

1595

# NET

5/2023

Zeitschrift für Kommunikationsmanagement

Project  
Entry  
Construction  
Payable  
Driver  
Full  
Analyst

Überspannungsschutz  
Rechenzentren vor  
Schäden bewahren

Medical  
Teacher  
Secretary

Energiewende  
Digitale Geschäftsmodelle  
der Energieversorger

Representative  
Medical  
Analyst  
Office  
Pharmacy  
Clerg



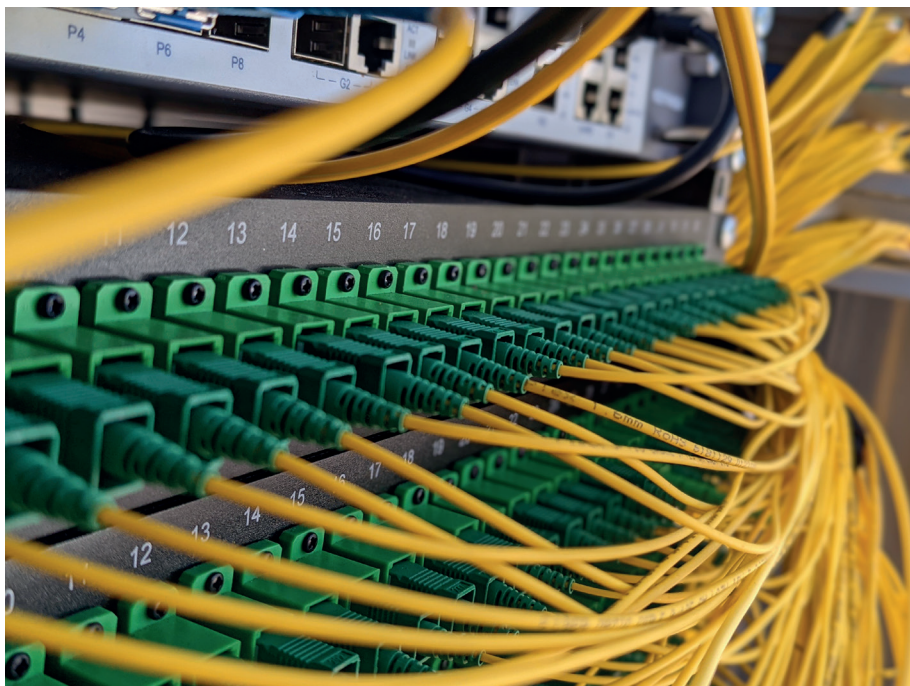


# GPON und XGS-PON-Netze

## Einfache Glasfasertester für den schnellen Ausbau

**Dennis Zopke**

Alles ist vernetzt. Menschen kommunizieren mit Menschen, Menschen mit Maschinen und Maschinen mit Maschinen. Jeder soll mit jedem jederzeit in Bruchteilen von Sekunden von jedem Ort – mobil oder nicht – immer größer werdende Datenmengen austauschen können. Zum Beispiel hat allein die Integration der KI-Plattform ChatGPT, die durch maschinelles Lernen „Künstliche Intelligenz“ (KI) erschafft, in die Suchmaschine Bing den Traffic derselben um 15 % ansteigen lassen. Und andere Plattformen stehen bereits in den Startlöchern. Das Backbone, an dem am Ende alle angebunden sind, kommt schon lange nicht mehr ohne leistungsstarke Glasfaserverbindungen aus, Geschwindigkeiten von 100 GigE sind heute keine Besonderheit mehr.



Doch wie kommt diese Bandbreite dahin, wo sie gebraucht wird? Wie werden kleine Netzwerke, Firmen, Haushalte, WLANs, IoT-Devices, Server, Smartphones, 5G-Mobilfunkmasten etc. an dieses Backbone angebunden?

Die Antwort lautet: durch passive optische Netze (sog. PONs). In den letzten Jahren hat sich diese Art der Anbindung der Teilnehmer via Glasfaser weltweit immer mehr durchgesetzt und wächst inzwischen stark. Das Besondere: Hierbei können 1 GigE-PONs (GPON) und 10 GigE-PONs (XGS-PON) – s. Tabelle 1 – parallel auf den gleichen Glasfaserleitungen betrieben werden. Aber genau das bringt neue Herausforderungen mit sich.

### Was sind passive optische Netze?

Es handelt sich bei GPON und XGS-PON um Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindungen. Via passiven optischen Splintern wird die

*Durch PONs werden Teilnehmer an leistungsstarke Glasfaserverbindungen angebunden. Hierbei können 1 GigE-PONs (GPON) und 10 GigE-PONs (XGS-PON) parallel auf den gleichen Leitungen betrieben werden (Foto: Tim Westerhoff, pixabay)*

Strecke kaskadiert, und es können an einen einzigen OLT-Port bis zu 64 Teilnehmer angeschlossen werden. Alle Nutzer an diesem Splitter teilen sich die Bandbreite, die der OLT zur Verfügung stellt, sie wird per Zeitmultiplexverfahren (TDM) auf die einzelnen Nutzer verteilt. Nach ITU-T G.984.3 (GPON) sind das bis zu 2,5 Gbit/s im Down- und 1,25 Gbit/s im Upstream. Eine einzige Single-Mode-Glasfaser überträgt so gleichzeitig auf einer Wellenlänge von 1.490 nm den Down- und auf 1.310 nm den Upstream.

Mittels Wellenlängen-Multiplexverfahren (WDM) können auf dieser Faser nach ITU-T G.9807.1 (XGS-PON) 10 Gbit/s gleichzeitig in beide Richtungen übertragen werden, und das zusätzlich zu

GPON (s. o.). Dazu wird für Down- und Upstream auf andere Wellenlängen nach oben (1.577 nm) und nach unten (1.270 nm) ausgewichen.

Außerdem kann über 1.550 nm, nur in Downstream-Richtung, ein Video-Overlay für zum Beispiel TV-Anwendungen zur Verfügung gestellt werden. Das ergibt bis zu fünf Wellenlängen gleichzeitig auf einer einzigen Faser.

## Pegelmessung im Through Mode

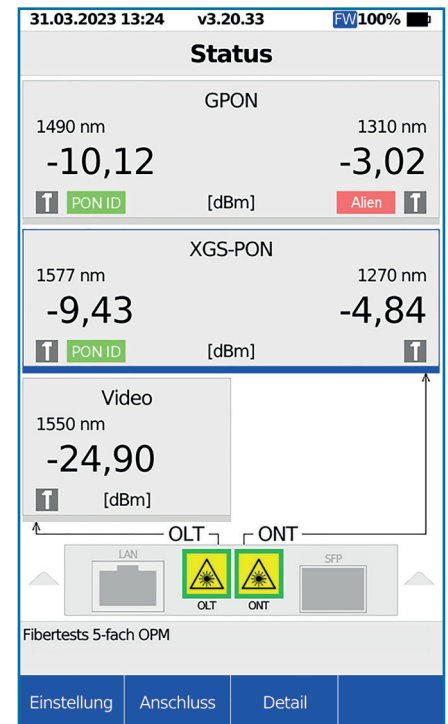
Es gibt verschiedene Möglichkeiten, diesen PONs auf den Zahn zu fühlen. So werden von den wenigen Experten oft OTDRs eingesetzt, die in der Lage sind, mittels Bewertung des reflektierten Impulses sehr genaue Aussagen über die Beschaffenheit der Glasfaser zu machen. Dies setzt aber stets Expertenwissen, Erfahrung und Fingerspitzengefühl voraus. Gerade in handwerklich gut gemachten Neuinstallationen, mit guten wenigen Spleißen und ohne Biegeradienverletzungen sind OTDR-Messungen meist nicht nötig und kosten Zeit. Außerdem ist ein OTDR, das bis zu 5 Wellenlängen gleichzeitig messen kann, allein in Bezug auf Komplexität und Preis, kein Gerät mehr für den Techniker, der in kurzer Zeit viele Anschlüsse schalten soll.

Auf der anderen Seite gibt es die, die einfache und günstige Breitband-Pegelmesser einsetzen und so den optischen Pegel auf einer Wellenlänge bestimmen können; das funktioniert, ist schnell und günstig – aber eben nur, wenn eine einzige Wellenlänge (zum Beispiel GPON, 1.490 nm, Downstream) zu messen ist, sonst nicht! Hat man mehr als eine Wellenlänge auf der Faser, lässt sich der Pegel einer einzelnen Wellenlänge mit einem Breitband-OPM nicht mehr sicher bestimmen.

Trotzdem ist die optische Pegelmessung grundsätzlich das richtige Mittel, um schnell und einfach an leicht zu interpretierende Zahlen zu kommen. Erfährt doch gerade durch die passiven Splitter

das Signal in PONs oft einen erheblichen Leistungsverlust. Gar nicht immer unbedingt durch lange Strecken, sondern durch das Teilungsverhältnis der verwendeten Splitter und die Gesamtheit der Dämpfung aller damit verbundenen Steckverbinder. So dämpft bereits ein 1:2-Splitter das Signal um die Hälfte, sprich um 3 dB. Ein 1:4-Splitter um 6 dB und ein 1:8-Splitter um 9 dB. Bei 1:32 sind es dann bereits 15 dB Verlust. Die Frage ist also am Ende immer: Reicht das optische Budget der verwendeten ODN-Klasse (Optical Distribution Network Class, die zum Beispiel festlegt, mit welcher Sendeleistung der OLT sendet), zum Beispiel B+, aus oder nicht?

Eine Pegelmessung reicht also dann aus, wenn sie gefiltert (selektiv) erfolgen kann. Dafür sind fünf separate Filter erforderlich, hinter denen jeweils eine eigene hochpräzise Diode sitzt, die für die jeweilige Anwendung ausgelegt ist. So muss im Upstream (1.310 und 1.270 nm) mit einem eher unregelmäßigen Burst-ähnlichen Signal wegen der TDM-Verfahren gerechnet werden und im Downstream (1.490, 1.550 und 1.577 nm) mit einem kontinuierlichen Sendepegel des OLT. Allerdings wird im Upstream, sprich vom ONT, nur dann geantwortet, wenn dieser von einem OLT dazu angeregt wurde. Unterbricht man die Leitung, um den Downstream-Pegel zu messen, so klemmt man damit gleichzeitig den ONT ab und bringt ihn zum Schweigen. Die einzige Möglichkeit, auch den Upstream-Pegel zuverlässig zu messen, ist also, sich in die Leitung in einer Art Durchgangsmodus (Through Mode) einzuschleifen. Dazu braucht man zwei PON-Ports am Messgerät: einen für die OLT-Seite (Down) und einen für die ONT-Seite (Up). Dabei ist es besonders wichtig, das Signal so wenig wie möglich zu beeinflussen. Die Einfügedämpfung (Insertion Loss, kurz IL) sollte nach Möglichkeit nicht über 1,5 dB liegen.



*Mittels Wellenlängen-Multiplexverfahren (WDM) können auf einer Faser bis zu fünf Wellenlängen zur selben Zeit übertragen werden. Sie lassen sich gleichzeitig auf dem Argus F240 darstellen (Bild: intec)*

Und nur so können die unterschiedlichen Technologien (GPON, XGS-PON oder beides) erkannt und alle wichtigen Parameter in Echtzeit und ohne kompliziertes Umstecken von Kabeln gemessen werden. Der Techniker vor Ort erhält so wichtige Informationen und evtl. Hinweise auf Probleme.

## Alien-Erkennung

Passive optische Netze (PONs) sind weit verbreitet und verdrängen zunehmend andere Technologien, dennoch gibt es diese. Zum Beispiel sind da die aktiven optischen Netze (AON), das sind in der Regel komplett auf Glasfaser basierende Punkt-zu-Punkt Ethernet-Verbindungen, die oft von kleineren Netzbetreibern als FTTH-Produkte zum Beispiel zur Anbindung von G.fast-DSLAMs (sog. FTU-C) oder in lokalen Netzwerken und Rechenzentren eingesetzt werden. So setzt der hier am häufigsten verwendete Ethernet-Standard

1000BASE-BX10 auch die Wellenlängen 1.310 nm (TX) und 1.490 nm (RX) ein.

In AONs sind wie bei typischen Ethernet-Verbindungen beide Seiten gleichberechtigt und können permanent senden. Kommt es nun vor, dass ein solcher AON-Port mit einem PON verbunden wird, so wird das Licht den gesamten PON-Zweig stören. Nur ein selektives Optical Power Meter mit Through Mode und zwei getrennten Upstream-Filtern wird dies zuverlässig erkennen und zur Laufzeit anzeigen können.

## Auslesen und Auflösen der PON-ID

Gute 5-fach OPMs (auch 5xOPM oder 5 Lambda-OPM genannt, mit einem Lambda für Wellenlänge) hören aber an der Stelle nicht auf, sie zeigen auch gleich, ob man sich am richtigen OLT-Port befindet. Dazu teilt der OLT jedem ONT an diesem Zweig seine PON ID mit, eine für diesen OLT individuelle Port-Nummer. Das Auslesen und Anzeigen der PON ID im Zusammenhang mit dem Pegel gibt erst die Sicherheit, ob man wirklich am richtigen Zweig angeschlossen ist. Gerade in Kollokationsräumen oder anderen zentralen Verteilstellen kann es für den Techniker schnell unübersichtlich werden. Schlecht gekennzeichnete Fasern und der Betrieb von Gegenstellen unterschiedlicher Netzbetreiber am gleichen Ort erhöhen die Komplexität schnell und bereiten Fehlern den Weg.

Einem mit vollwertigem GPON-Chip und schnellen, für Datenübertragung geeigneten Dioden ausgestatteten 5xOPM ist es dann sogar möglich, die PON ID zu entschlüsseln und sofort die richtige oder falsche Zuordnung erkennbar zu machen. Das Auslesen liefert zudem die Sendeleistung des OLTs und die Einfügedämpfung (Insertion Loss). Damit ergibt sich auch die Dämpfung der Strecke. Auch die ODN-Klasse oder die Nutzung von Repeatern können sichtbar gemacht werden. Breitband-OPMs, OTDRs oder auch

verschiedene selektive OPMs können dies häufig nicht.

Um alle diese Messwerte und Informationen strukturiert zu erfassen, helfen bei manchen Herstellern sogenannte Messassistenten, die je nach Kundentopologie die richtigen Fragen stellen und zum Beispiel in Deutschland eine Abnahmemessung (PON-FMT) nach ZTV43 durchführen. Dabei wird alles im Gerät gespeichert und in übersichtlichen Messprotokollen archiviert, die über verschiedene Wege und in verschiedenen Formaten aus dem Gerät exportiert werden können.

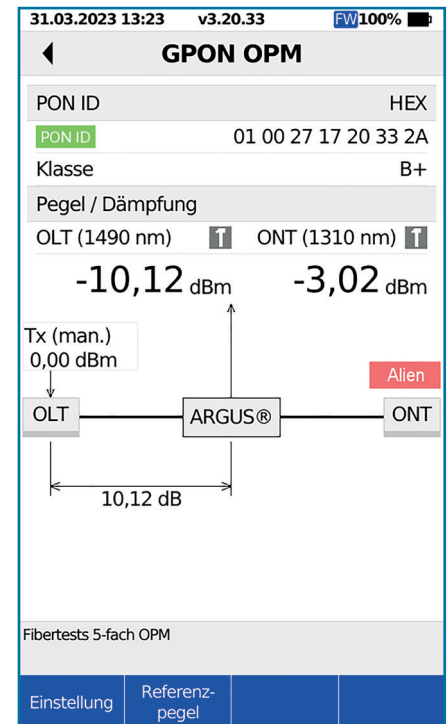
## ONU ID/PLOAM-Scan

Ein besonderer Vorteil von selektiven OPMs, die die PLOAM-Nachrichten auflösen und die Informationen aus dem OMCI-Kanal (ONT Management and Control Interface) auslesen können, ist, dass man auch die dem ONT mitgeteilte ONU ID sieht.

Schließt man sich nach erfolgreichem Verbindungsaufbau an einem freien Port des Splitters an und erzwingt die Resynchronisierung des Zweigs, kann man mit einem speziellen PLOAM-Monitor oder Sniffer-Mode sehen, wie vom OLT alle ONU IDs neu an die hinzukommenden ONTs vergeben werden. So kann man erkennen, ob alle ONTs eines Installationszweigs ordentlich registriert wurden. Ein übersichtliches Trace zeigt dann den Zustand aller ONTs in einer Tabelle, falsch verbundene Geräte können erkannt und überprüft werden.

## Tests direkt an der Glasfaser

Hat man den xPON-Anschluss dann soweit getestet und freigegeben, stehen Tests auf höheren Protokollebenen an. Rein funktional ist zum einen die Authentifizierung als Teil einer PPP-Verbindung mittels Benutzername und Passwort zu überprüfen und zum anderen Dienste wie Video (IPTV) und/oder Telefonie (VoIP) zu testen. Dafür



*Nur ein selektives Optical Power Meter mit Through Mode und zwei Upstream-Filtern erkennt Störungen auf AON/PON-Leitungen. Im Bild sind GPON-Down- und Upstream-Pegel sowie Abschnittsdämpfung inklusive Alien-Erkennung zu sehen (Bild: interc)*

muss der Glasfasertester aber eine vollwertige ONT-Simulation unterstützen. Nur so lässt sich die gesamte Konfiguration von OLT und ONT überprüfen, einschließlich Übertragung der Installationskennung und Auslesen der Rufnummer via TR-069.

Am Ende ist gerade bei Glasfaseranschlüssen die Bedeutung hoher Bandbreiten besonders wichtig, das lässt sich aber nur mit performanten Speedtests überprüfen. Ein normaler FTP- oder HTTP-Up- oder Download mit mehreren parallelen Instanzen erlaubt eine erste Aussage, im Idealfall gegen einen eigenen leistungsfähigen Server. Alternativ lassen sich Tests nach iperf oder nach RFC 6349 gegen öffentliche oder dedizierte Server machen.

Nur so kann man dem Kunden die Bandbreite garantieren, die er gebucht und bezahlt hat. Immer öfter werden selbst im Privatbereich Anschlüsse von 1 Gbit/s geschaltet, die Zukunft sind 2 Gbit/s, in bestimmten Fällen auch 10 Gbit/s.



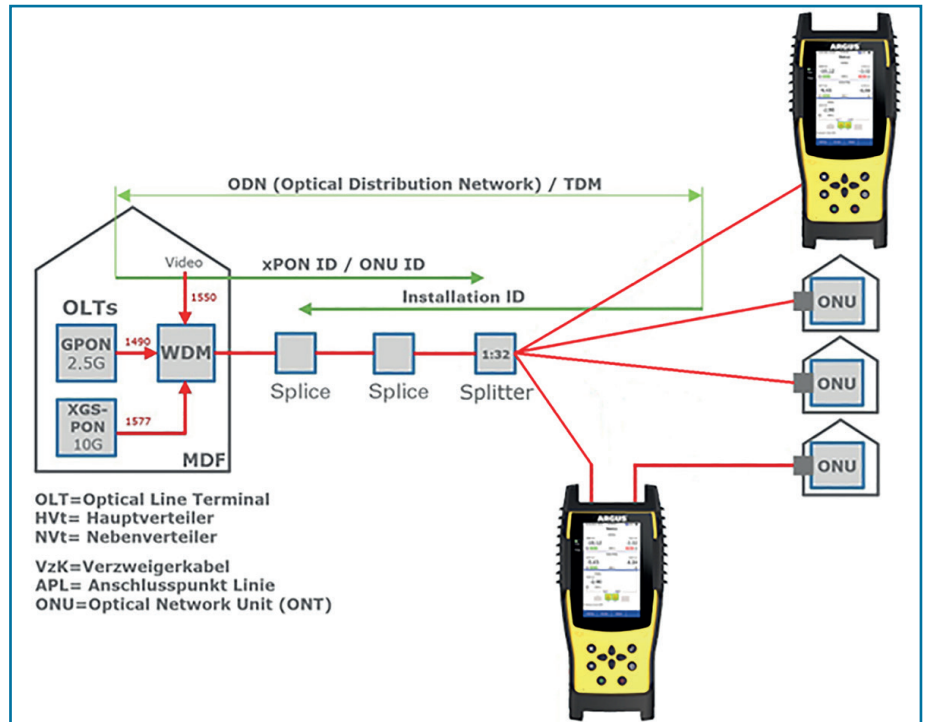
## Weitere Features und Funktionen

Verfügt der Glasfasertester noch zusätzlich über einen entsprechenden SFP-Slot und unterstützt dieser auch verschiedene Ethernet-SFPs, so können via Digital Diagnostic Mode (DDM) nach SFF-8432 Pegelmessungen durchgeführt und Dienste und Performance auch an AONs (s.o.) getestet werden.

Ein spezieller GPON-Trace, der verschiedene wichtige Nachrichten, die zwischen OLT und ONT ausgetauscht werden, mit Zeitstempel versieht, kann bspw. Probleme im Authentifizierungsprozess aufdecken.

Grundsätzlich ist auch immer eine Trennung zwischen Pegelmessung und ONT-Simulation zum Schutz des Gerätes sinnvoll. So ist oft nicht bekannt, dass der Sendepiegel unmittelbar am OLT (bei XGS-PON bis zu +15 dBm, bei GPON +5 dBm) eine empfindliche Empfangsoptik zerstören kann, immerhin muss das Licht oft kilometerlange Strecken, Spleiße und Splitter überwinden. Kann der Pegel zunächst mit der robusten Optik einer Pegelmessung bestimmt werden, wird schnell klar, dass man sich zu nah am OLT befindet. Die Aufschaltung der ONT-Simulation über eine separate Buchse kann in diesem Fall dann sicher mit einem geeigneten Dämpfungsglied erfolgen.

Eine weitere wichtige Funktion ist die Möglichkeit zum direkten Anschluss einer geeigneten Kamera, mit der sich die Faserendfläche der anzuschließenden Faser auf Verunreinigungen, Kratzer oder andere Defekte überprüfen lässt. Ein solches „Fiber-Inspection-Tool“ führt eine vollständig automatisierte Pass-/Fail-Bewertung nach IEC 61300-3-35 durch und entdeckt Partikelgrößen von bis zu 0,5 µm. Schon kleinste Verschmutzungen oder Kratzer im Kernbereich können zu Problemen führen und schnell für hohe Verluste sorgen, die sich nachher bei der Bandbreite bemerkbar machen. Oft ge-



nügt schon ein Berühren des Steckers, ein Herumliegenlassen ohne Schutzkappe oder hohe Luftfeuchtigkeit. Sauberkeit ist bei der Inbetriebnahme und Wartung von Glasfaseranschlüssen oberstes Gebot. Eigentlich sollten vor jedem Stecken beide Endflächen überprüft und bei Bedarf gereinigt werden. Ein Autofokus kann dabei helfen, den Kern optimal und schnell zu fokussieren.

## Fazit und Ausblick

Am Ende bleibt: Es gibt eine Menge Glasfasermesstechnik auf dem Markt. Vieles davon hat je nach Anwendungsgebiet seine Daseinsberechtigung. Einiges davon ist für absolute Experten, die schwierige und hochkomplexe Fehlerbilder messtechnisch erfassen müssen, und andere günstige Lösungen sind für einen schnellen Check sicher auch geeignet. Die große Menge der Techniker, die aber tagtäglich Anschlüsse in Betrieb nehmen, warten oder Fehler suchen muss, braucht aber eine kompakte und bezahlbare Lösung, mit der sich trotzdem die häufigsten Fehler und Probleme mehr oder weniger automatisiert aufdecken lassen.

*Mit einem speziellen PLOAM-Monitor oder Sniffer-Mode kann der Techniker nach einer Resynchronisierung des Zweigs sehen, wie vom OLT alle ONU IDs neu an die hinzukommenden ONTs vergeben werden (Bild: intec)*

Ein Unternehmen, das so etwas anbietet, ist der Lüdenscheider Messtechnikhersteller intec mit seinen Geräten der Marke ARGUS®. Mit dem neuen ARGUS® F240 kombinieren die Sauerländer ihre langjährige Erfahrung im Bereich der Ethernet- und IP-Test- und Messtechnik mit modernster Glasfasertechnik in einem Gerät. Das Ergebnis: selektives Pegelmessen von bis zu 5 Wellenlängen gleichzeitig, vollwertiges Simulieren eines ONT mit allen dazu nötigen Protokollen und Durchführen von IP-Performance-Tests nach verschiedenen Verfahren und Standards mit mehr als 2 Gbit/s echtem Durchsatz.

Sicherlich wird die Zukunft weitere Überraschungen bereithalten, so denken zurzeit erste Netzbetreiber in Deutschland und auch in Europa darüber nach, 10 Gige-Produkte anzubieten – das würde bedeuten, dass ein einziger XGS-PON-Anschluss exklusiv für nur einen einzigen Endkunden geschaltet wird.