

# Fehlersuche und -behebung an Lichtwellenleitern

## Teil 2: Auswertung der Messungen und Handhabungshinweise

W. Stelter, Oldenburg

Nachdem im ersten Teil des Beitrags [1] neben der Inspektion und Reinigung von Steckverbindern für Lichtwellenleiter hauptsächlich die Durchführung der OTDR-Messung für die Fehlerortung beschrieben wurde, folgen nun im zweiten Teil Erläuterungen zur Auswertung der Messungen. Darüber hinaus werden abschließend einige Hinweise zur praktischen Handhabung von Lichtwellenleitern gegeben.

### 6 Auswertung der OTDR-Messungen

#### 6.1 Erste Messung der Schleife

Insgesamt enthält die in Schleife geschaltete Strecke (Bild 7 in [1]) jetzt mehrere Teilabschnitte mit einer Gesamtlänge von etwa 730 Metern. Im Ergebnis der OTDR-Messung, dem Rückstreuendiagramm (Bild 8), treten eine Vielzahl von reflexiven Ereignissen auf, deren Entstehung nachfolgend erklärt wird:

1. Ein Anfangsreflex am OTDR-Anschluss zur Vorlauffaser.
2. Ein reflexives Ereignis von der Verbindung zwischen Vorlauffaser und Faser 1 in der Spleißbox. Die Reflexion ist akzeptabel. Die deutlich erkennbare zu hohe Einfügungsdämpfung von etwa 2 dB wird hervorgerufen von den Steckverbindungen zwischen Vorlauffaser und Patchkabel sowie dem Pigtailepleiß in der Spleißbox – und wahrscheinlich auch von dem Fehler, der später in der Spleißbox identifiziert wird.
3. Ein reflexives Ereignis von der Verbindung zwischen Steckverbindung in NRN 2 und zwischen Patchkabel und Messfaser 1. Die starke Reflexion ist auf den noch nicht gereinigten Steckverbinder in der Spleißbox in NRN 2 zurückzuführen.
4. Ein Geisterimpuls von der Doppelreflexion zwischen Steckverbindungen in NRN 2 und Steckverbindungen im BG.
5. Ein reflexives Ereignis von der Verbindung zwischen Messfaser 1 und Messfaser 2. Sowohl Reflexion als auch Einfügungsdämpfung (IL) sind akzeptabel.
6. Ein Geisterimpuls von der Doppelreflexion zwischen Steckverbindungen in NRN 2 und Steckverbindung am OTDR.
7. Ein reflexives Ereignis, das hervorgerufen wird durch die Steckverbindungen zwischen Messfaser 2 und Patchkabel sowie Patchkabel und Faser 2 im Patchfeld von

NRN 2. Die starke Reflexion ist wieder auf die ungereinigte Steckerstirnfläche im Patchfeld zurückzuführen. Die Einfügungsdämpfung ist akzeptabel.

8. Ein reflexives Ereignis von der Verbindung zwischen Faser 2 im Patchfeld und der Nachlauffaser. Die Reflexion ist akzeptabel, die Einfügungsdämpfung allerdings sehr hoch. Die Messkurve fällt um mehr als 3 dB bis auf den Rauschpegel des OTDR-Empfängermoduls ab. Der tatsächliche Wert für die Einfügungsdämpfung wird hier deshalb noch nicht erkennbar, sondern erst bei der Messung in Rückrichtung.
9. Ein Geisterimpuls, hervorgerufen durch die Reflexion zwischen den Steckverbindungen der Faser 2 im Patchfeld des BG und den Steckverbindungen der Faser 2 in NRN 2.
10. Ein Endreflex von der Nachlauffaser. Der starke Endreflex ragt aus dem Rauschpegel der OTDR-Empfängerbaugruppe heraus und signalisiert damit, dass die Strecke verbunden ist.

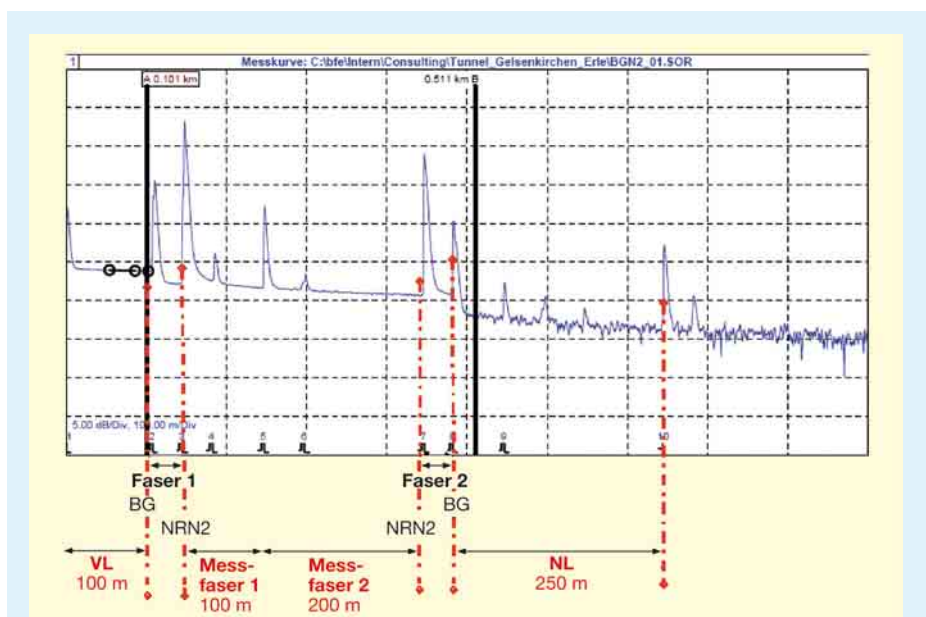
#### 6.2 Messung in Gegenrichtung

In der Gegenrichtung gemessen fällt die Rückstreuurve nach der Steckverbindung im Betriebsgebäude stark ab (Bild 9). Die Reflexionen der nachfolgenden Ereignisse treten kaum aus dem Rauschen hervor. Bei der Messung in Gegenrichtung wird die Vorlauffaser an Faser 1 im Patchfeld der Spleißbox angeschlossen und die Nachlauffaser an Faser 2. Das Rückstreuendiagramm (Bild 9) zeigt nur die folgenden wenigen reflexiven Ereignisse:

1. Anfangsreflex
2. Bereits nach 100 m, an der Verbindung von der Vorlauffaser auf die Faser 2, fällt die OTDR-Kurve langsam um etwa 10 dB auf den Rauschpegel der OTDR-Empfängerbaugruppe ab. Dieses Ereignis wird vom OTDR als Endreflex markiert, da die Rückstreuurve um mehr als 5 dB abfällt. In der abfallenden Rückstreuurve erkennt man jedoch die Reflexion am Ende der Faser 2 in NRN 2.

Damit sich diese Ereignisse deutlicher darstellen, wurde **diese Messung noch einmal mit einer größeren Impulsbreite wiederholt** (Bild 10). Hierbei treten die in Bild 9 nur schwach erkennbaren Ereignisse wesentlich deutlicher hervor:

1. Anfangsreflex
2. Beim Übergang von der Vorlauffaser auf die Faser 2 ist weiterhin der starke Abfall um rund 8 dB erkennbar. Die Kurve fällt dann jedoch weiter bis auf den Rauschpegel der OTDR-Empfängerbaugruppe ab.
3. Der Reflex vom Ende der Strecke in NRN 2 ist nun deutlich erkennbar. Im weiteren Verlauf ragen die Reflexionen von der Verbindung zwischen der Messfaser 2 und der Messfaser 1 sowie die Verbindungen zu der Faser 1 und das Ende der Nachlauffaser aus dem Rauschen eindeutig hervor.



8 Rückstreuurve, in der alle Ereignisse entlang der Faser dargestellt sind

#### Autor

Dipl.-Ing. Werner Stelter ist Fachdozent für Nachrichtentechnik am bfe-Oldenburg.



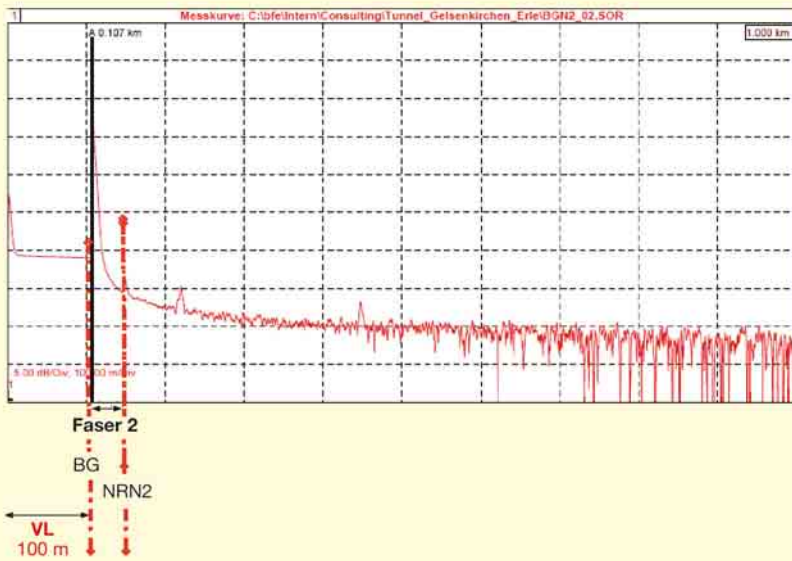
**Mehr Erfolg:  
mit MHH Solartechnik.**



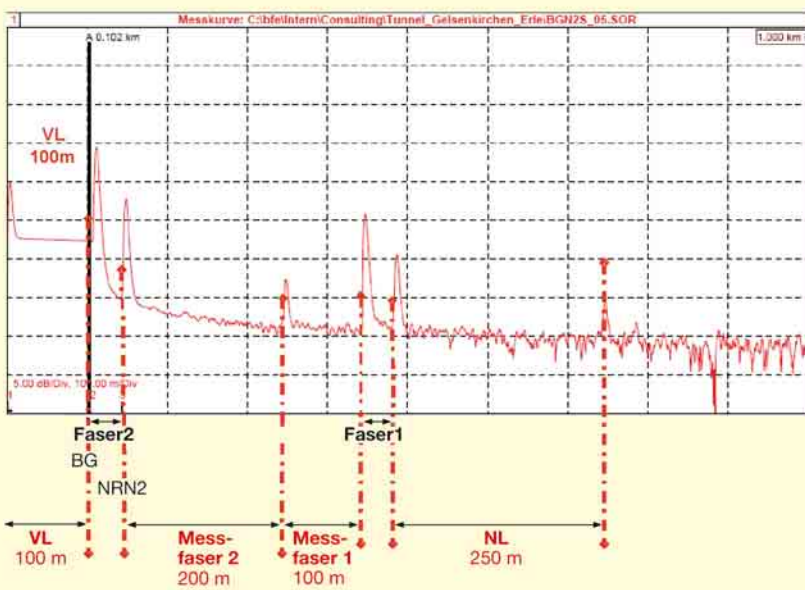
Erfolg sollte Ihnen nicht Banane sein. Denn wenn es um die direkte Umwandlung von Sonnenenergie in elektrische Energie geht, sind Sie mit uns gut beraten. Das beginnt bei der Auswahl der richtigen Module und Wechselrichter und geht über das flexible Montagesystem bis hin zum Wissen, wie man welche Komponenten kombiniert, damit Ihre Kundschaft die besten Ergebnisse erzielt. Mehr über uns erfahren Sie auf: [www.mhh-solartechnik.de](http://www.mhh-solartechnik.de)



MHH Solartechnik GmbH  
Tübingen · München · Nürnberg · Duisburg  
[www.mhh-solartechnik.de](http://www.mhh-solartechnik.de)



⑨ Rückstreckkurve der Messung in Gegenrichtung



⑩ Rückstreckkurve der Messung in Gegenrichtung mit größerer Impulsbreite

Aus dem Messergebnis kann man auf eine Dämpfung von mehr als 8 dB in der Spleißbox im Betriebsgebäude (BG) schließen.

radius abgelegt wurde. Der Knick führte zu einer sehr starken Dämpfungserhöhung bei Faser 2 (Bilder ⑧, ⑨ und ⑩) sowie zu einer nicht ganz so starken Dämpfungserhöhung bei Faser 1 (siehe Bild ③). Selbst kleine Veränderungen an der Bündelader führen zu starken Dämpfungsänderungen, die den Ausfall der LWL-Verbindung zur Folge hatten. Ein solcher Fehler führt meistens zum Bruch der Faser. Die Fasern sind an dieser Stelle mit einem sehr engen Biegeradius geführt, was zu Dämpfungserhöhung sogar bei der Betriebswellenlänge 850 nm führt. Die mechanische Beanspruchung, der die Fasern an dieser Stelle ausgesetzt sind, kann jederzeit zum Bruch einer Faser führen.

**Fehlerbehebung.** Zur Behebung des Fehlers wurde das Kabel in der Spleißbox neu abge-

## 7 Fehlerbehebung

**Begutachtung der Spleißbox.** Als die Spleißbox für nähere Betrachtungen geöffnet wurde, fiel sofort der in Bild ① deutlich erkennbare Knick in der Bündelader des LWL-Kabels vor der Einführung in die Spleißkassette auf. Um die Ursache des Knicks zu ermitteln, wurde die Abdeckung mit dem Patchfeld entfernt. Bereits während oder kurz nach der Installation muss der Knick in der Bündelader entstanden sein, da diese mit einem zu geringen Biege-

# Photovoltaik boomt...

... und das Elektrohandwerk kann hier viel Geld verdienen!

Der ep unterstützt Sie dabei.



**Sichern Sie sich die neue Photovoltaik-Beilage in Ihrem ep**

Jetzt kostenfrei für ep-Abonnenten!

Ohne Risiko!

Keine Verpflichtung!

**ep Photo voltaik aktuell**

erscheint 6 mal jährlich als Beilage im ep und vertieft und erweitert das Thema Photovoltaik über die Heftinhalte des „normalen“ ep hinaus.

ep-Photovoltaik-aktuell erhalten Sie nach Abforderung als Beilage zu Ihrer regulären ep-Ausgabe.

**Themenschwerpunkte der nächsten Ausgabe (Juni 08) werden sein:**

- PV-Module
- Wechselrichter
- Freiflächenanlagen
- Brandschutz, Schutz bei Havarien
- Software zur Projektierung von PV-Anlagen

Weitere Informationen unter

**[www.elektropraktiker.de](http://www.elektropraktiker.de)**



**ⓘ Knick in der blauen Bündelader innerhalb der Spleißbox (links zu sehen)**

Quellen: bfe-Oldenburg

setzt und angespleißt. Die dünnen Pigtails mit 900 µm starken Adern wurden durch Pigtails mit einem Adermantel von 3 mm ersetzt. Alle Steckverbindungen wurden gereinigt und die nicht benutzten Steckverbindungen mit Staubschutzkappen versehen.

## 8 Hinweise zur Handhabung von Lichtwellenleitern

### 8.1 Allgemeine Hinweise

Damit die hier beschriebenen Fehler bei dem Aufbau einer Lichtwellenleiter-Verkabelung vermieden werden, sollten bei der Installation folgende Hinweise beachtet werden. Bei der Verlegung von LWL-Kabeln, Adern und Fasern muss die Einhaltung maximaler Zugkräfte und Mindestbiegeradien unbedingt eingehalten werden. Insbesondere bei Einmodenfasern sollte in Datenschränken und Gefäßen eine kontrollierte Führung von Patchkabeln und Pigtails erfolgen. Die Unterschreitung der minimalen Biegeradien führt nicht nur zur Dämpfungserhöhung, sondern stellt zudem auch eine mechanische Belastung der Fasern dar und verringert ihre Lebensdauer.

### 8.2 Empfehlungen zur Kabelverlegung

- Die zulässigen minimalen Biegeradien von Kabeln, Adern und Fasern sollten nicht unterschritten werden. Typische Werte sind:  $r > 3$  cm für Glasfasern in Spleißkassetten und Teilnehmeranschlussdosen,  $r > 15$ -facher Kabeldurchmesser für Kabel beim Einziehen,  $r > 10$ -facher Kabeldurchmesser für fest verlegte Kabel (unbedingt die Angaben im Kabel-Datenblatt beachten).
- Im Kabel-Datenblatt enthaltene maximale Zugkräfte sind zu beachten.
- Kabel dürfen bei dem Einziehen nicht gestaut werden.

- Die Kabel sind gleichmäßig ohne Schleifen abzurollen oder gegebenenfalls in Form von „Achten“ auszulegen.
- Umlenkrollen und Kantenschutz sollten verwendet werden, um Knicke zu vermeiden.
- Es sollte kein Querdruck auf Kabel, Adern und Fasern entstehen können.
- Ein Vorsehen von Kabelreserven im Bereich der Verteilerschränke sowie von Faserreserven in Spleißkassetten und auch Aderreserven in Anschlussdosen empfiehlt sich.

**Wichtiger Hinweis.** Zum Abschluss einer Installation von LWL-Steckverbindern sollte in jedem Fall eine Überprüfung der Steckerstirnfläche mit Hilfe eines Inspektionsmikroskops erfolgen. Ist die Stirnfläche einwandfrei und sauber, wird sie mit einer Staubschutzkappe verschlossen.

### 8.3 Empfehlungen zur Montage der Verbindungstechnik

- Die verwendeten LWL-Fasern, LWL-Pigtails und LWL-Rangierkabel müssen geschützt und sicher unter Einhaltung von Mindestbiegeradien abgelegt werden ( $r > 3$  cm entsprechend  $\varnothing > 6$  cm).
- Alle nicht benutzten LWL-Anschlüsse sind mit Staubschutzkappen zu versehen.
- Grundsätzlich empfiehlt sich, alle Stecker zu reinigen, bevor sie gesteckt werden. Dies gilt auch, wenn neue Rangierkabel zum Einsatz kommen.
- Abnahmemessungen müssen unbedingt mit Vor- und Nachlaufkabel durchgeführt werden.
- Bei der Auswahl von Gehäusen ist auf eine kontrollierte Faser- und Aderführung sowie auf gute Zugänglichkeit der LWL-Stecker/Kupplungen zu achten.

#### Literatur

[1] Stelter, W.: Fehlersuche und -behebung an Lichtwellenleitern – Teil 1: Messverfahren sowie Inspektion und Reinigung der Stecker. Elektropraktiker, Berlin 62 (2008) 4; S. 330–333. ■