







**Industrie ROBUST** 

### Vergleich von optischen und magnetischen Inkremental-Drehgebern

### Zusammenfassung

In diesem Whitepaper geht es darum, die Vor-Nachteile Unterschiede. und optischen und magnetischen Inkremental-Drehgebern aufzuzeigen. Hierbei wird nur auf die von Wachendorff Automation GmbH & Co. KG verwendeten Technologien eingegangen.

### Inkremental-Drehgeber generell

Drehgeber Inkrementale geben eine bestimmte Impulsen Anzahl von pro Umdrehung aus. Je mehr Impulse pro Umdrehung, umso genauer kann man mit Drehgeber diesem einen Winkel und Größen abgeleitete bestimmen. lm einfachsten Fall besteht dieses Signal aus einer sogenannten Spur. Diese wird meist als A-Spur bezeichnet (s. Abb. 1).

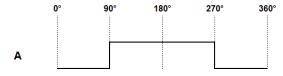


Abb. 1: A-Spur Inkremental-Drehgeber (1 Imp./U)

Mit Hilfe dieses Signales kann jedoch, unter Kenntnis der Impulse pro Umdrehung, nur die Anzahl der Impulse und die Geschwindigkeit bestimmt werden. Aus der Anzahl der Impulse kann auf den zurückgelegten Weg bzw. die Änderung des Winkels geschlossen werden, jedoch nicht auf die Drehrichtung.

Um die Drehrichtung bestimmen zu können, muss ein weiteres Signal aufgenommen werden. Dazu nutzt man die B-Spur, welche um 90° zur A-Spur versetzt abgetastet wird (s. Abb. 2). Hieraus lässt sich nun auch die Drehrichtung ableiten. Ist z.B. die A-Spur vor der B-Spur auf dem High-Pegel, so dreht sich die Welle im Uhrzeigersinn. Ist die B-Spur vor der A-Spur auf dem High-Pegel, so dreht die Welle gegen den Uhrzeigersinn.

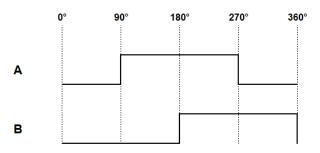


Abb. 2: A und B-Spur 90° versetzt (1 Imp./U)

Bei inkrementalen Drehgebern wird oft noch ein weiteres Signal mit ausgegeben, welches dazu genutzt werden kann um zu erkennen wie viele Umdrehungen absolviert worden sind, oder aber um einen bestimmten Punkt in der Umdrehung zu erkennen. Diese Spur nennt man N-Spur. Will man die Signalqualität und Störempfindlichkeit noch weiter verbessern, so kann man auch die invertierten Signale der A, B und N-Spuren hinzunehmen (s. Abb. 3) Misst man diese differentiell, fallen Gleichtaktstörungen nicht bzw. kaum ins Gewicht (s. Abb. 4 u. Abb. 5).

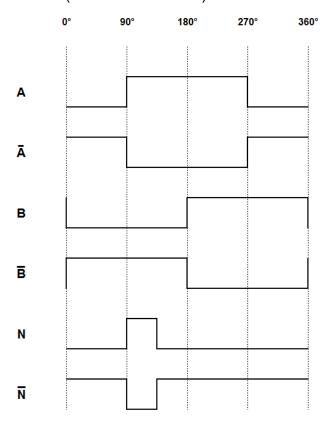


Abb. 3: A,B und N-Spur (1 Imp./U)



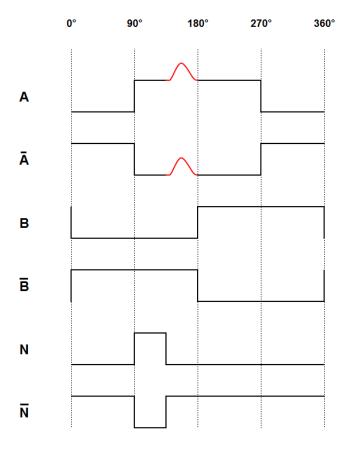


Abb. 4: Störsignal auf der A und Ā Spur

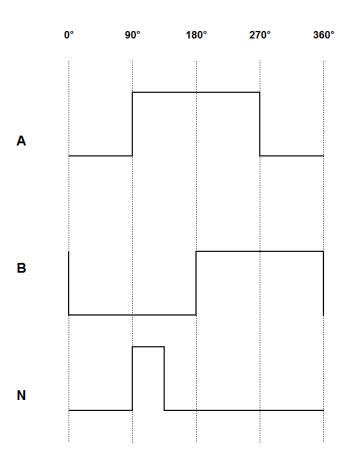


Abb. 5: Ergebnis trotz Störung bei differentieller Auswertung

Bei den Impulsen handelt es sich um ein von der Elektronik aufbereitetes Signal. Das ursprüngliche gewonnene Signal ist ein sinusbzw. dreieckförmiges. Anstatt dieses Signal weiter zu verarbeiten und daraus das Rechtecksignal (HTL oder TTL) zu generieren, ist es auch möglich dieses Sinus- und Spur um 90° versetzt ergibt sich daraus B-Spur 

Cosinus) auszugeben. Hieraus können die gleichen Informationen wie aus den Impulsen gewonnen werden (s. Abb. 6). Da man bei SinCos-Drehgebern mit Interpolation arbeiten kann, erreicht man eine höhere Auflösuna und dadurch auch bessere Genauigkeit Drehgebern als bei mit Rechtecksignalen.

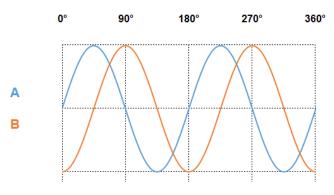


Abb. 6: Sinus-/Cosinus-Spur, 2 Signalperioden/U

Vergleicht man beispielsweise einen Drehgeber mit Rechtecksignalen mit einem SinCos-Drehgeber (beide 1024 Imp./U) und wendet bei dem SinCos-Drehgeber eine 4-Bit Interpolation an, so berechnet sich die interpolierte Auflösung wie folgt:

$$1024 \times 2^4 = 16384 \text{ interpol. Imp./U}$$

Dadurch lässt sich die Auflösung um den Faktor 16 steigern, ohne das eine Änderung an der Hardware vorgenommen wurde. Stattet man den Drehgeber mit einer änderbaren Interpolationsrate aus, so kann man mit einem Drehgeber mehrere Auflösungen umsetzen.



### Genauigkeit von Inkremental-Drehgebern

Bei Inkremental-Drehgebern können drei verschiedene Genauigkeiten bestimmt werden. Sie werden in Prozent angegeben und beziehen sich dabei auf eine Teilungslänge. Eine Teilungslänge besteht aus einem Impuls und einer Pause.

### Das Impuls-/Pausenverhältnis:

Das Impuls-/Pausenverhältnis gibt das Verhältnis von Puls- zu Pausendauer an (s. Abb. 7). Dies bedeutet, dass das Verhältnis von einem Impuls und einer Pause nicht immer exakt gleich ist (50% - 50%). So ist es möglich, dass der Impuls länger ist und die Pause kürzer, oder aber die Pause länger ist und der Impuls kürzer.

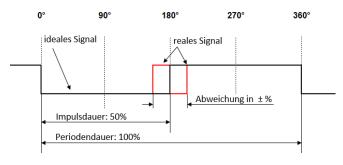


Abb. 7: Impuls-/Pausenverhältnis

### Der Phasenversatz:

Der Phasenversatz gibt die Genauigkeit zweier aufeinanderfolgender Flanken an (s. Abb. 8). Im idealen Fall, ist der Abstand zweier aufeinanderfolgender Flanken 90° einer Teilungslänge. Im realen Fall kann dieser Abstand geringer, oder größer sein.

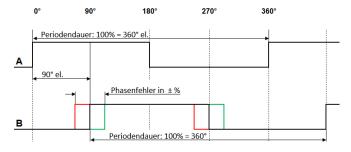


Abb. 8: Phasenversatz

Bei einem SinCos-Drehgeber kann auch ein Phasenversatz angegeben werden. Dieser gibt an um wieviel Prozent z.B. das Maximum des Cosinus zum Maximum des Sinus verschoben sein kann, bezogen auf den normalen Versatz von 90° einer Periodendauer (s. Abb. 9).

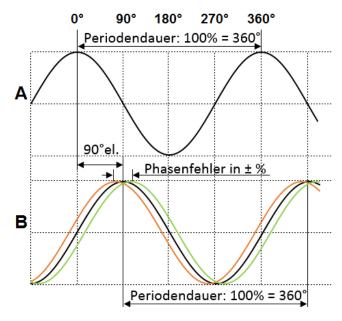


Abb. 9: Phasenversatz SinCos-Drehgeber

# Automation GmbH & Co. KG

### **Optisches Prinzip**

Bei inkrementalen Drehgebern mit optischer Abtastung wird das Licht einer Hochleistungs-LED mit einer bikonvexen Linse parallel ausgerichtet und durchstrahlt eine Blendenund eine Impulsscheibe (s. Abb. 10).

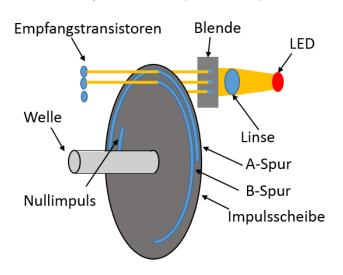


Abb. 10: vereinfachter Aufbau eines optischen Drehgebers

Die Blendenscheibe (s. Abb. 11) ist im Flansch integriert. Die Impulsscheibe (s. Abb. 12) ist auf der spielfrei gelagerten Edelstahlwelle montiert.

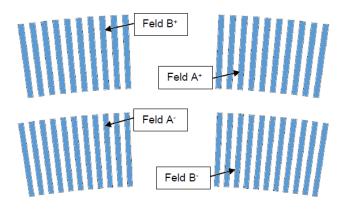


Abb. 11: Strichcode der Blende

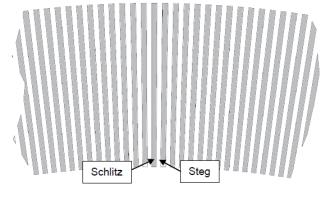


Abb. 12: Strichcode der Impulsscheibe

Dreht man die Welle, öffnen und schließen sich fein abgestimmte Felder in der Kombination von Blenden- und Impulsscheibe (s. Abb. 13).

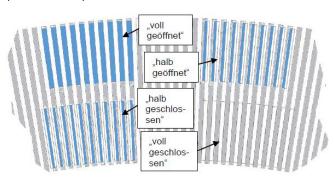


Abb. 13: Überdeckung Impulsscheibe Blende

Dadurch wird mehr oder weniger Licht durch die Gitter hindurchgelassen. Dieser Unterschied von hell zu dunkel wird von differentiell arbeitenden Empfangstransistoren auf einer gegenüberliegenden Platine erfasst. Die so gemessenen Signale sind, aufgrund der speziellen geometrischen Anordnung der Felder auf der Blende und der Impulsscheibe. um 90° elektrisch zueinander versetzt. Die nachgeschaltete Elektronik bereitet daraus hochpräzise Signale auf und verstärkt sie zu industriell einsetzbaren Impulsen, wie z.B. Sinus oder Rechteck in HTL bzw. TTL und deren invertierten Signalen.

Des Weiteren ist auf der Impulsscheibe und der Blende der Nullimpuls aufgebracht (s. Abb. 10). Dieser Nullimpuls wird einmal pro Umdrehung ausgegeben. Da ein inkrementaler Drehgeber nur Impulse ausgibt, wird für manche Anwendungen eine Referenzfahrt beim Einschalten der Maschine durchgeführt. Für diese Referenzfahrt wird der Nullimpuls genutzt. Außerdem kann der Nullimpuls zur Kontrolle der Impulse benutzt werden. Empfängt die Steuerung bei einem Drehgeber mit 1024 Impulsen den Nullimpuls erst nach 1030 Impulsen, so hat die Eingangskarte der Steuerung eventuell Störungen auf der Leitung als Impuls gezählt. Die Steuerung erkennt den Fehler mit Hilfe des Nullimpulses und kann eine Fehlermeldung ausgeben.

## Automation GmbH & Co. KG

### **Magnetisches Prinzip**

Inkrementale Drehgeber, welche auf dem magnetischen Prinzip aufbauen, arbeiten mit berührungslosen einer magnetischen Abtastung. Ein diametral magnetisierter der spielfrei gelagerten Magnet ist in Edelstahlwelle montiert. Dreht man die Welle, so dreht der Magnet und das Magnetfeld mit. Diese Änderung des Magnetfeldes wird durch einen Sensorchip auf der gegenüberliegenden Platine erfasst und verarbeitet (s. Abb. 14). Hierbei macht man sich den sogenannten Hall-Effekt zu Nutze.

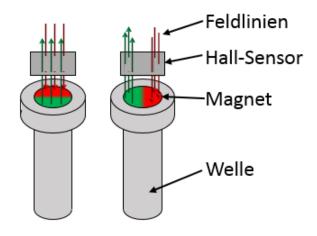


Abb. 14: schematischer Aufbau eines magnetischen Drehgebers

Wie in Abb. 15 zu sehen ist, durchdringt das Magnetfeld des Permanentmagneten mit seinen Feldlinien den Sensorchip. Durch die in der z-Achse vorhandenen Magnetfeldlinien wird im Sensorchip eine Spannung erzeugt. Der Sensorchip ist in vier Segmente aufgeteilt.

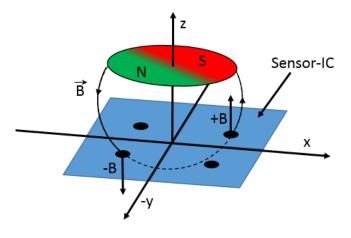


Abb. 15: Sensor-IC Hall Effekt

Die erzeugte Spannung in den Segmenten wird differentiell gemessen. Dafür wird die Spannung zwei verschiedener Segmente verwendet und daraus werden die zwei um 90° versetzten Signale generiert.

Genau genommen ist ein solcher Drehgeber einmal Singleturn-Absolutwertein Drehgeber. Der Sensorchip löst die Position der Welle absolut auf, da aus dem nun vorhanden Sinus und Cosinus Signal über die trigonometrischen Beziehungen der absolute Winkel bestimmt werden kann. Ein Interpolator erzeugt aus der absoluten Position in der Umdrehung dann die Spuren (A, B und N) und gibt diese aus. Vereinfacht könnte dies wie folgt geschehen. Jedes Mal wenn sich der Positionswert ändert, ändert sich je nach Drehrichtung ein Flanke der A oder B Spur und bei dem Positionswert 1 wird der Nullimpuls ausgegeben (s. Abb. 16).

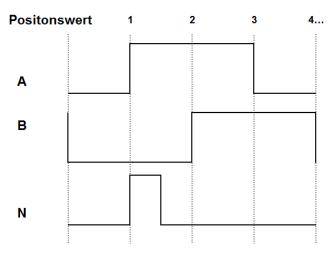


Abb. 16: Beispiel Absolutwert -> Inkremental

Auch hier werden aus den gewonnen Signalen durch die nachgeschaltete Elektronik hochpräzise Signale aufbereitet und verstärkt, um sie als industriell einsetzbare Rechteckimpulse in HTL bzw. TTL und deren invertierten Signale auszugeben.

Unsere Drehgeber sind fein abgestimmte Messsysteme mit präziser Mechanik, effizienter Sensorik und einer leistungsfähigen Elektronik.

Industriestraße 7 • D-65366 Geisenheim Tel.: +49 (0) 67 22/99 65-25 • Fax: +49 (0) 67 22/99 65-70

E-Mail: wdgi@wachendorff.de • www.wachendorff-automation.de

### Vor- und Nachteile:

### Magnetisches Prinzip:

- Einfluss sehr starker Magnetfelder möglich
- Genauigkeit noch nicht so hoch wie bei den optischen Systemen
- begrenzte Auflösung
- + Sehr unempfindlich gegenüber Umwelteinflüssen
- + günstiger

### Optisches Prinzip:

- empfindlich gegenüber Umwelteinflüsse
- + Hohe Auflösung und Genauigkeit möglich
- + Sehr unempfindlich gegen magnetischen Einflüssen

(Anzahl der Punkte hat keine Gewichtung)

### Fazit:

Das perfekte Prinzip gibt es noch nicht. Wie man anhand der Vor- und Nachteile erkennen kann, kommt es auf die Anwendung im Einzelfall an, welches Prinzip das beste Ergebnis verspricht. Beide Prinzipien nähern sich immer mehr aneinander an. Die magnetischen Systeme werden durch kontinuierlich weiter verbesserte Sensorik fortwährend genauer und kommen damit an die Genauigkeit der optischen Systeme immer näher ran. Wiederrum wird die Robustheit der optischen Systeme auch immer besser, beziehungsweise werden die Systeme immer unempfindlicher gegenüber Schock und Vibrationen. Wir helfen Ihnen gerne bei der Entscheidung.

### Wachendorff stellt sich vor:

Wachendorff Automation GmbH & Co. KG entwickelt und stellt Drehgeber, Motorfeedback und komplette Mess-Systeme für den Einsatz in unterschiedlichsten Serienanwendungen im Maschinenund Anlagenbau her. Umfangreiches Standardprogramm mit zahlreichen Optionen sowie effiziente Entwicklung kundenspezifischer Lösungen ist für uns als inhabergeführtes mittelständisches Unternehmen mit Sitz im schönen Rheingau, westlich von Wiesbaden, selbstverständlich. Die kompetente,



persönliche Beratung von Mensch zu Mensch und die nachhaltige Zusammenarbeit mit unseren Geschäftspartnern sind tragende Säulen für unser kontinuierliches Wachstum. Wir sind nach DIN ISO 9001 und DIN ISO 14001 zertifiziert.

Autor:

Steffen Negeli, B.Eng. Produktmanager

Quellen:

Wachendorff Automation – *Allgemeine techn. Daten inkrementale Drehgeber* Springer Fachmedien Wiesbaden 2016 S. Basler - *Encoder und Motor-Feedback-Systeme* 

# automation.de

# www.wachendorff



### Die Wachendorff Gruppe

- Begeisterte Kunden
- Verantwortliches Handeln
- Attraktivität für gute Mitarbeiter
- Top-Qualität
- Technologische Spitzenstellung
- Schutz der Umwelt
- Profitables Wachstum

Wir sind eine inhabergeführte mittelständische Unternehmensgruppe mit Sitz im schönen Rheingau, westlich von Wiesbaden.

Die kompetente, persönliche Beratung von Mensch zu Mensch und die nachhaltige Zusammenarbeit mit unseren Geschäftspartnern sind tragende Säulen für unser kontinuierliches Wachstum. Wir sind nach DIN ISO 9001 und DIN ISO 14001 zertifiziert.

### Wachendorff Automation GmbH & Co. KG

Entwicklung und Herstellung von Drehgebern, Motorfeedback und kompletten Mess-Systemen für den Einsatz in unterschiedlichsten Serienanwendungen im Maschinenund Anlagenbau. Umfangreiches Standardprogramm mit zahlreichen Optionen sowie effiziente Entwicklung kundenspezifischer Lösungen.

### Wachendorff Prozesstechnik GmbH & Co. KG

Seit 1978 zuverlässiger Lieferant industrierobuster und hochqualitativer Geräte für die Visualisierung, Kommunikation und Verarbeitung von Daten in den Bereichen Maschinen-, Anlagen- und Gebäudeautomation.



Wachendorff Automation GmbH & Co. KG Industriestrasse 7 • D-65366 Geisenheim

Tel.: +49 (0) 67 22 / 99 65 - 25 Fax: +49 (0) 67 22 / 99 65 - 70 E-Mail: wdg@wachendorff.de www.wachendorff-automation.de



lhr	Distributor	٠.