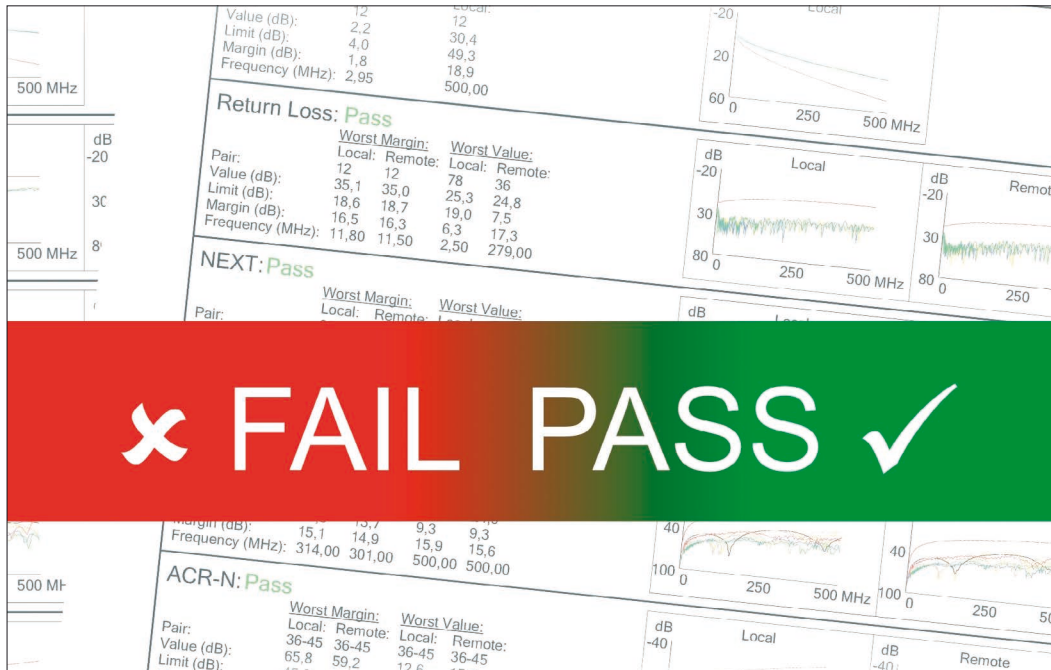


## Sträflich vernachlässigt: Widerstands-Unsymmetriemessungen in IT-Verkabelungen



Alle Bilder © Traeger, ansonsten sind diese gekennzeichnet

Power over Ethernet versorgt netzwerkfähige Geräte über die Datenleitung auch gleich mit Strom. Separate elektrische Anschlüsse sind nicht nötig - keine Steckdosen, keine Steckernetzteile, keine Elektroleitungen. Eine elektrotechnische Fachkraft wird zur Installation ebenfalls nicht benötigt, da Power over Ethernet – kurz PoE – mit Gleichspannung von weniger als 60 Volt arbeitet. Das ist nicht grundlegend neu, denn schließlich wurde schon der Telefonapparat unserer Großeltern über die Telefonleitung auch mit Strom versorgt, aber praktisch ist es allemal. Und wirtschaftlich noch dazu. Wenn es funktioniert.

### Das Problem liegt im Detail

Wo liegt das Problem bei einer so geringen Spannung? Das liegt wie immer im Detail. Es kann nämlich durchaus vorkommen, dass eine Verkabelung die Abnahmemessung mit Bravour besteht und treu und brav höchste Datenraten überträgt, aber Probleme bereitet, sobald Power over Ethernet aktiviert wird. Das kann sich in niedrigeren Datenraten als zuvor äußern, kann aber

auch bis zum Ausfall einer Verbindung gehen. Verursacht wird das Ganze durch Widerstands-Unsymmetrien in der Datenleitung, die zu einer ungleichmäßigen Stromverteilung führen. Diese wiederum führt zu einer Übersteuerung oder Übersättigung der Elektronik, die für die Datenübertragung zuständig ist. Die Folge sind verzerrte Datensignale, die nicht mehr ausgewertet werden

können. Im schlimmsten Fall fällt die Strecke aus. Um das zu verhindern, sollten die Gleichstromparameter einer Strecke gemessen werden – und zwar alle.

### Gleichstrom-Schleifenwiderstand

Der Schleifenwiderstand wird bei Messungen nach ISO/IEC- und EN-Vorgaben vom Messgerät automatisch mitgemessen. Nur nach den Vorgaben der amerikanischen TIA ist er freiwillig. Der Gleichstrom-Widerstand einer Leitung verursacht Verluste und bestimmt die Stromstärke nach der alten Formel:

$I = U/R$ , Stromstärke  $I$  ist gleich Spannung  $U$  geteilt durch den Widerstand  $R$ .

Da eine Datenleitung bis zu neunzig Meter lang sein darf, ist es nahezu unmöglich, den Widerstand zwischen den beiden Leitungsenden zu messen. Man behilft sich damit, die Adern eines Aderpaares an einem Ende kurzzuschließen und den Widerstand der so entstehenden Leiter-schleife zu messen. Möchte man den Widerstand der Leitung wissen, teilt man einfach den Schleifenwiderstand durch zwei. Um sich die Rechnerei zu ersparen, verzichtet man in der Praxis gerne auf den Leitungswiderstand und arbeitet gleich mit dem Schleifenwiderstand. Das funktioniert allerdings nur, wenn

### Widerstand und Impedanz

Die Begriffe Widerstand und Impedanz werden gelegentlich verwechselt, daher hier eine kurze Begriffsklärung. „Widerstand“ bezieht sich auf Gleichspannung, „Impedanz“ auf Wechselspannung. Die Impedanz ist also der „Wechselstromwiderstand“ der Verkabelungsstrecke. Sie hängt von der Frequenz der elektromagnetischen Welle ab, die auf der Leitung übertragen wird. Manche Messgeräte messen die Impedanz nur an einer bestimmten Stelle, beispielsweise vier Meter nach Beginn der Leitung.

Impedanzmessungen sind in der Praxis selten. Bei deutlichen Änderungen der Impedanz, beispielsweise bei einem Knick im Kabel oder beim Übergang vom Kabel auf einen Steckverbinder, wird ein Teil des Datensignals reflektiert. Dies wird durch die Messung der Rückflussdämpfung (englisch Return Loss) wesentlich besser erfasst, ganz besonders da die Rückflussdämpfung nicht nur an einer bestimmten Stelle sondern über die gesamte Strecke gemessen wird.

Autor:

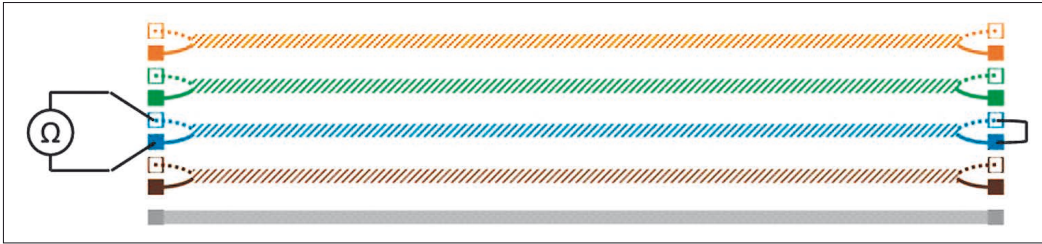
Dirk Traeger

Technical Solutions Manager

DataVoice

Telegärtner Karl Gärtner GmbH

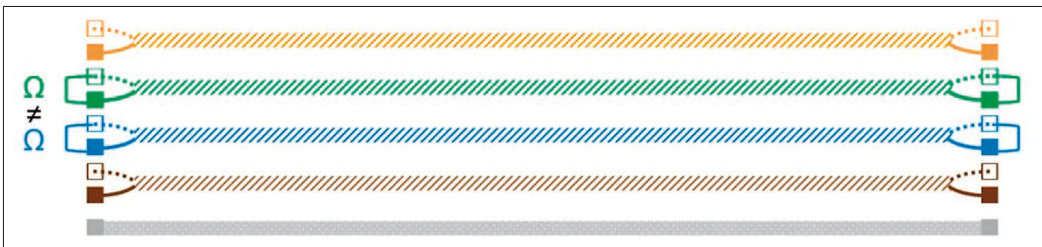
www.telegaertner.com



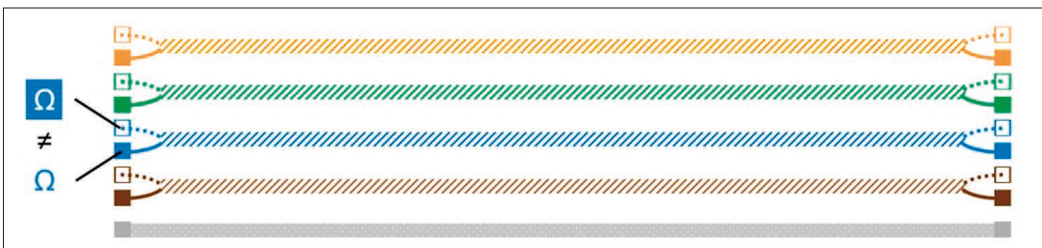
**Bild 1: Der Schleifenwiderstand gibt den Gleichstromwiderstand eines Aderpaares an. Er lässt allerdings keine sichere Aussage auf die Widerstände der einzelnen Adern zu**



**Bild 2: Bei Power over Ethernet fließt der Strom nicht aderweise, sondern paarweise in eine Richtung.**



**Bild 3: Auch der Gleichstromwiderstand verschiedener Aderpaare kann verschieden sein, was bei der Fernspeisung ebenfalls zu Problemen führen kann. Aufschluss gibt auch hier die Messung der installierten Strecke**



**Bild 4: Die Gleichstromwiderstände der beiden Adern eines Paares können unterschiedlich sein, was bei Power over Ethernet Probleme verursachen kann**

beide Adern den gleichen Widerstand haben, was allerdings nicht sicher ist. Der englische Fachbegriff für den Gleichstrom-Schleifenwiderstand ist DC Loop Resistance oder nur Loop Resistance (Bild 1).

## Die Schleifenwiderstandsmessung erkennt keine Unsymmetrien

Bei der Messung des Schleifenwiderstands werden die Adern eines Paares am fernen Ende miteinander verbunden (kurzgeschlossen), so dass eine sehr lange, schmale Leiterschleife entsteht. Wird nun der Gleichstromwiderstand gemessen, gilt der Wert für die beiden miteinander verbundenen Adern im Gesamten. Die Widerstände der einzelnen Adern können so nicht einzeln

gemessen werden. Mit der Messung des Gleichstrom-Schleifenwiderstands kann daher nicht ermittelt werden, ob die Widerstände der beiden Adern eines Paares voneinander abweichen, was bei Power over Ethernet zu erheblichen Problemen führen kann.

## Strom fließt paarweise

Bei Power over Ethernet fließt der Strom durch die spezielle Art der Einspeisung nicht aderweise, sondern paarweise in dieselbe Richtung. Weisen die Adern eines Paares unterschiedliche Widerstände auf, führt dies zu einer ungleichmäßigen Verteilung des Stroms im Aderpaar, was zur Übersättigung des Sendeträgers damit zu geringerer Leistung führen kann. Am Empfänger kann eine Übersättigung oder Übersteuerung zu einem verzerrten Datensignal und damit zu Störungen in der Datenübertragung führen. Diese Störungen können so stark sein, dass keine Datenübertragung mehr möglich ist. So kommt es durchaus vor, dass eine Übertragungsstrecke bei der reinen Datenübertragung problemlos funktioniert, aber ausfällt, sobald Power over Ethernet aktiviert wird (Bild 2).


## Widerstandsunsymmetrie zwischen zwei Paaren

Die Aderpaare einer Datenleitung sind unterschiedlich stark verdreht, um unerwünschte Störungen von einem auf das andere Paar zu vermeiden. Durch die unterschied-

Messgröße (Parameter)	ist zu messen nach		
	DIN EN 50173-1:2018-10/ DIN EN 50174-1:2018-10	ISO/IEC 11801-1: 2017	TIA-1152-A
Gleichstrom-Schleifenwiderstand (DC Loop Resistance)	ja / ja	ja	freiwillig
Widerstandsunsymmetrie innerhalb eines Aderpaares (DC Resistance Unbalance Within a Pairs)	freiwillig / ja	freiwillig	freiwillig
Widerstandsunsymmetrie zwischen zwei Aderpaaren (DC Resistance Unbalance Between Pairs)	freiwillig / ja	freiwillig	freiwillig

**DIN EN 50174-1:2018-10 ist eine besonders praxisorientierte Norm und fordert Messungen der Widerstandsunsymmetrie sowohl innerhalb eines Aderpaares als auch zwischen zwei Aderpaaren.**  
Quelle Fachbuch „Wer viel misst ...“, Joachim Treiber Meisterbuchverlag



Installationskabel AMJ 1400 S/FTP AWG22/1 Cat.7 <sub>A</sub> LSZH Cca-s1a,d1,a1		 Telegärtner
<b>Elektrische Eigenschaften (typisch bei 20°C)</b>		
Wellenwiderstand Z (1-100 MHz):	100 ± 15 Ω	
Rel. Ausbreitungsgeschwindigkeit:	ca. 73%	
Signallaufzeit:	≤ 457 ns/100m	
Laufzeitunterschied:	≤ 25 ns/100m	
Schleifenwiderstand:	10,9 Ω/100m max 19 Ω/100m	
Widerstandsunsymmetrie:	im Paar: ≤ 2% zwischen den Paaren: ≤ 4%	

**Bild 5: Das Datenblatt gibt Aufschluss über die Symmetrie einer Leitung (Beispiel: Kategorie-7<sub>A</sub>-Leitung AMJ 1400) © Telegärtner**

liche Verdrehung sind die Leiter der Paare jedoch unterschiedlich lang und die Adern haben dadurch einen unterschiedlichen Gleichstromwiderstand. Dies wird durch die Widerstandsunsymmetrie zwischen zwei Paaren angegeben. Der englische Fachbegriff dafür ist Pair-to-pair Unbalance (P2PUBl) oder DC Resistance Unbalance Between Pairs. Die Widerstandsunsymmetrie innerhalb einer Aderpaars sollte möglichst klein sein, das heißt, die Gleichstromwiderstände der beiden Paare sind möglichst gleich (Bild 3).

### Widerstandsunsymmetrie innerhalb eines Aderpaars

Wird die Widerstandsunsymmetrie innerhalb eines Aderpaars gemessen, wird ersichtlich, ob und wie sehr sich die Gleichstrom-Widerstände der Adern voneinander unterscheiden. Die Widerstandsunsymmetrie innerhalb eines Aderpaars wird auch als Gleichstrom-Widerstandsunterschied, Widerstandsunterschied oder Gleichstrom-Widerstandsungleichgewicht bezeichnet, im Englischen als DC Resistance Unbalance Within a Pair oder als Pair Unbalance.

Die Widerstandsunsymmetrie innerhalb eines Aderpaars sollte möglichst klein sein, das heißt, die Gleichstromwiderstände der beiden Adern sind möglichst gleich. Nur so ist sichergestellt, dass der Stromfluss innerhalb eines Aderpaars gleichmäßig auf die beiden Adern verteilt ist (Bild 4).

### Gleichstrom-Widerstandsunsymmetrien messen

DIN EN 50173-1:2018-10 legt die Werte für die zulässige Widerstandsunsymmetrie der Übertragungsstrecke (Verkabelung inklusive Patchkabel), der Installationsstrecke (Verkabelung zwischen Verteiler und Anschlussdose, ohne

Patchkabel), der Leitungen und der Steckverbinder fest (Bild 5 und 6). Die Verkabelungsnormen DIN EN 50173-1:2018-10 (Deutschland/EU), ISO/IEC 11801-1:2017 (global gültig) und ANSI/TIA-568.2-D (USA) schreiben Messungen nicht zwingend vor. DIN EN 50173-1:2018-10 empfiehlt jedoch Messungen unter anderem, wenn

- eine Strecke länger ist als nach dem jeweiligen Teil der DIN EN 50173 vorgesehen,
- eine Strecke mehr Komponenten enthält als nach dem jeweiligen Teil der DIN EN 50173 vorgesehen,
- eine Strecke an einem Ende mehr als ein Patchkabel enthält
- eine Strecke Komponenten enthält mit geringerer Leistungsfähigkeit als in DIN EN 50173-1:2018-10 festgelegt
- geprüft werden soll, ob sich eine Strecke für eine bestimmte Anwendung eignet
- die Leistungsfähigkeit der Verkabelung nachgewiesen werden soll (was für die Abnahme einer Verkabelung wichtig ist).

DIN EN 50174-1:2018-10 empfiehlt jedoch ausdrücklich Abnahmeprüfungen in Form von Abnahmemessungen. Und sie fordert, dass dabei die Widerstandsunsymmetrien zu messen sind.

### Messungen sind sinnvoll

Aus praktischer Sicht sind Messungen sinnvoll, denn die Messprotokolle dienen allen Beteiligten – Auftraggeber, Planer und Installateur – als Nachweis, dass die Verkabelung die in den Normen festgeschriebenen Werte erreicht. Da Unsymmetriemessungen nach ISO/IEC 11801 nur freiwillig sind, sind sie im Messprogramm mancher Feldmessgeräte ausgeblendet. Sie sind jedoch meist leicht einzuschalten,

Typische Fehlerursachen	Das könnte helfen (ohne Gewähr)
Kontakte in Verteilfeld, Dose oder Stecker verschmutzt	Kontakte reinigen
Kontakte in Verteilfeld, Dose oder Stecker verschlissen	Verteilfeld/Dose/Stecker ersetzen
Kontakte in Verteilfeld, Dose oder Stecker korrodiert	Verteilfeld/Dose/Stecker ersetzen
Adern in Verteilfeld, Dose oder Stecker schlecht aufgelegt	Adern neu auflegen
Adern in Verteilfeld, Dose oder Stecker haben sich gelockert	Adern neu auflegen
Kontakte der Messleitung verschmutzt	Stecker reinigen
Kontakte der Messleitung verschlissen	Stecker/Messleitung ersetzen
Kontakte der Messleitung korrodiert	Stecker/Messleitung ersetzen
Aderpaare im Patchkabel zu unterschiedlich verdreht	Patchkabel ersetzen
Patchkabel fehlerhaft	Patchkabel ersetzen
Aderpaare in der Leitung zu unterschiedlich verdreht (nur bei DC Resistance Unbalance Between Pairs)	Leitung ersetzen
Leitung fehlerhaft (Materialfehler)	Leitung ersetzen

### Typische Fehlerursachen bei schlechten Unsymmetrie-Messergebnissen und mögliche Lösungen, die sich in der Praxis bewährt haben.

Quelle: Fachbuch „Wer viel misst ...“, Joachim Treiber Meisterbuchverlag

ein Blick in die Gebrauchsanweisung des Messgeräts spart dabei Zeit.

### Tipps zur Fehlersuche

Schlechte Messergebnisse bei den Unsymmetriemessungen können verschiedene Ursachen haben. Bei Neuinstallationen sind eher Material- oder Installationsfehler verantwortlich, bei vorhandenen Netzen können auch Schmutz, Abnutzung und Korrosion Gründe für hohe Unsymmetrien sein.

### Zusammenfassung

In der Praxis kommt es vor, dass auf einer Verkabelungsstrecke, die

problemlos Daten überträgt, Störungen auftreten, sobald Power over Ethernet zusätzlich eingeschaltet wird. Grund dafür sind oftmals Gleichstrom-Widerstandsunsymmetrien zwischen den beiden Adern eines Aderpaars oder zwischen zwei Aderpaaren. Diese Parameter sollten daher bei Neuinstallationen gemessen werden, was nach DIN EN 50174-1:2018-10 auch gefordert ist. Bei vorhandenen Installationen sind diese Messungen sinnvoll, wenn Probleme auftreten, sobald Power over Ethernet eingeschaltet wird. ◀

Elektrische Eigenschaften		Electrical Characteristics
Kontaktwiderstand	≤ 20 mΩ	Contact resistance
Isolationswiderstand	≥ 500 MΩ	Insulation resistance
Spannungsfestigkeit		Voltage Proof
Kontakt-Kontakt	≥ 1000 V, DC	Contact-Contact
Kontakt-Schirm	≥ 1500 V, DC	Contact-Shield
Strombelastbarkeit bei 50°C	1 A	Current carrying capacity at 50°C
4PPoE gemäß IEEE 802.3bt	Geignet für 4 Paar Power over Ethernet Adequate for 4 Pair Power over Ethernet	4PPoE according to IEEE 802.3bt
PoE+ gemäß IEEE 802.3at	Geignet für Power over Ethernet+ Adequate for Power over Ethernet+	PoE+ according to IEEE 802.3at

**Bild 6: Im Datenblatt von Steckverbindern wird statt der Unsymmetrie meist die Eignung für die Fernspeisung angegeben. Der konkrete Normbezug wie „4PPoE gemäß IEEE 802.3bt“ wie in diesem Ausschnitt aus dem Datenblatt des RJ45-Moduls AMJ-SL gibt zusätzliche Sicherheit © Telegärtner**