

WHITE PAPER

NORMGERECHTE BEWERTUNG VON GLASFASERVERKABELUNGEN IN LOKALEN NETZEN UND RECHENZENTREN

Die Normen für die strukturierte Verkabelung werden immer wieder an neue technische Gegebenheiten angepasst. Erst kürzlich wurden neue Überarbeitungen veröffentlicht. Dieses White Paper untersucht, was die jüngsten Überarbeitungen für die Bewertung von Verkabelungen mit Lichtwellenleitern (LWL) in lokalen Netzen und Rechenzentren und konkret für die Einreferenzkabel- und die Dreireferenzkabelmethode bedeuten.

Die internationale Verkabelungsnorm ISO/IEC 11801 wurde im November 2017 in sechs Teilen veröffentlicht. Die europäische und deutsche Norm DIN EN 50173 folgte im Oktober 2018. Bereits Jahre zuvor war die EN 50173 schon in verschiedene Teile aufgeteilt worden. Für alle Netznutzer, -planer und -installateure ist hier der erste Teil, „Allgemeine Anforderungen“ an „Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen“, besonders wichtig.

Natürlich müssen auch die Forderungen aus der Familie der DIN EN 50174 berücksichtigt werden. Diese Normen erschienen zeitgleich mit der DIN EN 50173.

Was aber ist jetzt in Bezug auf die Bewertung von LWL-Verkabelungen in lokalen Netzen und Rechenzentren neu an diesen Normen?

- Optische Klassen sind in diesen Normen entfallen. Daher wurde vom VDE die deutsche Norm DIN VDE 0800-173-100 erarbeitet und im Juni 2019 veröffentlicht. Einige Hersteller von Kabelzertifizierern haben die Absicht, diese optischen Klassen auf ihren Abnahmegeräten einzuführen.
- Bei der Festlegung für die Dämpfung einer lösbaren LWL-Verbindung (Steckverbindung) entfiel die 95%-Regel, das heißt, eine Steckverbindung ist gemäß der Verkabelungsnormen mit 0,75 dB normgerecht. Der schlechte Dämpfungswert für eine Spleißung blieb bei 0,3 dB.
- Im informativen Anhang F.3 wurden weitere „Unterstützte Netzwerkanwendungen für Lichtwellenleiterverkabelungen“, z. B. 40GBase-SR4 und 100GBase-SR4, eingeführt.



- Die Mehrmodenfasern OM1 und OM2 sind nur noch im informativen Anhang C enthalten. Aus der Sicht von Dätwyler sollten Kabel mit diesen Fasern nicht mehr in neuen Netzen installiert werden, da sie normativ keine Forderungen an das Laser-Bandbreiten-Längen-Produkt haben und die möglichen Link-Längen bei sehr hohen Übertragungsgeschwindigkeiten sehr kurz bzw. die notwendigen Transceiver für „außergewöhnliche“ Protokolle sehr teuer sind.
- Bei den Mehrmodenfasern wurde mit OM5 ein neuer Fasertyp eingeführt. Für sie sind die übertragungstechnischen Parameter kilometrische Dämpfung und Bandbreiten-Längen-Produkt bei den Wellenlängen 850 und 953 nm angegeben (bisher: 850 und 1.300 nm). Die OM5-Faser soll für den Multiplex von vier Wellenlängen in diesem Bereich genutzt werden.

Was kann an optischen Verkabelungen gemessen werden?

Die Anzahl der Parameter, die bei der Messung von optischen Verkabelungen aufgenommen werden können, ist deutlich

geringer als im Twisted-Pair-Umfeld. Mit den verschiedenen Messverfahren können folgende Parameter bestimmt werden:

- kilometrische Dämpfung;
- Einfügedämpfung von Ereignissen (Steckverbindungen und Spleiße) oder der gesamten Verkabelung;
- Reflexionsdämpfung von reflektiven Ereignissen;
- chromatische Dispersion bei Einmodensystemen (im Geltungsbereich der genannten Verkabelungsnormen nicht beschrieben und nicht notwendig).

Der für die Übertragungslänge, insbesondere für hohe Übertragungsgeschwindigkeiten wichtige Parameter Bandbreiten-Längen-Produkt bei Mehrmodenfasern kann nicht im Feld gemessen bzw. bestimmt werden. Diesen Parameter muss der Installateur den Faserdaten des Kabelherstellers entnehmen.

Ob die Länge einer LWL-Verkabelung für ein bestimmtes Protokoll geeignet ist, kann nur mit geeigneten Netztestern in der Protokollebene festgestellt werden.

Was ist zu prüfen?

Im normativen Anhang I der DIN 50173-1 wird das „Prüfen von Übertragungsstrecken und Verkabelungsstrecken mit Lichtwellenleitern“ beschrieben. Zitat: „Die Normenreihe EN 50173 fordert keine Prüfungen zur Bestimmung der Übereinstimmung mit den Anforderungen an das Übertragungstechnische Leistungsvermögen. Prüfungen sollten in folgenden Fällen durchgeführt werden:

- a) bei der Bewertung einer Verkabelung, um ihre Fähigkeit zur Unterstützung einer oder mehrerer Netzanwendungen zu bestimmen;
- b) zur Bestätigung des Leistungsvermögens von Verkabelung, die mit Kabeln, Verbindungstechnik und Schnüren, welche den Abschnitten 7, 8 und 9 entsprechen, realisiert ist.

Die Prüfverfahren für Übertragungsstrecken und Verkabelungsstrecken mit Lichtwellenleitern sind in EN 61280-4-1 und EN 61280-4-2N5 festgelegt.“

Die nationale Fußnote N5 verweist auf die ISO/IEC 11801-1:2017, die wiederum auf die ISO/IEC 14763-3. Auf Letztere soll hier näher eingegangen werden. Die Norm besagt, dass bei einer LWL-Verkabelung sowohl die Einhaltung der Qualität der Komponenten als auch der kompletten Installation überprüft werden muss. Gemessen werden die Übertragungstechnischen Parameter Dämpfung, Laufzeit, Polarität und Länge. Dabei muss eine Übertragungsstrecke das Leistungsvermögen bereitstellen, das zur Unterstützung der relevanten Netzanwendungen (Anhang F) erforderlich ist.

Die Dämpfung muss bei den Wellenlängen 850 und 1.300 nm für Mehrmoden- und bei 1.310 und 1.550 nm bei Einmodenfasern bestimmt werden.

Die Längenmessung bei Mehrmodenkabeln ist notwendig, um einschätzen zu können, ob die Übertragungsgeschwindigkeit (Netzprotokoll) auf der Basis des installierten bzw. gelieferten LWL-Kabels möglich ist. An dieser Stelle muss der Installateur sich auf die Angaben des Kabelherstellers gemäß Datenblatt verlassen können.

DIN ISO/IEC 14763-3

Diese deutsche Norm ist im Mai 2019 erschienen. Sie beschreibt die Vorbereitung für die Abnahmemessung einer LWL-Strecke, das heißt, die Sichtprüfung und die Reinigung der Steckverbinder, die Anforderungen an die Messkabel und -bedingungen und die verschiedenen Messmethoden.

Als bevorzugte Methode zur Charakterisierung von installierten LWL-Strecken wird die Messung der Dämpfung mit einem Dämpfungsmessgerät (LSPM – Light Source Power Meter) angegeben. Alternativ kann auch ein OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) genutzt werden.

Die Vorgehensweise vor der Abnahmemessung muss sein:

- Überprüfung der Steckverbinder der Messkabel, der zu messenden Strecke und der Messgeräte. Eine manuelle Begutachtung mittels eines einfachen Videomikroskops ist in den meisten Fällen nicht ausreichend, da zu viel Interpretationsspielraum bleibt. Aus diesem Grund ist eine automatische Auswertung nach DIN EN 61300-3-35 zu bevorzugen.
- Sollte das Ergebnis dieser Bewertung nicht zufriedenstellend sein, muss im günstigsten Fall gereinigt oder müssen die Messkabel ausgetauscht werden.
- Danach ist der Erfolg der Maßnahme zu überprüfen und gegebenenfalls der ganze Prozess zu wiederholen.

Generelle Anforderungen an die Messkabel

Die Referenzkabel für die Dämpfungsmessung sowie die Vorlauf- und Nachlaufkabel müssen Steckverbinder mit Messqualität besitzen, die denselben Steckertyp haben wie das Messobjekt. Das heißt, für jeden Faser- und Steckertyp werden eigene Messkabel benötigt.

Für diese Messqualität existieren nur bedingt genormte Parameter:

- Einmodenfaser: DIN EN 61755-2-4;
- Mehrmodenfaser: DIN EN IEC 61755-6-2 (in diesem Standard müssen weitere Parameter noch genauer spezifiziert werden; üblicherweise werden für konfektionierte Stecker für Mehrmodenfaser-Messkabel Einmodenstecker genutzt);
- für Steckverbinder der Norm IEC 61754-7 (MPO) existiert ein erster Entwurf.

Dämpfungsmessung mit LSPM

Bei der Messung von Mehrmoden-LWL-Verkabelungen verlangt die Norm das Einkoppeln von Licht in das Messobjekt mit Encircle-Flux-Anregungsbedingungen (EF, gemäß IEC 61280-1-4). Die EF-Bedingungen können einerseits direkt von der Lichtquelle erreicht werden und dann mit einem modentransparenten Messkabel in das Messobjekt oder mit einem EF-Messkabel eingekoppelt werden.

Die DIN ISO 14763-3 beschreibt für die Messung zwei Verfahren: die Einreferenzkabelmethode und die Dreireferenzkabelmethode.

Einreferenzkabelmethode

Diese Methode wird in drei Schritten durchgeführt. Im ersten Schritt, der Bezugsmessung, wird eine Verbindung zwischen Lichtquelle und Power Meter hergestellt. Der Leistungsmesser wird auf Null gesetzt (siehe Bild 1).

Im zweiten Schritt, der Testmessung, wird das Nachlaufkabel (Tail Cord) eingebracht und die Steckverbindung überprüft. Ist die Einfügedämpfung der Verbindung gemäß der DIN ISO 14763-3 geringer als 0,1 dB bei Mehrmodenverkabelungen oder geringer als 0,2 dB bei Einmodenverkabelungen, geht man davon aus, dass die Stecker Referenzqualität haben (siehe Bild 2). (Achtung: Dieser Messwert wird nicht auf Null gesetzt!)

Im dritten Schritt, der Messung, wird das Messobjekt eingebracht und das Ergebnis abgelesen und gespeichert (Bild 3).

Die Einreferenzkabelmethode kann nur angewendet werden, wenn die Steckverbinder der Installationsstrecke vom gleichen Typ sind. Ist dies nicht der Fall, funktioniert im Allgemeinen die Einreferenzkabelmethode nur dann, wenn man im Schritt 2 eine hybride Kupplung einsetzen kann. Diese hybriden Kupplungen sind allerdings zum Teil schwer verfügbar und meist sehr teuer.

Normalfall: die Dreireferenzkabelmethode

Im Normalfall wird darum die Dreikabelreferenzmethode angewandt. Hier werden nach der Bezugsmessung (siehe Bild 1) im zweiten Schritt das Nachlaufkabel und das Substitutionskabel eingebracht und danach die Steckverbindung überprüft (siehe Bild 4).

Ist die Summe der Einfügedämpfung der beiden Verbindungen (die Faserdämpfung wird vernachlässigt, da die Messkabel nur wenige Meter lang sein sollen) gemäß DIN ISO 14763-3 geringer als 0,2 dB bei Mehrmodenverkabelungen oder geringer als 0,4 dB bei Einmodenverkabelungen, geht man davon aus, dass die Stecker Referenzqualität haben. (Achtung: Dieser Messwert wird nicht auf Null gesetzt.)

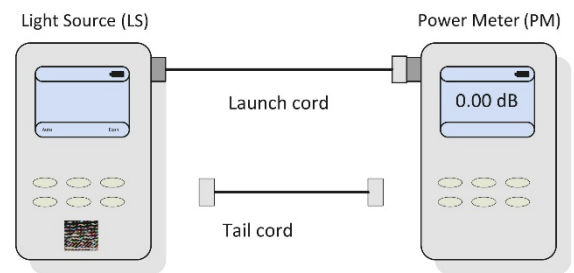


Bild 1: Einreferenzkabel- und Dreireferenzkabelmethode, Schritt 1

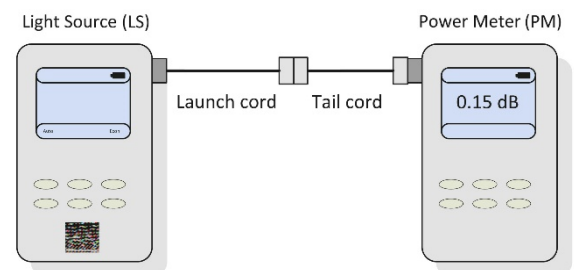


Bild 2: Einreferenzkabelmethode, Schritt 2

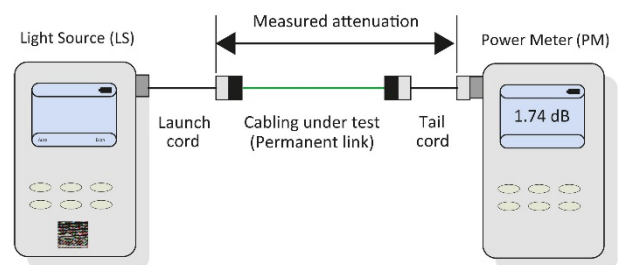


Bild 3: Einreferenzkabelmethode, Schritt 3

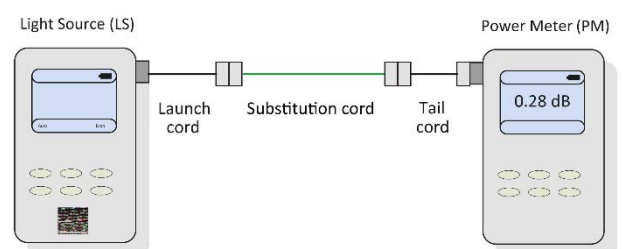


Bild 4: Dreireferenzkabelmethode, Schritt 2

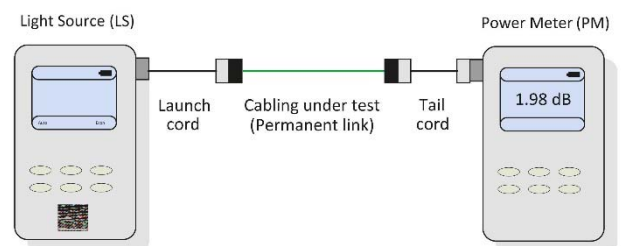


Bild 5: Dreireferenzkabelmethode, Schritt 3

Im dritten Schritt wird das Substitutionskabel durch das Messobjekt ersetzt, das Ergebnis abgelesen und gespeichert (Bild 5).

Klar ist, dass die Kupplungen für den Abgleich ebenfalls Referenzqualität haben müssen. Ebenso wichtig ist es, dass nach erfolgter Referenzierung und Überprüfung der Messkabel die Verbindungen zwischen Launch- und Tail-Cord zum Senden und zum Power Meter nicht mehr aufgetrennt werden dürfen.

Sollten die Dämpfungswerte bei der Überprüfung höher sein als hier angegeben, sind die Steckverbindungen zu reinigen und gegebenenfalls die Messkabel auszutauschen.

Bei beiden LSPM-Verfahren können bei einem „Vertrauen von 95%“ folgende Messunsicherheiten entstehen:

- Einmodenfaser: $\pm 0,24$ dB für Faserlängen unter 2 km;
- Mehrmodenfaser: $\pm 0,27$ dB bei gemessenen Dämpfungen $< 1,9$ dB;
- Mehrmodenfaser: $\pm 0,14$ dB bei einer gemessenen Dämpfung $> 1,9$ dB.

Zusätzlich kommt noch die Unsicherheit bzw. Genauigkeit des Mess-Equipments hinzu.

Dämpfungswerte aus der Verkabelungsnorm

Die ISO/IEC 14763-3 erlaubt laut Tabelle 4 Einfügedämpfungen der Steckverbindung zwischen Messobjekt und Referenzstecker für Mehrmodeninstallationen von 0,5 dB und bei Einmodensystemen von 0,75 dB. Diese in der Norm aufgeführten Dämpfungswerte für eine optische Steckverbindung von 0,75 dB sind aus Sicht von Dätwyler viel zu hoch.

Dafür ein Beispiel: Das Ethernet-Protokoll mit einer Übertragungsgeschwindigkeit von 10 Gbit/s – 10GBase-SX gemäß IEEE 802.3ae – hat bei Nutzung der OM4-Faser bei einer Wellenlänge von 850 nm inklusive der Patchkabel des Links eine Gesamtdämpfung (Übertragungsstrecke) von 2,9 dB. Nutzt man im Rechenzentrum die sogenannte 4-Connector-Verbindung, dann haben diese vier Verbindungen schon 3,0 dB.

Bei diesem Beispiel ist noch keine Faserdämpfung berücksichtigt, und auch Spleißungen sollten nicht vorkommen. Die Dämpfung einer Spleißung ist mit 0,3 dB in der Verkabelungsnorm angegeben, die aber mit den modernen Geräten

deutlich unterschritten wird. Daher sind unter Berücksichtigung von erlaubten Toleranzen des Faserkerns bzw. des Modenfelddurchmessers Werte $< 0,1$ dB realistisch.

Aus dieser Argumentation heraus sollte der Nutzer/Planer anspruchsvollere Parameter fordern, beispielsweise für die Lieferung der konfektionierten Stecker von Pigtails, Patchkabeln und Trunks. Die Dämpfung gegen die Referenzstecker beträgt in der Produktion $< 0,25$ dB. Somit können Werte bei den Messungen der lösbaren Verbindung von 0,5 dB nach der Installation abgesichert werden.

Messrichtung

Die DIN ISO 14763-3 beschreibt, dass bei Installationstrecken, die aus bekannten und unbekanntenen Komponenten bestehen, eine beidseitige Messung durchgeführt werden muss. Der seit zwei Jahren existierende Arbeitskreis 10 im GUK 715.3 (Gemeinsames Unterkomitee, verantwortlich für die Bearbeitung der EN 50173/51074) ist der Meinung, dass eine beidseitige Messung auch bei der Dämpfungsmessung notwendig ist, da nicht sichergestellt werden kann, dass die genutzten Fasern dieselbe Qualität besitzen. Beispielsweise ist es sehr unwahrscheinlich, dass die Messkabel die gleichen Fasern enthalten wie die zu messenden Fasern.

LWL-Messung mit OTDR

Die Bewertung einer LWL-Verkabelung mit einem OTDR ist aufgrund des teureren Equipments und der Notwendigkeit der Interpretation des Messergebnisses komplizierter und teurer als die Dämpfungsmessung.

Wenn ein Messergebnis von der erwarteten (geschätzten) Link-Dämpfung zu stark nach oben abweicht, sollte man zunächst die Qualität und Sauberkeit der Verbindungen – auch die der Messkabel – überprüfen. Für den Fall, dass die Abweichung andere Ursachen hat, muss auf eine OTDR-Messung zurückgegriffen werden. Denn nur mit dem OTDR ist eine ortsaufgelöste Dämpfungsbestimmung möglich. Das heißt, mit diesem Gerät lassen sich zum Beispiel eine zu hohe Dämpfung der Steckverbindung oder Spleißung oder auch Dämpfungserhöhungen durch zu starke Biegungen bzw. Knick des Kabels (Makrobending) finden.