

# Ethernet Performance von Netzwerkisolatoren White Paper

## Informationen und Definitionen zur Charakterisierung von Netzwerkisolatoren

Die Ethernet Performance einer Netzwerkkomponente ist je nach Messparameter nicht nur von der Hardwarekomponente selbst; sondern auch von der Übertragungstrecke, in die sie eingebaut wird, abhängig. Die Messergebnisse eines Netzwerkisolatoren (NI) allein sind nur bedingt aussagekräftig. Die Anpassung der einzelnen Stecker zueinander, die Ausrichtung des NIs sowie das Einsetzen verschiedener Patchkabelnängen wird die Performance einzelner Messwerte unterschiedlich beeinflussen.

Deswegen werden NIs durch die Kabelstrecken in die sie installiert sind, bewertet. Es gibt je nach Geschwindigkeitsklasse und System verschiedene Grenzwerte, welche frequenzabhängig sind. Diese Grenzwerte der Kabelstrecken umfassen unter anderem die Werte des „Insertion Loss“ (IL), des „Return Loss“ (RL) und des „Near-End-Crosstalk“ (NEXT) und sind in der ISO/IEC 11801 sowie der TIA/EIA-568 definiert.

## 1 MESSTRECKEN

Die richtige Vermessung des NIs, das Interpretieren der Parameter sowie das Auswählen der Standards und der Grenzwerte kann zwar schnell komplex werden, aber wenn man sich an die zwei empfohlenen Aufbauten für die NIs hält (siehe Abbildung 1), kann die angegebene Klassifizierung des NI sichergestellt werden.

In der Regel wird ein NI in ein vorhandenes Ethernet Netzwerk eingebaut, welches aus den folgenden Komponenten besteht: einem Endgerät welches geschützt werden soll, einem NI, einem Patchkabel zur Wandauslassdose, der festen Verdrahtung (oder auch horizontalen Etagenverteilung) sowie einer Verbindung zu einem Netzwerkverteiler, wie einem Switch. Da der NI so dicht wie möglich am zu schützenden Endgerät angebracht werden soll, ist der Aufbau 1 immer zu empfehlen. Je nach örtlichen Gegebenheiten ist aber auch eine Installation nach Aufbau 2 zulässig.

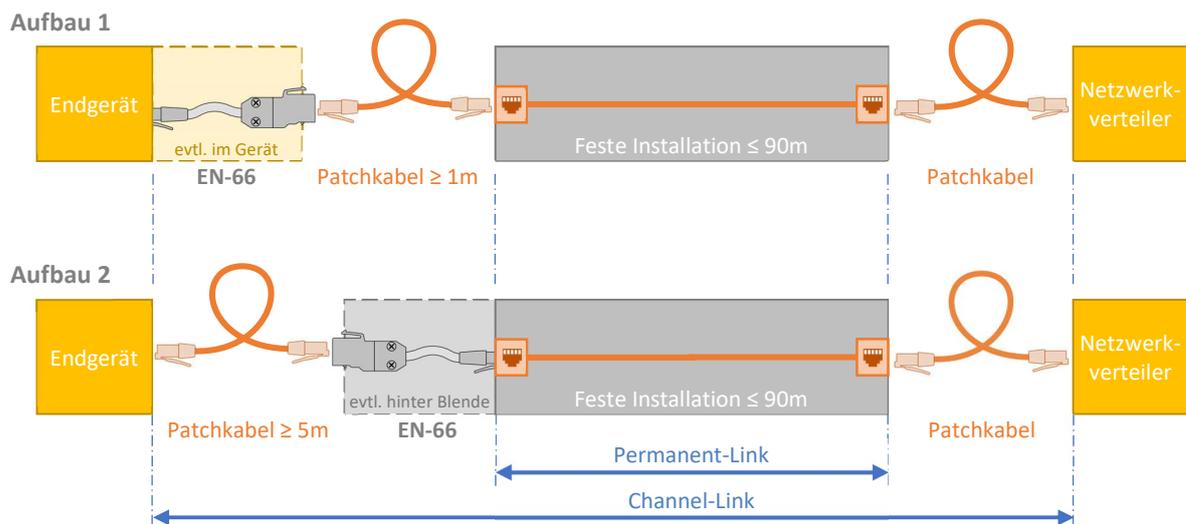


Abbildung 1: Systemaufbauten mit Netzwerkisolatoren für Zertifizierung nach ISO/IEC 11801 und TIA/EIA-568. Die maximale Channel-Linklänge sollte 100m nicht überschreiten.

Natürlich kann der NI auch in beliebigen anderen Aufbauten eingesetzt werden. Diese sind aber eventuell nicht durch die ISO/IEC 11801 oder die TIA/EIA-568 klassifizierbar. Da jede Änderung zu einer Verschie-

bung der Messparameter führt, kann es sein, dass die angegebene Geschwindigkeit des NI nicht mehr gegeben ist. Zu beachten ist aber auch, dass selbst wenn die Grenzwerte der Klassifizierung leicht unterschritten werden, in den meisten Fällen immer noch ein stabiler Datendurchsatz mit der angegebenen Klassifizierungsgeschwindigkeit möglich ist.

Die für die Messungen in diesem Dokument verwendeten Komponenten sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Komponenten der Messaufbauten.

Netzwerkisoliator	EMOSAFE EN-66 (120mm)
Patchkabel	R&M; 2* 5m; S-FTP Cat 6A; AWG26
Permanent Link Kabel	90m; S/FTP Cat 7A; AWG23/1, LSZH
Permanent Link Buchsen	Roline; RJ45 Keystone Cat6A Jack, STP
Messgerät	Fluke Versiv; DSX-5000; 2* Cat 6A CH Adapter

## 1.1 KLASSIFIZIERUNG UND NORMEN

Die ISO/IEC 11801 und auch die TIA/EIA-568 setzen die Grenzwerte für die Geschwindigkeiten verschiedenster Installationstrecken und definieren Anforderungen an die verschiedensten Netzwerkkomponenten.

So wird als „Permanent-Link“-Strecke (PL) nur die feste (permanente) Installationsstrecke zwischen zwei Kommunikationspartnern bezeichnet. Die „Channel-Link“-Strecke (CH) wiederum umfasst alle Netzwerkkomponenten, die sich zwischen zwei Kommunikationspartnern befinden. Sie umfasst dann auch den Netzwerkisoliator, die Patchkabel oder andere Komponenten.

Die Grenzwerte der ISO/IEC 11801 Class E<sub>A</sub> und TIA/EIA-568 Cat 6A für den Channel-Link unterscheiden sich nur an wenigen Stellen um vernachlässigbare Größen. Im Folgenden werden deswegen die Grenzwerte der ISO/IEC 11801 Class E<sub>A</sub> verwendet. Zu beachten sind auch die leicht zu verwechselnden Notationen der beiden häufig angewendeten Standards in Tabelle 2.

Tabelle 2 Vergleich der Notation im ISO/IEC- und TIA/EIA-Standard bei einem 10GBase-T System.

	Link / Channel	Kabel / Netzwerkdozen
ISO/IEC 11801 ( <i>internationaler Standard</i> )	Class E <sub>A</sub>	Cat 6 <sub>A</sub>
TIA/EIA-568 ( <i>amerikanischer Standard</i> )	Cat 6A	Cat 6A

## 2 KENNWERTE

In der ISO/IEC 11801 sowie auch des TIA/EIA-568 Standards werden viele Kennwerte genannt, welche die definierten Grenzwerte nicht über- bzw. unterschreiten dürfen. Die drei wichtigsten Kennwerte werden im Folgenden kurz erläutert und es wird auf relevante Informationen für den Einsatz des NIs eingegangen. Wenn diese drei Kennwerte die Anforderungen erfüllen, kann in der Regel davon ausgegangen werden, dass die übrigen Kennwerte ebenfalls die Anforderungen erfüllen.

### 2.1 INSERTION LOSS

Der Insertion Loss (IL) gibt an wie stark das Signal beim Durchlaufen einer Teststrecke gedämpft wird. Der IL, ist im Gegensatz zu den beiden anderen Parametern unabhängig von der Konfiguration des Aufbaus und verhält sich mit allen anderen Komponenten des Aufbaus additiv. Abbildung 2 zeigt den IL eines EMOSAFE EN-66 ( $IL_{NI}$ ). Dieser kann einfach mit den übrigen IL der anderen Komponenten des Aufbaus

addiert werden, um die gesamte Dämpfung ( $IL_{\Sigma}$ ) zu erhalten. So beschränkt lediglich der Grenzwert des IL die maximale Länge des Aufbaus.

$$IL_{\Sigma} = IL_{patch} + IL_{NI} + IL_{PL} + IL_{patchB} \quad eq1$$

### KABELSTRECKEN / MAXIMALE SYSTEMLÄNGE

Bezüglich des IL lassen sich Patchkabel sowie horizontale Verkabelung sehr gut parametrisieren.

Auf eine Herleitung des IL über die physikalischen Effekte möchten wir verzichten. Kurzgefasst spielt der Leitungswiderstand in Abhängigkeit vom frequenzabhängigen Skineneffekt eine wichtige Rolle. In vereinfachter Form ergibt sich die simple Faustformel für den IL eines Kabels:

$$IL_{kabel} [dB] = \frac{l * \sqrt{f}}{d * 100} * \left[ \frac{dB * mm}{\sqrt{MHz * m}} \right] (\pm 5\%) \quad eq2$$

wobei  $d$  den Einzeladerdurchmesser in  $mm$  angibt,  $l$  die Länge des Kabels in  $m$  und  $f$  die Messfrequenz in  $MHz$  darstellt. Abbildung 3 zeigt, wie gut sich der IL eines Kabels mit der angegebenen Faustformel nähern lässt.

Mit einem Puffer von  $\approx 46$  dB bei 500 MHz (Abbildung 2, links) ist mit einem EMOSAFE EN-66 eine Systemlänge von 100m ab einem Einzeladerdurchmesser von 0,48 mm möglich.

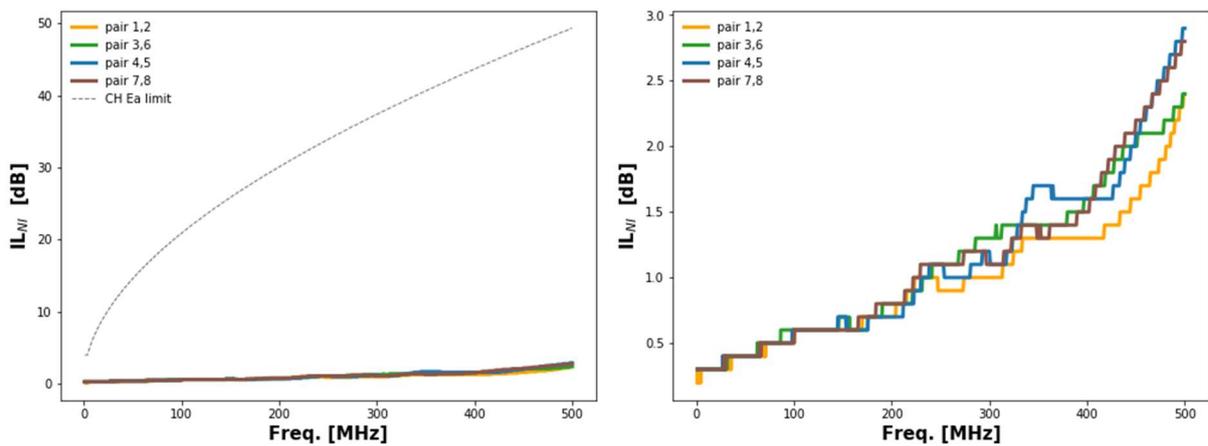


Abbildung 2: Insertion Loss eines EMOSAFE EN-66 ohne andere Netzwerkkomponenten je Aderpaare. (links: mit Grenzwert der ISO/IEC 11801 Class E<sub>A</sub> Channel; rechts: ohne Grenzwert).

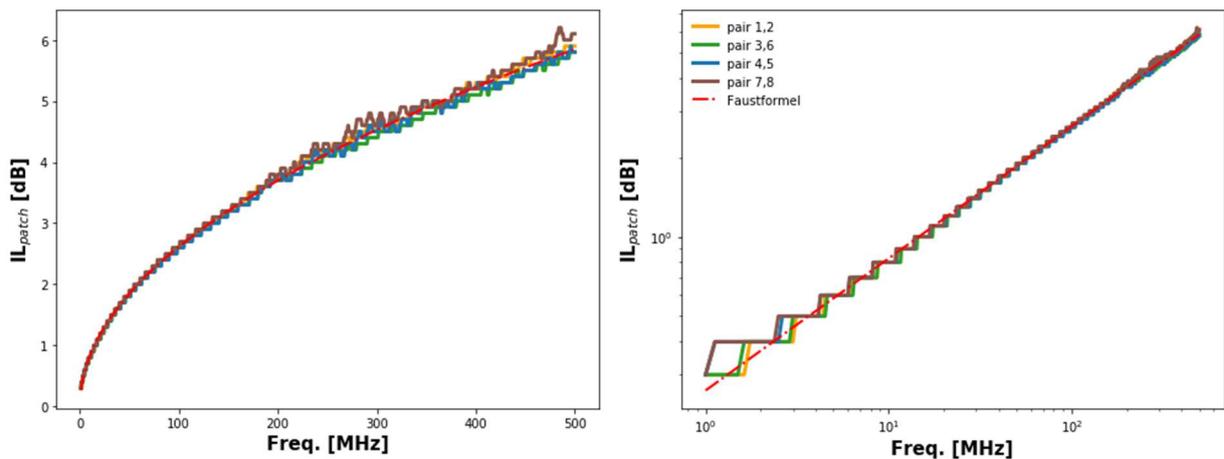


Abbildung 3: Insertion Loss eines Patchkabels (10m, 26AWG, SSTP) und Faustformel (eq2) für Kabelstrecken (links: lineare Skalierung; rechts: logarithmische Skalierung).

## 2.2 RETURN LOSS

Der Return Loss beschreibt, wie gut die Wellenwiderstände der Systemkomponenten aneinander angepasst sind. Der Wellenwiderstand der 4 Adernpaare soll  $100 \Omega$  betragen und jede Abweichung führt zu einer Reflexion des Signals, welche im RL wiedergegeben wird. Genauer wird die Dämpfung des eingehenden Signals zum reflektierten Signal im RL angegeben. Dementsprechend ist für eine hohe Signalqualität, ein hohe RL Dämpfung wünschenswert.

Da Reflexionen an beiden Enden des Aufbaus auftreten können, wird der RL auch an beiden Enden des Aufbaus gemessen. Für die ausgewählten Aufbauten mit einem NI (Abbildung 1) sind die Auswirkungen des NIs auf der Seite des Netzwerkverteilers nicht sichtbar. Deswegen sind hier nur die Messwerte der Endgerät-Seite relevant.

Der Wellenwiderstand in einem Kabel wird aufrecht gehalten durch eine gleichmäßige und genau bestimmte Verdrillung der Adernpaare miteinander. Diese Verdrillung kann im Bereich einer Steckverbindung jedoch nicht aufrecht gehalten werden. Deswegen ist es notwendig, dass die Verdrillung der Adernpaare solange wie möglich erhalten bleibt. Denn selbst kurze Strecken von wenigen Millimetern im Stecker und den Kontaktflächen können für Anpassungsprobleme sorgen.

Dabei ist zu beachten, dass es immer um die Anpassung geht, also auch um die Anpassung vom Stecker zur Buchse. So kann eine Kombination eines Herstellers sehr gute Ergebnisse liefern, aber die Verbindung mit einem anderen Hersteller zu Problemen führen. Geringe Reflexionen würde ebenfalls eine Steckkombination erzeugen bei dem beide Enden sich weit von dem Zielwert von  $100 \Omega$  entfernt haben, aber nahezu identische Wellenimpedanzen haben.

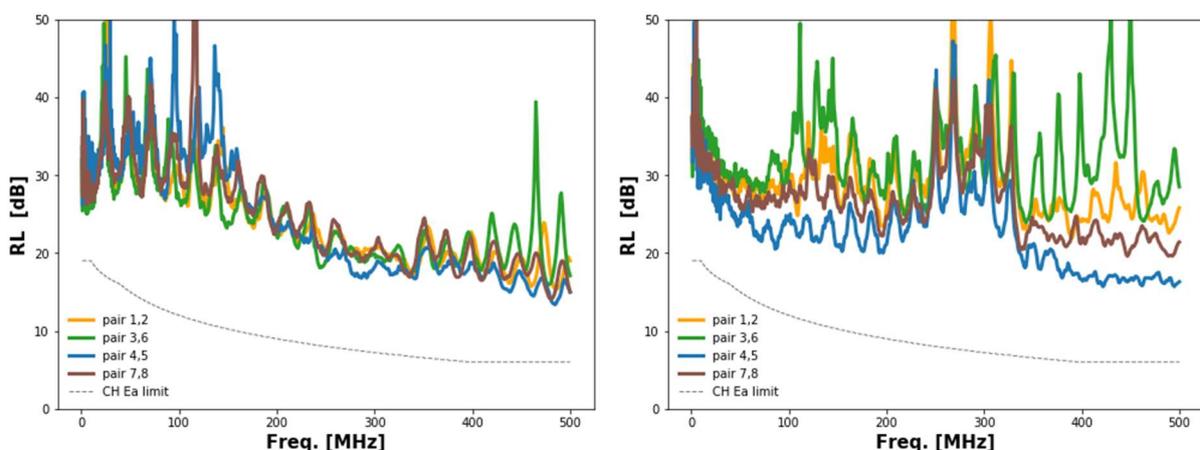


Abbildung 4: Return Loss der Endgerätseiten je Adernpaar  
(links: Aufbau 1; rechts: Aufbau 2).

### 2.3 NEAR-END-CROSSTALK

Bei dem Near-End-Crosstalk (NEXT) wird das Übersprechen der Aderpaare untereinander quantifiziert. Mit 4 Aderpaaren folgen daraus 6 Kombinationen, welche separat betrachtet werden können. Hinzukommt, dass diese Messung ebenfalls an beiden Enden des Systems ausgeführt werden kann. Wie beim RL sind die NEXT-Werte auf der Netzwerkverteiler-Seite unabhängig vom NI. Abbildung 5 zeigt die typischen NEXT Ergebnisse in Aufbau 1 und Aufbau 2. Im Vergleich der hier gezeigten Aufbauten zeigt sich hier, was eine Neuordnung der Systemkomponenten für Auswirkungen haben kann.

Um das Übersprechen der unterschiedlichen Pärchen untereinander zu reduzieren, können die Aderpaare in Kabeln mit Metallfolien voneinander geschirmt werden. Auf Platinen oder in Buchsen wird alternativ versucht, die Bereiche, in denen die unterschiedlichen Paare dicht beieinander liegen müssen, zu reduzieren.

Aufgrund des Aufbaus der RJ45 Steckverbinder sowie dem Layout auf Platinen kann es sein, dass die einzelnen NEXT-Kanäle sich stark unterscheiden.

Die NEXT-Performance des Aufbaus 2 lässt sich signifikant mit dem Verlängern des Patchkabels auf der Endgeräteseite verbessern.

Auch hier gilt, dass sich die NEXT-Performance der einzelnen Komponenten nicht additiv verhält. Es müssen jedoch alle verbundenen Systeme eine gute NEXT-Performance besitzen.

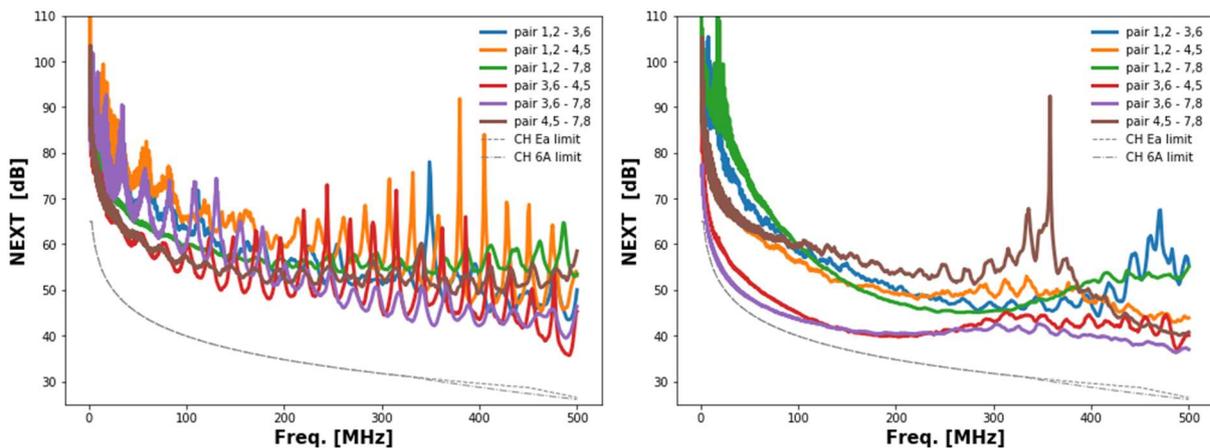


Abbildung 5: NEXT-Performance der Endgeräteseiten der 6 Gruppen (links: Aufbau 1; rechts: Aufbau 2).

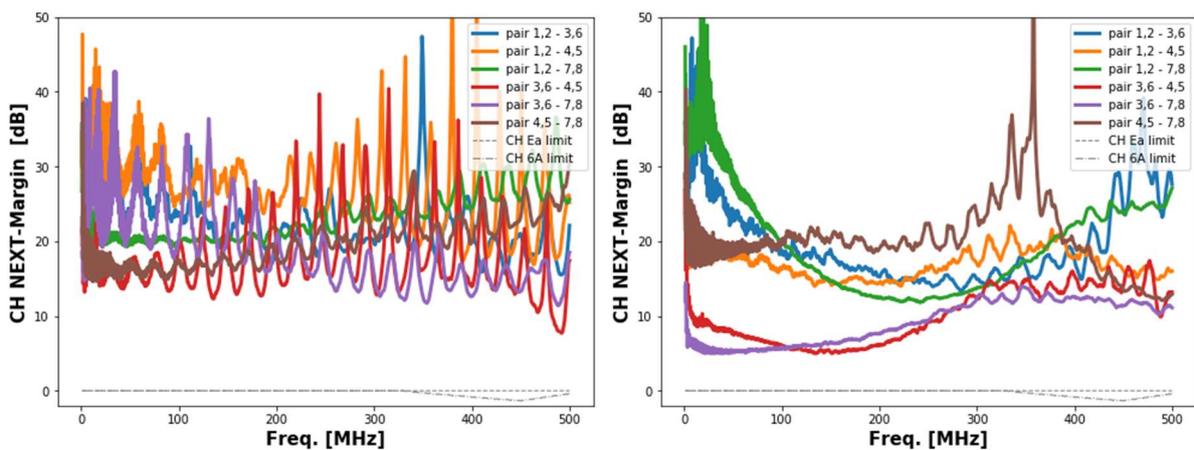


Abbildung 6: NEXT-Margin der Endgeräteseiten der 6 Gruppen (links: Aufbau 1; rechts: Aufbau 2) (identische Werte mit Abbildung 5, lediglich andere Darstellung)