

---

## UKV

### Universelle Kommunikationsverkabelung

© [www.anetgmbh.ch](http://www.anetgmbh.ch) 2004, 2009

Die UKV ist der Nachfolger der UGV (Universelle Gebäude Verkabelung).  
Sie umfasst heute alle Kabel für die EDV und die Telephonie.

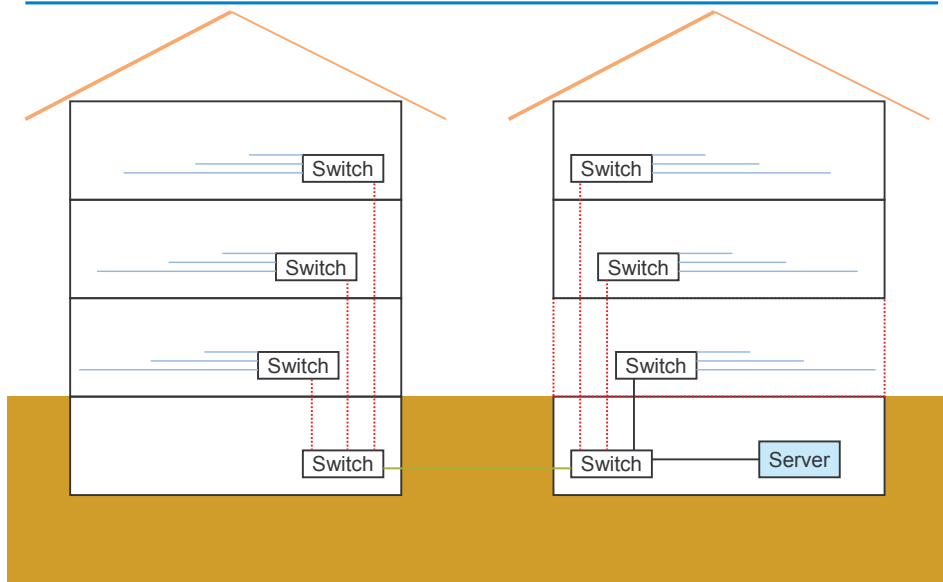
- früher: **UGV**- Universelle Gebäude-Verkabelung (nur EDV)
- heute: **UKV** - Universelle Kommunikations-Verkabelung (EDV & Telephonie)
- Merkmale: Patch Panel auf jeder Etage
  - **Primäre Verkabelung** (primärer Backbone)
    - Verbindungen zwischen den Gebäuden eines Areals (fast immer Fiber)
  - **Sekundäre Verkabelung**
    - Steigzonen zwischen den Etagenverteilern mit Kabeln und/oder Fiber
  - **Tertiäre Verkabelung**
    - sternförmig verlegte Kabel vom Patch Panel (im Etagenverteiler) zu den Anschlussdosen in jedem Raum
- Normen für UKV: EN50 174, EN 55 022 (Europa) EIA/TIA 568 (USA)

Man unterscheidet drei Zonen, je nachdem ob Gebäude oder Etagen oder einzelne Geräte verbunden werden. Ein Merkmal der UKV sind die **Verteilerschränke** mit den Patch Panels. So lässt sich an jedem Anschluss der momentan gewünschte Dienst durch Umstecken (= patchen) der Kabel bereitstellen.

Da insbesondere die Montage der Verkabelung sehr teuer ist, sollten ausschliesslich Kabel verlegt werden, die längerfristig eingesetzt werden können (z.B 10 bis 20 Jahre).

## Verkablungszonen

Primär:  **ANET**  
Sekundär:  Advanced Networking GmbH  
Tertiär: 



- die primäre Zone verbindet die einzelnen Gebäude und wird oft auch als Backbone bezeichnet. Um Erdungs- und Blitzschutzprobleme zu vermeiden werden hier fast nur Glasfasern eingesetzt. Falls nur ein Gebäude benötigt wird, besteht der Backbone aus einem zentralen Switch. Diesen bezeichnet man auch als Collapsed Backbone.
- In der sekundären oder Steigzone werden sowohl Kabel (flexibler im Einsatz) als auch Glasfasern (keine Erdungsprobleme, störsicher) eingesetzt. Sie verbinden die Verteilschränke in den verschiedenen Etagen.
- Die tertiäre Zone werden die einzelnen Geräte erschlossen. Hier gelangen fast ausschliesslich Kabel zum Einsatz.

## Primäre Zone

- Aufgabe:
  - Verbindet als primärer Backbone mehrere/alle Gebäude eines Areals
- Eigenschaften
  - heute meist mit Multimode Glasfaser
  - Distanzen bis max. 1.5 km (+ 2 x 30 m Anschluss) möglich (Multimode)
  - kein Blitzschutz notwendig, keine Erdungsprobleme
- Geschwindigkeit
  - 100 Mbps oder 1000 Mbps oder neu 10 Gbps
  - Switch (hohe Leistung erforderlich), ab 1000 Mbps ohnehin nur Switch möglich
  - Fiber-Stecker: SC (Push-Pull), ST (Bajonett), FC/PC (Schraubverschluss)
- warum nicht..
  - Monomode Faser: teurer als Multimode und Distanzen sind meist kurz
  - bei nur einem Gebäude: Ein zentrale Switch im Geräteraum (EDV-Raum) = Collapsed Backbone

Die Primärzonen sind die Domäne der Glasfasern. Die teureren Endgeräte werden durch den Wegfall von Blitzschutzgeräten und allfälligen Zwischenverstärkern (die ja auch mit Strom versorgt werden müssen) weitgehend ausgeglichen.

Da die Distanzen meist kurz sind, gelangen vorzugsweise Multimodefasern zum Einsatz.

Der Backbone wird heute meist mit 1 Gbps betrieben, mit den fallenden Preisen der 10 Gbps Geräte wird dies wohl bald ändern.

Bei **Glasfasern** ist praktisch kein Übersprechen auf benachbarte Adern messbar, d.h. die NEXT-Dämpfung ist *unendlich gross*. Die maximal mögliche Länge ergibt sich daher aus der Dämpfung und vor allem der Dispersion (Signal verbreitert sich aufgrund der unterschiedlichen Laufzeiten der verschiedenen Modi). Die Dispersion ist abhängig vom Glasfasertyp und bestimmt weitgehend die möglichen Distanzen:

- Stufen-Index Faser (Stepping Index) mit sprunghaft höherer Dichte des Kernglases für Distanzen unter ca. 2 km
- Gradienten-Index Faser mit kontinuierlich abnehmender Dichte im Kernglas für mittlere Distanzen
- Monomode Faser, die nur noch den direkten Strahl zulässt, für Distanzen über mehrere 10 km bis mehrere Tausend km

## Sekundäre Zone

---

- Aufgabe:
  - verbindet als Backbone die einzelnen Etagenverteiler
- Eigenschaften
  - Kat. 5e oder 6a/e Kabel in der Steigzone von Etagenverteiler zu Etagenverteiler
    - Trunks: Switches in den Verteilern werden mit 2 oder mehr parallelen Kabeln verbunden (höhere Leistung, z.B. 3 x 100 Mbps)
    - Leistung: Switches mit 100 oder 1000 Mbps
    - max. Länge der Steigkabel: 90 Meter (+ 2 x 5 m Patchkabel = 100m)
  - Glasfaser (Multimode) auch möglich (meist 1000 Mbps), allerdings teurer als Kabel
    - max. 500 m Länge (+ 2 x 30 Anschluss + 20 m Rangierschnur)
    - keine Erdungsprobleme im Hause

Die Etagen können mit Kabel oder Glasfasern oder auch gemischt bestückt werden. Die Glasfaser vermeidet Erdungsprobleme und hat Vorteile in älteren Gebäuden oder in Industrieumgebungen, wo starke Störfelder vorahnden sind.

Kabel sind dafür flexibler im Einsatz und können ohne aufwändige Umsetzer auch für Terminalsysteme aller Art eingesetzt werden.

## Tertiäre Zone

- Aufgabe:
  - Feinerschliessung der Endgeräte-Dosen in den Büros
- Eigenschaften
  - fast immer Kabel Kat 5 oder 6, Glasfaser zu teuer
  - max. **90 m** (+ 2 x 5 m PatchKabel = 100m)
  - 10 oder 100 mbps
  - Hub oder Switch (bessere Leistung)
- Anzahl Dosen
  - Grundsatz: 3 Dosen pro Arbeitsplatz:
    - Telefon
    - PC
    - Drucker und andere Geräte
  - zusätzliche Dosen für Geräteraume (Server, Router, NAS etc.)

Der Anschluss der Geräte erfolgt fast ausschliesslich mit Kabel. Dies weil fast alle Geräte mit einem Kabel-Ethernet Anschluss ausgerüstet sind und 1 Gbps in den allermeisten Fällen genügt. Die an sich robusten Glasfasern sind ausserdem empfindlich auf Knicken und verlangen einen sorgfältigen Umgang beim Anschliessen von Geräten.

Die gesamte Länge des Anschlusskabels darf 100 Meter nicht überschreiten. Deshalb sieht die Norm maximal 90 m für die Distanz von der Anschlussdose bis zum Patch Panel. So verbleiben noch 2 mal 5 m für den Anschluss des Gerätes und zum Rangieren im Rack,

## Verdrillte Paare – Twisted Pair

- Aktuelle Kabel mit RJ45 Stecker
  - empfohlen: 8 adrig
  - mindestens Kategorie 5e, neu: 6a oder 6e
  - maximal 100 Meter (90m vom Verteiler zur Dose, 2 x 5m Patch)
  - 100 Ohm (wie Telefon)
  - shielded/shielded oder screened/foiled empfohlen
    - geringeres Übersprechen
    - geringere Störempfindlichkeit
  - Problem: Stecker empfindlich

Alle aktuellen Netzwerke laufen auf verdrehten Aderpaaren (meist 4 Paare) oder dann auf Glasfasern.

Gut abgeschirmte Kabel sind wenig teurer, halten aber Störungen besser fern und sind damit besser für die Zukunft gewappnet.

Ein Problem der Abschirmung bleibt: Es können Erdungsschleifen entstehen. Diese bewirken Ausgleichströme über die Abschirmung, die Störungen ergeben können. Die optimale Lösung ist nicht eindeutig:

- Abschirmung an **beiden Enden** anschliessen: Sehr gute Abschirmung, aber Gefahr von Ausgleichströmen am grössten.
- Abschirmung nur **an einem Ende** anschliessen: Gute Abschirmung und die Gefahr von Ausgleichströmen eliminiert. Beste Lösung, falls die Racks zentral geerdet sind.
- Abschirmung an beiden Enden **nicht** anschliessen: Diese Lösung ist sicher schlecht, die Abschirmung wirkt als Kapazität und erzeugt ein Rauschen.
- UTP Kabel **ohne** Abschirmung: zweitbeste Lösung, brauchbar wenn die Racks nicht zentral geerdet sind. Empfindlich auf Impedanzfehler.
- Glasfaser verwenden: Perfekte Lösung des Erdungsproblems, immer verwenden zwischen Gebäuden und zunehmend auch in der Steigzone.

## Twisted Pair Kabel

- 8 Adrige Kabel mit 4 verdrehten Aderpaaren
  - universell einsetzbar für "Alles"
- Teilweise Kabel mit nur 4 Adern in 2 Paaren
  - eingeschränkte Nutzung, daher nicht zu empfehlen
- Abschirmung
  - gar keine (unshielded/unshielded) U-UTP
  - eine Abschirmung aussen (shielded/unshielded) S-UTP
  - zus. alle Paare einzeln geschirmt (shielded/shielded) S-STP
- Qualitätsstufen
  - Kategorie 1 (nur Telephonie, keine Daten, < 1 MHz)
  - Kategorie 3 (max. 10 MHz, veraltet)
  - Kategorie 4 (max. 20 MHz, veraltet)
  - **Kategorie 5** (max. 100MHz, heute verbreitet)
  - **Kategorie 6 / Klasse E** (max. 250 MHz) Kategorie 6 / Klasse A (heute zu empfehlen)
  - Kategorie 7 / Klasse F (max. 600 MHz, noch nicht definitiv standardisiert)
  - Kategorie 8 / Klasse G (max. 1.2 GHz, noch nicht definitiv standardisiert)

Heute werde fast ausschliesslich Twisted Pair Verkabelungen für LAN's eingesetzt (zwischen Gebäuden Fiber). Zur Neuverkabelung sollte nur Kategorie 6 verwendet werden, wegen der besseren Zukunftssicherheit. Das oft installierte Kategorie 5 Kabel erlaubt den Betrieb praktisch aller heute eingesetzten Technologien.

Nur 8-adrige (=4 Paare) Kabel sind universell einsetzbar. So benötigt etwa das 1Gbit Ethernet alle 4 Paare.



- EMV: Elektromagnetische Verträglichkeit
- Probleme:
  - Störungen durch Elektromotoren, Stromleitungen, Radiosender, Radar etc.
  - Erdschlaufen bewirken Ausgleichströme über den Mantel der Kabel
- Lösungen:
  - ungeschirmte Kabel (UTP)
    - (etwas) billiger, einfacheres Verlegen, keine Erdströme via Mantel
    - empfindlich gegen niederfrequente E-Felder und ändernde Magnetfelder
  - abgeschirmte Kabel (STP)
    - einseitig angeschlossen: Schutz gegen niederfrequente Störungen
    - beidseitig angeschlossen: Schutz gegen hochfrequente Störungen
    - nicht angeschlossen: *wirkungslos* (!)
  - Fiber
    - keine Erdungsprobleme, aber teurer

Ungeschirmte Kabel sind geringfügig günstiger, sparen aber Kosten beim Verlegen. Allerdings bieten geschirmte Kabel ein besseres NEXT und sind in industriellen Umgebungen vorzuziehen.

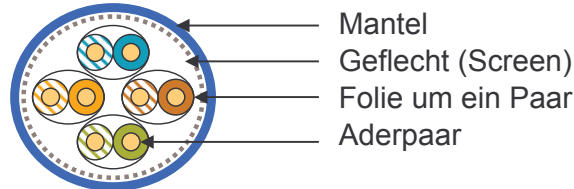
Die besseren elektrischen Werte machen ein geschirmtes Kabel auch zukunftssicherer.

Folien (meist beschichtete Kunststoff Folien) sind dünn und bieten einen guten Schutz für hochfrequente Störungen. Sie können aber kaum Erdungsströme aufnehmen.

Ein Kupfer-Geflecht bietet dafür einen guten Schutz gegenüber tieffrequenten Störungen und können auch kleinere Ausgleichströme ertragen.

Glasfasern kennen kein Übersprechen und gelten als weitgehend abhörsicher. Elektrische Störfelder haben keine Chance.

## Beispiel: S/FTP Kabel



### Andere Kabel-Varianten:

- U/UTP unshielded/unshielded twisted pair
- F/UTP foiled/unshielded twisted pair (selten)
- U/FTP unshielded/foiled twisted pair
- S/FTP screened/foiled twisted pair
- SF/FTP screened foiled/foiled twisted pair

Grundsätzlich gilt: Ein besser abgeschirmtes Kabel schützt besser vor eingestreuten Störungen. Damit ist auch die NEXT-Dämpfung grösser. Bei der genauen Bezeichnung (s. Aufdruck auf dem Kabel) ist der innere Aufbau angegeben. Der Buchstabe vor dem / gibt die äussere Abschirmung an, derjenige nach dem / die Abschirmung der einzelnen Aderpaare. Dabei bedeuten die Abkürzungen folgendes:

- U = unshielded: keine Abschirmung
- F = Foiled; Abschirmung mit einer metallisch beschichteten Kunststoff-Folie
- S = Screened; Abschirmung mit einem Geflecht von dünnen Kupferdrähten

Die Folie schützt gut vor hochfrequenten Störungen (Radio- und Fernsehsender), das Geflecht besser vor niederfrequenten Störungen (Wechselstrom Geräten)

## Daten eines Kategorie 6A Kabels

---

- **Kabelaufbau**

- Kupferdraht: 0.55 mm
- Isolation: PE 1.4 mm
- Verseilung: 4 Paare, je 2 Adern zum Paar
- Paarabschirmung: Aluminiumbeschichtete Kunststoff-Folie

- **Mechanische Eigenschaften**

- Biegeradius: 8 x Durchmesser (Installation)  
4 x Durchmesser installiert
- Zugbelastbarkeit: max. 100 N
- Temperaturbereich: -20° bis + 60° Celsius (verlegt)  
0° bis 50° Celsius (beim Verlegen)

Hier als Beispiel die Herstellerangaben eines Kategorie 6a Kabels. Man beachte, dass die Kabel nicht geknickt werden dürfen (Biegeradius) und auch die Zugkräfte nicht zu gross werden dürfen. In dicht gepackten Bündeln ist auch die Temperatur zu beachten. Dies ist heute vermehrt aktuell bei der Stromversorgung kleiner Geräte via RJ45 Kabel (Power over Ethernet PoE).

## Daten eines Kategorie 6A Kabels (2)



- **Elektrische Eigenschaften**

- Wellenwiderstand: bei 100 MHz: 100 +/- 5 Ohm
- Schleifenwiderstand: < 145 Ohm/km
- Ausbreitungsgeschwindigkeit: 0.75 c (c=300'000 km/s)
- Laufzeitunterschiede: max. 20 ns/100m
- Kapazität: 45 pF/m

- **Nominalwerte bei**

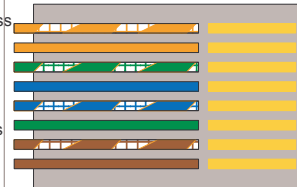
	<b>100 MHz</b>	<b>250 MHz</b>
– Dämpfung:	18.9 dB/100m	31.4 dB/100m
– NEXT Loss:	90 dB	86 dB
– ACR:	71 dB/100m	55 dB/100m
– Return Loss:	30 dB	25
– PS Next:	87 dB	83 dB
– PS-ACR:	68 dB/100m	52 dB/100m

Die technischen Daten geben auch die Ausbreitungsgeschwindigkeit des elektrischen Signals im Kabel an, dies entspricht etwa  $\frac{2}{3}$  bis  $\frac{3}{4}$  der Lichtgeschwindigkeit. Je nach Einsatz des Kabels bei 1 Gbps oder 10 Gbps sind hier die Messgrößen bei 100 MHz und 250 MHz angegeben.

## Belegung RJ45 nach 568 B

Analog Telefon	ISDN BRI	FDDI 100	Token Ring 4/16	Ethernet 10/100	Paar	Bezeichnung
1 (Tel)	1	1	1	1 Tx+	2	1 orange/weiss
2 (Tel)	2	2	2	2 Tx-	2	2 orange
3	3 Tx+	3 Tx+	3 Tx+	3 Rx+	3	3 grün/weiss
4	4 Rx+	4 Tx-	4 Rx-	4	1	4 blau
5	5 Rx-	5 Rx+	5 Rx+	5	1	5 blau/weiss
6	6 Tx-	6 Rx-	6 Tx-	6 Rx-	3	6 grün
7 Tel	7	7	7	7	4	7 braun/weiss
8 Tel	8	8	8	8	4	8 braun
3.5 kHz	192KHz	125MHz	8/32MHz			

RJ45 Stecker  
Klipp auf Unterseite

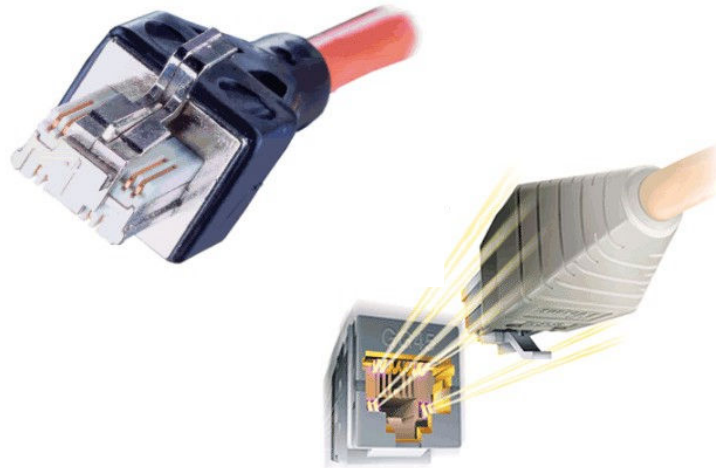


Unterschied zu 568 A: oranges und grünes Paar vertauscht

Die meisten Dienste benutzen 2 Aderpaare, allerdings sind es nicht immer die selben. Analog Telefone kommen mit 2 Drähten aus, Gigabit Ethernet benötigt alle 4 Aderpaare im Duplex-Betrieb (Senden und Empfangen auf allen 4 Aderpaaren gleichzeitig).

Am besten eignen sich Kabel mit allen 4 Paaren, so kann alles darüber genutzt werden.

## GG45 Stecker



Bei den hohen Frequenzen von 10 Gbps Netzwerken genügt der RJ45 Stecker nicht mehr. Dann wird der GG45 Stecker (GigaGate) eingesetzt. Dieser ist umschaltbar und abwärts kompatibel mit den RJ45 Dosen.

Beim Einsatz von Kat 7 Kabeln werden die mittleren Aderpaare, die zu nahe beisammen liegen, auf die beiden Ecken auf der Clip-Seite umgeschaltet. So liegt je ein Paar auf allen vier Ecken.

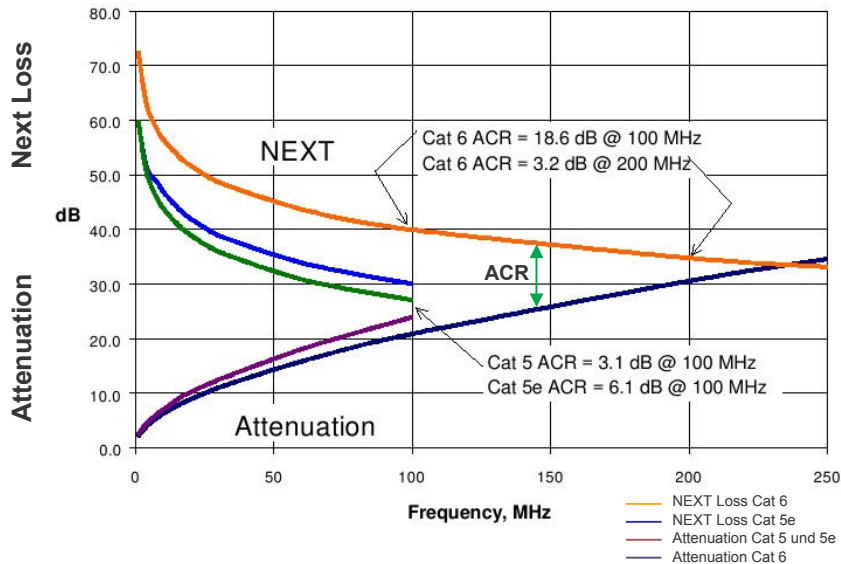
## Messgrössen bei Kabeln

- Dämpfung (**Attenuation**) gemessen in dB
  - Das Signal wird proportional zur Kabellänge schwächer.
  - Dieser Effekt ist bei höheren Frequenzen stärker
- Übersprechdämpfung (**Next Loss**) gemessen in dB
  - Wird auf benachbarten Aderpaaren gesendet, entsteht ein Störsignal auf dem empfangenden Aderpaar
  - Dieser Störeffekt ist bei höheren Frequenzen stärker
  - Next Loss (wird oft vereinfacht als Next bezeichnet)
    - Kleines Übersprechen (Cross Talk) = grosse Übersprechdämpfung = grosses Next Loss = gut
  - Bei Glasfasern ist Next Loss sehr gross (nicht messbar)
- Definition: **ACR = Next Loss – Attenuation**
  - ACR muss mindestens 3 dB sein

Die Dämpfung gibt an, um wie viel das Signal am Ende des Kabels schwächer wurde. Dieser Effekt ist proportional zur Länge des Kabels und bei Kabeln mit dünneren Kupferdrähten stärker ausgeprägt. Ausserdem ist die Dämpfung bei höheren Frequenzen grösser.

Next bezeichnet das Übersprechen (Cross Talk oder X-Talk) im nahen Ende des Steckers gemessen (Near End Cross Talk), Fext bezeichnet das Übersprechen, wenn die Störquelle am anderen Ende des Kabels ist (Far End Cross Talk)

## Messgrößen: ACR (Attenuation to Crosstalk Ratio)



**ACR** bezeichnet das Verhältnis von Dämpfung (Attenuation) zur Nebensprechdämpfung (Next Loss). Damit das Nutzsignal erkannt werden kann, muss es mindestens 3 dB grösser sein, als alle Störungen.

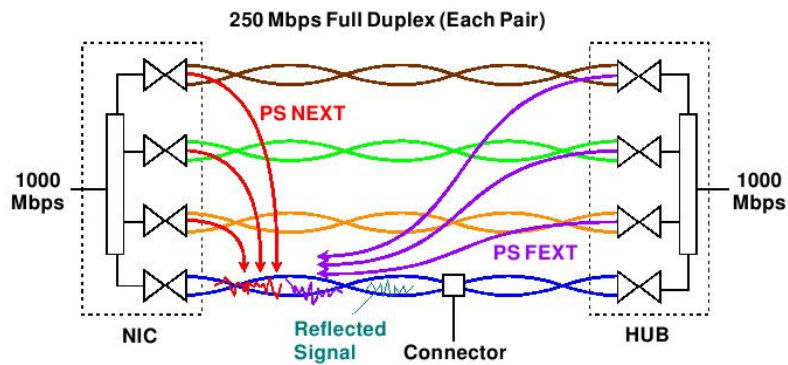
ACR ist eine Verhältniszahl: Next Loss geteilt durch Attenuation. Da beide logarithmisch gemessen werden (dB), errechnet sich der Wert mit einer Subtraktion:

$$\text{ACR} = \text{Next Loss (dB)} - \text{Attenuation (dB)}$$

**Hinweis:** Next ist eigentlich das Übersprechen und sollte **klein** sein. Next Loss ist die Übersprechdämpfung und sollte möglichst **gross** sein. Oft wird (etwas ungenau) mit NEXT einfach die Übersprechdämpfung angegeben.



## Störgrößen bei Kabeln



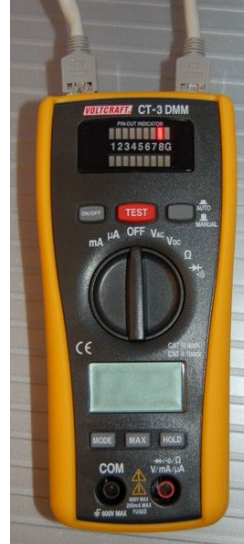
Bei 1000 Mbps werden alle 4 Aderpaare gleichzeitig benutzt. Deshalb stören die Signale von **allen** anderen Aderpaaren. Dies berücksichtigt die Messgröße Powersum oder PS Next:

Es wird das Störsignal gemessen, wenn auf den anderen drei Paaren gleichzeitig gesendet wird. PS Next wird gemessen, wenn Empfänger und alles 3 Sender am gleichen Ende angeschlossen sind. Bei PS Fext sind die drei Sender am anderen Ende.

## Einfacher Kabeltester

Kann grobe Kabelfehler aufzeigen:

- Kabelbrüche
- verdrehte Anschlüsse
- unterbrochene Erdung



Einfache Kabeltester können falsch und unvollständig angeschlossene Kabel aufzeigen. Fehler in den elektrischen Werten und Störstellen können sie jedoch nicht anzeigen. Und bei etwaigen Unterbrüchen auch nicht anzeigen, wo genau der Unterbruch/Kurzschluss ist.

## Automatische Messgeräte



- Verbindung aller 8 Drähte o.k.
- Schirm nicht verbunden

- NEXT-Werte erfüllen die Norm nicht
- Anzeige aller Paare

Vollelektronische Messgeräte (etwa von Fluke) können auf Knopfdruck alle elektrischen Parameter eines Kabels messen und zeigen dann an, ob die Normwerte vollständig eingehalten werden [**PASS**]. Bei Fehlern kann im Detail angegeben werden, welche Werte ausserhalb der Toleranz liegen.

Im linken Bild ist die Verkabelung angegeben, alle Adern sind korrekt gerade verbunden. Die Abschirmung (S) ist nicht angeschlossen oder vorhanden.

Im rechten Bild die Detailanzeige der NEXT-Dämpfung für alle 4 Aderpaare verglichen mit dem zulässigen Minimalwert (rote Linie)

## Automatische Messgeräte (2)



Vollelektronische Messgeräte (etwa von Fluke) können auf Knopfdruck alle elektrischen Parameter eines Kabels messen und zeigen dann an, ob die Normwerte vollständig eingehalten werden. Bei Fehlern kann im Detail angegeben werden, welche Werte ausserhalb der Toleranz liegen.