

BAM-Dissertationsreihe, Band 64

Dipl.-Ing. Nils Nöther

**Distributed Fiber Sensors in River Embankments: Advancing and Implementing the Brillouin Optical Frequency Domain Analysis**

2010, ISBN 978-3-9813550-7-9

Diese Arbeit beschreibt die Entwicklung eines Systems zur verteilten Dehnungsmessung in optischen Glasfasern. Das System wurde zur Überwachung der strukturellen Integrität von Flussdeichen bei einer Messlänge von mindestens 5 km und einer Ortsauflösung von höchstens 5 m entwickelt. Grundlage des Messsystems ist der nichtlineare optische Effekt der stimulierten Brillouinstreuung (SBS), der die Dehnung einer optischen Glasfaser in eine messbare Frequenzverschiebung des Rückstreulichts eines optischen Signals überträgt. Die in dieser Arbeit angewendete und grundlegend weiterentwickelte Messtechnik ist die optische Brillouin-Frequenzbereichsanalyse (BOFDA). Die grundsätzliche Funktionalität dieser Technik war bereits vor Beginn der Untersuchungen zu dieser Arbeit gezeigt worden. Allerdings war ihre Entwicklung der Brillouin-Zeitbereichsanalyse (BOTDA), die den Stand der Technik darstellt, in Bezug auf ihre Sensoreigenschaften, ihre theoretischen Grundlagen, ihre Integrierbarkeit und ihre Robustheit für praktische Anwendungen weit unterlegen.

Die Arbeit umfasst den theoretischen Hintergrund des Messsystems, verschiedene Weiterentwicklungen der Implementierung in ein anwendungsorientiertes Messgerät (u. a. neue Konzepte für Signalkorrekturverfahren zur Verbesserung der Sensoreigenschaften) und die Evaluierung des Systems in experimentellen Untersuchungen.

Zu Beginn werden die physikalischen Eigenschaften der SBS in optischen Fasern untersucht und die Differentialgleichungen, mit denen der Effekt beschrieben werden kann, hergeleitet. Die Analyse konzentriert sich auf die spektralen Eigenschaften der Brillouin-Wechselwirkung, um die Messung der SBS im Frequenzbereich genau beschreiben zu können. Die BOFDA-Methode wird mit einer Systembeschreibung und Betrachtungen zur praktischen Umsetzung im Labor vorgestellt.

Der Laboraufbau wird im Detail beschrieben; die Beschreibung umfasst die Komponenten, verschiedene Aspekte der Weiterentwicklung gegenüber dem Entwicklungsstand vor Beginn der Arbeiten sowie repräsentative Messergebnisse. Als wichtigster Fortschritt auf dem Weg zur kompletten Implementierung des Systems wird ein digitales Verfahren zur Frequenzbereichsanalyse (mit einer Systembeschreibung, einem Demonstratoraufbau und Messergebnissen) vorgestellt.

Auf Grundlage der erarbeiteten Analyse der SBS wird die physikalisch bedingte Begrenzung der Ortsauflösung des Systems untersucht. Das Ergebnis ist eine neue Interpretation von Artefakten in hochauflösenden Messungen, von der aus eine Parallele zu ähnlichen Untersuchungen bezüglich der BOTDA-Methode aufgezeigt wird.

Schließlich wird die Anwendung des Messsystems im Deichmonitoring vorgestellt. Hierzu wurde eine Technik zur Integration faseroptischer Kabel in Geotextilien sowie ein optisches Sensorkabel entwickelt. In Labor- und Feldversuchen wird die Eignung des Systems für das Deichmonitoring bestätigt.

Durch die Weiterentwicklung des BOFDA-Verfahrens hat das Verfahren nicht nur in Genauigkeit und Auflösung zum BOTDA-Verfahren aufgeschlossen, sondern eröffnet neue Perspektiven in Dynamik, Robustheit und Kosteneffizienz.