

Realisierung eines Messplatzes zur Bestimmung der anregungsabhängigen Dämpfung optischer Wellenleiter

Prof. Ludger Overmeyer*, Jan-Florian Höfinghoff*, Michael Dumke*

* Institut für Transport- und Automatisierungstechnik, Leibniz Universität Hannover

[mailto: michael.dumke@ita.uni-hannover.de](mailto:michael.dumke@ita.uni-hannover.de)

Herstellungsprozesse für integrierte Wellenleiter bewirken im Allgemeinen höhere Dämpfungsverluste im Vergleich zu Fertigungsmethoden für gezogene optische Fasern. Die Qualität der erzeugten Wellenleiter wird im Wesentlichen durch deren optische Übertragungseigenschaften bestimmt. Bei Polymer-Multimodewellenleitern ist die gemessene optische Dämpfung u. a. abhängig von den gewählten Aperturen der Lichteinkopplung [1]. Dieses Phänomen ist besonders stark für kurze Übertragungstrecken ausgeprägt. Ziel der anregungsabhängigen Dämpfungsmessung ist die Evaluation integrierter Wellenleiter. Zu diesem Zweck wurde ein optischer Messplatz entworfen und an Fasern mit bekannten Eigenschaften validiert. In dieser Arbeit werden der Aufbau des Messplatzes sowie die Validierung beschrieben.

1 Einleitung

Die Vorteile der optischen Signalleitung wie Unempfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Feldern, der sichere Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen sowie das geringe Gewicht werden zunehmend für die Auslegung und Nutzung mechanischer Systeme genutzt [2]. In dieser Arbeit wird die Inbetriebnahme eines optischen Messplatzes zur Bewertung dispensierter Wellenleiter vorgestellt. Mittels dispensierter Wellenleiter wird das Ziel der optischen Signal- und Energieleitung auf mechanisch beanspruchten Bauteilen erforscht [3].

2 Aufbau des optischen Messplatzes

Ziel dieser Arbeit ist die längenunabhängige Wellenleiterdämpfung zu bestimmen. Der zu diesem Zweck konzipierte Messplatz ist schematisch in Abbildung 1 dargestellt.

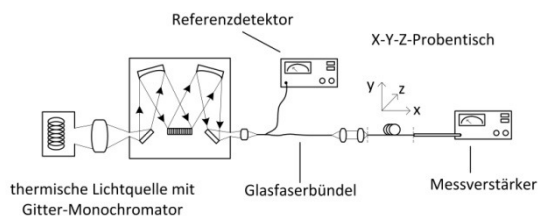


Abb. 1 Schematische Darstellung des optischen Messplatzes

Als Lichtquellen werden die monochromatische Lichtquelle (Lot Oriol, MSH3101), der Diodenlaser 1 (HUANIC optoelectronic, RLE650-8-3-20) und der Diodenlaser 2 (Qiotiq, x.ldm635-4) verwendet. Die Empfangsseite besteht aus dem Messverstär-

ker 1931-C der Firma Newport mit einem Silizium Photodetektor und Ulbrichtkugel (918D-OPT). Die Lichteinkopplung erfolgt über eine Optik zur Variation der Numerischen Apertur (NA). Mittels der beschriebenen Anordnung wird Licht in die Wellenleiter mit einer NA von 0,5, 0,3 oder 0,1 eingekoppelt. Die Wellenleiter werden über einen X-Y-Z-Probentisch positioniert. Als Muster werden low NA-POF mit einer Numerischen Apertur von 0,3 und einer spezifizierten Dämpfung von 160 dB/km bei 650 nm genutzt.

3 Inbetriebnahme und Validierung

Die Stirnflächen der Wellenleiter sind mit Micro-Mesh der Körnungen 1500-12000 geschliffen und poliert worden. In Abbildung 2 ist die optische Dämpfung der Wellenleiter in Abhängigkeit der NA zur Lichteinkopplung sowie der Wellenleiterlänge aufgetragen.

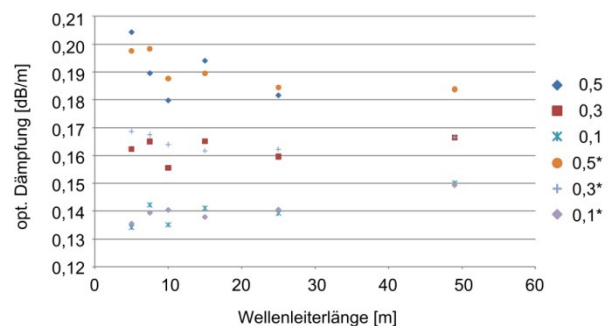


Abb. 2 Optische Dämpfung gemessen an SI-POF NA03 bei variierenden Anregungsbedingungen

Die optische Dämpfung berechnet sich bei Anwendung der Substitutionsmethode nach folgenden Gleichungen:

$$a_L = 10 \cdot \log\left(\frac{P_0}{P_L}\right)$$

$$\alpha(L, NA) = \frac{a_{L_{ref}} - a_{L_i}}{(L_i - L_{ref})}$$

Die Dämpfung α_{ref} ist bei einer Faserlänge von 1 m bestimmt worden. Die optischen Leistungen P_0 und P_L unterliegen statistischen Fehlern. Zur Bewertung der gewonnenen Messergebnisse wird das System aus optischen Sender, Empfänger und Messverstärker bewertet. (vgl. Abb. 3).

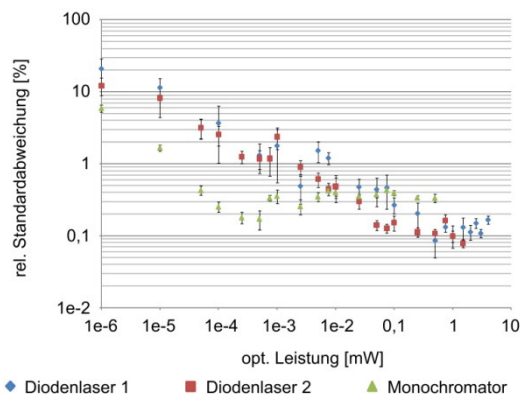


Abb. 3 Rel. Standardabweichung einfallender Lichtleistung in Abhängigkeit der emittierten opt. Leistung

Die optische Leistung der Lichtquelle wird durch den Einsatz von Lochblenden reduziert. In fünf Messblöcken zu je 30 Einzelmessungen ist die rel. Standardabweichung (Leistungsstabilität) der gemessenen optischen Leistung bestimmt worden. Für die Diodenlaser ist zu erkennen, dass der gewählte Messaufbau für optische Leistungen $< 100 \mu\text{W}$ einen deutlichen Anstieg der rel. Stabw. v_{P_n} $n = (0, ref, L)$ aufweist. Nur geringe Schwankungen über ein großes Leistungsspektrum weist die monochromatische Lichtquelle auf. Aus der Analyse der Strahlprofile geht hervor, dass die monochromatische Quelle ein TEM₀₀ Leistungsspektrum emittiert, während die Diodenlaser ein Strahlprofil mit stochastisch verteilten Leistungsspitzen aufweisen. Die im Experiment bestimmte Leistungsstabilität wird zur statistischen Bewertung der gewonnenen Messergebnisse einer theoretisch bestimmten Messauflösung gegenüber gestellt (vgl. Tab. 1). Unter Berücksichtigung der Einzelfehler jeder Messung wird für eine statistische Sicherheit von $\pm 3\sigma$ die Messauflösung r in Abhängigkeit der numerischen Apertur NA und Wellenleiterlänge L berechnet.

$$r(NA, L) = \frac{10 \cdot \log\left(\frac{P_0}{1 - \sqrt{(v_{P_0} + v_{P_{ref}})^2 + (v_{P_0} + v_{P_L})^2}}\right) - a_{ref}}{L} - a_{L_i}$$

Aus der tabellarischen Gegenüberstellung wird ersichtlich, dass die berechneten opt. Dämpfungen für Wellenleiterlängen ≥ 7.5 m mit einer statistischen Sicherheit von $\pm 3\sigma$ und einer Auflösung von 0.011 dB/m angegeben werden können. Die Auflösung errechnet sich nach:

Tabelle 1: Tabellarische Zuordnung von Wellenleiterlänge, gemessener optischer Leistung zur Bestimmung der opt. Dämpfung, gemessene Leistungsstabilität und berechnete Sicherheit 3σ für eine Auflösung 0.01 dB/m

Wellenleiterlänge [m]	opt. Leistung bei NA 0.1 [μW]	Leistungsstabilität $\pm 3\sigma$ [%]	Mittlerer Fehler g [%]	Auflösung r [dB/m]
5	41.9	1.14	2.08	0.019
7.5	38.7	1.32	2.22	0.010
10	35.4	1.50	2.37	0.011
15	30.4	1.74	2.57	0.008
25	21.8	2.16	2.94	0.006
50	9.1	2.82	3.54	0.001

4 Ausblick

Für weiterführende Arbeiten ist der Einsatz einer leistungsstärkeren Lichtquelle geplant. Die optische Leistung soll idealerweise in einer TEM₀₀ Verteilung vorliegen. Somit soll die Auflösung zur Messung der anregungsabhängigen Dämpfung weiter erhöht werden.

5 Danksagung

Diese Arbeit entstand im Rahmen und mit Unterstützung des Sonderforschungsbereichs 653 „Gentelligente Bauteile im Lebenszyklus“. Die Autoren danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die finanzielle wie organisatorische Unterstützung.

Literatur

- [1] M. Luber, O. Ziemann, A. Dröge, J. Hamson, R. Hengl, R. Renk: „Characterization of EMD Quality for Different Light Sources“ 13th International Plastic Optical Fibres Conference, S. 161-164, 2004
- [2] B. Denkena, H. Henning, L.-E. Lorenzen: „Genetics and intelligence: new approaches in production engineering“ Production Engineering, Vol. 4, N. 1, Springer Berlin/Heidelberg, 2010
- [3] T. Fahlbusch: „Dispensieren polymerer Lichtwellenleiter“ Dissertationsschrift, Berichte aus dem ITA, Band 01/2007, 2007