sind also deutlich besser als die im Normentwurf geforderten Grenzwerte. Trotzdem wird damit auch klar, dass beim geschirmten Kabel deutlich weniger nach außen dringt als beim ungeschirmten.

**DIE EMV-MESSUNGEN** Für die EMV-Messungen (EMV: elektromagnetische Verträglichkeit) übermittelten die PCs sich gegenseitig Audio-/Videodateien, sodass der Testingenieur eventuelle Veränderungen bei den ansonsten sehr

gleichmäßigen Video-Streams sofort erkennen konnte. Diese Anwendung lief einmal über eine Ethernet-Verbindung im Halbduplex-Modus und dann noch einmal über Fast Ethernet (full duplex). Auf diese Weise lässt sich das Verhalten bei zunehmender Übertragungsgeschwindigkeit einschätzen. Für die Überwachung der Übertragung wurde die RMON-MIB im Switch ausgelesen und CRC-Errors sowie Auslastung ausgewertet. Damit sorgte die GHMT dafür, dass das Einbringen eines Analysators keine Messverfälschung verursacht.

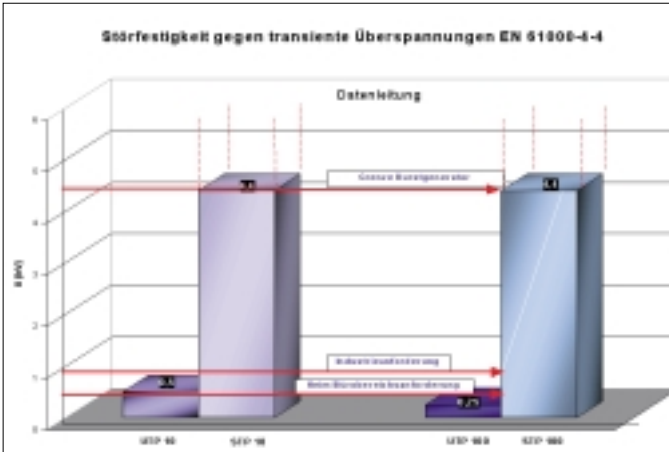
**STÖRAUSSENDUNGEN** Überprüft wurden Störaussendungen der Verkabelung nach EN 55022 und hierbei die strengere Grenzwertklasse B für Heim- und Büroanwendungen. Außerdem ermittelten die Messtechniker jeweils die magnetische Funkfeldstärke nach den Richtlinien der Regulierungsbehörde Telekommunikation und Post (RegTP) vom Januar 1999 (VDE 0878). Mit diesen Untersuchungen der Störaussendung soll sichergestellt werden,

### Forumsgespräch zum Thema

Welche praktischen Konsequenzen die Studie hat, werden die Beteiligten im Rahmen eines Forumsgespräch diskutieren. Veröffentlicht wird dieses im LANline Spezial Verkabelung 2000, das Mitte August erscheint.

dass das Netzwerk nicht den Fernsehempfang, den Polizei- oder Flugfunk stört. So haben die Prüflingenieure zum Beispiel im Abstand von drei Metern das vom Testaufbau ausgehende elektrische Feld gemessen. Vorgeschrieben sind Messungen im Frequenzbereich von 30 bis 1000 MHz, da aber Mobilfunkdienste wie DECT und GSM bei höheren Frequenzen arbeiten, erweiterten die Prüflingenieure den Messbereich auf 2000 MHz. Sowohl bei den Ethernet- als auch bei den Fast-Ethernet-Datenraten hält die ungeschirmte Verkabelung zwar die Grenzwertklasse A für den industriellen Bereich ein, aber nicht die strengeren Vorgaben für den Büro- und Heimbereich. Die geschirmte Ausführung hat die Tests für beide Grenzwertklassen bestanden.

Die Messung der magnetischen Funkfeldstärke im Frequenzbereich unter 30 MHz war bisher nicht vorgeschrieben, weil die Branche davon ausging, dass hier die Abstrahlung von Gehäusen und Leitungen vernachlässigbar sei. Doch nachdem es immer häufiger zu Störungen beim Flug- und Amateurfunk kam und auch immer mehr private und öffentliche Datenetze in Betrieb sind, entwickelte die RegTP Messparameter für die abgestrahlte magnetische Feldstärke einer Anlage; diese verwendete die GHMT für ihre Messungen an beiden Testaufbauten. Beide Systeme haben diese Grenzwerte sowohl bei Ethernet- also auch bei Fast-Ethernet-Übertragungen eingehalten.



Störungen durch das Schalten von induktiven Lasten werden mit der Burst-Prüfung nachgebildet. Hier erreicht das ungeschirmte System nicht einmal die Anforderungen für den Bürobereich.

## VORGESCHRIEBENE STÖRFESTIGKEITSTESTS

Um die Störfestigkeit der Kabel gegen Einflüsse von außen zu untersuchen, führte die GHMT die ab 2001 bindend vorgeschriebenen Untersuchungen nach der EN 61000-4-2 bis EN 61000-4-6 durch sowie zusätzliche Untersuchungen nach EN 61000-4-8 und EN 61000-4-9. Wenn es hier Unterscheidungen nach dem Bürobereich und dem Industriebereich gibt, sind immer die industriellen Anforderungen die schärferen. Und nach denen wurden die Testaufbauten dann auch geprüft. Bei den zusätzlichen

Untersuchungen wurde überprüft, welche Auswirkungen Ausgleichsströme der Schirmung auf die Datenübertragung haben und inwiefern sich ein Magnetfeld störend darauf auswirken könnte. Die vorgeschriebenen Prüfungen testen die Auswirkungen von statischen Entladungen am Testaufbau und von elektrischen Feldern in der direkten Umgebung des Aufbaus. Außerdem koppelten die Prüfer transiente Störimpulse, Stoßspannungen und hochfrequente Störgrößen in die Datenleitung ein und untersuchten die Auswirkungen auf den Datenverkehr.

Für die Prüfungen mit statischer Entladung wählten die Ingenieure solche Punkte, die ein Netzwerkadministrator oder das Servicepersonal bei Wartungsarbeiten berühren könnte. Die Entladung erfolgte zum einen mit direktem Kontakt zum Prüfling und zum anderen in gewissem Abstand davon, sodass es zu Entla-

dungen über die Luft kam. Die gewählte statische Kontaktentladung von 4 kV entspricht in etwa der Spannung, auf die sich ein Mensch auf einem entsprechenden Bodenbelag aufladen kann. Auch die eingesetzten 8 kV Luftentladung soll dieser Größenordnung entsprechen. Um zudem die Verlegesituation in Kabelkanälen zu simulieren, brachten die Prüflingenieure zudem eine Koppelplatte auf dem Laborboden nahe am Kabel an. Die Kontaktentladung von 4 kV auf diese Platte soll eine Berührung auf dem Kabelkanal simulieren. Bei der geschirmten Anlage traten bei sämtlichen Kopplungsarten keine Übertragungsfehler oder Beeinflussungen auf. Bei der ungeschirmten Anlage kam es zwar bei der direkten Kontaktentladung zu keinen Störungen, doch bei der Luftentladung auf den RJ45-Stecker im Rangierverteiler wurde beim Fast-Ethernet-Durchgang der Switch-Port zerstört. Auch der Port der PC-Netzwerkkarte verabschiedete sich, als die Entladung auf den RJ45-Stecker in der Anschlussdose erfolgte. Nach diesem Versuch verzichteten die Prüfer auf die Wiederholung mit der Ethernet-Anwendung. Beim Versuch mit der Koppelplatte kam es bei der Ethernet-Anwendung zu Beeinflussungen bei der Datenübertragung, und bei Fast Ethernet stürzte das System ab. Die

## D.L.T.

Netzwerk-Regal-Systeme aus Stahl  
"PERFEKT", "HERCULES", "SLIM"

3 Systeme = 100 Möglichkeiten

Eigenentwicklung und -Produktion Roland Falk

Qualität aus Baden-Württemberg

Flexible Breiten, auch Sonderwünsche erfüllen wir gerne.

Fordern Sie Unterlagen an für Netzwerkarbeitsplätze, elektronische Switcher oder Datenträger-Lagertechnik oder besuchen Sie uns im Internet: [www.dlt.de](http://www.dlt.de)

E-mail: [info@dlt.de](mailto:info@dlt.de)



Netzwerk-Regal-Systeme, Bietigheimer Str. 62, 71732 Tamm,  
Telefon: 07141/200889, Telefax: 07141/200891



Prüfingenieure ermittelten, dass das ungeschirmte System bis zu einer Feldstärke von 2 V/m störungsfrei arbeitet. Das entspricht noch nicht einmal den Mindestanforderungen für Geräte im Heim- und Bürobereich (3 V/m). Zur Veranschaulichung: Ein Handy erzeugt im Abstand von 1,6 Metern eine Feldstärke von 3 V/m, und das bis in den Gigahertzbereich hinein.

Auch hochfrequente elektromagnetische Felder, zum Beispiel verursacht durch Sprechfunkgeräte, Rundfunksender oder andere Hochfrequenzquellen, können die Datenübertragung stören. Um hier möglichst praxisnahe Messergebnisse zu erhalten, hat die GHMT nicht, wie in IEC 801-3 vorgesehen, die gestrahlte Störfestigkeit von 26 bis 500 MHz überprüft, sondern die IEC/EN 61000-4-3 herangezogen, bei der von 80 MHz bis 1 GHz und amplitudenmoduliert geprüft wird. Die Feldstärke lag bei 10 V/m. Darüber hinaus simulierte sie ein Mobilfunkszenario durch Pulsmodulation im Bereich um 900 MHz. Das entspricht in etwa dem D-Netz. Auch hier gab es beim geschirmten System keinerlei Probleme. Das ungeschirmte zeigte bei Störfrequenzen zwischen 90 und 110 MHz starke Einbrüche im Datenverkehr, die bis zum Absturz führten, und das sowohl bei Ethernet als auch bei Fast Ethernet.

Ein ähnliches Ergebnis zeigt sich, wenn ein starkes niederfrequentes elektromagnetisches Feld auf die Anlage einwirkt. Ursache dafür können Rundfunkstationen im Lang-, Mittel- oder Kurzwellenbereich, Sprechfunkgeräte oder industrielle, wissenschaftliche oder medizinische Geräte sein. Das Feld in diesem Frequenzbereich (0,15 bis 80 MHz) wirkt dann direkt auf die Datenleitungen ein. In der Prüfung wurde ein Magnetfeld mit einer elektromagnetischen Kraft (EMK) von 10 V über eine Einkoppelzange direkt in die Datenleitung geleitet. Wieder gab es beim geschirmten Aufbau keinerlei Störungen, beim ungeschirmten kam es dagegen bei der Ethernet-Übertragung zu Einbrüchen in der Auslastung sowie zu CRC-Errors (Cyclic Redundancy Check). Bei der Fast-Ethernet-Übertragung brach die Übertragung wieder ab. Nicht nur Felder, sondern auch geschal-

tete Induktivitäten, wie sie Relais, Schütze oder Leuchtstofflampen enthalten, sind potentielle Störquellen für ein Netzwerk. Denn die Induktivität in diesen Komponenten induziert beim Schaltvorgang eine Spannung; das wiederholte Wiederzünden der sich öffnenden Schaltkontakte verursacht Impulspakete mit hoher Frequenz. Diese Bursts genannten Ereignisse lassen sich mit einem Burst-Generator simulieren. Die GHMT kopelte solche Bursts sowohl in die Netze als auch in die Datenleitungen entsprechend der Prüfnorm ein. Beide Testauf-

### Auftraggeber und Ausführende der Studie

Die Studie gab eine Gruppe von Kabel- und Komponentenherstellern aus dem ZVEI in Auftrag, die von Wolfgang Weidhaas des Fachverbands Kabel und isolierte Drähte koordiniert wurde. Das sind im Einzelnen:

Albert Ackermann  
Alcatel Kabel  
BTR Blumberger Telefon und Relais  
Corning Cable Systems SCC  
Dätwyler Kabel + Systeme  
Kerpenwerk  
Leoni Kabel  
NK Networks  
Telegärtner Karl Gärtner

Die Studie führte die GHMT Gesellschaft für Hochfrequenz-Messtechnik aus Bexbach durch.

bauten haben dabei die Einkopplung in die Netzleitungen ohne Störungen überstanden; als die Prüfingenieure allerdings in die Datenleitung einkoppelten, kam es beim ungeschirmten Aufbau bei der Ethernet-Anwendung zu einer merklich geringeren Anzahl übertragener Datenpakete, bei Fast Ethernet führte die Störung zum Totalabbruch. Auch hier waren laut GHMT beim geschirmten Aufbau keinerlei Störungen erkennbar.

Zudem wollten die Prüfer sehen, wie sich die Systeme bei Stoßspannungen im Versorgungsnetz verhalten. Hierzu leiteten sie einen Surge-Impuls in einer so genannten Blitzstoßspannungsform kapazi-



Die geerdete Metallplatte im Kabelaufnahmegestell simuliert Metallträger und -kanäle in den Leitungswegen  
Quelle: GHMT

tiv ein. Da dies jedoch nur die Netzleitungen betraf, kam es bei keinem der Messaufbauten zu Veränderungen im Datenverkehr.

**ZUSÄTZLICHE EMV-PRÜFUNGEN** Neben diesen ab Mitte 2001 obligatorischen Prüfungen untersuchte die GHMT noch, wie sich das geschirmte System verhält, wenn ein Störstrom von einem Ampere mit 50 Hz auf den Schirm der Datenleitung geleitet wird. Solche Schirmströme können zum Beispiel durch die Magnetfelder von Transformatoren, Hauptverteilungen oder Stromschienensystemen entstehen oder durch Starkstromleitungen im Speisenschacht. Selbst hier traten bei der geschirmten Anlage keine Beeinflussungen bei der Datenübertragung auf. In der Praxis sollte der Betreiber jedoch mit einem Po-

tentialausgleichs-Erdungskonzept dafür sorgen, dass es nicht zu solchen Ausgleichsströmen kommt. Denn eine nicht korrekte Installation kann sie sehr wohl für Störungen sorgen.

Die GHMT testete darüber hinaus die Störfestigkeit der Systeme gegenüber impulsförmigen Magnetfeldern wie sie beim Blitzeinschlag auftreten können. Das Magnetfeld einer Spule um die Anlagen hatte eine maximale Frequenz von 25 kHz und eine Feldstärke von 300 A/m. Erstaunlicherweise reagierten beide Anlagen in keiner Weise auf diese Störgröße. Das zeigt, dass ein ungeschirmtes System im unteren Frequenzbereich weniger sensibel auf Störungen reagiert als im oberen.

### TESTS MIT GEERDETER METALLPLATTE

Als Ergänzung zu diesen Messungen montierte die GHMT noch eine geerdete Metallplatte in das Kabelaufnahmegestell und überprüfte daraufhin erneut einige Störfestigkeitsparameter. Diese Bezugsmasse sollte Metallträger und -kanäle in den Leitungswegen simulieren. Bei den Messungen mit dem geschirmten System ergaben sich erwartungsgemäß keine Veränderun-

gen bei der Datenübertragung, doch beim ungeschirmten Aufbau hatte die Platte sogar positive Auswirkungen. Die Prüfer hatten eigentlich erwartet, dass die Bezugsmasse die Symmetrie im Kabel beeinflussen würde. Das tat sie wohl auch, denn die Unsymmetriedämpfung nahm mit Einbringen der Platte ab. Doch dieser Effekt wurde aufgehoben, da die Metallplatte als Reduktionsleiter, also wie ein externer Schirm, wirkte, der die eingekoppelten Störungen abführte. Dies geschah in einer geringen aber durchaus erkennbaren Größenordnung. Das zeigt, dass die EMV-Eigenschaften von ungeschirmten Systemen davon abhängen, wie sie verlegt sind. Bei geschirmten Systemen spielt die Verlegeart keine große Rolle.

### STÖRSPANNUNGEN OHNE NETZBETRIEB

Um eine Aussage über die Größenordnung der Störungen machen zu können, koppelte die GHMT in die ruhenden Anlagen, also ohne laufende Anwendungen, noch einmal die EMV-Störungen ein. Ein Oszilloskop und ein Spektrum-Analyzer nahmen die dadurch entstandenen Signale in der Leitung auf. Wenn man davon ausgeht, dass die Ausgangsspannung einer Netzwerkkarte bei zwei Volt liegt und über den Link um etwa 20 dB gedämpft wird, bleibt am anderen Ende nur noch eine Signalstärke in der Größenordnung von 200 mV. Die gemessenen eingekoppelten Störsignale erreichten bei dem ungeschirmten System durchaus den Bereich um 80 mV, während das geschirmte kaum über 20 mV

Mehr als 10 Argumente  
warum Sie Ihr Netzwerk mit  
visiWare dokumentieren  
sollten. Lesen Sie weiter auf:

visiWARE®

displaying  
all Network  
Connections

ORGA  
VISION

[http:// orgavision.de](http://orgavision.de)

Das Original

**Cat 7 Silverline**



**SILVERLINE**

**«Eine gewöhnliche Katze hat sieben Leben; unser Cat 7 Silverline ist unsterblich!»**

Das ist Silverline:



ein CAT 7 Kabel auf höchstem technischem Niveau



das PIMF Kabel für die Protokolle der Zukunft



vielfach bewährt und 3 P zertifiziert gem. Cat. 7



flammwidrig, halogenfrei, weich und flexibel



mit überdurchschnittlichem Preis-Leistungs-Verhältnis



**In der Tat eines der besten PIMF-Kabel der Welt: Silverline von Draka Norsk Kabel.**



**Draka Norsk Kabel**

Tel: +47 32 24 90 00  
Fax: +47 32 24 91 16

Vertretung für D, AT, CH:



ABB Energiekabel GmbH  
Tel: +49 621/8507-242  
Fax: +49 621/8507-244

Messungen an der Gesamtanlage	ungeschirmt		geschirmt	
	10BaseT	100BaseTX	10BaseT	100BaseTX
<b>Statische Entladung (EN 61000-4-2)</b>				
Kontakt	ok	ok	ok	ok
Luft	-	zerstörte Ports	ok	ok
Koppelplatte	Einfluss	Absturz	ok	ok
<b>Elektromagnetisches Feld (EN 61000-4-3)</b>				
Absturz	Absturz	ok	ok	
<b>Bursts (EN 61000-4-4)</b>				
Datenleitung	Einfluss	Einfluss	ok	ok
Netzleitung	ok	ok	ok	ok
<b>Stoßspannungen (EN 61000-4-5)</b>				
ok	ok	ok	ok	
<b>Elektromagnetisches Feld in Leitung (EN 61000-4-6)</b>				
Datenleitung	Einfluss	Absturz	ok	ok
Netzleitung	ok	ok	ok	ok
<b>Ausgleichsströme auf dem Schirm (in Anlehnung an EN 61000-4-8)</b>				
-	-	ok	ok	
<b>Impulsförmiges Magnetfeld (Blitz) (in Anlehnung an EN 61000-4-9)</b>				
ok	ok	ok	ok	

Auswertung der kabelrelevanten EMV-Kenngrößen für die Störfestigkeit

hinaus kam. So können diese Störampplituden bei ungeschirmten Verkabelungssystemen im oberen Frequenzbereich den Datenverkehr merklich stören. Beim geschirmten System wird diese Größenordnung laut GHMT erst bei einem für Gigabit Ethernet relevanten Frequenzbereich erkennbar.

**FAZIT** Die Link-Tests ergaben, dass es für die Übertragung zunächst keinen Unterschied macht, ob das System geschirmt oder ungeschirmt ist. Für das ungeschirmte System spricht hier, dass es wegen des fehlenden Kabelschirms einfacher zu installieren ist. Dem geschirmten könnte man zugute halten, dass es sich um ein extremes Mix-and-Match-System handelt, und die Branche für den Klasse-E-Link derzeit nur zu aufeinander abgestimmten Systemen rät. Aber dieser Aufbau wurde ja bewusst so gewählt.

Bei den EMV-Eigenschaften zeigen sich jedoch sehr deutlich die Stärken

des geschirmten Systems, das sich durch nichts beeinflussen ließ. Beim ungeschirmten kam es mehrmals zu Systemabstürzen, und bei der Prüfung der Störfestigkeit gegenüber elektrostatischer Entladung wurden Ports gar zerstört. Hier hielt das ungeschirmte System nicht einmal die Mindestanforderungen der Prüfnorm ein. Es zeigte sich auch, dass die Einflüsse der Störungen mit der Datenrate zunahmen. Diese Phänomene kann der Planer aber durch geschickte Verlegung der Kabel etwas abmildern. Doch bei Gigabit Ethernet werden die Ausfälle beim ungeschirmten System wohl noch eklatanter werden.

Die Beteiligten planen diese Untersuchungen für Gigabit Ethernet zu wiederholen, sobald qualitativ hochwertige aktive Komponenten für Gigabit Ethernet über Kupfer (1000BaseTX) auf den Markt kommen.

(Doris Behrendt)