Die Geister, die ich nicht rief – Messtechnische Probleme und deren Lösung

Dr. Dieter Eberlein

...studierte an der Technischen Universität Dresden Physik und promovierte zum Dr. rer. nat. Seit 1982 arbeitet er auf dem Gebiet der Lichtwellenleiter-Technik. 1996 machte er sich selbstständig und erwarb sich im deutschsprachigen Raum einen Namen als Referent, Berater und Autor.

Die Geister, die ich nicht rief – Messtechnische Probleme und deren Lösung

1 Aufgabenstellung

Kaum ein Messverfahren ist so leistungsfähig wie die optische Rückstreumessung. Der verlegte Lichtwellenleiter wird ortsaufgelöst umfassend charakterisiert. Allerdings sind mitunter die Messergebnisse interpretationsbedürftig. Tatsächlich gibt es Ereignisse, die als Geister bezeichnet werden: Diese treten an einem Ort auf, wo die Strecke tatsächlich in Ordnung ist.

Obwohl die Messgeräte heute sehr komfortabel sind und automatische Auswertealgorithmen ermöglichen, muss der Bediener des Messgeräts Erfahrungen haben und über Hintergrundwissen verfügen. Zu Letzterem soll der vorliegende Artikel beitragen.

Nach einer kurzen Einführung in die optische Rückstreumessung werden Fehler besprochen, die zu unerwarteten Ereignissen auf der Rückstreukurve führen können:

- verschmutzte stark reflektierende Stecker
- Mischung von Steckern mit unterschiedlicher Oberflächengestalt
- Mischung unterschiedlicher Fasertypen

2 Optische Rückstreumessung – typische Ereignisse

Dargestellt werden in Bild 1 die zurückfließenden Leistungen in Abhängigkeit vom Ort. Im Einzelnen ist Folgendes zu erkennen:

1: Rayleighstreuung. Aus der Neigung der Geraden können die Dämpfungskoeffizienten ermittelt werden.
2: Negative Stufe, keine Spitze: verursacht durch Spleiß, Faserbiegung, (asymmetrischen) Koppler, APC-Stecker oder Parametertoleranzen.
3: Spitze, keine Stufe: Geisterreflexion
4: Steckerreflexion am Anfang der Strecke.

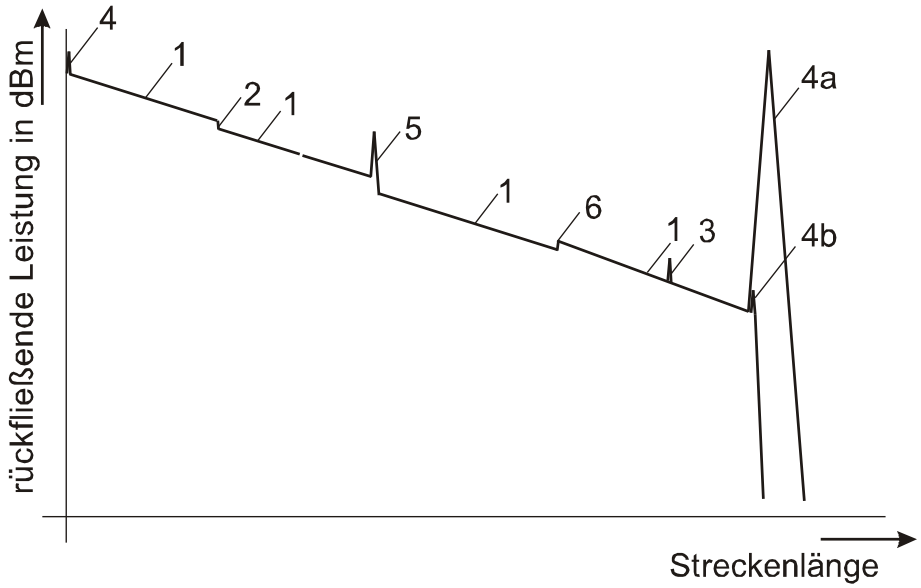


Bild 1: Rückstreukurve mit typischen Ereignisse

4a: Reflexion am PC-Stecker am Ende der Strecke
4b: Reflexion am APC-Stecker am Ende der Strecke
5: Reflexion und Dämpfung (PC-Stecker)
6: Positive Stufe verursacht von Lichtwellenleitern mit unterschiedlicher Rayleighstreuung durch Parametertoleranzen.

3 Geisterreflexionen

Geisterreflexionen entstehen, wenn Steckverbinder mit geringen Reflexionsdämpfungen (starken Reflexionen) auf der Strecke sind. Das Signal läuft mehrfach zwischen reflektierenden Ereignissen hin und zurück und bewirkt zusätzliche Beiträge zur Rückstreukurve. Nachfolgend werden zwei Beispiele betrachtet (Bild 2, Tabelle 1).

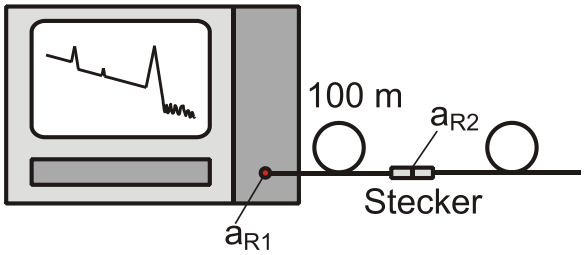


Bild 2: Anordnung zur Simulation von Geisterreflexionen

Beispiel 1: Reflexionsdämpfung Gerätestecker: a_{R1} = 35 dB; Reflexionsdämpfung des Steckers hinter Vorlaufprüfschnur: a_{R2} = 35 dB.

Beispiel 2: Reflexionsdämpfung Gerätestecker: a_{R1} = 35 dB; Reflexionsdämpfung des Steckers hinter Vorlaufprüfschnur: a_{R2} = 14 dB (unterbrochener physischer Kontakt; Luftspalt; verschmutzter Stecker).

	1. Beispiel	**2. Beispiel**
hin	0 dBm	0 dBm
zurück	-35 dBm	-14 dBm
hin	-70 dBm	-49 dBm
zurück	-105 dBm	-63 dBm
	kein Geist	**Geist wahrscheinlich**

Tabelle 1: Vergleich der beiden Beispiele

Es werden 0 dBm (1 mW) am Gerätestecker eingekoppelt. In **Beispiel 1** beträgt die Reflexionsdämpfung hinter der Vorlaufprüfschnur 35 dB. Also läuft eine Leistung von -35 dBm zurück ins Gerät (Faserdämpfung vernachlässigt). Am Gerätestecker wird ein kleiner Anteil des Lichts (35 dB) nochmals reflektiert.

Eine Leistung von -70 dBm wird in die Faser gekoppelt. Nach nochmaliger Reflexion am Stecker hinter der Vorlaufprüfschnur läuft eine Leistung von -105 dBm in das Messgerät zurück. Diese Leistung ist so klein, dass sie vernachlässigbar ist.

In **Beispiel 2** ist die Reflexionsdämpfung am Stecker hinter der Vorlaufprüfschnur wesentlich geringer (14 dB). Eine größere Leistung (-14 dBm) läuft zurück ins Gerät.

Am Gerätestecker wird die Leistung mit 35 dB reflektiert und gelangt mit -49 dBm wieder auf die Strecke. Dieser Impuls bewirkt auch eine Rückstreukurve. Diese liegt 49 dB niedriger als die ursprüngliche Kurve und zeitlich versetzt, da das Licht einmal hin- und zurückgelaufen ist und erst dann in die Faser eingekoppelt wird.

Das Licht wird nochmals am hinteren Stecker des Vorlauf-LWL reflektiert und gelangt mit -63 dBm ins Gerät.

Die Leistung ist so groß, dass eine Geisterreflexion möglich ist. Für Beispiel 2 zeigt Bild 3 das Rückstreudiagramm. Die schwarze Kurve ist die zu erwartende Kurve („reale Kurve“): Reflexion am Gerätestecker, 100 m Vorlauf-LWL, starke Reflexion, zu messende Strecke, Endreflexion, Rauschen.

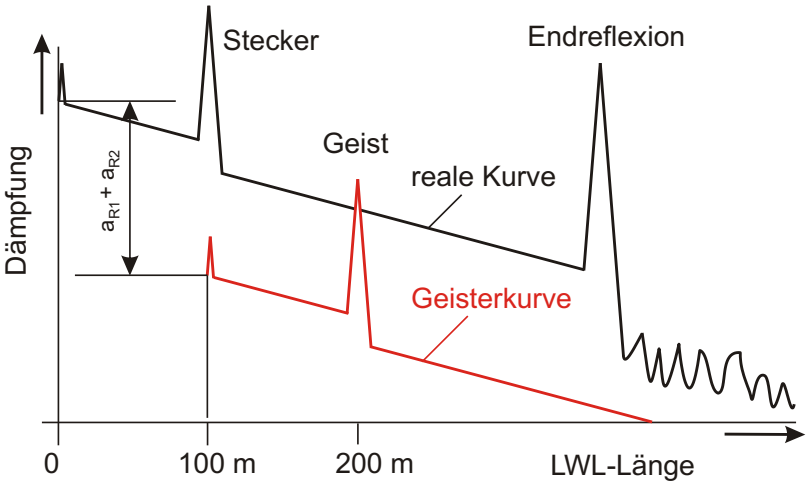


Bild 3: Entstehung der Geister auf der Rückstreukurve

Diese Kurve entsteht noch ein zweites Mal. Sie liegt aber 49 dB niedriger und ist wegen der verzögerten Einkopplung nach rechts verschoben (rot: „Geisterkurve“). Beide Kurven addieren sich und werden als Summenkurve angezeigt.

Die Geisterkurve trägt meist nichts zur Summenkurve bei, weil sie ca. 49 dB niedriger liegt (50 dB entspricht 1/100.000). Nur an dem Ort, wo die Reflexion stark ist, kann die „Geisterkurve“ die „reale Kurve“ durchstoßen und als kleine Spitze (Geist) einen zusätzlichen Beitrag zu Rückstreukurve bringen.

Daraus ergeben sich zwei Merkmale der Geisterreflexionen:

- Am Ort des Geistes ist keine Stufe im Rückstreudiagramm! Ist eine Stufe vorhanden handelt es sich nicht um eine Geisterreflexion (Bild 4).
- Geister liegen an definierten Orten: Liegt die Ursache des Geistes bei 100 m, entsteht der Geist bei 200 m.

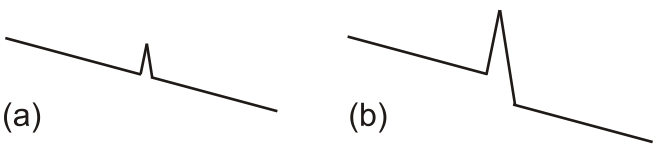
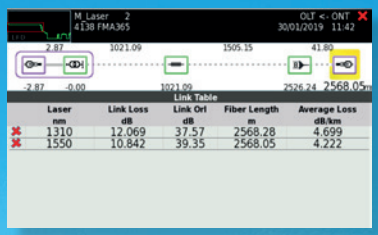


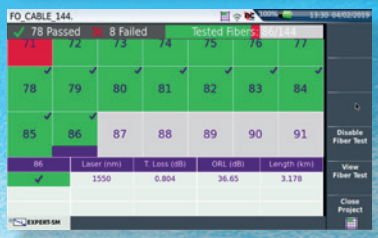
Bild 4: (a) Geisterreflexion; (b) Steckerreflexion

VIAVI MTS –
Smart Link Mapper

Smart Link Mapper (SLM) Anwendungen ermöglichen die automatische Interpretation von OTDR Messkurven (u.v.m.) und erkennen auch Geister, die sie nicht gerufen haben.

- SLM zeigt die OTDR-Ergebnisse in einer übersichtlichen, symbolbasierten Kartenansicht (SmartLink) an, so dass erkannte Fehlerstellen sofort untersucht werden können.
- CABLE-SLM vermittelt einen schematischen Überblick zur Inbetriebnahme von Glasfaserkabeln.
- Enterprise-SLM-Version für Unternehmen zusätzlich mit Kabel-Kennzeichnungen, Projektmanagement und MPO-Tests.
- FTTA-SLM bietet darüber hinaus eine FTTA-Benutzeroberfläche und einen spezifischen Algorithmus für OTDR-Messungen an Mobilfunkmasten/ Dachinstallationen.
- FTTH-SLM stellt eine FTTH-Benutzeroberfläche und einen spezifischen Algorithmus für Messungen durch PON-Splitter zur Verfügung.





Nachträgliche Installation von SLM-OTDR-Anwendungen auf kompatiblen und bereits eingesetzten Geräten oder direkt beim Kauf!

tso®
the fiber experts

tso GmbH
Hermann-Köhler-Str.13
58553 Halver

tso Akademie
Augustinusstr. 9d
50226 Frechen

T 02353/66987 - 0
info@tso-gmbh.de
www.tso-gmbh.de

4 Zu kurz eingestellter Messbereich

Ein zu kurz eingestellter Messbereich kann ebenfalls Geister-ähnliche Ereignisse verursachen.

Das optische Rückstreumessgerät arbeitet im Impulsbetrieb. Ein kurzer Impuls wird in die Faser gekoppelt und die zurückfließenden Leistungen gemessen. Der nächste Impuls darf erst gestartet werden, wenn kein Licht mehr vom vorhergehenden Impuls zurückfließt. Man muss die richtige Impulswiederholrate am Gerät einstellen.

Das wird indirekt über den Messbereich realisiert. Aus dem Messbereich ermittelt das Gerät wie lange das Licht benötigt, um die Strecke in Hin- und Rückrichtung zu durchlaufen. Dann erst wird der nächste Impuls gestartet.

Deshalb muss der Messbereich stets größer eingestellt werden, als die zu messende Streckenlänge.

Andernfalls überlagern sich Leistungen vom vorherigen Impuls (vom Ende der Strecke) mit Leistungen vom folgenden Impuls (vom Anfang der Strecke). Bild 5 links zeigt den richtig eingestellten Messbereich. Die Streckenlänge ist kürzer als der eingestellte Messbereich: Rauschen wird mit gemessen.

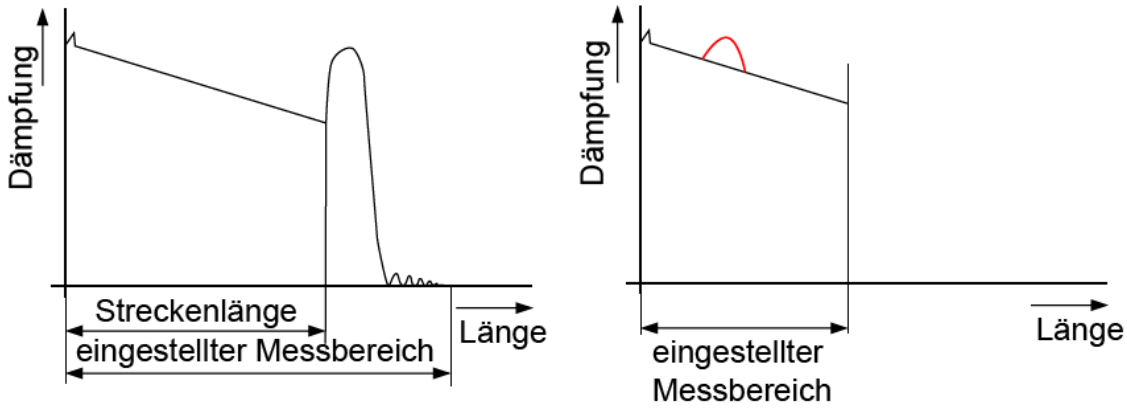


Bild 5: Richtig (links) und falsch (rechts) eingestellter Messbereich

In Bild 5 rechts wurde der Messbereich zu kurz eingestellt. Die Rückstreukurve endet abrupt. Es ist kein Rauschen zu sehen. Tatsächlich gelangt aber das Licht vom hinteren Ende der Strecke auch zurück ins Rückstreumessgerät. Es wird zum Anfang der Strecke addiert. Die starke Endreflexion in Bild 5 links erscheint als Geist in Bild 5 rechts.

Hat man eine lange Strecke (zum Beispiel 10 km) und möchte sich nur den Anfang genauer ansehen (zum Beispiel 100 m) muss der eingestellte Messbereich größer als 10 km eingestellt werden, aber die Impulsbreite und/oder die Messzeit kann reduziert werden. Da die Strecke ab 100 m nicht interessiert, kann sie ab dort verrauscht sein. Man kann also mit geringerer Dynamik messen.

Ist am Ende der gemessenen Strecke kein Rauschen sichtbar, wurde der Messbereich zu kurz eingestellt.

5 Rückstreukurve bei verschmutztem Stecker

Ein Staubkörnchen kann die Berührung der konvexen Steckerstirnflächen verhindern. Es entsteht ein Luftspalt. Das kann passieren, wenn man mit einem verschmutzten Stecker am Ende der Vorlaufprüfschnur an die zu messende Strecke koppelt. Der Luftspalt bewirkt eine Reflexion des Lichts und eine erhöhte Dämpfung (Bild 6).

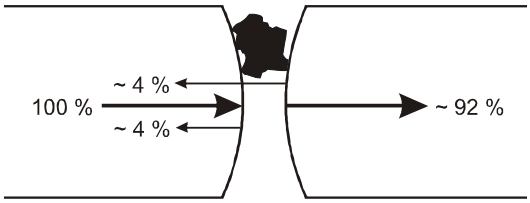


Bild 6: Unterbrochener physischer Kontakt

Bild 7 zeigt das Einmessen einer neuen Anlage mit verschmutztem Stecker:

- Stecker A: verschlissener Stecker der Vorlaufprüfschnur
- Stecker B oben: neuwertiger Stecker der Kabelanlage
- Stecker B unten: verschmutzter und beschädigter Stecker nach dem Einmessen

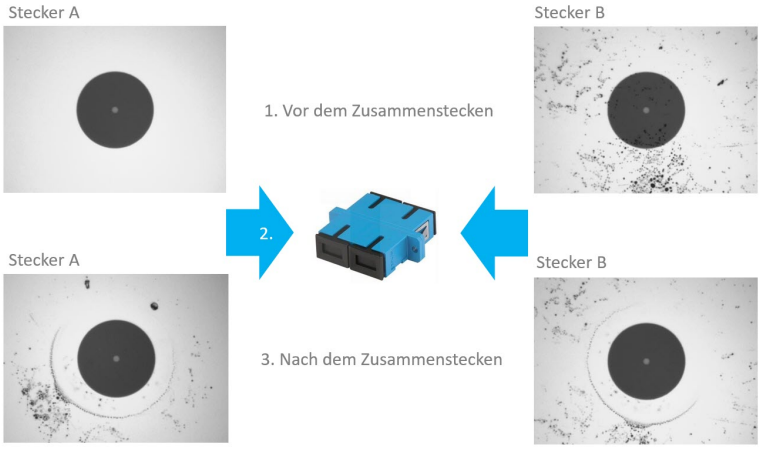


Bild 7: Übertragung von Schmutz

Wie stark sich Reflexionen im Rückstreudiagramm auswirken hängt davon ab, ob es sich um einen PC-Stecker („gerade“) oder einen APC-Stecker („schräg“) handelt.

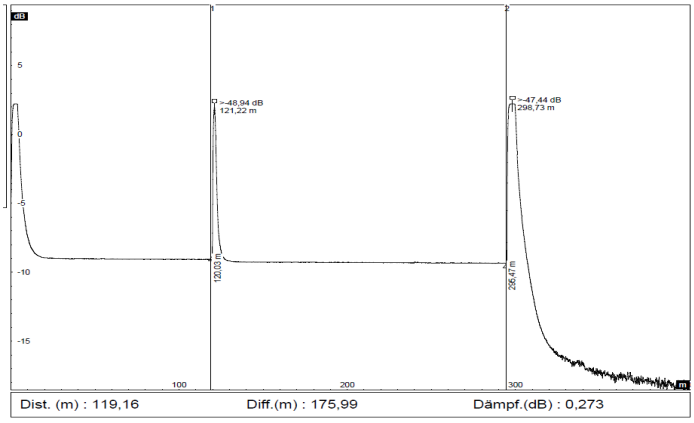


Bild 8a: hinterer PC-Stecker an der Vorlaufprüfschnur in Ordnung

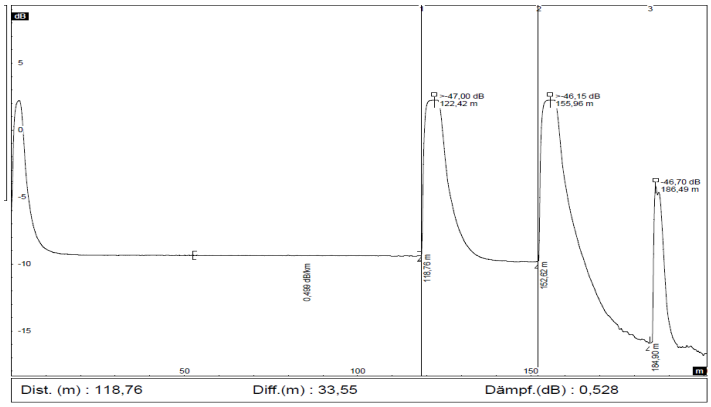


Bild 8b: hinterer PC-Stecker an der Vorlaufprüfschnur verschmutzt; Geist außerhalb der Strecke

Luftspalt im PC-Stecker (Bild 8b; Bild 9b):

- Erhöhung der Reflexion; meist gesättigte breit auflaufende Spitze
- Erhöhung der Dämpfung
- Geisterreflexion

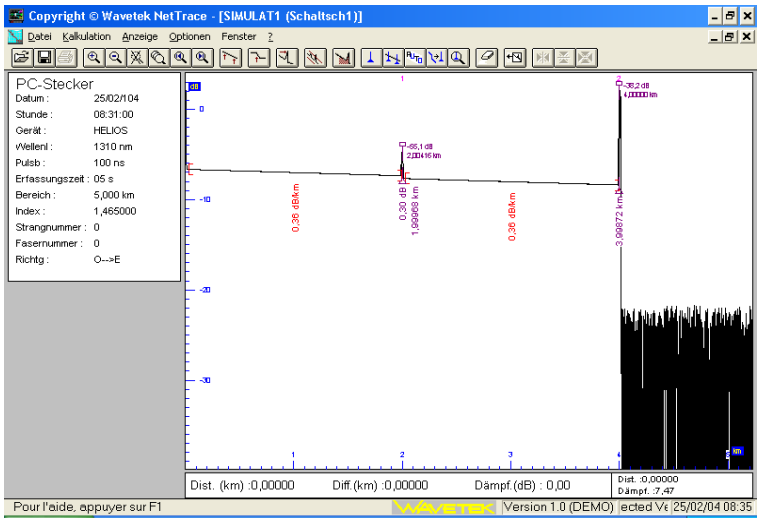


Bild 9a: PC-Stecker: Verbindung in Ordnung; Reflexionsdämpfung auf der Strecke 55 dB; Endreflexion gesättigt; es müssten 14 dB angezeigt werden

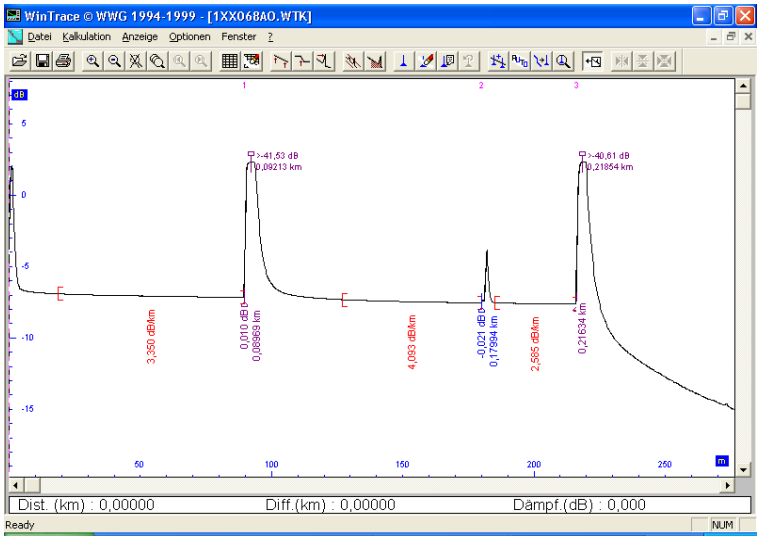


Bild 9b: PC-Stecker: hinterer Stecker der Vorlaufprüfschnur verschmutzt; Geist innerhalb der Strecke

Luftspalt im APC-Stecker (Bild 10b):

- Entstehung einer kleinen Reflexion
- Erhöhung der Dämpfung

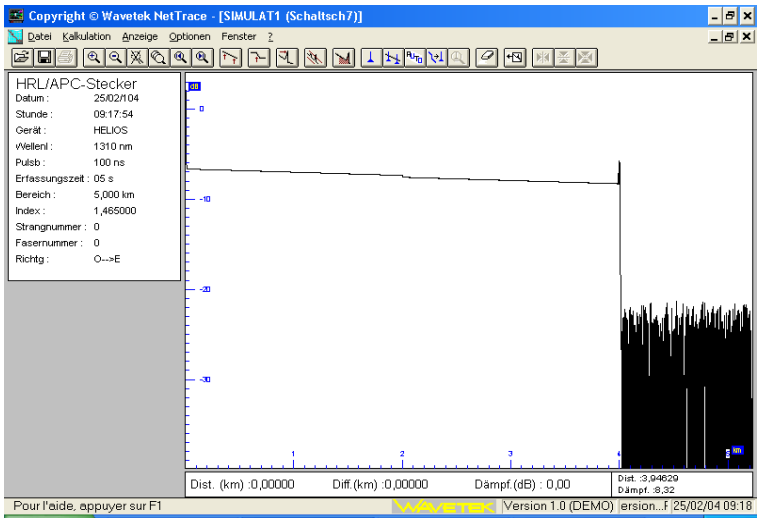


Bild 10a:
APC-Stecker: Reflexion auf der Strecke meist nicht nachweisbar; am Ende der Strecke kleine Spitze

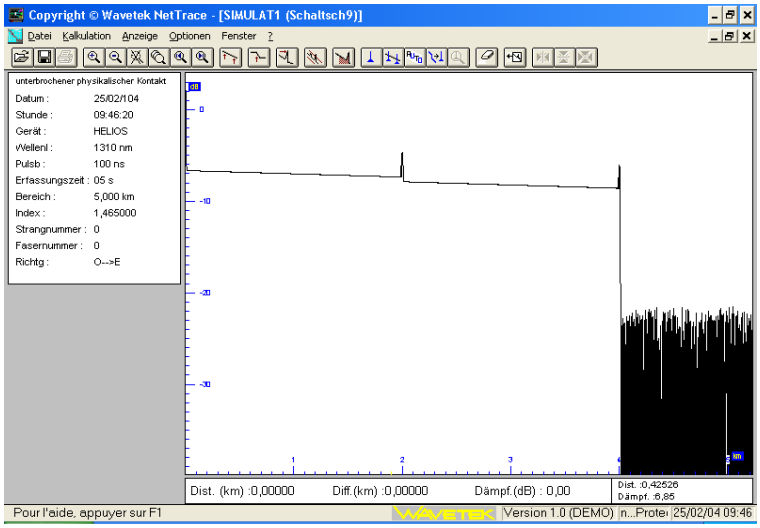


Bild 10b: verschmutzter APC-Stecker: kleine Spitze, erhöhte Stufe

6 Rückstreudiagramme bei Stecker-/Fasermischungen

Um beste Übertragungsqualität zu erreichen müssen Fasern mit identischen Parametern und Stecker mit gleicher Oberflächengestalt verbunden werden. Andernfalls erhöhen sich an den Koppelstellen die Dämpfungen und Reflexionen.

Es wurden folgende Ereignisse untersucht:

- Mischung unterschiedlicher Multimode-Fasertypen
- Mischung unterschiedlicher Singlemode-Fasertypen
- nicht reflektierende Ereignisse
- Mischung Stecker mit gleicher Stirnflächengestalt
- Mischung Stecker mit unterschiedlicher Stirnflächengestalt
- mehrere Fehlanpassungen

In allen Fällen wurde die Messanordnung entsprechend Bild 11 gewählt: Vor und hinter dem Testobjekt 1000 m Vorlauf- bzw. Nachlaufprüfschnur mit E-2000/APC-Steckern. Die Bereitstellung der Testobjekte erfolgte durch die GLASFASERSCHULE.

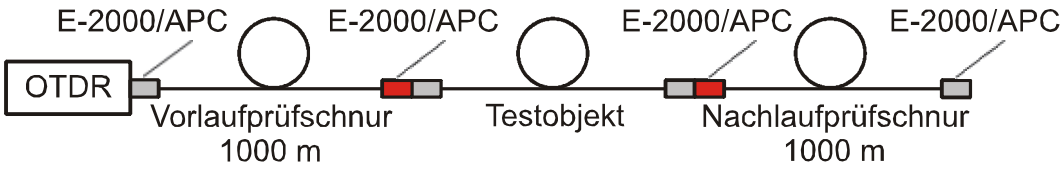


Bild 11: Anordnung zur Messung der Fehlanpassungen

6.1 Mischung 50 µm-Faser mit 62,5 µm-Faser

Beim Übergang von der 50 µm-Faser auf die 62,5 µm-Faser entsteht theoretisch keine Dämpfung. Beim Übergang von der 62,5 µm-Faser auf die 50 µm-Faser entsteht durch die Fehlanpassung der Kerndurchmesser und der numerischen Aperturen (0,275 => 0,2) theoretisch eine Dämpfung von 4,7 dB.

Das optische Rückstreumessgerät zeigt den Mittelwert aus Hin- und Rückrichtung: maximal 2,35 dB. Je nach Leistungsverteilung des Lichts über dem Kernquerschnitt kann diese Stufe kleiner sein.

Die **schwarze** Kurve in Bild 12 veranschaulicht bei 1498 m den Übergang von der 50 µm-Faser auf die 62,5 µm-Faser. Trotz Dämpfung entsteht ein Gainer (**-0,804 dB**), weil die nachfolgende 62,5 µm-Faser stärker streut. Die grüne Kurve zeigt am gleichen Ort den Übergang der 62,5 µm-Faser auf die 50 µm-Faser (scheinbare Dämpfung: 1,173 dB).

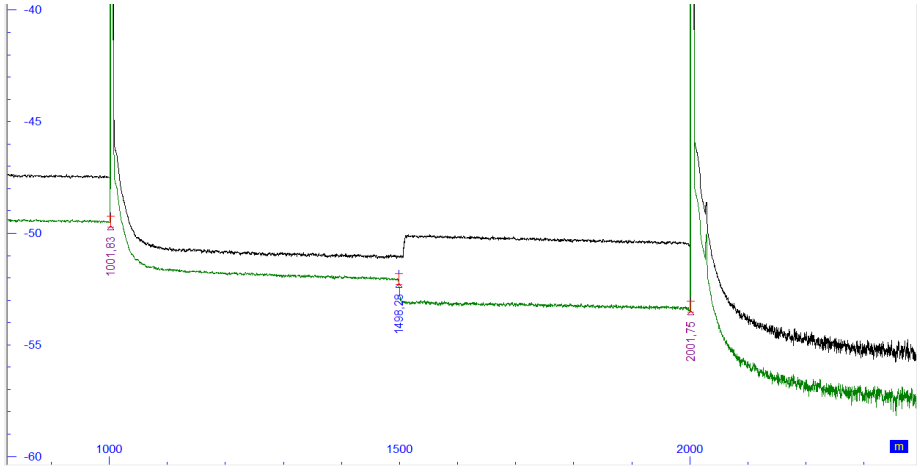


Bild 12: Mischung 50 µm-Faser mit 62,5 µm-Faser

Die Fasern wurden gespleißt. Deshalb sieht man keine Reflexionsspitzen.

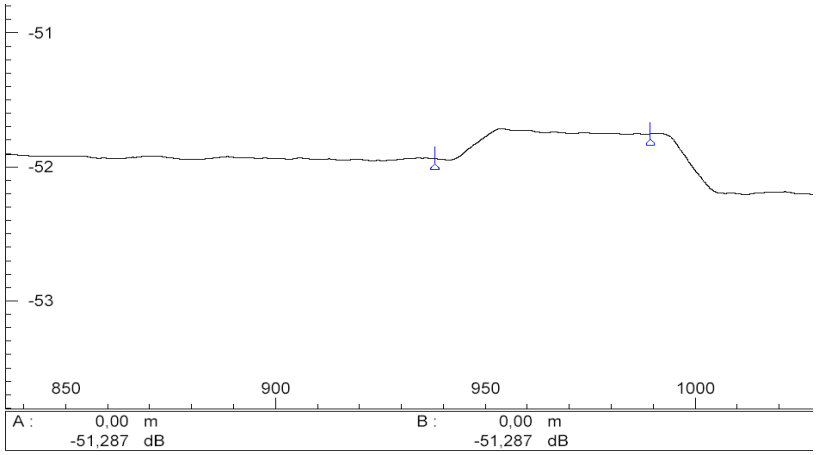
Zum Verständnis derartiger Ereignisse ist es hilfreich, sich in der Ereignistabelle die Dämpfungskoeffizienten der entsprechenden Faserabschnitte anzuschauen.

Der Dämpfungskoeffizient der 62,5 µm-Faser betrug 0,67 dB/km, der 50 µm-Faser 0,52 dB/km. Es handelte sich also tatsächlich um unterschiedliche Fasertypen.

6.2 Mischung unterschiedlicher Singlemode-Fasertypen

Das erste Beispiel zeigt die Mischung G.652 (Standard-Singlemode-LWL) auf G.657 (biegeunempfindlicher LWL) und wieder auf G.652 (Bild 13). Beim Übergang vom Zugangsnetz auf das Gebäudenetz wird G.652 mit G.657 verbunden.

Ältere G.657-Fasern haben kleinere Modenfelddurchmesser und eine stärkere Dotierung. Sie streuen das Licht stärker. So entsteht in Bild 13 beim Übergang von G.652 auf G.657 eine positive Stufe (-0,240 dB) und von G.657 auf G.652 eine negative Stufe (0,439 dB).



	Ereignis (4)	Distanz (m)	Dämpfung (dB)	Reflexion (dB)	Steigung (dB/km)
1		937,94	-0,240		0,340
2		989,30	0,439		0,991

Bild 13: Mischung G.652 mit G.657 mit G.652

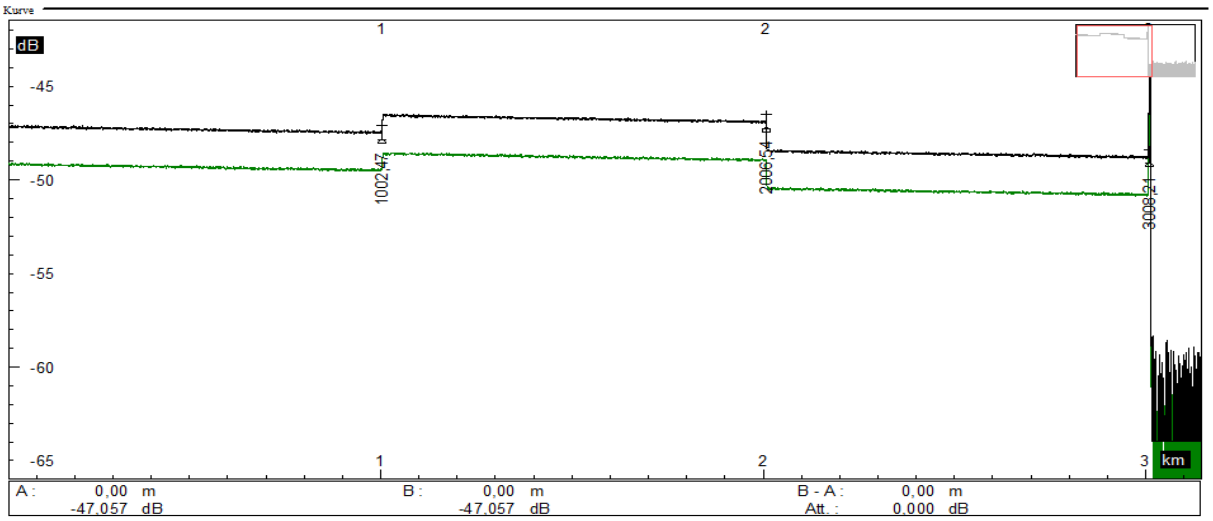
Führt man die optische Rückstreumessung in beiden Richtungen durch und bildet den Mittelwert, erhält man die wahren Dämpfungen an den Koppelstellen.

Laut aktueller Norm ITU-T G.652 und G.657 von 11/2016 sind die Modenfelddurchmesser und die Toleranzbereiche beider Fasertypen (auch der Kategorie G.657.B) gleich definiert. Es sind bei Mischung moderner Fasern nur noch sehr geringe Dämpfungen und kleine Stufen zu erwarten.

In einem zweiten Beispiel wird die Mischung einer Standard-Singlemode-Faser mit einer Truewave-RS-Faser untersucht. Letztere hat einen deutlich geringeren Modenfelddurchmesser und eine stärkere Dotierung (Bild 14).

Die **schwarze** Kurve zeigt bei ≈ 1000 m den Übergang von Standard-Singlemode-Faser auf Truewave (**-0,929 dB**) und bei ≈ 2000 m den Übergang von Truewave auf Standard-Singlemode-LWL (**1,551 dB**) (siehe Ereignistabelle). Die grüne Kurve veranschaulicht das Messergebnis in Gegenrichtung: bei ≈ 1000 m: -0,892 dB; bei ≈ 2000 m: 0,151 dB.

Die Fasern wurden mit E-2000/APC-Steckern gesteckt. Eine Steckerdämpfung von ≈ 1,5 dB wäre viel zu groß.



Tabelle

Ereignis (4)	Distanz (m)	Dämpfung (dB)	Reflexion (dB)	Steigung (dB/km)	Rel. Entf. (m)	Link Budget (dB)
1	1002,47	-0,929		0,328	1002,47	0,329
2	2006,54	1,551		0,359	1004,07	
3	3008,21	0,000	-53,95	0,331	1001,67	1,641
4			34,43			

Bild 14: Mischung Standard-Singlemode-Faser mit Truewave-RS-Faser

Bei der bidirektionalen Mittelwertbildung ist zu beachten, dass der Ort 1000 m der schwarzen Kurve dem Ort 2000 m der grünen Kurve und der Ort 2000 m der schwarzen Kurve dem Ort 1000 m der grünen Kurve entspricht, da ja in entgegen gesetzten Richtungen gemessen wurde:

- 0,5·(-0,929 dB + 1,515 dB) = 0,293 dB
- 0,5·(-0,892 dB + 1,551 dB) = 0,330 dB

Das sind die wahren Dämpfungen bei 1000 m bzw. 2000 m (Orte bezogen auf die Messung in Vorwärtsrichtung). Diese Dämpfungen werden beeinflusst durch die Qualität der Steckverbindung und die Fehlanpassung der Modenfelddurchmesser.

6.3 Nicht reflektierende Ereignisse

Nicht reflektierende Ereignisse können APC-Stecker, Spleiße oder Makrobiegungen sein. Sie sind gekennzeichnet durch eine Stufe, aber keine Spitze.

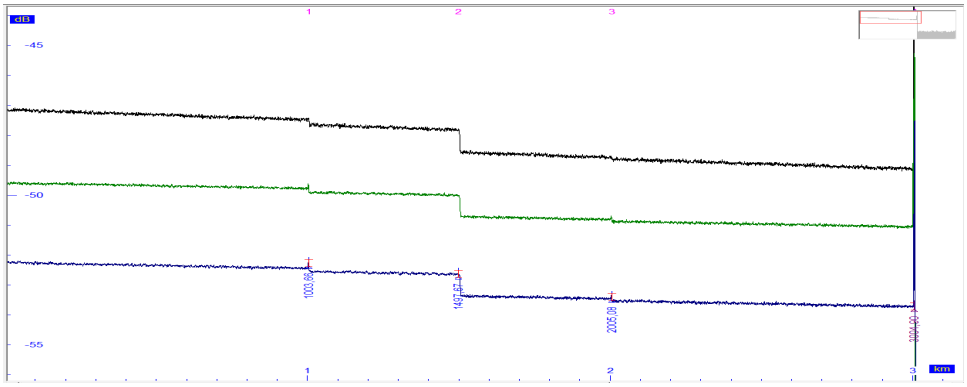


Bild 15: Spleißdämpfung bei verschiedenen Wellenlängen am Ort 1498 m

Bei einem APC-Stecker oder Spleiß hängt die **Dämpfung nur sehr wenig von der Wellenlänge ab**. In Bild 15 wurde bei 1498 m gemessen: 0,746 dB bei 1310 nm; 0,714 dB bei 1550 nm und 0,724 dB bei 1625 nm. Tendenziell sinkt die Dämpfung geringfügig mit der Wellenlänge, da der Modenfelddurchmesser größer und damit die Kopplung unkritischer wird.

Dämpfungen durch **Makrobiegungen** am Singlemode-LWL hängen **stark von der Wellenlänge ab**. In Bild 16 haben die Stufen am Ort 1113 m folgende Dämpfungen: **0,000 dB** bei 1310 nm, 0,210 dB bei 1550 nm, 0,501 dB bei 1625 nm. Um die Ursachen von nicht reflektierenden Ereignissen auf Singlemode-LWL zu ergründen, muss man bei verschiedenen Wellenlängen messen.

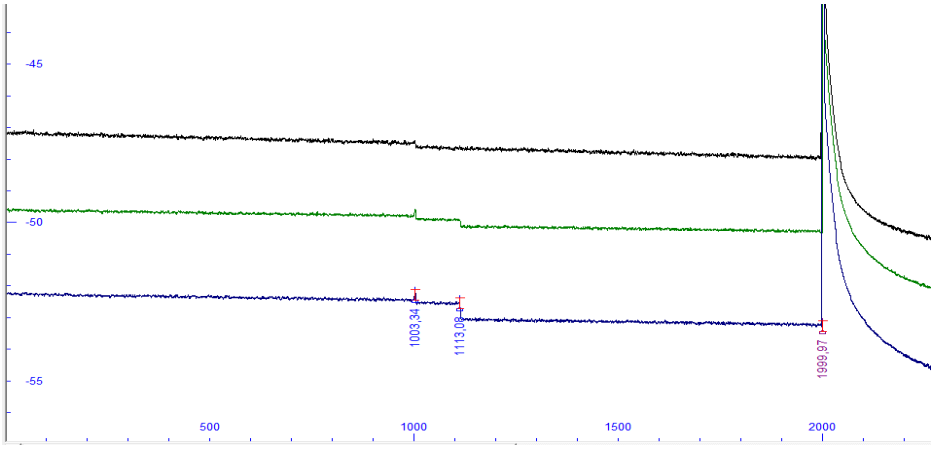
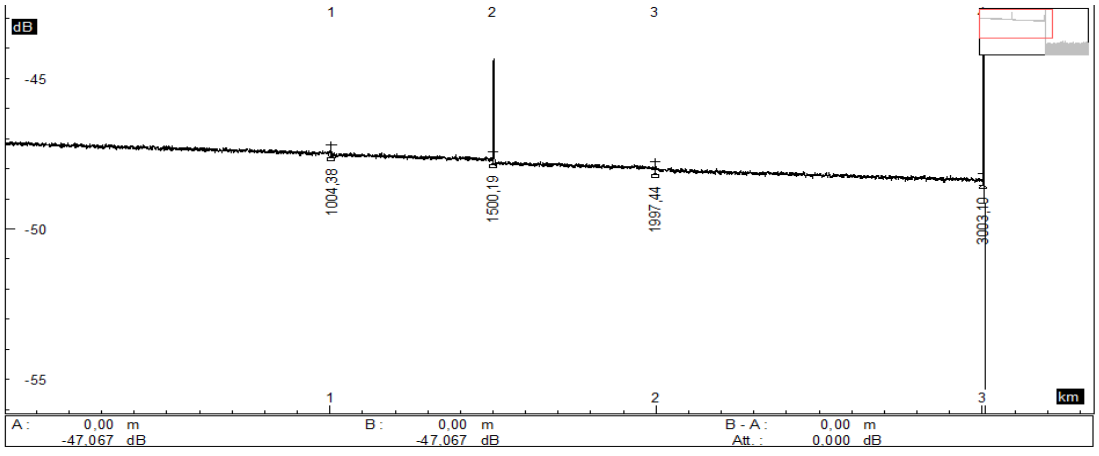


Bild 16: Markobiegdämpfung bei verschiedenen Wellenlängen am Ort 1113 m

6.4 Mischung Stecker gleicher Stirnflächengestalt

Der APC-Stecker in Bild 17 bei 1004 m hat keine Reflexion und eine kleine Dämpfung (0,04 dB), so wie von einem 0,1 dB-Stecker zu erwarten ist.



Tabelle

	Ereignis (5)	Distanz (m)	Dämpfung (dB)	Reflexion (dB)	Steigung (dB/km)	Rel. Entf. (m)	Link Budget (dB)
1		1004,38	0,040		0,334	1004,38	0,335
2		1500,19	0,121	-58,99	0,323	495,81	0,538
3		1997,44	0,072		0,323	497,25	0,819
4		3003,10	0,000	-53,97	0,332	1005,66	1,225

Bild 17: Beispiele für annähernd ideale Steckerübergänge

Der PC-Stecker bei 1500 m hat eine Reflexionsdämpfung von 59 dB (sehr guter Wert) und eine Dämpfung von 0,121 dB.

Der APC-Stecker bei 1997 m verursacht eine kleine Dämpfung (0,072 dB: 0,1 dB-Stecker) und keine Reflexion.

Der offene APC-Stecker am Ende der Strecke bei 3003 m bewirkt eine Reflexion (Reflexionsdämpfung 54 dB), da der Gegenstecker fehlt, der die Berührung verursacht.

Die beschriebenen Parameter kann man aus der Ereignistabelle entnehmen. Dabei ist zu beachten, dass in der Spalte „Reflexion“ der Reflexionsgrad

$$g_R = 10 \lg \frac{P_R}{P_0} \text{ in dB} \qquad (1)$$

und nicht die Reflexionsdämpfung

$$a_R = 10 \lg \frac{P_0}{P_R} \text{ in dB} \qquad (2)$$

angegeben wird. Wegen Gleichung (1) und (2) gilt $g_R = -a_R$.

6.5 Mischung Stecker unterschiedlicher Stirnflächengestalt

Eine Mischung von Steckern mit unterschiedlicher Stirnflächengestalt ist zu vermeiden, weil die Steckerstirnflächen beschädigt werden können und Dämpfung und Reflexion sich erhöhen.

Singlemode-Fasern werden mit PC-Steckern (blaue Markierung) bzw. mit APC-Steckern (grüne Markierung) konfektioniert. Es ist auf die Farbmarkierung zu achten.

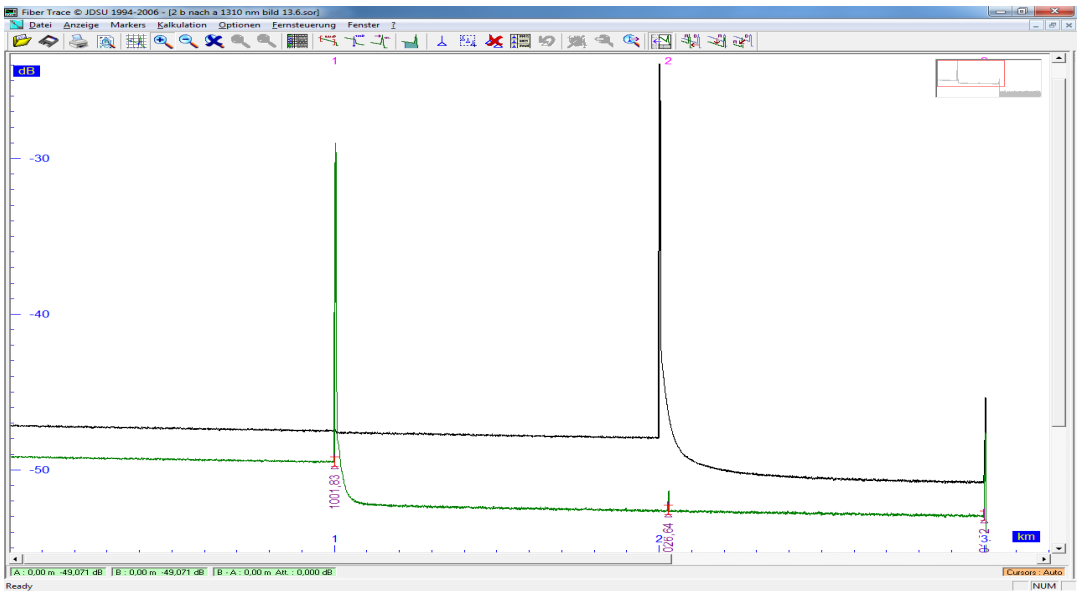


Bild 18: Mischung Stecker unterschiedlicher Stirnflächengestalt

Die **schwarze** Kurve in Bild 18 veranschaulicht bei 2000 m eine Mischung von PC auf APC. Die Dämpfung liegt bei **1,5 dB** und die Reflexionsdämpfung bei **14 dB**. Eine Interpretation findet man in Bild 19 links: Das von links ankommende Signal trifft auf eine ebene Stirnfläche. Der Übergang Glas auf Luft verursacht eine 4 %-Reflexion (14 dB Reflexionsdämpfung). Der Luftkeil bewirkt eine erhöhte Dämpfung.

Die grüne Kurve in Bild 18 veranschaulicht bei 1000 m eine Mischung von APC auf PC: Dämpfung 2,7 dB; Reflexionsdämpfung 24 dB. Eine Interpretation findet man in Bild 19 rechts: Das von links ankommende Signal trifft auf eine schräge Stirnfläche (Glas-Luft-Übergang). Die Reflexionsdämpfung ist hoch. Am Luft-Glas-Übergang trifft das Licht annähernd senkrecht auf die Stirnfläche: geringe Reflexionsdämpfung (ca. 24 dB). Der Luftkeil bewirkt die Dämpfung von 2,7 dB.

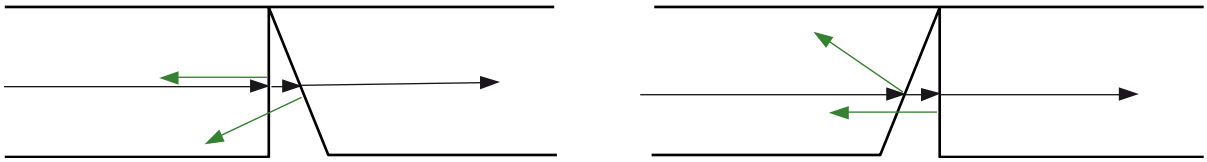
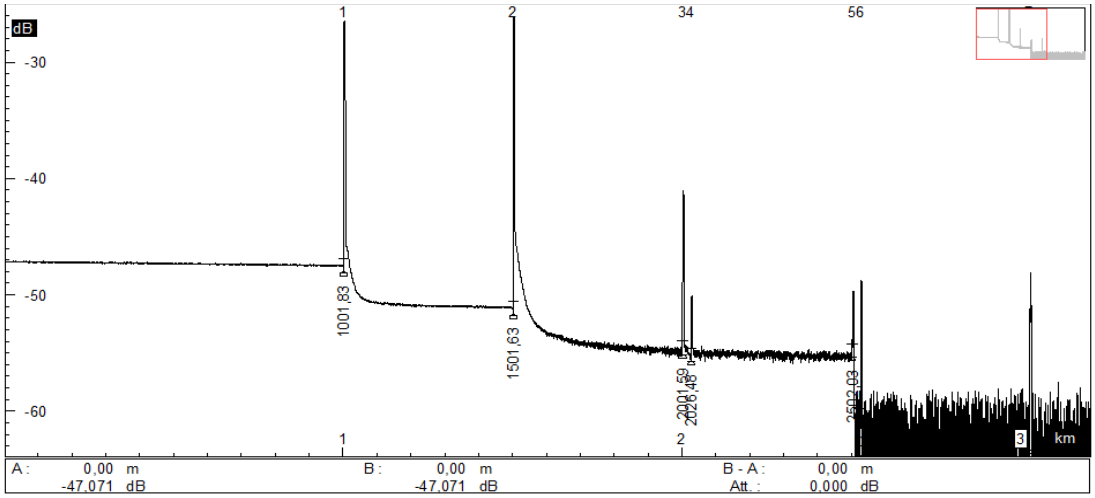


Bild 19: Strahlengang bei Übergang von PC auf APC (links)
APC auf PC (rechts); vereinfachte Darstellung

6.6 Mehrere Fehlanpassungen

Bild 20 zeigt die Rückstreukurve bei mehreren Fehlanpassungen. Am Ereignis 1 bei 1002 m erfolgt eine Mischung von Singlemode- auf Multimode-LWL und von APC auf PC: Reflexionsdämpfung 22,65 dB; Dämpfung 3,173 dB. Die Dämpfung fällt trotz der extremen Fehlanpassung noch relativ moderat aus.



Tabelle

Ereignis (8)	Distanz (m)	Dämpfung (dB)	Reflexion (dB)	Steigung (dB/km)	Rel. Entf. (m)	Link Budget (dB)
1	1001,83	3,173	-22,65	0,332	1001,83	0,333
2	1501,63	2,621	-14,43	1,072	499,80	4,005
3	2001,59	0,799	-36,51	1,700	499,96	7,715
4	2026,48	0,244	-55,79	1,700	24,89	7,872
5	2502,03	6,872	-53,63	0,637	475,54	8,187
6	2526,12	0,000	-40,65	0,250	24,10	14,832
7	3025,28	0,000	-39,44	0,425	499,16	15,456

Bild 20: Mehrere Fehlanpassungen

Am Ereignis 2 bei 1502 m erfolgt eine Mischung von Multimode-LWL auf Singlemode-LWL und von PC- auf APC-Stecker: Reflexionsdämpfung 14,43 dB; Dämpfung 2,621 dB.

Wie in Abschnitt 6.5 begründet, entsteht beim Übergang von PC auf APC eine 4 %-Reflexion (14 dB Reflexionsdämpfung). Wie ebenfalls in Abschnitt 6.5 beschrieben ist die Dämpfung beim Übergang von APC auf PC höher als beim Übergang von PC auf APC.

Am Ereignis 5 bei 2502 m ist die Strecke zu Ende. Der offene APC-Stecker gewirkt eine Reflexionsdämpfung von 53,63 dB.

Die Ereignisse 3, 4, 6 und 7 sind Geisterreflexionen (Abschnitt 3), die durch mehrfaches Durchlaufen des Lichts zwischen stark reflektierenden Ereignissen auftreten. Sie sollten keine Dämpfungen haben.

Bei den Ereignissen 3 und 4 wird eine Dämpfung angezeigt, weil die Auswertung ungenau ist: Die Ereignisse liegen sehr dicht beieinander und es steht nur ein kurzes Kurvenstück für die Auswertung zur Verfügung. Dieses ist auch noch verrauscht.

7 Fazit

Es gibt viele Effekte, die die Rückstreukurve verfälschen und die Interpretation erschweren. Deshalb ist sorgfältig mit Steckverbindern umzugehen und höchster Reinigungsstandard zu gewährleisten (DIN ISO/IEC 14763-3).

Im Einzelnen ist Folgendes zu beachten:

- Stecker mit identischer Stirnflächengestalt verbinden: NPC auf NPC, PC auf PC, APC 8° auf APC 8°, APC 9° auf APC 9°.
- Stecker von namhaften Konfektionären einsetzen: geringe geometrische Toleranzen => geringe Dämpfungen.
- Fasermischungen vermeiden, auch beim Übergang von Vorlaufprüfschnur bzw. Nachlaufprüfschnur auf die Strecke.
- Fasern namhafter Firmen einsetzen: geringe Parameterschwankungen => geringe Gainer/Looser

Es hat eine bidirektionale Messung mit Vor- und Nachlaufprüfschnur nach dem Schema entsprechend Bild 21 zu erfolgen:

(a) Messung in Vorwärtsrichtung

(b) Messung in Rückwärtsrichtung. Das Rückstreumessgerät befindet sich am Ende der Strecke. **Alle Steckerkombinationen bleiben unverändert.** Vor- und Nachlaufprüfschnur sind nicht „gewandert“. Die Nachlaufprüfschnur ist zur Vorlaufprüfschnur geworden und umgekehrt. Auch die Enden der Vor- und Nachlaufprüfschnur dürfen nicht vertauscht werden.

(c) Identische Anordnung wie in Bild (b). Die Darstellung erfolgte nur in entgegen gesetzter Richtung.

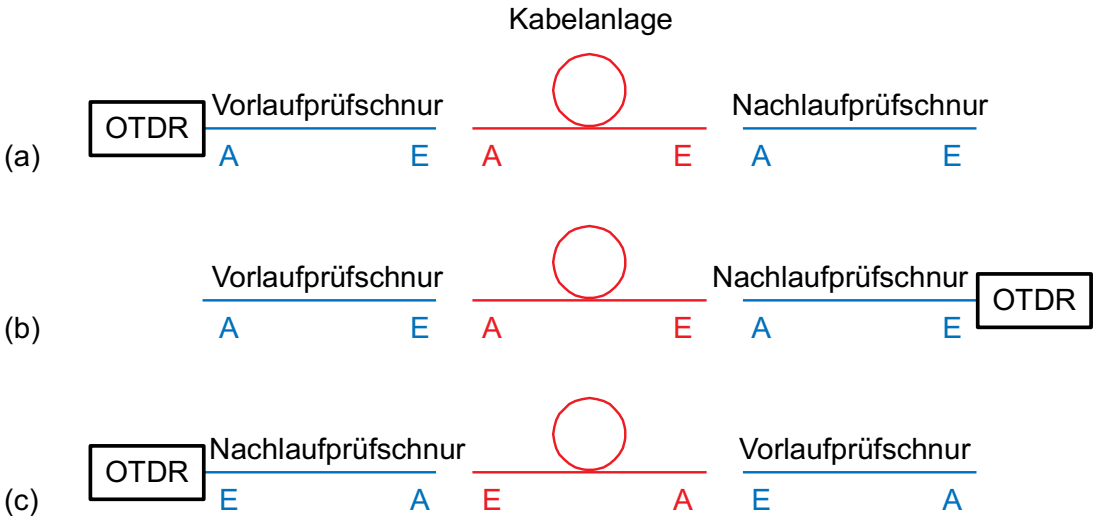


Bild 21: Richtige Messung mit Vor- und Nachlauf-LWL

Hat man nur ein optisches Rückstreumessgerät zur Verfügung, müssen die beiden Messtechniker nach der ersten Messung ihre Plätze tauschen. Das kann bei langen Strecken zeitaufwändig sein. Stehen zwei OTDR zur Verfügung, müssen die Plätze nicht getauscht werden.

Eine Messung mit zwei Geräten ist allerdings nur zulässig, wenn diese vom gleichen Hersteller sind, die Module die gleiche Dynamik haben und mit gleichen Einstellungen (Messzeit, Messbereich, Impulsbreite, Messpunktabstand) gemessen wurde. Brechzahl und Rückstreukoeffizient können gegebenenfalls nach der Messung vor der bidirektionalen Auswertung noch angepasst werden.

Dr. Dieter Eberlein, Lichtwellenleiter-Technik
D-01219 Dresden, Barlachstraße 11
Tel.: +49-351-3129945, Fax: +49-351-3129947
E-Mail: LWLTechnik@t-online.de, **Internet:** www.LWLTechnik.de
Dresden 21. April 2020

The fiber experts...

Unsere Vision ist es, Glasfaserspleiß- und Messgeräte-technik für jede Fachkraft einsetzbar zu machen.

SUMITOMO ELECTRIC

VIAVI Solutions

FLUKE networks

Chemtronics

MILLER

Die tso GmbH...

ist Experte für Spleiß- und Messgerätetechnik, Werkzeuge und Geräte für Glasfaserkommunikationsnetze. Als autorisierter Vertriebspartner marktführender Hersteller führt das Handels-unternehmen alle maßgeblichen Komponenten, die zum Breitbandausbau erforderlich sind. Das Serviceangebot umfasst auch die Wartung und Instandsetzung der Geräte. Individuelle Schulungen und Gerätetrainings in der hauseigenen tso Akademie runden das Angebot ab und machen Installateure in kurzer Zeit zu ‚fiber experts'.

Sie möchten in optimale Gerätetechnik investieren? Sie interessieren sich für unsere Schulungsangebote? Kontaktieren Sie uns. Wir beraten Sie gerne!

tso®
the fiber experts

tso GmbH
Hermann-Köhler-Str.13
58553 Halver

tso Akademie
Augustinusstr. 9d
50226 Frechen

T 02353/66987 - 0
info@tso-gmbh.de
www.tso-gmbh.de