

Auswahl des richtigen optischen Reflektometers (OTDR)

Dieses Whitepaper enthält wichtige Informationen zu optischen Zeitbereich-Reflektometern (OTDR). Weiterhin erläutert es Neueinsteigern auf dem Glasfasermarkt für Telekommunikationsanwendungen die Kriterien zur Auswahl eines OTDRs, das ihren spezifischen Testanforderungen gerecht wird.

Was ist ein OTDR?

Ein OTDR ist ein Glasfasertester zur Charakterisierung von optischen Netzwerken, die Telekommunikationsanwendungen unterstützen. Die Aufgabe des OTDRs besteht darin, Netzelemente an beliebigen Positionen einer Glasfaserstrecke zu erkennen, zu lokalisieren und zu messen. Hierfür muss das OTDR nur an einem Ende der Strecke angeschlossen sein, da es wie ein eindimensionales Radarsystem funktioniert. Anhand der vom OTDR zur Verfügung gestellten Kurvensignaturen der überprüften Glasfaser ist es möglich, den gesamten optische Pfad in Form einer grafischen Kurve darzustellen.

Was misst ein OTDR?

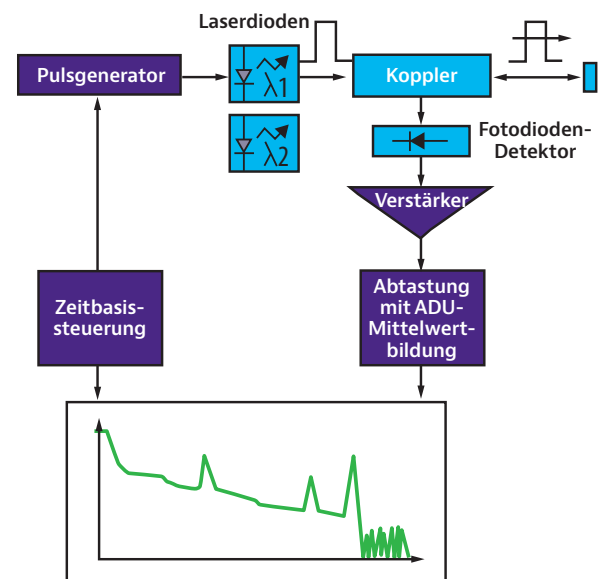
Ein OTDR speist Lichtimpulse in ein Faserende ein und analysiert die zurückgestreuten und reflektierten Lichtanteile. Auf diese Weise ermöglicht es die Messung:

der optischen Entfernung

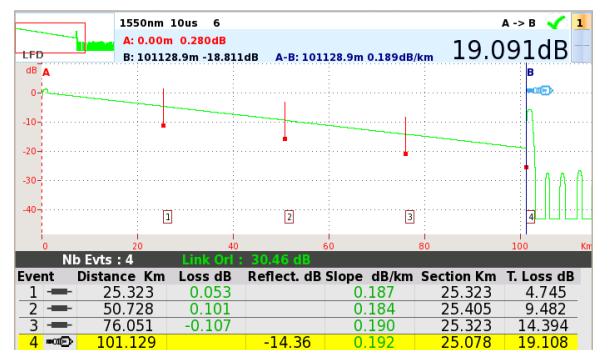
- zu Elementen wie Spleißen, Steckverbindern, Splitttern, Multiplexern.
- zu Fehlerstellen.
- zum Faserende.

der Dämpfung, optischen Rückflussdämpfung (ORL)/Reflexion.

- der Dämpfung von Spleißen und Steckverbindern.
- der ORL einer Strecke oder eines Streckenabschnitts.
- der Reflexion von Steckverbindern.
- der Gesamtdämpfung der Glasfaser.



Blockschaltbild eines OTDRs



Grafische Darstellung einer Glasfaserstrecke, auch als OTDR-Kurve bezeichnet

Wofür wird ein OTDR benötigt?

Glasfasern müssen getestet werden, um zu gewährleisten, dass das Netzwerk optimal eingerichtet wurde und die Dienste zuverlässig, stabil und störungsfrei übertragen kann.

Außeninstallationen

Anbieter von mobilen Telekommunikations-, Video- und Datendiensten sowie Netzbetreiber möchten sichergehen, dass ihre Investition in das Glasfasernetz geschützt ist. Alle Glasfaserkabel der Außenanlage des Netzwerks müssen mit einem OTDR überprüft werden, um nachzuweisen, dass die Installation ordnungsgemäß vorgenommen wurde. Der Installateur nimmt Messungen mit einem Dämpfungsmessplatz, das heißt mit einer optischen Quelle und einem Leistungspegelmessgerät, sowie mit einem OTDR vor, um eine präzise Kabeldokumentation zum Nachweis der fehlerfreien Arbeitsausführung zu erstellen. Später kommt das OTDR zur Fehlerdiagnose zum Einsatz, um beispielsweise Faserbrüche zu lokalisieren, die durch Erdarbeiten verursacht werden können.

Gebäude, LAN/WAN, Rechenzentren, Unternehmen

Viele Installationsfirmen und Netzinhaber bezweifeln, dass es notwendig ist, ihre Gebäudeverkabelung mit einem OTDR zu testen. Sie möchten ebenfalls wissen, ob das OTDR die traditionellen Dämpfungsmessungen mit Pegelmessgerät und optischer Quelle ersetzen kann. Glasfasernetze in Gebäuden haben ein knappes Dämpfungsbudget und weniger Spielraum für Fehler. Daher sollte der Installateur das Gesamtdämpfungsbudget mit einer optischen Quelle und einem Leistungspegelmessgerät messen. Diese Vorgehensweise entspricht der von der Norm TIA-568C geforderten „Tier-1-Zertifizierung“. Messungen mit einem OTDR (Tier-2-Zertifizierung) gehören zu den besten Vorgehensweisen, mit denen die Ursache für übermäßige Dämpfungen erkannt sowie nachgewiesen werden kann, dass die Werte für Spleiße und Steckverbinder innerhalb angemessener Toleranzen liegen. Sie stellen auch die einzige Möglichkeit dar, die genaue Position einer Fehlerstelle oder eines Faserbruchs zu ermitteln. Darüber hinaus helfen OTDR-Tests an einer Glasfaserstrecke, das System für spätere Überprüfungen zu dokumentieren.

Die wichtigsten OTDR-Parameter

Wellenlängen

Im Allgemeinen sollte die Glasfaser mit den gleichen Wellenlängen getestet werden, die auch für den Betrieb zum Einsatz kommen.

- 850 nm und/oder 1300 nm für Multimode-Fasern
- 1310 nm und/oder 1550 nm und/oder 1625 nm für Singlemode-Fasern
- Gefilterte 1625 nm oder 1650 nm für Betriebsmessungen (In-Service-Messungen) zur Fehlerdiagnose an Singlemode-Fasern
- CWDM-Wellenlängen von 1271 nm bis 1611 nm mit einem Kanalabstand von 20 nm zur Inbetriebnahme und Fehlerdiagnose an Singlemode-Fasern, die CWDM-Signale übertragen.
- 1490 nm für FTTH-Systeme. Häufig wird hierfür auch eine Wellenlänge von 1550 nm empfohlen, um den Investitionsaufwand möglichst gering zu halten.

Tests bei einer einzigen Wellenlänge erlauben nur, die Fehlerstelle zu lokalisieren. Für die Installation und Fehlerdiagnose werden Tests mit zwei Wellenlängen empfohlen, da so auch Faserbiegungen erkannt werden können.

Dynamikbereich

Der Dynamikbereich ist ein wichtiger Parameter, da er festlegt, wie weit ein OTDR messen kann. Der von den OTDR-Herstellern genannte Dynamikbereich bezieht sich auf die größte Pulsbreite und wird in Dezibel (dB) angegeben. Der gelegentlich angegebene Entfernung- oder Anzeigebereich ist irreführend, da er für die maximale Entfernung steht, die ein OTDR anzeigen kann. Über den tatsächlichen Messbereich sagt dieser Wert wenig aus.

Wellenlänge	1310 nm	1550 nm	1310 nm	1550 nm	1310 nm	1550 nm	1310 nm	1550 nm
Dynamikbereich	35 dB	35 dB	40 dB	40 dB	45 dB	45 dB	50 dB	50 dB
Typischer maximaler OTDR-Messbereich	80 km	125 km	95 km	150 km	110 km	180 km	125 km	220 km

Der tatsächliche OTDR-Messbereich ist von der verwendeten Glasfaser und der Ereignisdämpfung im Netzwerk abhängig.

Totzonen

Die Totzonen sind wichtige Parameter, da sie bestimmen, ob ein OTDR zwei dicht aufeinanderfolgende Ereignisse auf der Glasfaserstrecke erkennen und messen kann. Die Totzonen werden von den OTDR-Herstellern bei der kleinsten Pulsbreite angegeben und in Meter (m) ausgedrückt.

- Die Ereignistotzone (EDZ) definiert den Mindestabstand, bei dem das OTDR noch zwei aufeinander folgende reflektive Ereignisse, wie zwei Steckverbinder, unterscheiden kann.
- Die Dämpfungstotzone (ADZ) ist der Mindestabstand nach einem reflektiven Ereignis, beispielsweise einem Steckverbinder, in dem ein nicht reflektives Ereignis, wie ein Spleiß, noch gemessen werden kann.

Pulsbreite

Der Dynamikbereich und die Totzone verhalten sich direkt proportional zueinander. Da zum Testen von langen Fasern ein größerer Dynamikbereich benötigt wird, ist auch ein breiter Lichtimpuls erforderlich. Je größer der Dynamikbereich, desto größer die Pulsbreite und die Totzone, d. h. dicht aufeinander folgende Ereignisse werden vom OTDR nicht mehr erkannt. Für kurze Faserstrecken sollten auch geringe Pulsbreiten verwendet werden, um kurze Totzonen zu gewährleisten. Die Pulsbreiten werden in Nanosekunden (ns) oder Mikrosekunden (μ s) angegeben.

Auf die Anwendung kommt es an

Auf dem Markt wird eine Vielzahl unterschiedlicher OTDR-Modelle angeboten, die auf jeweils unterschiedliche Test- und Messanforderungen zugeschnitten sind. Damit der Käufer sich für das Modell entscheiden kann, das seinen Anforderungen am besten gerecht wird, sollte er die wichtigsten Parameter eines OTDRs sowie seiner Anwendung kennen. Vor der Auswahl eines OTDRs sollte er sich daher diese Fragen stellen:

- Welche Art von Netzwerk soll getestet werden? LAN-, FTTH-/PON-, Metro- oder Langstreckennetze?
- Welcher Typ von Glasfasern soll getestet werden? Multimode oder Singlemode?
- Welche maximalen Entfernungen sollen getestet werden? 700 m, 25 km, 150 km?
- Welche Messungen müssen ausgeführt werden? Installation (Abnahmemessungen), Fehlerdiagnose, Betriebsmessungen?

Empfohlene OTDRs in Abhängigkeit von der Anwendung

Gebäude, LAN/WAN, Rechenzentren, Unternehmen

Fasertyp	Multimode	Singlemode	Singlemode und Multimode
Wellenlängen	850/1300 nm	1310/1550 nm	850/1300/1310/1550 nm
Anforderungen	Möglichst kurze Totzonen zur Lokalisierung und Charakterisierung von dicht aufeinanderfolgenden Ereignissen.		

FTTA, DAS und Cloud-RAN

Fasertyp	Multimode	Singlemode	Singlemode und Multimode
Wellenlängen	850/1300 nm	1310/1550 nm	850/1300/1310/1550 nm
Anforderungen	Möglichst kurze Totzonen zur Lokalisierung und Charakterisierung von dicht aufeinanderfolgenden Ereignissen.		

Punkt-zu-Punkt-Zugang/Backhaul

Fasertyp	Singlemode
Wellenlängen	1310/1550 nm
Anforderungen	Dynamikbereich von ≤ 35 dB bei 1550 nm Möglichst kurze Totzonen zur Lokalisierung und Charakterisierung von dicht aufeinanderfolgenden Ereignissen.

Punkt-zu-Mehrpunkt-Zugang/FTTH/PON

Testtyp	Installation: vor und hinter Splitter	Installation: mit einem Splitter oder einer Splitterkaskade	In-Service-Fehlerdiagnose
Wellenlängen	1310/1550 nm	1310/1550 nm	Gefiltert 1625 nm oder 1650 nm
Anforderungen	Dynamikbereich von ≤ 35 dB bei 1550 nm	Dynamikbereich von ≥ 35 dB bei 1550 nm für Tests durch 1:32-Splitter Dynamikbereich von ≥ 40 dB bei 1550 nm zum Testen von Fasern mit 1:64-Splittern	Dynamikbereich nicht relevant
	Möglichst kurze Totzonen zur Lokalisierung und Charakterisierung von dicht aufeinanderfolgenden Ereignissen.	Möglichst kurze PON/Splitter-Totzonen + automatische Messung bei mehreren Pulsbreiten	Möglichst kurze Totzonen zur Lokalisierung und Charakterisierung von dicht aufeinanderfolgenden Ereignissen + automatische Messung bei mehreren Pulsbreiten.

CWDM und DWDM

Testtyp	Installation, Wellenlängen-Einrichtung oder Fehlerdiagnose
CWDM-Wellenlängen	Von 1271 nm bis 1611 nm mit 20 nm Kanalabstand
DWDM-Wellenlängen	C-Band-Abstimmung: C62 bis C12 (1527,99 nm–1567,95 nm)
Anforderungen	Dynamikbereich von ≥ 35 dB für Tests durch Multiplexer, OADM (Optical Add/Drop Multiplexer) und Demultiplexer Möglichst kurze Totzonen zur Lokalisierung und Charakterisierung von dicht aufeinanderfolgenden Ereignissen. Integrierte CW-Lichtquelle zur Durchgangsprüfung

Metro/Long Haul/Ultra Long Haul

Netzwerktyp	Metro/Long Haul	Very Long Haul	Ultra Long Haul
Wellenlängen	1310/1550/1625 nm	1310/1550/1625 nm	1550 nm/1625 nm
Anforderungen	Dynamikbereich von ≥ 40 dB bei 1550 nm	Dynamikbereich von ≥ 45 dB bei 1550 nm	Dynamikbereich von ≥ 50 dB
	Möglichst kurze Totzonen zur Lokalisierung und Charakterisierung von dicht aufeinanderfolgenden Ereignissen.		

Mehrere Anwendungen

Netzwerktyp	Gebäude/Zugang	Metro bis Very Long Haul
Wellenlängen	850/1300/1310/1550 nm (1625 nm optional)	1310/1550/1625 nm (Mit einem externen Filter für 1625 nm ist das OTDR für die Fehlerdiagnose in FTTH-/PON-Netzen geeignet.)
Anforderungen	Dynamikbereich: Für Multimode nicht relevant. ≤ 35 dB bei 1550 nm für Singlemode	Größter Dynamikbereich
	Möglichst kurze Totzonen	
	Modulare Plattform, die sich mit den Testanforderungen entwickelt und eine maximale Flexibilität bietet.	

Weitere wichtige OTDR-Spezifikationen beim Testen von FTTH-/PON-Netzen

Um jeden einzelnen Abschnitt eines PON-Netzes messen und alle Ereignisse auf der Glasfaser vom ONT beim Kunden bis zum OLT in der Vermittlungsstelle erkennen zu können, müssen mit einem konventionellen OTDR mehrere manuelle Tests (Aufnahmemessungen) mit jeweils unterschiedlichen Parametern durchgeführt werden.

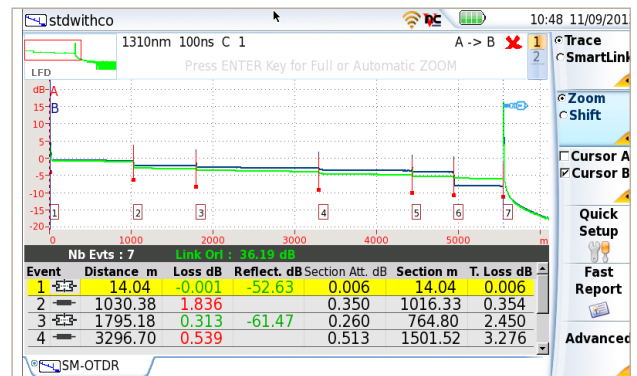
Moderne PON-OTDRs passen dagegen die Testparameter an und führen automatisch mehrere Aufnahmemessungen bei mehreren Pulsbreiten aus, um optimale Testergebnisse zu erzielen und alle Ereignisse (Biegungen, Spließe, Verbinder) vor und hinter den PON-Splitttern zu erkennen. Es wird dringend empfohlen, zu prüfen, ob das verwendete OTDR mit einer solchen Funktion ausgestattet werden kann, bevor man Glasfasern mit einem oder mehreren stufenförmig hintereinander angeordneten PON-Splitttern (Kaskade) testet.

OTDR-Testergebnisse

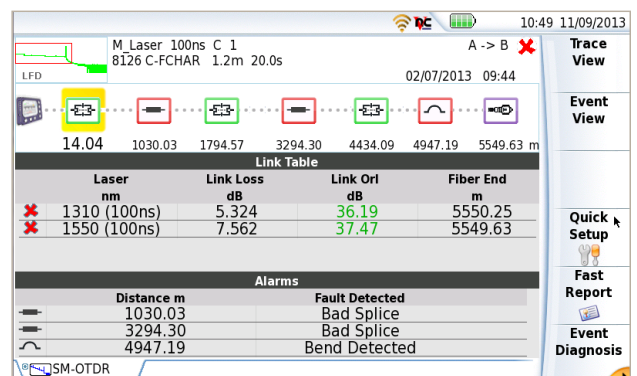
Obwohl die Bedienung eines OTDRs nicht besonders schwierig ist, sollte man mit den besten Vorgehensweisen zum Testen von Glasfasern vertraut sein, um die Messungen korrekt auszuführen. Nur geschulte und erfahrene Techniker können OTDR-Kurven analysieren und korrekt interpretieren. Ein weniger qualifizierter Nutzer wird mit der Bedienung eines OTDRs und der Auswertung der Messergebnisse Schwierigkeiten haben. Eine in das OTDR integrierte Softwareanwendung kann dem Techniker jedoch helfen, das Gerät effizienter zu bedienen. Dafür muss er die OTDR-Kurven nicht mehr verstehen oder interpretieren können. Die Software zeigt die getestete Faserstrecke schematisch an sowie erkennt und interpretiert alle OTDR-Ereignisse automatisch. Diese werden dann in Form aussagekräftiger Symbole auf der Kurve dargestellt. Jedoch muss man in der Lage sein, die Ergebnisse bei Bedarf mit der ursprünglichen OTDR-Kurve zu vergleichen.

Bei der Auswahl eines OTDRs sollten die folgenden Kriterien berücksichtigt werden:

- **Größe und Gewicht:** Wichtig, wenn man zum Beispiel einen Sendemast hochklettern oder in einem Gebäude arbeiten muss.
- **Anzeigegröße:** Das Display sollte mindestens 5" (12,7 cm) groß sein. OTDRs mit kleineren Anzeigen sind billiger, erschweren aber die Auswertung der OTDR-Kurve.
- **Batteriebetrieb:** Ein OTDR sollte den ganzen Tag im Feldeinsatz nutzbar sein. Acht Stunden müssten mindestens gewährleistet sein.
- **Kurven-/Ergebnisspeicherung:** Der interne Speicher sollte mindestens 128 MB groß sein. Externe Speicheroptionen, wie ein USB-Stick, sollten unterstützt werden.
- **Bluetooth und/oder WLAN:** Funkgestützte Verbindungen erleichtern den Export der Testergebnisse auf PCs/Laptops/ Tablets.
- **Modularität/Aufrüstbarkeit:** Eine modulare/aufrüstbare Plattform lässt sich leichter an sich entwickelnde Testanforderungen anpassen. Obwohl eine solche Plattform am Anfang kostenintensiver sein kann, wird sie sich langfristig rentieren.
- **Software zur Nachbearbeitung:** Natürlich ist es möglich, die Fasern über den Tester selbst zu bearbeiten und zu dokumentieren. Weitaus einfacher und komfortabler lassen sich die Testergebnisse jedoch mit einer speziellen Nachbearbeitungssoftware analysieren und dokumentieren.



Ansicht einer OTDR-Kurve



Symbolbasierte OTDR-Ergebnisansicht

Beste Vorgehensweisen bei OTDR-Messungen

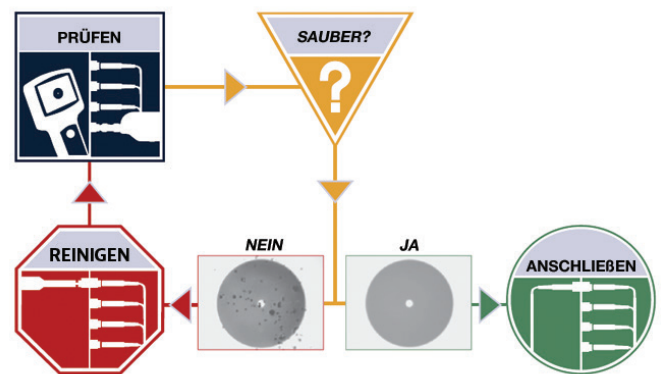
Mehrere beste Vorgehensweisen gewährleisten zuverlässige OTDR-Messungen.

Verwendung von Vorlauf-/Nachlaufkabeln

Vorlauf- und Nachlaufkabel, die aus Faserrollen bestimmter Länge bestehen, sollten an beiden Enden der zu testenden Faserstrecke angeschlossen werden, um auch den ersten und letzten Steckverbinder mit dem OTDR erfassen zu können. Die Länge der Vorlauf- und Nachlaufkabel ist von der zu testenden Faserstrecke abhängig. Im Allgemeinen beträgt sie 300 m bis 500 m für Multimode-Fasern und 1000 m bis 2000 m für Singlemode-Fasern. Bei sehr langen Faserstrecken können es auch 4000 m sein. Dieser Wert ist in starkem Maße von der Dämpfungstotzone des OTDRs abhängig, die wiederum von der Pulsbreite abhängt. Je größer die Pulsbreite, desto länger sollte das Vorlauf- und Nachlaufkabel sein. Wenn das OTDR jedoch erlaubt, Aufnahmemessungen bei mehreren Pulsbreiten durchzuführen, kann das Vorlauf- und Nachlaufkabel auf 20 m verkürzt werden. Vorlauf- und Nachlaufkabel müssen vom gleichen Typ sein wie die zu testende Faser.

Vorbeugende Prüfung der Steckverbinder

Schon ein einziger verschmutzter Steckverbinder kann die Übertragungsleistung der gesamten Faser ernsthaft beeinträchtigen. Die vorbeugende Prüfung aller Steckverbindungen mit einem Glasfaser-Mikroskop verringert die Ausfallzeiten im Netzwerk und den Aufwand zur Fehlerbehebung wesentlich. Mit dem einfachen Konzept „Inspect Before You Connect™“ kann der Techniker gewährleisten, dass die Fasern und Faserendflächen vor dem Zusammenstecken sauber sind. Ein verschmutzter OTDR-Anschluss oder ein verschmutzter Steckverbinder am Vorlauf-/Nachlaufkabel verfälschen die OTDR-Messergebnisse. Daher müssen sie geprüft und gereinigt werden, bevor das Vorlaufkabel angeschlossen wird.



Prüfen und Reinigen nach dem „Inspect Before You Connect“ Konzept

Zusammenfassung

Die optimierte Infrastruktur eines Glasfasernetzes stellt den Kunden zuverlässige und robuste Dienste zur Verfügung. Zufriedene Kunden erhöhen die Kundenbindung und ermöglichen eine schnelle Amortisation der Investition sowie eine nachhaltige Rentabilität. Ein OTDR ist ein wichtiges Feldtestgerät zur Wartung und Fehlerdiagnose von Glasfaser-Infrastrukturen. Bei der Auswahl eines OTDRs sollten die beabsichtigten Anwendungen sowie die technischen Parameter des Gerätes berücksichtigt werden, damit diese auch für Ihre Einsatzzwecke geeignet sind. Mehr erfahren Sie auf [VIAVI OTDR-Messung](#).

Literaturnachweis

1. Whitepaper von VIAVI Solutions: *Einhaltung der IEC-Norm zur Gewährleistung der Qualität von optischen Steckverbindern durch Automatisierung der systematischen proaktiven Faserendflächen-Prüfung*
2. VIAVI Broschüre: *VIAVI Reference Guide to Fiber Optic Testing, Volume 1*
3. VIAVI Poster: *Funktionsprinzip von OTDR-Messungen*