Professur Geodäsie und Photogrammetrie
Bauhaus-Universität Weimar

Zweiachsiger Neigungssensor basierend auf optisch-mechanischen Prinzipien

Motivation

Bei der automatisierten und hochgenauen Erfassung von physikalischen Messgrößen (z. B. Neigung und Verschiebung) erzeugen die überwiegend eingesetzten, elektronischen Sensoren elektrische Signale. Daraus ergeben sich bei der Weiterleitung über größere Entfernungen sowie bei extremen Umgebungsbedingungen verschiedenartige Probleme. Unter Verwendung von optisch-mechanischen Prinzipien und mittels Lichtwellenleitertechnik sind diese Nachteile vermeidbar. Daher wird an der Professur der Fragestellung nachgegangen, inwieweit sich faseroptische Methoden zur Neigungsmessung eignen und ob sie eine sinnvolle Alternative zur herkömmlichen (elektronischen) Messung sein können.

Von der Idee zum Patent

Der Kerngedanke für die Entwicklung von Vorrichtungen zur Messung von Neigung und Verschiebung mittels optisch-mechanischer Prinzipien beruht auf der Lichtbeugung mit Hilfe eines optischen Gitters. Das optische Gitter trennt die im einfallenden Licht enthaltenen Wellenlängen; als Resultat entsteht das bekannte elektromagnetische Spektrum. Das Messprinzip beruht darauf, dass die Position eines geometrischen Musters, das kann z. B. ein Stab sein, durch partielle Ausblendung von Spektrumsbestandteilen bestimmt werden kann (Abb. 1). Das Muster blendet also entsprechend seiner Position Bestandteile des Spektrums aus. Ändert sich die Position des Musters, ändert sich auch der ausgeblendete Bereich des Spektrums.

Diese Erfindung wurde beim Deutschen Marken- und Patentamt zum Patent angemeldet; die Patenterteilung erfolgte am 14. August 2013 (Abb. 2).

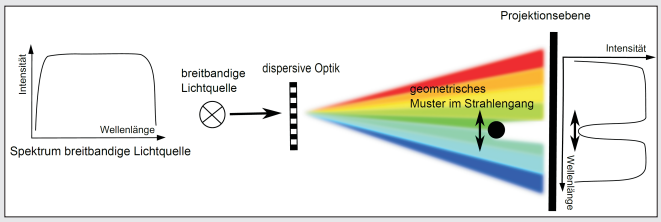

Abb. 1: Messprinzip

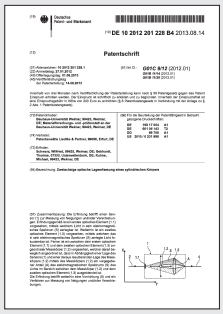

Abb. 2: Patentschrift

Forschungsprojekt

Im Rahmen eines BMWi - Forschungsvorhabens wird aktuell ein zweiachsiger Neigungssensor ohne eigene Stromversorgung entwickelt. Der zylinderförmige Sensor (ø 2 Zoll) soll den Messbereich (± 5°) und die Messgenauigkeit (0,5 mrad) von vergleichbaren elektronischen Sensoren erreichen. Die Verbindung zum Sensor wird lediglich mit einem Lichtwellenleiter realisiert, woraus ein stark reduzierter Material- und Kostenaufwand resultiert. Das Projekt ist eine Kooperation mit der GLÖTZL Gesellschaft für Baumeßtechnik mbH und der Materialforschungs- und -prüfanstalt an der Bauhaus-Universität Weimar (MFPA).

Gefördert durch: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

ZIM für mittelstand Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand

Konzeption

Mit den im Projekt formulierten Anforderungen wurde ein konstruktiver Entwurf abgeleitet (Abb. 3). Das Muster ist zweidimensional ausgeführt (zwei Stäbe, die ein V bilden), so dass dessen Lage auch zweidimensional bestimmt werden kann. Mit dem V-förmigen Muster ergeben sich in Abhängigkeit der räumlichen Position des Musters die in Abb. 4 schematisch dargestellten Spektren. Mit Hilfe eines mathematischen Modells des Sensors werden die komplexen Beziehungen zwischen den Bauteilen abgebildet und ein optimales Sensordesign abgeleitet. Es wurde ein exakter Zusammenhang zwischen zweiachsiger Neigung und gemessenem Spektrum entwickelt. Dies erlaubt Untersuchungen zum Einfluss von Fertigungstoleranzen und die Bestimmung von stochastischen Kenngrößen des Sensors.

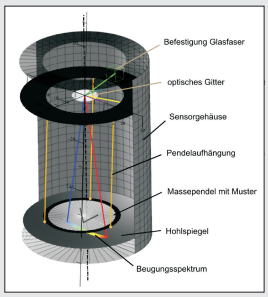

Abb. 3: konstruktiver Entwurf

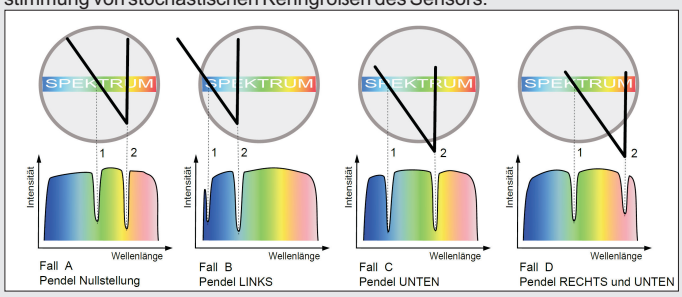

Abb. 4: Funktionsweise (oben: räumliche Position des V-förmigen Musters, unten: zugehöriges Spektrum)

Prototypische Umsetzung

Es wurde ein Prototyp im Maßstab 2:1 gefertigt. Abb. 5 zeigt den Prototyp und eine Visualisierung des Messprinzips. Das Licht wird mit Hilfe einer Lichtleitfaser auf ein optisches Gitter geführt, dort spektral zerlegt und auf ein Pendel mit einem Muster geleitet. Die das Muster passierenden Lichtwellen werden mittels Hohlspiegel in sich selbst reflektiert und über die gleiche Faser zur Auswerteeinheit zurückgeführt. Der Prototyp setzt so die Merkmale des konstruktiven Entwurfs um. Durch die feste Verbindung aller optischen Bauteile wird eine hohe Robustheit erreicht und durch die Ausbildung des Musters als Schwerkraftpendel ist der Bezug zur örtlichen Lotrichtung hergestellt.

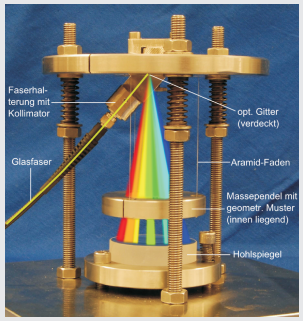

Abb. 5: Prototyp ohne Sensorgehäuse