

# Hochauflösender optischer Drehgeber in Low-Cost-Bauweise

D. Hopp\*, Ch. Pruss\*, W. Osten\*, J. Seybold\*\*, V. Mayer\*\*, H. Kück\*\*

\**Institut für Technische Optik (ITO), Universität Stuttgart*

\*\**Institut für Mikroubautechnik (HSG-IMAT), Hahn-Schickard-Gesellschaft, Stuttgart*

*mailto:hopp@ito.uni-stuttgart.de*

Am ITO und am HSG-IMAT wurde ein Konzept für einen neuartigen inkrementellen optischen Drehgeber in Low-Cost-Bauweise erarbeitet, umgesetzt und die aufgebauten Demonstratoren ersten Tests unterzogen. Die hochauflösende optische Maßverkörperung des Sensors wird dabei auf Basis einer im DVD-Spritzguss hergestellten Encoderscheibe mit diffraktiver Gitterstruktur realisiert.

## 1 Einleitung

Drehgeber werden für zahlreiche Anwendungen bei rotierenden Maschinenkomponenten, Elektromotoren und im Kfz z. B. zur Detektion des Lenkwinkels eingesetzt. Neben kapazitiven, induktiven und magnetischen Drehgebern, bieten optische Systeme in der Regel die höchste Grundauflösung des Winkels. Derzeit werden in optischen Drehgebern standardmäßig sehr kostenintensive Maßverkörperungen in Form einer mit Chrom beschichteten Glasscheibe eingesetzt. Zudem ist die Montage dieser Systeme mit vielen Justageschritten verbunden.

Zum Aufbau eines hochauflösenden und dennoch kostengünstigen Drehgebers, wurde der Ansatz einer Maßverkörperung auf einer mikrostrukturierten Kunststoffscheibe analog zu einer Compact Disc, in Kombination mit einer möglichst justagefreien Montage verfolgt. Eine solche Encoderscheibe kann in einem gängigen CD- oder DVD Spritzgussverfahren hergestellt werden. Dadurch gelingt es, hochpräzise Strukturen in einem gleichzeitig kostengünstigen Verfahren herzustellen.

Am ITO erfolgte das Design der Optikkomponenten sowie die Auslegung der Maßverkörperung auf der Encoderscheibe. Die mechanische sowie die elektrische Konstruktion und Aufbautechnik wurde vom Projektpartner HSG-IMAT durchgeführt.

## 2 Maßverkörperung

Die inkrementelle Maßverkörperung besteht aus einem ringförmig angeordneten Muster aus diffraktiven Beugungsgittern mit einem Durchmesser von 27 mm. Durch kohärente Beleuchtung dieser Gitter ergibt sich ein Beugungsbild, dessen Intensität mittels Photodioden an bestimmten Orten detektiert wird. Die Gitterstrukturen werden mit dem beugungsbegrenzten Spot eines singlemodigen VCSEL (Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser) mit 850 nm Wellenlänge beleuchtet (Abb. 1). Als abbildende Elemente kommen eine spritzgussene Kunststofflinse und -blende zum Einsatz.

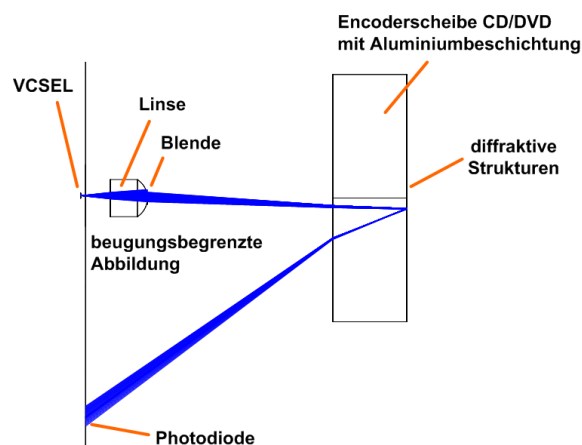


Abbildung 1 Strahlengang im Sensor

Bewegt sich eine Struktur aus wechselnden Feldern mit und ohne Gitterstruktur unter dem Spot hindurch, wird bei geeigneter Spotgeometrie ein sinusartiges Signal an der Position der ersten Beugungsordnung detektiert (Abb. 2).

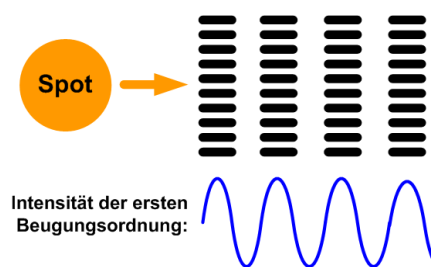
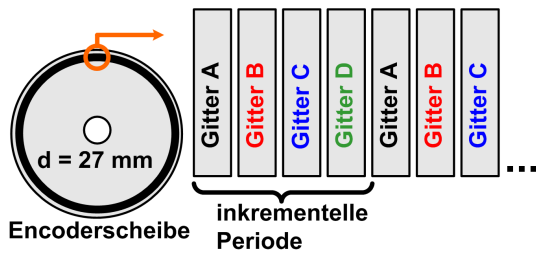


Abbildung 2 Schema der Signalerzeugung mit einem diffraktiven Beugungsgitter

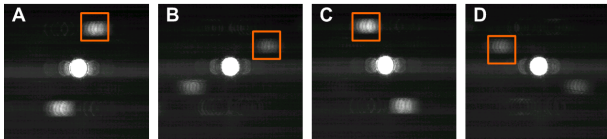
Durch Einsatz eines zweiten, verschachtelten Gitters wird zur Richtungsdetektion ein cosinusartiges Signal an einer zweiten Photodiode generiert. Um die Stabilität der Ausgangssignale im Betrieb zu erhöhen, wurden insgesamt vier unterschiedliche Gitter pro Signalperiode vorgesehen. Damit ist eine Vierphasenauswertung mit insgesamt vier Photodioden ermöglicht. Abb. 3 zeigt die Struktur der Maß-

verkörperung. Durch unterschiedliche Winkelanordnung der Gitter erfolgt eine gute räumliche Trennung der verschiedenen ersten Ordnungen. Einmal pro Umdrehung wird über ein fünftes Gitter ein Referenzsignal auf einer weiteren Photodiode generiert.



**Abbildung 3** Schema der ringförmigen Anordnung der diffraktiven Maßverkörperung auf der Encoderscheibe

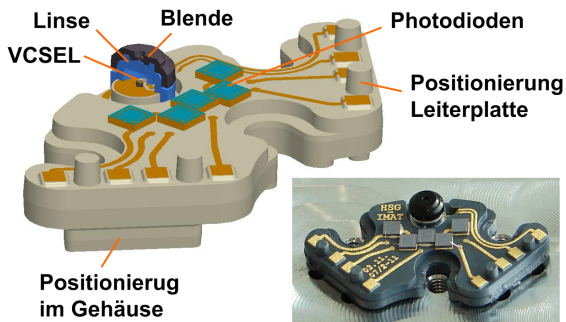
Die vier experimentell ermittelten Beugungsbilder aus Abb. 4 zeigen die Positionen der vier unterschiedlichen ersten Ordnungen.



**Abbildung 4** Beugungsbilder der vier Gitter (Position des jeweiligen Detektors durch Quadrate symbolisiert)

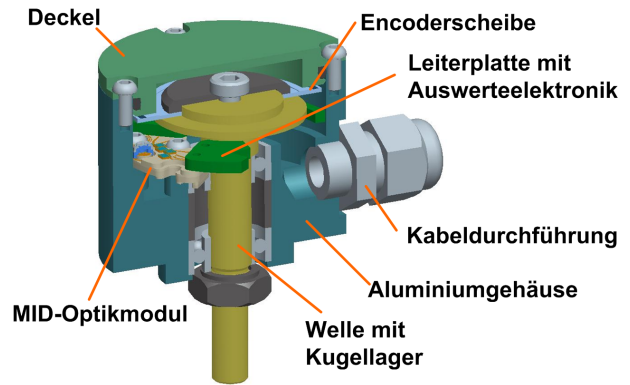
### 3 Aufbau Sensor

Um enge mechanischen Toleranzen zwischen den optischen Komponenten des System einhalten zu können, wurden diese auf einem MID-Träger platziert (Moulded Interconnect Device)(Abb. 5).



**Abbildung 5** MID-Optikmodul

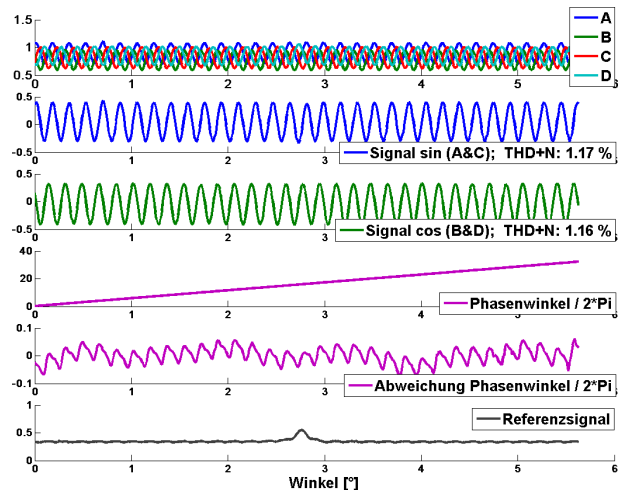
Photodioden und Lichtquelle sind als Nacktchips auf dem spritzgegossenen MID-Optikmodul aufgebaut. Linse wie auch Blende werden dabei ohne Justageschritt über der Lichtquelle aufgesteckt. Abb. 6 zeigt schematisch den aufgebauten Sensor. Das MID-Optikmodul ist mit einer integrierten Leiterplatte zur weiteren Signalverarbeitung verbunden. Die Encoderscheibe ist der zentralen Welle des Sensors montiert.



**Abbildung 6** Sensoraufbau im CAD-Modell

### 4 Signale

In Abb. 7 sind die experimentell am Prüfstand gemessenen Signale des ersten Demonstrators aufgetragen. Es wurde ein Klirrfaktor von unter 1,2 % für die Ausgangssignale ermittelt. Der Phasenfehler erlaubt eine min. fünf-fache Interpolation der Signale, so dass eine Auflösung von 13 Bit erreicht werden kann.



**Abbildung 7** Sensorsignale Prototyp

### 5 Zusammenfassung

Es wurde ein inkrementeller Drehgeber in kompakter Low-Cost-Bauweise realisiert. Der Aufbau des Sensors erfolgte ohne Justageschritte. Die für inkrementelle Drehgeber typischen Ausgangssignale ermöglichen eine Winkelauflösung von weniger als 2' sowie ein Referenzsignal zur Nullstellung. Durch Variation der Gittergeometrie und des Radius der Maßverkörperung kann das neuartige Sensorkonzept an unterschiedlichste Anforderungen und Einsatzgebiete angepasst werden.

Wir danken der AiF für die Förderung des Projektes. AiF-Projekt Nr. 219 ZN