istockphoto-519430358

Kabelwissen
Schrumpfverhalten

Technical Information 2019 – deutsch

R&M

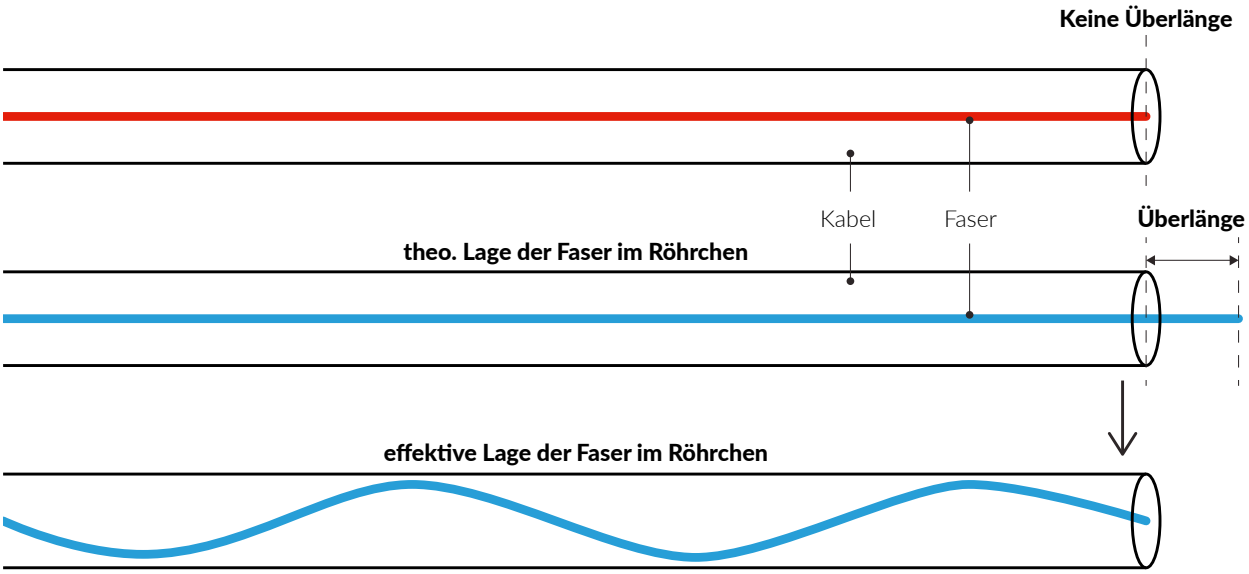
Einführung

LWL-Kabel sind so konstruiert, dass die optische Faser Überlänge hat. Je nach Kabelaufbau beträgt diese Überlänge 0,5 bis 1.5 %.

Die Überlänge schützt die Faser bei Biegebeanspruchung oder bei Zug auf das Kabel. Bei beiden Belastungen dehnt sich das Kabel örtlich (Biegung) oder linear (Zug). Die Faserüberlänge schützt, weil sich die Dehnung der Kabelkonstruktion nicht sofort auf die Faser wirkt.

R&M spezifiziert die Spezifikationswerte der mechanischen Belastungen so, dass die Faser keine Dehnung erfährt.

Faserüberlänge



Die eindesignte Faserüberlänge hat den Nachteil, dass diese bei Kabelschrumpf markanter wird und zur Unterschreitung der minimalen Biegeradien oder gar zu Microbending führen kann.

Kabelschrumpf

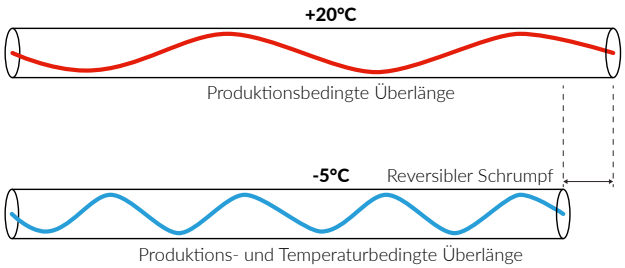
Wir unterscheiden zwischen reversiblem und irreversiblen Schrumpf:

Reversibler Schrumpf

Reversibler Schrumpf tritt bei tiefen Temperaturen auf. Die Materialausdehnungskoeffizienten von Kunststoffen sind rund 50 mal höher als derjenige von Glas.

Beim Abkühlen von z.B. +20 °C auf -5 °C erfährt das Kabel einen temperaturbedingten Schrumpf von ca. 0.5 %.

In der Regel macht sich das nicht bemerkbar, da die zusätzliche Überlänge in der Regel im Kabel „Platz findet".



Bei tieferen Temperaturen kann sich der zusätzliche temperaturbedingte Schrumpf der Kabelkonstruktion hingegen bemerkbar machen:

- erhöhte Härte der Kunststoffe übt grösseren Druck aus (resp. kann nicht weichen)
- die kumulierten Faserüberlangen aus Kabelkonstruktion und Temperatur können im Kabel nicht mehr kompensiert werden

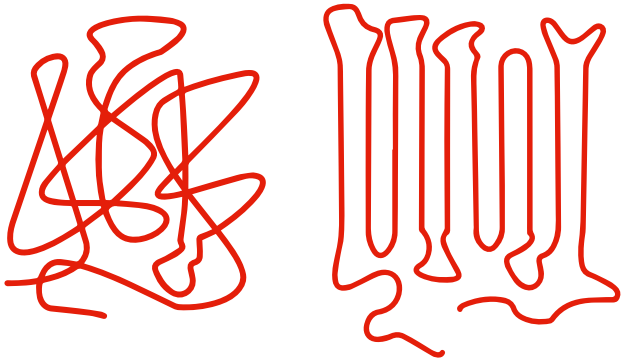
Die höhere Biegebeanspruchung der Faser kann sich durch erhöhte IL-Werte bemerkbar machen.

Der Kabelschrumpf durch Abkühlung ist reversibel, weil sich bei Erwärmung der „Urzustand" wieder herstellt.

Irreversibler Schrumpf

Kunststoffe sind sogenannte amorphe Materialien bei denen die Bausteine (Moleküle) keiner Ordnung folgen.

Während der Kabelextrusion wird der heisse Kunststoff durch eine Düse gepresst. Dabei entstehen hohe Scherkräfte, welche eine Ausrichtung der Moleküle in Längsrichtung des Kabels erzwingen. Bevor der verflüssigte Kunststoff in den amorphen Zustand zurück wechseln kann, wird er im Wasserbad der Extrusionsanlage abgeschreckt. Die Ausrichtung der Moleküle in Längsrichtung des Kabels wird dabei eingefroren.



Amorpher Zustand **Halbkristaliner Zustand**

Solange der Kunststoff nicht über eine gewisse Temperatur, die sogenannte Gasübergangstemperatur, erwärmt wird, bleibt die halbkristalline Struktur erhalten. Bei Temperaturen über der Gasübergangstemperatur beginnt die Umstrukturierung in den amorphen Zustand. Dabei schrumpft der Kabelmantel. Dieser Schrumpfprozess ist irreversibel.

Für HDPE liegt die Gasübergangstemperatur bei ca. 100 °C, bei LSFRZH zwischen 50 °C und 60 °C.

Lose Kabelaufbauten wie:

- Pigtailadern
- Simplexkabel
- Duplexkabel
- Breakoutkabel
- Minibreakoutkabel
- Flexkabel

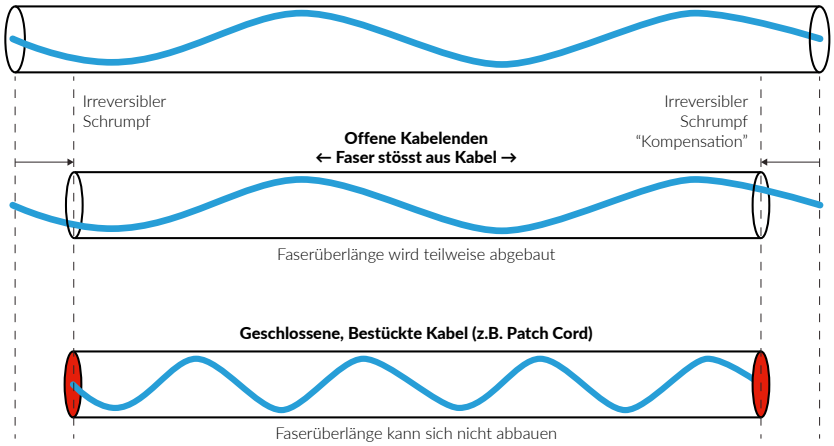
reagieren empfindlich auf diesen Effekt und können je nach Extrusionsprozess zwischen 1 – 5 % schrumpfen.

Grundsätzlich hängt die Ausprägung des Schrumpfes von folgenden Parametern ab:

- Materialart
- Mantelquerschnitt
- Extrusionsparameter

Der Kabelschrumpf wirkt sich vor allem bei beidseitig bestückten Kabel aus.

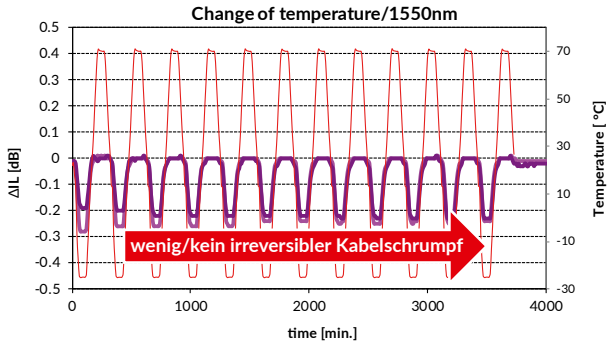
Kabelüberlänge nach Schrumpf

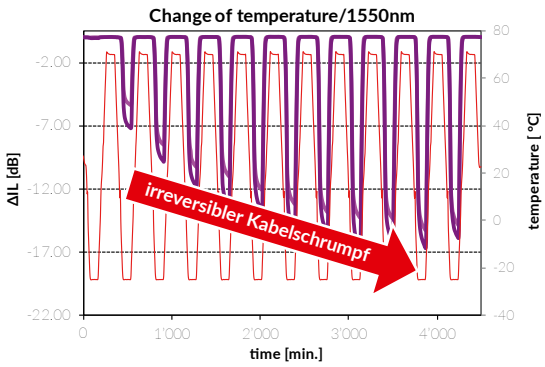


Effekt

Beidseitig geschlossene Kabel wie z.B. Patch Cords können nach irreversiblem Kabelschrumpf einen Anstieg der Dämpfung aufweisen, weil sich beide Schrumpfeffekte reversibler, temperaturbedingter Kabelschrumpf und irreversibler, strukturbedingter Kabelschrumpf addieren und die Überlänge nicht kompensiert werden kann.

Zuviel Irreversibler Kabelschrumpf führt zu immer höheren Dämpfungen über die Zyklen beim Temperaturwechseltest.





Verhalten schrumpfarmes Kabel

Schrumpfarme Kabel weisen bei erhöhter Temperatur einen geringen irreversiblen Schrumpf auf. Im Temperaturwechseltest sind die Dämpfungsabweichungen über die gesamte Dauer stabil.

Verhalten schrumpfanfälliges Kabel

Mit jedem Hochtemperaturzyklus im Temperaturwechseltest schrumpft das Kabel weiter. Das führt von Zyklus zu Zyklus zu höheren Dämpfungswerten bei tiefer Temperatur.