

WHITE PAPER

DIE AUSWIRKUNGEN VON WASSER AUF GLASFASERKABEL

Glasfaserkabel werden häufig in Rohranlagen und Kabelkanäle verlegt, die nicht wasserdicht sind. Um die Funktionstüchtigkeit der Kabel zu gewährleisten, müssen die Fasern wirksam gegen Feuchtigkeit und Nässe geschützt sein. Dieses White Paper schildert die Auswirkungen von Wasser auf die Fasern und Kabel, gibt einen Überblick über die aktuellen Normen und Prüfverfahren und zeigt, welche Aspekte bei der Auswahl geeigneter LWL-Kabel zu beachten sind.

Stand der Technik bei Standard-Singlemode-Fasern

Die meisten Faser- und Kabelhersteller produzieren ihre Singlemode-Kabel seit Jahren nur noch mit der Faser-Qualität OS2, G.652.D oder EN 60793-2-50:2008, B1.3. Dass es für die Singlemode-Fasern mehrere Normen gibt, hat mit den damit befassten internationalen Standardisierungsgremien zu tun. Die ITU ist die International Telecommunication Union, eine Sonderorganisation der Vereinten Nationen, die unter anderem Standards für die globale Telekommunikation festlegt. Die IEC (International Electrotechnical Commission) und ihr europäisches Pendant CENELEC (Comité Européen de Normalisation Électrotechnique) erarbeiten Normen für die privaten Anwendungen.

Den Standard G.652 hat die ITU erarbeitet. Die IEC/CENELEC nahm diese Fasertypen als „OS1“ bzw. „OS2“ in die Normen für die anwendungsneutrale Verkabelung, die ISO/IEC 11801 und die DIN EN 51073, auf – wobei die Dämpfungswerte hier höher liegen als in Dokumenten der IEC und der CENELEC (60793-2-50), auf die in dieser Norm verwiesen wird. Die Parameter der IEC 60793-2-50 sind ähnlich denen des Standards ITU G.652.D.



Im Extremfall kann es durchaus vorkommen, dass ein Kabelschacht komplett unter Wasser steht.

Fasern mit reduziertem Dämpfungspeak

Für Dämpfungserhöhungen in Glasfasern sind bekanntlich OH-Ionen verantwortlich – mit einer Absorptionsspitze (Peak) bei 1383 nm. Bei den ersten Singlemode (SM)-Fasern (G.652.A u. B) war dieser Dämpfungs-Peak der Grund dafür, dass der Wellenlängenbereich in der Nähe von 1383 nm nicht für die Übertragung genutzt werden konnte.

Seit gut zehn Jahren werden nur noch Singlemode-Fasern in der Qualität G.652.D produziert. In der EN 50173-1 sind die beiden SM-Fasern OS1a und OS2 als Faser gemäß EN 60793-2-50:2008, Faser B1.3 oder B.6_a, beschrieben. Das bedeutet, dass sowohl die OS1a- als auch die OS2-Faser einen reduzierten Dämpfungs-Peak bei 1383 nm besitzen. Sie werden häufig auch als „Low Water Peak“- oder „Zero Water Peak“-Fasern bezeichnet.

Der Unterschied zwischen den beiden Fasertypen OS1a und OS2 besteht gemäß EN 50173-1 nur in ihrer maximalen Dämpfung bei den Wellenlängen 1310, 1383 und 1550 nm. Beim Fasertyp

	ITU-T G.652.A	ITU-T G.652.B	ITU-T G.652.C	ITU-T G.652.D	Dätwyler G.652.D
Dämpfung 1310 nm	≤ 0,5 dB/km	≤ 0,4 dB/km	≤ 0,4 dB/km	≤ 0,4 dB/km	typ. 0,34 dB/km max. 0,36 dB/km
Dämpfung 1383 nm			≤ 0,4 dB/km ¹	≤ 0,4 dB/km ¹	typ. 0,34 dB/km ¹ max. 0,36 dB/km ¹
Dämpfung 1550 nm	≤ 0,4 dB/km	≤ 0,35 dB/km	≤ 0,3 dB/km	≤ 0,3 dB/km	typ. 0,22 dB/km max. 0,24 dB/km
Dämpfung 1625 nm		≤ 0,4 dB/km	≤ 0,4 dB/km	≤ 0,4 dB/km	typ. 0,24 dB/km max. 0,25 dB/km
PMD	≤ 0,5 ps/√km	≤ 0,2 ps/√km	≤ 0,5 ps/√km	≤ 0,2 ps/√km	typ. 0,05 ps/√km max. 0,2 ps/√km

¹Dämpfungswert nach Wasserstoffalterung

Tabelle 1: Die minimalen SM-Faser-Dämpfungswerte gemäß ITU-T G.652 im Vergleich (für Weitverkehrs- und Städtetze).

OS1a liegt die maximale Dämpfung bei 1,0 dB/km und bei der OS2-Faser bei 0,4 dB/km (bei allen genannten Wellenlängen).

Wellenlänge (nm)	max. Dämpfung OS1a (dB/km)	max. Dämpfung OS2 (dB/km)
1310	1,0	0,4
1383	1,0	0,4
1550	1,0	0,4

Tabelle 2: Anforderung an die Leistungsfähigkeit von SM-Fasern gemäß DIN EN 50173-1:2011, Tabellen 55-56 (für die anwendungsneutrale Gebäudeverkabelung).

Normen für Wasserauswirkungen

Es gibt zwei Normen, die sich mit den Auswirkungen von Wasser auf Glasfasern befassen. Die IEC 60793-1-50 behandelt die Messmethode und das Prüfverfahren „Feuchte Wärme“. Die IEC 60793-1-53 befasst sich mit dem „Eintauchen in Wasser“. Bei dem ersten Test werden die Fasern der Wirkung von feuchter Wärme (+85°C, 85% relative Luftfeuchtigkeit) ausgesetzt, beim zweiten werden sie in temperiertes Wasser (+23°C) eingetaucht. Bei beiden Tests darf über 30 Tage eine definierte Dämpfungserhöhung nicht überschritten werden. Außerdem wird die Absetzkraft des Primärschutzes – also die Wirksamkeit der Faserbeschichtung gegenüber der Wassereinwirkung geprüft.

Fasern in Gefahr

Für den Fall, dass ein Glasfaserkabel beschädigt oder ohne Endkappen gelagert wird, ist es wichtig, dass Wasser nicht unbegrenzt durch das Kabel „kriechen“ kann. An sich ist das Eindringen von Wasser in ein Glasfaserkabel nicht dramatisch, weil die Bündel, die zumeist aus Polyethylen (PE) bestehen, selbst sehr dicht sind und weil die gefüllten Bündel zusammen mit dem Primärschutz und dem Fasermantel den Faserkern in hohem Maße schützen. Die übertragungstechnischen Eigenschaften einer Glasfaser sind also relativ gut gesichert.

Wenn sich das Wasser jedoch bis zu einer Muffe oder einer Spleißbox ausbreiten kann, besteht für die Faser an dieser Stelle neben dem Spleißschutz nur noch deren Primärschutz. Insbesondere wenn die Faserbeschichtung nicht die in den oben genannten Normen geforderte Qualität besitzt, sind Schäden an der Faser nicht ausgeschlossen. Diffundiert das Wasser in das Material der Glasfaser (SiO₂) ein, entsteht eine irreversible Dämpfungserhöhung. Außerdem bewegen sich Wassermoleküle in die Mikrorisse der Faser und vergrößern diese. So sinkt die Lebensdauer der Faser dramatisch.

Längswasserdichtheit von LWL-Kabeln

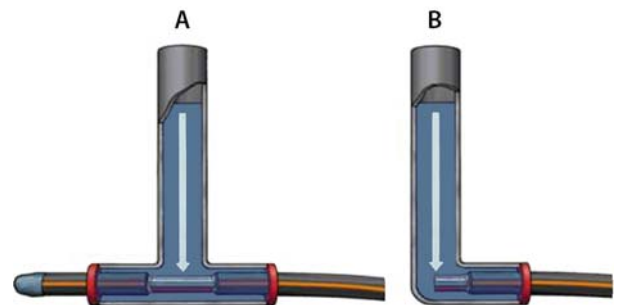
Angesichts der möglichen Auswirkungen, die Feuchtigkeit auf die Fasern haben kann, ist es nur verständlich, dass die Längswasserdichtheit einer der wichtigsten Umweltparameter von Glasfaserkabeln ist. Ein Kabel gilt gemäß IEC 60794-1-2 F5 als längswasserdicht, wenn sich eingedrungenes Wasser nur auf einer definierten Länge in der Kabelseele ausbreiten kann.

Um das „Kriechen“ des Wassers im Kabel, das durch Kapillarwirkung auftritt, zu verhindern oder zumindest stark zu minimie-

ren, wurden bei verseilten Kabelaufbauten noch vor Jahren die Verseilzwischenräume ausschließlich mit Petrolat, einem vaselineartigen Gel, gefüllt. Diese Lösung hat jedoch zwei Nachteile: Die Füllung ist leicht brennbar, und der Installateur muss die Bündel unter großem Zeitaufwand und mit speziellen Reinigungsmitteln, die noch dazu als Sondermüll entsorgt werden müssen, wieder von diesem Gel befreien.

Innovative Kabelhersteller wie Dätwyler haben deshalb eine andere Möglichkeit entwickelt, die Forderung der Längswasserdichtheit zu erfüllen. Heute versetzen die Hersteller die Verseilzwischenräume und Zugentlastungselemente – Glas- oder Aramidgarne – mit Quellmaterialien. Diese nehmen im Fall einer Kabelverletzung das eventuell eingedrungene Wasser auf und verschließen die Stelle, an der das Kabel beschädigt wurde. Im Gegensatz zu einer Petrolatfüllung entsteht durch die Quellmaterialien keine zusätzliche Brandfortleitung. Auch die Reinigung der Bündel bei der Kabelverarbeitung entfällt.

Dätwyler testet die Längswasserdichtheit seiner LWL-Außen- und LWL-Universalkabel nach der Norm IEC 60794-1-2-F5 und nutzt dabei das Verfahren B, das strengere Bedingungen simuliert. Während das Verfahren A das Eindringen von Wasser in ein verletztes Kabel beschreibt, überprüft das Verfahren B das Verhalten des Kabels, wenn Wasser in ein offenes, nicht durch eine Schrumpfkappe verschlossenes Ende eindringen kann. Als maßgebliches Testkriterium hat Dätwyler festgelegt, dass das Wasser sich innerhalb von 24 Stunden weniger als drei Meter im Kabel ausgebreitet haben darf.



Test auf Längswasserdichtheit gemäß IEC 60794-1-2-F5, Verfahren A und B.

Keine Norm für intakte LWL-Kabel

Oft fordern Leistungsverzeichnisse von Glasfaserkabeln neben der Längs- auch die Querswasserdichtheit. Der Parameter „Querswasserdichtheit“, der sich auf das Eindringen von Wasser oder Feuchtigkeit in intakte Kabel beziehen soll, existiert jedoch bis heute in keiner Norm. Folglich gibt es dazu keine Prüfverfahren. Denn die Wahrscheinlichkeit, dass Wasser oder Feuchtigkeit durch den gesamten Kabelaufbau dringt – also durch Kabelmantel, Quellmaterial, PE-Bündel, Gelfüllung, Primärschutz und Fasermantel –, ist sehr gering. Dazu kommt, dass das Eindringen von Wasser durch verschiedene Medien immer ein sehr langwieriger Diffusionsprozess ist. Bei einer Prüfung müsste das Kabel jahrelang unter definierten Bedingungen der Wirkung von Umgebungswasser ausgesetzt werden, um aussagefähige Resultate zu erhalten.

Die einzige Ausnahme ist das Testverfahren F10 für Unterwasserkabel, das die Bedingungen simuliert, die am Meeresboden auf ein Kabel wirken. Dieses Verfahren hat aber nichts mit den Gegebenheiten in Kabelkanalanlagen zu tun, da dort ja kein solcher Wasserdruck herrscht.

Universalkabel für die Erdverlegung?

Für die direkte Erdverlegung, also auch für feuchte Umgebungen gut geeignet sind LWL-Außenkabel mit einem auf HDPE basierenden Mantel (**H**igh-**D**ensity-**P**olyethylen). Dieses Mantelmaterial ist sehr dicht, und die im Erdreich typische Wasserdiffusion durch den Mantel ist somit sehr gering.

Die Mäntel von Universalkabeln bestehen dagegen aus einem mit mineralischen Zusatzstoffen versetzten Polyethylen (PE). Das halogenfreie PE ist sehr gut brennbar, setzt aber im Brandfall keine toxischen (korrosiven) Stoffe frei. Die Zusatzstoffe verbessern das Brandverhalten der Universalkabel, indem sie das Mantelmaterial zusätzlich flammwidrig, raucharm und selbstverlöschend machen. Der FRNC/LS0H-Mantel (**F**lame **R**etardant, **N**on **C**orrosive, **L**ow **S**moke, **Z**ero **H**alogene) erklärt sich dadurch, dass Universalkabel vor allem für die Verwendung in Gebäuden entwickelt worden sind.

Die Zusatzstoffe im Mantelmaterial erhöhen allerdings die Diffusion von Wasser in ein Universalkabel. Zwar ist ein Vordringen der Feuchtigkeit bis zum Faserkern durch den Kabelaufbau, insbesondere durch die Quellelemente im Kabel, als eher unwahrscheinlich zu bewerten. Zudem müsste das Wasser, sollte es bis zum Primärcoating diffundieren, immer noch diesen Schutz der Faser durchdringen; die Wirksamkeit des Primärcoatings wurde durch den Test der Wasserstoffalterung nach der Faserherstellung nachgewiesen. Dennoch kann eine langfristige Schädigung der Fasern nicht völlig ausgeschlossen werden. Deshalb nimmt Dätwyler Cabling Solutions davon Abstand, die Formulierung „für die direkte Erdverlegung geeignet“ in die Produktdatenblätter der FO-Universalkabel aufzunehmen.

Verlegung in Kabelkanalanlagen

Überall dort, wo ein Wassereintrich in einen Kanal oder eine Rohranlage zu befürchten ist und damit eine dauerhafte Wassereintrich bestehen kann, sollten sicherheitshalber keine Universalkabel sondern Außenkabel mit einem HDPE-basierenden Mantel verlegt werden.

In einigen Ländern, in denen viele Kanäle aus Betonfertigteilen bestehen, beispielsweise in der Schweiz, Dänemark, Finnland, Großbritannien und Italien, kann der Wassereintrich zusätzlich mit hohen pH-Werten einhergehen. Auf HDPE basierende Mäntel fungieren hier als wirksame „Barriere“.

Die FO-Outdoor-Kabel von Dätwyler sind längswasserdicht und „quasi-querwasserdicht“, da sie durch die Kombination aus einem HDPE-basierenden Mantel, Quellelementen und gelgefüllten Adern die höchste Sicherheit gegen die Einwirkung von Wasser bieten.

LWL-Außenkabel mit einem zusätzlichen Well- oder Aluminiumschichtenmantel sind durch ihre hermetische Abdichtung vollständig resistent gegen Wasser von außen. Eine mögliche negative Wirkung von Feuchtigkeit innerhalb des Kabels wird auch hier durch die Quellmaterialien und die gelgefüllten Adern ausgeschlossen. Der Installateur muss bei der Verlegung metallummantelter Kabel allerdings die Erdung berücksichtigen. Außerdem ist der Aufwand beim Absetzen des Kabels etwas höher als bei Kabeln ohne metallhaltige Mäntel.



FO-Outdoor-Kabel von Dätwyler sind durch die Kombination aus HDPE-basierenden Mänteln, Quellelementen und gelgefüllten Adern „quasi-querwasserdicht“.

Auf Außenverlegbarkeit getestet

Ergänzend zu der Frage, ob sich Universalkabel für die Verlegung im Erdreich und in Kabelkanalanlagen eignen, ist festzuhalten, dass alle FO-Universalkabel von Dätwyler Cabling Solutions selbstverständlich erfolgreich auf ihre Außenverlegbarkeit geprüft worden sind.

Hierzu wurden die Materialien einer beschleunigten Bewitterung unterworfen. Im Rahmen dieser Prüfung werden die Materialien bei kontrolliert hohen Temperaturen alternierenden Zyklen von UV-Licht und Feuchtigkeit ausgesetzt, um das Materialverhalten bei Sonnenlicht, Regen und Tau zu simulieren. Die Wirkung von Sonnenlicht wird mit speziellen UV-Leuchtstofflampen, die Wirkung von Tau und Regen mit kondensierender Feuchtigkeit und/oder Sprühwasser nachgestellt. Auf diese Weise reproduziert der Test innerhalb weniger Wochen Schäden, die im Freien im Verlauf von Monaten oder Jahren entstehen würden.

Fazit

LWL-Universalkabel von Dätwyler sind für die Innen- und Außenverlegung geeignet. Aus Sicherheitsgründen empfiehlt Dätwyler Universalkabel aber nicht für die direkte Erdverlegung oder die Verlegung in Kanäle und Rohranlagen – mit Ausnahme trockener Kabelkanalanlagen. Für Kabelkanalanlagen, in die Wasser eindringen kann oder in denen ständig Wasser steht, sind längswasserdichte und „quasi-querwasserdichte“ Dätwyler Außenkabel (FO-Outdoor) zu bevorzugen.