

Temperatur-Selbstkompensation von integrierten Faser-Bragg-Gitter-Dehnungssensoren zur Zustandsüberwachung von Hochleistungsverbundwerkstoffen

Vivien SCHUKAR *, Eugen BAITINGER *, Franziska MEWIS *, Nadine KUSCHE *

* BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung,

Unter den Eichen 87, 12205 Berlin

Kurzfassung

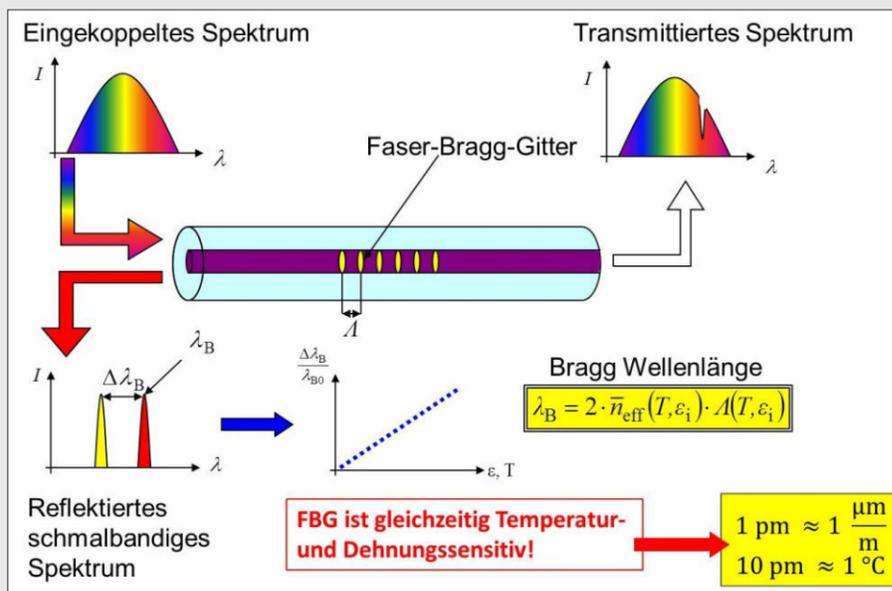
Faser-Bragg-Gitter (FBG) werden als sensitive Elemente in einer Vielzahl unterschiedlicher Anwendungen genutzt, insbesondere als sensitive Elemente in Form von Dehnungssensoren für die Zustandsüberwachung von Hochleistungsverbundwerkstoffen und Strukturelementen. Um das FBG als Sensor zu nutzen, ist es aufgrund der gleichzeitigen Empfindlichkeit des Messsignals – der Bragg-Wellenlänge – gegenüber Temperatur und Dehnung unbedingt notwendig, eine der beiden physikalischen Größen zu kompensieren oder beide Effekte zu trennen. Eine Methode, um Temperatur und Dehnung bei FBGs im Messsignal zu trennen, ist das Ausnutzen von Superstrukturierung integrierter FBGs in einem Verbundwerkstoff. Superstrukturierte FBGs besitzen eine zusätzliche Periode P , die um ein vielfaches größer ist ($m=P/\Lambda$) als die Gitterperiode Λ . Superstrukturierung kann spontan entstehen, sie kann aber auch gezielt verursacht und hergestellt werden. Im Falle Werkstoff-integrierter FBGs, vor allem eingebettet in Glas- oder Kohlefaser-Verbundwerkstoffe, entstehen starke spektrale Änderungen im Rückstreusignal der Sensoren. Es wird angenommen, dass diese spektralen Änderungen durch spontane Superstrukturierung der Sensoren während des Einbettungsprozesses verursacht werden. Qualitativ verformt sich die optische Faser entsprechend der periodischen Anordnung der Laminat-Filamente mit der Periode P . Die optischen Leistungsparameter, die dann von einer Temperatur- und Dehnungsänderung abhängig sind, sind somit nicht nur die Bragg-Wellenlänge λ_B , sondern auch die integrierte Spektrumsintensität S und die spektrale Halbwertsbreite (FWHM) δ des rückgestreuten Spektrums. Dies ermöglicht, das optische Messsignal eines integrierten FBG-Dehnungssensors einfach in ein Dehnungs- und ein Temperatursignal zu zerlegen. Die durchgeführten experimentellen Untersuchungen bestätigen diesen theoretischen Ansatz. Komplizierte zusätzliche Temperaturkompensationsmethoden, vor allem basierend auf mechanisch entkoppelten FBGs oder konventioneller Temperatursensorik, sind nicht notwendig. Die hier vorgestellte Temperatur-Selbstkompensationsmethode eröffnet einfache und praxisnahe Anwendungsmöglichkeiten zur Dehnungsmessung mit faseroptischen Sensoren – vor allem im Bereich der Zustandsüberwachung von Strukturen und Bauwerken.



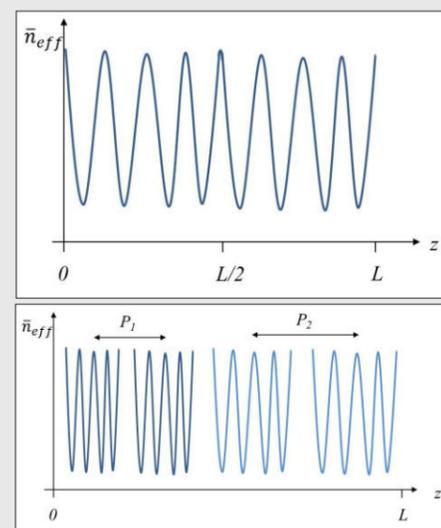
TEMPERATUR-SELBSTKOMPENSATION VON INTEGRIERTEN FBG-DEHNUNGSSENSOREN ZUR ZUSTANDSÜBERWACHUNG VON HOCHLEISTUNGSVERBUNDWERKSTOFFEN

V. Schukar, E. Baitinger, N. Kusche, F. Mewis

Funktionsprinzip: Standard-FBG (Faser-Bragg-Gitter)



Brechungsindexmodulation

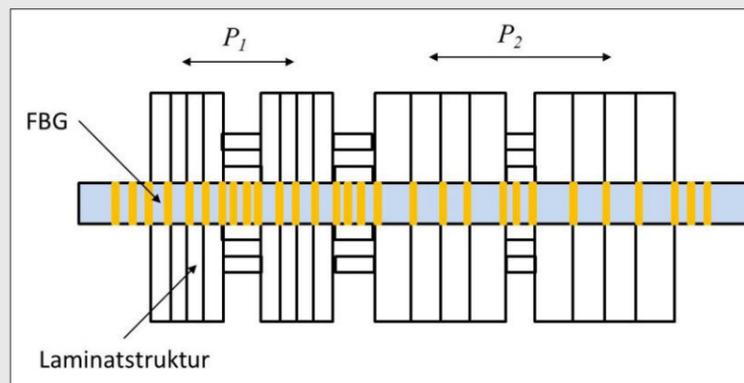


FBG

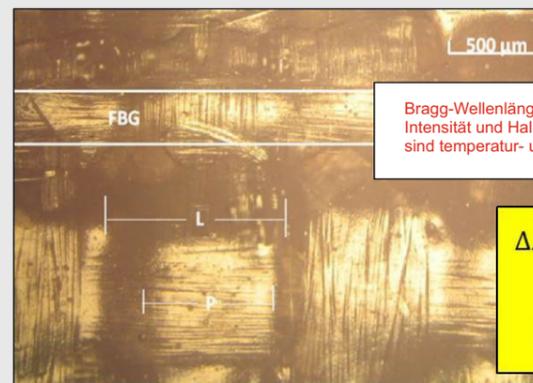
SFBG

$$\lambda_{Super} = \lambda_B \cdot \frac{P}{P \pm \Lambda}$$

Superstrukturiertes FBG (SFBG)



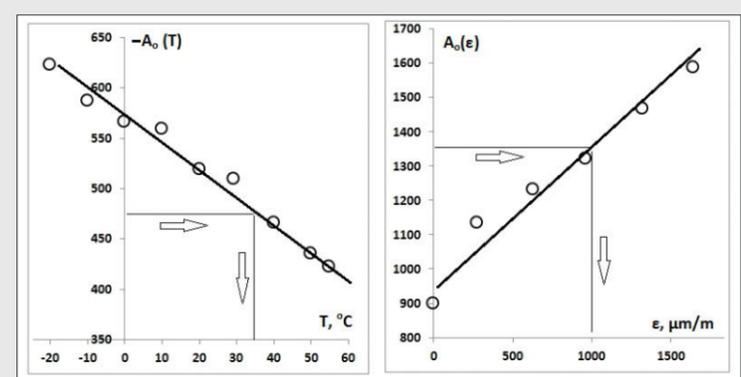
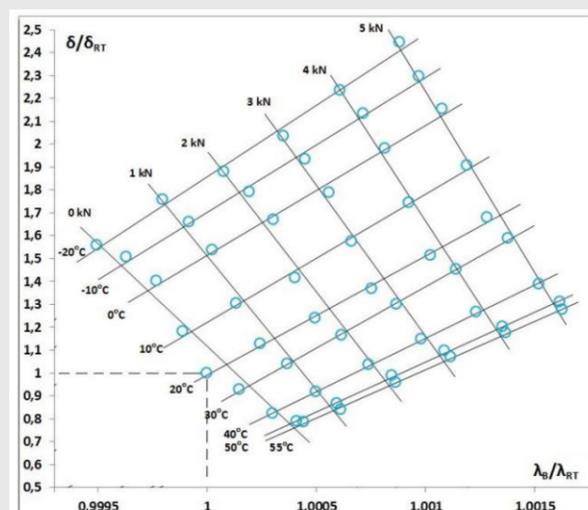
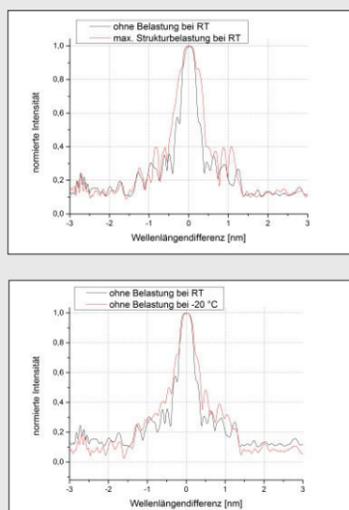
4-Parametrisches Modell



$$\Delta \lambda_B = \frac{d\lambda_B}{d\epsilon} \Delta \epsilon + \frac{d\lambda_B}{dT} \Delta T,$$

$$\Delta \delta = \frac{d\delta}{d\epsilon} \Delta \epsilon + \frac{d\delta}{dT} \Delta T$$

Temperatur- und Dehnungstrennung:



$$\delta / \delta_{rt} = A_0 + \beta \cdot (\lambda_B / \lambda_{rt}) \quad A_0 \approx -$$

ERGEBNISSE

Bei strukturintegrierten FBG-Dehnungssensoren können unter Annahme einer Superstrukturierung Temperatur- und Dehnungseffekte getrennt durch Aufnahme eines Kalibrierdiagramms und Bestimmung der Koeffizienten im 4-Parametrischen-Modell einfach und kostengünstig bestimmt werden. Es ist keine zusätzliche Sensorik notwendig.