



Anhang D:

Anforderungen an die Messtechnik

Autoren: **BMW Group**
Rechenzentrumstechnik
 Bremer Straße 6
 D-80807 München
 Tel.: +49-89-382-0

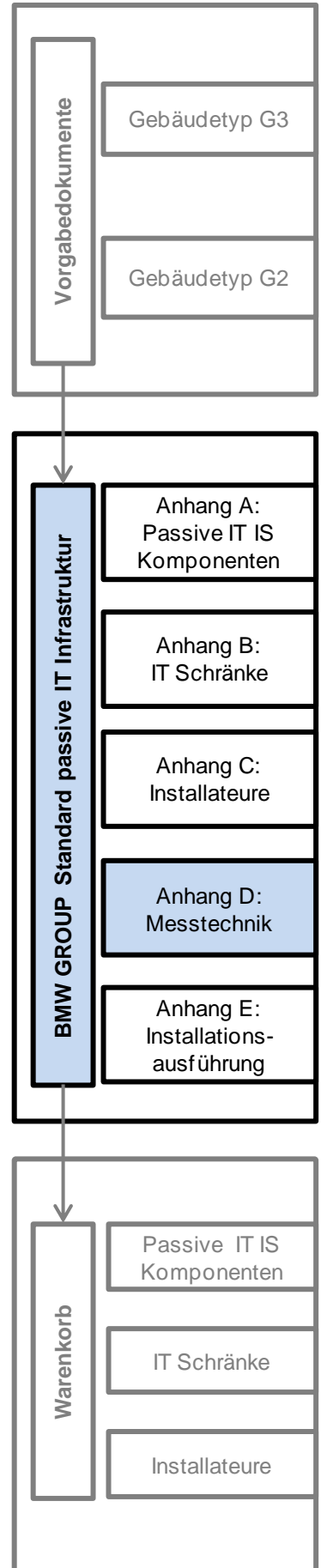
GHMT AG
 In der Kolling 13
 D-66450 Bexbach

Stand: April 2016

Version: 4.0

© Copyright BMW Group und GHMT AG 1999 – 2016.
 Alle Rechte vorbehalten. Schutzvermerk nach DIN ISO 16016 beachten.

Die Nutzung dieses Dokuments ist nur für den internen Gebrauch bzw. für Projekte, die in direktem Zusammenhang mit der BMW Group stehen, zulässig. Die Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlagen, Verwertung und Mitteilung ihres Inhaltes an Dritte ist nicht gestattet. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadensersatz. Alle Rechte vorbehalten, insbesondere für den Fall der Patenterteilung oder GM-Vertrag.





Änderungsverzeichnis

Version	Datum	Geänderte Kapitel	Bemerkungen
1.0	01.06.06		Ersterstellung
1.1	20.08.07	2; 2.5	Aufnahme Kapitel 2.5
1.2	31.05.08	Alle	Aktualisierung, Änderung aktueller Normenstand
2.0	01.04.12	Alle	Aktualisierung, Änderung Abteilungsbezeichnung Auftraggeber sowie Anhang-Buchstaben
4.0	30.04.16	Alle	weitgehende Aktualisierung und Überarbeitung des Standards und seinen Anhängen



Inhaltsverzeichnis

1	Vorbemerkung	5
2	Messtechnik (Cu)	5
2.1	Bewertungskriterien	5
2.2	Zugelassene Messgeräte	5
2.2.1	Kalibrierung	5
2.2.2	Software- Version	5
2.2.3	Messköpfe	5
2.3	Wichtige Messgeräteeinstellungen	6
2.4	Prüfparameter	6
2.5	Abspeichern der Messergebnisse	7
2.6	Dokumentation	7
3	Messtechnik (LWL)	10
3.1	Allgemeine Hinweise	10
3.2	Abnahmemessungen der LWL Verkabelung	10
3.3	Überprüfung der Sauberkeit der LWL Steckerstirnflächen	11
3.4	Reinigung von LWL Steckerstirnflächen	13
3.5	OTDR Rückstreuungsmessung	15
3.5.1	Messgeräte-Auswahl	15
3.5.2	Pulslänge und Messzeit	16
3.5.3	Hinweise und Forderungen zur OTDR Rückstreuungsmessung	16
3.5.4	Vorgabe Referenzmessung (einmal je Messpunkt)	17
3.5.5	Vorgaben zur Längenmessung (einmal je Kabel)	18
3.5.6	Vorgaben zur bidirektionalen OTDR Rückstreuungsmessung inkl. Mittelwertermittlung	19
3.5.7	Grenzwerte	21
3.5.8	Dokumentation	22
3.6	Pegel-Messung im Rahmen der Inbetriebnahme / Fehleranalyse	23
4	Optische Netzanwendungen	25
4.1	Singlemode	25
4.2	Multimode	26



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Beispiel einer Klasse E _A Permanent Link 2 Messung (Fluke DTX-1800)	8
Abbildung 2:	Beispiel einer Klasse E _A Permanent Link 2 Messung (IDEAL Lantek II)	9
Abbildung 3:	Ablaufplan gemäß IEC 61300-3-35 zur Bewertung von LWL Steckerstirnflächen	11
Abbildung 4:	Beispiel der Bewertung einer LWL Steckerstirnfläche	12
Abbildung 5:	Beispiel der LSA-Methode (5-Punkt-Methode)	16
Abbildung 6:	Positionierung der Cursor bei der Längenmessung	18
Abbildung 7:	Darstellung einer OTDR Rückstreumessung	19
Abbildung 8:	OTDR Rückstreumessung der Koppelstellen/Steckverbinder (Prinzipskizze)	20
Abbildung 9:	Nullabgleich (Prinzipskizze)	23
Abbildung 10:	Messaufbau der Pegelmessung (Prinzipskizze)	23
Abbildung 11:	Beispielhafte Darstellung für Pegelmessgeräte	24

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Beispielhafte Pulsbreiten und Auflösungsvermögen	16
Tabelle 2:	Grenzwerte für Einfügedämpfung	21
Tabelle 3:	Grenzwerte für Rückflussdämpfung	21
Tabelle 4:	Beispielhafte Darstellung der Dokumentation von Ergebnissen einer Pegelmessung	24
Tabelle 5:	Unterstützte Netzanwendungen für Singlemodeverkabelung (OS2)	25
Tabelle 6:	Unterstützte Netzanwendungen für Multimodeverkabelung (OM3/OM4)	26



1 Vorbemerkung

Als weiteren Bestandteil der Qualitätssicherung sind vom Installationsunternehmen alle installierten Cu- und LWL Datenstrecken messtechnisch zu überprüfen. Die Art der Durchführung sowie die gültigen Bewertungskriterien werden nachfolgend detailliert dargestellt.

Jegliche zum Durchführen einer messtechnischen Prüfung entfernte Verpackung / Schutzeinrichtung muss ersetzt werden, um den geforderten Schutz bezüglich Umwelteinflüssen und physikalischer Beschädigung der Bauelemente wieder herzustellen.

Wenn zum Schutz von Bauelementen Schutzkappen oder Ähnliches verwendet wurden, dürfen diese nur zur Durchführung der Prüfung entfernt werden und müssen wieder angebracht werden oder, falls erforderlich erneuert werden, bis die Installation abgeschlossen ist.

2 Messtechnik (Cu)

2.1 Bewertungskriterien

Die strukturierte Cu- Verkabelung muss den Anforderungen der Leistungsklasse E_A Permanent Link 2 (2 Connector) gemäß ISO/IEC 11801 genügen.

2.2 Zugelassene Messgeräte

Die Prüfmessungen müssen mit einem bei der BMW Group zugelassenen Messgerät durchgeführt, welches nachweislich mindestens der Qualitätsstufe „Level IV“ gemäß IEC 61935-1 entspricht. Ein Nachweis hierüber muss durch ein Zertifikat eines nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditierten Prüfinstituts erbracht werden.

Folgende Handtester sind bei der BMW Group für Cu- Abnahmemessungen zugelassen:

- Fluke (z.B. DTX-1800, DSX-5000)
- IDEAL (z.B. Lantek II)

2.2.1 Kalibrierung

Die Prüfmessungen müssen mit nachweislich und aktuell kalibrierten Messgeräten durchgeführt werden (letzte Kalibrierung max. 1 Jahr zurückliegend).

2.2.2 Software- Version

Die eingesetzten Messgeräte müssen die zum Zeitpunkt der Messung über die aktuelle Software-Version verfügen.

2.2.3 Messköpfe

Für die Messungen sind folgende Messköpfe zu verwenden:

- Fluke DTX-1800 → DTX-PLA002 Permanent Link Adapter mit modularen RJ45-Kontaktspitzen
- Fluke DSX-5000 → DSX-PLA004 Permanent Link Adapter mit modularen RJ45-Kontaktspitzen
- IDEAL Lantek II → High Performance Category 6A Adapter

Wichtiger Hinweis bei Verwendung Fluke DTX-1800 und DSX-5000:

Es ist durch den Installationsdienstleister sicherzustellen, dass die verwendeten Kontaktspitzen spätestens bei Anzeichen von Verschleiß (z.B. durch Reduzierung der ermittelten Systemreserve) unverzüglich erneuert werden.

Andernfalls behält sich die Gruppe Rechenzentrumstechnik vor, die betroffenen Messungen vom Installationsdienstleister zu dessen Lasten erneut mit ordnungsgemäßen Kontaktspitzen einzufordern.

Wichtiger Hinweis bei Verwendung IDEAL Lantek II:

Da das Messgerät IDEAL Lantek II keinen speziellen Permanent Link Adapter verwendet, sondern die Permanent Link Messungen mit Hilfe von Standard Anschluss- /Rangierkabel durchgeführt werden, sind durch den Installationsdienstleister folgende Anforderungen zu gewährleisten:

- Die eingesetzten Anschluss- /Rangierkabel müssen folgende Anforderungen erfüllen:
 - o Aktuell bei der BMW Group freigegeben
 - o Steckgesicht RJ45
 - o Länge: je 2,0 m
- Jedes Anschluss- / Rangierkabel darf maximal für 200 Messungen eingesetzt werden und muss eindeutig gekennzeichnet werden.
- Die so gekennzeichneten Anschluss- /Rangierkabel müssen nach Abschluss der Abnahmemessungen zusammen mit den Messergebnissen dem zuständigen Fachplaner übergeben werden. Bei der Übergabe muss eindeutig dokumentiert sein, welches Anschluss- /Rangierkabel für welche Abnahmemessung verwendet wurde.

Sollten diese Anforderungen nicht umfänglich erfüllt werden, behält sich die Gruppe Rechenzentrumstechnik vor, die betroffenen Messungen vom Installationsdienstleister zu dessen Lasten erneut wie vorgegeben einzufordern.

2.3 Wichtige Messgeräteeinstellungen

Folgende Parameter sind im Setup des Messgerätes unbedingt einzustellen:

- NVP- Wert (entsprechend Datenblatt des Installationskabels)
- „Grenzwert“ ist die ISO/IEC 11801 Klasse E_A Permanent Link 2 (2 Connector)

2.4 Prüfparameter

Es müssen je Cu- Datenstrecke folgende Parameter ermittelt werden:

- Verdrahtungsplan
- Kabellänge
- Gleichstromwiderstand
- Laufzeit
- Laufzeitdifferenz

Darüber hinaus müssen zusätzlich folgende Parameter im Frequenzbereich 1 MHz bis mindestens 500 MHz ermittelt werden:

- Einfügedämpfung
- Nahnebendämpfung, NEXT (beidseitig)
- Rückflusdämpfung (beidseitig)
- ACR-F (beidseitig)
- ACR-N (beidseitig)
- PS NEXT (beidseitig)
- PS ACR-F (beidseitig)
- PS ACR-N (beidseitig)



2.5 Abspeichern der Messergebnisse

Die Messergebnisse der Abnahmemessungen sind entsprechend folgendem Beispiel abzuspeichern:

EVT1/VT23345/L5CD

EVT1: Etagenverteiler 1

VT23345: Verteilerschrank 23345

L5CD: IDENT- Nummer der Datenstrecke

2.6 Dokumentation

Alle Messergebnisse (inkl. grafischer Darstellung der frequenzabhängigen Parameter) sind in strukturierter, herstellerspezifischer sowie elektronischer Form inkl. Viewer-Software dem zuständigen Fachplaner zu übergeben.

- | | | |
|-------------------------------|---|---|
| - Fluke DTX-1800 und DSX-5000 | → | Fluke-Linkware-Database-Format (*.flw) |
| - IDEAL Lantek II | → | IDEAL IDC Projekt (*.sdf)
Berichtstyp: kurz (vgl. Abbildung 2) |

Die Abgabe der Messdaten ausschließlich im PDF-Format bzw. in Papierform ist unzulässig.

Der Installationsdienstleister hat dafür Sorge zu tragen, dass alle von ihm erstellten Messprotokolle fehlerfrei im Dokumentationssystem (COMMAND) hinterlegt sind.

Anmerkung:

Die detaillierten Anforderungen für die "Dokumentation zur Abnahme" sind im „Anhang E: Anforderungen an die Installationsausführung“ dargestellt.

Nachfolgend werden exemplarische Messprotokolle der zugelassenen Messgeräte dargestellt.

GHMT®



Kabelkennung: EVT1.4-VT-32691-T7XV

Datum/Uhrzeit: 21.03.2016 16:38:42

Reserve 6.5 dB (NEXT 36-45)

Grenzwert: ISO11801 PL2 Class Ea

Kabeltyp: Daetwyler uninet 7080 4P

NVP: 81.0%

Bediener: Hr. Mustermann

Software-Version: 2.7700

Grenzwerte Version: 1.9400

Kalibrierungsdatum:

Hauptgerät (Tester): 20.11.2015

Remote (Tester): 20.11.2015

Testzusammenfassung: PASS

Modell: DTX-1800

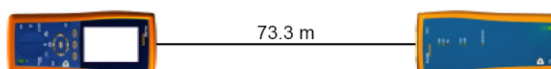
Hauptgerät S/N: 8717069

Remote S/N: 8717070

Adapter Hauptgerät: DTX-PLA002

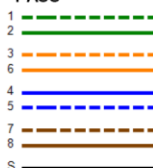
Adapter Remote: DTX-PLA002

Länge (m)	[Paar 36]	73.3
Laufzeit (ns), Grnz. 496	[Paar 45]	304
Abweichung (ns), Grnz. 43	[Paar 45]	2
Widerstand (Ohm), Grnz. 20.6	[Paar 12]	10.1
Einfüg.-Dämpf. Reserve (dB)	[Paar 36]	10.5
Frequenz (MHz)	[Paar 36]	500.0
Grenzwert (dB)	[Paar 36]	41.6

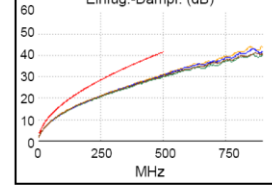


Wire Map (T568A)

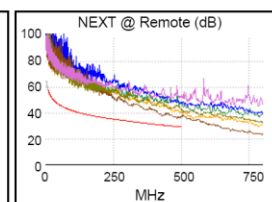
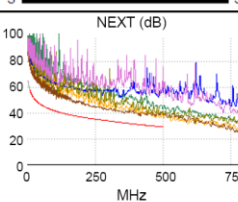
PASS



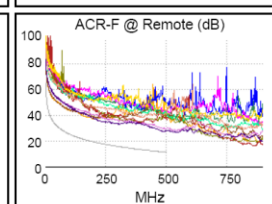
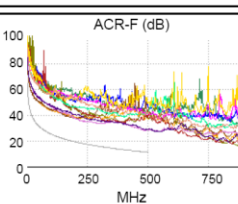
Einfüg.-Dämpf. (dB)



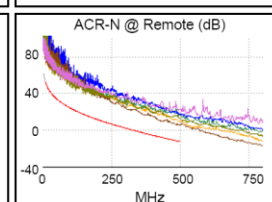
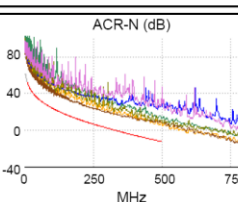
	MAIN	SR	MAIN	SR
PASS				
Schlechtest Paar	12-36	36-45	12-36	36-45
NEXT (dB)	6.9	6.5	7.1	6.5
Freq. (MHz)	472.0	484.0	487.0	484.0
Grenzwert (dB)	29.8	29.5	29.5	29.5
Schlechtest Paar	36	36	36	36
PS NEXT (dB)	6.4	8.0	6.4	8.0
Freq. (MHz)	472.0	484.0	472.0	494.0
Grenzwert (dB)	26.9	26.7	26.9	26.5



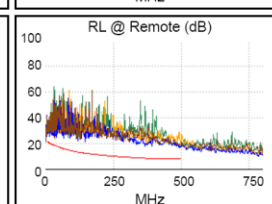
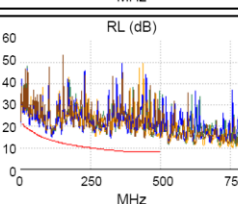
	MAIN	SR	MAIN	SR
PASS				
Schlechtest Paar	36-78	78-36	36-78	78-36
ACR-F (dB)	16.8	16.1	16.8	16.1
Freq. (MHz)	482.0	482.0	484.0	484.0
Grenzwert (dB)	11.6	11.6	11.5	11.5
Schlechtest Paar	36	36	36	36
PS ACR-F (dB)	19.0	17.6	19.4	19.5
Freq. (MHz)	5.1	218.5	485.0	493.0
Grenzwert (dB)	48.0	15.4	8.5	8.4



	MAIN	SR	MAIN	SR
PASS				
Schlechtest Paar	36-45	36-45	12-36	36-45
ACR-N (dB)	16.4	17.0	17.4	17.0
Freq. (MHz)	112.0	484.0	487.0	484.0
Grenzwert (dB)	22.3	-11.3	-11.5	-11.3
Schlechtest Paar	36	36	36	36
PS ACR-N (dB)	15.4	18.4	17.0	18.4
Freq. (MHz)	112.0	495.0	487.0	495.0
Grenzwert (dB)	19.8	-14.9	-14.4	-14.9



	MAIN	SR	MAIN	SR
PASS				
Schlechtest Paar	45	45	45	45
RL (dB)	1.7	5.0	5.7	8.6
Freq. (MHz)	112.0	5.4	322.0	495.0
Grenzwert (dB)	13.5	21.0	8.9	8.0



Erfüllte Network Standards:

10BASE-T 100BASE-TX

1000BASE-T 10GBASE-T

ATM-51 ATM-155

TR-4 TR-16 Active

100BASE-T4

ATM-25

100VG-AnyLan

TR-16 Passive

LinkWare™ PC Version 9.5

Projekt: BMW Musterprojekt

Unbenannt1

Stockwerk: Etage

Gestell: VT32691

Ort: Musterhausen

Gebäude: Musterhaus

Telekommunikation Raum: EVT 1.4

Rangierfeld: HE 1

FLUKE
networks

Abbildung 1: Beispiel einer Klasse E_A Permanent Link 2 Messung (Fluke DTX-1800)



IDEAL INDUSTRIES, Inc. Certified - Testbericht

Projektname: GHMT_job
Firma: GHMT AG

Berichtsdatum: Dienstag, 14. April 2015 13:51
Version: 1.3.2

Übersicht:

Alle Strecken	Twisted Pair	Coax/Twinax	Glasfaser
Anzahl: 1	Anzahl: 1	Anzahl: 0	Anzahl: 0
Bestanden: 1	Bestanden: 1	Bestanden: 0	Bestanden: 0
Fehlerhaft: 0	Fehlerhaft: 0	Fehlerhaft: 0	Fehlerhaft: 0
Gesamtlänge: 85,6m	Gesamtlänge: 85,6m	Gesamtlänge: 0m	Gesamtlänge: 0m

Bestanden

Streckenname: TEST BMW
Grenzwert: ISO Ea PL2 STP Perm
MFGDB:
LANTEK II-1000 [1003175/1003223
Adapter ID: 6004, Cat 6A Chan
Benutzer-Notizen:

NVP: 79
Teststandard: ISO/IEC 11801 Am 2
Frequenzbereich: 1 - 500MHz
Firmware 2.036

Testdatum: 14.04.2015
Testzeit: 13:16:51
Bediener: Hr. Mustermann
Kunde: BMW Group
Firma: GHMT AG

	Wert	Paare	Grenzwert	Reserve	Paare	Schlechtester Gesamt Wert	Grenzwert	Reserve
Verdrahtung	✓ N/A	N/A	N/A	N/A				
Länge	✓ 85,6 m.	7,8						
DC Widerstand	✓ 11,5 ohms	3,6	20,6 ohms	9,1 ohms				
Laufzeit	✓ 364,3 ns	5,4	487,0 ns	122,7 ns				
Laufzeitdifferenz	✓ 3,1 ns	5,4	43,0 ns	39,9 ns				
Einfügedämpfung	✓ 3,6 dB @ 5,4MHz	DH 5,4	< 4,0 dB	0,4 dB	DH 5,4	36,8 dB @ 499,0MHz	< 41,6 dB	4,8 dB
Rückflusdämpfung	✓ 21,1 dB @ 167,5MHz	DH 5,4	> 11,8 dB	9,3 dB	DH 3,6	18,5 dB @ 412,0MHz	> 8,0 dB	10,5 dB
NEXT	✓ 33,2 dB @ 500,0MHz	DH 3,6-1,2	> 29,2 dB	4,0 dB	DH 3,6-1,2	33,2 dB @ 500,0MHz	> 29,2 dB	4,0 dB
ACR-N	✓ -2,7 dB @ 500,0MHz	DH 3,6-1,2	>= -12,4 dB	9,7 dB	DH 3,6-1,2	-2,7 dB @ 500,0MHz	>= -12,4 dB	9,7 dB
ACR-F	✓ 24,7 dB @ 460,0MHz	DH 5,4-3,6	> 12,0 dB	12,7 dB	RH 5,4-3,6	24,0 dB @ 500,0MHz	> 11,3 dB	12,7 dB
PS NEXT	✓ 31,1 dB @ 500,0MHz	DH 3,6	> 26,4 dB	4,7 dB	DH 3,6	31,1 dB @ 500,0MHz	> 26,4 dB	4,7 dB
PS ACR-N	✓ -1,2 dB @ 439,0MHz	DH 3,6	> -11,1 dB	9,9 dB	DH 3,6	-4,8 dB @ 500,0MHz	> -15,2 dB	10,4 dB
PS ACR-F	✓ 23,1 dB @ 500,0MHz	DH 3,6	> 8,3 dB	14,8 dB	DH 3,6	23,1 dB @ 500,0MHz	> 8,3 dB	14,8 dB

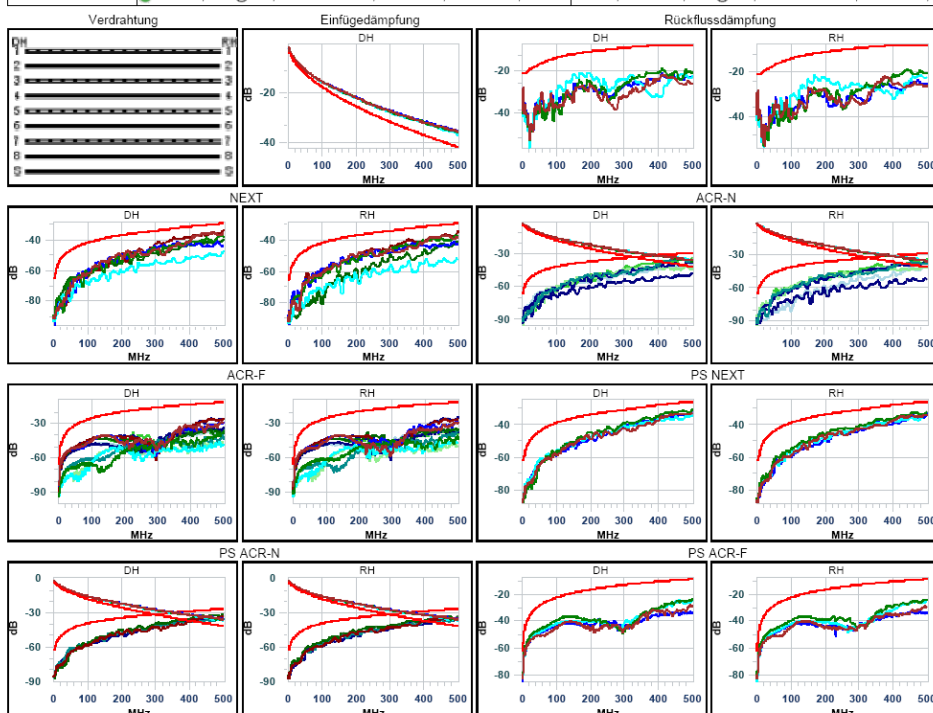


Abbildung 2: Beispiel einer Klasse E_A Permanent Link 2 Messung
(IDEAL Lantek II)

3 Messtechnik (LWL)

3.1 Allgemeine Hinweise

Verunreinigte Steckverbinder beeinflussen die Messergebnisse an einer LWL- Verkabelungs- bzw. Übertragungsstrecke erheblich. Zur Gewährleistung einer hohen Messgenauigkeit sind Steckverbinder mit höchster Qualität und vom gleichen Hersteller zu verwenden. Ein Großteil der Fehler die bei einer LWL- Verkabelung auftreten, sind auf verunreinigte LWL- Steckerstirnflächen zurückzuführen. Daher ist unbedingt zu gewährleisten, dass durch den Messvorgang die LWL- Steckerstirnflächen nicht verschmutzt und/oder beschädigt werden.

3.2 Abnahmemessungen der LWL Verkabelung

Bei der qualitativen Bewertung von LWL- Verkabelungen sind für jede LWL-Datenstrecke folgende Untersuchungen durchzuführen:

- Überprüfung der Sauberkeit der Steckerstirnflächen mit einem Videomikroskop vor und nach der OTDR- Rückstreumessung (Vergrößerung des Mikroskops mind. 200-fach)
- Ermittlung der Kabellänge mittels OTDR- Rückstreumessung
- Durchführung einer OTDR- Rückstreumessung gemäß IEC 14763-3 zur Erstellung einer Rückstreukurve
- Ermittlung der Rückflusdämpfung sowie der Einfügedämpfung jedes Ereignisses aus der OTDR- Rückstreukurve (Stecker-Kupplung-Stecker)

Die OTDR- Rückstreumessung ist bidirektional bei folgenden Wellenlängen durchzuführen:

- Singlemode: 1310 nm sowie 1550 nm*
- Multimode: 850 nm sowie 1300 nm

* Bei MAN- und WAN- Verbindungen, sind die Singlemode- OTDR- Rückstreumessung zusätzlich auch bei der Wellenlänge 1625 nm durchzuführen.

Anmerkung:

Für Multimode ist zusätzlich die Modenanregung (Encircled Flux) mittels Mode Controller nach IEC 61280-4-1 sicherzustellen.

3.3 Überprüfung der Sauberkeit der LWL Steckerstirnflächen

Vor und nach jeder OTDR- Rückstreuungsmessung ist die Sauberkeit der LWL Steckerstirnflächen mit einem geeigneten Videomikroskop (Vergrößerung mind. 200-fach) gemäß IEC 14763-3 und IEC 61300-3-35 zu überprüfen. Dies gilt im Besonderen für die verwendeten Messfasern, die einer ständigen visuellen Kontrolle mittels Mikroskop unterliegen. Kontaminierte Oberflächen sind mit geeigneten vom Lieferanten freigegebenen Mitteln zu reinigen.

Nachfolgend ist der entsprechende Ablaufplan gemäß IEC 61300-3-35 aufgeführt.

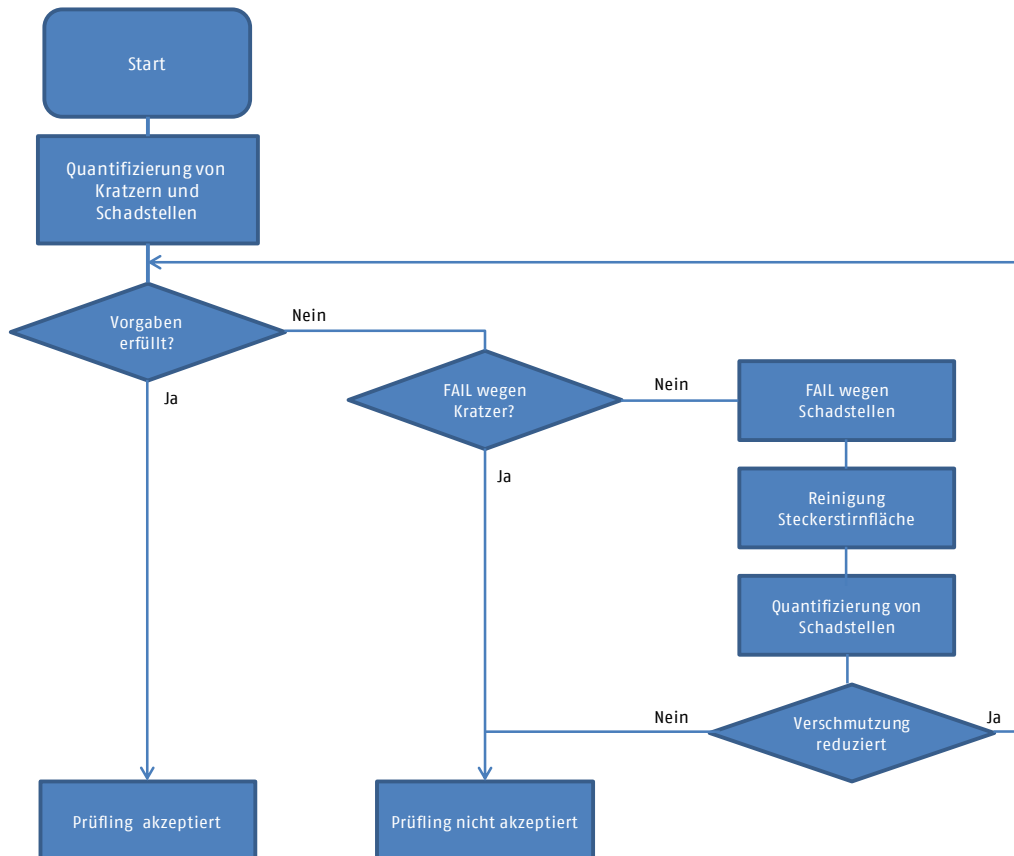


Abbildung 3: Ablaufplan gemäß IEC 61300-3-35 zur Bewertung von LWL Steckerstirnflächen

Anhang D: Anforderungen an die Messtechnik



Die Mikroskopieaufnahmen jeder LWL Steckerstirnfläche sind Bestandteil der Dokumentation und in strukturierter Form zu übergeben. Es werden nur Protokolle anerkannt, welche ein „GUT“ aufweisen.



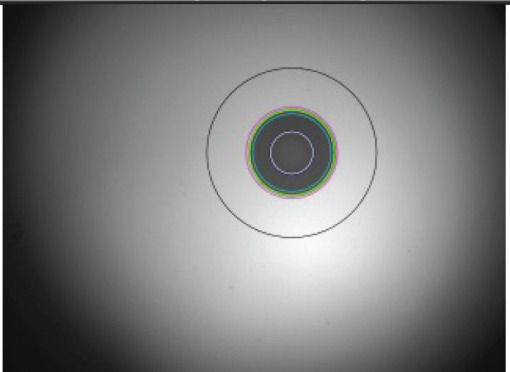
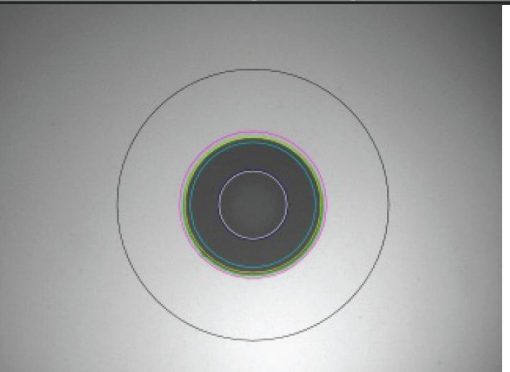
FiberChek ^{PRO}		Faseruntersuchung		JDSU
Untersuchungsdatum	05.04.2016 14:56:51			
Firmenname	GHMT AG			
Kunde	Musterhausen			
Ort	Hr. Mustermann			
Operator				
Faserinformationen				
Dateiname	Seite A_Faser 1			
Fasertyp	MM_OM4			
Faser-ID				
Anmerkungen				
Untersuchungszusammenfassung				
Profilname:	MM (IEC-61300-3-35 Ed. 2.0)	Spitze:	Standard Tips (with BAP1)	Fokus: <div><div>92</div></div>
Zone	Beschädigungen	Kratzer		
Zone A (0 - 65)	GUT	GUT		
Zone B (65 - 115)	GUT	GUT		
Zone C (115 - 135)	GUT	GUT		
Zone D (135 - 250)	GUT	GUT		
Geringe Vergrößerung		Starke Vergrößerung		
				
Analysedetails				
© 2016 JDS Uniphase Corporation. Alle Rechte vorbehalten.				
				Seitennummer1

Abbildung 4: Beispiel der Bewertung einer LWL Steckerstirnfläche

3.4 Reinigung von LWL Steckerstirnflächen

Die Reinigung von LWL Steckerstirnflächen hat gemäß den Anweisungen des Herstellers sowie den Ausführungen der IEC/TR 62627-01 zu erfolgen.

Trocken-Reinigung:

Bei geringer Kontaminierung ist die LWL Steckerstirnfläche nach Anweisungen des Herstellers trocken zu reinigen. Geeignete Reinigungsutensilien sind insbesondere fusselfreie Tücher, spezielle Reinigungsbänder (Kassetten) oder Reinigungsstäbchen. Nach jeder Trockenreinigung ist mikroskopisch zu prüfen, ob die Reinigung erfolgreich war oder ob sie wiederholt werden muss.

Nass-Trocken-Reinigung:

Sollte die Trockenreinigung nach zwei- bis dreimaligem Wiederholen nicht zum Erfolg führen oder ist die Kontaminierung zu stark, ist eine Nass-Trocken-Reinigung durchzuführen.

Hierzu ist ein speziell für optische Bauelemente geeignetes Lösungsmittel (z.B. hochreiner Isopropanol-Alkohol, > 99 %) auf ein fusselfreies Reinigungstuch aufzutragen und die Steckerstirnfläche hiermit nach Herstelleranweisungen zu reinigen. Im Anschluss an diese Reinigung muss sofort eine Trockenreinigung (s.o.) durchgeführt werden. Nach jeder Nass-Trocken-Reinigung muss ebenfalls geprüft werden, ob die Reinigung erfolgreich war oder ob sie wiederholt werden muss.

Sollten trotz mehrfacher Nass-Trocken-Reinigung Rückstände auf der Oberfläche zurückbleiben, handelt es sich hierbei i.d.R. um in die Oberfläche eingearbeitete Abriebteilchen oder Kleberrückstände, welche sich nicht entfernen lassen. In diesem Fall ist mit dem Fachplaner unverzüglich Rücksprache zu halten, ob die betroffenen Steckerstirnflächen auszutauschen sind.



Abbildung 5: Zulässige Utensilien zur Reinigung von optischen Steckerstirnflächen (Auswahl)



- 1) **Fusselfreie Reinigungstücher:**
Fusselfreie Reinigungstücher in Spenderbox, speziell zum feuchten Reinigen von LWL-Steckerstirnflächen und Glasfasern mit Hilfe von Isopropylalkohol.
- 2) **Reinigungsstäbchen:**
Zum meist trockenen Reinigen von Stirnflächen von Steckern, die in Kupplungen, Adaptern, Geräteanschlüssen oder Patchfeldern eingebaut sind. Es werden Varianten sowohl für 1,25 mm als auch 2,5 mm Ferrulen angeboten.
- 3) **Isopropylalkohol, > 99%:**
Hochreiner Alkohol zur feuchten Reinigung von LWL-Steckerstirnflächen und Glasfasern mit Hilfe von fusselfreien Reinigungstüchern (auch bekannt als 2-Propanol oder Isopropanol (abgekürzt IPA), Kontakt verursacht Reizungen der Augen und der Schleimhäute). Beim Umgang mit Isopropylalkohol ist für eine ausreichende Lüftung sorgen.
Nach dem feuchten Reinigen mit Alkohol sind die Steckeroberflächen im Anschluss nochmals trocken nach zu reinigen, da verbleibende Alkoholrückstände hygroskopisch wirken und sich hierdurch leicht Schmutz anlagert.
- 4) **LWL-Reinigungskassette (z.B. Reel-Cleaner, Cletop):**
Reinigungskassette mit speziell beschichtetem und vor Kontaminierung geschütztem Reinigungsband zum trockenen Reinigen von LWL-Steckerstirnflächen. Reinigungsband wird für jeden Reinigungsvorgang automatisch weitertransportiert.
- 5) **One-Click Cleaner:**
Zum trockenen Reinigen von LWL-Stirnflächen von Steckern, die in Kupplungen, Adaptern, Geräteanschlüssen oder Patchfeldern eingebaut sind. Reinigungsvorgang wird durch Drücken des One-Click Cleaners ausgeführt. Es werden für verschiedene Steckgesichter/ Ferrulen-Durchmessern unterschiedliche Varianten angeboten

3.5 OTDR Rückstreuungsmessung

Die OTDR Rückstreuungsmessung mittels eines OTDR Messgerätes (OTDR: Optical Time Domain Reflectometer) liefert Informationen in graphischer Darstellung über die gesamte Faser- und Streckencharakteristik der installierten Strecke.

Alle bei der BMW Group verlegten LWL Verkabelungen (vorkonfektioniert vom Hersteller oder in Spleißtechnik) müssen nach deren Installation messtechnisch zu 100% überprüft und dokumentiert werden.

Anmerkung:

Die Vorgaben zur Prüfung einer LWL Verkabelungsanlage gemäß IEC 14763-3 (Errichtung und Betrieb von Standortverkabelung- Teil 3: Messungen von Lichtwellenleiterverkabelung) sind zwingend einzuhalten und anzuwenden.

3.5.1 Messgeräte-Auswahl

Damit eine standardisierte und harmonisierte Verwaltung der Messergebnisse möglich ist, dürfen die Messungen der informationstechnischen LWL Verkabelung ausschließlich nur mit den von der BMW Group freigegebenen Messgeräten durchgeführt werden.

Folgende Messgerätehersteller* sind freigegeben:

- EXFO
- Fluke
- Ideal Industries (z.B. Mikro-OTDR-Serie)
- JDSU

Erst nach Freigabe durch die Gruppe Rechenzentrumstechnik ist die Verwendung eines anderen Messgerätes erlaubt.

** Die Reihenfolge der aufgeführten Messgerätehersteller ist ohne Gewichtung*

3.5.2 Pulslänge und Messzeit

Die Pulslänge beeinflusst das zeitliche sowie das regelmäßige Auflösungsvermögen eines OTDR's. Kurze Pulslängen generieren eine höhere ortsbezogene Auflösung mit kleinen Totzonen. Mit größeren Pulslängen steigen Reichweite und Pegelaufklärung sowie die Totzonen nehmen zu. Aufgrund der gestiegenen Totzonen reduziert sich die ortsbezogene Auflösung.

Messzeit:

Es ist darauf zu achten, dass die Messzeit ausreichend lange eingestellt wird, um durch die Mittelwertbildung vieler Einzelmessungen ein genaues und rauschfreies Ergebnis zu erhalten:

$$t_{\text{mess}} \geq 15 \text{ s}$$

Pulslänge:

Die Pulslänge ist so zu wählen, dass die ortsbezogene Auflösung hoch genug ist, um jeden Stecker-Kupplung-Steckerübergang (ggf. inkl. Spleiß) über die LWL-Strecke zu bewerten.

Zur Orientierung nachfolgende entsprechende Pulslängen:

Pulslänge	3 ns	10 ns
Auflösungsvermögen	0,3 m	1 m

Tabelle 1: Beispielhafte Pulsbreiten und Auflösungsvermögen

Anmerkung:

Das OTDR ist jedoch so einzustellen, dass bei der kleinstmöglichen Pulslänge ein rauschfreier Kurvenverlauf ermittelt wird.

3.5.3 Hinweise und Forderungen zur OTDR Rückstreuungsmessung

Für die OTDR- Rückstreuungsmessungen gemäß IEC 14763-3 sind folgende Vorgaben zu berücksichtigen:

- Die Dämpfungsstufen im Rückstreudiagramm müssen unter Anwendung der LSA-Methode (5-Punkt-Methode) berechnet werden. Hierbei wird in die OTDR Rückstreucurve jeweils vor und hinter dem Ereignis eine Gerade (1-2 bzw. 3-4) gelegt und die Geraden werden bis zum Ort des Ereignisses extrapoliert. Dies entspricht dem Punkt (5), an dem sich der Rückstreupegel sprunghaft ändert. Hierdurch werden Schwankungen der Dämpfungsmesswerte durch Rauscheffekte eliminiert. Aus dem Abstand der beiden resultierenden Schnittpunkten zwischen Ausgleichsgeraden (1-2 bzw. 3-4) und Ereignissenkrechte (5) wird die resultierende Einfügedämpfung ermittelt.

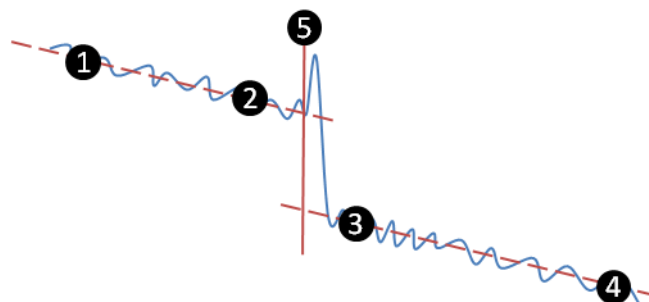


Abbildung 6: Beispiel der LSA-Methode (5-Punkt-Methode)



- Es ist sicherzustellen, dass für jede Wellenlänge der Brechzahlindex gemäß Datenblatt des Herstellers für die zu prüfenden optische Faser eingestellt ist.
- Die Darstellung im Rückstreudiagramm hat so zu erfolgen, dass das Messobjekt inkl. den Vor- und Nachlauf Fasern zu erkennen ist und die Reflexionen der lösbaren LWL Verbindungen nicht abgeschnitten werden.
- Das Einbringen von Flüssigkeiten im Bereich der Steckerkupplung (z.B. Isopropylalkohol, Indexanpassende Materialien (Gele und/oder Flüssigkeiten)) zur Manipulation der OTDR- Messergebnisse ist unzulässig
- Es besteht auch die Möglichkeit, die Messung mittels Loop durchzuführen. Hierbei sind vorab alle Fasern auf korrekte 1:1-Verbindung mittels Laserpointer zu überprüfen.

Anmerkung:

Messungen an Glasfaser-LWL sind unter besonderer Beachtung der einschlägigen Sicherheitsvorschriften bei Laserstrahlung durchzuführen. Hierzu zählen unter anderem die Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaft Elektro Textil Feinmechanik BGV B2 sowie die DIN EN 60825-1.

3.5.4 Vorgabe Referenzmessung (einmal je Messpunkt)

Zur Qualifizierung des Messaufbaus bei den OTDR Rückstreumessungen sind die Vorlauffaser und die Nachlauffaser über eine Kupplung miteinander zu verbinden. Jeweils vor und nach einer Messetappe ist hierzu eine OTDR Rückstreukurve aufzunehmen und das Ergebnis zu dokumentieren. Auf diese Weise kann die Qualität der Steckverbindungen anhand der ermittelten Einfügedämpfungen und Rückflusdämpfungen überprüft werden.

Diese Messergebnisse sind zusammen mit den OTDR Messprotokollen in elektronischer Form zu übergeben.

Es ist darauf zu achten, dass durch die Qualität der eingesetzten Messfasern die ermittelten Rückstreukurven nicht verfälscht werden:

- Messfasern müssen die gleichen optischen Parameter wie der zu prüfende Lichtwellenleiter besitzen. Zwischen den Vor- und Nachlauf Fasern dürfen sich keine weiteren Verbindungskabel befinden.
- Messfasern müssen einer regelmäßigen visuellen Kontrolle mittels Mikroskop unterliegen. Kontaminierte Steckerstirnflächen sind zu reinigen. Führt die Reinigung nicht zum gewünschten Erfolg, ist der Stecker der Messfaser zu erneuern.
- Jede eingesetzte LWL Messfaser muss mittels Interferometer auf die Einhaltung der geometrischen Abmessungen der Steckerstirnflächen geprüft worden sein. Der Nachweis muss durch ein Prüfprotokoll erbracht werden (typischerweise durch Ablage des Prüfprotokolls innerhalb der Aufbewahrungsbox der Messfaser).

Anmerkung:

Die LWL Stecker der Vor- bzw. Nachlauf Fasern müssen Referenzqualität aufweisen und damit darf die maximale Stecker-Kupplung-Stecker Dämpfung bei der Referenzmessung bei jeder geforderten Wellenlänge den Wert von 0,15 dB nicht überschreiten.

3.5.5 Vorgaben zur Längenmessung (einmal je Kabel)

Das OTDR Messgerät muss mindestens zwei Cursor/Marker aufweisen, welche sich auf die erforderlichen Messpunkte einstellen lassen. Die beiden Cursor sind an der ansteigenden Flanke der beiden Kabelenden der Verkabelungsstrecke zu setzen.

Zur Ermittlung der Streckenlänge ist der **Cursor A** vor das erste Ereignis und der **Cursor B** vor das zweite Ereignis zu positionieren (siehe Abbildung 7).

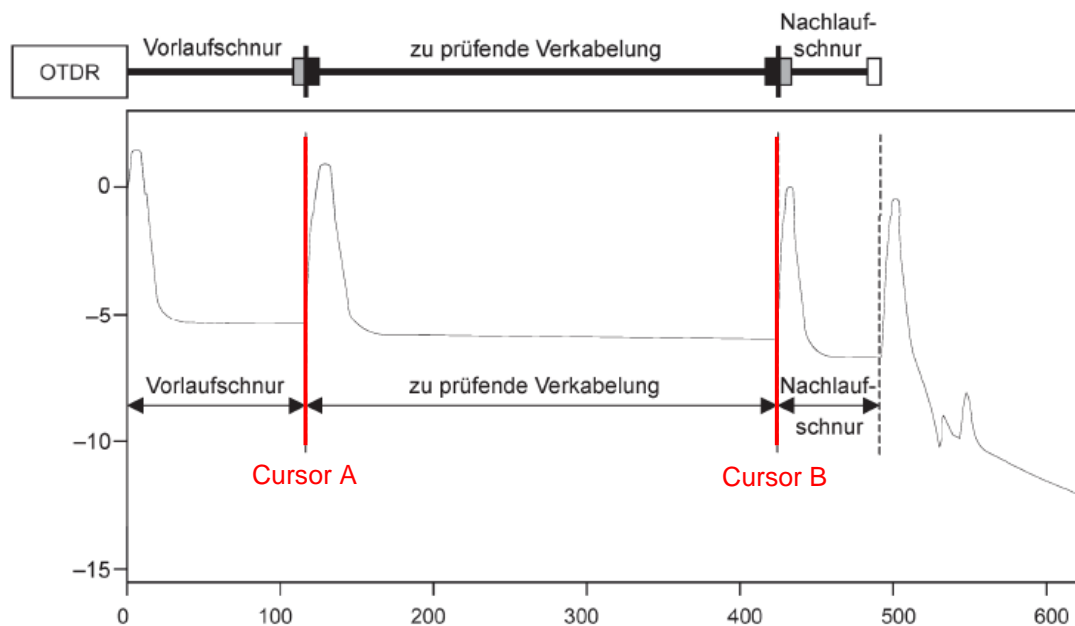


Abbildung 7: Positionierung der Cursor bei der Längenmessung

3.5.6 Vorgaben zur bidirektionalen OTDR Rückstreuung inkl. Mittelwertermittlung

Es sind Rückstreuungsmessungen mittels OTDR gemäß IEC 14763-3 durchzuführen. Die Messung hat je Faser mit allen Wellenlängen bidirektional zu erfolgen, ebenso ist die Verwendung einer Vor- und Nachlaufsfaser vorgeschrieben.

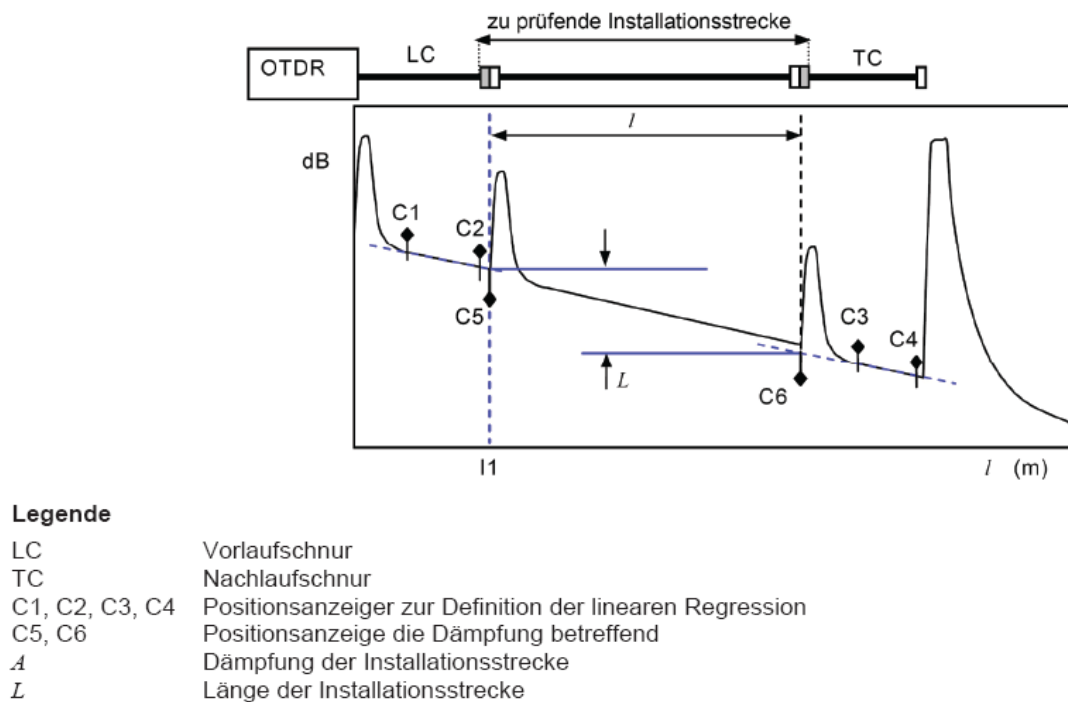
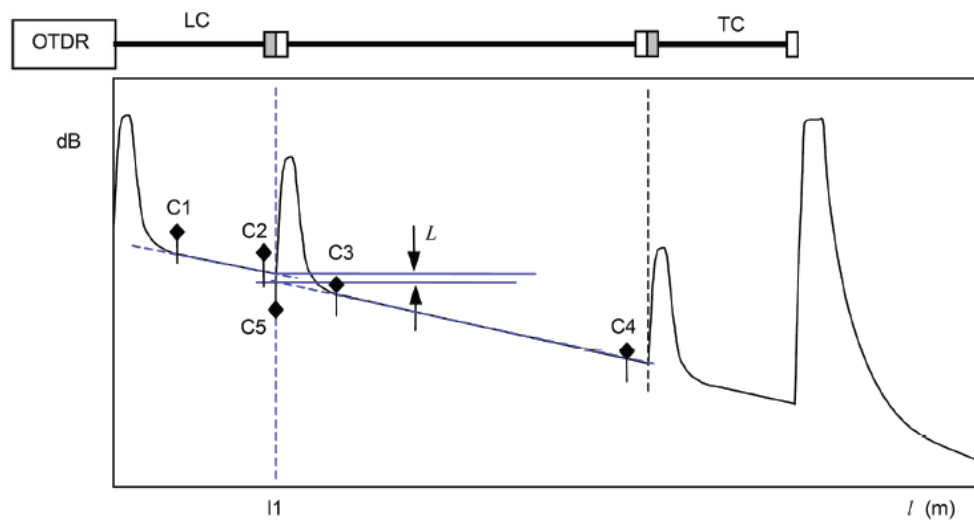


Abbildung 8: Darstellung einer OTDR Rückstreuungsmessung

Im Anschluss an die Messung hat, mittels Auswerte Software, eine Mittelwertermittlung zu erfolgen. Für die Ermittlung werden die bidirektional erzeugten Rückstreukskurven gespiegelt dargestellt.

Die Darstellung der überlagerten Rückstreukskurven A --> B und B -->A ist Bestandteil der Dokumentation.

Zusätzlich ist für jedes Ereignis (Stecker-Kupplung-Stecker) eine Mittelwertbildung aus den jeweils beiden OTDR Rückstreukurven (Messrichtung A --> B und B --> A) die resultierende Einfügedämpfung zu ermitteln



Legende

LC	Vorlaufsnur
TC	Nachlaufsnur
C1, C2, C3, C4	Positionsanzeiger zur Definition der linearen Regression
C5	Positionsanzeige die Dämpfung betreffend
L	Dämpfung des gemessenen Steckverbinders

Abbildung 9: OTDR Rückstreumessung der Koppelstellen/Steckverbinder (Prinzipskizze)

3.5.7 Grenzwerte

Folgende Grenzwerte sind bei den OTDR Rückstreumessungen einzuhalten:

	Singlemode/ Multimode	Einfügedämpfung / dB
E2000™ APC (Stecker-Kupplung-Stecker)	Singlemode (1310 nm / 1550 nm / 1625 nm)	≤ 0,4 (inkl. Spleiß: ≤ 0,5)
LC APC (Stecker-Kupplung-Stecker)	Singlemode (1310 nm / 1550 nm / 1625 nm)	≤ 0,4 (inkl. Spleiß: ≤ 0,5)
LC PC (Stecker-Kupplung-Stecker)	Multimode (850 nm / 1300 nm)	≤ 0,4 (inkl. Spleiß: ≤ 0,5)
Spleiß	-	≤ 0,1
LWL-Faser	-	Grenzwerte gemäß ISO/IEC 11801

Tabelle 2: Grenzwerte für Einfügedämpfung

	Singlemode/ Multimode	Rückfluss- dämpfung / dB
E2000™ APC (Stecker-Kupplung-Stecker)	Singlemode (1310 nm / 1550 nm / 1625 nm)	≥ 60
LC APC (Stecker-Kupplung-Stecker)	Singlemode (1310 nm / 1550 nm / 1625 nm)	≥ 50
LC PC (Stecker-Kupplung-Stecker)	Multimode (850 nm / 1300 nm)	≥ 40

Tabelle 3: Grenzwerte für Rückflusdämpfung



3.5.8 Dokumentation

Alle OTDR Messergebnisse (inkl. OTDR Rückstreu Kurve sowie Ereignistabelle) sind in strukturierter, herstellerspezifischer sowie elektronischer Form (z.B. *.sor) inkl. Viewer-Software dem zuständigen Fachplaner zu übergeben.

Die Abgabe der Messdaten ausschließlich im PDF Format ist nicht ausreichend. Der Installationsdienstleister hat dafür Sorge zu tragen, dass alle von ihm erstellten Messprotokolle fehlerfrei im Dokumentationssystem (COMMAND) hinterlegt sind.

Für jede OTDR Rückstreumessung muss ein separates Messprotokoll vorliegen, welches mindestens folgende Angaben beinhalten:

- Projektbezeichnung
- Faser- und Kabelnummer
- Bediener
- Datum/Uhrzeit der Messung
- Gerätebezeichnung
- Wellenlänge
- Pulsbreite
- Erfassungszeit
- Messbereich
- Auflösung
- Brechzahlindex der Faser
- Anfangs- und Endpunkt der Messung (Angabe der Messrichtung)
- Länge der installierten optischen Verkabelungsstrecke
- Länge der Vor- und Nachlaufaser
- OTDR Messkurve
- Ereignistabelle

Die Messergebnisse der OTDR Abnahmemessungen sind zusätzlich gemeinsam mit den Mikroskopieaufnahmen der Steckerstirnflächen in die Dokumentationssoftware „FiberDoc“ einzubinden und in elektronischer Form dem zuständigen Fachplaner zu übergeben.

Anmerkung:

Die detaillierten Anforderungen für die "Dokumentation zur Abnahme" sind im „Anhang E: Anforderungen an die Installationsausführung“ dargestellt.

3.6 Pegel-Messung im Rahmen der Inbetriebnahme / Fehleranalyse

Für optische Übertragungsstrecken (= Link zwischen Aktivstrecken: umfasst ortsfest installierte optische LWL Infrastruktur zzgl. aller gepatchten Anschluss- und Rangierkabel), die für die Kopplung mit der Aktivtechnik vorzubereiten sind, ist das Budget für die Einfügedämpfung zu ermitteln.

Die Pegel- Messung ersetzt nicht die in Kapitel 3.5 geforderte OTDR Rückstreuungsmessung.

Die Pegel-Messung hat gemäß IEC 61280-4-1, Verfahren 1 für Multimode bzw. IEC 61280-4-2, Verfahren 1b für Singlemode zu erfolgen:

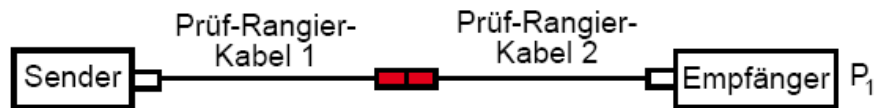


Abbildung 10: Nullabgleich (Prinzipskizze)

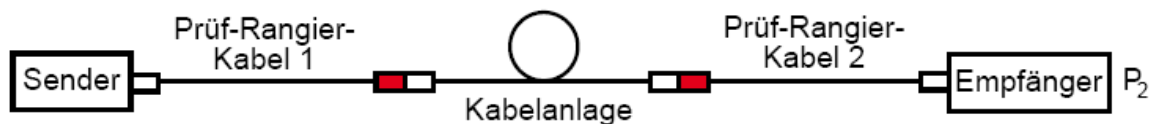


Abbildung 11: Messaufbau der Pegelmessung (Prinzipskizze)

Für die Prüf- und Rangierkabel sind Längen zwischen 3 m und 5 m zulässig. Diese Prüf- und Rangierkabel müssen Stecker in Referenzqualität aufweisen, da ansonsten die Messergebnisse verfälscht werden.

Anmerkung:

Für Multimode ist zusätzlich die Modenanregung (Encircled Flux) mittels Mode Controller nach IEC 61280-4-1 sicherzustellen.

Die Pegel-Messung ist bidirektional mit anschließender Mittelwertbildung bei folgenden Wellenlängen durchzuführen:

- Singlemode: 1310 nm sowie 1550 nm
- Multimode: 850 nm sowie 1300 nm

Die Messergebnisse sind auf Datenträger (CD oder DVD) in strukturierter Form der zuständigen Fachabteilung zu übergeben und muss mindestens folgenden Umfang besitzen:

- Bezeichnung Übertragungsstrecke
- Länge der Übertragungsstrecken
- Angabe der Faserart
- max. CIL¹ für die entsprechende Netzanwendung
- Messdatum
- Messergebnisse von Messrichtung A --> B
- Messergebnisse von Messrichtung B --> A
- Mittelwertbildung aus den Messrichtungen A --> B und B --> A

¹ CIL = ist die größte Einfügedämpfung der Übertragungsstrecke (oder des optischen Leistungsbudgets, sofern zutreffend), wie in der Netzanwendungsnorm definiert.

Der Installationsdienstleister hat dafür Sorge zu tragen, dass alle von ihm erstellten Messprotokolle fehlerfrei im Dokumentationssystem (COMMAND) hinterlegt sind.

Fasernr./ Streckenr.	Faserart	Netzanwendung	max. CIL (dB)	CIL A -> B (dB)	CIL B -> A (dB)	Mittelwert A -> B; B -> A (dB)
Server xxxx nach VT 12345_Faser 1	SM_OS2	16 G Fibre Channel	6,40	1,50	1,30	1,40
Server xxxx nach VT 12345_Faser 2	SM_OS2	16 G Fibre Channel	6,40	1,30	1,80	1,55
Server xxxx nach VT 12345_Faser 3	SM_OS2	16 G Fibre Channel	6,40	2,20	1,80	2,00
Server xxxx nach VT 12345_Faser 4	SM_OS2	16 G Fibre Channel	6,40	1,90	1,50	1,70
.....

Tabelle 4: Beispielhafte Darstellung der Dokumentation von Ergebnissen einer Pegelmessung



Abbildung 12: Beispielhafte Darstellung für Pegelmessgeräte

Anmerkungen:

Die max. zulässigen Einfügedämpfungen der Übertragungsstrecke in Abhängigkeit von der Netzanwendung sind im Kapitel 4 aufgeführt.

Die detaillierten Anforderungen für die "Dokumentation zur Abnahme" sind im „Anhang E: Anforderungen an die Installationsausführung“ dargestellt.



4 Optische Netzanwendungen

4.1 Singlemode

Gemäß DIN EN 50173-1 darf die Einfügedämpfung der Übertragungsstrecke für Singlemode (OS2) in Abhängigkeit von der Wellenlänge folgende Werte nicht überschreiten (Auszug):

Netzanwendung Singlemode	Größte Einfügedämpfung der Übertragungsstrecke für OS2	Klasse / größte Übertragungsstreckenlänge für OS2
ATM bei 51,84 Mbit/s	10,0 dB (1310 nm)	OF-10000 / 20.000 m
ATM bei 155,52 Mbit/s	7,0 dB (1310 nm)	OF-10000 / 12.500 m
ATM bei 622,08 Mbit/s	7,0 dB (1310 nm)	OF-10000 / 12.500 m
DIS 14165-111: Fibre Channel (FC-PH) bei 266 Mbit/s	6,0 dB (1310 nm)	OF-10000 / 10.000 m
DIS 14165-111: Fibre Channel (FC-PH) bei 531 Mbit/s	14,0 dB (1310 nm)	OF-10000 / 30.000 m
DIS 14165-111: Fibre Channel (FC-PH) bei 1062 Mbit/s	6,0 dB (1310 nm)	OF-10000 / 10.000 m
1 Gbit/s FC (1,0625 GBd)	7,8 dB (1310 nm)	OF-10000 / 10.000 m
2 Gbit/s FC (2,125 GBd)	7,8 dB (1310 nm)	OF-10000 / 10.000 m
4 Gbit/s FC (4,25 GBd)	7,8 dB (1310 nm)	OF-10000 / 10.000 m
8 Gbit/s FC (8,5 GBd)	6,4 dB (1310 nm)	OF-10000 / 10.000 m
16 Gbit/s FC (14,025 GBd)	6,4 dB (1310 nm)	OF-10000 / 10.000 m
ISO/IEC 802.3ae: 1000Base-LX	4,56 dB (1310 nm)	OF-5000 / 5.000 m
ISO/IEC 9314-4: FDDI SMF-PMD	10,0 dB (1310 nm)	OF-10000 / 20.000 m
IEEE 802.3: 10GBase-LX4	6,2 dB (1310 nm)	OF-10000 / 10.000 m
IEEE 802.3: 10GBase-LR/LW	6,2 dB (1310 nm)	OF-10000 / 10.000 m
IEEE 802.3: 10GBase-ER/EW	10,9 dB (1550 nm)	OF-10000 / 22.250 m
IEEE 802.3: 40GBase-LR4	6,7 dB (1310 nm)	OF-10000 / 10.000 m
IEEE 802.3: 100GBase-LR4	8,3 dB (1310 nm)	OF-10000 / 10.000 m
IEEE 802.3: 100GBase-ER4	18,0 dB (1550 nm)	OF-10000 / 40.000 m

Tabelle 5: Unterstützte Netzanwendungen für Singlemodeverkabelung (OS2)

4.2 Multimode

Gemäß DIN EN 50173-1 darf die Einfügedämpfung der Übertragungsstrecke für Multimode (OM3/OM4) in Abhängigkeit von der Wellenlänge folgende Werte nicht überschreiten (Auszug):

Netzanwendung Multimode	Größte Einfügedämpfung der Übertragungsstrecke für OM3/OM4	Klasse / größte Übertragungsstreckenlänge für OM3/OM4
DIS 14165-111: Fibre Channel (FC-PH) bei 266 Mbit/s	12,0 dB (850 nm) 5,5 dB (1300 nm)	OF-2000 / 2.000 m
DIS 14165-111: Fibre Channel (FC-PH) bei 531 Mbit/s	8,0 dB (850 nm)	OF-500 / 1.000 m
DIS 14165-111: Fibre Channel (FC-PH) bei 1062 Mbit/s	4,0 dB (850 nm)	OF-500 / 500 m
1 Gbit/s FC (1,0625 GBd)	2,62 dB (850 nm)	OF-500 / 500 m
2 Gbit/s FC (2,125 GBd)	3,31 dB (850 nm)	OF-300 / 300 m
4 Gbit/s FC (4,25 GBd)	2,28 dB (850 nm) ¹ 3,02 dB (850 nm) ²	OF-300 / 380 m OF-300 / 420 m
8 Gbit/s FC (8,5 GBd)	2,19 dB (850 nm) ¹ 2,22 dB (850 nm) ²	OF-100 / 150 m ¹ OF-100 / 190 m ²
16 Gbit/s FC (14,025 GBd)	1,95 dB (850 nm) ¹ 1,97 dB (850 nm) ²	OF-100 / 100 m OF-100 / 125 m
100Base-FX	6,3 dB (1300 nm)	OF-2000 / 2.000 m
1000Base-SX	3,56 dB (850 nm)	OF-500 / 550 m
1000Base-LX	2,35 dB (1300 nm)	OF-500 / 550 m
10GBase-SR/SW	2,60 dB (850 nm)	OF-300 / 300 m
10GBase-LX4	2,0 dB (1300 nm)	OF-300 / 300 m
40GBase-SR4	1,9 dB (850 nm) ¹ 1,5 dB (850 nm) ²	OF-100 / 100 m OF-100 / 150 m
100GBase-SR10	1,9 dB (850 nm) ¹ 1,5 dB (850 nm) ²	OF-100 / 100 m OF-100 / 150 m

Tabelle 6: Unterstützte Netzanwendungen für Multimodeverkabelung (OM3/OM4)

¹ bei OM3

² bei OM4