

KATEGORIEN UND KLASSEN

Es gibt zwei Arten internationaler Normungssysteme, welche besonders relevant sind: die amerikanische EIA/TIA und die internationale ISO/IEC, mit ihrem europäischen Ausläufer CENELEC, dem auch die österreichischen Normen folgen.

Die weitverbreitete „Kategorien“-Terminologie stammt von der EIA/TIA. Diese beziehen sich auf die haupt-sächlich auf die realisierbare Übertragungsbandbreite in MHz einzelner Komponenten eines strukturierten (sternförmigen und anwendungsneutralen) kupferbasierten twisted-pair-Verkabelungssystems. Heute noch relevant sind Cat 3 (Bandbreite bis 16 MHz, sie hatten damals als Obergrenze Token-Ring im Auge), Cat 4 ist bereits obsolet (ging bis 20 MHz --- wurde von der technologischen Weiterentwicklung überrollt). Weitverbreitet sind noch Cat 5-Verkabelungen (bis 100 Mhz). Dieser Standard ist aber, streng genommen, bereits obsolet und wurde durch Cat 5e („enhanced“) ersetzt. Cat 5e wurde eingeführt, um 1 Gbps (1000 Mbit/s) basierend auf Kupfer unter Einsatz des 1000Base-T Übertragungsverfahrens zuzulassen. Ein Groß-teil der installierten Basis von Cat 5-Verkabelungen erreicht ohne Modifikation bereits Cat 5e (etwa 80%). Beim Rest kann oft durch Austausch von Patchkabeln oder Dosen Cat 5e erreicht werden. Grundsätzlich ist zu sagen, daß idR nur dann eine Kategorie für eine Punkt- zu Punktverbindung erreicht wird, wenn alle Komponenten dieser Linkstrecke die Kategorie zumindest erreichen oder übertreffen.

Es gibt aber auch Effekte (die in meiner beruflichen Praxis gar nicht so selten vorkommen), wo eine durch Herstellermix zusammengewürfelte Cat 5e-Installation (mit Einzelkomponenten, welche isoliert alle die Cat 5e Bedingungen erfüllen), nicht einmal Cat 5 erreicht hat. Dies ist deswegen möglich, da die in der Norm vorgesehene Toleranzbandbreite von +/- 10% bei der Sollimpedanz von 100 O in der Praxis zu recht erheblichen Signalreflexionen (return loss) nicht aufeinander optimal abgestimmter Komponenten führen kann. Diese Signalreflexionen sind insbesondere bei Übertragsformen wie 1000Base-T, wo alle Adernpaare bidirektional verwendet werden, von großer Bedeutung.

Streng genommen verwendet 1000Base-T nicht nur 100 MHz, sondern 125 MHz Bandbreite, liegt aber rechnerisch in den zulässigen Toleranzen von Cat 5e.

Am 24. Juni 2002 wurde von der TIA endlich der lang erwartete Cat 6-Standard publiziert, der eine Übertra-gungsbandbreite von 200 MHz vorsieht. Aus heutiger Sicht ist für Neuinstallationen im Kupferbereich unter allen Umständen Cat 6 vorzusehen.

Cat 6 unterstützt aufgrund der höheren Übertragungsbandbreite das 1000Base-T Protokoll mit substanziellen Reserven (damit höhere Praxistauglichkeit): 13 dB strengeres Übersprechen (NEXT) als Cat 5 und 9 dB als Cat 5e. Darüber hinaus unterstützt Cat 6 auch das 1000Base-TX-Protokoll, welches wesentlich einfachere Kodierung als das 1000Base-T-

Protokoll vorsieht und daher mit viel billigeren aktiven Komponenten zu realisieren ist. In der historischen Betrachtung drängt sich ein Vergleich mit dem 10VG-AnyLAN-System von HP oder dem 100BaseT4-System auf, die in der Lage waren, 100 Mbit/s über Cat 3-Kabel zu transportieren. Die Technologie war aber so teuer, daß sich in der Praxis dann erst 100Base-T auf Basis einer Cat-5 Verkabelung durchsetzen konnte. Es ist zu erwarten, daß mit der Verbreitung von Cat 6-Verkabelungen sich für 1 Gbps-Verbindungen über Kupfer das 1000Base-Tx-Protokoll durchsetzen wird.

In Europa, insbesondere in den D-A-CH-Ländern, werden erster Linie (von der Verkabelungsindustrie forciert), Cat 7-Verkabelungen durchgeführt. Der Rest der Welt hat sich eindeutig zu Cat 6 bekannt und verwendet für darüber hinausgehende Anforderungen an Übertragungsbandbreite Lichtwellenleiter (LWL). Es sei festgehalten, dass es weder einen gesicherten Standard für Cat 7 gibt, der bereits verabschiedet ist, noch bekannte Anwendungen, die sich nicht über Cat 6, aber sehr wohl über Cat 7 übertragen lassen. Die theoretische vorgesehene Übertragungsbandbreite von 600 MHz konnte bis jetzt in der großtechnischen Praxis (außer bei Labormesstechnik) nicht realisiert werden. CATV-Anwendungen (Breitbandvideo) benötigen eine Bandbreite von zumindest 655 MHz und sind daher nicht über Cat 7-Twisted-Pair-Verkabelungen mit voller Bandbreite übertragbar.

Darüber hinaus verfügen Cat 7-Kabel immer über eine paarweise Schirmung (4 x) und über einen metallischen Gesamtschirm. Die bekannten RJ45-Steckergesichter sind für Cat 7-Verkabelung nicht mehr verwendbar, da der RJ45-Modularstecker für Bandbreiten jenseits von 300 MHz konstruktionsbedingt ungeeignet ist. Es werden derzeit zwei Steckersysteme, die untereinander nicht kompatibel sind, im Normentwurf berücksichtigt.

Die ISO- und CENELEC-Terminologie sieht statt Kategorien für Komponenten, Klassen für Link-Verbindungen vor (ISO/IEC 11801 bzw. CENELEC EN 50173). Hierbei entsprechen die Klasse D in etwa den Cat 5e-Bestimmungen, die Klasse E der Cat 6-Norm und die noch nicht verabschiedete Klasse F der Cat 7-Norm (die nur in Europa Bedeutung hat). Von den Normungsgebern wurden die EIA/TIA und ISO/IEC-Normen im wesentlichen angeglichen, die verbliebenen Unterschiede sind für den Netzwerkplaner selten von Bedeutung (z.B. unterschiedliche Dämpfungstoleranzen bei Patchkabeln und teilweise unterschiedliche Terminologie).

Geschirmt vs. Ungeschirmt

Sowohl Cat 5 bzw. Cat 5e (Klasse D), als auch Cat 6 (Klasse E) sind in den Normen für geschirmte als auch ungeschirmte Verbindungen vorgesehen. Außer in D, A, CH werden weltweit praktisch nur die ungeschirmte Variante eingesetzt.

Geschirmt oder ungeschirmt, das ist die Frage, wenn es in der Vernetzung zum Thema Kabel kommt. Sie wird seit einiger Zeit mit geradezu religiösem Eifer diskutiert. Den ungeschirmten verdrehten Paarleitern, besser bekannt unter dem Fachkürzel UTP-Kabel (

unshielded twisted pair), unterstellen die Anhänger der geschirmten Paarleiter (STP, shielded twisted pair) etwa Mängel bei der Zuverlässigkeit und Sicherheit. Die UTP-Gemeinde kontert ihrerseits mit dem Hinweis auf die größeren Aufwände bei Installation und Wartung von geschirmten verdrehten Paarleitern. Und beide nehmen für ihren Kabeltyp einen generelle Überlegenheit bei der Gesamtleistung in Anspruch.

Noch vor einem Jahrzehnt waren sich die Netzwerkverantwortlichen einig: nur die Koaxialtechnik schafft die in der Datenkommunikation geforderte Zuverlässigkeit. Forscher an den Bell Laboratories brachten diese Einmütigkeit nachhaltig durcheinander, als sie es sich in Anbetracht der Unmengen von verlegten Telefonkabeln in den Kopf setzten, dieselben Drähte auch für die Datenkommunikation nutzbar zu machen. Und sie fanden einen Weg, der auch die Zustimmung des IEEE, des in diesen Belangen allmächtigen Gremiums, fand: Die verdrehten Paarleiter, wie sie heute üblich sind in der Vernetzung digitalelektronischer Geräte. Zwei Kupferdrähte, jeder in seiner farbkodierten Isolationshülle, werden dabei zu einem Paar verseilt. Mehrere derartige Paare sind in eine äußere Hülle, den Mantel, eingepackt und bilden das eigentliche Kabel, das die Bezeichnung Twisted-Pair trägt. Durch die unterschiedliche Länge der Wicklungen nebeneinander liegender Paare können Interferenzen zwischen den Kabelpaaren im gleichen Mantel so weit reduziert werden, dass Signale und damit Daten ohne Störeinflüsse übertragen werden können.

Im Gegensatz zu koaxialen Netzwerken wird in der Twisted-Pair-Technologie das Signal symmetrisch und erdfrei auf je zwei verdrehten Leitern geführt. Die Signalspannung liegt auf diese Weise nicht gegen Masse oder Erde an, sondern lässt sich nur als Differenzspannung zwischen den Signalleitern abgreifen. Diese aus der Fernmeldetechnik als Gegentakantregung bekannte Übertragungstechnik wurde durch die Bell Laboratorien so weiterentwickelt daß sich über gute Telefonkabel störungsfreie Übertragungsgeschwindigkeiten von zehn Mbit pro Sekunde (Mbps) erzielen lassen (aber das war erst der Anfang).

Mit den verdrehten Paarleitern ergab sich eine Alternative mit vielen Vorzügen. So kann die Ethernet-Busstruktur durch eine wesentlich flexiblere Sterntopologie abgelöst werden. Durch die symmetrische Signalübertragung entfällt zudem der koaxiale Zwang nach einem möglichst optimalen Potentialausgleich. Der wohl wesentlichste Vorzug ergibt sich indessen aus der Nutzung von vier-paarigen Kabeln für eine Datendose, wenn auch manche Anwendungen lediglich zwei Paare benötigen. Die Dosen müssen so bei internen Umzügen, oder wenn neue Anwendungen hinzukommen, nicht neu beschaltet werden.

Es ist wohl der Koax-Vergangenheit zuzuschreiben, dass man die verdrehten Paarleiter mit einem zusätzlichen Schirm immer wieder verbessern wollte. Tatsächlich erfordert ein Koaxialkabel eine gute Schirmabdeckung — am besten eine Mehrfachabschirmung. Denn die unsymmetrische Signalausbreitung benutzt den Außenleiter des Kabels als Signalweg, der Außenleiter wiederum ist mit der Masse beziehungsweise mit der Gebäudeerde

verbunden. Entsprechend störanfällig ist die Signalausbreitung. Zudem treten bei beschädigtem oder unterbrochenem Schirm elektromagnetische Abstrahlungen auf.

Das Bedürfnis nach einer größtmöglichen Sicherheit in der Signalübertragung hat auch im Bereich der verdrehten Paarleiter zu einer Schirmvariante geführt, die speziell in Deutschland, Österreich und der Schweiz Verwendung findet: den STP-Kabeln. Sie schützen mit einem leitenden, metallischen Mantel um die signaltragenden Adernpaare vor elektromagnetischen Interferenzen. Der Schluss scheint naheliegend, dass der Schutzschild automatisch alle äußeren Einflüsse fernhält. Dabei wird oft vergessen, dass der physische Schirm aus Metall besteht, und daher ebenso wie die Adernpaare leitet. Wie ein Draht wirkt auch der Schirm als Antenne:

Er überträgt allfällige Störungen in Form eines Stroms auf seinem Metallmantel, der seinerseits wiederum einen Strom induziert, der auf die Adernpaare abgegeben wird. Solange diese beiden Ströme symmetrisch sind, heben sie sich gegenseitig auf. Der kleinste Defekt am Schirm, die minimalste Asymmetrie zwischen Schirm und Adernpaaren kann zur Störung des Signals führen. Ein geschirmtes Kabel schützt daher nicht vor äußeren Störungen, solange nicht die gesamte Verbindung voll geschirmt wird.

Das heißt im Klartext: jeder Stecker, jede Dose und jede Rangierverbindung müssen über einen Schirm verfügen, ansonsten sich die Qualität des Signals massiv verschlechtern kann.

Die ÖVE EN Norm 50173 (Informationstechnik – Anwendungsneutrale Verkabelungssysteme) beschreibt im Detail die Anforderungen an die Behandlung von Schirmen und der Erdung des LAN-Verkabelungssystems, wenn geschirmte Kabel verwendet werden. Diese Forderungen, die im folgenden aufgeführt werden, müssen nur geschirmte Verkabelungssysteme erfüllen, da sie für ungeschirmte Verkabelungen nicht relevant sind.

Auszug aus ÖVE EN 50173:

Damit Schirmung effektiv ist, ist es erforderlich, dass alle Verkabelungskomponenten geschirmt sind und die Anforderungen an den Kopplungswiderstand erfüllen. Die Schirmung muss durchgehend sein vom Sender zum Empfänger. Diese Anforderungen gelten auch für Arbeitsplatz- und Geräteverkabelung, die nicht zur anwendungsneutralen Verkabelung gehören, die jedoch Teil der Übertragungsstrecke von Sender zu Empfänger sind. Allein durch die Installation von Komponenten mit Schirm werden die EMV-Vorschriften nicht notwendigerweise eingehalten.

Alle Kabelschirme sollten an jedem Verteiler angeschlossen werden. Alle Gerätegehäuse sind auf die gleiche Erdungselektrode zu verbinden, die von der Netzversorgung benutzt wird. Der Weg zur Erde muss dauerhaft und durchgehend sein.

Die Kabelschirme liefern einen durchgehenden Erdungsweg für alle Teile eines Verkabelungssystems, die daran angeschlossen sind.

Alle Erdungselektroden der verschiedenen Systeme in einem Gebäude müssen zusammen verbunden werden, um die Effekte der Erdpotentiale zu reduzieren.

Das Erdungssystem eines Gebäudes soll die Grenze von 1 Volt effektiv für die Erdungspotentialunterschiede und einen niedrigen Widerstand zwischen beliebigen Erdungen im Netzwerk einhalten.

Falls diese Anforderungen nicht erfüllbar sind, sollen Lichtwellenleiter zur Ausschaltung des Risikos hoher Erd-Ausgleichsströme verwendet werden.

Diese Forderung zeigt ein großes Dilemma des geschirmten Verkabelungssystems auf:

? Einhaltung der EMV Anforderungen durch einen möglichst geringen Kopplungswiderstand des Schirms;

? Einhaltung des Grenzwertes von 1 Volt effektiv.

Somit ist ein von der Idee hervorragendes System mit vielen Problemen versehen. Denn die Erdung führt zu vielfältigen physikalischen Problemen. Dies ist auch einer der Gründe, warum sich die restliche Welt gegen STP-Verkabelungssysteme entschieden hat.

Die ungeschirmten Kabel (UTP) verzichten vollständig auf eine physische Abschirmung, um Signale auf anderen Quellen – Elektromotoren, Stromleitungen, Radio- und Radarsignale und dergleichen – abzublocken. Stattdessen bedienen sie sich einer elektronischen Schirmung mit Hilfe von Symmetrierungs- und Filterungsverfahren. Umfangreiche Tests haben ergeben, dass damit ein Schutz auf STP-Niveau oder höher gewährleistet ist. Darüber hinaus entfallen bei UTP-Systemen aufwändige Erdungskonzepte, wie sie in STP-Umgebungen erforderlich und insbesondere bei Erstinstallationen schwer zu realisieren sind. Und schließlich ist das Fehlerpotential von Verkabelungssystemen auf UTP-Basis deutlich geringer.

Die Argumentationen für die eine oder andere Variante der Verkabelung mit verdrehten Paarlern ließe sich nahezu beliebig erweitern. Wenn man dennoch nicht einen eindeutigen, gewissermaßen wissenschaftlich erhärteten Schluss ziehen kann, dann deshalb, weil für jedes Übertragungsverfahren und dessen Schwerpunktfrequenz gesondert höchst komplexe feldtheoretische Berechnungen durchgeführt werden müssen, um die elektrotechnischen Eigenschaften einer Abschirmung bei Datenkabeln erst einmal analysieren zu können.

>> Mit anderen Worten: Die theoretischen Erörterungen können durch Messungen oft nur zum Teil bestätigt werden – auf der einen wie auf der anderen Seite. So viel steht allerdings

fest: Die Installation der Twisted-Pair-Technologie wird aufwendiger und teurer, wenn ein Kabelschirm zur Anwendung gelangt, der mit dem Potentialausgleich verbunden ist.

Es mag diesem Umstand zuzuschreiben sein, dass sich in den Vereinigten Staaten, dem Ursprungsland der Twisted-Pair-Kabel, die verdrillte Paar-Technik in ihrer ungeschirmten Variante sehr schnell durchgesetzt hat. Dass sie sich auch unter extremsten Bedingungen bewährt, hat sich im konkreten Betriebsalltag mittlerweile vielfach gezeigt – selbst in überfüllten Großraumbüros mit einer Dichte von elektronischen Endgeräten, wie sie in Europa kaum anzutreffen ist. Die amerikanische und weltweite (ausgenommen D, A, CH) Absage an eine Rückkehr zu geschirmten Kabeln und Komponenten ist des weiteren Ausdruck der Befürchtung, einen Rückschritt in die teurere und komplexere Koaxialwelt zu tun. Zudem war bekannt, dass Kabelschirme für die Abwehr von niederfrequenten Störungen untauglich sind, da die dünnen Folien- und Geflechschirme praktische keinen Absorptionsverlust aufweisen. Bei Feldern von 50 Hz ergibt sich eine errechnete Eindringtiefe von Wechselströmen von mehr als einem Zentimeter. Nur ein sehr massiver Kupfer-/Metallschirm kann solche Störungen durch Feldabsorption fernhalten.

Die Twisted-Pair-Technologie war ursprünglich für Übertragungsgeschwindigkeiten von zehn Mbps ausgelegt. Mit der Entwicklung zur netzwerkzentrischen Informationsverarbeitung mit wachsendem Anteil an bandbreitenintensiven graphischen und multimedialen Anwendungen ist auch die Kabelbelastung gewachsen. Die dies bereits seit längerem absehbar war, wurde das UTP-Kabel kontinuierlich weiterentwickelt. Im Laufe der Jahre haben sich Verbesserungen in der Verdrillung, bei der Umhüllung des einzelnen Drahtes und des ganzen Kabelmantels in verschiedenen Standards niedergeschlagen: Kabel der Kategorie 3 sind beispielsweise bis zu 16 MHz definiert, Kabel der Kategorie 4 unterstützen Anwendungen bis 20 MHz. Kabel und Komponenten der Kategorie 5 (Klasse D) garantieren eine Übertragung von Anwendungen mit 100 MHz über eine Entfernung von 100 Metern. Mit dieser zur Verfügung stehenden Bandbreite von 100 MHz sind, bei entsprechender Kodierung des Signals, Übertragungen von Datenraten bis 1 Gbps realisierbar.

Der nächsthöhere Standard, Kategorie 6 (Klasse E), der Übertragungen bis 200 MHz garantiert, wurde mit 24. Juni 2002 entgeltlich als verabschiedet publiziert.

http://www.tiaonline.org/media/press_releases/index.cfm?release=02-88)

Kategorie 7 (Klasse F) wird in den Standardisierungsgremien erst behandelt und ist noch nicht verabschiedet, bringt aber in jedem Fall ein neues Steckergesicht nach dem RJ-45-Stecker, der für Übertragungsbandbreiten jenseits von 300 MHz konstruktionsbedingt ungeeignet ist.

Elektromagnetische Verträglichkeit und Sicherheit sind für die Planung eines lokalen Netzwerkes wesentliche Schwerpunkte. Hierzu gehören nicht nur die eigentlichen Systemkomponenten wie Kabel, Dosen und Verteiler, sondern auch die vorhandene Infrastruktur. Stichworte, die bei der Planung zu berücksichtigen sind, sind Netzform und

Potentialausgleichssystem. Werden diese Punkte nicht beachtet, so droht dem Netz bei entsprechenden Randbedingungen der Zusammenbruch.

Fast die gesamte Welt hat sich entschieden, Verkabelungen mittels UTP-Verkabelungstechnologie zu realisieren.

Wer bei der Planung eines lokalen Netzwerkes nichts riskieren will, setzt auf ein UTP-Verkabelungssystem, welches die ÖVE/EN 50173 Norm erfüllt.