

/zajadacz

optimize!
softing

Technische Mindestanforderungen an das FTTH-Netz im Gebäude

Grundlagen der Glasfaserinstallations- und Messtechnik

Matthias Caven

IT Networks

1

optimize!
softing

Softing IT Networks – Global Offices

Softing IT Networks GmbH | Richard-Reitzner-Allee 6, 85540 Haar | Tel.: 089 / 45 656 660 | <https://ITNetworks.Softing.com>
E-Mail: Info.ITNetworks@Softing.com

2

optimize!
softing

Softing AG Holding – Fakten und Zahlen*

- Management-Holding geführt nach Grundsätzen und Werten eines mittelständischen Unternehmens
- Hauptsitz Haar bei München
- Gegründet 1979
- Börsengang 2000
- € 95,1 Mio. Umsatz
- 429 Mitarbeiter (Jahresdurchschnitt)
- Lokal vertreten durch eigene Mitarbeiter in Deutschland, USA, Italien, Spanien, Frankreich, Österreich, Japan, Indien und China

Geschäftsbericht 2024

Automotive

Messen, Testen, Diagnose von Steuergeräten sowie damit verbundene Kommunikation

IT Networks

Messtechnik zur Prüfung, Qualifikation und Zertifizierung von Kupfer- und Glasfaserstrecken in IT-Systemen

Industrial

Produkte und Technologien für die industrielle Produktion

*Zahlen basieren auf den Geschäftsbericht 2024

Copyright © 2026 Softing IT Networks. All rights reserved.

3

optimize!
softing

Messgeräte für jedes Netzwerk

ZERTIFIZIERER

Klassische Abnahmemessungen mit Pass/Fail Beurteilung
Beurteilung gegen anwendungsneutrale Standards wie Kat.5 bis Kat.8.x, Tier 1&2, _{LWL}
Verschiedene Übertragungsstrecken gemäß normierter Definition
Vielzahl von gemessenen und berechneten NF-/HF-Parametern

QUALIFIZIERER

Ermitteln der Übertragungsleistung von Kupfer- und LWL-Datenstrecken
Testparameter basieren auf anwendungsbezogenen Standards wie IEEE 802.x
Kombination von Verdrahtungstest, Signal/Rausch-Abstand, BERT und Laufzeitversatz
Zuverlässige Pass/Fail-Aussagen

VERIFIZIERER

Grundtest der Verkabelung
Überprüfung auf richtige Verdrahtung
Teilweise Prüfung der aktiven Netzwerktechnik

SPLEISS

Professionelles Verbinden von Glasfaserkabeln durch Verschmelzung der Fasern
Sehr kurze Spieß-Zeit (7sec)

MADE IN GERMANY

Copyright © 2026 Softing IT Networks. All rights reserved.

4

optimizel
softing

Grundsätzliches zum “LWL-Handwerk“

- Sauberes Arbeiten erforderlich. >>> Der Reinigung ist große Beachtung zu schenken!
- Korrektes Material einsetzen (z.B. muss das LWL Innen-Kabel mit dem Außen-Kabel kompatibel sein).
- Fachgerechter Umgang mit den Materialien und mit dem für die Arbeit vorgesehenen Werkzeug.
- Herstellerinformationen wie max. Zugkraft der LWL-Kabel, min. Biegeradius u.v.m. berücksichtigen.
- Generelle Sicherheitsanforderungen einhalten (DIN VDE 0100-Reihe).
- Beachten spezieller Sicherheits-Richtlinien (Laser-Sicherheits-Anforderungen nach IEC/EN 60825).
- Vorgaben des Netzbetreibers oder Planers beachten (z.B. Farbcodierung, Beschriftungskonzept, ...).
- **Nach erfolgter Installation, Arbeit messtechnisch kontrollieren und dokumentieren.**

ACHTUNG: Vor der Messung überprüfen, ob nicht bereits ein Dienst aufgeschaltet ist.

Copyright © 2026 Softing IT Networks. All rights reserved.

5

optimizel
softing

Strukturierte Verkabelung gemäß Standard

Tertiär
III

Horizontalverkabelung, Etagenverkabelung
Bevorzugt ausgeführt in Kupfer (Twisted Pair)
Ausführung mit oder ohne Sammelpunkt (Consolidation Point)

Sekundär
II

Backbone, Steigbereich, Vertikalverkabelung
Bevorzugt ausgeführt in LWL (Multimode/Singlemode)

Primär
I

Campus, zwischen den Gebäuden
Bevorzugt ausgeführt in LWL (Singlemode/Multimode)

WLAN
W

Noch IEEE802.11n mit max. 600 MBit/s
WiFi 5: IEEE802.11ac mit min. 1,3/1,7 GBit/s
WiFi 6: IEEE802.11ax mit min. 4,8 Gbit/s

Copyright © 2026 Softing IT Networks. All rights reserved.

6

optimizel
softing

Leistungsberechnung mit dB

Copyright © 2026 Softing IT Networks. All rights reserved.

7

optimizel
softing

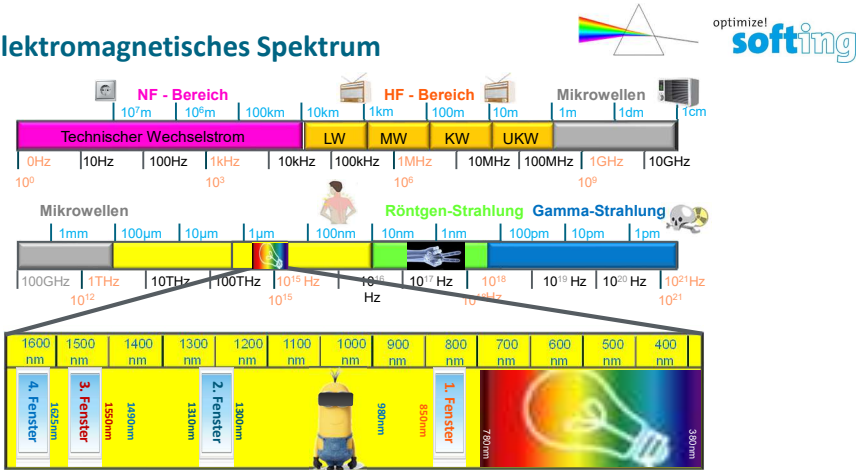
Optische Dämpfung im Vergleich

Medium	Dämpfung dB/km	50% Lichtabfall nach ? Meter
Rheinwasser	100.000	0,033
Fensterglas	50.000	0,066
Optisches Glas	3.000	1
Dichter Nebel	500	7
Stadtluft	10	330
Gute Glasfaser (1970)	20	165
Multimode Glasfaser	3	1.000
Monomode Glasfaser	0,4	18.000
Kunststoff (POF)	100	8

Copyright © 2026 Softing IT Networks. All rights reserved.

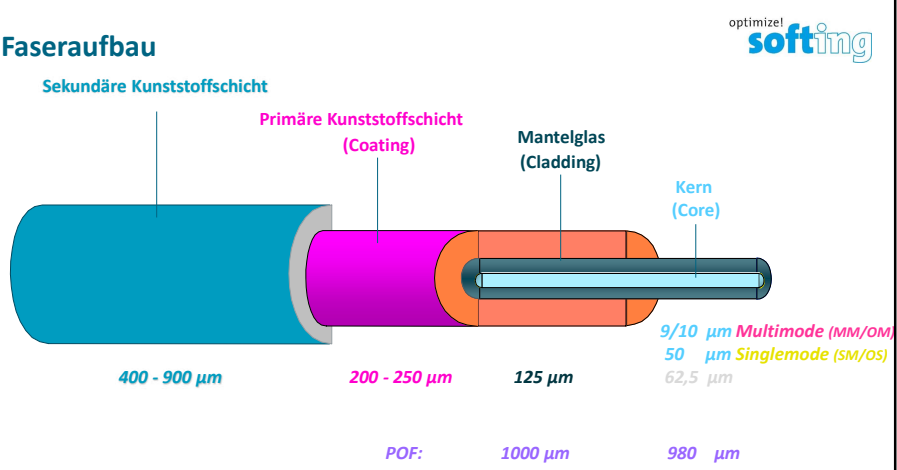
8

Elektromagnetisches Spektrum



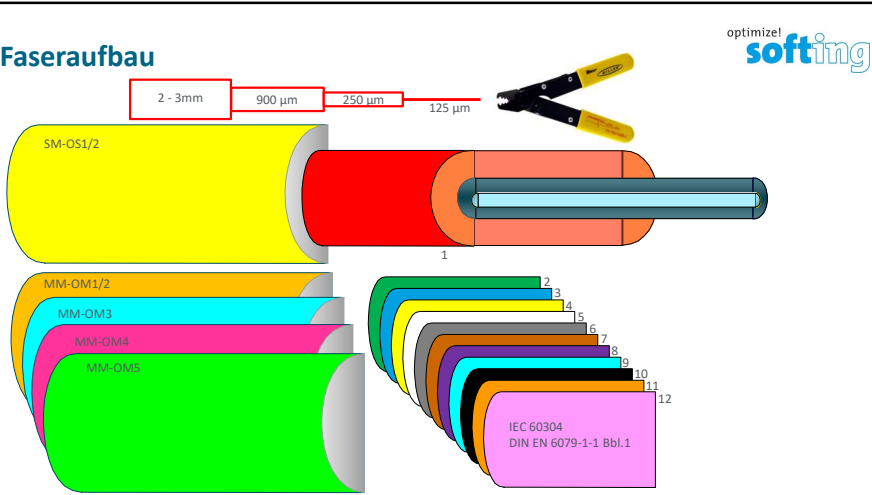
9

Faseraufbau



10

Faseraufbau



11

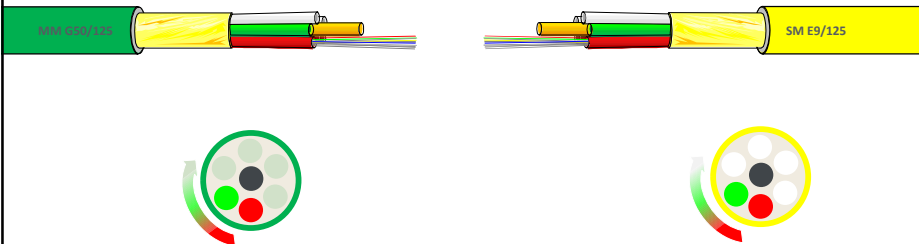
LWL-Adern



12

LWL Bündelader-Kabel Farbcode

optimize!
softing

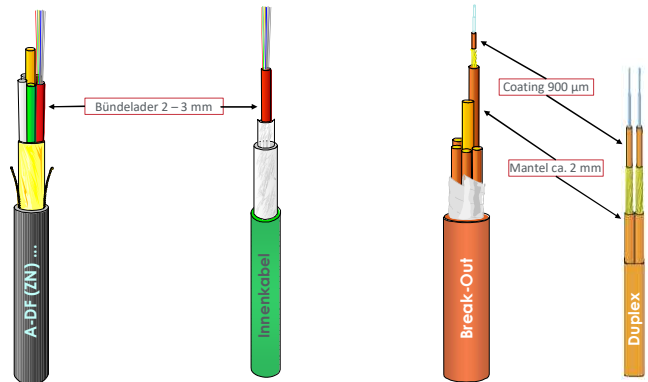


Copyright © 2026 Softing IT Networks. All rights reserved.

13

Lichtwellenleiter-Technologie

optimize!
softing



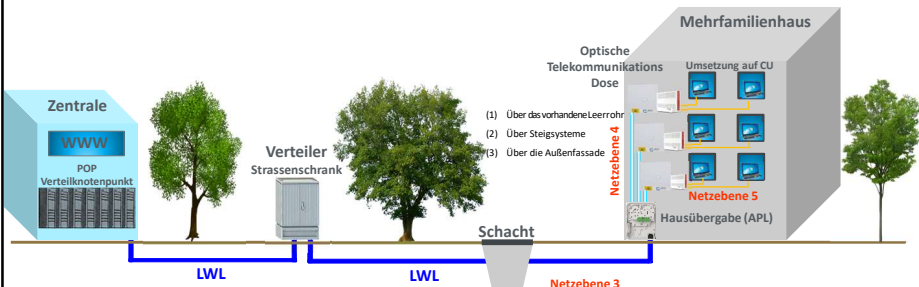
Copyright © 2026 Softing IT Networks. All rights reserved.

14

FTTH - Fiber To The Home

Verlegung von LWL des Kommunikationsnetzes bis in die Wohnung des Netzteilmehrs

optimize!
softing



Copyright © 2026 Softing IT Networks. All rights reserved.

15

Leistungsmessung Nachmessen von Pegeln auf aktiven Leitungen

optimize!
softing

FTTX-Anlagen

Weitere Wellenlängen für unterschiedliche Anwendungen

- 1550 nm – Analog Video (Downstream)
- 1490 nm – Internet/Telefonie (Downstream)
- 1310 nm – Rückkanal (Video on Demand, Home Shopping, Telefon, Upstream)

Ausgänge von Aktivkomponenten

Überprüfen von SFP-Modulen

- 850 nm – LAN-Netzwerk
- 1310 nm – LAN-Netzwerk

Anzeige von Absolut Leistung in dBm oder mW/µW

dBm ist eine logarithmische Maßeinheit für Pegelstärken, dBm bezieht sich mathematisch auf 1mW Leistung

- 0 dBm entspricht einer Leistung von 1 mW
- größere Leistungswerte haben positive dBm-Werte
- kleinere Leistungswerte haben negative dBm-Werte



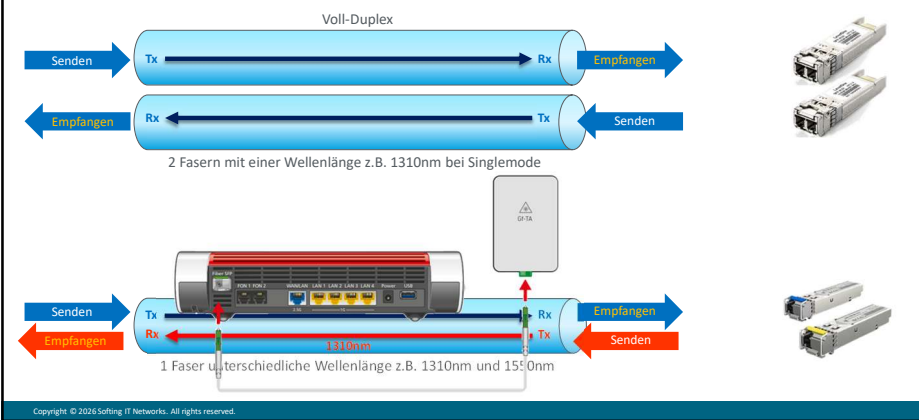
dBm	mW
-60	0,000,000,5
-50	0,000,001
-40	0,000,01
-30	0,001
-20	0,01
-10	0,1
-9	0,125
-6	0,25
-3	0,5
0	1
3	2
6	4
9	8
10	10



Copyright © 2026 Softing IT Networks. All rights reserved.

16

Mit nur einer Faser Senden und Empfangen?



17

FTTH - Fiber To The Home

Technische Mindestanforderungen an das FTTH-Netz

Generell:

- (1) **Kabel-/Fasertyp:** Singlemode 9/125 µm OS2 G.657.A1 mit mindestens 2 Fasern, kein Multimode (z. B. OM3, OM4).
- (2) **Fachgerechte Verlegung und Einhaltung der Biegeradien** (die korrekten Biegeradien und andere einzuhaltende Parameter sind dem Datenblatt des verwendeten Kabels zu entnehmen).
- (3) **Abnahmemessung inkl. Messprotokoll** (i. d. R. OTDR-Messung) erforderlich, damit gewährleistet ist, dass die LWL-Strecke funktioniert, die technischen Parameter eingehalten werden und Kunden fristgerecht aufgeschaltet werden können.

Keller und Treppenhaus:

- (1) **Abschluss der Kabel im Keller auf einem kundenseitigen Patchfeld mit Kupplung Typ SC APC 8°** (grüne Kupplung).
- (2) **Eindeutige Beschriftung** des kundenseitigen Patchfelds (Wohnungszuordnung).
- (3) **Der Installationsweg im Keller** zwischen dem Abschluss des FTTH-Netzes und dem SWM-APL muss den Brandschutz- und Denkmalschutzbestimmungen sowie den örtlichen Gegebenheiten genügen.

In der Wohnung:

- (1) **Abschluss der Kabel auf eine Glasfaserdose mit Kupplung Typ SC/APC 8°** (grüne Kupplung) mit Montage vorzugsweise im Flur oder Wohnzimmer.
- (2) **Bereitstellung von zwei 230-V-Steckdosen neben der Glasfaser-Abschlussdose** (für ONT und FRITZ!Box).
- (3) **Eindeutige Beschriftung** des LWL-TAE die eine Zuordnung ermöglicht.

Zusätzlich für Service und Wartung:

- (1) **Verlegung der LWL-Kabel im durchgängigen Leerrohr** (zwecks einfacherer Beseitigung von Defekten)
- (2) **Dokumentation der FTTH-Installation** (Datenblätter, Installationsschema/Plan, Fotodokumentation, Messprotokolle der ausführenden Firma)

Copyright © 2026 Softing IT Networks. All rights reserved.

Quelle: Mnet

18

FTTH - Fiber To The Home

Verlegung von LWL des Kommunikationsnetzes bis in die Wohnung des Netzteilnehmers

Installationsvorgaben:

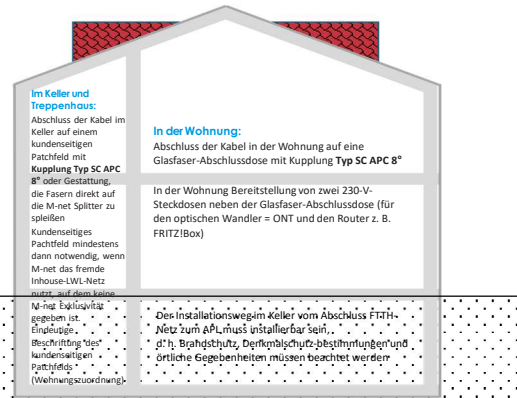
Kabel-/Fasertyp:
Singlemode 9/125µm G.657.A1 mit mindestens 2 Fasern

Fachgerechte Verlegung, insbesondere Einhaltung der Biegeradien (die korrekten Biegeradien und andere einzuhaltende Parameter sind dem Datenblatt des verwendeten Kabels zu entnehmen)

LWL-Kabel müssen im **durchgängigen Leerrohr** verlegt sein, damit sie im Fehlerfall ausgetauscht werden können

Abnahmemessung inkl. Messprotokoll (i. d. R. OTDR-Messung) erforderlich, damit gewährleistet ist, dass die LWL-Strecke funktioniert, die technischen Parameter eingehalten werden und Kunden fristgerecht aufgeschaltet werden können

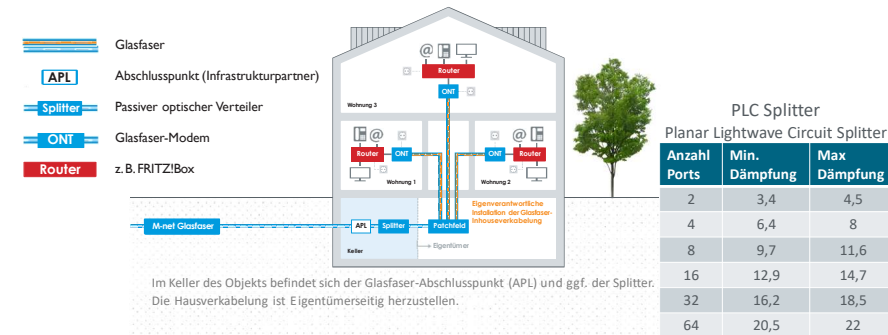
Dokumentation der FTTH-Installation (Datenblätter, Plan, ausführende Firma)



19

FTTH - Fiber To The Home

Verlegung von LWL des Kommunikationsnetzes bis in die Wohnung des Netzteilnehmers



20

Mess- und Testarten (LWL)



Verifizieren/Testen/Prüfen

Faserdurchgangstest (VFL)
Leistungs-/Dämpfungsüberprüfung



Qualifizieren

Ermitteln der Übertragungsleistung von Datenstrecken
Speed-Test bis 10G (1G / 2.5G / 5G / 10G)
inklusive Dämpfungs- und Längenermittlung
Zusätzlich Test-Möglichkeiten für aktive Komponenten



Zertifizieren Dämpfungs-Messung (Tier-1)

Standalone-Messplätze
Integrierte Module für LAN-Zertifizierung

Zertifizieren OTDR-Messung (Tier-2)

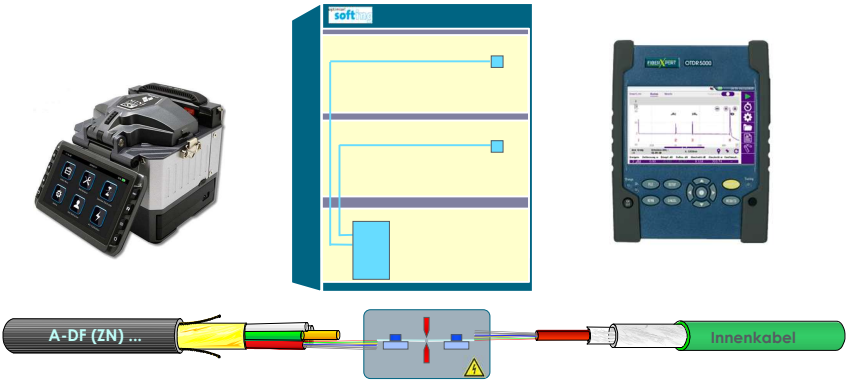
Rückstreuungs- & Reflexions-Messungen
(OTDR = Optical Time Domain Reflektometer)



Copyright © 2026 Softing IT Networks. All rights reserved.

21

Lichtwellenleiter-Technologie (Tier-2 Messung)



Copyright © 2026 Softing IT Networks. All rights reserved.

22

Lichtwellenleiter-Technologie (Tier-1 Messung)



Copyright © 2026 Softing IT Networks. All rights reserved.

23

Messprotokolle verlieren ihre Gültigkeit



Copyright © 2026 Softing IT Networks. All rights reserved.

24

Kabel-Bezeichnungen

optimize!
softing

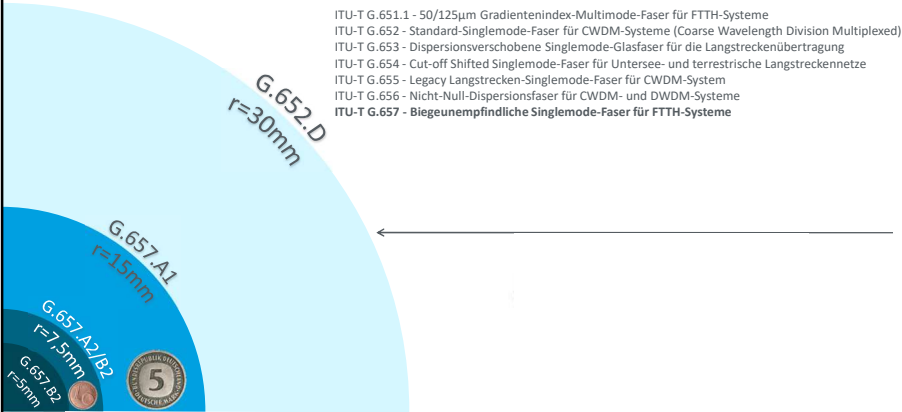


Copyright © 2026 Softing IT Networks. All rights reserved.

25

Minimale Biegeradien verschiedene Fasern (ITU)

optimize!
softing



Copyright © 2026 Softing IT Networks. All rights reserved.

26

Was muss (kann) gemessen werden (EN 50174 / EN 50173)

optimize!
softing

Parametergruppe	EN 50174 Übertragungsparameter	EN 50173 Prüfung der Übereinstimmung mit der Installation
Verifizierung	Durchgang / Unterbrechungsfreiheit	
	Polarität	N = normative (100-%) Prüfung
Übertragung	Dämpfung	N = normative (100-%) Prüfung
	(Laufzeit) ^(a)	I = informative (wahlweise) Prüfung
	Länge ^{(b)(a)}	N = normative (100-%) Prüfung

^(a) kein Kriterium für Bestehen/Nichtbestehen (PASS/FAIL).
^(b) Die Länge kann anhand der Mantelkennzeichnung oder durch eine physische Messung bestimmt werden.

Copyright © 2026 Softing IT Networks. All rights reserved.

27

Maximale Optische Dämpfung pro km (OMx/OSx)

optimize!
softing

Kategorie	Fasertyp	Dämpfung in dB/km				Kleinste modale Bandbreite	
		850 nm	1300 nm	1310nm	1550 nm	850 nm	1300 nm
Multimodefasern						(MHz × km)	
OM1	G62,5/125	3,5	1,5			200	500
OM2	G50/125	3,5	1,5			500	500
OM3 	G50/125	3,5	1,5			1.500 (2.000)	500
OM4 	G50/125	3,5	1,5			3.500 (4.700)	500
OM5 	G50/125	3,0	1,5			3.500 (4.700)	500
Monomodefasern (Singlemode-Fasern)						(MHz × km)	
OS1	E9/125			1,0	1,0	∞	∞
OS2	E9/125			0,4	0,4	∞	∞

Copyright © 2026 Softing IT Networks. All rights reserved.

28

Leistungsvermögen im Kabel
Streckenlänge im Bezug zur Applikation und Fasertypen

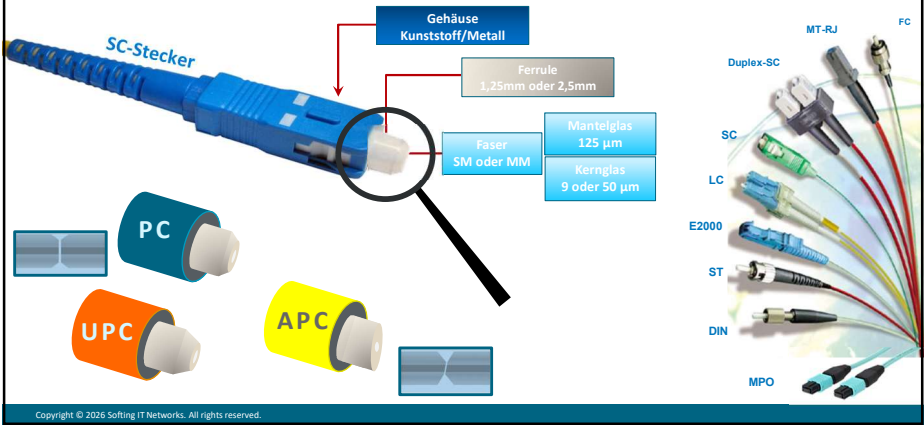
optimize!
softing

Übertragung	Fasertyp					
	Multimode					Singlemode
	OM1	OM2	OM3	OM4	OM5	OS2
100 Mbit/s	≤ 2.000m	≤ 2.000m	≤ 2.000m	≤ 2.000m	≤ 2.000m	≤ 10.000m
1 Gbit/s	≤ 550m	≤ 550m	≤ 550m	≤ 1.000m	≤ 1.000m	≤ 5.000m
10 Gbit/s	≤ 30m	≤ 80m	≤ 300m	≤ 550m	≤ 550m	≤10.000m
40 Gbit/s			≤ 100m	≤ 125m	≤ 440m	≤10.000m
100 Gbit/s			≤ 70m	≤ 100m	≤ 150m	≤10.000m

29

Aufbau eines LWL-Steckers

optimize!
softing



30

LWL Stecker Übersicht

optimize!
softing

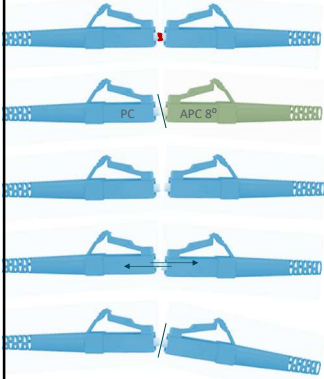
Stecker	Ferrule		Faser-Arten				Typische Einfügedämpfung	
	2,5 mm	1,25 mm	MM	SM	POF		MM (dB)	SM (dB)
SC	X		X	X			0,2	0,2
FC	X		X	X			0,15	0,2
ST (BFOC)	X		X	X	X		0,2	0,15
SMA (FSMA)	X		X	(X)	X		0,5	0,5
MTRJ	X		X	X			0,2	0,4
DIN (LSA)	X		X	X			0,15	0,2
E2000	X		X	X			0,15	0,2
E2000PS	X		X	X			0,15	0,2
F3000		X	X	X			0,15	0,2
LC		X	X	X			0,2	0,12
MU (Mini-SC)		X	X	X			0,15	0,2

31

Extrinsische Kopplungsverluste

optimize!
softing

Toleranzen bei der Stift-Hülse-Führung und Fehlerhafte Stecker/Steckerstirnflächen



32

Was misst ein OTDR?



Ein OTDR erkennt, lokalisiert und misst Ereignisse auf Glasfaserstrecken, wobei es nur an einem der beiden Faserenden angeschlossen werden muss.

Faserdämpfung

Die Faserdämpfung bezeichnet den Energieverlust zwischen zwei Ereignissen einer Faserstrecke und wird in dB oder als längenbezogener Dämpfungskoeffizient/Dämpfungsbelag in dB/km angegeben.

Ereignisdämpfung

Die Ereignisdämpfung bezeichnet die Differenz im optischen Leistungspegel vor und nach dem Ereignis und wird in dB ausgedrückt.

Reflexion

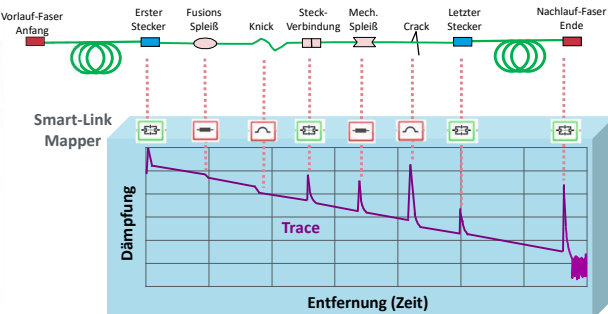
Die Reflexion bezeichnet das Verhältnis der reflektierten Lichtleistung zur einfallenden Lichtleistung eines Ereignisses und wird als negativer dB-Wert angegeben.

Optische Rückflussdämpfung (ORL)

Die ORL bezeichnet das Verhältnis der rückfließenden Lichtleistung zur einfallenden Lichtleistung einer optischen Strecke oder eines optischen Systems und wird als positiver dB-Wert angegeben.

Copyright © 2026 Softing IT Networks. All rights reserved.

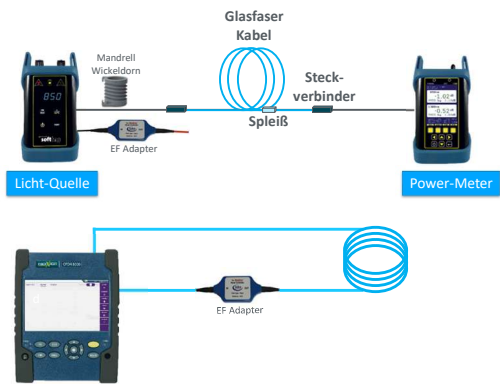
FiberXpert 5000 OTDR (Tier-2 konforme Messung)



Copyright © 2026 Softing IT Networks. All rights reserved.

Prinzip der Dämpfungsmessungen an LWL

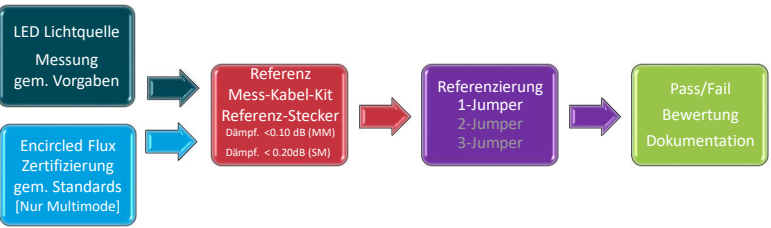
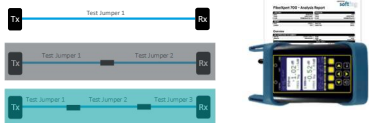
LSPM - Light Source Power Meter



	Dämpfungswerte Typisch	Normativ (ISO11801) Maximal
Steckverbinder	0,30 dB	0,75 dB
Spleiß	0,05 bis 0,10 dB	0,30 dB
Kabel [1km Länge]		
Multimode	2,70 dB/850nm	3,50 dB/850nm
Singlemode	0,35 dB/1310nm	1,00 dB/1310nm

Copyright © 2026 Softing IT Networks. All rights reserved.

FiberXpert 700 (Tier-1 konforme Messung)



Copyright © 2026 Softing IT Networks. All rights reserved.

Referenz setzen “Bezugsverfahren”

optimizel
softing

- Warum Referenzieren?
 - ✓ Eliminiert die Messfehler bedingt durch Steckverbindungen und Messkabel
- Ohne Referenzieren Verwirrung im Feld
 - ✓ Negative Dämpfungsmessungen
 - ✓ Keine Wiederholbarkeit der Messergebnisse
- Standards spezifiziert noch noch eine Methode
 - ✓ Referenz mit einem Messkabel (1-Jumper)

Copyright © 2026 Softing IT Networks. All rights reserved.

37

37

Dokumentation nach DIN ISO/IEC 14763-3

optimizel
softing

Die Dokumentation muss für jeden Parameter einschließen:

- Identifikation und Einzelheiten des Parameters
 - Die Angabe, ob Übertragungsstrecke (Channel Link) oder Installationsstrecke (Link) geprüft wurde
- Verwendetes Prüfgerät
 - Typ und Hersteller
 - Seriennummer und Kalibrierzustand (Kopie des Kalibrierscheins)
 - Nennwellenlänge
- Einzelheiten zur gemessenen LWL-Strecke
 - Faserkerndurchmesser (50µm, 62,5µm, 9µm)
 - Fasertyp (OM1, OM2, OM3, OM4, OM5, OS1, OS2)
 - Steckverbindertyp (SC, ST, LC, FC oder andere)
- Messaufbau während der Prüfung
- Messergebnis mit Messrichtung (A>E | E>A)
- Grenzwerte
- Streckenbezeichnung
- Prüfdatum
- Name des Prüfers (Unterschrift einmal als Bestätigung)
- Messungenauigkeit

FiberXpert 700 Glasfaser Test Report

TESTER INFO		INSTALLATION INFO		DATE	
Name		Name		Test Date	
Company		Company		Test Time	
TEST INFO					
Test Type	TEST	Test Date	2025-01-01	Test Time	10:00
Test Location	20. Major 2025	Test Location	20. Major 2025	Test Location	20. Major 2025
Test Equipment	700 (100)	Test Equipment	700 (100)	Test Equipment	700 (100)
Test Cable	100m	Test Cable	100m	Test Cable	100m
Test Result	Pass	Test Result	Pass	Test Result	Pass
TEST RESULT					
Test Type	TEST	Test Date	2025-01-01	Test Time	10:00
Test Location	20. Major 2025	Test Location	20. Major 2025	Test Location	20. Major 2025
Test Equipment	700 (100)	Test Equipment	700 (100)	Test Equipment	700 (100)
Test Cable	100m	Test Cable	100m	Test Cable	100m
Test Result	Pass	Test Result	Pass	Test Result	Pass
TEST RESULT					
Test Type	TEST	Test Date	2025-01-01	Test Time	10:00
Test Location	20. Major 2025	Test Location	20. Major 2025	Test Location	20. Major 2025
Test Equipment	700 (100)	Test Equipment	700 (100)	Test Equipment	700 (100)
Test Cable	100m	Test Cable	100m	Test Cable	100m
Test Result	Pass	Test Result	Pass	Test Result	Pass

Copyright © 2023 Softing IT Networks. All rights reserved.

38

38

LiveLight die neue Art LWL Dämpfungsbestimmung

optimizel
softing

Copyright © 2026 Softing IT Networks. All rights reserved.

39

39

Qualifizierungstest

optimizel
softing

BERT (Bit-Error-Rate-TEST)

- Senden/Empfangen von echten Physical Layer Datenpaketen inkl. Analyse von Übertragungsfehlern
- Auswertung basierend auf Ethernet-Fehlertoleranz nach IEEE 802.3
 - Beispiel 1 Gigabit Ethernet:
 - Während 10s Datenübertragung darf kein einziges Bit verloren gehen

Übertragung	Standard	Max. Bitfehlerrate gemäß Standard	Testzeit für 10% Konfidenzniveau	Testzeit für 63% Konfidenzniveau	Testzeit für 93% Konfidenzniveau
1 Gbit/s	IEEE Std 802.3ab	10 ⁻¹⁰	1 Sekunde	10 Sekunden	30 Sekunden
2,5 Gbit/s	IEEE Std 802.3bz	10 ⁻¹²	42 Sekunden	6 Min. 38 Sek.	19 Min. 58 Sek.
5 Gbit/s	IEEE Std 802.3bz	10 ⁻¹²	21 Sekunden	3 Min. 19 Sek.	9 Min. 59 Sek.
10 Gbit/s	IEEE Std 802.3an	10 ⁻¹²	11 Sekunden	1 Min. 39 Sek.	5 Min. 0 Sek.

Copyright © 2026 Softing IT Networks. All rights reserved.

40

40

optimize!
softing

“**Vor dem Stecken auf Verschmutzung Checken!**”

Eine kurze Übersicht zur Glasfaserverschmutzung und Reinigung



IT Networks

41

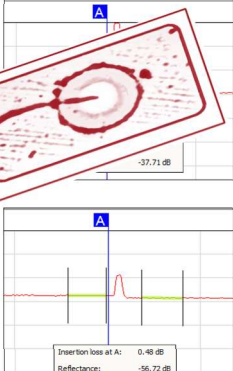
optimize!
softing

Erhöhte Dämpfungen und Reflexionen durch Schmutz!

Saubere Stecker sind wichtig!!!



85% OF ALL NETWORK FAILURES ARE DUE TO DIRTY CONNECTIONS



Insertion loss at A: 0.48 dB
Reflectance: -56.72 dB

42

optimize!
softing

Verschiedene Verunreinigungen

	In Ordnung	Schmutz/Partikel	Öl/Fingerabdruck	Kratzer/Riefen	Reingereste	Klebereste
Single-mode						
Multi-mode						

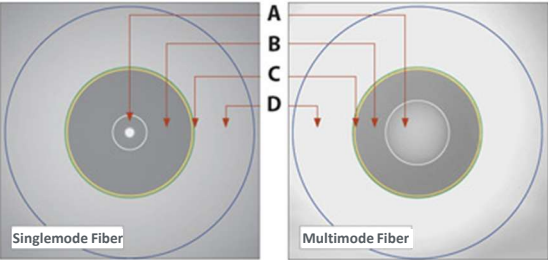
43

optimize!
softing

Wann ist ein Stecker “sauber“?

Der IEC 61300-3-35 Standard definiert eindeutig wann ein Stecker „sauber“ ist

- Einteilung in einzelne Bewertungszonen radial um den Faserkern
- Unterscheidung zwischen Multimode und Singlemode



Singlemode Fiber

Multimode Fiber

Zonen	Bezeichnung	Radius bei SM	Radius bei MM
A	Faserkern-Zone	0 µm bis (15) 25 µm	0 µm bis 65 µm
B	Mantelglas-Zone	(15) 25 µm bis 115 µm	65 µm bis 115 µm
C	Kleber-Zone	115 µm bis 135 µm	115 µm bis 135 µm
D	Kontakt-Zone	135 µm bis 250 µm	135 µm bis 250 µm



44

Reinigung von Stecker-Endflächen!

optimizel
softing



Copyrights © 2026 Softing IT Networks. All rights reserved.

45

optimizel
softing

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit
Haben Sie Fragen?

Matthias Caven

Matthias.Caven@softing.com
Tel +49-89-45656-689
<https://itnetworks.softing.com>



IT Networks

46