

3 Leitfaden „Blitz- und Überspannungsschutz“

Der Überspannungsschutz als Teil des Blitzschutzsystems sorgt im Rahmen des LEMP-Schutzsystems für den Schutz von elektrischen und elektronischen Einrichtungen. Auch außerhalb der Norm DIN V VDE V 0185/EN 62 305 ist der Überspannungsschutz gemäß VDE 0100, VDE 0800, VDE 0845 und VDE 0855 eine wichtige Schutzmaßnahme in Niederspannungsanlagen sowie informationstechnischen Anlagen. Aus diesem Grund hat eine Arbeitsgruppe, unter Leitung des Ausschusses für Blitzschutz und Blitzforschung (ABB) des VDE, einen Leitfaden zur Koordinierung des Blitzschutzes mit dem Überspannungsschutz erarbeitet [6].

Ziel des Leitfadens ist die Beschreibung eines gemeinsamen Schutzsystems für alle Teilgebiete der EMV. Hinweise und Festlegungen zu den Maßnahmen, die im Rahmen eines solchen Schutzsystems zu ergreifen sind, finden sich sowohl in mehreren Normen als auch in den Merkblättern des VdS (Verband der Sachversicherer), in Landesbauverordnungen, Musterbauverordnungen sowie in Betriebssicherheitsverordnungen. Dem Leitfaden vorausgestellt sind Definitionen und Begriffe aus den jeweils relevanten Normen für die Verwendung eines einheitlichen Vokabulars. Der Leitfaden besteht aus drei Kapiteln:

1. Notwendigkeit von Schutzmaßnahmen
2. Planung und Errichtung
3. Prüfung und Dokumentation

Der Herausgeber des Leitfadens ist der Ausschuss für Blitzschutz und Blitzforschung (ABB) des VDE (Verband der Elektrotechnik, Elektronik, Informationstechnik e.V.). Der Leitfaden sowie eine Reihe weiterer Publikationen können beim ABB angefordert werden.

Literatur

- [1] Blitzschutztagung am 10./11. November in Neu-Ulm – Blitzschutz in der Praxis. Elektropraktiker, Berlin 60(2006)1, S. 10-11.
- [2] DIN V VDE V 0185-3 /A1: 2005-06 Blitzschutz – Teil 3 Schutz von baulichen Anlagen und Personen.
- [3] Scheibe, K.: Die neue Vornorm VDE V 0185-3 und ihr Anhang A1. VDE-Fachbericht Nr. 62. VDE-Verlag 2005.
- [4] Kern, A.: Die neue deutsche Blitzschutz-Normung der Reihe DIN EN 62305/ VDE 0185 Teil 305-x:2006 – Struktur und Unterschiede zur Vornormenreihe VDE V 0185:2002. VDE-Fachbericht Nr. 62. VDE-Verlag 2005.
- [5] DIN V VDE V 0185 Teile 1 bis 4:2002-11 Blitzschutz.
- [6] Schimanski, J.; Bartels, H.: Leitfaden Blitz- und Überspannungsschutz für bauliche Anlagen und elektrische Installationen. VDE-Fachbericht Nr. 62. VDE-Verlag 2005.
- [7] DIN EN 62 305 Teile 1 bis 4 (Entwurf); August/September 2004; Blitzschutz.

LWL-Messtechnik

Teil 1: Hilfsmittel, Vorbereitung und Messverfahren

D. Eberlein, Dresden

Die moderne Kommunikations- und Informationstechnik verlangt immer größere Bandbreiten und Streckenlängen. Diese Anforderungen sind nur durch Übertragung über Lichtwellenleiter (LWL) zu erfüllen. Während der Lichtwellenleiter bereits vor mehr als 20 Jahren vorzugsweise im Weitverkehrsbereich zum Einsatz kam, erschließt er heute zunehmend auch den Nahbereich. Die hohen Bandbreiten-Anforderungen durch Gbit-Ethernet oder 10 Gbit-Ethernet können durch den Kupferleiter nicht mehr erfüllt werden.

1 Messtechnik bei Lichtwellenleitern

Im Rahmen der „Fiber-to-the-home“-Projekte (FTTH) gelangt der Lichtwellenleiter zunehmend bis in den Privathaushalt. In Japan werden bis März 2006 3,5 Mio. Anschlüsse realisiert sein. Bis zum Jahr 2010 sollen 30 Mio. Haushalte einen LWL-Zugang erhalten. Die Bitraten betragen 31 Mbit/s bzw. 100 Mbit/s. In Deutschland werden in Kürze ähnliche Aktivitäten erwartet. Das bedeutet, dass sich immer mehr Firmen mit der Lichtwellenleiter-Technik auseinandersetzen müssen. Ein entscheidender Punkt ist die messtechnische Charakterisierung der installierten Strecke.

2 Hilfsmittel zur Durchführung der Messungen

Vor dem Besprechen der LWL-Messtechnik ist es jedoch wichtig, einige Hilfsmittel vorzustellen.

2.1 Reinigungskoffer

Bei den üblicherweise zum Einsatz kommenden Multimode-LWL beträgt der Durchmesser des lichtführenden Kernes 50 oder 62,5 µm. Bei den Singlemode-LWL liegt der Kerndurchmesser bei 8 µm. Das bedeutet, dass die Sauberkeit in der LWL-Technik eine entscheidende Rolle spielt. Verunreinigte Steckverbinder (Bild 1) können die Messergebnisse an einer Übertragungsstrecke beträchtlich verfälschen. Es ist daher ein hoher Reinigungsstandard zu gewährleisten. Tausende von Euros sowie viel Zeit kann man einsparen, wenn dem Stecker mehr Sorgfalt gewidmet wird. Staubkörnchen im Bereich des lichtführenden Kernes bewirken eine Dämpfungserhöhung. Bei einem typischen Durchmesser des Staubteilchens von 10 bis 20 µm kann der lichtführende Querschnitt beim Singlemode-LWL komplett

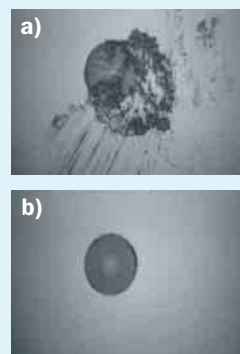
bedeckt und der Strahlengang unterbrochen werden. Staubkörnchen außerhalb des Kernes können zum unterbrochenen physikalischen Kontakt führen. Dieser bewirkt eine Erhöhung der Dämpfung um mindestens 0,35 dB und eine Erhöhung der Reflexion. Wiederholte Steckvorgänge ohne Beseitigung von losen Teilchen können zu einer Beschädigung der Steckerstirnfläche führen. Außerdem besteht die Gefahr, dass auch der Gegenstecker beschädigt wird. Vor der Auslieferung von LWL-Leitungen, Kupplungen und Messgeräten werden die Stecker vom Hersteller sorgfältig gereinigt sowie durch Staubschutzkappen geschützt. Trotzdem sollten vor jeder Messung die Kupplungshülse und die Stecker gereinigt werden. Der Reinigungszustand ist mit dem LWL-Mikroskop zu kontrollieren. Nach der Messung sind auf die Steckverbinder und die Kupplung Staubschutzkappen aufzustecken. Zur Steckerreinigung und -begutachtung verwende man Reinigungskoffer von namhaften Anbietern und beachte die Reinigungsanleitungen. Lose Verschmutzungen kann man mit sauberer Druckluft oder mit einem Reinigungsband beseitigen. Ansonsten erfolgt die Reinigung mit einem fusselfreien Tuch, das mit hochreinem Isopropyl-Alkohol benetzt wurde. Danach in jedem Fall trocken nachwischen.

2.2 Lichtwellenleiter-Mikroskope

Um Verschmutzungen und Kratzer auf der Steckerstirnfläche schnell und zuverlässig zu erkennen, kommen LWL-Mikroskope zum Ein-

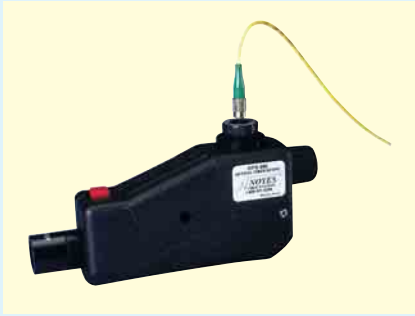
1 Beispiel für einen verschmutzten (a) und einen gereinigten (b) Steckverbinder

Fotos: Eberlein



Autor

Dr. Dieter Eberlein ist Referent, Sachverständiger und Buchautor auf dem Gebiet der Lichtwellenleiter-Technik, Dresden.



② Handmikroskop

③ Videomikroskop ►



④ Laserquelle zur Fehlersuche an LWL-Fasern

⑤ Faseroptische Sprechverbindung-
suche an LWL-Fasern ►



satz, die in vielfältigen Ausführungsformen verfügbar sind. Ein typischer Abbildungsmaßstab liegt bei 300 : 1. Handmikroskope (Bild ②) ermöglichen eine direkte Betrachtung der Steckerstirnfläche. Ein Infrarotfilter schützt das Auge vor Laserlicht, falls versehentlich beschaltete Fasern betrachtet werden sollten. Durch unsachgemäßen Umgang mit dem Mikroskop kann jedoch das Infrarotfilter zerbrechen.

Deshalb gilt generell: Das Handmikroskop darf nur bei ausgeschalteter Lichtquelle benutzt werden. Anderenfalls besteht die Gefahr der Augenschädigung.

Videomikroskope (Bild ③) gewährleisten höchste Augensicherheit, da nicht direkt in den Strahl geblickt wird. Die Steckerstirnfläche wird auf einem Videobildschirm oder einem Laptop abgebildet und kann so auch dokumentiert werden.

Schwer zugängliche Stecker in Schalttafeln können mit einem „Backpanel“-Mikroskop überprüft werden. Dieses ermöglicht die Betrachtung der Steckerstirnfläche durch die Kupplung hindurch. Für die LWL-Mikroskope sind Wechseladapter für nahezu sämtliche Steckertypen erhältlich.

2.3 Weitere Hilfsmittel

Laserquelle. Eine Laserquelle zur Fehlersuche an LWL-Fasern (Bild ④) ermöglicht das Erkennen von Faserbrüchen, defekten Steckern, zu geringen Biegeradien und vertauschten Fasern. Die Laserquelle ist ein handliches Gerät und arbeitet im roten Wellenlängenbereich.

Sie wird über einen geeigneten Steckverbinder an die zu untersuchende Faser angekoppelt. Das austretende Licht wird auf den sehr kleinen LWL-Kern fokussiert.

Sprechverbindung. Eine Faseroptische Sprechverbindung (Bild ⑤) ermöglicht, über einen freien Lichtwellenleiter sprachlich miteinander zu kommunizieren. Es ist ein voller Duplexbetrieb über eine einzelne Faser möglich.

Faser-Erkennungsgerät. Das optische Faser-Erkennungsgerät (Bild ⑥) prüft den Signalfluss in Singlemode-LWL, ohne den Betrieb zu unterbrechen oder die Faser zu beschädigen. Die Signalerkennung schützt vor dem versehentlichen Zerschneiden eines in Betrieb befindlichen Lichtwellenleiters während einer Reparatur, Wartung oder Installation.

3 Verfahren zur Dämpfungsmessung

Die Dämpfung gehört zu den wichtigsten Parametern in der LWL-Technik. Sie ergibt sich aus dem Verhältnis zweier Leistungen (Messung und Normierung). Zur Dämpfungsmessung benötigt man einen optischen Sender und Empfänger (Bild ⑦). Die Verfahren zur Dämpfungsmessung entsprechend DIN EN 50 346 unterscheiden sich dahingehend, ob eine Messung an einer Verkabelungsstrecke oder an einer Übertragungsstrecke bzw. eine Messung am Multimode-LWL oder am Singlemode-LWL erfolgt (Tafel ①). Eine Übertragungsstrecke wird

ohne ersten und letzten Stecker charakterisiert. Bei der Messung einer Verkabelungsstrecke ist der erste und der letzte Stecker in der Messung mit enthalten. Als Beispiel soll eine Messung am Multimode-LWL nach Verfahren 1 betrachtet werden.

3.1 Messung am Multimode-LWL

Bei diesem Verfahren ist zu beachten, dass nach der Normierung das Prüf-Rangier-Kabel 1 am Sender gesteckt bleibt, da diese Kopplung kritisch ist (Bild 8). Zur Messung wird an das Ende des Prüf-Rangier-Kabels 1 die Kabelanlage und das Prüf-Rangier-Kabel 2 angekoppelt. Die Dämpfung ergibt sich aus der Kabelanlage selbst, dem ersten und letzten Stecker der Kabelanlage und dem Prüf-Rangier-Kabel 2. Dieses muss kurz sein (wenige Meter) um das Mess-Ergebnis nicht zu verfälschen. Verfahren 1 ist das gängige Messverfahren, um eine installierte Verkabelungsstrecke zu charakterisieren. Gerade in den lokalen Netzen sind die Steckverbinder die wichtigen Punkte. Sie tragen wesentlich zur Gesamtdämpfung der Strecke bei. Um das Messergebnis bei der Messung des ersten und letzten Steckers nicht zu verfälschen, müssen die Steckverbinder der Rangierkabel Referenzqualität haben. Das heißt, sie müssen mit wesentlich engeren Toleranzen gefertigt werden, als die normalen Steckverbinder. Toleranzen dieser Steckverbinder würden zur fehlerhaften Messung des ersten und letzten Steckers der Kabelanlage führen. Darüber hinaus muss die hohe Qualität dieser Referenzstecker auch während ihrer gesamten Einsatzdauer gewährleistet werden. Deshalb sind die Stecker regelmäßig zu reinigen und mit einem Fasermikroskop zu überprüfen. Verschlossene Stecker müssen rechtzeitig ausgewechselt werden. Die Dämpfungsmessung am Singlemode-LWL kann entsprechend DIN EN 61280-4-2 mit einer sinn-gemäßen Anordnung wie in Bild 8 erfolgen. In einem zweiten Verfahren erlaubt diese Norm aber auch, die Dämpfung der Strecke aus einer Rückstreuung zu ermitteln.

4 Optische Rückstreuung

Die Rückstreuung an Lichtwellenleitern ist ein universelles Messverfahren. Sie ist erforderlich, wenn mehrere Ereignisse auf der Strecke sind. Die Messung ermöglicht eine orts aufgelöste Darstellung der Ereignisse entlang der Strecke. Trotz sehr komfortabler Messgeräte (Bild 9) ist das Verständnis der prinzipiellen Wirkungsweise des Rückstreuverfahrens erforderlich, um die Mess-Ergebnisse richtig deuten zu können. Die Rückstreuung an Lichtwellenleitern mit einem optischen Rückstreuungsmessgeräte (OTDR – Optical Time Domain Reflectometer) liefert Aussagen über die Eigenschaften des verlegten Lichtwellenleiters, wie Dämpfungen, Dämpfungskoeffizienten, Störstellen (Stecker, Spleiße,

Tafel 1 Dämpfungsmessverfahren nach DIN EN 50 346 [1]

LWL-Typ	Zu prüfende Verkabelung	
	Verkabelungsstrecke	Übertragungsstrecke
Multimode-LWL	DIN EN 50 346 Anhang A Verfahren 1	DIN EN 50 346 Anhang A Verfahren 2
Singlemode-LWL	DIN EN 61 280-4-2 Verfahren 1.A	DIN EN 61 280-4-2 Verfahren 1.C



7 Dämpfungsmessplatz (Sender und Empfänger)

Quelle: NetTest/Tele Südost Netze

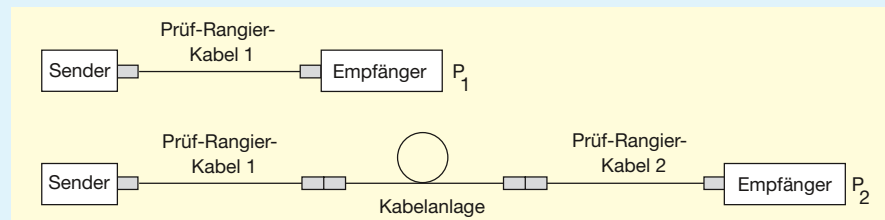
6 Optisches Faser-Erkennungsgerät

Quelle: Laser 2000

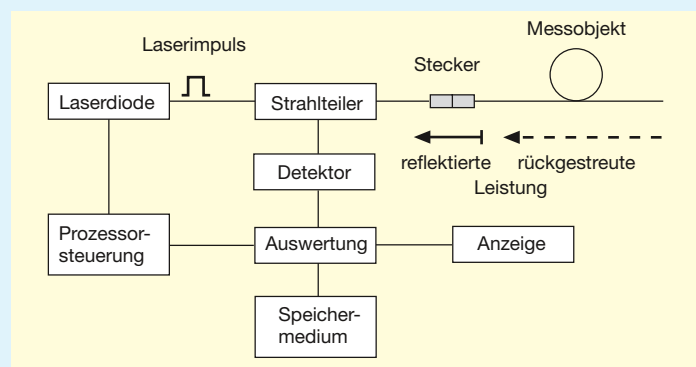


9 Optisches Rückstreuungsmessgerät

Quelle: JDSU



8 Verfahren 1 (oben Normierung, unten Messung)



10 Prinzip der Rückstreuung

Unterbrechungen), deren Dämpfungen und Reflexionsdämpfungen sowie über die Streckenlängen bis zu den jeweiligen Ereignissen auf dem Lichtwellenleiter, sofern die Brechzahl bekannt ist.

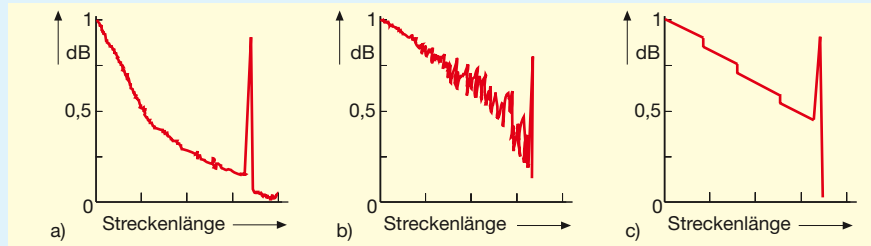
4.1 Prinzip der Rückstreuung

Das Prinzip der Rückstreuung ist aus Bild 10 ersichtlich. Ein kurzer leistungsstarker Laserimpuls wird über einen Strahlteiler und den Gerätestecker in den zu messenden Lichtwellenleiter eingekoppelt. Der Lichtwellenleiter bewirkt aufgrund seiner physikalischen Eigenschaften den Rückfluss eines geringen Anteils der eingekoppelten Leistung. Dieser Anteil wird gemessen. Verantwortlich für den Leistungsrückfluss sind zwei Effekte: Fresnelreflexionen und Rayleighstreuung.

Fresnelreflexion. Eine Fresnelreflexion tritt immer dann auf, wenn die Brechzahl entlang des

Lichtwellenleiters unstetig ist. Das ist insbesondere an einem Glas-Luft-Übergang am Ende des Lichtwellenleiters der Fall. Aber auch Steckverbindungen zwischen zwei LWL-Teilstücken erzeugen in Abhängigkeit vom Typ des Steckverbinders eine mehr oder weniger große Reflexion. Der Effekt der Fresnel-Reflexionen ist in Form von Spiegelungen an Glasoberflächen allgegenwärtig.

Rayleighstreuung. Im Gegensatz zu den Fresnel-Reflexionen ist die Rayleighstreuung kein diskretes Ereignis, sondern tritt an jedem Ort entlang der gemessenen Strecke auf. Dadurch wird es möglich, den Lichtwellenleiter auf seiner gesamten Länge zu charakterisieren. Die Ursachen für die Rayleighstreuung sind Fluktuationen der Dichte und Brechzahl im Glasmaterial, wobei die Rayleighstreuung mit zunehmender Dotierung des Glases ansteigt. Das Licht wird in alle Richtungen gestreut. Der Anteil, der in rückwärtiger Richtung



11 Darstellung Rückstreukurve: a) gemessene Leistung b) Logarithmierung der gemessenen Leistung c) Mittelwert

im Lichtwellenleiter geführt wird (kleiner Neigungswinkel gegen die optische Achse), kann detektiert werden.

Streueffekte treten beispielsweise an Scheinwerferstrahlen beim PKW oder Leuchtturm auf. Der Strahl ist ohne direktes Hineinblicken wahrnehmbar. Das ist möglich, weil durch Streueffekte an Staubteilchen oder Feuchtigkeitsteilchen ein kleiner Teil des Lichts seitlich austritt.

Der Strahlteiler in Bild 10 dient zur Richtungstrennung von hin- und rücklaufendem Signal. Das rückgestreute und reflektierte Licht gelangt zum Detektor, der extrem empfindlich sein muss, und das Signal wird der Auswertung zugeführt.

4.2 Rückstreumesstechnik

Das Besondere an der Rückstreumesstechnik ist, dass das Messgerät nicht einfach eine Summe über alle Leistungsrückflüsse bildet. Statt dessen erfolgt mit der Prozessorsteuerung eine Synchronisation zwischen dem Zeitpunkt der Emission des Laserimpulses und dem der Detektierung. Aus der Verzögerung zwischen beiden Signalen kann man auf die Laufzeit des detektierten Signals schließen und damit auf den Ort des jeweiligen Ereignisses. Das heißt, es wird entsprechend der jeweiligen Laufzeit Punkt für Punkt aufgelöst und

von jedem einzelnen Ort die rückfließende Leistung ermittelt. Moderne Messgeräte erfassen heute innerhalb des jeweiligen Messbereiches typisch 32 000 Punkte.

Die Leistung im Lichtwellenleiter fällt exponentiell ab (Bild 11 a). Um ein anschauliches Resultat auf dem Monitor zu erhalten, erfolgt eine Logarithmierung. Als Ergebnis erhält man für die gemessene Rayleighstreuung eine Gerade (Bild 11 b). Um das sehr kleine detektierte Signal aus dem Rauschen herausheben zu können, wird die Messung viele Male wiederholt und der Mittelwert gebildet (Rauschunterdrückung) (Bild 11 c). Der Laser wird mit einer bestimmten Impulswiederholrate betrieben, die so bemessen ist, dass der nächste Impuls frühestens nach dem vollständigen Hin- und Rücklauf des vorhergehenden Impulses durch den Lichtwellenleiter ausgesandt wird.

4.3 Manuelle Parametereinstellung

Die meisten Messgeräte haben eine Automatikfunktion. Diese ermöglicht eine automatische Bestimmung des optimalen Messbereiches und der optimalen Impulslänge. Falls man Erfahrung mit dem Rückstreumessgerät hat, empfiehlt es sich jedoch, diese Parameter manuell einzustellen.

Messbereich. Der eingestellte Messbereich wirkt sich unmittelbar auf die Impulswiederhol-

rate des Messgerätes aus. Diese wird so bemessen, dass der Impuls genügend Zeit hat, den Messbereich in Hin- und Rückrichtung zu durchlaufen, ehe der nächste Impuls ausgesandt wird. Ist die Impulswiederholrate zu groß, kommt es zu Überlagerungseffekten, die zu einem verfälschten Rückstreudiagramm führen. Deshalb darf der Messbereich nie kleiner als die zu messende Strecke eingestellt werden! Einen richtig eingestellter Messbereich ist daran zu erkennen, dass am Ende der Rückstreukurve immer noch Rauschen zu sehen ist. Endet die Rückstreukurve abrupt, ohne nachfolgenden Rauschanteil, deutet das auf einen zu kurz eingestellten Messbereich.

Impulslänge. Im Interesse eines hohen Auflösungsvermögens sollte die minimale Impulslänge eingestellt werden. Das ist bei Messung von (kurzen) Multimode-LWL meist möglich. Bei der Messung größerer Strecken begrenzt eine zu geringe Impulslänge die Dynamik der Messung, und es muss ein geeigneter Kompromiss zwischen Dynamik (messbarer Streckenlänge) und Impulslänge gefunden werden.

Brechzahl. Die Gruppenbrechzahl des Faserkerns hängt vom LWL-Typ und der Wellenlänge ab. Die richtige Brechzahleinstellung ist wichtig für die exakte Lokalisierung des Fehlerortes und für die Ermittlung des Aufmaßes.

Rückstredämpfung. Die Rückstredämpfung (Rückstreukoeffizient) ist ebenfalls ein Faserparameter, der vom LWL-Typ und der Wellenlänge abhängt. Die richtige Einstellung zu Beginn der Messung ist erforderlich, um Reflexionen entlang der Strecke (insbesondere an Steckern) messen zu können. Meist gibt das Messgerät Standardwerte in Abhängigkeit vom LWL-Typ vor. ■