

SensMiLi: optisch absolutes Wegmess-System aus einspurig q -nären Pseudo-Zufalls-Sequenzen für Miniatur-Linearmotoren

D. Wibbing*, J. Binder*, W. Schinköthe**

*Festo AG & Co. KG

**Institut für Konstruktion und Fertigung in der Feinwerktechnik, Universität Stuttgart

dwb@de.festo.com

Es wird ein neuartiges absolut codiertes Wegmess-System vorgestellt, das auf der Beugung von Licht an optischen Gittern basiert. Es wird erstmals gezeigt, wie mit diesem Prinzip q -näre Pseudo-Zufalls-Sequenzen codiert werden können. Das System ist sowohl bzgl. seiner Leistungsfähigkeit als auch seiner Integrationsfähigkeit ausgelegt für die Verwendung in Miniatur-Linearmotoren.

1 Einführung

In Anwendungsfeldern der Automatisierungstechnik, wie der Halbleiter-, der Biomedizintechnik oder der Elektronik-Industrie müssen kleinste Teile mit einer Beschleunigung von mehreren hundert m/s^2 und einer Genauigkeit im einstelligen μm Bereich in reinen Umgebungen gehandhabt werden. Miniatur-Linearmotoren erfüllen die dimensionellen als auch die dynamischen Eigenschaften, um diese Anforderungen zu erfüllen. Um die Bewegung eines solchen Motors zu regeln, muss ein Wegmess-System in ihn integriert werden. Absolut codierte Wegmess-Systeme, denen ihre Position jeder Zeit bekannt ist, ermöglichen dabei eine deutlich schnellere Inbetriebnahme der Motoren und bieten einen sichereren Betrieb, da keine Zähler-Inkrementen verloren gehen können. Bisher gibt es jedoch auf dem Markt kein genügend genaues Wegmess-System, das sich in die Miniatur-Linearmotoren integrieren lassen würde. Daher wird hier ein neuartiger Lösungsvorschlag für ein geeignetes Wegmess-System vorgestellt.

2 Stand der Technik

Moderne, am Markt erhältliche Wegmess-Systeme mit absoluter Codierung verwenden für diese meist eine binäre Pseudo-Zufalls-Sequenz (PZS). Diese wird üblicher Weise durch eine parallele oder überlagerte inkrementale Spur ergänzt [1], [2]. Wie in Abb. 1 schematisch dargestellt liest der Sensorkopf dabei ein Codewort von n aufeinander folgenden Bits der PZS ein, die in der optischen Sensorik durch reflektierende (weiße) und nicht reflektierende (schwarze) Strukturelemente gebildet werden.

Abb. 1 Binäre Pseudo-Zufalls-Sequenz aus Codeworten der Länge $n = 4$ Bit.



Die PZS ist dabei so ausgelegt, dass bei jeder Bewegung des Lesekopfes um ein Bit ein neues einzigartiges Codewort entsteht. Damit ergibt sich die maximale Anzahl von Codewörtern allgemein zu:

$$e = q^n \quad (1)$$

Hierbei ist q die Zahlenbasis, die im binären Fall also 2 ist und n ist wie bisher die Anzahl der Ziffern des Codewortes.

Seit einiger Zeit wird nun ein neuartiges Codierungs-Prinzip für inkrementale und absolute Drehgeber entwickelt, das auf der Grundlage der Beugung an optischen Gittern basiert [3], [4]. Durch die gleichzeitige Beleuchtung einer bestimmten Anzahl von Gittern mit einer Laserdiode, wird das Licht derart gebeugt, dass sich auf einer Sensor-Ebene ein Muster aus Lichtflecken bildet. Aus der Position dieser sogenannten Beugungsordnungen kann die Winkelposition des Drehgebers decodiert werden.

Da die Informationen des Maßstabs indirekt aus dem von ihm erzeugten Beugungsmuster entziffert werden, können die Gitter nahezu parallel beleuchtet werden. Dadurch wird die Auflösung der Informationen von der Schärfentiefe weitgehend entkoppelt und es kann eine deutlich größere Robustheit gegen Abstandsschwankungen zwischen Lesekopf und Maßstab erreicht werden, als dies bei abbildenden Wegmess-Systemen der Fall ist.

3 Codierung q -närer PZS durch Beugungsgitter

Wegmess-Systeme für Linearmotoren erfordern auf Grund ihres größeren Messbereichs meist eine größere Anzahl absoluter Positionsinformationen als Drehgeber. Aus diesem Grund wird hier ein neuartiges Codierungs-Prinzip vorgestellt, das es ermöglicht eine größere Anzahl diskreter absoluter Positionsinformationen auf dem Maßstab zu implementieren, als es mit dem in [4] beschriebenen seriellen Gray-Code möglich ist.

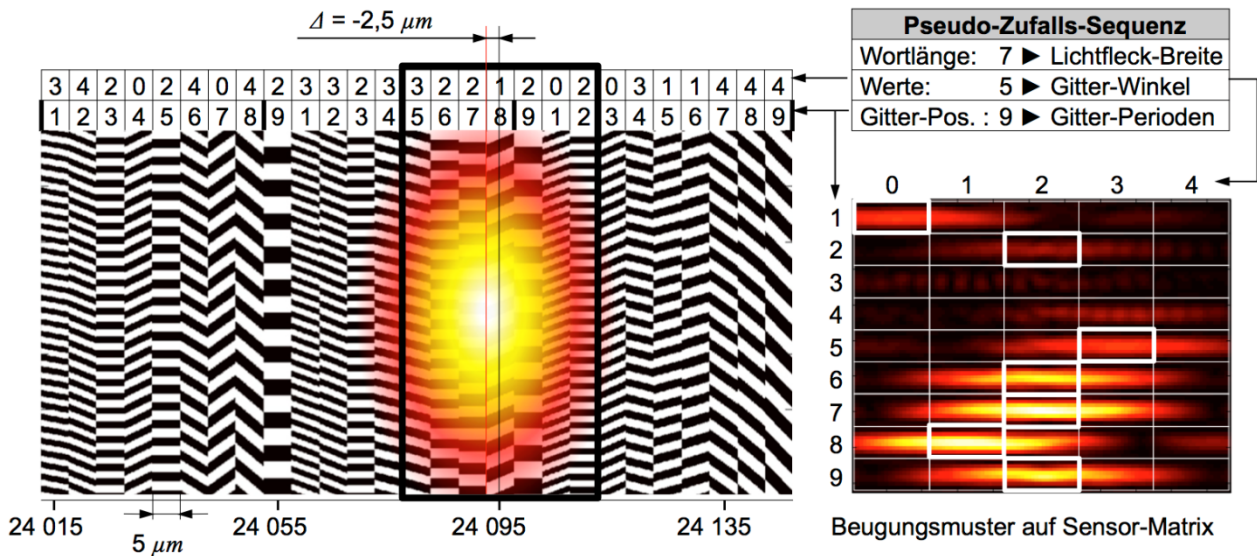


Abb. 2 Simulation der Codierung (links) und Decodierung (rechts) der PZS.

Dieses Prinzip basiert auf den in Kapitel 2 beschriebenen PZS, die sich mit Hilfe von linear rückgekoppelten Schieberegistern erzeugen lassen [5]. In Abhängigkeit der benötigten Anzahl an absoluten Positionsinformationen kann es dabei vorteilhaft sein eine andere als die binäre Zahlenbasis zu wählen, um so die Sensor-Matrix mit einer geringeren Anzahl an Photodioden realisieren zu können. Im Beispiel aus Abb. 2 ist daher die Codierung der Beugungsgitter anhand einer quintären PZS dargestellt. Die oberste Zahlenreihe zeigt einen Ausschnitt aus dieser quintären Sequenz mit Werten zwischen 0 und 4. Diese Werte sind durch die Winkel der Gitter codiert, so dass sich die von ihnen erzeugten Beugungsordnungen in den Spalten 0 bis 4 der Sensor-Matrix wiederfinden.

Um die Reihenfolge der Ziffern im Codewort entschlüsseln zu können, wird zusätzlich die Periode der Gitter in einem Zyklus, der um 2 länger ist als die Länge des Codewortes, variiert. Dadurch finden sich die Beugungsordnungen entsprechend der Perioden ihrer Gitter in den Zeilen 1 bis 9 auf der Sensormatrix wieder. Das Codewort kann nun aus dem so entstandenen Beugungsmuster decodiert werden, indem zunächst angenommen wird, dass die Beugungsordnung mit der höchsten Intensität (hier in Zeile 8) aus der Mitte des Codewortes stammen muss, da dort der Beleuchtungsfleck seine maximale Intensität besitzt. Trägt man also den Wert dieser Beugungsordnung (hier 1) in der Mitte des Codewortes ein, trägt die Werte der drei darüber befindlichen Beugungsordnungen (hier 3,2,2) vor dem mittleren Wert und die drei Werte der darunter befindlichen Beugungsordnungen (hier 2,0,2) hinter dem mittleren Wert ein, dann erhält man das gesuchte Codewort.

Will man die Genauigkeit der mit dem Codewort verbundenen Positionsinformation unter die Breite eines Gitter (hier $5 \mu\text{m}$) erhöhen, so kann man die

kontinuierlich Gauß-förmige Intensitätsverteilung des Beleuchtungsflecks aus der diskreten Intensitätsverteilung der Beugungsordnungen rekonstruieren. Dies ist in Abb. 3 gezeigt, in der die Intensitäten der Beugungsordnungen bzw. der intensivsten Matrix-Elemente pro Zeile in der örtlichen Verteilung ihrer Gitter angeordnet sind. Mithilfe des derart errechneten Korrekturwertes Δ war es in ersten, vereinfachten Messungen möglich eine Linearität und eine Wiederholgenauigkeit von ca. $0,5 \mu\text{m}$ zu erzielen. Dies demonstriert die Funktionsfähigkeit des Wegmess-Systems, das im Weiteren nun noch genauer zu charakterisieren ist.

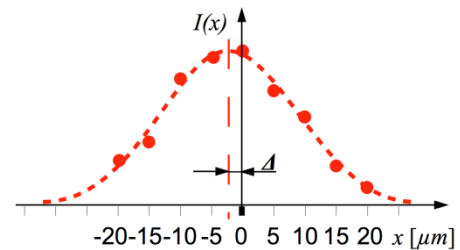


Abb. 3 Rekonstruktion der Gauß-förmigen Intensitätsverteilung des Beleuchtungsflecks aus den Intensitäten der Beugungsordnungen.

Literatur

- [1] Heidenhain GmbH, Datenblatt und Webseite, <http://www.heidenhain.de> (2011).
- [2] Renishaw plc, Datenblatt und Webseite, www.renishaw.com (2011).
- [3] Hopp, D., Pruß, Ch., Osten, W., Seybold, J., Mayer, V., and Kück, H., „Optisch Inkrementaler Drehgeber in Low-Cost-Bauweise“, Technisches Messen, Oldenburg Wissenschaftsverlag, 6/2010.
- [4] Hopp, D., Pruß, Ch., Osten, W., Sterns, F., Fritz, K.-P., Seybold, J., Mayer, V., and Kück, H., „Absolutkodierung für einen diffraktiven optischen Drehgeber“, DGaO Proceedings 2011, A21
- [5] Schroeder, M., „Number Theory in Science and Communication“, 8th edition, Springer, 2008.