



# REFERENZHANDBUCH GLASFASER-VERKABELUNG

---

Technik E-Book-Serie – Nr. 2 von 4

- Messtheorie – Leistung von Glasfaserkabeln

**FLUKE**  
*networks*<sup>®</sup>  
• • • • •

# Inhaltsverzeichnis

---

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Messtheorie – Leistung von Glasfaserkabeln .....</b>                        | <b>3</b>  |
| Industriestandards für die Übertragungsleistung .....                          | 3         |
| Standards für Netzwerk-Applikationen.....                                      | 6         |
| <b>In Kürze verfügbar .....</b>  | <b>11</b> |
| <b>Lösungen von Fluke Networks für Glasfaser-Messung und -Fehlersuche.....</b> | <b>12</b> |
| <b>Online-Ressourcen .....</b>   | <b>13</b> |

# Messtheorie – Leistung von Glasfaserkabeln

Zertifizierung ist die umfassendste Form der Feldmessung. Wie bereits erwähnt, stellt das Prüfverfahren zur Zertifizierung sicher, dass die installierte Verkabelung den in den Industriestandards definierten Übertragungsstandards entspricht, wie z. B. den geltenden Normen von ISO/IEC (International Organization for Standard/International Electrotechnical Commission) und TIA.

## Industriestandards für die Übertragungsleistung

Es sollten zwei Gruppen von Normen in Betracht gezogen werden, um eine vollständige Spezifikation zu erhalten und sicherzustellen, dass die installierte Verkabelung die Anforderungen für die beabsichtigten Netzwerk-Applikationen erfüllt. Das Ziel der Zertifizierungsprüfung besteht darin, Gewissheit zu erlangen, dass das Verkabelungs-System nicht die Ursache von Netzwerkstörungen ist, sogar vor der Installation der Netzwerkgeräte. Die beiden Gruppen von Normen erkennen die Anforderungen der anderen jeweils an, bieten aber keine perfekte Schnittmenge.

### Allgemeine Installationsstandards

Die allgemeinen Standards beziehen sich auf allgemeine Installationsregeln und Leistungsspezifikationen. Die geltenden Normen sind ISO 11801-1:2017(en) und ISO/IEC 14763-3 Edition 2.0, „Information Technology – Implementation and operation of customer premises cabling – Part 3: Testing of optical fibre cabling“, (Informationstechnologie – Implementierung und Betrieb von Kabeln am Kundenstandort – Teil 3: Prüfung von Glasfaserkabeln) und ANSI/TIA 568.3-D, „Optical Fiber Cabling and Component Standard“ (Norm für Glasfaserkabel und -komponenten). Letztere enthält Leistungs- und Übertragungsanforderungen für Glasfaserkabel, Steckverbinder, Verbindungshardware und Patchkabel. Methoden zur Anpassung,

um die Glasfaser-Polarität beizubehalten und die Verbindung zwischen Sender und Empfänger bei Verwendung von Simplex-, Duplex- und Array-Konnektivität sicher zu stellen, sind ebenfalls beschrieben.

Diese Normen beziehen sich auf Spezifikationen bei der Feldmessung für die Übertragungsleistung nach der Installation, die von den Kabeleigenschaften, der Länge, der Verbindungshardware, den Anschluss- und Cross-Connect Kabeln, der Gesamtanzahl der Verbindungen sowie der Sorgfalt bei der Installation und Wartung abhängt. Beispielsweise haben starke Kabel-Biegungen, schlecht installierte Stecker und ein sehr häufig auftretendes Problem, nämlich Staub, Schmutz und andere Verunreinigungen auf den Endflächen der Fasern, negative Auswirkungen auf die Dämpfung der Verbindung.

Die Installationsstandards geben als minimale Übertragungsleistung an, dass die gemessene Link-Dämpfung unter dem zulässigen Höchstwert (Dämpfungsgrenzwerte) liegt, der auf der Anzahl der Verbindungen und Spleiße und der Gesamtlänge des Glasfaser basiert. Diese Zertifizierung muss mit einem präzisen Messgerät für optische Dämpfung (Optical Loss Test Set, OLTS) oder einer Lichtquelle und einem Leistungsmesser (Light Source & Power Meter, LSPM) durchgeführt werden. Diese Messgeräte sowie das optische Reflexionsmessgerät (Optical Time Domain Reflectometer, OTDR) werden später genauer beschrieben. Ein OTDR bietet einen guten Hinweis auf die gesamte Link-Dämpfung, ist jedoch für die Zertifizierung der Link-Dämpfung nicht ausreichend genau. Für die Zertifizierung müssen die Messergebnisse dokumentiert werden. Diese Dokumentation enthält Informationen, die belegen, dass das Kabelsystem Abnahmefähig ist oder bestimmte Netzwerk-Technologien unterstützt werden.

### **Berechnung der Dämpfung bei einer Glasfaser Verbindung:**

Zulässige Dämpfung im Glasfaser-Link (dB) = zulässige Dämpfung im Kabel (dB) + zulässige Einfügung-Dämpfung der Steckverbinder (dB) + zulässige Einfügung-Dämpfung der Spleiße (dB)

Wobei:

zulässige Kabeldämpfung (dB) = maximaler Koeffizient für die Kabeldämpfung (dB/km) × Länge (km)

zulässige Einfügung-Dämpfung der Steckverbinder (dB) = Anzahl der Steckverbinderpaare × zulässige Steckverbinder-Dämpfung (dB)

zulässige Einfügung-Dämpfung der Spleiße (dB) = Anzahl der Spleiße × zulässige Spleißdämpfung (dB)

In **Tabelle 1 (siehe eBook #1 dieser Serie)** ist der Koeffizient für die Kabeldämpfung nach Kabeltyp aufgeführt; dieser Koeffizient beträgt 3,5 dB/km bei 850nm für alle Multimode-Glasfasertypen, die für Verkabelungssysteme in Gebäuden empfohlen werden. Singlemode-Glasfaser für den Innenbereich hat einen Dämpfungskoeffizienten von 1 dB/km oder weniger, Singlemode-Faser für den Außenbereich einen Koeffizienten von 0,5 dB/km oder weniger. Die Normen geben außerdem die maximal zulässige Steckverbinder-Dämpfung als 0,75 dB und die maximal zulässige Spleißdämpfung als 0,3 dB an. Gut ausgeführte Kabelinstallationen sollten im allgemeinen Verbindungen bieten, die eine deutlich geringere Steckverbinder-Dämpfung aufweisen. Die gleiche Aussage gilt für die Spleißdämpfung. Beachten Sie, dass die Länge der Glasfaserverbindung bekannt sein oder vom Messgerät gemessen werden muss, damit der Grenzwert für die Dämpfung bestimmt werden kann.

**Tabelle 2** zeigt ein Beispiel für die Berechnung der Dämpfungsgrenzwerte. Die Berechnung wird für ein 300 Meter langes OM3-Glasfaser-Segment mit nur zwei Steckverbindern und ohne Spleiße durchgeführt, die mit einer 850 nm-Lichtquelle verwendet werden.

|  | Max. Dämpfung pro Längeneinheit oder pro Einheit | Länge/Anzahl     | Berechnete Dämpfung (dB) |
|--|--|------------------|--------------------------|
| Max. Faserdämpfung                     | 3,5 dB/km  | 0,3 km           | 1,05                     |
| Max. Dämpfung in Steckverbindern       | 0,75 dB  | 2 Steckverbinder | 1,5                      |
| Max. Dämpfung für Spleiße              | 0,3 dB   | 0 Spleiße        | 0,0                      |
| Dämpfungsgrenzwerte für Steckverbinder |  |                  | 2,55                     |

Tabelle 2: Berechnung des Dämpfungsgrenzwerts für einen 300 Meter langen Multimode-Link mit 850 nm-Lichtquelle.



## Wellenlänge und Richtungsanforderungen:

1. Horizontale Verkabelung oder Cabling Subsystem 1 Link Segments (TIA-568.3-D) müssen mit einer Wellenlänge und in einer Richtung getestet werden, entweder 850 nm oder 1300 nm für Multimode und entweder 1310 nm oder 1550 nm für Singlemode.
2. Die Backbone-/Stockwerk-Verkabelung (Cabling Subsystem 2 and Cabling Subsystem 3 Link Segments) muss in mindestens einer Richtung bei beiden Wellenlängen für die Applikation geprüft werden, um Dämpfungsunterschiede im Zusammenhang mit der Wellenlänge zu berücksichtigen. Multimode-Link-Segmente müssen bei 850 nm und 1300 nm getestet werden; Singlemode-Link-Segmente müssen bei 1310 nm und 1550 nm getestet werden. Links, die verpolungssichere Steckverbinder zur Implementierung der Faserpolarität verwenden, können nur in der Richtung geprüft werden, die durch die Codierung der Steckverbinder angegeben wird.

## Standards für Netzwerk-Applikationen

Für die Zertifizierung müssen auch Standards für Netzwerk-Applikationen wie die Norm IEEE 802.3 für Ethernet oder die ANSI-FC-Norm für Fiber Channel (FC) berücksichtigt werden. Applikationen mit hohem Daten-Durchsatz (Gbit/s-Bereich und höher) erfordern strengere Grenzwerte für Kanal-Länge und -Dämpfung, die von Typ und Einstufung der Glasfaser und von den in den Netzwerkgeräten verwendeten Lichtquellen abhängig sind. Tabelle 3 zeigt die maximal unterstützte Entfernung und die maximal zulässige Kanal-Dämpfung für eine Reihe von gängigen Netzwerk-Applikationen und für die verschiedenen Glasfasertypen, die weiter oben in Tabelle 1 beschrieben wurden. Die maximale Kanal-Länge (maximal unterstützte Entfernung) ist eine Ersatzspezifikation für die Dispersion. Solange die Kanal-Länge nicht das in der Norm angegebene Maximum überschreitet, führt die Dispersion zu keiner Unterbrechung der Kommunikation.

Die Feld-Zertifizierung muss sicherstellen, dass die Länge des Glasfaser-Kanals nicht den maximal unterstützten Abstand (Längen-Grenzwert) überschreitet. Die oben beschriebenen Installationsnormen erfordern die Messung der Kabellänge, damit die „maximal zulässige Dämpfung im Glasfaser-Link“ berechnet werden kann, die Installationsstandards legen eine generische maximale Länge fest, die weit über der für die Applikation angegebenen Länge liegen kann. Das bedeutet, dass eine Messung nach ANSI/TIA-568.3-D möglicherweise nicht garantiert, dass Ihre Glasfaser-Applikation funktioniert. ANSI/TIA-568.3-D zertifiziert nur, dass die Installation korrekt ausgeführt wurde. ANSI/TIA-568.0-D, Abschnitt 1, weist den Benutzer darauf hin, Anwendungsstandards zu konsultieren. In Abschnitt 5.10.1 heißt es: „Die Kabellängen hängen von der Anwendung und den ausgewählten Medien ab (siehe Anhang C). Die Länge umfasst die für die Cross-Connections, Verbindungen und Anschlüsse am Gerät verwendeten Kabel und Jumper.

In **Tabelle 3 und 4** wird dokumentiert, dass die Länge begrenzt ist und bei Applikationen mit höheren Datenraten abnimmt, abhängig von der Bandbreiten-Einstufung der einzelnen Glasfaser-Typen (eine Funktion der Moden-Dispersion der Glasfaser).

| Applikations-       | Wellenlänge | OS1       |               | OS2       |               |
|---------------------|-------------|-----------|---------------|-----------|---------------|
|                     |             | Entf. (m) | Dämpfung (dB) | Entf. (m) | Dämpfung (dB) |
| <b>10GBASE-L</b>    | 1310        | 10000     | 6.2           | 10000     | 6.2           |
| <b>40GBASE-LR4</b>  | 1310        | 10000     | 6.6           | 10000     | 6.6           |
| <b>100GBASE-LR4</b> | 1310        | 10000     | 6.3           | 10000     | 6.3           |

**Tabelle 3:** Maximale Kanal-Distanz und -Dämpfung für Singlemode-Glasfaser Applikationen nach Glasfaser-Typen.

| Applikations-   | Wellenlänge | OM1       |               | OM2       |               | OM3       |               | OM4       |               | OM5       |               |
|---|-------------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|
|   |             | Entf. (m) | Dämpfung (dB) | Entf. (m) | Dämpfung (dB) | Entf. (m) | Dämpfung (dB) | Entf. (m) | Dämpfung (dB) | Entf. (m) | Dämpfung (dB) |
| <b>1000BASE-SX</b>  | 850         | 275       | 2.6           | 550       | 3.6           | 800       | 4.5           | 880       | 4.8           | entfällt  | entfällt      |
| <b>10GBASE-S</b>  | 850         | 33        | 2.4           | 82        | 2.3           | 300       | 2.6           | 450       | 3.1           | 400       | 2.9           |
| <b>40GBASE-SR4</b>  | 850         | entfällt  | entfällt      | entfällt  | entfällt      | 100       | 1.9           | 125       | 1.9           | 150       | 1.5           |
| <b>100GBASE-SR4</b>   | 850         | entfällt  | entfällt      | entfällt  | entfällt      | 70        | 1.8           | 100       | 1.9           | 100       | 1.9           |
| <b>100GBASE-SR10</b>  | 850         | entfällt  | entfällt      | entfällt  | entfällt      | 100       | 1.9           | 125       | 1.9           | 150       | 1.5           |
| <b>10 G Fiber Channel<br/>1200-MX-SN-I<br/>(10.512 MBaud)</b> | 850         | 33        | 2.4           | 82        | 2.2           | 300       | 2.6           | 300       | 2.6           | entfällt  | entfällt      |
| <b>16 G Fiber Channel<br/>1600-MX-SN<br/>(10.512 MBaud)</b>   | 850         | entfällt  | entfällt      | 35        | 1.6           | 100       | 1.9           | 125       | 1.9           | entfällt  | entfällt      |

**Tabelle 4:** Maximale Kanal-Distanz und -Dämpfung für Multimode-Glasfaser Applikationen nach Glasfasertypen.

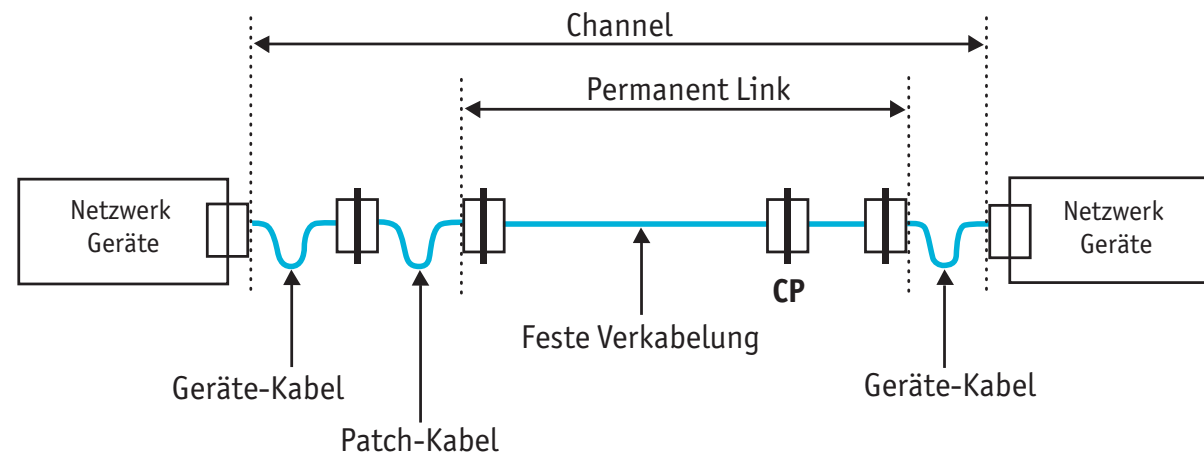


Abbildung 11: Der Kanal stellt die Verbindung zwischen Sender- und Empfängerende dar. Die feste Verkabelung – ein Untersegment des Kanals (Cannel) – wird als „Permanent Link“ bezeichnet. Die Abbildung zeigt ein generisches horizontales Link-Modell, das optionale Verbindungen wie den CP (Consolidation Point, Konsolidierungspunkt) enthält.



Der Kanal (Channel) ist der gesamte Glasfaser-Link einschließlich aller Patch-Kabel (auch Gerätekabel genannt), die die aktiven Geräte verbinden. **Abbildung 11** zeigt den Unterschied zwischen Kanal und Permanent Link. Der Permanent Link beschreibt den Link, der als permanenter Teil der Infrastruktur des Gebäudes oder des Rechenzentrums gilt. Netzwerkgeräte werden mit Patchkabeln an den Permanent Link angeschlossen. Dabei ist wichtig, dass Kabel mit demselben Glasfasertyp wie die Glasfaserkabel im Permanent Link gewählt werden.

Oftmals besteht ein Glasfaser-Link aus mehreren Segmenten oder Abschnitten, und die Netzwerkgeräte sind oft noch nicht installiert, wenn die Kabel-Installation zertifiziert werden soll. Es reicht nicht aus, jedes Segment anhand der Installationsstandards zu messen. Um sicherzustellen, dass das installierte Verkabelungssystem die beabsichtigte Netzwerk-Applikation unterstützt, müssen die installierten Kanäle (End-to-End-Glasfaser-Verbindung) die Längen- und Dämpfungs-Anforderungen erfüllen, die in den Applikations-Spezifikationen in **Tabelle 3 und 4** definiert sind.

Es stehen Ihnen zwei Methoden zur Auswahl, wenn Sie sicherstellen müssen, dass der installierte Kanal die Anforderungen an die Applikation erfüllt, bevor Sie den Netzwerkdienst freigeben:

1. Sie berechnen die Kanal-Dämpfung, indem Sie die Daten für jedes Link-Segment im Kanal addieren und den erwarteten Beitrag der Patchkabel an der Dämpfung dazu addieren. ISO/IEC 14763-3 Ed2: 2014 macht explizite Angaben über die Dämpfung einer TRC-Verbindung in einem Link (0,5 dB für Multimode-Faser sowie 0,75 dB für Singlemode-Glasfaser) im Vergleich zur maximalen Dämpfung von Verbindungen mit kommerziellen Patchkabeln (0,75 dB für Multimode- und Singlemode-Fasern).
2. Messen Sie die Kanal-Dämpfung wie in **Abbildung 12** gezeigt. Die End-Verbindungen des Kanals – Verbindungen zu den Netzwerkgeräten – bestehen jetzt aus TRCs, deren Dämpfung vernachlässigt werden kann. Diese Methode sollte verwendet werden, wenn die gesamte Glasfaser-Strecke getestet wird und nicht nur bestimmte Segmente. Darüber hinaus muss der Messaufbau die endgültigen Patchkabel sowie die TRCs umfassen. Beachten Sie, dass die Genauigkeit der Messungen stark davon abhängt, dass die Einstellung für die Glasfaser-Referenz korrekt ist.

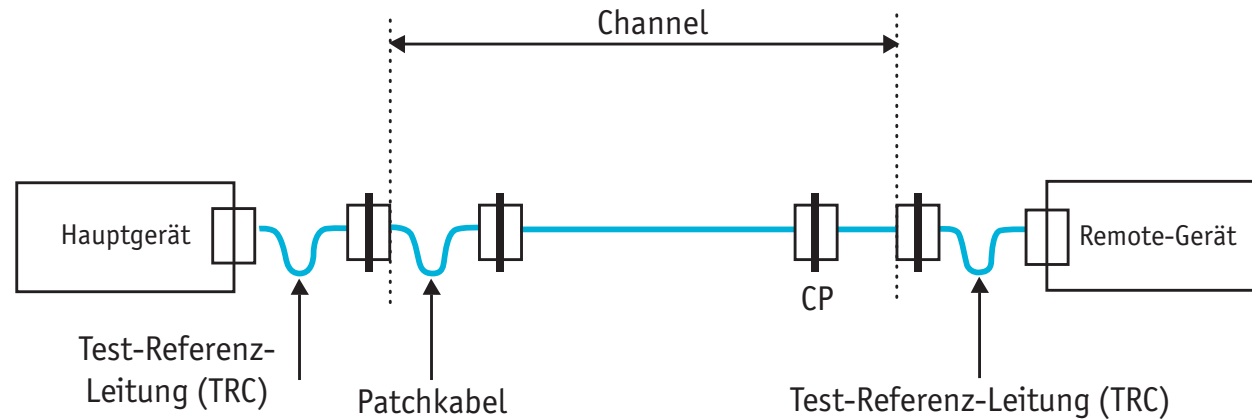


Abbildung 12: Die End-Verbindungen in Abb. 12 sind nicht Teil der Kanal-Spezifikation. Wenn die Patchkabel für die Kanaldämpfungs- und Längenmessung durch Test-Referenz-Leitungen (Test Reference Cords, TRCs) ersetzt werden, wird der „Fehler“ in der Dämpfungsmessung durch die Längendifferenz zwischen einer TRC und der Summe der beiden Patchkabel, die zum Abschluss des Kanals verwendet werden, repräsentiert.

## Polarität des Glasfaser-Links

LAN-Installationen unterstützen die bidirektionale Kommunikation, indem sie in beiden Richtungen separate Glasfasern nutzen. Das Verkabelungssystem muss die richtige Signarpolarität gewährleisten, damit der Sender am einen Kanalende mit dem Empfänger am anderen Kanalende verbunden wird. In Glasfaser-Verkabelungssystemen kommen verschiedene Methoden zum Einsatz, um die korrekte Polarität zu gewährleisten. Die Richtlinien werden in Anhang B von TIA-568-C.0 beschrieben und illustriert. Es sollten Duplexverbindungstypen und Array-Steckverbindersysteme gewählt werden, die es ermöglichen, die Glasfaseranordnung relativ zu den Verpolungsfunktionen des Steckers zu halten.

# In Kürze verfügbar

---

Die folgenden E-Books werden in Kürze verfügbar:

## **Nr. 3: Zertifizierung für Glasfaserkabel**

Auswahl des Leistungsstandards

Zertifizierung – Handhabung und Geräteanforderungen

Maßeinheiten

Referenzeinstellung – Handhabung

Bedingungen für die Einkopplung

## **Nr. 4: Glasfaser-Zertifizierung mit einem OLTS in der Praxis**

## Lösungen von Fluke Networks für Glasfaser-Messung und -Fehlersuche

|  | Inspektion und Reinigung  |   |   |  | MPO-Prüfung   | Dämpfungs-/Längen-Messung<br>(Zertifizierung nach Tier 1)                           |   | Charakterisierung von Glasfaseranlagen und Fehlersuche<br>(Zertifizierung nach Tier 2) |   |   |   |
|--|---|---|---|--|---|---|---|--|---|---|---|
|  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |
|  | FI-500<br>FiberInspector™<br>Micro  | FI-7000<br>FiberInspector™<br>Pro   | FI-3000<br>FiberInspector™<br>Ultra   | Glasfaser-<br>Reinigungs-<br>Kits  | MultiFiber™<br>Pro MPO<br>Tester  | CertiFiber® Pro<br>Optical Loss<br>Test Set   | SimpliFiber® Pro<br>Power Tester und<br>Fiber Test Kits                             | VisiFault™<br>Visual<br>Fault Locator  | FIBER<br>QuickMap™  | OptiFiber®<br>Pro<br>OTDR   | OptiFiber® Pro<br>PON/FTTx<br>HDR OTDR  |
| Endflächen auf Verunreinigungen oder Beschädigungen prüfen                                       | ✓   | ✓   | ✓   |  |   |   | ✓   |  |   | ✓   | ✓   |
| Endflächen inspizieren   |   | ✓   | ✓   |  |   |   | ✓   |  |   | ✓   | ✓   |
| Port-Beleuchtung   | ✓   |   | ✓   |  |   |   |   |  |   |   |   |
| Automatisierter Fokus  | ✓   |   | ✓   |  |   |   |   |  |   |   |   |
| Verunreinigungen entfernen   |   |   |   | ✓  |   |   |   |  |   |   |   |
| Verbindung prüfen  |   |   |   |  | ✓   | ✓   | ✓   | ✓  |   | ✓   | ✓   |
| Polarität prüfen   |   |   |   |  | ✓   | ✓   | ✓   | ✓  |   |   |   |
| Dämpfung über den gesamten Link prüfen, um ein Überschreiten des Dämpfungsbudgets auszuschließen |   |   |   |  | ✓   | ✓   | ✓   |  |   |   |   |
| Dämpfungsmessung für Duplex-Glasfaser Verbindungen   |   |   |   |  |   | ✓   |   |  |   | ✓   | ✓   |
| Singlemode-Zertifizierung nach Tier 1  |   |   |   |  | ✓   | ✓   | ✓   |  |   |   |   |
| Multimode Encircled Flux-kompatible Zertifizierung nach Tier 1                                   |   |   |   |  | EF-kompatibel<br>am Geräte-<br>Adapter  | mit EF TRCs   | ✓   |  |   |   |   |
| Zeigt Fehlerstelle   |   |   |   |  |   |   |   | ✓  | ✓   | ✓   | ✓   |
| Zertifizierung nach Tier 2   |   |   |   |  |   |   |   |  |   | ✓   | ✓   |
| Pass-/Fail-Ergebnisse  |   | ✓   | ✓   |  |   | ✓   |   |  | ✓   | ✓   | ✓   |
| Messergebnisse dokumentieren   |   | ✓   | ✓   |  | ✓   | ✓   | ✓   |  |   | ✓   | ✓   |
| Unterstützte Glasfasern  | Multimode<br>Singlemode   | MPO,<br>Multimode<br>Singlemode   | MPO   | MPO,<br>Multimode<br>Singlemode  | MPO,<br>Multimode<br>Singlemode   | Multimode<br>Singlemode   | Multimode<br>Singlemode   | Multimode<br>Singlemode  | Multimode   | Multimode<br>Singlemode   | Singlemode<br>(1310, 1550,<br>1490 und 1625 nm)                                     |
| Lichtquelle  |   |   |   |  | LED, FP-Laser   | LED, FP-Laser   | LED, FP-Laser   | Laser  | Laser   | LED, FP-Laser   | Laser   |

Weitere gute technische Ressourcen

Laden Sie das „Fiber Test & Troubleshooting“ Ebook herunter:

[www.flukenetworks.com/request/fiber-test-troubleshooting-ebook](http://www.flukenetworks.com/request/fiber-test-troubleshooting-ebook)

Laden Sie das „Messungen der Symmetrie bei Twisted Pair“ Ebook herunter:

[www.flukenetworks.com/request/free-e-book-balance-measurements-handbook](http://www.flukenetworks.com/request/free-e-book-balance-measurements-handbook)

Wenn Sie mit einem Experten sprechen möchten, finden Sie Ihre lokalen Kontaktnummer unter:

[www.flukenetworks.com/contact](http://www.flukenetworks.com/contact)

### Online Training Videos

Diese Videos bieten Grundlagen Schulungen für die gesamte Versiv™ Cabling Certification System. Eine Serie mit Videos für jedes Produkt, beinhaltet folgende Themen:

- Unboxing – was wird mit dem Produkt geliefert und was wird damit gemacht
- Eine Messung konfigurieren
- Eine Messung durchführen
- Messergebnisse abspeichern und verwalten (mit LinkWare™ PC und LinkWare™ Live)

[www.youtube.com/FlukeNetworksVideo](http://www.youtube.com/FlukeNetworksVideo)

### Blog „Cabling Chronicles“

Finden Sie heraus, was es in der Welt der Messungen und Normen Neues gibt – mit Artikeln, die von den Experten von Fluke Networks verfasst wurden.

[www.flukenetworks.com/blog/cabling-chronicles](http://www.flukenetworks.com/blog/cabling-chronicles)

### Wissensdatenbank

Nutzen Sie Ihre Investition in Fluke Networks optimal – mit Tipps und Tricks sowie Produkt-Updates von unserem Support-Expertenteam.

[www.flukenetworks.com/knowledge-base](http://www.flukenetworks.com/knowledge-base)

P.O. Box 777, Everett, WA USA 98206-0777

Fluke Networks verfügt über Niederlassungen in mehr als 50 Ländern auf der ganzen Welt. Kontaktinformationen für eine Niederlassung in Ihrer Nähe finden Sie unter [www.flukenetworks.com/contact](http://www.flukenetworks.com/contact).

©2020 Fluke Corporation. Alle Rechte vorbehalten.  
11/2020 19086-RL