

Quelle: C. Strobel

## Grundlagen Netzwerktechnik (5)

# Einfügedämpfung und Linkklassen

Wie werden IT-Netzwerke normgerecht verlegt? Die Lösung dieser Frage wollen wir Ihnen in den kommenden Beiträgen u.a. anhand der europäischen Richtlinien EN 50173 und 50174-2 näherbringen. Diese legen die Anforderungen für die Gebäudeverkabelung von Datennetzen fest. Was muss der »Meister von Morgen« beachten? Wir besprechen in dieser Folge Einfügedämpfung, NEXT, ACR, Channel- und Permanent Link.

Bei der Bewertung einer Datenstrecke wollen wir drei Parameter herausgreifen: Einfügedämpfung, NEXT (s. **Aufmacherbild**) und ACR. Können Sie diese unterscheiden? Stellen Sie sich vor, Sie befinden sich als Schüler in einem Klassenzimmer. Hier ist die Signalquelle die Stimme des Lehrers. Die Schallwellen gelangen gedämpft zu Ihnen, so wie sich das Signal bei einer TP-Datenleitung von einem zum anderen Ende ausbreitet und durch die Leitung abgebremst wird.

Wir bezeichnen diesen Zustand als Einfügedämpfung. Das **Bild 1** zeigt mehrere Klassenzimmer, die durch Wände voneinander abgetrennt sind. Eine Tür zum Nachbarzimmer ist ebenfalls vorhanden. Sie ist erforderlich, um sich zwischen den Räumen hin- und herzubewegen. Allerdings ist die Tür eine Schwachstelle, weil sie Schallwellen – gegenüber den festen Wänden – besser durchlässt.

Die gedämpften Schallwellen des Lehrers bekommt jeder Schüler zu hören. Ebenfalls gelangen Störungen vom Nachbarraum herüber, das sogenannte Nebensprechen. Die Differenz zwischen Nebensprechen und Einfügedämpfung ergibt den Signal-Rauschabstand (ACR = Attenuation to Crosstalk Ratio).

Um den Lehrer problemlos folgen zu können, sollte die Einfügedämpfung (Abschwächung der Lehrerlautstärke) nicht zu stark sein und das Nebensprechen (die Raumisolierung) nicht zu gering sein. Der Abstand beider Größen ergibt den eben schon angeführten Signal-Rausch-Abstand (**Bild 2**). Je größer er ist, desto besser können Sie

den Lehrer verstehen. Sind beide wertmäßig gleich, ergibt sich aus dem logarithmischen Verhältnis der Wert 0 dB (wenn NEXT = Einfügedämpfung ACR = 0 dB).

Verstehen Sie die Analogie? Stellen wir uns nun vor, dass ein Klassenzimmer ein Aderpaar darstellt. Vier Klassenzimmer bilden vier Aderpaare ab, die durch den Aderpaarschirm (Wände) gegeneinander geschützt werden. Die Einfügedämpfung ist die Signalabschwächung auf dem Kupfer einer Ader, während der NEXT-Wert die Dämpfung durch die Aderisolierung und dem Aderpaarschirm darstellt. Bei einer Messung werden für die Einfügedämpfung kleine Werte, beim NEXT große Werte erwartet. Der ACR sollte auch möglichst groß sein.

Die drei Anforderungsparameter Einfügedämpfung, NEXT (near end crosstalk = Nebensprechen zwischen zwei Aderpaaren) und ACR gehören zu einer Reihe von Anforderungen. Es existieren beispielsweise noch Laufzeit, Laufzeitunterschiede, Länge der Übertragungsstrecke, pegelbereinigtes Fernnebensprechen (ELFEXT = equal level far end crosstalk), Rückflussdämpfung, PS-NEXT (Power-Sum),  $I$ -ACR und mehr. Spezielle Messgeräte wie der LAN-Zertifizierer kommen bei einer Messung zum Einsatz.

### Linkklassen und Kategorien

Die übertragungstechnischen Leistungsmerkmale der EN 50173 richten sich im Tertiärbereich an passive Komponenten wie Datendose, Verlegeleitung und Patchfeld.

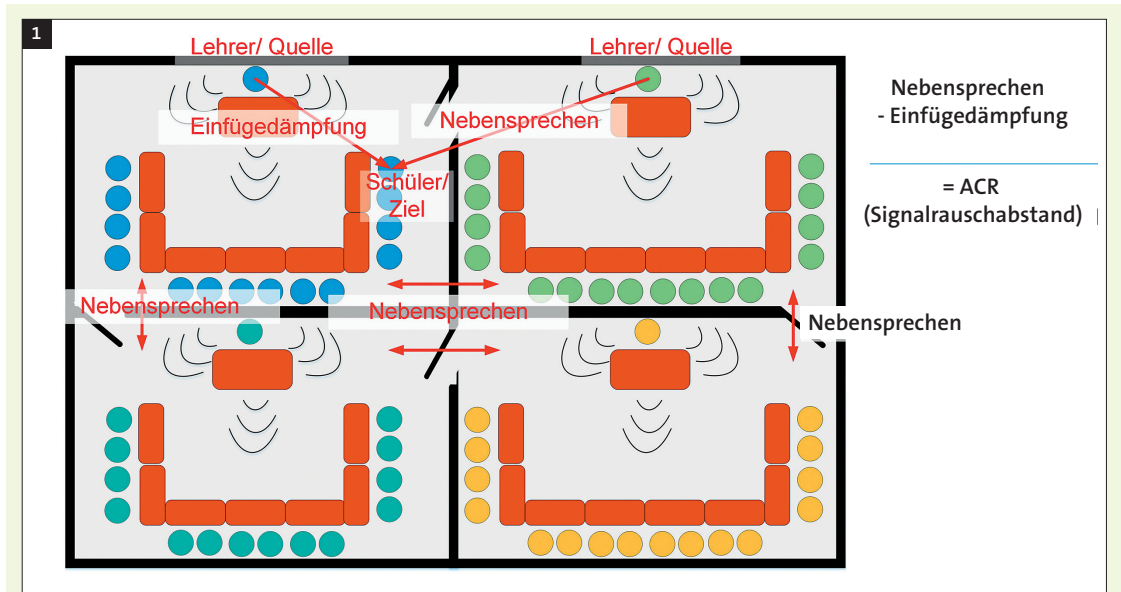


Bild 1: Beispiel Klassenzimmer bezüglich Nebensprechen und Einfügedämpfung

Quelle: C. Strobel

Dafür wurden in der Norm Linkklassen und Kategorien eingeführt. Während eine Kategorie die Anforderungen einer einzelnen Komponente beschreibt, charakterisiert die Linkklasse eine komplette Übertragungsstrecke.

Bei der Verlegung von Datenleitungen wie z. B. einer »PiMF« (Paar-in-Metallfolie; S/FTP; Gesamtschirm ist ein Geflecht und der Aderpaarschirm eine Folie) ist darauf zu achten, dass die Homogenität des umgebenden Magnetfelds nicht gestört wird: Dies kann durch Missachtung des minimalen Biegeradius oder durch mechanischen Druck (wie durch Druckschellenmontage) verursacht werden. Störungen sind die Folge. Durch die Stauchung der Isolierung wird das Nebensprechen stärker.

Das Bild 3 zeigt eine Datendose in einer BR-Einbaudose. Der Handwerker sollte zwischen Schaltereinbaudose (geschlossenes Gehäuse) und Netzwerkeinbaudose (offen wie hier dargestellt) unterscheiden. Zwei Datenleitungen gehen an die Datendose. Durch die schleifenartige Führung werden nicht nur Reserven geschaffen, sondern verhindert, dass der Biegeradius zu klein wird. Gemäß den Angaben der Firma Lappkabel sind das min. 4x der Außendurchmesser bei fester Verlegung, ca.

3,5 cm bei einer PiMF-Leitung und 8x der Außendurchmesser bei offener Verlegung, was ca. 7 cm entspricht. Beim genauen Hinschauen besteht allerdings ein Konflikt, der durch unzureichende Sorgfalt bei der Auswahl der Materialien entstanden ist: Die Öffnung der BR-Einbaudose ist diagonal (links unten) während der Datenauslass seitlich ist.

Um den Biegeradius einzuhalten, muss die BR-Einbaudose und die Datendose aufeinander abgestimmt sein. Im Bild 3 ist die Öffnung der BR-Einbaudose (rot umrandet) und der Auslass an der Datendose zu sehen. Beim Einbauen der Datendose ist das Abknicken der Leitung unvermeidlich. Die Lösung sind Datendosen, die diagonal liegende Auslässe oder drehbare Einsätze besitzen.

Die Übersicht in Bild 2 gibt einen Überblick der Anforderungen für die Linkklasse E (500 MHz; bis 10 GBit/s). Die Linkklasse kennzeichnet die Übertragungsstrecke (z.B. Datendose, Datenleitung, Patchfeld). Die Einfügedämpfung bzw. Dämpfung beschreibt die Signalabschwächung auf dem Kupfer der TP-Leitung (Twisted Pair) und ist im Vergleich zu NEXT oder ACR gering. Bei NEXT wird die Signalübertragung zwischen

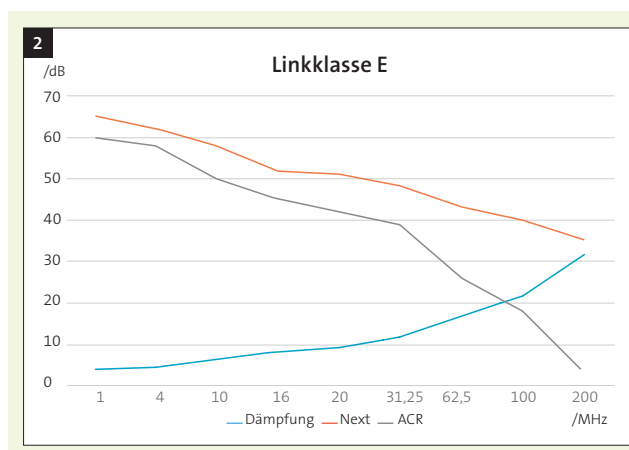
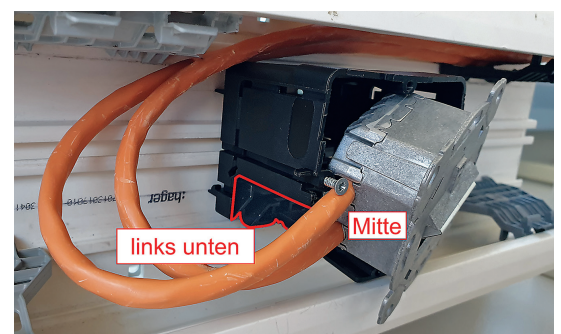


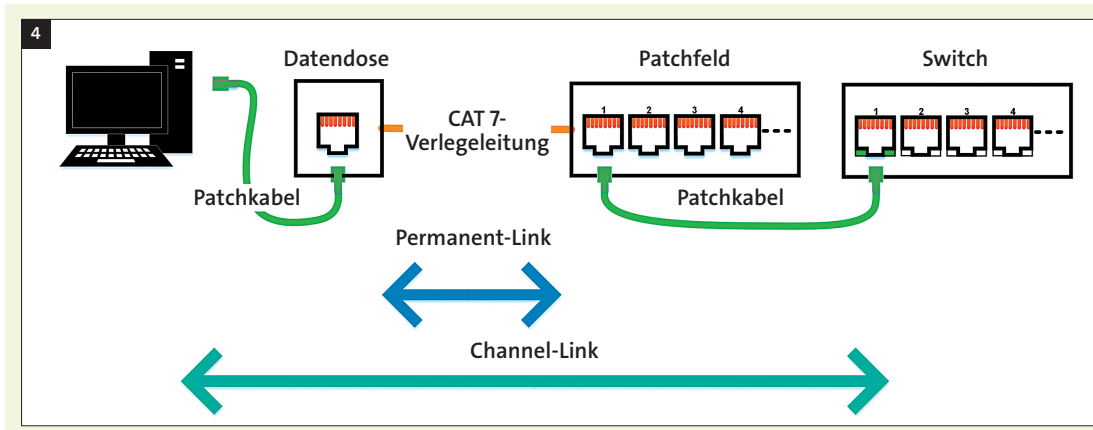
Bild 2: Aus der Abbildung lässt sich der ACR ableiten, er bildet sich aus dem NEXT-Wert minus der Einfügedämpfung

Quelle: it-wissen.info / Softing



Quelle: C. Strobel

Bild 3: Datendose in einer BR-Einbaudose – das Abknicken der Leitung beim vollständigen Einbau der Datendose in die BR-Einbaudose kann bei dieser Anordnung nicht verhindert werden



**Bild 4:** Verdeutlichung des Unterschieds zwischen Permanent-Link und Channel-Link

Quelle: C. Strobel

den Aderpaaren (über das Magnetfeld) gemessen. Die Werte fallen deutlich höher aus. Gut nachvollziehbar ist nun der ACR-Wert, der die Differenz zwischen NEXT und Einfügedämpfung (Dämpfung) bildet und damit den Signal-Rauschabstand charakterisiert. Bei steigender Frequenz ist mit steigender Leitungsdämpfung zu rechnen (Bild 2), denn mit steigender Frequenz steigt der Einfluss durch Magnetfelder. Die Netzwerkleitung verhält sich wie ein Tiefpass (niedrige Frequenzen können besser passieren). Mit steigenden Übertragungsfrequenzen sinken NEXT-Werte wie auch der ACR, weil sich Signale durch stärkere Magnetfelder besser auf Nachbaradern übertragen. In der EN 50173 wurde die Klasse B nur für Frequenzen bis 1 MHz festgelegt, Klasse C bis 16 MHz, D bis 100 MHz. Die **Tabelle** stellt den Zusammenhang zwischen Linkklasse, Kategorie, zu transportierender Frequenz und Datenrate dar. Da die Bauteile in einer Reihe liegen, gibt das schwächste Glied die vollständige Strecke und damit die Linkklasse vor.

**Reflektion**

Stellen Sie sich folgende Konstellation vor: eine Übertragungsstrecke besteht aus einer CAT 6-Dose, einer CAT 7-Leitung und einem CAT5e-Patchfeld. Welche Linkklasse ist hier relevant? Die Lösung finden Sie im Abschnitt zuvor: die Linkklasse aus unserem Beispiel muss den Anforderungen der Klasse D gerecht werden. Damit es nicht zu unerwünschten Signalreflexionen, höheren Bitfehleraten und damit zu höheren Antwortzeiten aufgrund schlecht abgestimmter Bauteile kommt, raten Hersteller von einem Herstellermix auf der festinstallierten Datenstrecke ab. Das Unternehmen Telegärtner führt dies auf den großen Toleranzbereich der Normen zurück und führt an, dass die Hersteller individuelle Verfahren in den Bauteilen integriert haben, um Störungen zu verringern (Quelle: [https://files.telegaertner.com/7814/2968/8421/DNT\\_Basiswissen\\_de.pdf](https://files.telegaertner.com/7814/2968/8421/DNT_Basiswissen_de.pdf)).

**Permanent Link und Channel Link**

Die Anforderungen der EN50173-1 beziehen sich weitestgehend auf die festinstallierte Strecke, den sogenannten Permanent-Link. Patchkabel sind dort nicht mit einbezogen. Es wird zwischen Permanent-Link und Channel-Link unterschieden. Das **Bild 4** verdeutlicht

Linkklasse	Max. Übertragungsfrequenz	Kategorie	Datenrate/ Anwendungen
Klasse D	bis 100 MHz	CAT 5e	bis 1 GBit/s
Klasse E	bis 250 MHz	CAT 6	bis 1 GBit/s
Klasse E <sub>A</sub>	bis 500 MHz	CAT 6 <sub>A</sub>	bis 10 GBit/s
Klasse F	bis 600 MHz	CAT 7	für Multimedia
Klasse F <sub>A</sub>	bis 1 000 MHz	CAT 7 <sub>A</sub>	für Multimedia

Quelle: Telegärtner

den Unterschied zwischen Permanent-Link und Channel-Link:

- Der **Permanent-Link** ist die festinstallierte Strecke einer Datenverbindung und impliziert im Tertiärbereich Datendose, Verlegeleitung und Patchfeld. Maximal 90m TP-Adernweg dürfen verlegt werden. Da die Verdrehungen der Aderpaare unterschiedlich stark sind, sind auch die Aderlängen nur abschätzbar oder werden u.a. mit Hilfe eines LAN-Zertifizierers nachgemessen.
- Der **Channel-Link** ist im Tertiärbereich die Gesamtstrecke vom Arbeitsplatzrechner bis zum Netzwerkschwitch. Maximal 10m Patchkabel können hier zum Einsatz kommen. Wie genau die Verteilung ist, wurde nicht festgelegt. So können 5m Patchkabel beim Endgerät und 5m vom Patchfeld zum Switch genommen werden. Wegen der Platzverhältnisse lässt sich erwägen, mehr Patchkabellänge am Endgerät (8m) und weniger am Switch (2m) zu verwenden. Die Gesamtstrecke zwischen Endgerät und Switch sollte eine Länge von 100m nicht übersteigen.

(Fortsetzung folgt)



**Autor:**  
Claus Strobel,  
Dozent für IT/ET;  
Schwerpunkt  
Netzwerktechnik;  
etz Stuttgart

**Bisher erschienene Beiträge der Reihe »Grundlagen der Netzwerktechnik«**

- Teil 1 in »de« 13–14.2020: »Historische Entwicklung – die Entstehung der Netzwerktechnik«
- Teil 2 in »de« 17.2020: »Möglichkeiten der Gebäudevernetzung«
- Teil 3 in »de« 19.2020: »Kabeltypen für die Gebäudevernetzung – Kupfer oder Glasfaser?«
- Teil 4 in »de« 21.2020: »Verlegung von Datenleitungen nach EN 50173 – Anforderungen«