

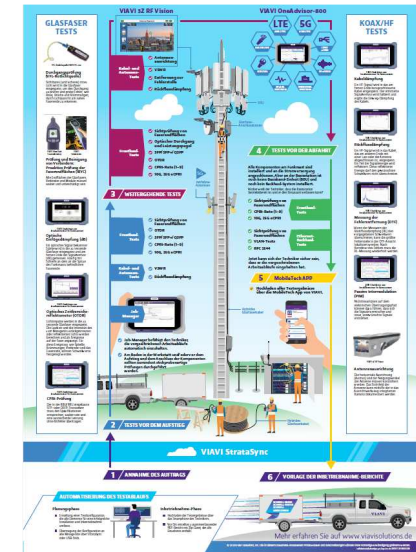
Faserqualifizierung in 5G SA Mobilfunk- Infrastruktur

Vermeidung unnötiger
Nacharbeiten

Thomas Friedrich
Sales Account Manager, VIAVI Solutions Deutschland

Mobilfunk Base Station Abnahme

- **Faser Messungen**
(Scope, IL, ORL, OTDR, PMD, WDM)
- **Copper (Koax-) Messungen**
(IL, RL, TDR, DTF)
- **Funkmessungen**
(Antennenausrichtung, TX-/RX Power, Spektrumanalyse, Interferenzmessung, Kanalbelegung, Signalanalyse TDD/FDD, RF o. CPRI bis CPRI 8, EMF Messung, OTA Messungen)
- **Übertragungsmessungen**
(Bandbreite, Laufzeit, Synchronisation)
- **Elektrische Messungen**
(Erdung, Isolation)



Faser- + Systemqualifizierung bei Mobilfunkinstallation

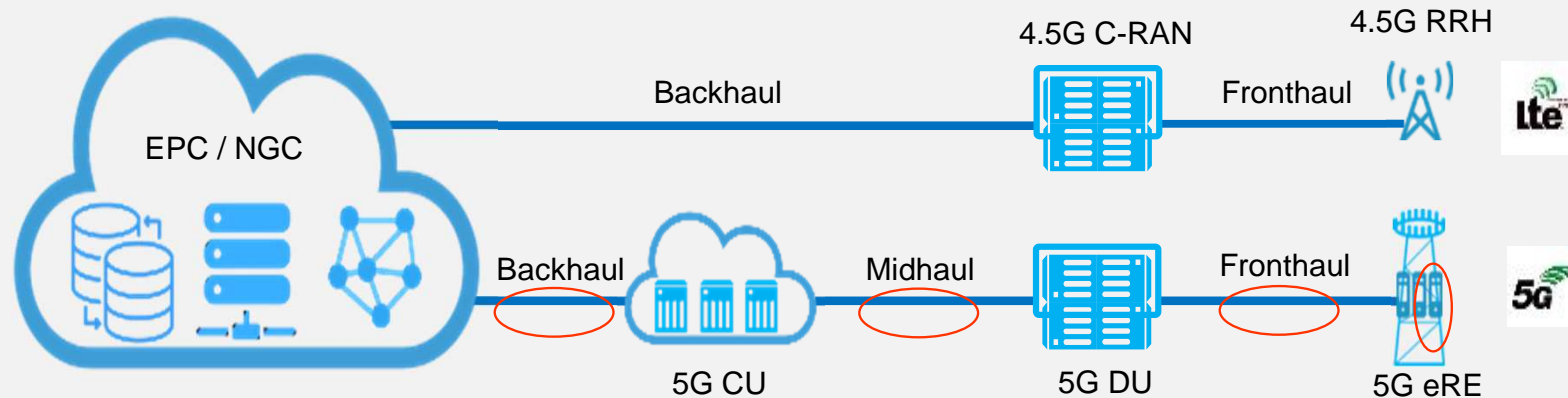
- Faser überall:** Backhaul, Midhaul, Fronthaul - ist der ganze Weg ausgemessen ?
- Cleaning & Inspection:** Professionalität sichert Funktion & Qualität → IEC61300-3-35 Konformität
- Faser Validierung 1:** IL + ORL bzw. Bidirektional IL/ORL/OTDR → Messverfahren, Varianten
- Faser Validierung 2:** DWDM & CWDM, Faservielfachnutzung steigt → wellenlängenselektiv messen
- Backhaul 1:** Faserqualifizierung für hohe Bandbreiten → ...PMD? ...CD? ... zwingend?
- Backhaul 2:** Messung bei *ROADM's* (In-Band OSNR) und *Kohärenter* Übertragung (Polmux ...)
- Midhaul, Fronthaul, FTTH:** Plug & Play / Pray ? E-E Bidirektionale Multifaser-Messungen automatisieren
- Contractor Management:** einheitliche Messvorgaben automatisiert verteilen
- Realtime Projektübersicht:** Ergebnisse automatisiert einsammeln,
Fake Messungen verhindern

Zusammenfassung

Faser überall

Backhaul, Midhaul, Fronthaul

LTE und 5G SA → Faser überall

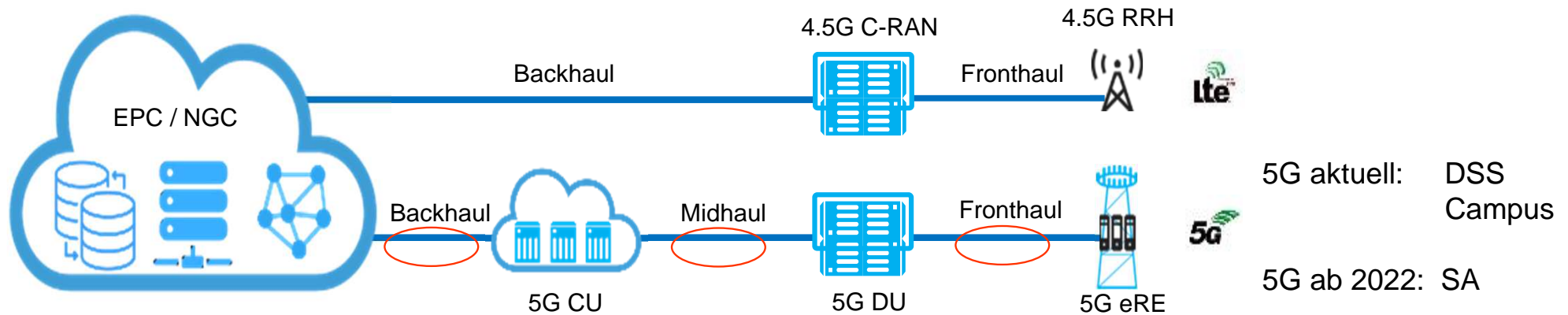


C-RAN centralized radio access network
 CU centralized unit
 DU Distributed unit
 EPC Evolved Packet Core
 eRe e-CPRI Radio Equipment
 NGC next generation core
 RRC radio ressource control
 RRH remote radio head

centralization/virtualization of 5G CU
 logical node hosting radio resource control RRC
 logical node hosting radio link control RLC
 4G mobile core network
 pure packet based 5G radio transceiver
 5G naming of Core Network
 bandwidth, timeslot, coding user management
 Remote radio transceiver with copper or fiber feeder

- Singlemode Faserkabel hoher Faserzahl, am Mast der Basisstation MM oder SM
- Standardmessungen IL, (RL), OTDR. Bidirektional dringend empfohlen (Spleiße, Stecker, Bending...)
- Backhaul, Midhaul (> 10G, > 10km) erfordert PMD Qualifizierung
- Fronthaul, FTTA -> reicht IL oder besser OTDR- Messung oder beides oder „Link up“?
- Multifaser Steckersysteme (MPO) im Einsatz ? Zusätzliche Unsicherheit → Cleaning und Scopes mandatory

LTE und 5G SA → Faser überall



5G SA Messanforderungen:

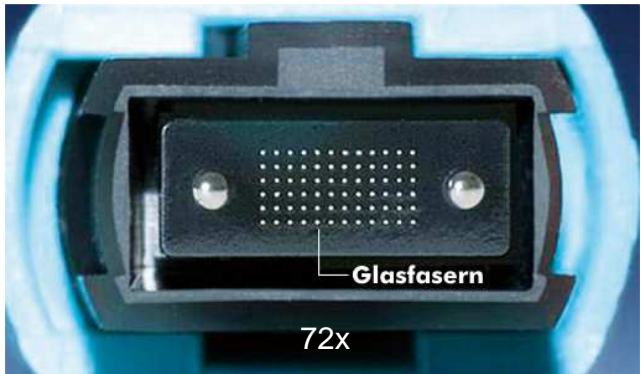
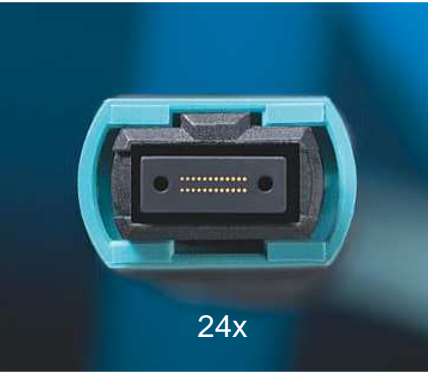
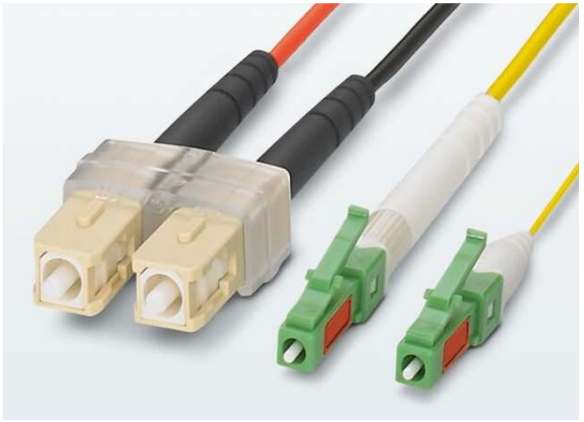
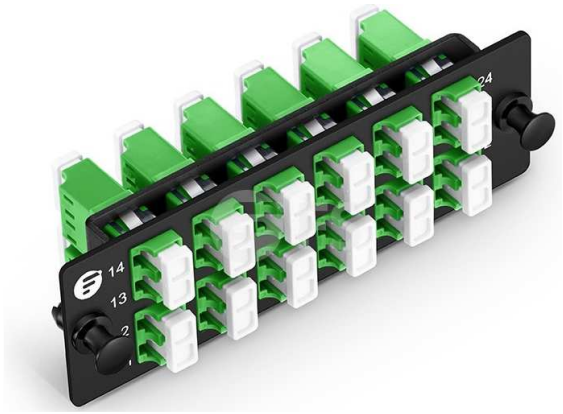
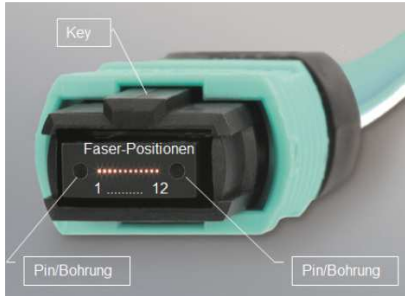
- Singlemode Faserkabel hoher Faserzahl. Tower Verkabelung MM oder SM
- Standardmessungen IL, (RL), OTDR. Bidirektional dringend empfohlen (Spleiße, Stecker, Bending...)
- Backhaul, Midhaul (> 10G, > 10km) erfordert BiDir & PMD Qualifizierung
- Fronthaul, FTTA -> reicht IL oder besser OTDR- Messung oder beides oder einfach nur schauen: „Link up“?
- Multifaser Steckersysteme (MPO) im Einsatz ?
Zusätzliche Unsicherheit → Cleaning und Scopes mandatory

Cleaning & Inspection

Professioneller Umgang mit
LWL Verbindungstechnik

Cleaning & Inspection

- In LWL Anlagen gilt: > 80% Fehlerursache: verschmutzte Steckverbinder, z.B. Simplex →
- MPO/MTP Multifaser Stecker

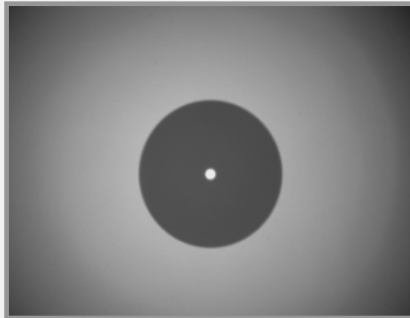


SINGLE FIBER CONNECTORS

Simplex



SC APC



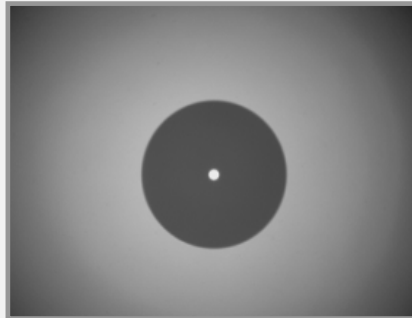
- White ceramic ferrule
- One fiber per connector

Common types: SC, FC, OptiTap®
Often used in FTTX
Often APC polish

Duplex



LC PC



Common types: SC & LC
Often used in Datacenters
Often PC polish

MULTI-FIBER CONNECTORS

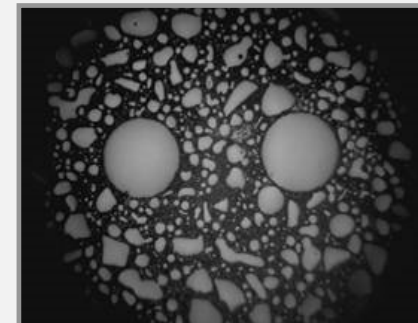
Multi-Terminus (MT) Ferrule



MPO



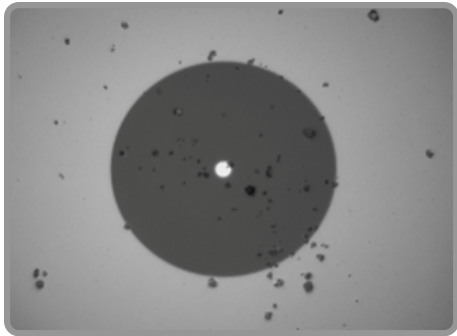
OptiTap



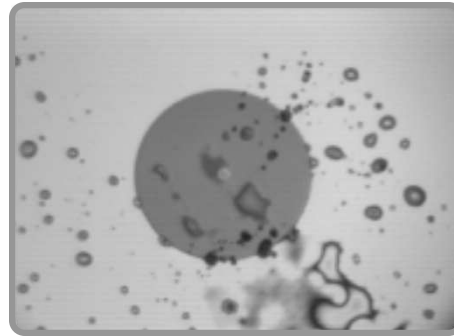
Common types include MPO, MTP®, HMFOC, OptiTap® or ODC®

- Polymer ferrule
- Multiple fibers in linear array

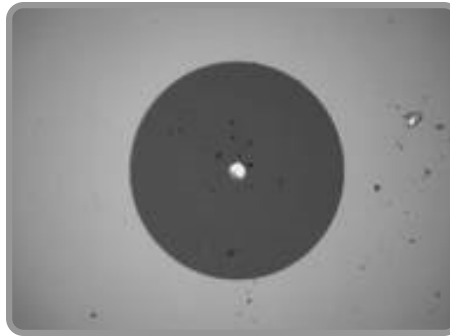
Verschmutzungen auf Faserstecker Grenzflächen



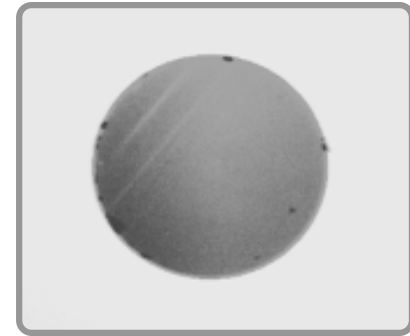
Staub



ÖL



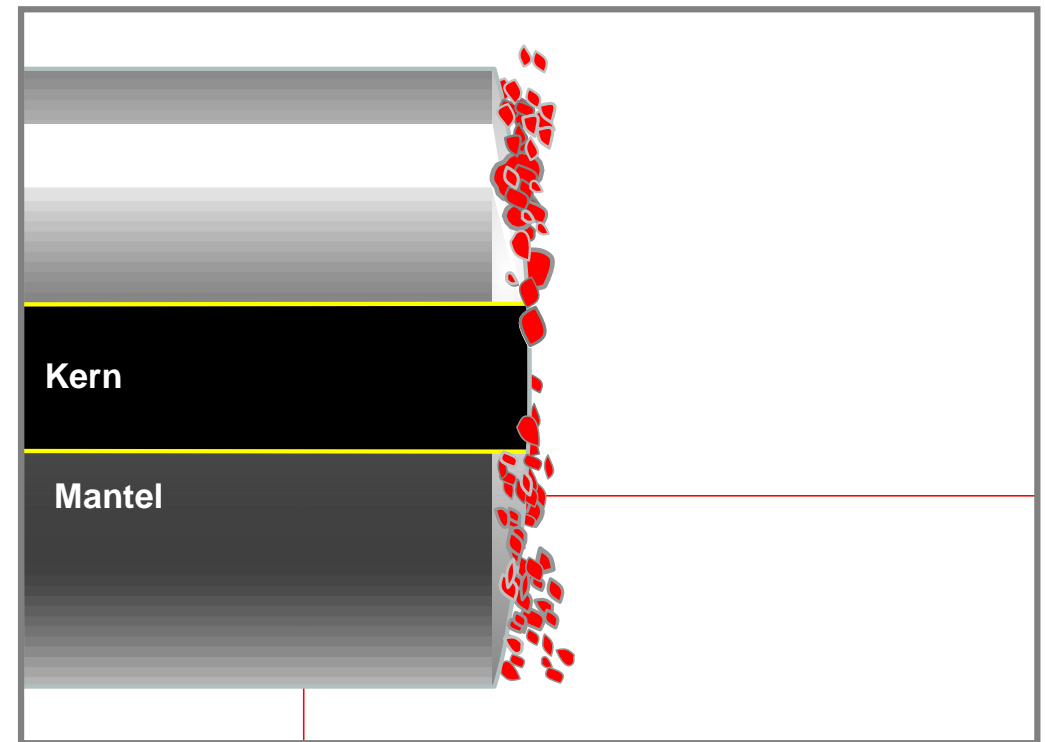
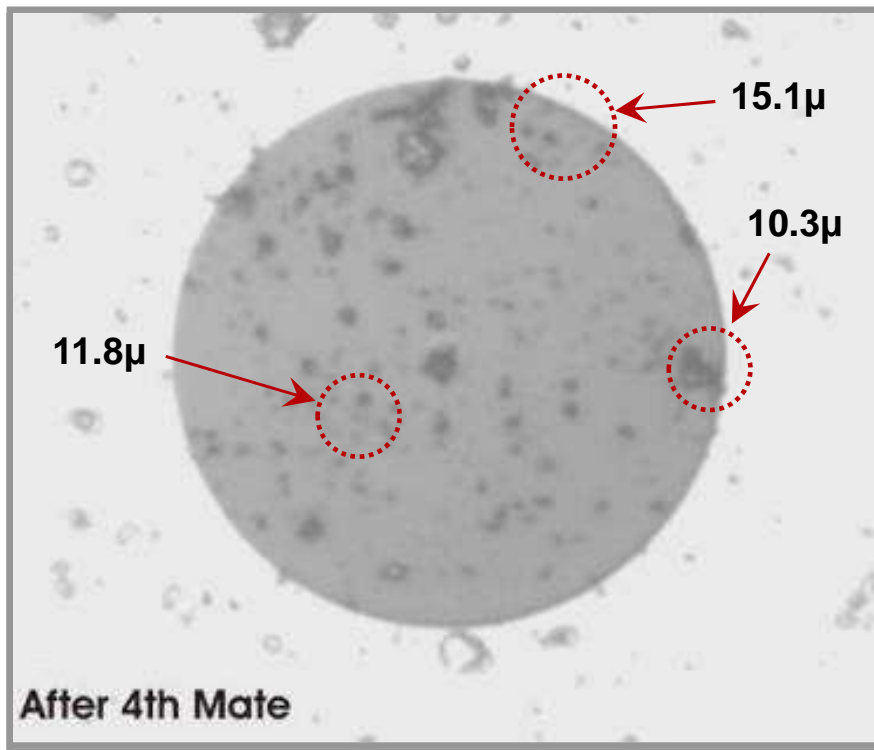
Splitter & Löcher



Kratzer

- Bei jedem Steckvorgang werden Partikel verschoben und über die Steckeroberfläche verteilt.
- Partikel größer 5μ zerbrechen und vermehren sich bei jedem Stecken.
- Große Partikel verhindern den physikalischen Kontakt (Luft Spalt).
- Partikel $< 5\mu$ neigen dazu, in die Oberfläche einzudringen und verursachen Absplitterungen.

Veranschaulichung der Schmutz- Partikelbewegung



Faser Validierung 1

IL - RL - BiDir IL /ORL/OTDR

Dämpfungsmessung / Insertion Loss Test IL

- Ende – Ende

Longhaul / Midhaul

Ort A: Laserquelle

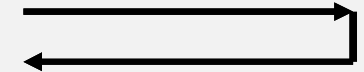


Ort B: Pegelmesser

- Schleifenmessung

FTTA

Ort A + B: Kombitester Laserquelle / Pegelmesser



- Duplex Messung

Distributed 5G Cloud datacenter

Ort A + B: Kombitester



- Bidirektionale Messung

Longhaul / Midhaul
VIAVI: Fibercomplete

Ort A + B: Kombitester



- Multifaser

Distributed 5G Cloud datacenter

Ort A: Laserquelle



Ort B: Pegelmesser

VIAVI Familien für IL / RL Messungen

SmartPocket



Power Meters
OLP-35,38

Light Sources
OLS-35,36

SmartClass



WDM Channel Checkers
OCC-55,56

Tunable Laser Source
TLS-55 Encore

Optical Talk-set
OTS-55

Optical Attenuator
OLA-55,56

SmartClass Fiber



Display HDI4 (Scope Display)

Power Meters OLP-85
Light Sources OLS-85

PON Power Meter OLP-87,88

Loss Test Set OLTS-85
Return Loss Meter ORL-85

Bidir Testsets

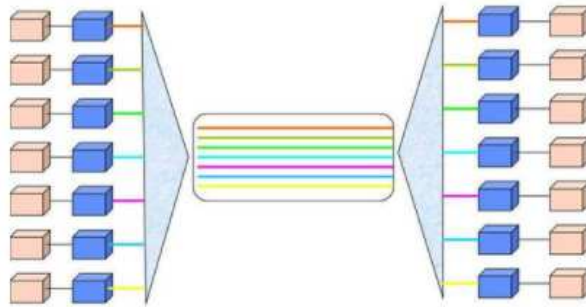


MTS-2000 + FCOMP
MTS-4000 + FCOMP

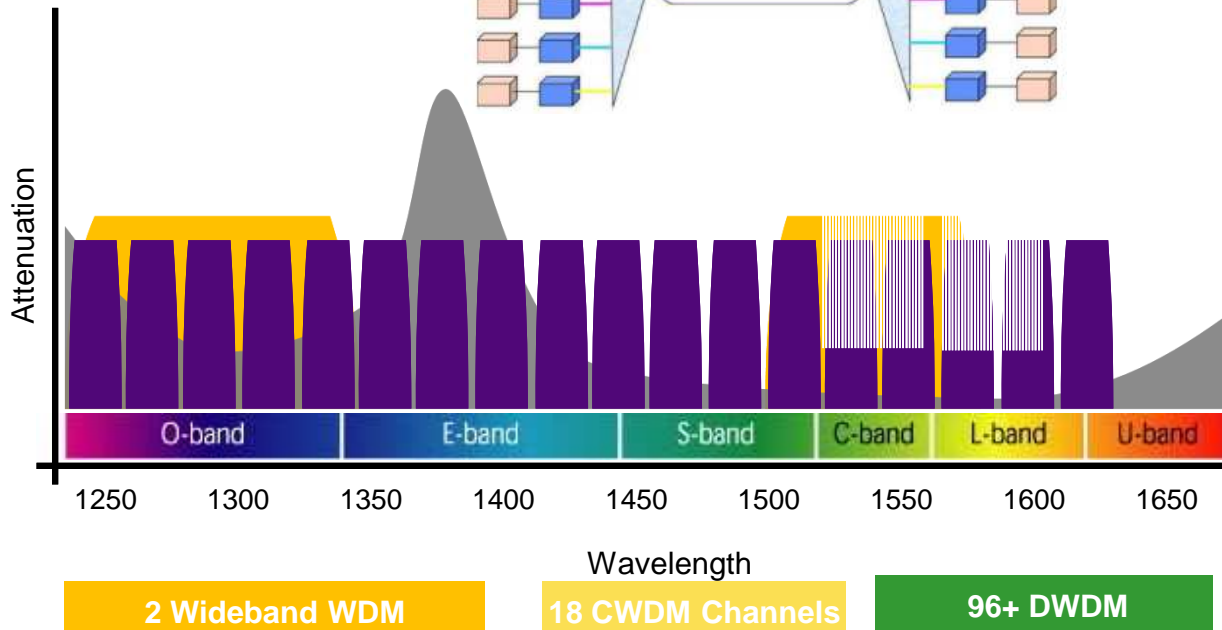
Faser Validierung 2

DWDM & CWDM
neue Messanforderungen

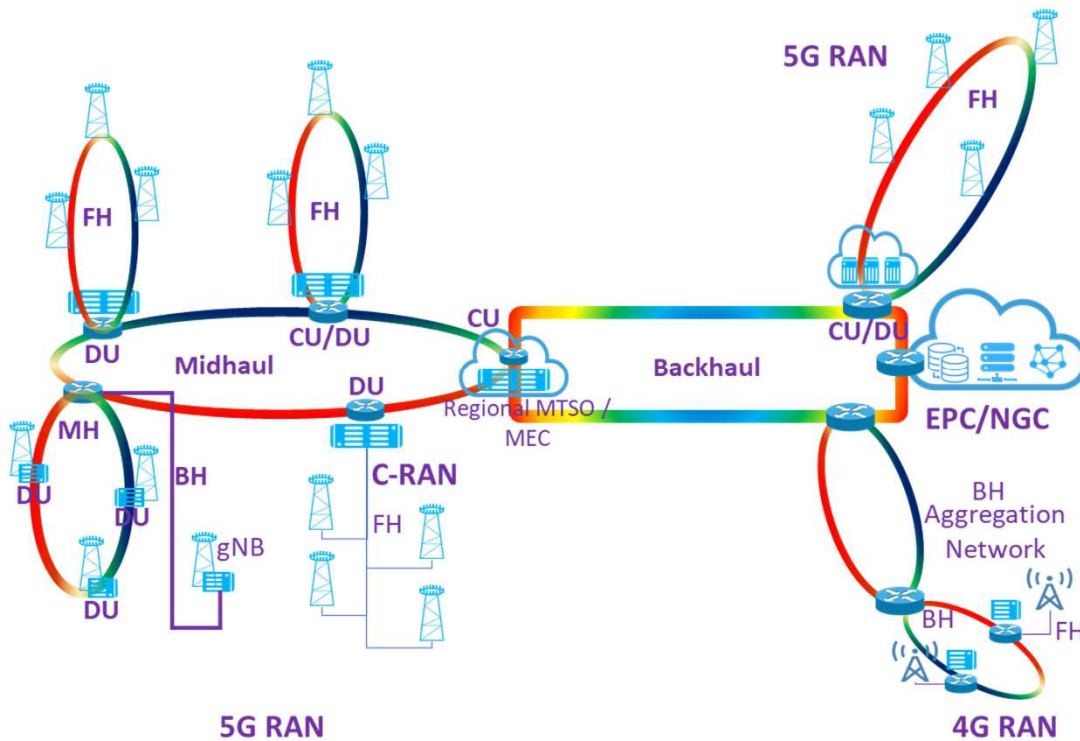
WDM - Varianten in Access und Backbone von 5G Netzen



- Breitband WDM Kanäle ~200 nm auseinander (1310/1550nm)
heute vereinzelt noch SDH + WDM im C-Band
- 18 CWDM Kanäle mit Linienabstand 20 nm
- DWDM Kanäle
~0.4 oder 0.8 nm auseinander (50G/100G Grid)
- DWDM erlaubt eine sehr effiziente Vielfachnutzung bei niedrigster Faserdämpfung
bis zu 80-96 / >160 Kanäle in C- oder C- + L-Band



LWL-Faser als physikalisches Verbindungsmedium 5G



Fronthaul DU-RU

- CPRI/eCPRI/ORAN
- Range <20km
- Latency micro seconds

Midhaul CU-DU

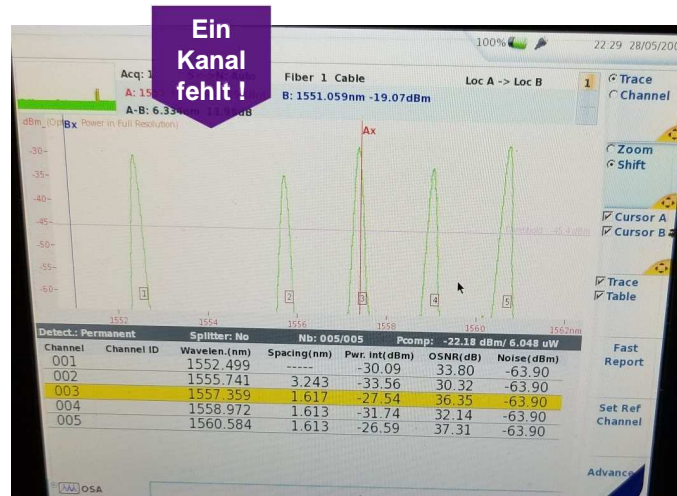
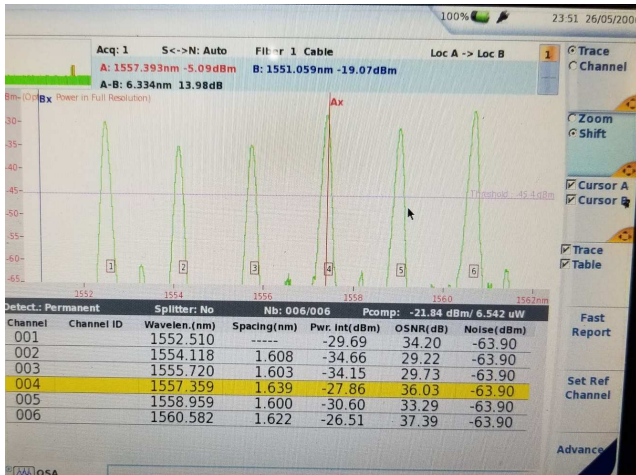
- F1 Interface
- Range <80km
- Latency low milliseconds

Backhaul CU-Core

- S1 Interface
- Range <200km
- Latency tens of milliseconds

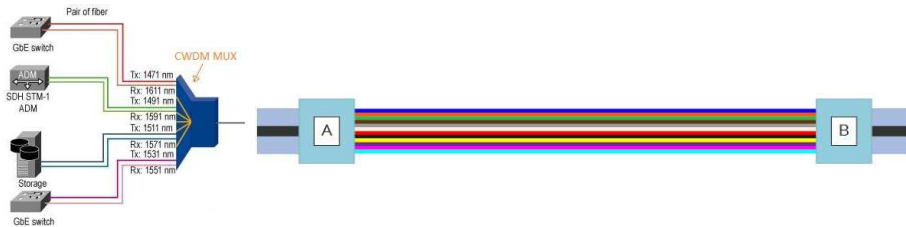
Abnahme Pegelmessung am CWDM-/ DWDM-System

- Kanalliste und Pegel mit VIAVI Channel Checker OCC-55/56 oder Modul 4055/56 in MTS-2k/4k überprüfen



Feeder Signal: 6 Kanäle geschaltet

Receive Seite: nur 5 Kanäle erkannt



CWDM System

Receiver



viavisolutions.com.

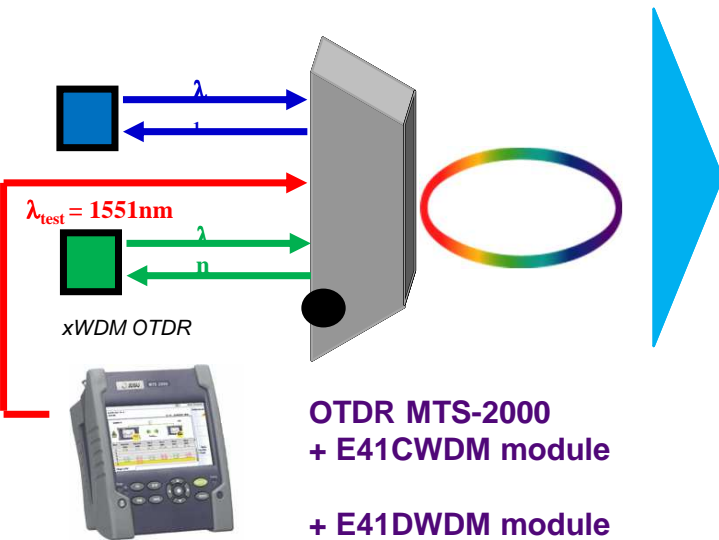
© 2021 VIAVI Solutions Inc.

18

CWDM-/DWDM In-Service-Messung: OTDR-Messung

- Neue, unbenutzte Wellenlänge einmessen - geht mit OTDR nur über passive Mux/Demux
- Pfad-Durchgang prüfen (Filter, Mux/Demux ok ?)
- In-service Test am unbeschalteten Kanal und in Betrieb befindlichen System
 - OTDR Test ohne Störung der anderen Kanäle
 - Fehlerhaft einstreudendes Licht wird erkannt

*Investschutz, keine Trainings nötig:
Vorhandene OTDR's mit Modulen erweitern*



1551nm Messung über Mux / Demux in Gegenwart anderer belegter Kanäle

NEU ! Weltweit kleinster All-Purpose VIAVI Nano - OSA

Nano OSA: Was ist das ?

Positioniert zwischen OSA-110 und OSA-500 !
Echter OSA jetzt für jeden Techniker bezahlbar !

- **Weltweit kleinstes Fullband Spektrum Analyzer Modul**
 - Messbereich Full Wavelength Band 1260 nm bis 1650 nm
 - Hohe optische Auflösung für DWDM bis 33 GHz Channel spacing
- **Verfügbar als**
 - **Optical Channel Verifier OCV-4100**
 - Ch-power, ch-wavelength
 - **Optical Spectrum Analyzer OSA-4100**
 - Ch-power, ch-wavelength, **OSNR, Drift** Upgrade per Softkey !
- **Integrierter SFP Slot für SFP/SFP+ Transceivers**
- **Unterstützt alle VIAVI Field Plattformen:**
 - MTS-2000V2, MTS-4000V2
 - MTS-5800 V2
 - ONA-800
 - ONA-1000 (planned)

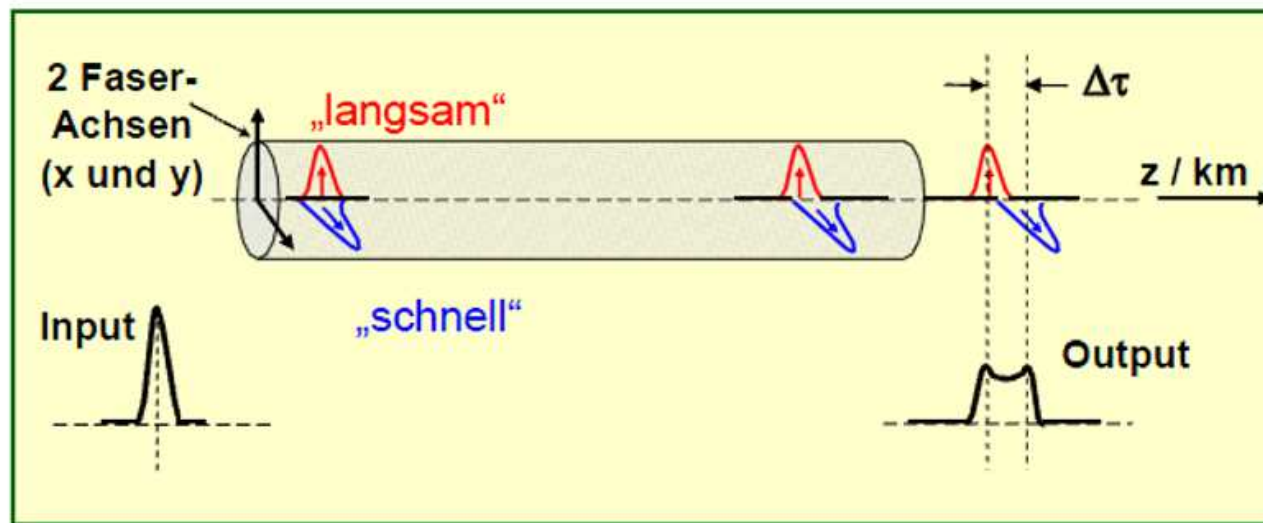


Backhaul 1

Faserqualifizierung für hohe
Bandbreiten → PMD?

Entstehung und Auswirkung von PMD

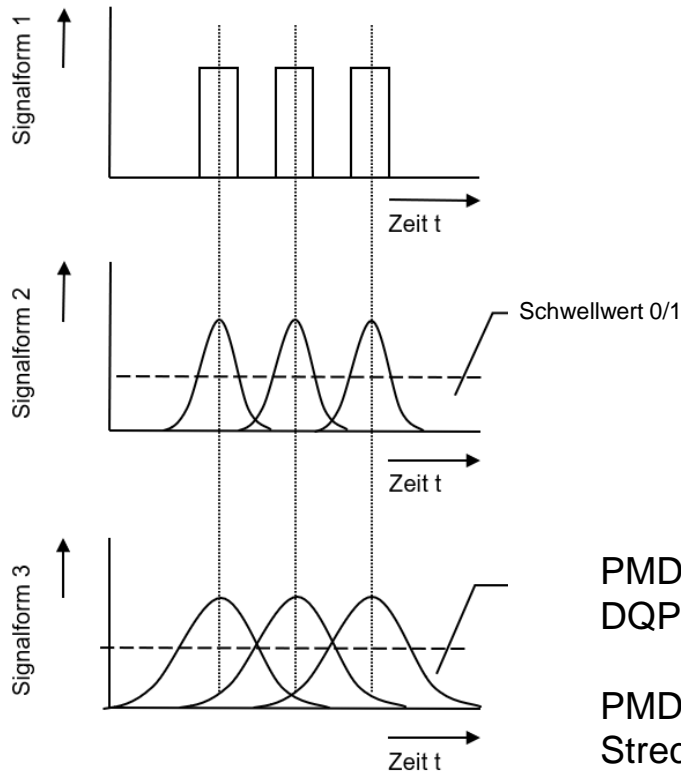
- ▶ **Physikalischer Grund:**
Unterschiede in den Brechungsindex-Werten der beiden orthogonalen Polarisationsanteile des Lichtes.
- ▶ **PMD-Effekt:**
"Signal-Verschmierung": macht sich am Faser-Ende als zeitliche Impuls-Verzerrung und -Verbreiterung bemerkbar.



Ursachen für PMD Anstieg:

- Bending auf Faser
- Temperaturänderungen
- Faserschwingungen
- Faserdehnungen
- Faserstauchung beim Einblasen
- Alle mechanischen Deltakräfte

PMD Einfluß führt zu Pulsverbreiterung



Die differentielle Gruppenlaufzeit soll für NRZ Signale $< 3/10$ der Bitdauer sein, um vor Bitfehlern genügend geschützt zu sein. Aus Vorsichtsgründen wird mit $1/10$ der Bitdauer kalkuliert 10Gbit entspricht 100ps. Grenzwert:10 ps.

Wegen Gaußverteilung ist die Wahrscheinlichkeit, dass das 3-fache von dem Wert überschritten wird $= 4,3 \cdot 10^{-5}$. Mittels theoretischer Herleitung ergibt sich daraus der Grenzwert nach ITU-T G.691: **$PMD_1 < 1/10$ der Bitlänge** für NRZ Modulation.

Die mögliche Reichweite der Faser bei NRZ ist $L < (A / R * PMD_1)^2$ mit $A = 0,1$, $R =$ Datenrate, $PMD_1 =$ PMD Koeffizient 1. Ordnung

PMD-robustere Modulationen wie RZ, DB, DQPSK ermöglichen größere Distanzen.

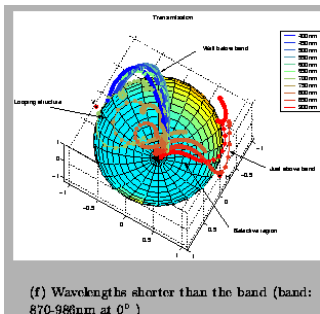
PMD-Werte von hintereingeschalteten Strecken addieren sich mit quadratischer Mittelung!

PMD kann im Feld rein optisch nicht kompensiert werden !

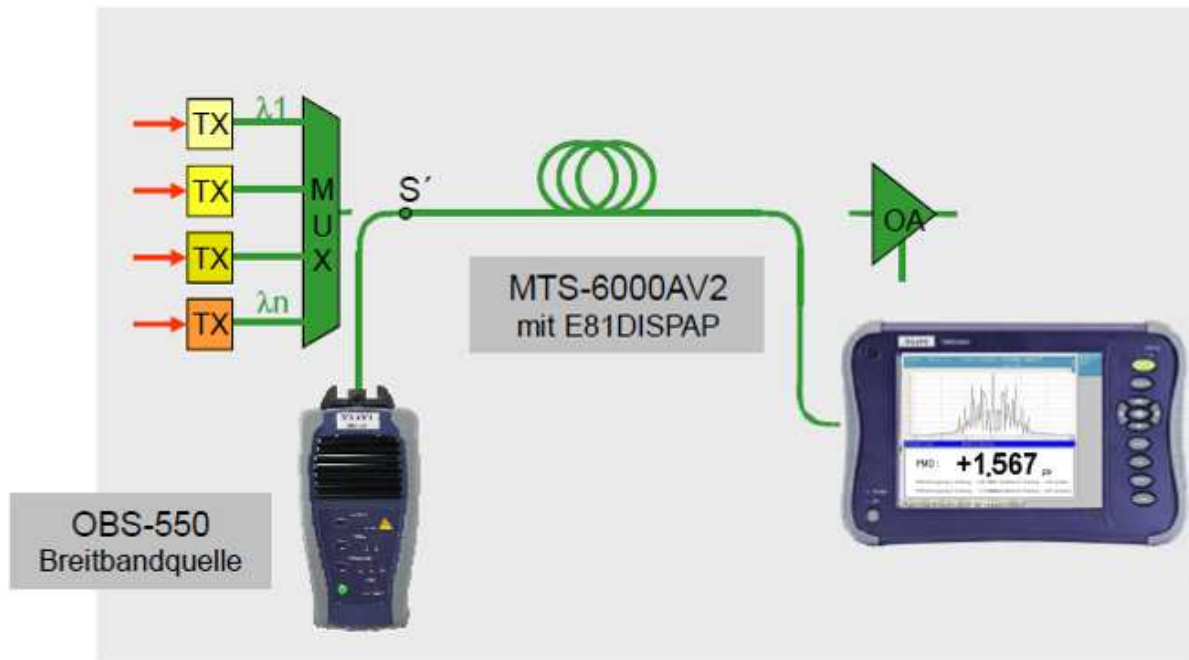
PMD Messmethoden (siehe auch G-650.2)

Stokes Parameter Methoden:

- Jones Matrix Eigenanalyse: ANSI/TIA/EIA Standard FOTP-122
- Poincare Sphere Auswertung: Laboranwendung
- State of Polarization Methode: Laborapplikation, nicht mehr zugelassen für starke Kopplung (ungenau)
- **Fixed Analyser Methode:** ANSI/TIA/EIA Standard FOTP-113 → VIAVI DISPAP /MRDISPAP Modul + OBS-500/550/BBS2A
- **Interferometer Methode:** ANSI/TIA/EIA Standard FOTP-124 → sogenannte „Single ended Methode“
- P-OTDR Methode: Ungenaue Werte /nur für kurze Strecken
- Simple calculation: Data-PMD Werte einzelner Links geometrisch addieren



Normgerechte Messanordnung zur PMD- Messung



Das optische Dispersionsmodul ODM von VIAVI (E81DISPAP) führt die notwendige Referenzierung des Polarisators automatisch vor jeder Messung durch. Das vermeidet Fehlbedienungen.

→ [Einfache Bedienung schließt Bedienfehler aus.](#)

Kundenvorteil 1 gegenüber Interferometer-Methode:
Messzeit 8-20 sec statt mehreren Minuten ! 😊

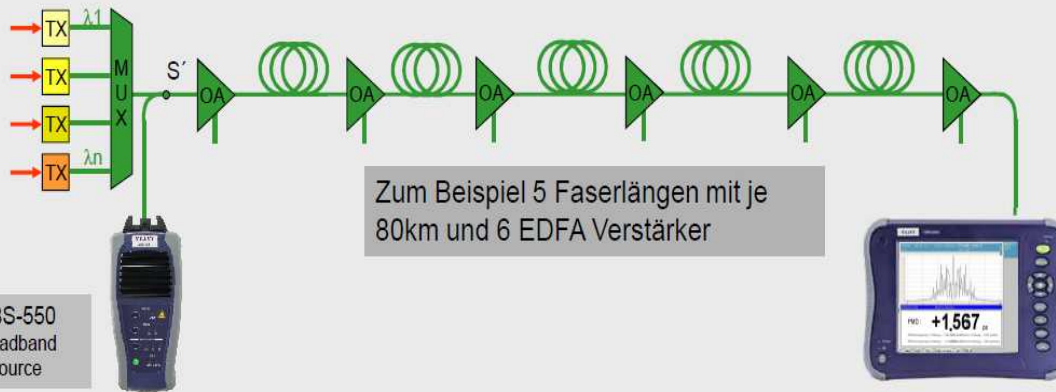
PMD 96-er Faser VIAVI: 16 Minuten reine Messzeit

Interferometermethode: >160 Minuten reine Messzeit

bei der angeblichen „Single Ended Messung“ muß auf Gegenseite bei Singlemode ein Referenzreflektor gesteckt werden. Am anderen Ende auch eine Person.

Kundenvorteil 2: Modul bietet auch CD & AP Messung

Link PMD Messung auch über EDFA Verstärker hinweg



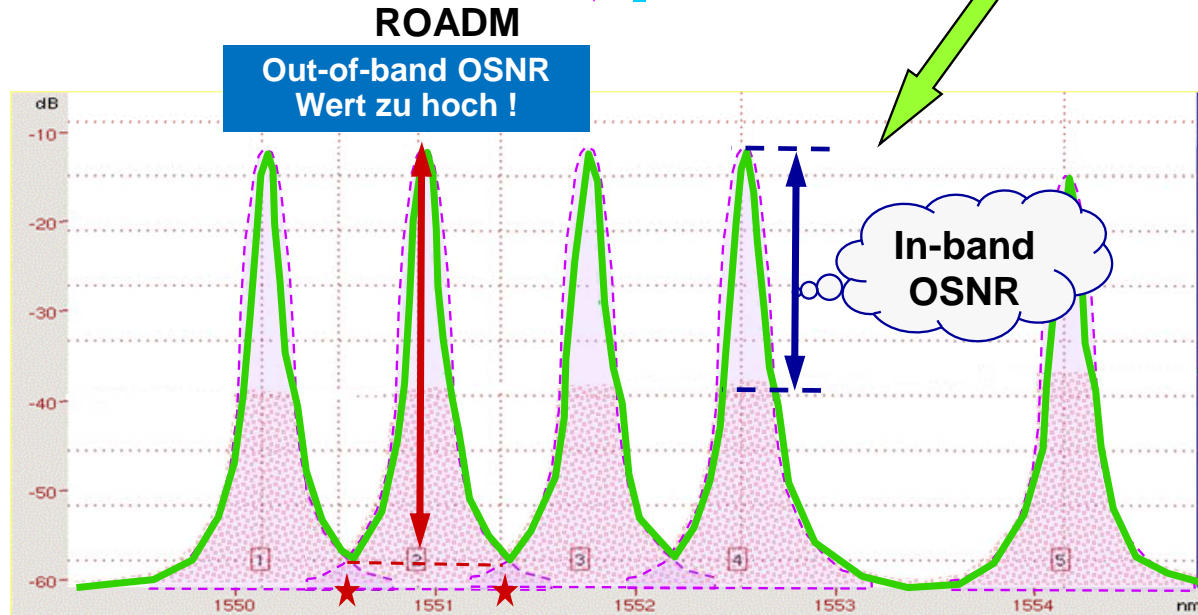
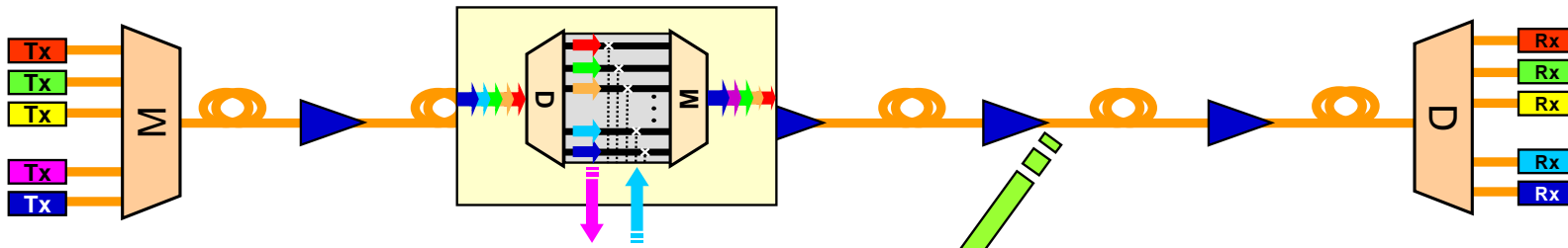
Das optische Dispersionsmodul ODM von VIAVI (E81DISPAP) mit der Fixed Analyser Methode misst die PMD auch auf verstärkten Glasfaserverbindungen (Link PMD).

... hier versagt die „Single Sided“ Interferometer Methode

Backhaul 2

ROADM & Kohärente
Übertragung:
Signalqualität qualifizieren

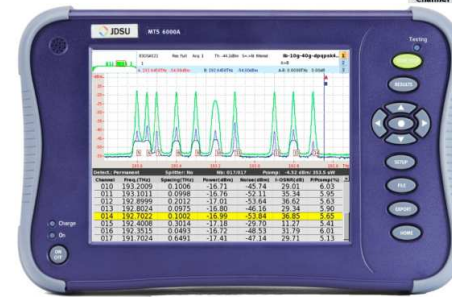
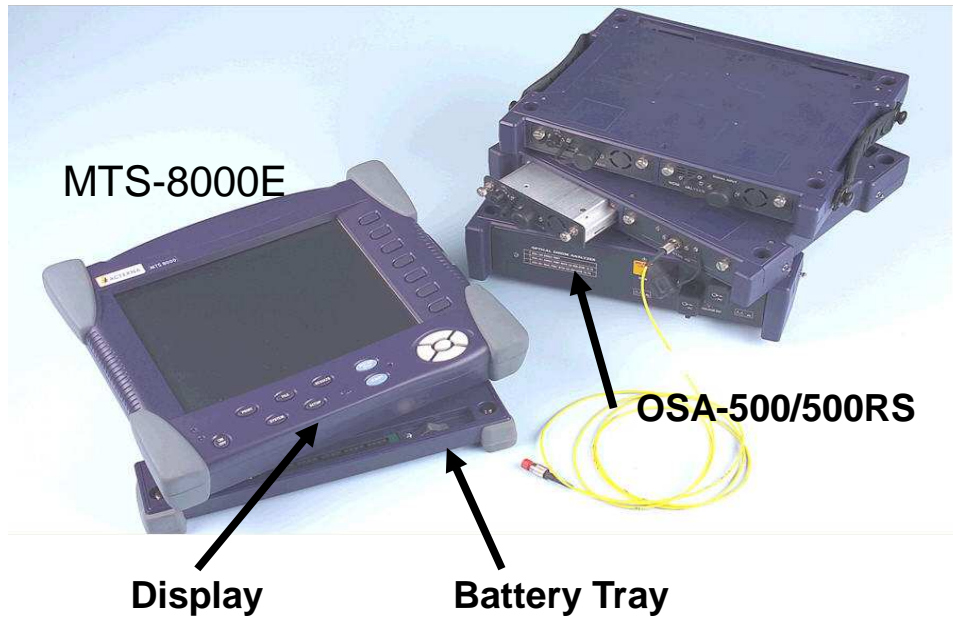
Korrekte OSNR Messung hinter einem ROADM – aber wie?



Welches ist der wahre OSNR Wert ?

Inband OSNR Messlösungen von VIAVI

- MTS-8000 mit OSA-500R oder OSA-500RS (schneller)
- MTS-6000 mit OSA-110R
- Vorteil der VIAVI Inband Methode: echte In-Service Messung, kein On/Off !



MTS-6000AV2 mit OSA-110R

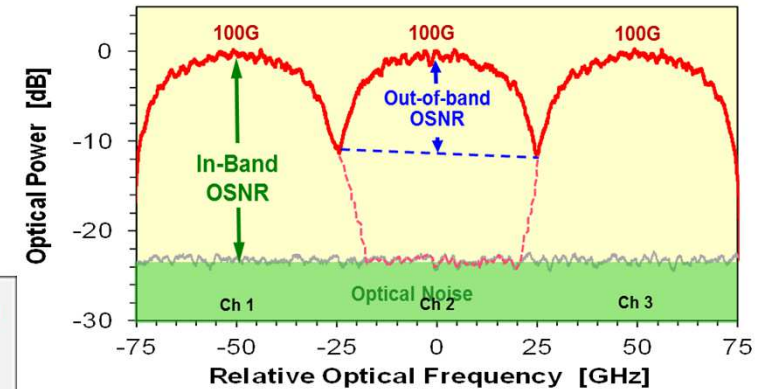
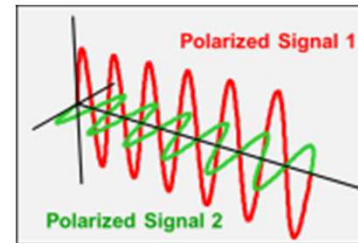
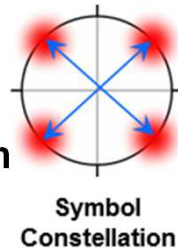


Neue Herausforderung: OSNR Messung an 100G+

Überlappende Spektren für 100G @ 50 GHz Kanalraster

- Grundrauschen nicht sichtbar zwischen den 50-GHz gerasterten Signalen
- Traditionelle OSNR Methoden (IEC...) ohne Inband- OSNR Messung prinzipiell nicht anwendbar

- **Forderung: In-band OSNR Messung**
- **Aber: kein eindeutiges Min/Max vorhanden**



Weiterhin: Moderne komplexe Modulationsarten

- benutzen Phasenmodulation, z.B. DQPSK
- benutzen Polarisations Multiplexing (Polmux) zur Übertragung
- **Forderung: OSNR Messung für Polmux Signale**
- **Aber: geht nicht mit der In-Band Methode → Rückfall zu On-Off**

VIAMI hat die Lösung für In-Service OSNR bei DP- / Polmux Signalen

Der OSCA-710 arbeitet wie ein Kohärenter Receiver

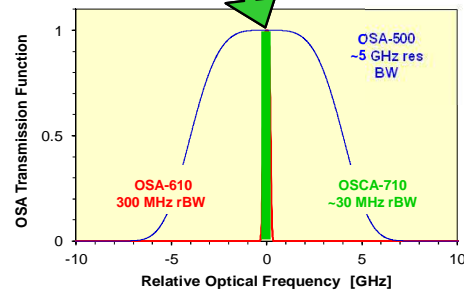
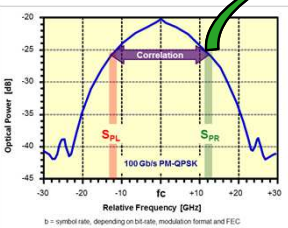
- Ermittlung und detaillierte Charakterisierung nach Amplitude, Frequenz, Phase und Polarisation
- Unabhängig vom Modulationsformat (OOK, PSK, QAM) und Datenrate (100G/200G/400G+)
- Funktionsfähig für Polmux Signale
- Unbeeinflusst von OADM Filterung
- Arbeitet In-Service an aktiven Links
- Qualifiziert auch „alte“ RZ / NRZ Signale

OSA type	VIAMI OSA	RBW	
Monochromator	OSA-500	40..100pm	5 .. 12 GHz
	OSA-110		
Coherent detector	OSA-610	2,4 pm	300 MHz
	OSCA-710	0,24pm	30 MHz

UTM-710
Utility Module
OSCA-710
Correlation Optical Spectrum Analyzer



MTS-8000 mit OSCA-710



Midhaul, Fronthaul, FTTA

Plug & Play, Plug & Pray?

Midhaul, Fronthaul, FTTA: Plug & Play, Plug & Pray ?

Multifaser Messungen	→ zeitaufwendig	... wirklich alle Fasern messen ?
Bidirektionale Messungen	→ zeitaufwendig	... ach, das schenke ich mir...
Dokumentation	→ zeitaufwendig	... Zuordnung der Messungen ...

Dokumentieren Sie vollständig !

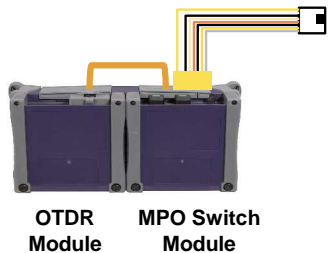
Gewinnen Sie Zeit mit automatisierten, schaltergestützten Messungen !

Was im RZ an 12 Faser MPO begann, geht heute auch im Weitverkehr (Midhaul / Fronthaul): FCOMP + Schalter



Viavi MPO Switch Module

- 4100-Series module format
- For T-BERD/MTS-4000 & V2 Platform
- SM



OTDR Module MPO Switch Module



Stufe 1

Bis zu 12 Fasern
über MPO Fan-Out
Kabel stecken. Im OTDR
integrierter Umschalter !

Stufe 2

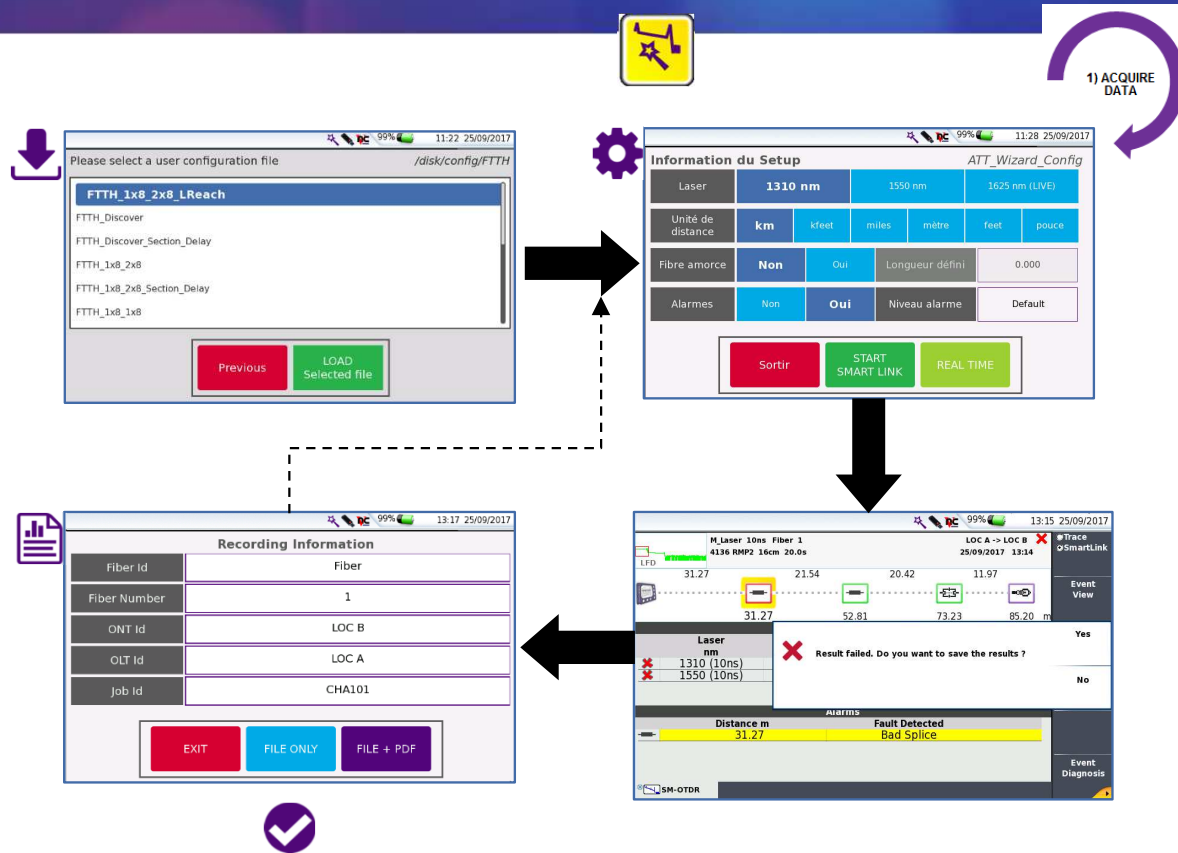
Messung über größere
optische Umschalter
Messung remote mittels
ONMSi mit FO Schaltern

First to market fully integrated & lower cost (-15%) solution

Contractor Management

Professionelle
Test Process Automation

Automatisierung Stufe 1: SmartTEST – OTDR Assistant

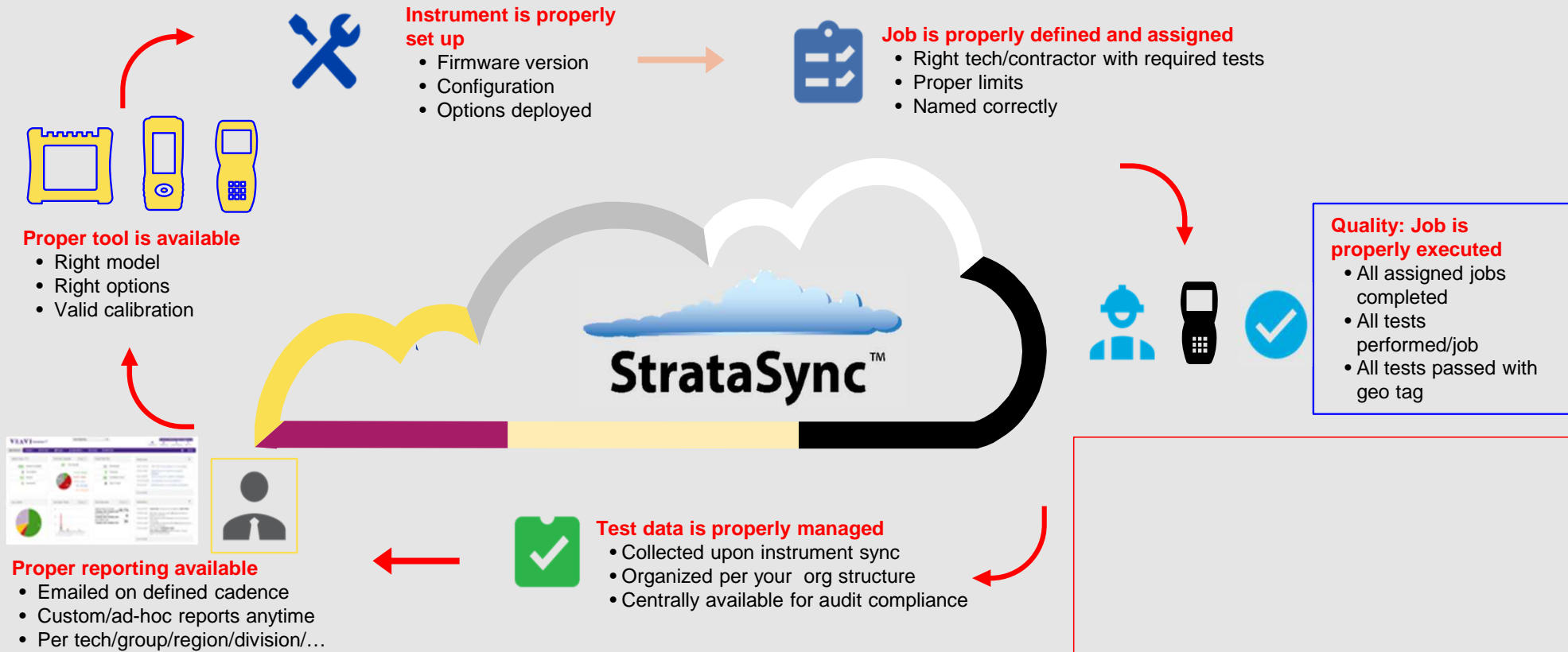


Intelligenz im Messgerät
Ohne Cloud
Ohne Schulung
Ohne Unsicherheit

→ Spart Nerven und Zeit
→ Monetärer Gewinn
→ Vertrauen in das Tool

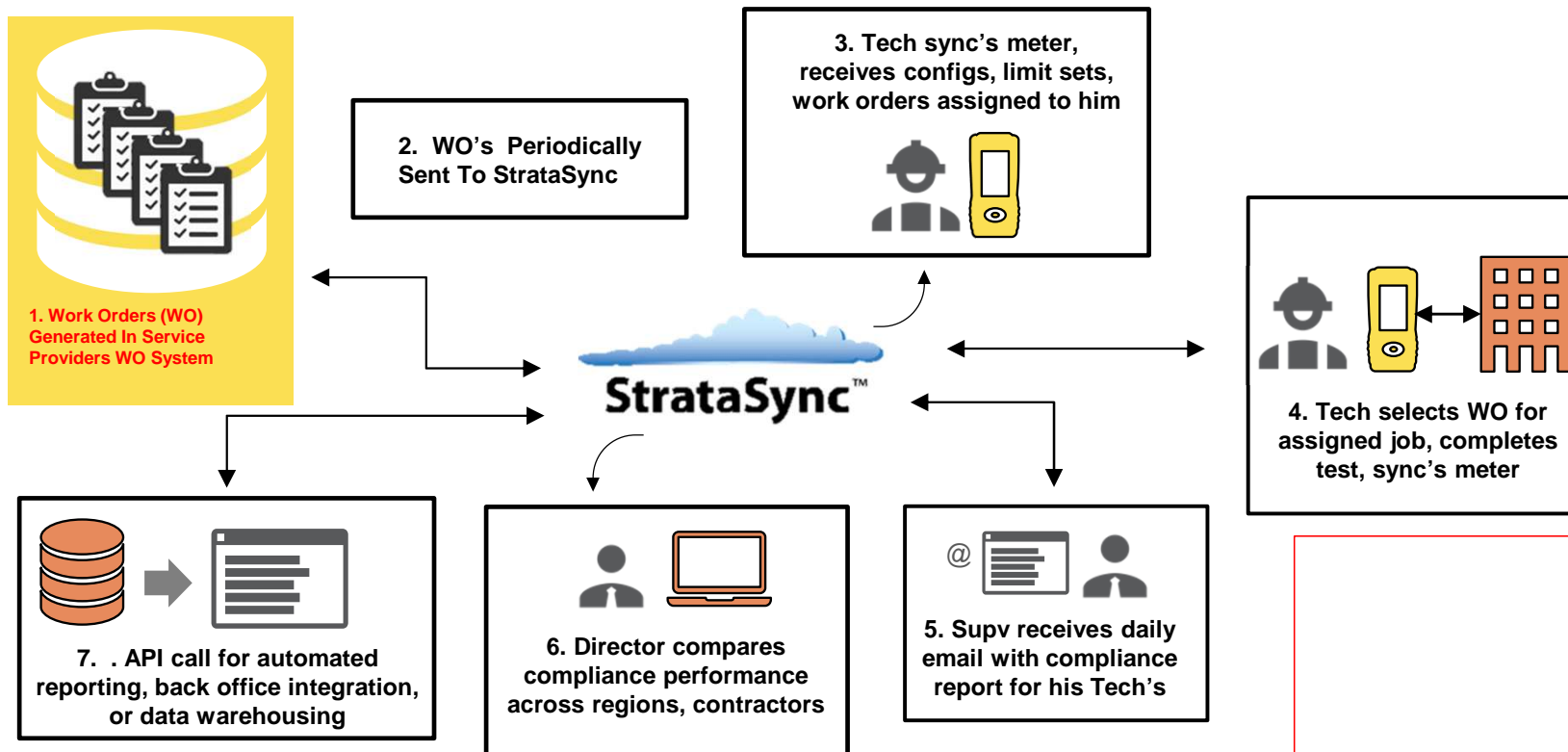
Der Techniker bekommt die Konfigurationsdateien per E-Mail
... oder diese befinden sich schon auf dem Tester

Automatisierung Stufe 2: StrataSync Cloud WorkFlow



Die Konfigurationen über Cloud, Messergebnis geht in die Cloud

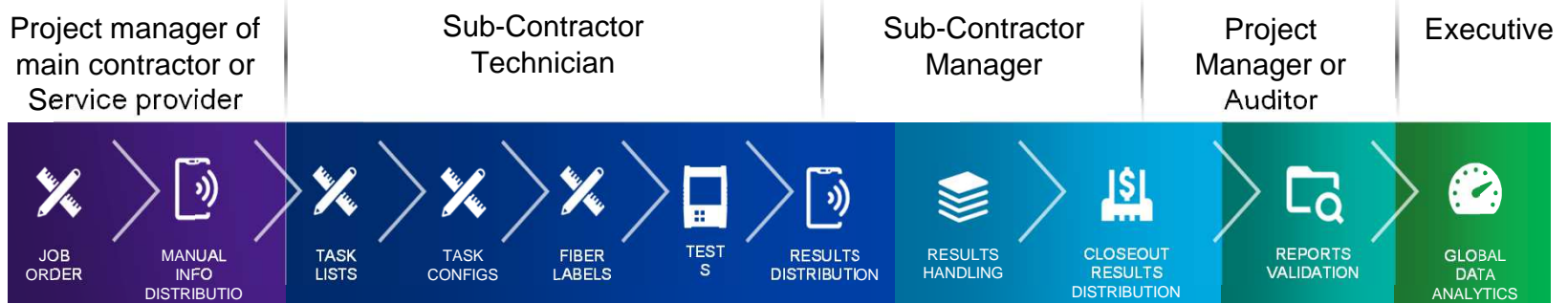
Automatisierung Stufe 3: Übernahme Workorders per API



API: Integration in Kunden Workorder-Systeme, Übergabe an Reporting Systeme

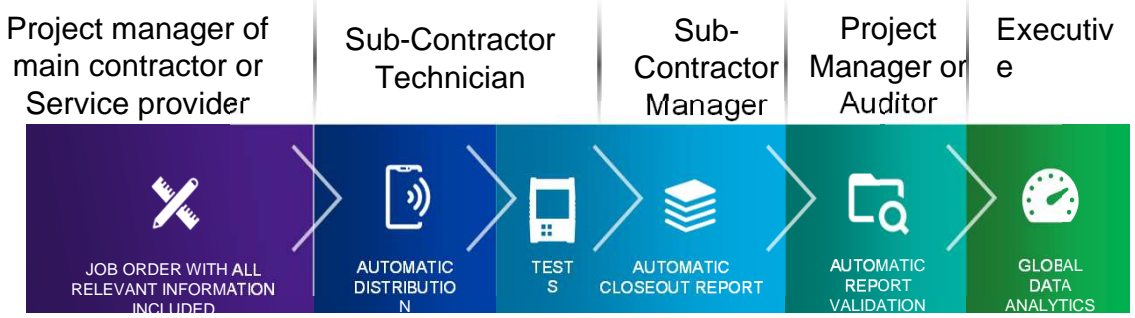
Enormer Zeit-/ Kostengewinn durch Test Process Automation

NO AUTOMATION



Improvement in the Fiber Construction process ?

WITH AUTOMATION



Realtime Projektübersicht

Ergebnisse automatisiert
einsammeln, Fake Messungen
verhindern

Realtime Analysen des Projektverlaufs, Audits, Reviews

Automate Network Audit



Auditors and Managers

- Analyze results and get Insights
- Quality visibility for acceptance

Global Fiber roll up pass/fail

View events charts with pass/fail indication on each fiber event

Details show which cables and contractors comply



Zusammenfassung

Cleaning & Inspection

- ohne Kontrolle fahren Sie blind und riskieren Mehrarbeit. Die IEC 61300-3-35 ed.2 zwingt zur Stichproben- Mikroskopmessung an Patchfeldern

Faserqualifizierung 1

- konsistente Dokumentation von IL und OTDR Trace sichert Übergabe Qualität
- Referenzdokumentation mit beidseitiger Messung dringend empfohlen (Spleisse)

Faserqualifizierung 2

- Neue Messtechnik hält Einzug bei den Installateuren: Channel Checker, OSA´s, CWDM- / DWDM OTDR´s

Backhaul 1

- bei > 10G und > 10km immer PMD Messung

Backhaul 2

- Inband OSNR OSA-Messung hinter ROADMs verfügbar
- In-Service Messungen an kohärenten Systemen (OSCA-710) sind möglich

Midhaul, Fronthaul FTTA

- automatisierte BiDir- und Loop OTDR Messungen steigern die Netzqualität
- High Fiber Count Messungen sparen Zeit & Geld

Test Process Automation

- Realtime Projektübersicht, Cloud TPA beschleunigt Inbetriebnahme, Time is money



VIAVI

VIAVI Solutions

viavisolutions.com