

# FTTH-Netze messen

## Mit dem GPON-Protokoll Effizienz erhöhen

Peter Winterling

**Fiber-to-the-Home-Verteilssysteme (FTTH) werden zwischenzeitlich von vielen Netzbetreibern in Deutschland aufgebaut. Noch weit entfernt von einer flächendeckenden Versorgung sind doch manche Regionen in Deutschland bereits gut versorgt. Es kommt mehrheitlich die GPON-Technik nach der Standardisierung bei ITU-T G.984 zum Einsatz. Während bisher bei kleineren Installationen der Aufwand für die Abnahme und Inbetriebnahme nicht im Vordergrund stand, sind jetzt bei größeren und umfangreicheren Projekten Testmethoden gefragt, die effizient einen reibungslosen und schnellen Aufbau ermöglichen.**

Verteilnetze und passive optische Splitter vereinen mehrere Vorteile: Zum einen ist der technische Aufwand in der Verteilstation überschaubar. Zum anderen muss nicht von Beginn an teure Infrastruktur installiert werden in Regionen, in denen ohnehin eine niedrige Anschaltquote zu erwarten ist. Eine Zuführungsfaser (Feeder) erschließt die zu versorgende Region. Die Entfernung von der Hauptvermittlungsstelle sollte im ersten Entwurf der Standardisierung nicht größer als 10 km sein. Die Wirtschaftlichkeit der Netze fordert im städtischen Bereich eine Reduzierung der Hauptvermittlungsstellen.

Die bisherige Infrastruktur entstand vor vielen Jahren unter den damals möglichen technischen Randbedingungen. Unter heutigen wirtschaftlichen Gesichtspunkten gilt es, die Anzahl der Vermittlungsstationen in einer Region deutlich zu verringern. Deren Erschließung und die laufenden Betriebskosten sind sehr kostenintensiv und die moderne Systemtechnik muss eine deutliche Ausdünnung der Hauptvermittlungsstellen ermöglichen.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, erweiterte die Standardisierung die maximale Länge der Zuführungsfaser auf 40 km. Der passive Splitter ist sinnvollerweise nahe der zu erschließenden Region und verteilt die Signale auf 32, 64 oder 128 Teilnehmer. Es können auch zwei kaskadierte Splitter zum Einsatz kommen, wobei die Gesamtanzahl der Anschlüsse nicht höher sein darf.

Das Datensignal zu den Teilnehmern (Downstream) ist in einer TDMA-Struktur (TDMA – Time Division Multiplex Access) aufgeteilt und beträgt bei GPON (Gigabit Passive Optical Network) 2,5 Gbit/s. Übertragen wird dies bei einer Wellenlänge  $\lambda = 1.490$  nm. Jedem Teilnehmer werden dabei ein oder mehrere Zeitschlitze zugeordnet. Der Datenverkehr vom Teilnehmer zur

Verteilstation (Upstream) ist äquivalent organisiert und wird auf der Wellenlänge  $\lambda = 1.310$  nm transportiert. Zusätzlich können Videosignale über eine Wellenlänge  $\lambda = 1.550$  nm zu den Teilnehmern verteilt werden.

Die GPON-Architektur ermöglicht einen stufenweisen Ausbau: Wird anstelle des passiven Splitters ein DSLAM (DSL Access Multiplexer) platziert, können vorerst die vorhandenen Kupferleitungen zur schrittweisen Erschließung der Region dienen. Somit ist die Fiber to the Curb (FTTC, Glasfaser bis zum Straßenverteiler) eine Vorstufe zu Fiber to the Home (FTTH, Glasfaser bis zum Teilnehmer).

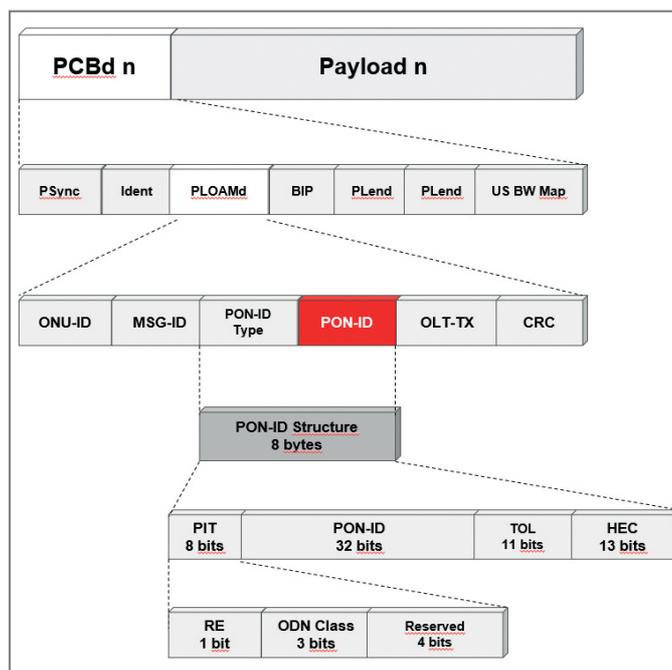
### **Klassische Abnahmemessungen und Inbetriebnahme**

Die Abnahmemessung des Verteilnetzes wird in der Regel wie auch bei allen anderen Glasfaserkabel mit einem OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) durchgeführt. Sinnvollerweise können entweder die Verteilfaser oder die Zuführungsfaser separat gemessen werden. Mit einem speziell dafür geeigneten OTDR kann die Messung auch vom Teilnehmer aus über den Splitter hinweg erfolgen. Dazu muss das OTDR zum einen über eine hohe Dynamik, aber auch gleichzeitig eine hohe örtliche Auflösung verfügen, um die hier oftmals nah beieinanderliegenden Ereignisse detektieren zu können. Durch den Splitter ist eine entsprechend hohe Dynamik nötig, so hat ein 1:32-Splitter eine minimale Einfügedämpfung von 15 dB. Moderne OTDRs ermitteln die Ergebnisse aus mehreren Messungen mit unterschiedlicher Pulsbreite, um jeweils den entsprechenden Streckenabschnitt optimal analysieren zu können. Auf eine OTDR-Messung von der Zentrale aus muss verzichtet werden, da nach dem Splitter eine Überlagerung der Rückstreuwerte aller Verteil-

*Peter Winterling ist Senior Technology and Application Specialist bei der Viavi Solutions Deutschland GmbH in Eningen*

fasern erfolgt. Eine Zweiseitenmessung mit dem OTDR, wie sonst üblich, kann bei Verteilnetzen über den Splitter hinweg nicht angewandt werden. Nach Abnahme der Faserinfrastruktur wird nun die aktive Technik in der Vermittlungsstelle (OLT – Optical Line Terminal) und beim Teilnehmer (ONU/ONT – Optical Network Unit/Optical Network Termination) installiert. Bei der Erstinbetriebnahme werden an der Teilnehmerseite die optischen Pegel ermittelt: Für den Downstream sind dies die Pegel der Wellenlängen 1.490 nm und 1.550 nm, für den Upstream 1.310 nm. Optische Pegelmesser für PON-Verteil-systeme müssen zwei besondere Merkmale aufweisen: Sie müssen im Durchgangsmodus einsetzbar sein, um die Pegel der OLT und ONT messen zu können, der OLT beim Teilnehmer sendet nur dann, wenn er ein entsprechendes Aktivierungssignal von der OLT erhält. Weiterhin muss der Pegelmesser die entsprechenden Wellenlängen in Up- und Downstream-Richtung selektiv und vor allem deren Spitzenwertleis-

Bild 1: GPON Protokoll nach ITU-T G 984.3 und PON-ID nach ITU-T G 987.3



tungen messen können. Klassische Pegelmesser ermitteln den Mittelwert. Da GPON-Systeme im TDMA-Verfahren realisiert werden, muss der Pegelmesser hierbei auf Spitzenwertmessung konditioniert werden. Die übli-

che Mittelwertmessung würde eine Fehlinformation liefern. Die gleichen technischen Eigenschaften gelten für einen Pegelmesser bei der Inbetriebnahme eines neuen Teilnehmers an einem bereits aktiven System.

## Schnelle Inbetriebnahme mit GPON-Protokoll

In der Vermittlungsstation organisiert die OLT alle Teilnehmer eines GPON-Verteilungssystems über einen Datenkanal. In dem Standard ITU-T G.894.3 ist das GPON-Protokoll zwischen OLT und ONT beschrieben und definiert (Bild 1). Bei der Erstinbetriebnahme der ONT/ONU wird dessen Identität und Konformität zum GPON-Standard geprüft und in einem Initialisierungsprozess eine von der Vermittlungsstelle vergebene ID zugeteilt. In einem Datenkanal (PLOAM – Physical Layer Operations, Administration and Maintenance, Teilbereich im GPON-Protokoll für interne Signalisierung) werden kennzeichnende Eckdaten des GPON-Systems wie zum Beispiel dessen Klassifizierung und eine PON-ID übertragen. Darüber hinaus werden Signalisierungsmeldungen für die Anmeldung eines Teilnehmers an das PON-System ausgetauscht, die letztlich den Status des Systems bzw. des Teilnehmerendgerätes beschreiben.

Unter Ausnutzung der Informationen, die innerhalb des GPON-Protokolls ausgetauscht werden, lässt sich eine umfassende Inbetriebnahme durchführen, die weit über die rein optischen Pegelmessungen hinausgeht. Anhand zweier Fallbeispiele soll die Effektivität dieser Messmöglichkeit aufgezeigt werden.

### Erstinstallation einer Infrastruktur

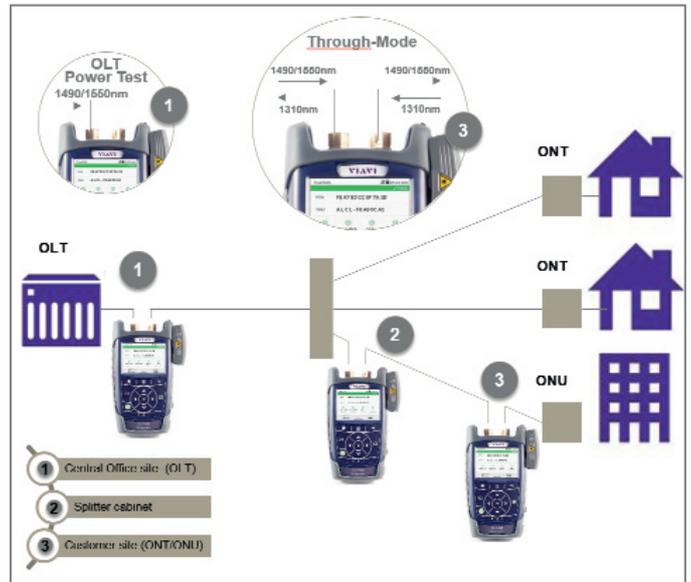
Bei der Erstinstallation wird die Infrastruktur einschließlich des Splitters wie eingangs beschrieben mit dem OTDR gemessen. Bei der Inbetriebnahme der Teilnehmerendgeräte nach Aktivierung der OLT werden teilnehmerseitig die optischen Sende- und Empfangspegel gemessen (Bild 2). Dies geschieht durch Einschleifen des PON-Pegelmessers beim Endteilnehmer an Messpunkt 3.

Dabei gelten die bereits beschriebenen Bedingungen für einen optischen Pegelmesser: Er muss im Durchgangsmodus arbeiten und selektiv bei den entsprechenden Wellenlängen im Downstream und Upstream die optischen Spitzenwerte, also nicht den Effektivwert messen. Maximal- und Minimal-

werte für die optischen Pegel sind entweder nicht bekannt oder müssen mühsam aus den Planungsunterlagen ermittelt und manuell vor der Messung eingegeben werden.

Das TruePON Powermeter OLP-88 mit seiner Fähigkeit, das GPON-Protokoll auszuwerten und relevante Informa-

Bild 2: Messpunkte im GPON-Verteilungssystem



tion für die Messung einzusetzen, liest nun aus dem Feld „PON-ID“ die ODN-Klassifizierung (ODN – Optical Distribution Network, passives Verteilnetz), z.B. B+ oder C+. Die ODN-Klasse beschreibt die physikalischen Parameter der Übertragung, unter anderem welche Wellenlängen in Up- und Downstream verwendet und welche Bitraten übertragen werden. Ebenso wird die nominale Sendeleistung der OLT übertragen und die maximale Einfügedämpfung einschließlich der Empfängerempfindlichkeit des Systems beschrieben. Der TruePON-Pegelmesser setzt mit diesem Wissen automatisch die Minimal- und Maximalwerte für die optischen Pegel und misst und zeigt diese mit der Bewertung an (Bild 3). Im Untermenü wird der zulässige Wertebereich des klassifizierten GPON-Systems angezeigt.

GPON-Systeme werden häufig in einer kaskadierten Splitterkonfiguration installiert. Eine typische Konfiguration ist ein 1:8-Splitter gefolgt von einem weiteren 1:8-Splitter, wobei der zweite Splitter bereits in einer Wohnanlage sein kann. Auch andere Kombinationen sind möglich, das Gesamtteiler-

verhältnis darf nur so groß sein, dass die maximale Einfügedämpfung bei der Klassifizierung B+ von 28 dB, bei C+ von 32 dB nicht überschritten wird.

Bei größeren Wohnanlagen kann es vorkommen, dass ein zweiter oder sogar dritter 1:8-Splitter eines jeweils an-

deren GPON-Systems, das durchaus auch zu einem anderen Netzbetreiber gehörig sein kann, installiert wird. Werden im Verteilerschrank im Gebäude nun Fasern fehlerhaft getauscht oder falsch gekennzeichnet, kann eine autorisierte ONT nicht aktiviert werden, weil sie an ein falsches GPON-System geschaltet wurde. Der TruePON-Pegelmesser liest die Identifikation der OLT und der ONU/ONT und zeigt beide an, ein Vertauschen ist sofort ersichtlich. Im GPON-Protokoll wird eine „Message-ID, MSG“ übertragen, die den Status der ONU/ONT kennzeichnet. Handelt es sich um ein autorisiertes Endgerät und ist es im GPON-System registriert, wird es entsprechend aktiviert oder im anderen Fall eben nicht. Ein als „nicht registriert“ gekennzeichnetes Endgerät erfüllt wohl den GPON-Standard, der Service ist vom Netzbetreiber bisher allerdings noch nicht freigeschaltet worden.

Die Messwerte der optischen Pegel können nun gespeichert und zusammen mit dem Status und der ONT-ID dokumentiert werden. Damit ist dieses Messergebnis eindeutig einem defi-

nierten Projekt und zum entsprechenden Kunden zuordenbar.

*Erweiterung eines GPON-Systems*

In wohl den meisten Fällen werden nicht alle erreichbaren Teilnehmer bei der Erstinstallation angeschlossen. Eine Erweiterung erfordert andere Test-

ist – vorausgesetzt, er wurde da überhaupt gemessen. Das GPON System ist in Betrieb, deshalb ist eine klassische Dämpfungsmesser mit Pegelsender und Pegelmesser nicht möglich. Mit dem OLP-88 kann aus dem GPON-Protokoll die Nominalsendeleistung der OLT ausgelesen werden (TOL – Trans-

chende Messgerät einschließlich der Messparameter und der Auftragsbeschreibung. Ist der Arbeitsauftrag erledigt, wird das Messprotokoll inklusive der Arbeitsauftragsbeschreibung unmittelbar wieder in der Cloud gespeichert. Der Projektleiter verfolgt in Echtzeit den Projektfortschritt und in-



Bild 3: Messergebnisse mit dem TruePON Powermeter Viavi OLP-88



Bild 4: Das TruePON Powermeter OLP-88

möglichkeiten, da das System möglichst nicht unterbrochen werden soll. Die entsprechenden Arbeiten werden zudem oft an externe Installationsfirmen vergeben. Die passive Infrastruktur ist bereits vorhanden, es müssen lediglich die Anschaltung der ONT vorgenommen und die notwendigen Messungen durchgeführt werden. Dabei ist es extrem hilfreich, wenn dem Techniker vor Ort mit dem TruePON-Pegelmesser unmittelbar die Klassifizierung des GPON-Systems ersichtlich ist und damit die maximalen und minimalen optischen Pegelwerte festgelegt sind.

Wie auch bei der Erstinbetriebnahme muss die Einfügedämpfung der passiven Infrastruktur, d.h., die Dämpfung der Zuführungsfaser, des jeweiligen Splitterzweiges und der Verteilfaser zum jetzt neu anzuschaltenden Teilnehmer gemessen werden. Splitter weisen selten exakt dem theoretischen Dämpfungswert entsprechend des Splitting-Faktors auf, oftmals sind sogar deutliche Abweichungen bemerkbar. Bei einem 1:8-Splitter läge der theoretische Wert bei 9 dB, bei einem 1:64-Splitter schon bei 18 dB. Bei der Erweiterung dient diese Messung der Kontrolle, ob dieser Wert immer noch gleich wie bei der Erstinbetriebnahme

mit Optical Level). Damit kann jetzt auf der Teilnehmerseite vor dem ONT die Einfügedämpfung (ODN Loss) der passiven Infrastruktur ermittelt werden, ohne die Verwendung eines optischen Pegelsenders in der Vermittlungsstation und das Trennen der OLT vom Verteilnetz. In Bild 3 ist ODN Loss = 26,14 dB ermittelt worden.

Nicht nur die eigentlichen Messungen werden durch die Informationsauswertung des GPON-Protokolls völlig neu definiert und deutlich effektiver gegenüber der klassischen Inbetriebnahme. Moderne Messtechnik zeichnet sich durch eine effiziente Arbeitsorganisation aus. Die Ergebnisse werden unter genauer Bezeichnung des Arbeitsauftrages unmittelbar nach der Messung auf dem Gerät gespeichert und können dann in einer cloud-basierten Projektdatenbank des Auftraggebers gespeichert werden. Viavi bietet eine eigene umfangreiche Cloud-Lösung mit Stratasync für Messungen an den strukturierten Verkabelungen in Rechenzentren realisiert. Der Projektleiter definiert mit dem Workflow-Programm Certifi Arbeitsaufträge und lädt diese in die Cloud, die partiell für die jeweilig beauftragten Firma zugänglich ist. Entsprechend werden die Arbeitsaufträge direkt auf das entspre-

tegiert die jeweiligen Messprotokolle in die Dokumentationsplattform des Rechenzentrums. Mit entsprechenden Anpassungen an die Randbedingungen der FTTH-Verteilnetze ist dieser Workflow zukünftig auch für GPON-Abnahmemessungen und Erweiterungen anwendbar.

**Ausblick**

Die notwendigen Messungen bei der Inbetriebnahme und Erweiterung an GPON-Systemen werden ganz wesentlich durch die Auswertung der Information des GPON-Protokolls unterstützt. Die Messungen werden dadurch fehlerfrei, da immer die richtigen Systemparameter zugrunde liegen, diese eindeutig den entsprechenden Teilnehmern zuordenbar und sofort aussagekräftig dokumentiert sind. Der Techniker vor Ort führt nicht nur die notwendigen Messungen durch, sondern wird automatisch auch über den Status des Endgerätes informiert. Ist die OLT registriert und aktiviert, hat er die Gewissheit, dass der Endteilnehmer sofort online gehen kann. (bk)