

# Typische Dämpfungen von Fusionspleißen

## 1 Aufgabenstellung

Bei der Planung des Dämpfungsbudgets von LWL-Strecken ist auch die Dämpfung der Spleiße zu berücksichtigen. Ein typischer Planungswert ist 0,1 dB. Doch ist diese Dämpfung noch Stand der Technik? Die Fasern werden immer besser (zum Beispiel Verringerung der Toleranzen der geometrischen Parameter) und die Spleißgeräte immer komfortabler.

Bei der Abschätzung der typischen Spleißdämpfungen ist zu unterscheiden zwischen

- [Kernjustage](#) oder [Manteljustage](#)
- Verbindung Fasern gleicher Kategorien oder unterschiedlicher Kategorien

Das so genannte [V-Nut-Gerät](#) ermöglicht die Ausrichtung der Fasern nach den Abmessungen der Mäntel. Die Geräte bieten nicht die Möglichkeit, die Fasern senkrecht zur Faserachse zu justieren. Beim Spleißen von Multimode-Fasern ist die Verwendung eines V-Nut-Gerätes ausreichend.

Das Ausrichten der Mäntel bedeutet nicht, dass die Kerne exakt gegenüberstehen. Der Abstand zwischen Kernmitte und Mantelmitte wird als [Kern-Mantel-Exzentrizität](#) bezeichnet. Diese kann beim Singlemode-LWL zu übermäßigen Spleißdämpfungen führen. Spleißt man Singlemode-Fasern mit einem V-Nut-Gerät ist die Spleißdämpfung nicht determiniert. Sie kann hoch sein.

Deshalb werden Singlemode-Fasern im Allgemeinen mit [Dreiachsgeräten](#) gespleißt: Die Kernachsen können zueinander ausgerichtet werden. Nur beim Spleißen von Faserbündchen ist der Einsatz von V-Nut-Geräten unvermeidbar.

## 2 Spezifikation der Spleißdämpfungen

ITU-T L.400 „Optical fibre splices“ [1] behandelt das Spleißen, macht aber keine Angabe zu Spleißdämpfungen. IEC 60794-3-11 [2], Kapitel 4.3 spezifiziert bidirektional bei 1550 nm gemessene Spleißdämpfungen mit  $< 0,1$  dB. Als Mittelwert zwischen Fasern der gleichen Kategorie aber unterschiedlicher Hersteller wird 0,05 dB angegeben. Die Norm ist der kleinste gemeinsame Nenner vieler Hersteller und sie ist schon zehn Jahre alt. Setzt man Produkte (Fasern, Spleißgeräte) der besten Hersteller ein, kann man von einer noch geringeren mittleren Spleißdämpfung ausgehen.



**INNO Spleißgeräte  
VIEW1 + VIEW3**

**ANEDIS®** So einfach ist Breitband. Aktuelle Informationen & Angebote: [www.anedis.de](http://www.anedis.de)

### 3 Spleißdämpfungen zwischen Singlemode-Fasern der gleichen Kategorie

Gleiche Kategorie bedeutet spleißen von Standard-[Singlemode-LWL](#) (zum Beispiel ITU-T G.652.D) mit Standard-Singlemode-LWL (ITU-T G.652.D) oder biegeunempfindlichen Lichtwellenleiter (zum Beispiel ITU-T G.657.A1) mit biegeunempfindlichem Lichtwellenleiter (ITU-T G.657.A1) aber möglicherweise unterschiedlicher Hersteller.

Geringe Spleißdämpfungen erreicht man nur unter folgenden Voraussetzungen:

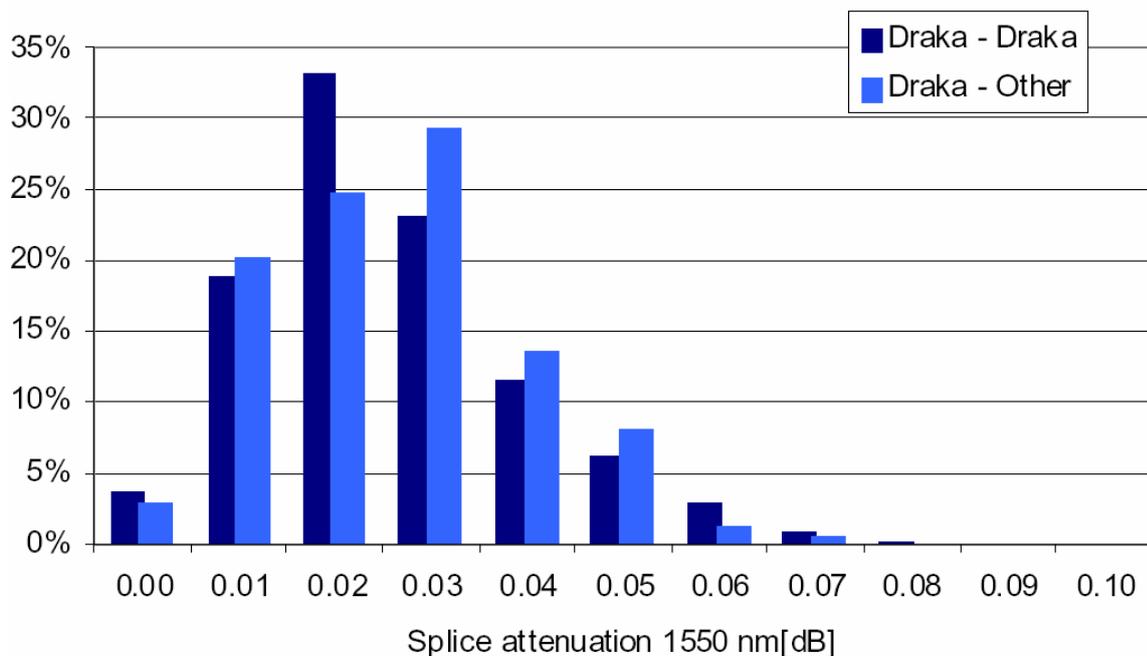
Es wird mit einem Dreiachsgerät gearbeitet und die automatische Faserkernzentrierung genutzt. Der Brechwinkel muss kleiner als  $1^\circ$  sein und die Spleißelektroden sind nach den Angaben des Herstellers auszuwechseln. Darüber hinaus muss das Spleißgerät regelmäßig gewartet werden.

Des Weiteren wird vorausgesetzt, dass der Einfluss von Schmutz vermieden wird und optimale Spleißparameter eingestellt werden (Lichtbogentest).

Bei modernen Spleißgeräten erfolgt der Lichtbogentest automatisch. Das Spleißprogramm wird ständig angepasst.

Außerdem muss gewährleistet sein, dass der Spleißschutz beidseitig über das Coating fasst und die Faser ohne Torsion und mit ausreichendem Biegeradius in der Kassette abgelegt wird.

Es wurden Spleißversuche zwischen Draka-Fasern untereinander und zwischen Draka-Fasern und Fasern anderer Hersteller (Corning, OFS, Fujikura) durchgeführt (jeweils Standard-Singlemode-Fasern). Dabei kamen Spleißgeräte namhafter Anbieter (Fitel S177, Fujikura 50S, Sumitomo T39) zum Einsatz [3].



**Bild 1: Typische Spleißdämpfungen zwischen Standard-Singlemode-LWL [3]**

Aus Bild 1 ist ersichtlich, dass die mittleren Spleißdämpfungen und die Schwingungsbreite sehr gering sind. Die Veröffentlichung erfolgte im März 2010.

Sie ist also ca. zehn Jahre alt. In der Zwischenzeit wurden die Faserqualität und die Leistungsfähigkeit der Spleißgeräte weiter verbessert, so dass tendenziell von noch kleineren Spleißdämpfungen auszugehen ist.

Entsprechend Bild 1 gilt für die Mischung von Fasern unterschiedlicher Hersteller (hellblau):

- **mittlere Spleißdämpfung 0,03 dB**
- **maximale Spleißdämpfung 0,07 dB** (Wahrscheinlichkeit < 1 %)

Entsprechend Bild 1 gilt für die Mischung von Draka-Fasern miteinander (dunkelblau):

- **mittlere Spleißdämpfung 0,02 dB**
- **maximale Spleißdämpfung 0,08 dB** (Wahrscheinlichkeit  $\approx$  0,2 %)

Zum Einsatz kamen Dreiachsgeräte (aktive Kernzentrierung) und die Messung wurde bei 1550 nm durchgeführt. Das ist die Wellenlänge, wo wegen des minimalen Dämpfungskoeffizienten der Faser im Allgemeinen die Weitverkehrsübertragung erfolgt.

Die Quelle [4] beschreibt Spleißversuche zwischen Fasern mit unterschiedlich hoher Kern-Mantel-Exzentrizität. Damit werden unterschiedliche Faserqualitäten verschiedener Hersteller simuliert. Bei hohem Kernversatz ( $\approx$  0,9  $\mu\text{m}$ ; die Norm lässt maximal 0,6  $\mu\text{m}$  zu) wurde eine **mittlere Spleißdämpfung** von **0,025 dB** bei einer **Standardabweichung**  $\sigma$  von **0,006 dB** erreicht.

Setzt man eine gaußförmige statistische Verteilung voraus, entspricht der Mittelwert plus  $2\sigma$  einer statistischen Sicherheit von 95,4 % und Mittelwert plus  $3\sigma$  einer statistischen Sicherheit von 99,7 %. Somit liegen 95,4 % der Spleißdämpfungen bei  $\leq$  0,037 dB und 99,7 % aller Spleißdämpfungen bei  $\leq$  0,043 dB.

Die Firma Corning hat in [5] Spleißdämpfungen bei Verwendung eigener Fasern veröffentlicht. Zum Einsatz kamen die kernzentrierenden Spleißgeräte Fujikura 70S bzw. FSM-60S:

- Spleißen von SMF-28 Ultra miteinander: **mittlere Spleißdämpfung 0,03 dB**; Standardabweichung 0,013 dB. 95,4 % aller Spleißdämpfungen liegen bei  $\leq$  0,056 dB und 99,7 % aller Spleißdämpfungen liegen bei  $\leq$  0,069 dB.
- Spleißen von SMF-28 Ultra mit SMF-28e+: **mittlere Spleißdämpfung 0,02 dB**; Standardabweichung 0,008 dB. 95,4 % aller Spleißdämpfungen liegen bei  $\leq$  0,036 dB und 99,7 % aller Spleißdämpfungen liegen bei  $\leq$  0,044 dB.



**INNO VIEW7 + VIEW8**  
mit Arbeitsbank

**ANEDIS**  
So einfach ist Breitband.

Aktuelle Informationen & Angebote:  
[www.anedis.de](http://www.anedis.de)

Bei der SMF-28 Ultra und der SMF-28e+ handelt es sich um Versionen der G.652.D-Faser (Standard-Singlemode-LWL).

Die Deutsche Telekom fordert in [6] Abschnitt 8 den Einsatz von Spleißgeräten, die eine aktive Kernzentrierung und eine automatische Fasererkennung ermöglichen. Als **typische Spleißdämpfung** zwischen Standard-Singlemode-LWL gleicher Kategorie wird **< 0,02 dB** angegeben.

Es ist davon auszugehen, dass namhafte Netzbetreiber bei der Errichtung ihrer Netze nicht hinter den Anforderungen der Deutschen Telekom zurückbleiben.

Namhafte Spleißgerätehersteller geben folgende **typische Spleißdämpfungen** an:

- G.651 (Multimode): 0,01 dB
- G.652 (Standard-Singlemode): 0,02 dB
- G.653 (dispersionsverschoben Singlemode): 0,04 dB
- G.655 (NZDS Singlemode): 0,04 dB
- G.657 (biegeunempfindlich Singlemode): 0,02 dB

#### 4 Spleißdämpfungen zwischen Singlemode-Fasern unterschiedlichen Typs

Moderne Spleißgeräte haben Spleißprogramme, die für die jeweilige Faserkombination optimiert sind. Das Spleißen von Fasern unterschiedlicher Kategorien ist heute technisch kein Problem.

Unterschiedliche Faserparameter können bei sonst idealem Spleiß Dämpfungen bewirken. Gleichung (1) zeigt den Koppelverlust bei unterschiedlichen Modenfelddurchmessern  $2w_1$  bzw.  $2w_2$ .

$$a = 20 \lg \left( \frac{w_1^2 + w_2^2}{2w_1 \cdot w_2} \right) \text{ in dB} \quad (1)$$

Die Gleichung ist symmetrisch: Vertauscht man Index 1 mit Index 2 entsteht die gleiche Formel. Die Dämpfung hängt beim Singlemode-LWL **nicht** von der Richtung ab! Nur wenn  $w_1 = w_2$ , wird die Dämpfung gleich Null.



Die Modenfelddurchmesser können sich bei der Verbindung von Fasern gleicher oder unterschiedlicher Kategorien unterscheiden. Bei Fasern gleicher Kategorien sind die Unterschiede gering (Fertigungstoleranzen), bei Fasern unterschiedlichen Typs können die Modenfelddurchmesser stärker voneinander abweichen.

Toleranz	w <sub>1</sub>	w <sub>2</sub>	a
±0,1 µm	10,3 µm	10,5 µm	0,002 dB
±0,2 µm	10,2 µm	10,6 µm	0,006 dB
±0,3 µm	10,1 µm	10,7 µm	0,014 dB
±0,4 µm	10,0 µm	10,8 µm	0,026 dB
±0,5 µm	9,9 µm	10,9 µm	0,040 dB

**Tabelle 1:**  
**Dämpfungen bei Abweichungen vom Modenfelddurchmesser 10,4 µm**

Aus Tabelle 1 ist ersichtlich, dass eine Parametertoleranz 10,4 µm ± 0,1 µm lediglich eine Dämpfung von 0,002 dB bewirkt. Erst bei größeren Parametertoleranzen steigt die Dämpfung deutlich an.

In FTTH/B-Projekten erfolgt am Hausübergabepunkt bzw. Wohnungsübergabepunkt ein Übergang von G.652- auf G.657-Faser. Um die Dämpfung durch Modenfelddurchmesser-Fehlanpassungen zu minimieren spezifizieren die aktuellen Versionen der Normen G.652 und G.657 vom November 2016 identische Modenfelddurchmesser mit gleichen Toleranzbereichen.

Größere Abweichungen zwischen den Modenfelddurchmessern kann es bei älteren G.657-Fasern geben. Zu den typischen Spleißdämpfungen entsprechend Abschnitt 3 sind die Dämpfungen durch Modenfelddurchmesser-Fehlanpassung (Gleichung (1)) zu addieren.

Spleißt man eine Standard-Singlemode-Faser (Modenfelddurchmesser 10,5 µm) mit einer TrueWave RS-Faser (NZDS-Faser; Modenfelddurchmesser 8,4 µm) ergibt sich entsprechend Gleichung (1) eine Dämpfung von 0,21 dB. Hinzu kommt die Spleißdämpfung von einigen Hundertstel Dezibel.

## FACH- & ANWENDERSCHULUNGEN



**#docsis3.1**  
DOCSIS 3.1  
Live-Messungen



**#spleiss**  
LWL Spleißen  
& Reinigen



**#optic**  
Optische Grundlagen  
& Messgeräte

**ANEDIS®**  
So einfach ist Breitband.

Aktuelle Schulungen und Termine:  
[www.schulung.anedis.de](http://www.schulung.anedis.de)

Hygienekonzept

Maßnahmen für Schulungen & Seminare






## 5 Zusammenfassung

Spleißt man moderne Standard-Singlemode-LWL unterschiedlicher Hersteller aber gleicher Kategorie mit modernen Spleißgeräten (Kern zentrierend), liegt die mittlere Spleißdämpfung bei 0,02 dB bis 0,03 dB. Ausreißer bis 0,08 dB sind möglich, aber extrem selten.

Durch den Spleißschutz und durch das Ablegen der Faser ([Makrobiegungen](#)) kann sich die Dämpfung an der Spleißstelle noch um einige Hundertstel Dezibel erhöhen.

Spleißt man Fasern unterschiedlicher Kategorien, so können sich die Modenfelddurchmesser unterscheiden. Diese Fehlanpassung bewirkt eine zusätzliche Dämpfung und ist nach Gleichung (1) zu berechnen.

Moderne biegeunempfindliche Fasern haben die gleichen Modenfelddurchmesser und die gleichen Toleranzen wie die Standard-Singlemode-Fasern, so dass diese ohne zusätzliche Dämpfung mit der G.652-Faser verspleißt werden können.

Anstelle Spezifikation der maximalen Dämpfung eines einzelnen Spleißes kann es sinnvoll sein, wegen der statistischen Schwankungen, die Spleißdämpfung der gesamten Strecke zu spezifizieren und daraus einen arithmetischen Mittelwert für eine einzelne Spleißdämpfung abzuleiten. Die statistische Schwankung der Dämpfung einzelner Spleiße wird durch die Mittelwertbildung ausgeglichen. Man kann mit kleineren Dämpfungen planen.

## 6 Literatur

- [1] ITU-T L.12: Optical fibre splices; März 2008. Wurde Februar 2016 unnummeriert in ITU-T L.400.
- [2] IEC 60794-3-11: Optical fibre cables – Part 3-11: Outdoor cables – Product specification for duct, directly buried, and lashed aerial single-mode optical fibre telecommunication cables; Juni 2010.
- [3] Single-Mode Fiber Splicing and OTDR splice measurements. Application Note. Draka 03/2010.
- [4] Lucas Mays: Splicer Alignment Technologies. The Technical and Data-Driven Differentiators. AFL 2019.
- [5] Corning SMF-28 Ultra Optical Fiber. Fusion Splice Verification Report. Corning, März 2014.
- [6] Montagearbeiten an Glasfaserkabeln und deren Abschlusseinrichtungen, ZTV-TKNetze 48. Deutsche Telekom Technik GmbH, 19.10.2018.

**Dr. Dieter Eberlein, Lichtwellenleiter-Technik**  
**D-01219 Dresden, Barlachstraße 11, Tel.: +49-351-3129945, Fax: +49-351-3129947**  
**E-Mail: [LWLTechnik@t-online.de](mailto:LWLTechnik@t-online.de), Internet: [www.LWLTechnik.de](http://www.LWLTechnik.de)**  
**Dresden 17. Februar 2020**