

Vier Schritte zur präzisen Glasfaser-Zertifizierung

Glasfasern werden in immer größerem Umfang in Rechenzentren und Unternehmensnetzen eingesetzt. Unabhängig davon, ob sie für die Backbone-Verkabelung oder zum Verbinden von Servern mit Switchen genutzt werden, gewährleisten Glasfasern über größere Entfernungen höhere Datenraten, als es mit Kupferkabeln möglich wäre. Durch das Testen und Zertifizieren der installierten Glasfasern ist es möglich, nachzuweisen, dass das System – so wie es aktuell installiert ist – die letztendlich über die Glasfasern zu übertragenden Anwendungen auch unterstützt. Für gewöhnlich erfolgt die Zertifizierung bei der Erstinstallation durch die Firma, die die Netzwerk-Infrastruktur aufbaut. Die im Rahmen dieser Tests erstellten Zertifizierungsberichte erlauben dann, vom Lieferanten der Infrastruktur Gewährleistungszusagen zu erhalten. Bei der Inbetriebnahme der Systeme durch den Inhaber des Netzwerks werden sie häufig erneut getestet, um sicher zu gehen, dass seit der Installation keine Veränderungen eingetreten sind. Und schließlich folgen bei Bedarf weitere Tests, um Netzwerkstörungen, die auf den höheren Schichten erkennbar sind, zu diagnostizieren. Ganz gleich, wann diese Überprüfungen erfolgen, sind hierbei die Vorgaben verschiedener Normen zu beachten.

Für Nordamerika und andere Länder werden diese Normen von der Telecommunications Industry Association (TIA) ausgearbeitet. Insbesondere der Unterausschuss TR42.11 der TIA zu Glasfasersystemen entwickelt und pflegt Normen, Spezifikationen und damit in Zusammenhang stehende Dokumente für die Leistungsbemessung, Planung, Charakterisierung und Beschreibung von optischen Teilsystemen, Systemen und Netzwerken, die für alle Anwendungen gelten.¹ Für das Testen von Glasfasern sind insbesondere die folgenden Dokumente von Bedeutung:

- TIA-568.3: Norm für optische Glasfaserverkabelungen und -komponenten
 - Abschnitt 7: *Übertragungsleistung von Glasfasern und Testanforderungen*
 - Anhang E (Informativ): *Richtlinien zur Ermittlung der Länge, Dämpfung und Polarität von Glasfaserverkabelungen im Feldeinsatz*
- TIA-526-14: *Optische Dämpfungsmessungen an installierten Multimode-Glasfaserkabeln*

- TIA-526-7: *Optische Dämpfungsmessungen an installierten Singlemode-Glasfaserkabeln*

In den letzten Jahren sind diese Dokumente aktualisiert worden, um die TIA-Normen mit den internationalen Normen der IEC zu harmonisieren. Beispielsweise ist die Norm TIA-526-14 das Ergebnis der Anpassung an die Norm IEC 61280-4-1 und TIA-527-7 ist eine Anpassung an die Norm IEC 61280-4-2. Das bedeutet, dass die konkreten Vorgaben zum Ausführen von optischen Dämpfungsmessungen an installierten Glasfaserkabeln unabhängig vom Standort weltweit relativ einheitlich formuliert sind. Wie bei allen Normen beziehen sich auch die oben genannten Dokumente wieder auf andere Standards. Wichtig für diesen Artikel ist IEC 61300-3-35 *Untersuchungen und Messungen – Visuelle und automatisierte Inspektion der Endflächen von zylindrischen Lichtwellenleiter-Steckverbindern*, da sich die drei obigen TIA-Normen auf diese Norm beziehen.

¹<https://standards.tiaonline.org/all-standards/committees/tr-42>

Normen werden immer weiter entwickelt, um die aktuell installierten Systeme und die besten Vorgehensweisen zur Leistungssicherung zu berücksichtigen. Sie entwickeln sich aber auch weiter, um Verfahren zu definieren, die dafür sorgen, dass einheitliche Testergebnisse erzielt werden. Anders ausgedrückt: Die strikte Befolgung der Normen gewährleistet, dass die von den verschiedenen Akteuren, wie Installationsfirmen, Kabelherstellern und Endnutzern, durchgeführten Messungen, konsistent sind.

Daher ist es wichtig, dass Aktualisierungen von Normen und aktuelle beste Vorgehensweisen in der Industrie in die Spezifikationen für Installationen aufgenommen und von den Technikern, die Glasfasersysteme testen und zertifizieren, in jeder Phase des Netzwerk-Lebenszyklus beachtet werden.

Dieser Artikel kann jedoch nicht zum Ziel haben, alle Anforderungen sämtlicher Normen lückenlos aufzuführen. Vielmehr erläutert er einzelne wichtige Schritte, die dazu beitragen, an installierten Glasfasersystemen exakte und wiederholbare Dämpfungsmessungen auszuführen. Während die Normen die Arbeit mit optischen Zeitbereichsreflektometern (OTDR) beschreiben, konzentriert sich dieser Artikel auf den Einsatz optischer Dämpfungsmessplätze (OLTS), für die sogenannte Tier-1-Zertifizierung. Hierbei werden Dämpfung und Länge gemessen, die Polarität kontrolliert, eine Sichtprüfung mit Gut/Schlecht-Auswertung vorgenommen sowie die Ergebnisse dokumentiert. Die vier Schritte zu einer präzisen Glasfaser-Zertifizierung sind:

1. Sichtprüfung der Faserendflächen
2. Gewährleistung der Encircled-Flux-Einkopplung bei Multimode-Quellen
3. Nutzung von Referenztestleitungen (TRC)
4. Einstellen und Ausführen von Referenzmessungen

1. Sichtprüfung der Faserendflächen

Werden zwei Faserenden über Steckverbinder miteinander verbunden, sind drei Hauptanforderungen zu beachten, damit die Lichtsignale ohne übermäßige Dämpfung oder Rückreflexion von der einen Faser in die andere übergehen können. Design und Herstellungsverfahren der modernen Steckverbinder erleichtern zumeist eine korrekte Ausrichtung des Faserkerns und gewährleisten den erforderlichen physischen Kontakt. Allerdings bleibt die saubere Endfläche eine große Herausforderung. Ein winziges Partikel im Steckverbinder kann bereits eine erhebliche Einfügedämpfung und Rückreflexion sowie Geräteschäden verursachen.

Daher gilt der Zustand der Faserendfläche als der wahrscheinlich wichtigste kontrollierbare Einzelfaktor, um durchgängig einheitliche Dämpfungsmessergebnisse zu gewährleisten sowie das vorgesehene Leistungspotenzial eines optischen Systems auszuschöpfen. Dies hat Auswirkungen auf alle Branchen, die mit Glasfasertechnik arbeiten, und nicht nur auf die optischen Netzwerke in Unternehmen und Rechenzentren. In dem Bemühen, ab dem optischen Steckverbinder ein einheitliches Leistungsniveau zu garantieren, hat die IEC die Norm 61300-3-35 erarbeitet, die die Gut/Schlecht-Kriterien für die Prüfung von Endflächen vor dem Anschließen der Faser spezifiziert. Während die Anbieter von Telekommunikationsdiensten (Festnetz, Mobilfunk, Koaxialkabel), die Luft- und Raumfahrt und andere Branchen diese Norm bereits umfassend als Standardvorgehensweise umsetzen, haben Unternehmen und Rechenzentren hier noch Nachholbedarf. Damit ignorieren sie jedoch alle aktuellen Standards. Aufgrund der Einführung und allgemeinen Bereitstellung von Systemen mit höheren Datenraten sind nun aber auch hier Änderungen zu erkennen.

Eine einfache Möglichkeit, die Anforderungen der Norm IEC 61300-3-35 zu erfüllen, besteht darin, das „Inspect Before You Connect™“ (IBYC) Verfahren zu befolgen. Es ist wichtig, immer *beide* Enden der Verbindung, beispielsweise die Referenztestleitung (TRC) und den Einbau-Steckverbinder der zu testenden Übertragungsstrecke zu prüfen. Das ist die einzige Möglichkeit, um sicherzugehen, dass die Endflächen frei von Verunreinigungen und Defekten sind. Beim IBYC-Verfahren steht die Sichtprüfung der Glasfaser an erster Stelle, denn eine bereits saubere Glasfaser muss nicht mehr gereinigt werden. Wenn die Faser verschmutzt ist, muss sie gesäubert und anschließend erneut geprüft werden, um eine erfolgreiche Reinigung zu bestätigen. Erst wenn beide Steckverbinder an beiden Enden sauber sind, dürfen sie gesteckt werden.

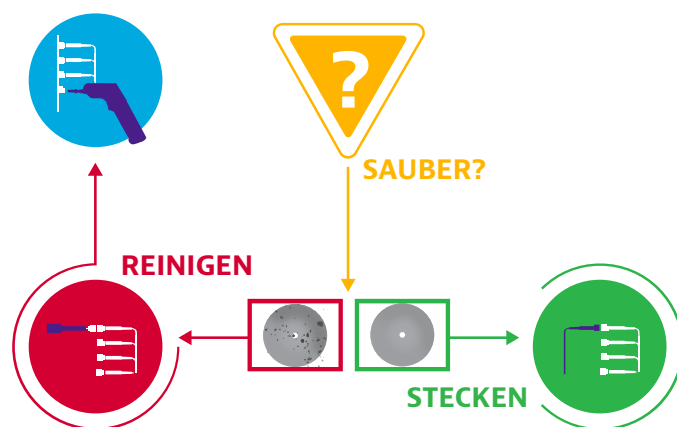


Abbildung 1: Faserendflächen proaktiv prüfen

Hinweise zur Reinigung von Glasfasern

Auf dem Markt gibt es zahlreiche Reinigungsmittel für Faserendflächen. Es wird jedoch empfohlen, nur Produkte zu verwenden, die speziell zum Reinigen der Faserendfläche entwickelt wurden. Dabei stehen Methoden und Produkte für die Feucht- und Trockenreinigung zur Auswahl. Viele ältere Mittel zur Feuchtreinigung haben einen Film auf der Faser hinterlassen, auf dem sich Fremdmaterial festsetzen konnte. Es wird empfohlen, mit der Trockenreinigung zu beginnen. Erst wenn diese nicht wirkt, sollte eine Feuchtreinigung mit sofort anschließender Trockenreinigung erfolgen. Unabhängig von der Reinigungsmethode ist nur die Sichtprüfung der Faserendfläche geeignet zu kontrollieren, ob die Reinigung erfolgreich war.

2. Gewährleistung der Encircled-Flux-Einkopplung bei Multimode-Quellen

Bei verschiedenen Multimode-Quellen (MM) ist die Modenleistung unterschiedlich verteilt, sodass unterschiedliche Einkopplungsbedingungen die Folge sind. Das bedeutet, dass unterschiedliche Quellen den großen Multimode-Kern mit jeweils unterschiedlichen Lichtmengen ausfüllen. Manche Quellen überfüllen den MM-Kern, während andere dazu neigen, ihn zu unterfüllen. Stark vereinfacht kann man sagen, dass eine Überfüllung dazu führt, dass eine zu hohe Dämpfung gemessen wird, während bei einer Unterfüllung zu niedrige Dämpfungswerte ausgegeben werden. Im Ergebnis kommt es zwischen verschiedenen Testern zu Messabweichungen, wobei angenommen wird, dass alle anderen Messbedingungen eigentlich identisch sind. Die Norm IEC 61280-4-1 definiert eine Methode zur Charakterisierung der Einkopplungsbedingungen von Multimode-Testquellen. Dieses Konzept wird als Encircled Flux (EF) bezeichnet und spezifiziert das bei einem bestimmten Kernradius eingekoppelte Leistungsverhältnis. Ein wichtiger Aspekt der Encircled-Flux-Einkopplung besteht darin, dass diese Leistung am Ausgang der Testleitung und nicht am Ausgang der Quelle gemessen wird. Die TIA hat ein Telecommunications Systems Bulletin (TSB-4979) veröffentlicht, das zwei Methoden beschreibt, mit denen sichergestellt werden kann, dass die Lichtquellen die EF-Einkoppelbedingungen erfüllen.

Bei Methode 1 wird ein universeller Controller verwendet, der an älteren optischen Quellen mit unbekanntem Einkoppelbedingungen zum Einsatz kommen kann. Diese externen Controller gibt es bereits seit längerem auf dem Markt. Sie bestehen aus einer „Black Box“ mit festen Eingangs- und Ausgangsleitungen. Die Eingangsleitungen werden direkt an die ältere optische Quelle oder an eine Vorlaufaser angeschlossen. Das Ende der Ausgangsleitung stellt eine EF-kompatible Einkopplung zur Verfügung.

Bei Methode 2 kommt ein abgestimmter Controller zur Anwendung. Hierfür werden spezifische optische Quellen auf spezielle Vorlaufasern abgestimmt. Im Unterschied zu den Seriennummern werden die Quellen und ihre Vorlaufasern nach ihrer Modellnummer unterschieden. Die Hersteller von Prüf- und Messtechnik produzieren abgestimmte Controller, indem sie die Einkopplungsbedingungen der Quelle und der Vorlaufaser während der Produktion genau kontrollieren. Heute haben führende Anbieter von Testern bereits Lösungen mit abgestimmten Controllern mit EF-konformer Einkopplung in ihrem Produktportfolio.

Ein universeller Controller erlaubt, vorhandene optische Quellen zu nutzen. Obgleich die Abmessungen immer kleiner geworden sind, können sich diese externen Controller als unhandlich erweisen. Und wenn der Steckverbinder an der Ausgangsleitung abgenutzt ist, muss der Controller an den Hersteller zurückgesandt werden, um den Steckverbinder auszutauschen.

3. Nutzung von Testreferenzleitungen

Die Verbindungsstelle zwischen den Testleitungen und dem zu testenden System ist eine der häufigsten Ursachen für Unsicherheiten und Schwankungen bei Dämpfungsmessungen. Testreferenzleitungen (Test Reference Cord, TRC) verkleinern diese Schwankungsbreite wesentlich und erhöhen die Wahrscheinlichkeit konsistenter und wiederholbarer Dämpfungsmessungen. Dabei sind TRCs nicht irgendwelche Glasfaserleitungen, sondern werden nach anderen Spezifikationen mit viel engeren Toleranzen produziert. Insbesondere verwenden sie leistungsstarke Steckverbinder, die optimale geometrische und optische Eigenschaften aufweisen. Wenn also zwei Referenz-Steckverbinder miteinander verbunden werden, sollte fast keine zusätzliche Dämpfung auftreten. Die unten stehende Tabelle gibt einen Überblick über die zu erwartenden Dämpfungswerte bei Referenz-Steckverbindern. Ebenfalls aufgeführt sind die Dämpfungen, die erwartet werden können, wenn ein Referenz-Steckverbinder mit einem Standardverbinder verbunden wird.

Tabelle 1: Zulässige Dämpfungswerte beim Stecken von Testreferenzleitungen (TRC)*

Anschluss 1	Anschluss 2	Geforderte Dämpfung
SM-Referenzleitung	SM-Referenzleitung	≤ 0,2 dB
SM-Referenzleitung	SM-Standardleitung	≤ 0,5 dB
MM-Referenzleitung	MM-Referenzleitung	≤ 0,1 dB
MM-Referenzleitung	MM-Standardleitung	≤ 0,5 dB

* Dämpfung von Referenzleitungen verglichen mit Standardleitungen gemäß TIA-568.3-E.

Diese zu erwartenden Dämpfungswerte in der obigen Tabelle weichen erheblich von den üblichen maximalen Dämpfungswerten von 0,75 dB ab, die bei Standard-Steckverbindern zu erwarten sind. Durch die deutliche Verringerung der maximalen Dämpfungswerte verkleinert sich auch die Schwankungsbreite der Dämpfungsmessungen, die durch den Anschluss der Testleitungen an das System bedingt ist. Und da zudem jeweils eine Sende- und Empfangsleitung mit dem zu testenden System verbunden wird, kommt es praktisch zu einer Verdoppelung der Auswirkungen.

Bei den Testreferenzleitungen darf jedoch nicht vergessen werden, diese vor dem Testen sowie in regelmäßigen Abständen während der Testausführung zu prüfen, um sicherzustellen, dass sie weiterhin die Dämpfungsanforderungen erfüllen. TRCs sind Verbrauchsmaterialien, die mit der Zeit verschleifen. Optische Steckverbinder sind für 500 Steckzyklen vorgesehen. Das gleiche gilt für TRCs. Bei richtiger Pflege und ordnungsgemäßem Umgang halten sie jedoch viel länger. Dafür ist es unter anderem erforderlich, die optischen Steckverbinder vor jedem Steckzyklus auf Verunreinigung und Beschädigung zu prüfen. Die korrekte Überprüfung der Testreferenzleitungen ist ein wichtiger Schritt zur Vorbereitung der Testdurchführung. Zum Glück ist das gar nicht so schwer. Nach Einstellen eines Referenzwertes müssen die TRCs der Sende- und Empfangsrichtung nur über einen qualitativ hochwertigen Adapter miteinander verbunden und die Dämpfung gemessen werden. Das Ergebnis sollte bei Singlemode-Fasern $\leq 0,2$ dB und bei Multimode-Fasern $\leq 0,1$ dB betragen, vorausgesetzt, die korrekte Referenzmethode kommt zum Einsatz.

4. Einstellen und Ausführen von Referenzmessungen

Techniker, die mit Kupfersystemen arbeiten, sind mit den Begriffen „Link“ und „Channel“ vertraut. Diese Unterscheidung gibt es jedoch auch bei Glasfasersystemen. Ein Link verläuft zwischen zwei optischen Patchfeldern und kann auch Steckverbindungen und Spleiße, z. B. einen Zwischenverteiler, umfassen. Kommen dann noch die Anschlussleitungen der Geräte an beiden Enden hinzu, erhält man den Channel. Bei der Installation von Netzwerken in Unternehmen oder Rechenzentren wird für gewöhnlich nur der Link getestet. Channel werden eher selten überprüft. Es ist wichtig, diesen Unterschied zu kennen, da die von den einzelnen Normen spezifizierten Referenzmethoden davon abhängen, ob ein Link oder ein Channel zu testen ist.

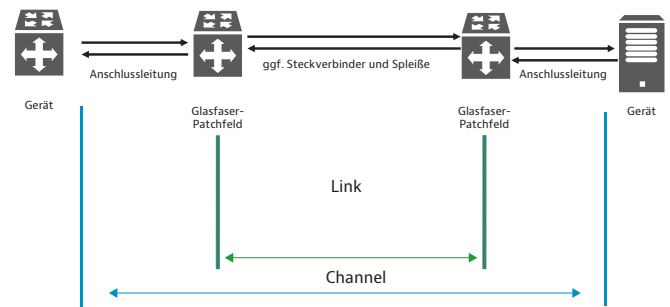


Abbildung 2: Links und Channels

Die Normen definieren drei Referenzmethoden zur Durchführung von Tests:

- 1-Jumper-Referenzmethode
- 2-Jumper-Referenzmethode
- 3-Jumper-Referenzmethode

Die 1-Jumper-Referenzmethode wird für Links und die 3-Jumper-Methode für Channel empfohlen. Die 2-Jumper-Referenzmethode sollte beim Testen von Systemen verwendet werden, bei denen sich an einem Ende die Anschlussleitung eines Gerätes und am anderen Ende ein Patchfeld befindet. Die einzelnen Referenzmethoden unterscheiden sich vor allem darin, welche Dämpfungen bei der Verbindung der Testleitungen mit dem zu testenden System in der Dämpfungsmessung berücksichtigt werden. Die Dämpfungsergebnisse der 1-Jumper-Referenzmethode beinhalten beide Steckverbinder zum Anschluss des zu testenden Systems. Bei den Ergebnissen der 3-Jumper-Referenzmethode sind die Dämpfungen beider Testleitungen, die an das zu testende System angeschlossen sind, nicht enthalten. Bei der 2-Jumper-Referenzmethode wird nur die Dämpfung einer einzigen Verbindung berücksichtigt. Von diesen drei Methoden ist die 1-Jumper-Referenzmethode am zuverlässigsten, wenn man auf wiederholbare Dämpfungsmessungen Wert legt.

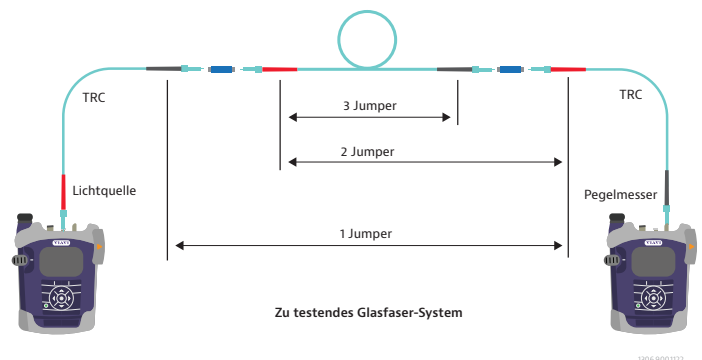


Abbildung 3: In Abhängigkeit von der Referenzmethode berücksichtigte Dämpfungen

An modernen Dämpfungsmessplätzen (OLTS) kann die Referenzmethode eingestellt werden. Um präzise und wiederholbare Ergebnisse zu erhalten, muss die tatsächlich verwendete Referenzmessung mit der am Tester eingestellten Methode übereinstimmen. Mit anderen Worten: Wenn der OLTS auf die 1-Jumper-Referenzmethode eingestellt ist, tatsächlich aber eine Referenzmessung mit zwei Jumpfern durchgeführt wird, sind die Ergebnisse weder exakt noch wiederholbar. Viele OLTS zeigen eine Abbildung an, die die zu verwendenden Referenzverbindungen erläutert.

Die 1-Jumper-Referenzmethode wird so genannt, weil eben nur ein Jumper (TRC) zwischen Lichtquelle und Pegelmesser angeschlossen wird. Da ein OLTS an beiden Enden eine Lichtquelle und einen Pegelmesser besitzt, müssen die Geräte über zwei Jumperkabel miteinander verbunden werden. Die beiden Lichtquellen werden also ohne weitere Adapter direkt an den jeweiligen Pegelmesser angeschlossen.

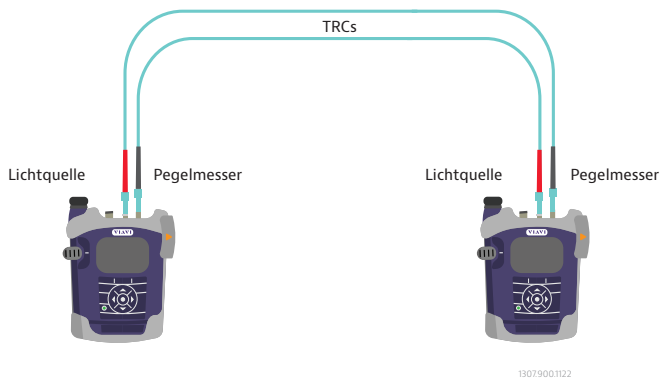


Abbildung 4: Verbindungen bei der 1-Jumper-Referenzmethode

Der Steckverbinder des Jumpers, der mit dem Pegelmesser verbunden ist, wird an das zu testende System angeschlossen. Daher muss dieser Steckverbinder vom Typ dem Steckverbindertyp der zu testenden Übertragungsstrecke (Link), beispielsweise LC, entsprechen. Das bedeutet, dass der Steckverbinder des Pegelmessers mit den Steckverbindern an der zu testenden Übertragungsstrecke identisch sein muss. Aus diesem Grund besitzen die meisten OLTS am Pegelmesser auswechselbare Adapter, so dass der Techniker die Steckverbinder bei Bedarf tauschen kann.

Wenn die Verbindungen wie oben gezeigt hergestellt sind, wird die Referenz eingestellt, so dass jeder Pegelmesser auf 0 dB gesetzt wird. Als nächstes werden die Jumper (TRCs) nur auf der Seite der Pegelmesser gezogen. Der Jumper darf nicht von der Lichtquelle getrennt werden, da ansonsten die Referenzmessung wiederholt werden muss. Da der Anschluss am Pegelmesser über eine Freiraum-Schnittstelle erfolgt, hat es keine Auswirkungen, wenn der Jumper vom Pegelmesser abgenommen wird.

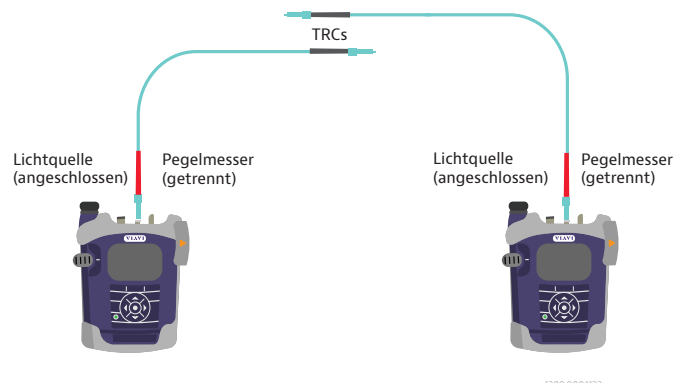


Abbildung 5: Die Jumper wurden von den Pegelmessern gezogen

Dann werden die beiden noch benötigten TRCs an die Pegelmesser angeschlossen, so dass nun vier TRCs mit der zu testenden Duplex-Strecke verbunden werden müssen. Jetzt bleibt nur noch ein wichtiger Schritt.

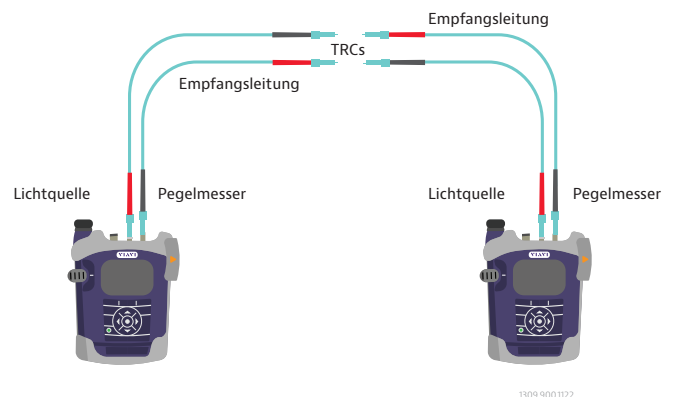


Abbildung 6: Zwei TRCs auf der Empfangsseite ergänzt

Vor dem Test müssen die TRCs überprüft werden. Hierzu werden sie über einen qualitativ hochwertigen Adapter miteinander verbunden und getestet. Als erstes sind die Faserendflächen zu überprüfen. Wie in Tabelle 1 ersichtlich, beträgt die maximale Dämpfung für Singlemode-Fasern $\leq 0,2$ dB und für Multimode-Fasern $\leq 0,1$ dB. Es wird empfohlen, diese Referenzprüfung als Nachweis für eine korrekte Referenz mit den TRCs aufzubewahren.

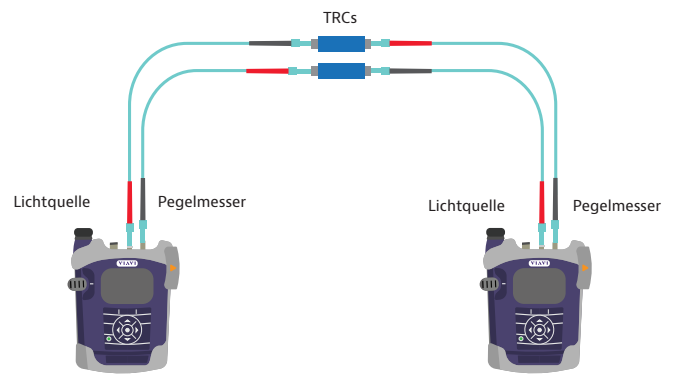


Abbildung 7: Überprüfung der TRCs

Nachdem die Referenzen gesetzt und überprüft wurden, kann (fast) zum Test übergegangen werden. In einem letzten Schritt müssen lediglich noch die Gut/Schlecht-Grenzwerte festgelegt werden. Hierbei kann sich der Techniker beispielsweise an den Vorgaben von Normen, wie der ISO/IEC oder der TIA, orientieren. Aber auch anwendungsbasierte Grenzwerte, wie für 10GBASE-SX, sind möglich. Oder es wird ein einfacher dB-Grenzwert ausgewählt. Für welchen Grenzwert man sich entscheidet, hängt von vielen Faktoren, unter anderem vom aktuellen Netzwerk-Lebenszyklus, ab. So ist in der Installationsphase vielleicht noch nicht bekannt, welche Anwendung später einmal über das System übertragen werden soll. Daher werden häufig die generischen TIA-Grenzwerte verwendet. Nur wenn die richtigen Grenzwerte ausgewählt werden, ist eine korrekte Gut/Schlecht-Auswertung möglich. Die Beachtung der in diesem Artikel beschriebenen Schritte trägt dazu bei, exakte und wiederholbare Dämpfungsmessungen zu gewährleisten.