

sachsenkabel  
euromicron gruppe



## 40GBASE-SR4 & URM-Infrastruktur Verifizierung per BER-T und OTDR

White Paper





## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	3
Executive Summary .....	4
URM-System .....	5
Technischer Hintergrund .....	7
Verifizierung .....	8
Messgeräte und Messaufbau .....	9
Ergebnisse in der Übersicht.....	10
Fazit .....	14
Autoren .....	15
Firmenprofile .....	15

## Executive Summary

In der kommenden Migrationsphase von 40G Ethernet werden Mehrfasersteckverbinder auf Glasfaserbasis eine zentrale Rolle spielen. Die technische Weiterentwicklung von Transceivern ermöglicht es, mit einem Modul 4x10G zu übertragen und zu empfangen. Die hierbei notwendige hohe Dichte von 8 LWL-Fasern in einem Stecker lässt sich nicht mehr mit dem LC(dx) realisieren. An dieser Stelle kommt bisher ausschließlich der MPO-Steckverbinder zum Einsatz.

Der MPO-Steckverbinder weist allerdings aufgrund seiner Bauart einige technische Nachteile auf. Bei MPO werden 12 Fasern in einer Kunststofferrule geführt. Dies hat zur Folge, dass die Fasern im Fertigungsprozess nicht individuell sondern gemeinsam poliert werden müssen. Daraus resultieren tendenziell eher hohe Dämpfungswerte. Erschwerend kommt hinzu, dass die Fasern im MPO-Steckverbinder nicht einzeln sondern nur gemeinsam, also mit ungewissem Ergebnis, gereinigt werden können.

URM hingegen basiert auf bewährten, einzeln polierbaren Keramikferrulen, die hervorragende Dämpfungseigenschaften erzielen. Diese können auch im Praxiseinsatz separat und zuverlässig gereinigt werden.

Damit stellt das URM-System eine mehr als valide Alternative zu MPO dar!

Um die Qualität unter der Berücksichtigung der hohen technischen Anforderungen nachzuweisen, beschreibt dieses White Paper den Aufbau und die messtechnische Analyse einer URM-Verkabelungsstruktur.

## URM-System

URM – bedeutet „You Are Modular“ und steht für eine modulare, flexible und einfach umzusetzende Verkabelung mit diesem System.

Die Kernkomponente des URM-Systems ist die 8-fach Kupplung „K8“ für das Patchfeld. Wie in Abbildung 1 dargestellt, können in die Kupplung „K8“ entweder ein 8-fach Stecker „P8“ oder 4 duplex Stecker „P2“ gesteckt werden.

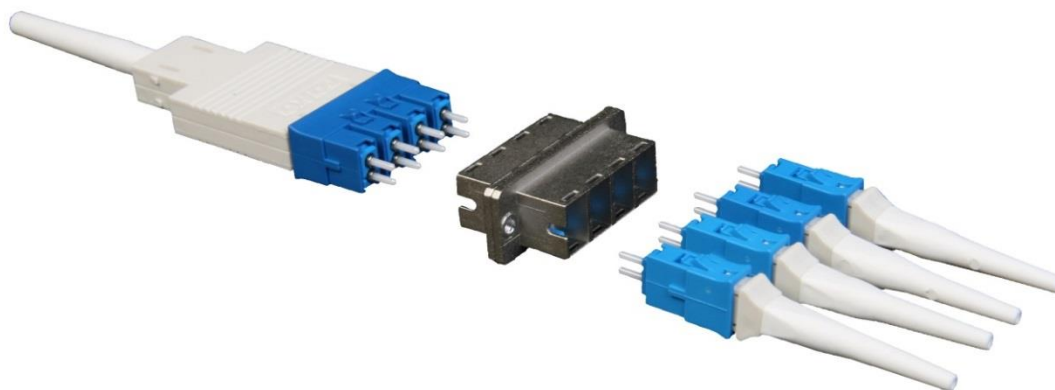


Abbildung 1: URM-System

Um die Modularität zu verdeutlichen, enthält die nachfolgende Tabelle 1 einen Vergleich der verfügbaren Verkabelungssysteme auf Basis von Mehrfasersteckern.

	URM-System	MPO-System
<b>Ferrule</b>	Keramik 1,25 mm (SFF)	Kunststoff
<b>Faseranzahl im Stecker</b>	2, 8	Bis zu 24
<b>Stecker</b>	P2 (duplex) P8 (8-fach)	MPO xx female MPO xx male (mit Pins)
<b>Steckerpolarität tauschbar</b>	Ja (P2)	Nein
<b>Kupplung</b>	K8 (8-fach)	Type A (key up, key down) Type B (key up, key up)
<b>Kompatibilität</b>	Ja P8 <-> 4 x P2	Nein MPO 12 <-> MPO 24
<b>Patchkabel Duplex</b>	Ja	Nein
<b>Patchkabel auf LC(dx)</b>	Ja LC(dx) auf P2	Indirekt MPO Kassetten oder MPO Fanout
<b>Patchkabel MPO auf Mehrfachkupplung</b>	Ja MPO auf P8	Ja MPO auf MPO

*Tabelle 1: Vergleich Verkabelungssysteme*

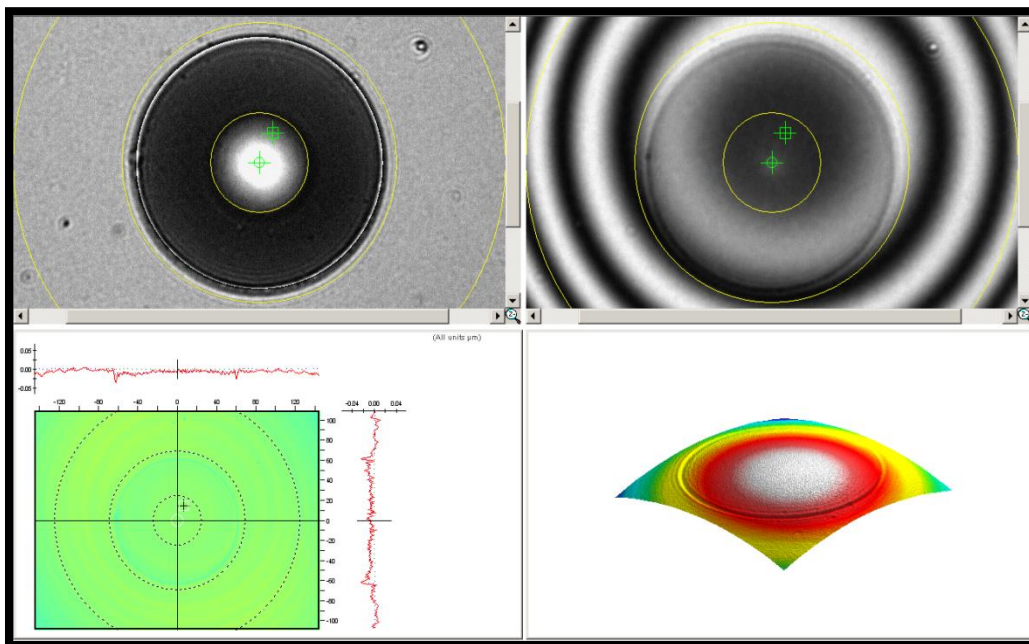
Mit einer URM-Trunkverkabelung kann durch einen einfachen Tausch der Patchkabel jederzeit und unkompliziert zwischen LC(dx) und MPO basierenden Aktivgeräten gewechselt werden. Wogegen bei einer Trunkverkabelung auf MPO-Basis zusätzliche Steckverbindungen und Kassetten notwendig sind, um Aktivgeräte auf LC(dx) Basis anzubinden.

## Technischer Hintergrund

Der hohe Anspruch an die passive Infrastruktur wird durch folgende Themen erzeugt:

Stirnflächengeometrie:

Die Geometrie der polierten Ferrule beeinflusst entscheidend die Reproduzierbarkeit einer Steckverbindung und die Einfüge- und Rückflussdämpfung von LWL-Steckern. Nur wenn die im Stecker eingeklebten Fasern nach dem Steckvorgang ideal und ohne Luftspalt aneinander gepresst werden, können minimalste Dämpfungswerte erreicht werden.



*Abbildung 2: Interferometrische Vermessung einer Ferrule des P2 Steckers*

Dies wird durch hochgenaue Keramikferrulen, eine ballige Politur der Stirnflächen, wie in Abbildung 2 ersichtlich, und im Fall des APC-Schliffes durch einen zusätzlichen Winkel erreicht. Dieser ist notwendig, um die Rückreflexionen auf ein Minimum zu reduzieren.

Insertion Loss (IL):

Jede Steckverbindung erzeugt eine Dämpfung an der Stirnfläche, an der beide Faserenden aneinander stoßen. Kratzer, Schmutzpartikel, Faserversatz und Luftspalte führen zu einer Erhöhung der Dämpfung. Solche Fehler stören den optischen Signalweg durch die Faser und führen durch versetzte Einkopplung, Streuung, Absorption und Reflexionen zu einer Reduzierung der Signalleistung bei jedem Übergang.

Return Loss (RL):

Zusätzlich zum Insertion Loss wird an jeder Steckverbindung ein Teil des Signales zurück zum Transceiver reflektiert. Die beim Insertion Loss erwähnten Fehler erhöhen nicht nur die Dämpfung, sondern auch die Rückreflexionen.

Um diese deutlich zu senken, werden beim APC-Schliff die Endflächen der Ferrulen mit einem Winkel von  $8^\circ$  versehen. Dadurch wird der reflektierte Anteil der optischen Signale in einem großen Winkel zurück in die Faser geschickt. Dieser ist größer als der Akzeptanzwinkel der Faser und führt dazu, dass am Übergang zwischen Faserkern und Mantel keine Totalreflexionen (Singlemodefaser) stattfindet und die reflektierten optischen Signale aus der Faser ausgekoppelt werden. Das Entscheidende hierbei ist eine fehlerfreie Stirnflächengeometrie.

Zusammenfassend:

Die oben erwähnten Effekte sind entscheidend für die Dämpfung einer LWL-Steckverbindung.

URM löst diese Probleme, indem in der URM-Kupplung jede Keramikferrule einzeln in einer geschlitzten Keramikhülse geführt wird und zusätzlich im Stecker die Ferrulen einzeln gefedert und poliert werden. Damit nutzt URM das bewährte Prinzip der LC-Stecker.

Bei MPO wird die Kunststofferrule mit allen Fasern nur im Ganzen geschliffen, als kompletter Stecker gefedert und die Ferrule über die beiden seitlichen Metallstifte geführt. Für die Konfektionäre ist es extrem anspruchsvoll, über alle 12 Fasern des MPO-Steckers die für einen 40G Link notwendige Qualität sicherzustellen.

Zusätzlich zur Dämpfung spielt bei Multimodefasern die Modendispersion eine wesentliche Rolle für die maximale Streckenlänge. Vor allem bei sehr hochwertigen Steckverbindungen ist das Dämpfungsbudget bei der vom Transceiver-Hersteller empfohlenen Linklänge längst nicht ausgeschöpft. An dieser Stelle ist die Modendispersion der begrenzende Faktor.

## Verifizierung

Verifiziert werden soll eine 40G Ethernet Verbindung mit der für den QSFP-40G-SR4 maximal spezifizierten Linklänge von 150 m mit OM4 Fasern und Beurteilung von IL und RL. Der Testaufbau wird durch Verifizierung mit einem OTDR des Herstellers JDSU sichergestellt und nachfolgend die Leistungsfähigkeit der aufgebauten Strecke mithilfe eines BER-Testes von JDSU ermittelt.



## Messgeräte und Messaufbau

### JDSU MTS-4000 OTDR

MM Modul 850nm  
3 ns Pulse  
8 cm Resolution

### JDSU MTS-8000 BER-T

40GE Transport Modul  
QSFP-40G-SR4 (Max. Linklänge 150 m, Dämpfungsbudget 1,5 dB)

Folgende Randbedingungen wurden für den Messaufbau herangezogen. Diese sind stark an eine übliche LWL-Strecke im Rechenzentrum angelehnt und bilden die maximale Länge nach Norm IEEE 802.3ba ab.

- 40G über 8 Fasern OM4
- Trunkverkabelung mit URM-System
- Mindestens 4 Steckübergänge
- Linklänge mindestens 150 m
- OTDR-Prüfaufbau
- BER-Testaufbau inkl. Patchkabel MPO auf URM P8

Umgesetzte Konfigurationen des Mess- und Channelaufbaus:

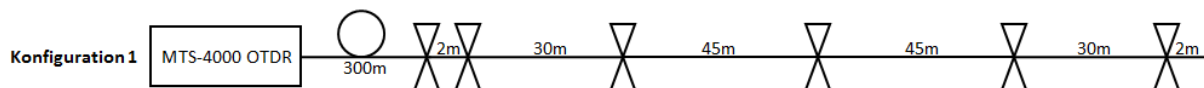


Abbildung 3: Messaufbau Konfiguration 1

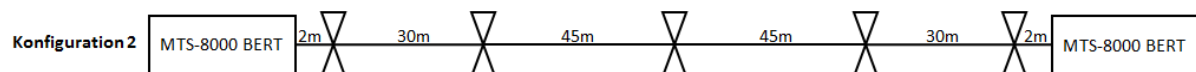


Abbildung 4: Messaufbau Konfiguration 2

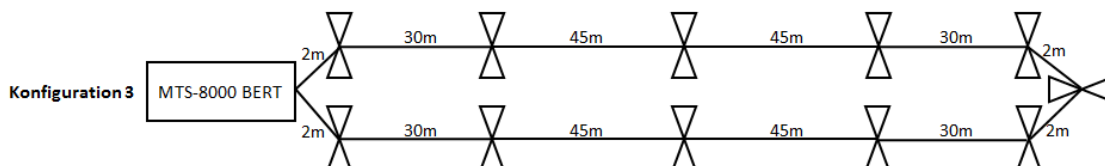


Abbildung 5: Messaufbau Konfiguration 3

## Ergebnisse in der Übersicht

### Konfiguration 1: Dämpfungsbudgets und Rückflußdämpfung

Bei der Überprüfung des URM-Kanals mittels OTDR bestätigte sich die erwartete hohe Qualität der Komponenten des URM-Verkabelungssystems. Es wurde gemeinsam mit JDSU jede Faser in beide Richtungen gemessen, um die jeweilige Dämpfung zu ermitteln. Die entsprechenden Mittelwerte und die dazugehörige Standardabweichung sind in der nachfolgenden Tabelle 2 festgehalten. Der letzte Übergang zum Patchkabel und das darauf folgende offene Ende wurde bei der Auswertung nicht mit berücksichtigt.

<b>Messaufbau</b>	
<b>Steckerübergänge</b>	5
<b>Faseranzahl</b>	8
<b>Linklänge</b>	155 m
<b>Messergebnisse</b>	
<b>Mittelwert der Linkdämpfung</b>	0,48 dB
<b>Standardabweichung</b>	0,06 dB
<b>Ø Steckerdämpfung inkl. Faserdämpfung</b>	0,1 dB
<b>Mittelwert der Rückflusdämpfung</b>	48 dB
<b>Standardabweichung</b>	6 dB

*Tabelle 2: OTDR Messergebnisse URM-Trunkverkabelung*

Nachfolgende Abbildung 6 zeigt die vergrößerte Darstellung der OTDR-Messungen mit dem größten Dämpfungsverlauf über dem Link und mit einer Gesamtdämpfung von 0,57 dB.

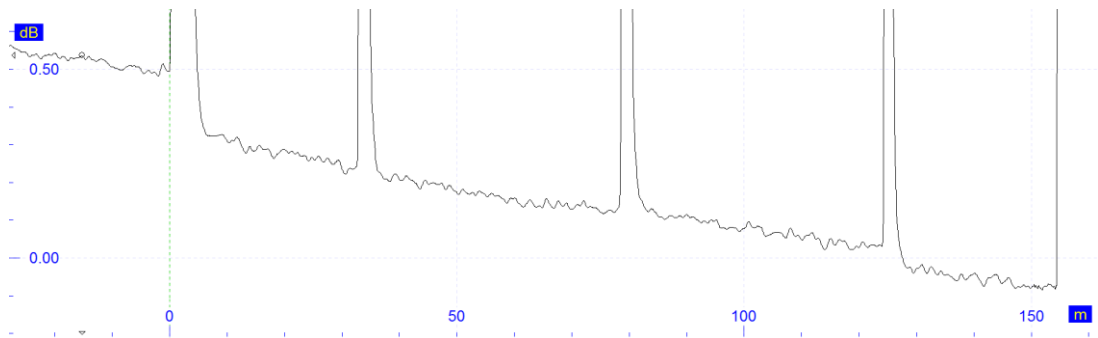


Abbildung 6: OTDR Dämpfungsverlauf über eine Faser des URM-Links

Der erste Peak ist das Patchkabel nach der Vorlaufänge und beinhaltet 2 Steckverbindungen. Bis auf den Reflex sind alle anderen Übergänge kaum von der normalen Faserdämpfung zu unterscheiden. Dies verdeutlicht die hohe Qualität des URM-Verkabelungssystems.

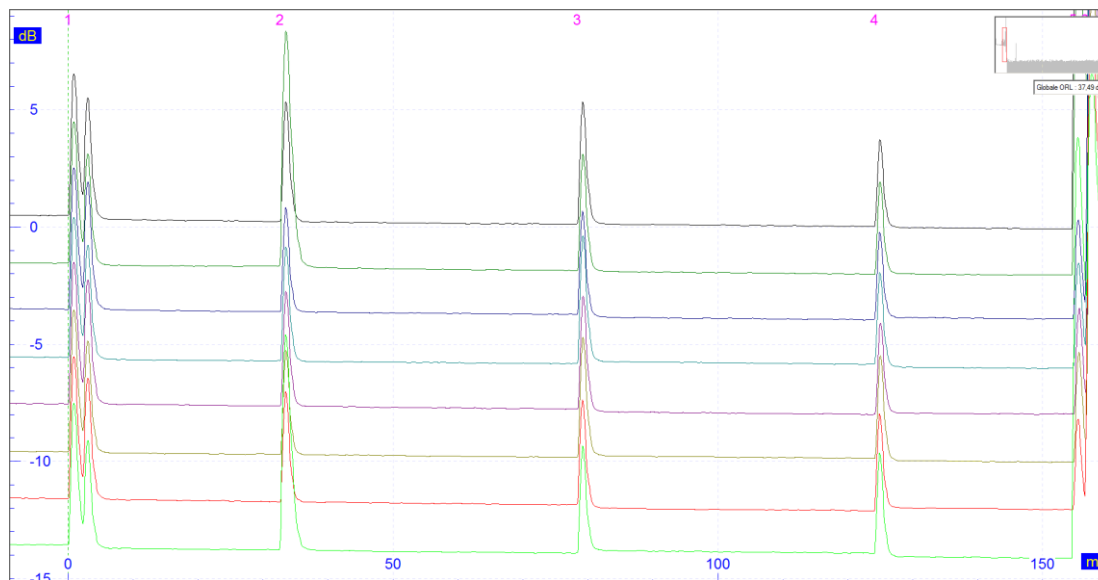


Abbildung 7: OTDR-Dämpfungsverlauf über alle Fasern im URM-Link

Für eine weitere Verifizierung wurden die Links bei Sachsenkabel intern erneut aufgebaut und mit dem JDSU MTS-6000 OTDR vermessen. Das Ergebnis zeigte ähnlich überragende Dämpfungswerte.

#### Konfiguration 2: BER-Test

Die Bitfehlerrate über den URM-Link wurde über einen Zeitraum von ca. 30 Minuten gemessen. Hierbei wurde nicht ein einziger Bitfehler festgestellt. Dieses Ergebnis stimmt mit den Erwartungen überein, vor allem weil die Streckendämpfung deutlich unterhalb des geforderten Dämpfungsbudgets liegt und die Linklänge mit 155 m knapp über der Spezifikation des Transceivers ist.

### Konfiguration 3: BER-Test über 308 m

In dieser Konfiguration wurde der 40G Kanal als Loop mit einer JDSU MTS 8000 Plattform gemessen. Daraus resultierte eine doppelte Linklänge von 308 m. Insgesamt enthält der Kanal damit 11 Steckerübergänge. Der zusätzliche Übergang ergibt sich aus dem benötigten Patchkabel für die Loopbildung.



*Abbildung 8: Messaufbau*

Mit einer durchschnittlichen Streckendämpfung von 1 dB ist das verfügbare Dämpfungsbudget erst zu 2/3 ausgeschöpft und bietet ausreichend Reserven für zukünftige Erweiterungen.

In der nachfolgenden Abbildung 9 ist das Ergebnis des BER-Testes in Konfiguration 3 festgehalten:

The screenshot displays a network testing software interface. At the top, there are navigation buttons: Export, Home, File, Setup, Results, Start/Stop, and Script. The main window shows a test configuration for 'P1: 40GigE Layer 2 Traffic Term'. The test is currently 'Running' and has been running for '30m:22s'. The test parameters are: Tx Payload: BERT, Tx BERT Pattern: 2^31 - 1, Rx BERT Pattern: 2^31 - 1, and Const Load (%): 100. The test results are displayed in a large green box with the text 'ALL SUMMARY RESULTS OK'. To the right of this box, the 'BERT Stats' for Ethernet are shown:

Statistik	Wert
Pattern Losses	0
Pattern Loss Seconds	0
Bit Error Rate	0.00E+00
Bit Errors	0
Bit Errored Seconds	0
Bit Error-Free Seconds	1,822
Bit Error-Free Seconds, %	100

The interface also includes a sidebar with various status indicators (Signal Present, Sync Acquired, Link Active, etc.) and a bottom control panel with buttons for Laser, Actions, Service Disruption, Alarms, Errors, Faults, Traffic Started, Loop Up, Loop Down, LLB, and Pause Frame Insert.

Abbildung 9: Ergebnisse BER-Test in Konfiguration 3

Entgegen den Erwartungen zeigte der BER-Test auch bei einer Linklänge von über 300 m ein fehlerfreies Ergebnis. Diese Linklänge liegt deutlich über der Spezifikation des Transceivers. Entsprechend wurde erwartet, dass die Modendispersion der Fasern eine fehlerfreie Datenübertragung mit der höchsten Datenübertragungsrate von 40G unmöglich macht.

---

## Fazit

### Dämpfungsbudgets:

Bei einer durchschnittlichen Linkdämpfung von 0,48 dB steht mit etwas mehr als 1 dB eine ausreichend große Reserve beim Budget zur Verfügung. Dies eröffnet die Möglichkeit, mit großen Freiheitsgraden und entsprechender Sicherheit die LWL-Infrastruktur für 40G Ethernet und weiteren Applikationen zu planen und zu installieren.

### Reflexionsdämpfung:

Die durchschnittliche Dämpfung der Rückreflektionen von 48 dB ermöglicht einen stabilen und sicheren Betrieb der Kanäle und garantiert dem Netzbetreiber eine hohe Sicherheit vor Fehlern. Bei einer schlechten Reflexionsdämpfung auf der Glasfaserstrecke können die Rückreflektionen die Transceiver stören, was zu einer höheren Bitfehlerrate führt. Dies wirkt sich besonders ungünstig auf den Betrieb von Fiber Channel Systemen aus oder führt zu Problemen, wenn die Dämpfung und die Länge des Links am Rande der Spezifikation der Transceiver liegen.

### Skew:

Die möglichen Differenzen der Signallaufzeiten verursachen beim URM-System während des BER-Tests keinen Fehler. Laut IEEE 802.3ba darf die Laufzeitdifferenz maximal 79 ns zwischen den Fasern in einem Kanal betragen.

Wird die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Signale in der Glasfaser berücksichtigt, bedeuten die 79 ns eine maximal erlaubte Längendifferenz der 8 Einzelfasern von rund 16 Metern. Im URM-System liegt die maximale Längenabweichung der einzelnen Fasern in einem Kanal im Millimeterbereich.

Das URM-System übertrifft in allen Punkten die Anforderungen, die an eine Trunkverkabelung mit Mehrfasersteckverbindern gestellt werden, deutlich.

Die hohe Qualität der Steckverbinder auf Keramikbasis ermöglicht eine Vielzahl von Übergängen, ohne das knappe Dämpfungsbudget zu überschreiten. Durch den Einsatz von hochwertigen Komponenten im URM-System laufen die Links, auch wenn die empfohlenen Längen überschritten werden. Dies bietet Sicherheit und Reserven für zukünftige Entwicklungen und Erweiterungen im Rechenzentrum.

Damit bietet das URM-System eine technologisch höherwertige Alternative zu MPO-Systemen.

## Autoren

**Herr Kai Wirkus**

Key Account Manager Rechenzentren, LWL-Sachsenkabel GmbH

**Herr René Zimmermann**

Produktmanager, LWL-Sachsenkabel GmbH


**Herr Peter Winterling**

Senior Technology and Application Specialist Optical Transport, JDSU Deutschland GmbH

## Firmenprofile

Die LWL-Sachsenkabel GmbH gehört seit über 20 Jahren zu den größten Herstellern von zukunftsweisenden Glasfaserverkabelungslösungen in Deutschland. National und international agierend, entwickelt und fertigt Sachsenkabel qualitativ hochwertige Serienprodukte sowie maßgeschneiderte Kundenlösungen für die Bereiche Carrier, Rechenzentren, Industrie und Media Broadcast. Erfahren Sie mehr über Sachsenkabel unter [www.sachsenkabel.de](http://www.sachsenkabel.de).

JDSU entwickelt und produziert Test- und Messlösungen sowie optische Produkte für die Daten- und Telekommunikation. Mit seinen Geräten und Lösungen sorgt JDSU dafür, dass die stetig wachsenden Datenströme – bis hin zur komplexen Videoübertragung – ohne Verzögerung und in höchster Qualität die Laptops oder Smartphones der Endnutzer erreichen. Erfahren Sie mehr über JDSU auf [www.jdsu.com](http://www.jdsu.com) und folgen Sie uns auf [JDSU Perspectives](#), [Twitter](#), [Facebook](#) und [YouTube](#).

 LWL-Sachsenkabel GmbH  
Hauptstraße 110  
D-09390 Gornsdorf

Telefon +49 (0) 37 21 / 39 88-0  
Fax +49 (0) 37 21 / 39 88-16

[info@sachsenkabel.de](mailto:info@sachsenkabel.de)  
[www.sachsenkabel.de](http://www.sachsenkabel.de)

