

# Optische Dezentrierungskompensation für Drehgeber

David Hopp, Christof Pruss, Wolfgang Osten  
 Institut für Technische Optik, Universität Stuttgart  
 mailto:hopp@ito.uni-stuttgart.de

Eine neuartige, rein optische Kompensation des Winkelfehlers bei Exzentrizität der Kodierscheiben von Drehwinkelsensoren bedient sich einer diffraktiven Kompensationsspur zur Korrektur der Beleuchtungsposition auf der Maßspur bereits vor der Generierung des eigentlichen Positionssignals. Hierdurch wird ein Aufbau des Sensors mit justagefreier Montage der Kodierscheibe ermöglicht.

## 1 Winkelfehler bei Kodierscheibenexzentrizität

Die Genauigkeit bei Drehwinkelsensoren hängt direkt von der Zentriergenauigkeit der Kodierscheibe ab. Eine räumliche Abweichung zwischen der Drehachse der Sensorwelle und dem Mittelpunkt der Kodierscheibe bzw. der Maßverkörperung (Abb. 1) führt zu einem Fehler des Winkelsignals mit kosinusartigem Verlauf über den Umfang der Maßverkörperung (Abb. 2). Um die Winkelgenauigkeit zu erhöhen ohne eine aufwändige und kostenintensive Justage der Kodierscheibe durchführen zu müssen, existiert eine Reihe von Ansätzen mit mechanischen und elektronischen Funktionsprinzipien. Meist werden zwei oder mehr Ausleseeinheiten oder zusätzliche Maßspuren zur Detektion des Winkelfehlers genutzt. Die Kompensation des ermittelten Winkelfehlers erfolgt dann nach der Signalgenerierung.

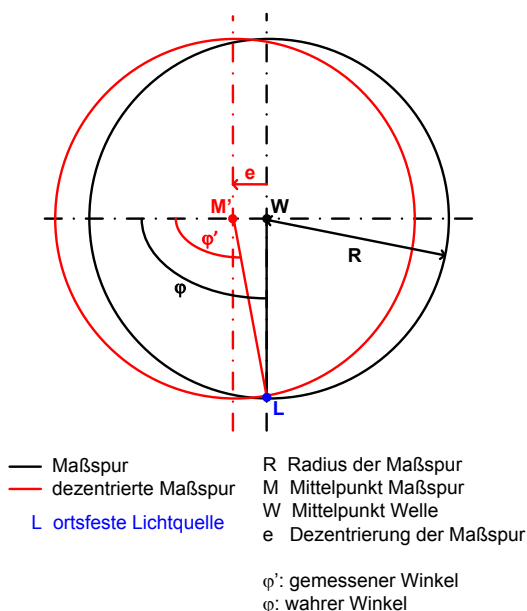


Abb. 1 Schematische Darstellung zur Entstehung des Winkelfehlers  $\varphi - \varphi'$  bei Exzentrizität der Kodierscheibe bzw. bei Dezentrierung der Maßspur um die Länge e

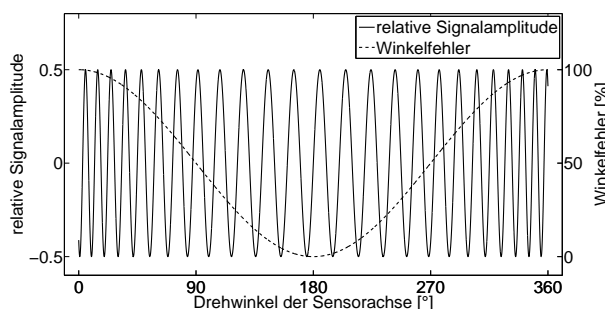


Abb. 2 Beispielhafter Winkelfehler mit kosinusartigem Verlauf bei Exzentrizität der Kodierscheibe bzw. bei Dezentrierung der Maßspur

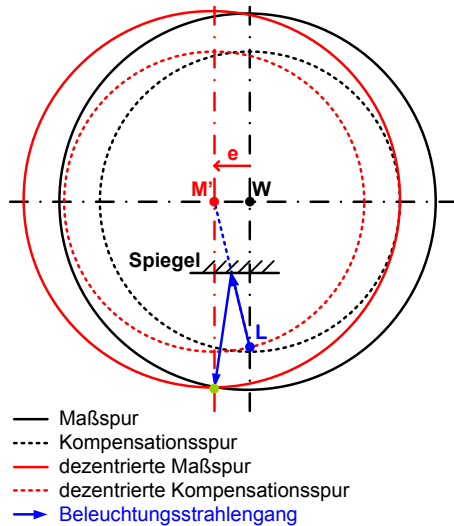
## 2 Optische Dezentrierungskompensation

Eine absolute oder inkrementale Kodierung in einer einzigen Maßspur ist zwar robust gegen eine radiale Verschiebung der Kodierscheibe, durch deren Exzentrizität findet jedoch auch eine tangentielle Verschiebung der Maßspur statt, welche zu einer relativen Verschiebung zwischen Maßspur und Lichtquelle führt. Bei Beleuchtung einer von der Winkelstellung der Sensorwelle abweichenden Winkelposition ist das ausgewertete Winkelsignal fehlerhaft. Zur Vermeidung des Winkelfehlers bei Exzentrizität der Kodierscheibe wurde ein neuartiger, optischer Ansatz entwickelt, welcher die Dezentrierung der Maßspur bereits vor der eigentlichen Signalgenerierung kompensiert [1].

Durch den Einsatz einer zweiten, diffraktiven Kompensationsspur lässt sich die tangentielle Verschiebung von Kodierscheibe und Maßspur kompensieren. Um die Konzentrität beider Spuren zu gewährleisten, wird die Kompensationsspur in einem Fertigungsschritt zusammen mit der Maßspur gefertigt. Dies ist die Voraussetzung für eine erfolgreiche Kompensation.

### 3 Funktionsprinzip der diffraktiven Kompensationsspur

Die Kompensationsspur ist als diffraktive Axikonstruktur ausgeführt. Eine feststehende Lichtquelle beleuchtet zunächst die Kompensationsspur. Das Licht wird von dieser in Richtung des Drehzentrums der Kompensationsspur und damit auch des Drehzentrums der Maßspur abgelenkt. Dies geschieht unabhängig von der tangentialen Dezentrierung der Kodierscheibe bzw. der Maßspur.

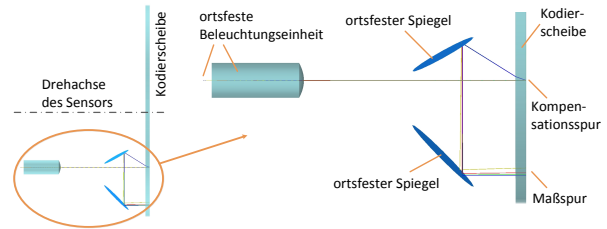


**Abb. 3** Schematische Darstellung zur optischen Kompensation des Winkelfehlers mittels einer diffraktiven Kompensationsspur

Werden die Strahlen der ersten Beugungsordnung der Kompensationsspur durch feststehende optische Elemente, wie z.B. Spiegel oder Prismen, geeignet umgelenkt (Abb. 3), so lassen sich diese nach der Beugung an der Kompensationsspur auf die eigentliche Maßspur fokussieren. Die Umlenkung wird derart gestaltet, dass die optische Weglänge von der Kompensationsspur zur Maßspur genau der optischen Weglänge von der Kompensationsspur zu deren Drehachse entspricht (Abb. 4). Dies hat zur Folge, dass die Beleuchtung der Maßspur immer auf tangentialer Höhe ihrer Drehachse erfolgt.

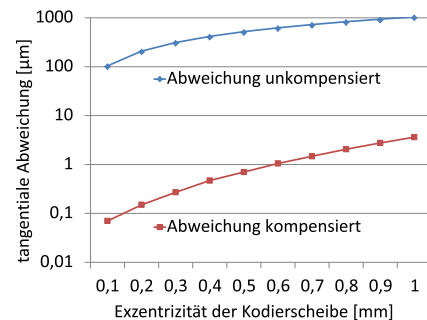
Bewegt sich die Kodierscheibe und damit die Drehachse beider Spuren aufgrund der Exzentrizität in tangentialer Richtung zur Lichtquelle, verändert sich die Position der Beleuchtung auf der Maßspur parallel zu dieser Verschiebung mit. Unabhängig von der Exzentrizität der Kodierscheibe wird die Maßspur immer an derselben tangentialen Position be-

leuchtet. Der Winkelfehler wird damit bereits vor der Signalentstehung optisch kompensiert, d.h. es wird direkt die korrekte Winkelposition ausgelesen. Das resultierende Winkelsignal bedarf keiner nachträglichen Korrektur mehr.



**Abb. 4** Aufbaukonzept zur Anordnung von Kompensationsspur, Maßspur und einer feststehenden Beleuchtungseinheit

Die Bewegung des Beleuchtungsstrahlengangs führt bei der Kompensation zu einer Abweichung von der radialen Achse. Hierdurch kommt es zu einem windschiefen Einfall auf den Umlenkspiegeln, was wiederum eine minimale Abweichung der optischen Weglänge vom idealen Strahlengang zur Folge hat. Simulationen zeigen, dass sich ein Restfehler für die optische Dezentrierungskompensation ergibt (Abb. 5). Es wird jedoch eine Reduzierung des Winkelfehlers um etwa vier Größenordnungen gegenüber einem unkompensierten System erreicht.



**Abb. 5** Tangentielle Abweichung ohne und mit optischer Kompensation der Dezentrierung der Maßspur bei einem Maßspurdurchmesser von 27 mm ( $1 \mu\text{m} = 15,3''$ )

Gefördert durch: AiF (349 ZN)

### Literatur

- [1] D. Hopp, C. Pruss, W. Osten, "Verfahren zur optischen Kompensation der Maßspurdezentrierung bei Drehwinkelsensoren," Institut für Technische Optik, Universität Stuttgart, Patent: DPMA-AZ: 10 2009 040 790, priority data: 2009.09.09 PCT/EP2010/005514