

# Kupferbasierende Kommunikationsnetzwerke



Wir sorgen mit Sicherheit  
für die Funktion Ihrer  
Kommunikationsnetze



Vorbereitung von Datenkabeln zum Anschluss.

## Kupferbasierende Kommunikationsnetzwerke

### Das Anforderungsprofil

Lokale Netzwerke zählen zu den wichtigsten und entscheidenden Technologien der nächsten Jahre.

Alle modernen, erfolgreichen und wirtschaftlichen DV-Architekturen der Zukunft basieren auf der Verfügbarkeit leistungsfähiger Netzwerke.

Kenntnisse über ihre grundsätzliche Funktionsweise, ihr Leistungsspektrum, aber auch ihre Defizitbereiche sind somit eine elementare Voraussetzung für Erfolg in diesem Umfeld.

### Die zukünftigen Entwicklungen

Neue Netzwerktechnologien stellen immer höhere Anforderungen an die Leistungsfähigkeit und Qualität der Bauteile sowie die Installation der Netze.

Parallel zu den Entwicklungen im Glasfaserssektor oder im Bereich drahtloser Systeme

wie Funk LAN oder Mobiltelefonie wird auch der Anwendungsbereich für kupferbasierende Verkabelungssysteme immer anspruchsvoller und zugleich vielfältiger. Ein Grund dafür ist die rasante Entwicklung der 1 Gigabit und 10 Gigabit Ethernet Technologien.

Diese Entwicklungen ermöglichen eine weitere Zentralisierung von Speichern und Servern ohne Leistungseinbußen und dadurch eine Senkung von Betriebskosten. Zusätzlich entwickelt sich Ethernet zu einer Basistechnologie für die gesamte Gebäude- und Industrietechnik.

### Die Zukunft kupferbasierender Netze

Ein wichtiger Entwicklungsschritt ist die Stromversorgung von Schwachstromverbrauchern über Datenkabel – Power over LAN – für Geräte wie beispielsweise IP Telefone, Überwachungsanlagen, Schließ-

anlagen oder Meldeanlagen. Kupferdatenkabel werden so zum universellen Übertragungsmedium für alle intelligenten Geräte in Haus, Büro und Industrie. Eine hochwertige Kommunikationsverkabelung eignet sich zusätzlich auch zur Übertragung von Videosignalen für multimediale Anwendungen.

Die Normungsgremien für Verkabelungssysteme haben Mühe mit der Entwicklungsgeschwindigkeit der Anwendungen Schritt zu halten. Mit der Verabschiedung der 250 MHz Anschlussstechnik Kategorie 6, Linkklasse E wird im Laufe des Jahres 2002 gerechnet. Eine Verabschiedung der seit langem angekündigten 600 MHz-Linkklasse ist noch nicht in Sicht.

### Die Massnahmen

Gebäude werden unter dem Gesichtspunkt der Investitionssicherheit für die Zukunft mit Netzen ausgerüstet. Hierbei sind richtige Auswahl und Handhabung der Kom-

ponenten wie etwa Datenkabel, Trassierungen oder Brandschutzsysteme ein wichtiger Faktor im Langzeitverhalten. Um die bestmögliche Übertragungsqualität im Betrieb zu gewährleisten, sind Normkenntnis und Installations-Know-how unumgänglich, kommt es doch immer wieder vor, dass fertiggestellte DV Netze nicht die erwarteten Werte erbringen weil durch ungeübte Installateure oder widrige Umstände bei der Installation nachteilige Wirkungen entstehen.

Kupferbasierende Kommunikationsnetzwerke versehen über Jahre hinweg zuverlässig ihren Dienst – wenn sie richtig aufgebaut wurden.

### Ihr Partner

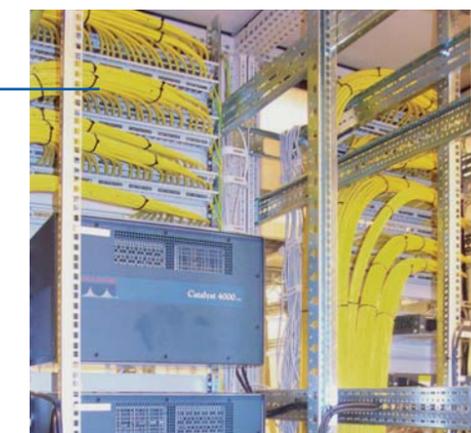
Wir sichern ihre Investition durch Auswahl geeigneter Komponenten. Hieraus entsteht im Verbund mit unserem Know-how im Anlagenbau ihr Qualitätsnetzwerk.

Durch direkten Kontakt mit führenden Herstellern werden wir auch in Zukunft aktuelle Informationen zu innovativen Produkten und Entwicklungen zeitnah in unsere Leistungspalette einfließen lassen.

Damit bieten wir Ihnen die Dienstleistungen um gemeinsam erfolgreich zu sein.



Anlage fertig zur Übergabe.



Erste aktive Komponenten sind montiert.



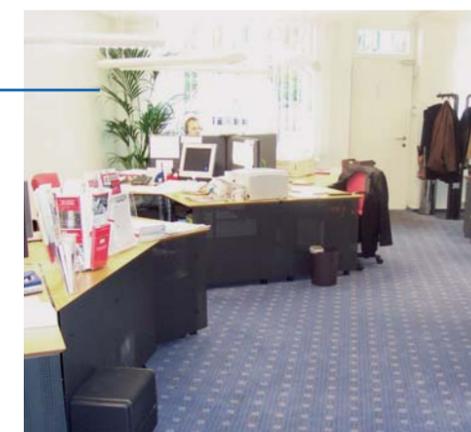
Eine mögliche Lösung für Arbeitsplatzanschlüsse...



Rückwärtige Ansicht fertig angeschlossener Patchfelder.



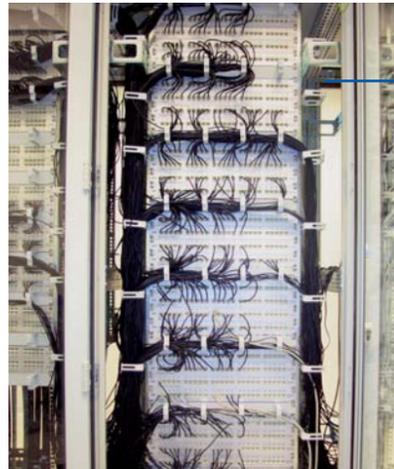
Letzte Handgriffe und Einmessen der Anlage.



Büroumgebung in Nutzung. Durch den Einsatz eines aufnehmbaren Kabelmanagementbodens hält sich die Technik im Hintergrund und bleibt flexibel.



Hicom-Anlage mit herkömmlicher LSA-Plus Anschlußtechnik

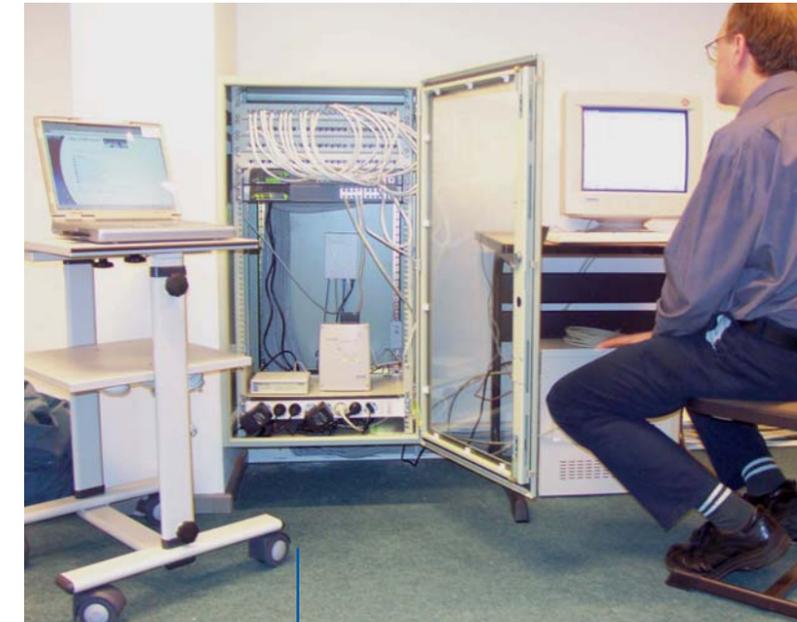


Im Gegensatz zu LWL-Netzen lassen sich Kupfernetze als universelle Verkabelungssysteme nutzen, über die z.B. auch Telefonanlagen geschaltet werden können. (Foto: Universeller Kat3-Rangierverteiler). Hier ist es bei größeren Datennetzen mit mehreren Verteilerstandorten sinnvoll, sämtliche Nebenstellen der Telefonanlage über einen zentralen Kat3 Rangier-VT zu schalten. Ist z.B. der Umzug eines Mitarbeiters in einen anderen Datenverteilerbereich erforderlich, so sind für diese Maßnahme nur Patchkabel umzurangieren. Eine Umprogrammierung der Telefonanlage ist nicht erforderlich.

Eine moderne Kupfer-Datenverkabelung ist ohne übergeordnete Primär- bzw. Sekundär-LWL-Verbindungen nicht mehr denkbar. Auch hier setzen wir geschultes Personal mit hochwertigen Werkzeugen ein. (Foto: Spleißarbeiten mit vollautomatischem, voll monomodetauglichem Fujikura Spleißgerät FSM40.) Wie bei den Kupfernetzen greifen wir auch hier auf hochwertige (OTDR-) Messgeräte zurück um die Güte der ausgeführten Arbeiten sicherzustellen und zu dokumentieren. Neben den gängigen Stecksystemen wie ST und SC sind wir für 3M-Volition und AMP-MTRJ Systeme zertifiziert.



Auch für kleine Bürobereiche kann der Einsatz eines größeren Datenverteilerschranks sinnvoll sein.



Auch ein "Wireless-Lan" (Foto: Access-Point mit ADSL-Router für ein Schulnetzwerk) benötigt eine Kupferverkabelung, damit die im Gebäude verteilten Access-Points z.B. an den Server angebunden werden können. Da die Übertragungsbandbreite mit größerer Entfernung zum Access-Point sinkt ist – je nach Anforderung – eine mehr oder weniger große Anzahl dieser Geräte erforderlich.



Voll integrierte Lösung mit Patchfeldern, Applikationsserver, Telefonanlage mit ISDN-NTBA, USV-Anlage und Aufsatzkühlgerät.



## Die Linkmessung – Basis für Funktionssicherheit

Im Gegensatz zu Kat 5 kommt es beim Prüfen von Kat 6-Links wesentlich häufiger zu Fehlmessungen beim Test. Gründe dafür gibt es viele:

### Knappere Systemreserven

Um die höchstmögliche Datenübertragungsgeschwindigkeit sicherzustellen, muß die gesamte von der Verbindungsstrecke zur Verfügung gestellte Übertragungsbandbreite für die Signalübertragung ausgenutzt werden. Anders als bei Kat 5 bzw. Klasse D bleibt so nicht mehr viel Luft.

### Höhere Bandbreite

Die Links müssen Bandbreiten bis 250 MHz zur Verfügung stellen – rund zweieinhalb mal mehr als bei Kat 5, wo die Grenze bei 100 MHz liegt. Dabei dürfen weder die Dämpfung, noch Nebensprechen oder Reflexionen zu groß werden. Alle diese unerwünschten Effekte nehmen jedoch mit zunehmender Frequenz zu. Dies wird zwar von den Normentwürfen berücksichtigt, jedoch sind die dafür festgelegten Grenzwerte, wie bereits erwähnt, notwendigerweise wesentlich knapper ausgelegt als bei Kategorie 5.

Die auch bei Kategorie 6 verwendeten RJ-45 Steckverbindungen haben prinzipbedingte Schwächen. Sie waren ursprünglich nicht für so hohe Frequenzen vorgesehen, was die Hersteller vor eine erhebliche tech-

nologische Herausforderung stellte. Die Steckverbinder stellen in der Gesamt-Übertragungsstrecke Orte mit abweichendem Wellenwiderstand dar, was zu Reflexionen mit entsprechenden Verlusten führt.

### Hohe Anforderungen an LAN-Kabel

Auch an die Kabel werden bei Kategorie 6 höhere Anforderungen gestellt als bei Kat 5. LAN-Kabel sollen einen Wellenwiderstand von 100 Ohm haben. Nicht alle Kabel liegen aber ausreichend nahe am Sollwert, wobei die Norm natürlich bestimmte Toleranzen zuläßt. Vor allem an Übergangstellen, wo verschiedene Kabel typischerweise das Patchkabel und der festverlegte Teil des Links - aufeinander treffen, kann es durch Impedanzabweichungen zu Reflexionen kommen. Aber auch Fertigungsfehler können zu Schwankungen im Wellenwiderstand entlang des Kabels führen. Und eine unachtsame Verlegung, bei der das Kabel eng gebogen, geknickt, gequetscht, durchfeuchtet oder verletzt wird, kann den gleichen Effekt verursachen.

### Kategorie 6 - Kommunikationsnetzwerke

In den aktuellsten Versionen der Standards ISO 11801, EIA/TIA 586 und der EN 50173 in der zweiten Ausgabe werden zwei Linkmodelle angegeben, anhand derer die Leistungsklasse einer Verkabelungsstrecke klassifiziert wird. Das Basic Link Modell findet keine Anwendung mehr.

### Channel Link

Der Channel Link (auch Übertragungsstrecke genannt) besteht aus der Strecke vom Verteilfeld über das Verlegekabel zur Arbeitsplatzanschlußdose und schließt die Geräteanschlußkabel (Patchkabel) mit ein. Die maximal zulässige Länge der Patchkabel beträgt je 5 Meter, der Installationsstrecke 90 Meter, so daß der gesamte Channel Link nicht länger als 100 Meter sein darf. Zum Channel gehört die Streckenverbindung zwischen Patchkabel und Arbeitsplatzanschlußdose bzw. Verteilfeld, jedoch nicht die Streckenverbindung zwischen Patchkabel und aktiver Komponente wie Switch oder Netzwerkkarte.

### Permanent Link

Der Permanent Link (auch Installationsstrecke genannt) ist die Strecke vom Verteilfeld über das Verlegekabel zur Arbeitsplatzanschlußdose, jedoch ohne die Geräteanschlußkabel (Patchkabel), d.h. im Permanent Link Modell sind alle Bestandteile der Verkabelungsstrecke zusammengefaßt, die sich permanent in den Kabelwegen befinden und nicht wie Patchkabel leicht ausgetauscht werden können. Wie auch beim Channel Link darf die Verkabelungslänge zwischen Verteilfeld und Arbeitsplatzanschlußdose 90 Meter nicht überschreiten. Das Linkmodell schließt beide Steckverbindungen zu den Anschlußkabeln mit ein, jedoch nicht die Anschluß- oder Messleitung selbst.

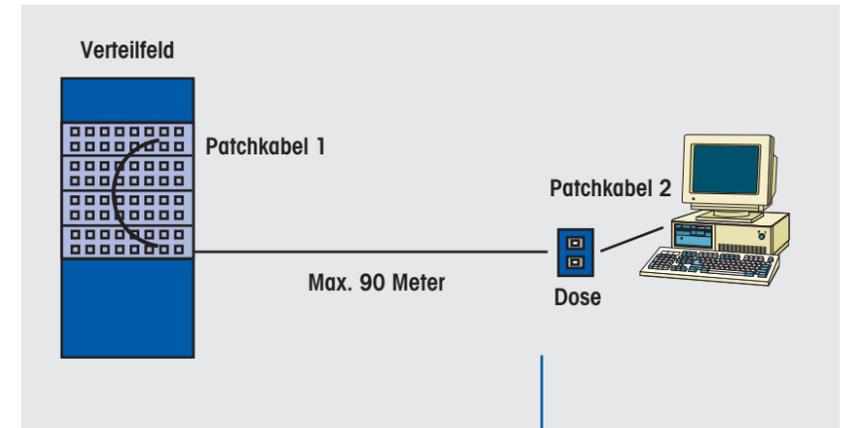
Die Installationsstrecke ist die Strecke, die

ein Installateur heute in den meisten Fällen hinterläßt, wenn die Kabeleinzugs- und Montage-Arbeiten der Arbeitsplatzdosen und Verteilpanels abgeschlossen sind. Daher stammt auch der deutsche Name Installationsstrecke.

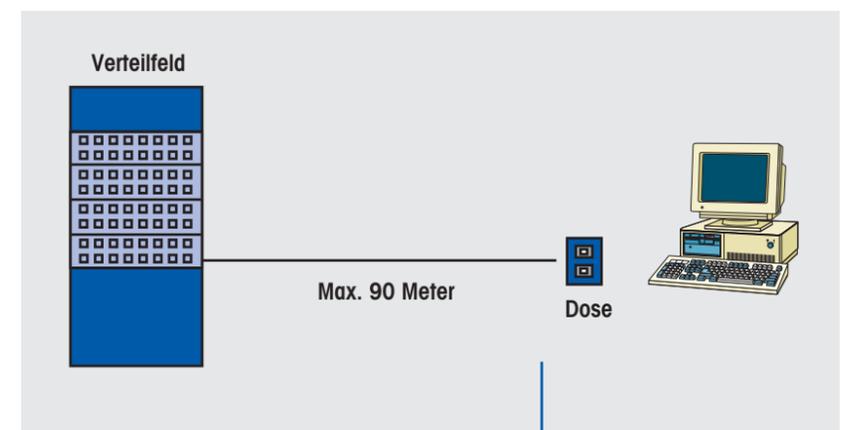
Die Leistungsfähigkeit eines gesamten Links (Channel oder Permanent) wird als Linkklasse bezeichnet. Die höchstwertige standardisierte Klasse ist die Linkklasse D bis 100 MHz, mit der sich auch die erste Version des Gigabit Ethernet Protokolls (1000 Base T) über das Medium Kupfer betreiben läßt. Linkklasse E (bis 250 MHz) und Linkklasse F (bis 600 MHz) befinden sich derzeit noch in der Standardisierung, jedoch stehen Anforderungen an die physikalischen und elektrischen Eigenschaften der Übertragungsstrecke und Installationsstrecke nahezu fest, so daß sich schon heute mit den zukünftigen Verkabelungsstandards planen läßt.

### Komponenten

Neben der Installationsstrecke und der Übertragungsstrecke sind technische Anforderungen auch an die einzelnen Komponenten wie Verlegekabel, Patchkabel, Arbeitsplatzanschlußdosen sowie Verteilfelder gestellt, damit ein Zusammenspiel der Komponenten im Link sichergestellt ist. Die Komponenten werden entsprechend der Leistungsklasse in Kategorien eingeteilt. In der EN 50173: 1995 wurden erstmalig Kategorie 5 Komponenten spezifiziert, mit denen sich ein Link der Linkklasse



Channel Link-Modell



Permanent Link-Modell



## Die Linkmessung – Basis für Funktionssicherheit

D (bis 100 MHz) realisieren ließ. In der neueren Fassung der EN 50173: 1995 + A1:2000 wurden die Anforderungen der Komponenten verschärft, um eine sichere Umsetzung von Gigabit Ethernet auf dem Medium Kupfer zu garantieren. Die Bezeichnung Kategorie 5E meint das gleiche wie Kategorie 5:2000, ist jedoch auf dem Markt geläufiger und berücksichtigt die strengen Grenzwerte. Ebenso wie bei der Linkklasse E und F sind die Leistungsanforderungen für Kategorie 6 und 7 Komponenten noch nicht verabschiedet, sondern bislang nur als Entwurf bekannt. Die physikalischen und elektrischen Anforderungen stehen so gut wie fest.

### Kategorie 5 Mix & Match Systeme

Für die Linkklasse D sind die Anforderungen an die Komponenten so gewählt, daß man jedes beliebige Kategorie 5 Produkt von Hersteller A an das Kategorie 5 Kabel des Herstellers B und das Kategorie 5 Verteilerfeld des Herstellers C anschließen kann (mit Patchkabeln des Herstellers D), und damit automatisch die Linkklasse D aufbaut. Nach EN 50173 ist es daher möglich, auf Abnahmemessungen zu verzichten, da die Komponentenanforderungen eng genug sind, um die Leistungsfähigkeit gemäß Linkklasse D im gesamten Link zu garantieren. Produkte verschiedener Hersteller sind miteinander elektrisch und mechanisch kompatibel.

### Linkklasse E Systeme der Kategorie 5

Relativ viel Spielraum ist bei Kategorie 5 Mix & Match hinsichtlich elektrischer und mechanischer Eigenschaften in der RJ-45 Steckverbindung gegeben. Die Spezifikation für RJ-45 Steckverbinder (IEC 60603-7) definiert einen weiten Bereich hinsichtlich geometrischer Abmessungen und Toleranzen. Wenn man nun herstellerspezifische, engere Toleranzen wählt, eine eigene strengere Spezifikation entwickelt und dies sowohl elektrisch als auch mechanisch, so ist es mit dem entsprechenden Steckverbinder-Know-how relativ einfach möglich, solch ein System so zu optimieren, daß die Anforderungen der Linkklasse E (bis 250 MHz) erreicht werden können. Der Preis für die höhere Leistungsfähigkeit ist allerdings ein Verlust an Interoperabilität zu anderen Systemen. Mix und Match funktioniert nicht mehr in jedem Fall. Dazu kommt noch, daß es einen Standardentwurf über „Mix & Match“ für Kategorie 6 Komponenten sehr lange nicht gegeben hat.

### Linkklasse E Systeme mit Kategorie 6 Mix & Match Komponenten

Auch in der Welt der Normen und Standards hat man dieses Dilemma erkannt und sich der Aufgabenstellung Kategorie 6 Mix & Match angenommen. Beispielsweise wird an der EN 50173 in der zweiten Ausgabe an einer entsprechenden Anforderung

gearbeitet (De-Embedded Testing). Im Gegensatz zu Linkklasse E Systemen hat der Hersteller dann nicht mehr die Möglichkeit, eigene Standards zu definieren und innerhalb dieser zu optimieren. In einfachen Worten ausgedrückt bedeutet dieser Standard, daß ein gewisser Bereich von Steckern definiert wurde, mit der die zu entwickelnde Buchse in jeder Kombination eine Kategorie 6 Steckverbindung ergeben muß. Dies bedarf sehr umfangreichem Steckverbinder-Know-how und Kompensationsmaßnahmen ausschließlich in der Buchse. Für die Realisierung ist eine Vielzahl von Entwicklungsschritten nötig, damit eine saubere Mix & Match Lösung für Kategorie 6 Komponenten sichergestellt werden kann. Für die Entwicklung werden drei Stecker aus dem zulässigen Bereich von RJ-45 Steckverbindern ausgewählt, mit denen dann die physikalische und elektrische Leistungsfähigkeit der gesamten Steckverbindung überprüft werden muß. Nahezu alle auf dem Markt bekannten Zertifikate von Produkten berücksichtigen jedoch nur einen systemspezifischen RJ-45 Stecker, so daß es sich hier genau genommen nur um Kategorie 5 / Linkklasse E optimierte Systeme handelt. Bei der Entwicklung von Kategorie 6 Buchsen muß der gesamten Bandbreite aller auf dem Markt befindlichen RJ-45 Stecker Augenmerk geschenkt werden.

Dies wird in der Praxis durch die Bestimmung von drei Test-Steckern realisiert, von

denen einer den oberen, einer den mittleren und einer den unteren geometrischen Bereich hinsichtlich Toleranzen der in der Steckernorm IEC 60603-7 spezifizierten Steckverbinder abdeckt. Wird ein Produkt so entwickelt, ist automatisch sicher gestellt, daß die entwickelte Kategorie 6 Buchse mit jedem RJ-45 Stecker eine Kategorie 6 Steckverbindung ergibt, und somit die Leistung der Linkklasse E im gesamten Link erbracht wird. Erst dann darf ein Verteilpanel und eine Arbeitsplatzanschlußdose den Aufdruck Kategorie 6 tragen.

Eine Kategorie 6 Buchse besitzt zum einen einen Crossover-Bereich zur Verminderung von Nahnebensprecheneinflüssen direkt hinter dem Kontaktbereich. Extrem kurze Kontaktwege zu den Leiterplatten halten weitere Nahnebensprechquellen so klein wie möglich. Free-End-Compensation sorgt zusätzlich für Nahnebensprech- und Rückflußdämpfungsoptimierung sehr nahe am Kontaktbereich, der aus einem High-Precision Kontaktarray mit Goldkontakten besteht. In Verbindung mit zusätzlicher NEXT-Source Compensation wurde es möglich, die harten Kategorien 6 Mix & Match Anforderungen zu erfüllen und sogar noch zu übertreffen.

Die Vorteile für den Kunden zeigen sich in der Zukunftssicherheit und Interoperabilität zu anderen Systemen (zum Beispiel aktive Komponenten wie Netzwerkkarten, Switches u.ä.).

Für den Planer und Installateur von Netz-

werktechnik zeigen sich die Vorteile von echten Kategorien 6 Mix & Match Lösungen insbesondere auch bei Abnahmemessungen, die heute immer häufiger nach den Anforderungen der Linkklasse E bis 250 MHz durchgeführt werden.

### Abnahmemessungen mit Handheld-Testern

Linkklasse E Systeme sind in den meisten Fällen für nur einen der drei beschriebenen Test-Stecker entwickelt worden oder sogar für eine herstellerspezifische RJ-45 Variante. Alle heute marktbekanntesten Handheld Tester wie z.B. Agilent Wirescope 350, Acterna LT8600, Fluke DSP 4100 und Microtest Omniscanner 2 haben im Lieferumfang einen Channeladapter und einen Permanent Link Adapter. Der Channeladapter besitzt eine Buchse und ist in der Lage über Patchkabel die komplette Übertragungstrecke zu messen. Idealerweise wählt man hier Patchkabel mit RJ-45 Steckern, für die das Linkklasse E System optimiert worden ist. So ist man mit relativ einfachen Mitteln in der Lage, Abnahmemessungen gemäß Channel Link mit Standardprodukten durchzuführen.

Will man ein Linkklasse E System einem Permanent Link Test unterziehen, so sind die mitgelieferten Permanent Link Adapter zu verwenden. Das Problem hierbei ist, daß der Installateur keine Einflußmöglichkeit auf den am Adapter befindlichen RJ-45 Stecker hat, und die gesamte Abnahmemessung zu einem Glücksspiel werden

kann. Befindet sich am Ende des Permanent Link Adapters ein Steckverbinder, der nicht bei der Entwicklung des Linkklasse E Systems berücksichtigt wurde, können innerhalb dieser nicht-idealen Steckverbindung bis zu 6 dB im Parameter NEXT verloren gehen.

Um dieses Problem der nicht-idealen Steckverbindung in den Griff zu bekommen, existieren verschiedene Lösungen auf dem Markt:

- Herstellerspezifische Messadapter
- Herstellerspezifische Softwarelösungen / Teststandards

Herstellerspezifische Messadapter haben folgende entscheidende Nachteile: Zum einen entstehen zusätzliche Kosten für den Installateur, da dieser u.U. für jedes auf dem Markt befindliche System Messköpfe bevorraten muß, zum anderen hat jeder Testkopf herstellerspezifische Kalibrierdaten gespeichert und zumindest theoretisch besteht die Möglichkeit dort eigene Werte abzulegen. Softwarelösungen und herstellerspezifische Teststandards bieten keine Möglichkeit des Vergleichs gegen existierende Standards oder Entwürfe und messen teilweise auch nicht alle geforderten Parameter. So bleibt eigentlich nur noch eine normkonforme Durchführung der Abnahmemessung, wie sie mittlerweile auch von einem der größten Hersteller für Handheld Testgeräte unterstützt wird: Die Verwendung der Channeladapter und Messung der gesamten Übertragungstrecke inklusive der dazugehörigen System-Pat-



## Die Linkmessung – Basis für Funktionssicherheit

chkabel. Die Channel-Messung überprüft die gesamte Übertragungsstrecke mit System-Patchkabeln und ist hier zu bevorzugen.

Deutlich einfacher gestaltet sich die Situation bei der Verwendung von echten Kategorie 6 Mix & Match Systemen. Einen nicht-idealen Steckverbinder gibt es hier zwar auch, da jedoch die RJ-45 Buchse für alle drei spezifizierten Testplugs die Anforderungen einer Kategorie 6 Steckverbindung erfüllt, spielt es keine Rolle, welcher RJ-45 Steckverbinder sich am Permanent Link Adapter befindet, solange dieser im zulässigen Bereich liegt. Wenn jede Steckverbindung die Anforderung der Kategorie 6 erfüllt, dann ist automatisch Linkklasse-E-Leistungsfähigkeit des gesamten Links gegeben und eine Verbindung von herstellerspezifischen Lösungen ist somit nicht mehr nötig. Es kann wie schon lange bei Kategorie 5 / Linkklasse D üblich, ein einheitlicher, universeller Testadapter verwendet werden, der sich im Lieferumfang eines Handheld Testers befindet.

### Einflüsse der Messleitung

Auch bei den Herstellern von Feldmessgeräten bzw. Handheld Testern zeichnet sich eine Verbesserung der Genauigkeit der Geräte ab und die universellen Messleitungen werden robuster. Problematisch in der Vergangenheit war oft der Einfluß der Messleitung selbst, die durch Bean-

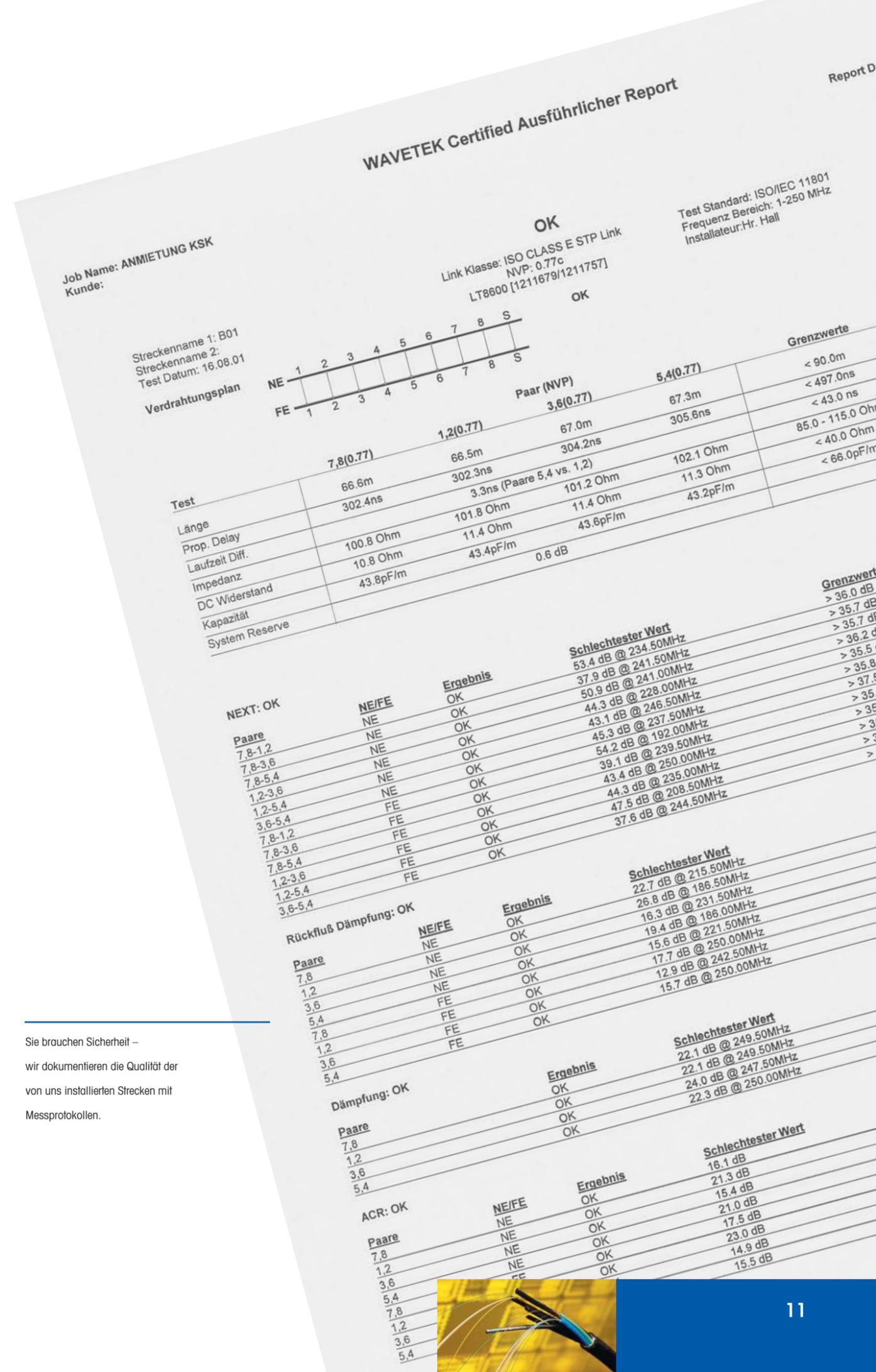
spruchung und Alterungserscheinungen die Messwerte für Nahnebensprech- und Rückflußdämpfung negativ beeinflusst haben. Beim Messen des Permanent Links müssen gemäß Standard die Einflüsse der Messleitung herausgerechnet werden, die Steckverbindung jedoch berücksichtigt bleiben.

Bei den meisten Herstellern von Messgeräten werden die Messleitungen einmal bei der Herstellung im gestecktem Zustand kalibriert. Beim Einsatz im Feld treten jedoch durch Auf- und Abrollen, Verschleiß oder unsachgemäße Behandlung zusätzliche NEXT und Return Loss Fehler auf, die aus einem PASS schnell mal ein FAIL machen können. Die Einflüsse der Messleitung können teilweise bis zu 8 dB betragen, je nachdem wie stark die Verschleiß- und Alterungserscheinungen ausgeprägt sind. Funktionierendes und fehlerfreies Mess-Equipment für Messungen bis 250 MHz und darüber sind zwingend erforderlich. Neue Produkte großer namhafter Hersteller im Feldmessgerätebereich haben sich diesem Problem angenommen und bieten dem Kunden verbesserte Messleitungen an, die den Anforderungen im Feld besser gewachsen sind.

### Zusammenfassung

Mit den neuen Kategorie 6 Mix & Match Systemen ist ein großer Schritt Richtung Zukunft unternommen worden. Interoperabilität zu zukünftigen aktiven Komponenten für höherdatenratige Protokolle ist gegeben und die Leistungsfähigkeit der Systeme kann durch Standardkomponenten auch im Feld nachgewiesen werden.

Sie brauchen Sicherheit – wir dokumentieren die Qualität der von uns installierten Strecken mit Messprotokollen.



## Networking and more



**RING**  
PARTNER

ektrotechnik OHG  
D-23847 Rethwisch  
01 • Fax 18 01-30

E-Mail: [mail@spieringpartner.de](mailto:mail@spieringpartner.de)  
[www.spieringpartner.de](http://www.spieringpartner.de)