

Structural Health Monitoring für Composites

Erarbeitung eines Implementierungsverfahren für FBG-Sensoren in Faserverbund-Bauteile

Diplomand



Roman Jan Ernst

Ausgangslage: Der zunehmende Einsatz von Faserverbundwerkstoffen in Leichtbauanwendungen stellt Industrie und Forschung vor neue Anforderungen hinsichtlich Strukturüberwachung und Betriebssicherheit. Branchen wie Luftfahrt, Automobilbau und Energietechnik setzen verstärkt auf Composite-Bauteile, um Gewicht einzusparen und gleichzeitig hohe mechanische Anforderungen zu erfüllen. Die bauteilintegrierte Sensorik bietet dabei die Möglichkeit, relevante Betriebsdaten direkt aus dem Bauteil bereitzustellen. Als geeignete Technologie gelten Fiber-Bragg-Grating-Sensoren (FBG), die in optischen Glasfasern mikroskopische Gitterstrukturen nutzen, um aus Wellenlängenverschiebungen Rückschlüsse auf mechanische Dehnung und Temperatur zu ziehen. Ziel dieser Arbeit ist die zuverlässige Integration von FBG-Sensoren in verschiedenen Lagen eines Faserverbund-Bauteils sowie die Durchführung einer Biegeprüfung als Grundlage für Structural Health Monitoring (SHM) an Composite-Strukturen.

Vorgehen: Ausgehend von einer systematischen Literaturrecherche wird in einer Kreativphase ein breites Spektrum an Konzepten zur Sensorintegration erarbeitet und mittels morphologischem Kasten strukturiert dokumentiert und bewertet. Das Konzept der Dosierspitzen setzt sich dabei als optimale Lösung durch. In mehreren Iterationen mit Dummy-Sensoren werden grundlegende Erkenntnisse zur Implementierung gewonnen. Das entwickelte Implementierungsverfahren wird abschliessend anhand von vier Probekörpern validiert. Hierfür sollen 4-Punkt-Biegeversuche sowohl im elastischen Bereich als auch bis zum Versagen durchgeführt werden. Ziel der Versuche ist die Beurteilung der Messgenauigkeit der integrierten FBG-Sensoren durch den Vergleich mit den Ergebnissen einer FE-Simulation sowie das Erkennen von Schädigungsverhalten vor dem Bruch.

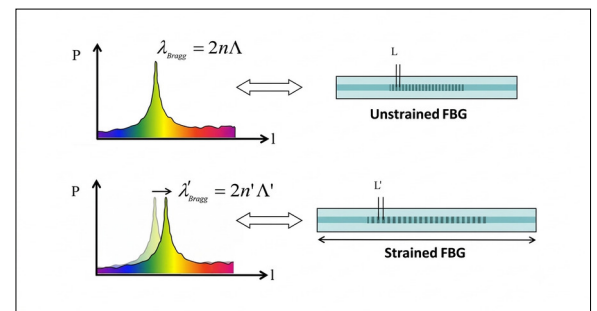
Ergebnis: Das finale Implementierungsverfahren ermöglicht die gleichzeitige Erfassung des Dehnungsprofils über den Probenquerschnitt mithilfe von Sensoren in drei unterschiedlichen Laminatlagen. Während der Implementierung brechen lediglich zwei von insgesamt zwölf Sensoren aufgrund von Unachtsamkeiten in der Handhabung. Durch Nutzung des zweiten Faserende eines Sensors können die Signale dieser Sensoren dennoch ausgewertet werden. Das entwickelte Verfahren erweist sich damit als deutlich robuster und zuverlässiger als der bisherige Ansatz. Die durchgeführten 4-Punkt-Biegeversuche zeigen, dass die integrierten FBG-Sensoren grundsätzlich funktionsfähig sind und den erwarteten Dehnungsverlauf über den Querschnitt zuverlässig erfassen. Der Vergleich mit der FE-Simulation ergibt für die Mehrheit der Sensoren eine akzeptable Abweichung unter Berücksichtigung der vorhandenen

Messunsicherheiten. Wesentliche Einflussgrößen für die Abweichungen sind die Temperaturabhängigkeit der Sensoren, Reibungseffekte an den Auflagern sowie die unvermeidbaren Vereinfachungen des FE-Modells.

Ein vollständiges Versagen der Proben kann aufgrund geometrischer Einschränkungen des Prüfaufbaus nicht erreicht werden. Die Untersuchung des Versagensverhaltens bleibt daher offen und sollte in zukünftigen Arbeiten mit einem angepassten Prüfaufbau weitergeführt werden.

Wirkprinzip eines FBG-Sensors

E. Lindner, Fbgs.com, Zugriff: 10.6.26



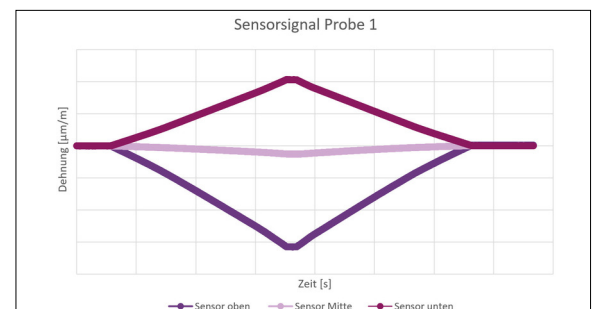
Probekörper mit Konzept Dosierspitze

Eigene Darstellung



Sensorsignale in verschiedenen Lagen

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Gion Andrea Barandun

Korreferent

Prof. Dr. Ing. Michael Niedermeier,
Hochschule Ravensburg-Weingarten

Themengebiet

Kunststofftechnik,
Fertigungstechnik