



Messung von encircled flux im Multimode-LWL

In den aktuellen lokalen Netzen mit LWL-Struktur sind typischerweise Datenraten von 10/100 Mb/s in Ethernet-Anwendungen bis hin zu 1 Gb/s in FDDI-Anwendungen oder Gigabit Ethernet im Einsatz. Durch den hohen Bandbreitenbedarf im IP-Bereich mit Sprach-, Video- und Datenübertragung werden nun zunehmend Bandbreiten von 10 Gigabit Ethernet und höher notwendig.

In diesem Kontext wird es immer wichtiger das Dämpfungsbudget von LWL-Multimodefasern und –kabeln genau zu ermitteln und messen, ebenso die Wiederholbarkeit und Reproduzierbarkeit der Messungen.

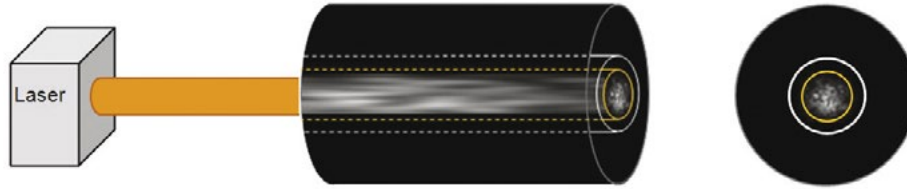
Lange wurden die Einkopplungsbedingungen in Multimodefasern im Bereich der Messtechnik vernachlässigt, diese beeinflussen maßgeblich die Dämpfungsbestimmung und auch die Bandbreite des Mediums. In den Normen ist mittlerweile das genaue Vorgehen bei Messungen an Multimodeleitungen vorgegeben und muss vor Ort bei Messungen beachtet werden.

Die hier gültige Norm ist die DIN EN 61280-4-1 (IEC 61280-4-1::2009). Hier werden unter anderem die korrekten Anregungsbedingungen für die Einkopplung von Licht in MM-Lichtwellenleiter definiert. Man unterscheidet hier bei den sogenannten Anregungsbedingungen begrifflich in overfill, underfill und encircled flux. Je nach diesen Anregungs- (Einkoppel-) -bedingungen ist die Messung von Dämpfungswerten stabil (z.B. bei Wackeln an der Faser) und auch reproduzierbar. Gerade dieser Punkt ist häufig Anlass für Ungereimtheiten bei Abnahmemessungen.

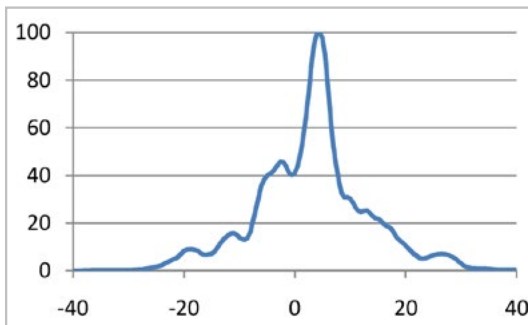


Quelle: Optotest

Underfill:



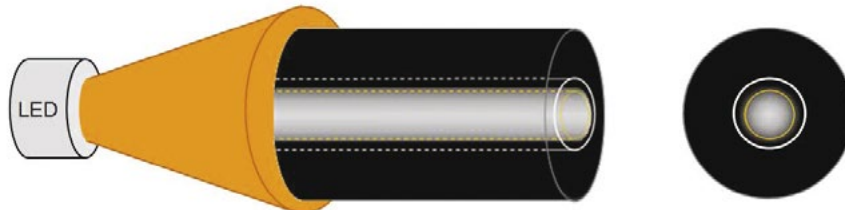
Quelle: VIAVI



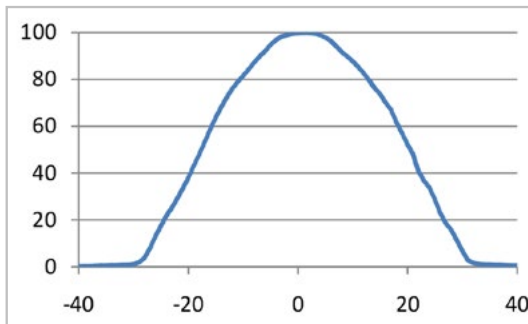
Quelle: Optotest

Hier ist die Multimodefaser im Kernbereich nicht vollständig ausgeleuchtet, z.B. bei Gebrauch von VCSEL-Laser bei der Übertragung.

Overfill:



Quelle: VIAVI



Quelle: Optotest

Hier ist Faser über den Kern hinaus mit Moden angeregt, beispielsweise durch die Überstrahlung mit einer LED.

Diese Einkoppelbedingungen haben deutlichen Einfluss auf das Messergebnis der Dämpfungsmessung und der Übertragungseigenschaften der Multimodefasern. Fasern, die mit underfill conditions angeregt sind, zeigen geringere Dämpfung als wie wenn sie mit overfill condition angeregt sind. Die Anregungsbedingungen beeinflussen also deutlich das Messergebnis.

Was ist optimal?

Weder overfill-Bedingungen, als auch underfill-Bedingungen sind für die Messtechnik optimal, beides verfälscht die Messung. Die Verwendung von Messgeräten, die zur IEC 61280-4-1 konform sind, ist unabdingbar.

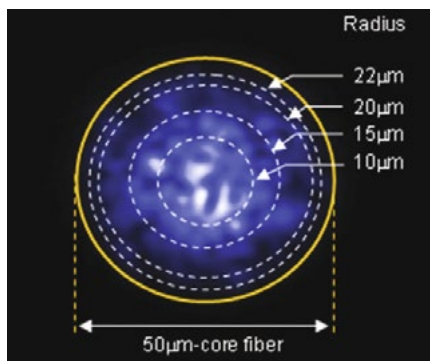
Encircled flux

Der neue Parameter, der in dieser Norm definiert ist, ist der sogenannte encircled-flux-Parameter (EF). Dieser definiert die Einkoppelbedingungen in Bezug auf die Leistung im Faserkern, wie die radiale Größe des Bereiches der Einkopplung, als auch der Winkelverteilung. Hierbei erscheint die Theorie zunächst einmal kompliziert, aber die Auswirkung beim Gebrauch der Messtechnik ist dann einfach.

$$EF(r) = \frac{\int_0^r xI(x)dx}{\int_0^R xI(x)dx}$$

Hierbei ist auf die Kompatibilität der verwendeten Messtechnik (Lichtquelle) zur EF-Anregung zu achten, eventuell muss hierzu eine neuere, moderne Lichtquelle beschafft werden oder ein Vorschaltgerät für die Anregung der Moden nach dem EF-Standard. Der EF-Parameter korrespondiert zum Verhältnis der übertragenen Leistung bei einem gegebenen Radius des Faserkerns zu der absoluten eingestrahlten Lichtleistung.

Die DIN EN 61280-4-1 basiert auf der definierten Lichtleistung und den oberen Grenzwerten des EF-Parameters an 4 ausgewählten Radien des Faserkerns, bei 10, 15, 20 und 22 µm und für jede Wellenlänge (850 und 1300 nm).



Quelle: VIAVI

Kern einer 50 µm-Faser mit Ausleuchtung durch die anregende Lichtquelle.

Die Norm verlangt, dass das Licht aus der anregenden Lichtquelle oder von der Vorlauffaser mit den definierten encircled flux Grenzen übereinstimmt.

Lösung

Die Ausführung der Messung mit von DIN 61280-4-1 qualifizierten Messgeräten garantiert nicht, dass die Einkoppelbedingungen mit der Norm im Zeitpunkt der Messung übereinstimmen, da Abweichungen in den Vorlauffasern, Referenzkabel oder anderen Einflüssen entstehen können. EF-konforme Lichtquellen sind nur ein erster Schritt, garantieren aber keine volle Konformität!

Im Feld vor Ort können Feldtechniker die keine EF-Messung durchführen, um die Anregungsbedingung zu ermitteln. Die Norm empfiehlt hier einen sogenannten Moden-Controller zu verwenden.

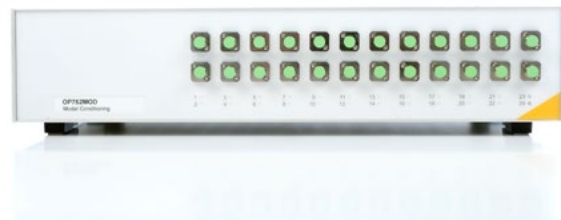


Quelle: VIAVI

Die Konformität der Messung zu der Norm kann über diesen Moden Controller gewährleistet werden. Dieser wird entweder zwischen Quelle und der zu vermessenden Faser eingeschliffen (LSPM) oder bei der OTDR Messung nach der Vorlauffaser. Der Controller ist ein passives Element, das die Anregungsbedingungen nach der Norm unabhängig von der verwendeten Lichtquelle (LED oder LASER) garantiert. Es gibt Versionen für 50µm oder für 62,5 µm Multimodefaser, entweder als Feldmodul oder als Laborgerät.



Quelle: VIAVI



Quelle: Optotest

Moden Controller für Feld und Labor/Fertigung/Entwicklung

Wichtig ist, dass weder Vorlauffasern, Mandrels zum Wickeln der Faser, noch mode-conditioning-Kabel die Messung EF-konform machen. Mandrels (Wickelspulen) zum Wickeln der Faser streifen zwar höhere Moden ab, die bei overfill generiert werden, ermöglicht aber keine EF-Konformität.

Der Einsatz von Mode Controllern garantiert, dass der Unterschied in Messergebnissen zwischen Einkopplung mit Lasern oder LEDs kleiner 10% ist, damit konform zur Norm. Ohne den Controller können die Messergebnisse im Vergleich zwischen den verschiedenen Quellen deutlich höher und signifikant abweichen ($\gg 10\%$).

Bestimmung des encircled flux

Die encircled flux Parameter können nur unter Laborbedingungen bestimmt werden. Hierzu werden typischerweise Nahfeld-Fernfeld-Messplätze wie das Optotest OP1021, Laboraufbauten mit Mikroskopen oder großflächigen Detektoren verwendet.

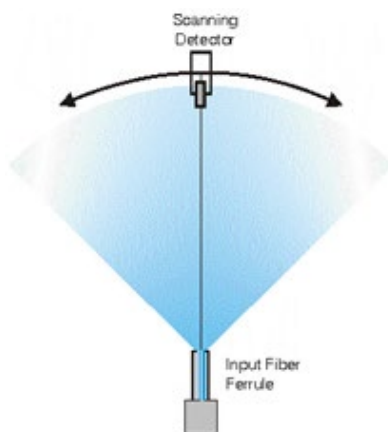


Quelle: Optotest

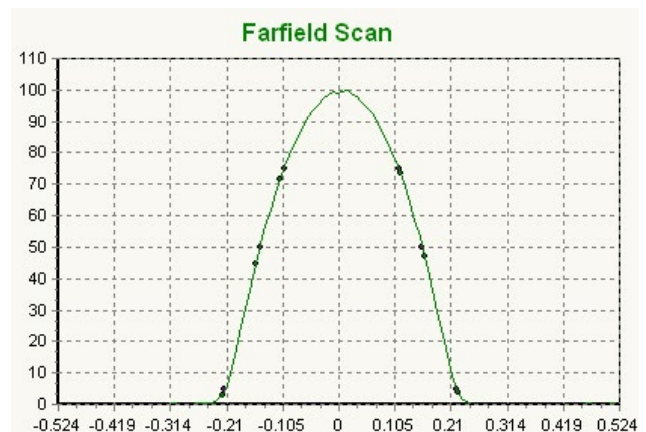
Nearfield/Farfield Messplatz OP1021

Fernfeldmessung

Das Fernfeld wird hier über einen verfahrbaren Detektor vermessen. Dieser scannt das Fernfeld systematisch ab.

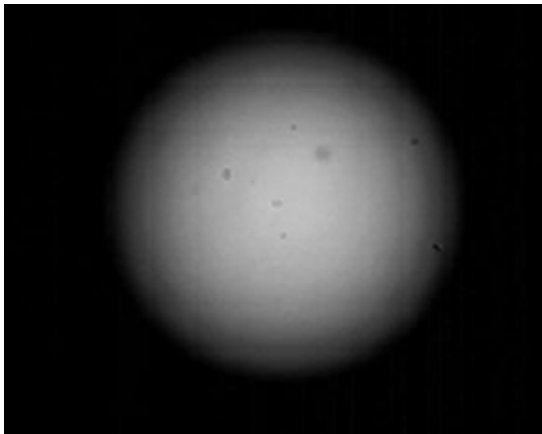
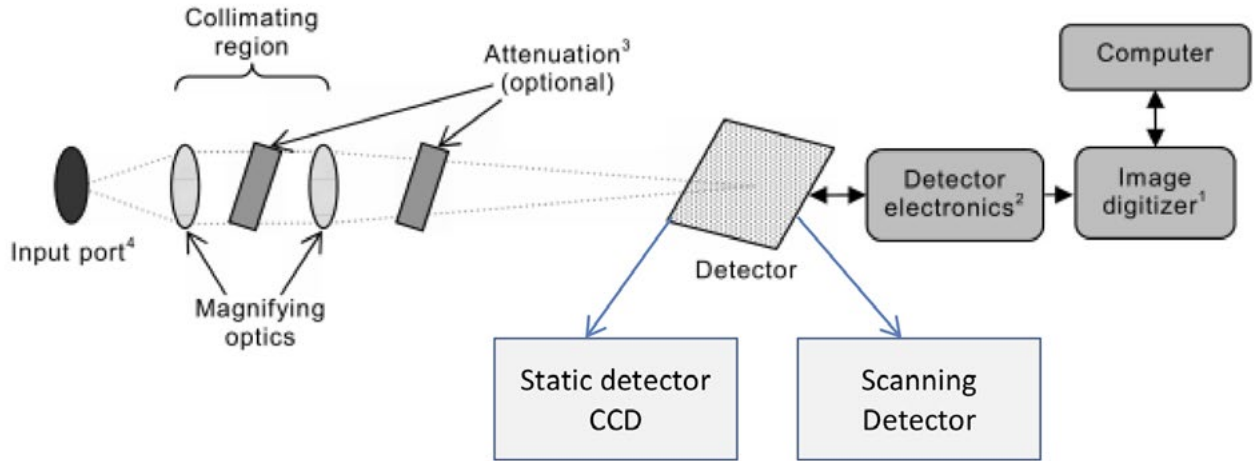


Quelle: Optotest

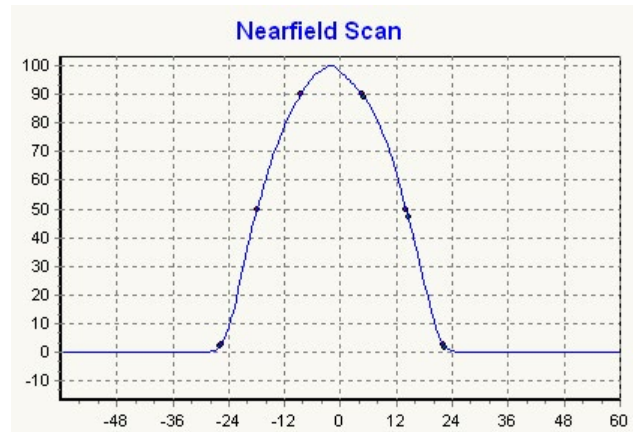


Das Nahfeld wird mit einem etwas aufwändigeren Aufbau vermessen, beide Ergebnisse bestimmen dann das korrekte Modenprofil aus dem Multimode-Lichtwellenleiter heraus.

Nahfeldmessung



Quelle: Optotest



Fazit

Norm konforme Messung im Feld mit EF-Konformität benötigen die Verwendung eines Moden Controllers, nur dann die Kompatibilität zu der DIN EN 61280-4-1 gewährleistet werden.

Im Labor, in der Fertigung und Entwicklung kann der encircled flux mit aufwändigeren Methoden bestimmt werden. Für die Charakterisierung der Modenverteilung kann hierbei ein Nahfeld-/Fernfeldmessplatz oder ein anderes bildgebendes Verfahren mit Mikroskopaufbauten oder großflächigen Detektoren verwendet werden.