

Konzepte faseroptischer Sensoren

T. Fahlbusch¹ und S. Pfalz²

¹*Leibniz Universität Hannover, Institut für Mess- und Regelungstechnik,
Nienburger Straße 17, 30167 Hannover*

²*Hann. Zentrum für Optische Technologien, Nienburger Straße 17, 30167 Hannover*

Zusammenfassung: Dieser Artikel gibt in einer kurzen Darstellung eine Übersicht über faseroptische Sensoren und die Vernetzung mehrerer Sensoren zu einem Netzwerk. Grundsätzlich werden die Sensoren nach ihren Messprinzipien: Intensität, Interferometrisch, Chromatisch und Polarisation unterteilt. Basierend auf dieser Einteilung ergeben sich die Anforderungen an die benötigten optischen Fasern und die Möglichkeit zum Multiplexen mehrerer Sensoren.

I. Einleitung

Das Wachstum der opto-elektronischen Industrie in den vergangenen 20 Jahren wurde hauptsächlich durch Anwendungen in der Kommunikationsindustrie vorangetrieben. Neben der Anwendung im WAN (Wide Area Network) bestehen die aktuellen Entwicklungen in der Umsetzung eines optischen LAN. Trends wie FTTH (Fiber To The Home) stehen in Ländern wie Korea bereits vor einer großflächigen Umsetzung [1]. Die Umsetzung eines auf POF-Technologien verkabelten Hauses wird im Rahmen von aktuellen Forschungsprojekten untersucht.

Parallel zu diesen Entwicklungen werden faseroptische Sensoren entwickelt. Die hierbei entwickelten Technologien werden hauptsächlich von den Anforderungen des Massenmarktes getrieben [2]. Besonders die Entwicklungen im Bereich der Faserstrukturi-

erung und die Entwicklungen günstigerer opto-elektronischer Komponenten wie z.B. immer leistungsfähigeren Laserdioden ermöglichen die Entwicklung neuer und verbesserter optischer Sensoren.

Es wurden bereits Fasersensoren zur Messung von Rotation, Beschleunigung, Temperatur und Feuchtigkeit entwickelt sowie optische Mikrofone, Positionssensoren, Messsysteme zur Erfassung elektrischer und magnetischer Felder und chemische Sensoren. In den vergangenen Jahren waren solche Sensoren nur Spezialanwendungen vorbehalten.

Die günstigeren opto-elektronischen Komponenten machen diese Sensoren jedoch immer interessanter für Standardanwendungen [3].

II. Messprinzipien

II.1 Intensität

Die Bestimmung der Messgröße erfolgt über eine Veränderung der übertragenen Lichtintensität. Hierbei sind die unterschiedlichsten Bauformen verfügbar. Es kann z. B. die Krafteinwirkung auf eine Faser bestimmt werden vgl. Abb. 1. Es kann aber auch eine Veränderung des Abstands zweier Faserenden bestimmt werden. Andere Anwendungen sind Schwingungssensoren, Positionssensoren und Drucksensoren. Zur Anwendung kommen als Fasertypen dabei Multimode- und Singlemodedfasern.

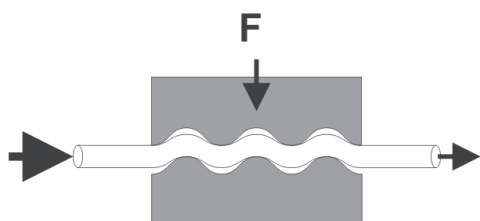


Abb. 1: Beispiel Intensitätsänderung durch Kraft und Mikrokrümmung.

II.2 Interferometrisch

Die geführten Lichtstrahlen werden durch einen Strahlteiler in einen Referenz- und einen Messarm geteilt (Abb. 2). Eine Laufzeitänderung des Lichtstrahls im Messarm wird durch das überlagerte Interferenzsignal detektiert. Die Laufzeitänderung kann durch unterschiedliche Effekte hervorgerufen werden. Als anschaulichster Einfluss sei hier auf eine Längenänderung im Messarm hingewiesen. Als Fasertyp werden bei diesem Messansatz Singlemodedfasern verwendet. Anwendung findet die faserin-

terferometrische Messung zur Bestimmung von Beschleunigung, Rotation, Dehnung, Spannungen, Druck usw.

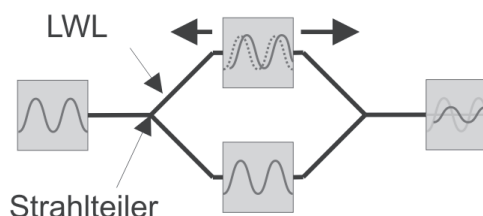


Abb. 2: Dehnungsmessung durch interferometrischen Aufbau.

II.3 Chromatisch

Bei einem chromatischen Faser-Sensor wird die Veränderung der spektralen Übertragungseigenschaft der Faser bestimmt. Um eine solche Veränderung gezielt in einer Faser hervorrufen zu können wird z.B. ein Faser-Bragg-Gitter (FBG) in der Kernstruktur des Lichtwellenleiters erzeugt. Als Fasertyp werden hier üblicherweise Singlemodedfasern verwendet. Anwendung findet dieses System bei der Messung von Temperatur, Dehnung, Chemikalien ...

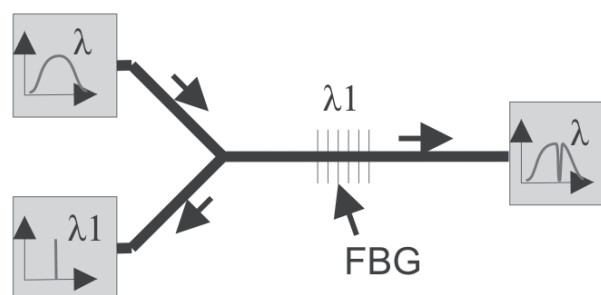


Abb. 3: Dehnungsmessung durch interferometrischen Aufbau.

II.4 Polarisation

Die Messgröße verändert die übertragene Polarisationsrichtung des Lichtes Abb. 4. Dies kann z.B. durch mechanische Spannungen erfolgen. Der verwendete Fasertyp für ein solches Messsystem muss polarisationserhaltend sein. Angewendet wird dieses zur Messung von elektrischen und magnetischen Felder, und mechanischer Spannungen.

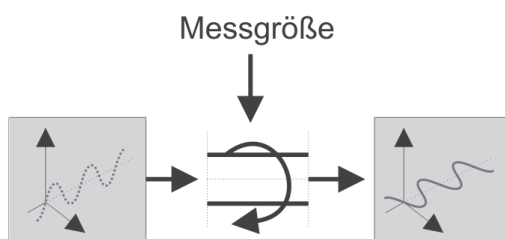


Abb. 4: Messung durch Änderung der Polarisationsrichtung.

III. Sensornetzwerk

Ein großer Vorteil der faseroptischen Sensoren ist, dass durch Multiplexen mehrere Sensoren hintereinander ausgelesen werden können. Es werden dabei folgende Technologien angewendet:

Time Multiplexing: Die sensorischen Elemente befinden sich örtlich entlang einer Faser verteilt. Wird eine gepulste Lichtquelle in eine solche Struktur gekoppelt, so kommt es zu unterschiedlichen Laufzeiten für die einzelnen Sensorelemente. Wird der dabei entstehende Zeitversatz bei der Auswertung berücksichtigt, so kann das einzelne Sensorelement identifiziert werden.

Wavelength Multiplexing: Jeder Sensor enthält ein spektral-selektives Element. Das zurückerhaltene Signal enthält somit für jeden Sensor einen eindeutigen Wellenlängenbereich. Durch eine Spektralauswertung des Signals kann das einzelne Sensorelement bestimmt werden.

Coherence Multiplexing: Durch eine Modulation der Kohärenzlänge in Kombination mit einem interferometrischen Aufbau wird erreicht, dass immer nur das Signal eines Sensors interferiert und damit ausgewertet werden kann..

IV. Literaturverzeichnis

[1] O. Sugihara, T. Kaino, Fabrication and Evaluation of multimode polymer optical waveguides for the next generation ffth systems, POF & MOC 2006 the joint international conference on plastic optical fiber & microoptics 2006; Seoul, Korea, September 2006.

[2] W. Daum, u.a.: POF, Optische Polymerfasern für die Datenkommunikation. Springer Verlag; Berlin, Deutschland, 2001

[3] L. Higuera; J. Miguel: handbook of optical fibre sensing technology, Wiley, New York, USA ,2002