

(Fortgeschrittenen-)Praktikum „Optische Informationsübertragung“

Spätestens seit Einführung des World Wide Web ist es unsere Informationsgesellschaft gewohnt, schnell und kostengünstig hohe Datenmengen weltweit auszutauschen. Kriterien wie Kapazität und Geschwindigkeit der Netzanbindung gehören mittlerweile zu wirtschaftlich essentiellen Standortfaktoren. Die optische Informationsübertragung spielt dabei eine zentrale Rolle.

Optische Informationsübertragungssysteme werden hauptsächlich in Telekommunikationsnetzen oder großen Firmennetzwerken eingesetzt, wo herkömmliche Verfahren an ihre Leistungsgrenze stoßen. Die jährliche Steigerung des weltweit übertragenen Datenvolumens z.B. bei Smartphones, Videostreaming und sozialen Netzwerken verlagert jedoch die optische Informationsübertragung immer mehr in Richtung Endverbraucher, so dass Passive Optische Netzwerke (PON) die nächste Generation der Zugangsnetze darstellen wird.

Das Ziel dieses Laborpraktikums ist es Studierende des Fachbereichs Physik die theoretischen sowie praktischen Grundlagen der optischen Informationsübertragung am Beispiel von faseroptischen Übertragungssystemen zu lehren. Das Laborpraktikum ist in drei Schwerpunkte unterteilt.

1. Schwerpunkte

1.1 Faseroptische Übertragungsstrecke

Das optische Signal kann durch verschiedene lineare und nichtlineare Effekte einer faseroptischen Übertragungsstrecke beeinträchtigt werden [1, 2, 3]. Daher sollen zunächst unterschiedliche Degradationen wie Verluste (Streuung, Dämpfung, Koppel- und Krümmungsverluste) und Dispersion (Chromatische-, Moden-, Polarisationsmoden- und Materialdispersion) sowie nichtlineare Degradationen wie Vierwellenmischung, Selbstphasen- und Kreuzphasenmodulation ausgearbeitet werden. Im Anschluss erfolgt die experimentelle Untersuchung von Übertragungsverlusten an einer faseroptischen Übertragungsstrecke. Mittels optischer Zeitbereichsreflektometrie (OTDR) und einem Powermeter sollen die Übertragungsverluste einer faseroptischen Übertragungsstrecke bestimmt werden. Dabei soll die Rückstreucurve der faseroptischen Übertragungsstrecke gezielt durch unterschiedlichen Fasertypen, Fasersplices, Faserbiegungen und Stecker manipuliert und die resultierenden Ergebnisse diskutiert werden.

1.2 Komponenten eines faseroptischen Übertragungssystems

Ziel ist es einen Überblick über die unterschiedlichen passiven und aktiven Komponenten eines faseroptischen Übertragungssystems zu geben. Dabei sollen zunächst vorab Sende- und Empfängerseite, Modulatoren, Koppler, optische Verstärker, Polarisationssteller, Isolatoren, Zirkulatoren sowie Faser Bragg Gitter (FBG) theoretisch ausgearbeitet werden. Zu Beginn des praktischen Teils sollen experimentell die Spektren unterschiedlicher Quellen gemessen werden, das Signalübertragungsverhalten eines Mach-Zehnder Modulators bestimmt werden sowie FBGs hergestellt und untersucht werden. Die Herstellung erfolgt durch das Schreiben einer periodischen Brechzahländerung in photoempfindlichen optischen Glasfasern mittels Excimer-Laser.

1.3 Systemdesign sowie Multiplex- und Modulationsformate

Im Rahmen dieses Schwerpunktes sollen Konzepte optischer Übertragungssysteme behandelt werden. Hierbei werden zunächst unterschiedliche Multiplex- und Modulationsformate ausgearbeitet. Darüber hinaus werden alle für das Systemdesign wichtige Parameter wie Leitungsbudget, Bitfehlerrate (BER), Jitter, Augendiagramm, Signal-zu-Rausch-Verhältnis und Empfängerempfindlichkeit behandelt [4]. Im Anschluss wird das aufgebaute faseroptische

Übertragungssystem charakterisiert. Hierbei werden u.a. die Abhängigkeit der Bitfehlerrate und des Augendiagramms von der Dämpfung des Übertragungssystems ausgewertet.

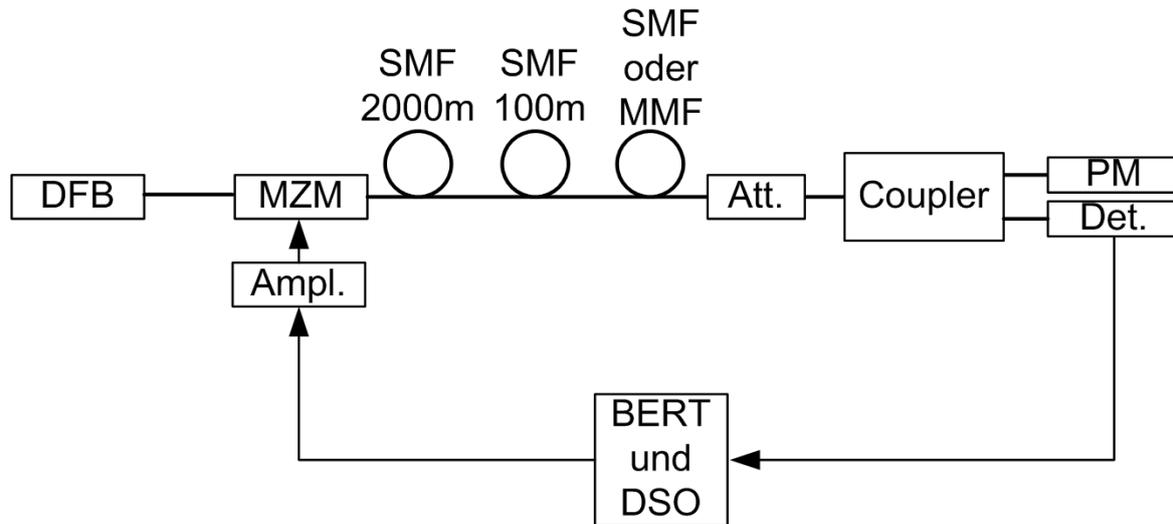


Abbildung 1: Versuchsaufbau optisches Übertragungssystem

DFB: DFB- Laser; MZM: Mach-Zehnder Modulator; Ampl.: RF-Amplifier; SMF: Single-Mode Fiber; MMF: Multi-Mode Fiber; Att.: Attenuator; Det.: Detector; BERT: Bit Error Rate Tester; DSO: Digital Sampling Oscilloscope; PM: Powermeter

2. Vorbereitungsaufgaben

- 2.1. Erläutern Sie den Unterschied zwischen einer Einmoden- und Vielmodenfaser (Anzahl der Moden und Dispersion).
- 2.2. Wie sehen die Brechzahlprofile einer polarisationserhaltenden sowie einer biegeunempfindlichen Einmodenfaser aus?
- 2.3. Welche Arten von Streuung treten in optischen Glasfasern auf?
- 2.4. Was ist ein Puls-OTDR und wie funktioniert es? Wie berechnet sich die Ortsauflösung eines OTDRs?
- 2.5. Was sind FBGs und wie werden diese hergestellt? Wo werden FBGs in der OKT eingesetzt?
- 2.6. Erklären Sie die Funktionsweise eines Mach-Zehnder (MZ)-Interferometers.
- 2.7. Wie wird die Kohärenzlänge einer Lichtquelle berechnet?
- 2.8. Beschreiben Sie mathematisch das Prinzip eines Direkten- sowie eines Homodynempfängers.
- 2.9. Welche Multiplexechniken existieren für die OKT?
- 2.10. Welche Modulationsformate existieren für die OKT?
- 2.11. Bitte beschreiben Sie die Funktionsweise eines Abtastoszilloskops.
- 2.12. Was ist ein Augendiagramm und welche Aussagen lässt es zu?

3. Literatur zur Vorbereitung

- [1] Olaf Ziemann, „POF-Handbuch : Optische Kurzstrecken-Übertragungssysteme“, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007
- [2] Fedor Mitschke, „Fiber Optics : Physics and Technology“, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010
- [3] E. Voges, K. Petermann, „Optische Kommunikationstechnik – Handbuch für Wissenschaft und Industrie“, Springer 2002

- [4] Dennis Derickson, „Fiber optic test and measurement“, Hewlett-Packard Company, Prentice Hall PTR, 1998
- [5] http://www1.hft-leipzig.de/bunge/E_HSOTS-files/Skript_HSOTS.pdf