

## Application Note DK9221-0511-0051

### XFC-Technologie Mikroinkremente

#### Keywords

Mikroinkremente  
Distributed Clock  
EtherCAT  
EtherCAT Box  
XFC  
IP 67  
EP5101  
Encoder

## Mikroinkremente | IP 67

**Dieses Application Example beschreibt, wie die physikalische Auflösung eines Inkrementalgebers in rauer Industrie-Umgebung (IP 65/67) die Mikroinkremente-Funktion der EtherCAT-Box-Module EP5101 maximiert. Die Anzahl der gezählten Encoder-Segmente kann um eine Breite von 8 Bit, also 256-fach, detaillierter ausgegeben werden.**

### Das IP-67-I/O-System von Beckhoff

Mit der Beckhoff EtherCAT Box kommt die EtherCAT-Technologie nun auch ohne Schaltschrank zum Einsatz. Die Module der IP-67-Serie haben durchgängig ein direktes EtherCAT-Interface, sodass die hohe Performance bis in jedes Modul erhalten bleibt. Dies eröffnet neue Möglichkeiten in der IP-67-Welt: schnelle Prozessdatenkommunikation mit XFC, hochgenaue Messtechnik und integrierte Antriebstechnik-Funktionen direkt im Feld. Mit Abmessungen von nur 126 x 30/60 x 26,5 mm (H x B x T) sind die Module außerordentlich klein und eignen sich somit besonders für Anwendungsfälle mit beengten Platzverhältnissen.



## Application Note DK9221-0511-0051

### XFC-Technologie Mikroinkremente

#### Technischer Hintergrund

Zur Überwachung von mechanischen Bewegungsabläufen ist der Inkrementalgeber das wichtigste Bindeglied zwischen Mechanik und Steuerung. Inkrementalgeber, oder auch Encoder genannt, wandeln eine lineare oder rotatorische Bewegung in elektrisch auswertbare Signale um. Für Drehbewegungen sind auf einer Impulsscheibe eine bestimmte Anzahl Hell-/Dunkelsegmente aufgebracht, die per Lichtstrahl abgetastet werden. Zur Erfassung von linearen Bewegungen ist eine entsprechende abtastbare Skala in Fahrtrichtung angebracht. Die Auflösung des Encoders limitiert die Genauigkeit der wiedergegebenen Position. Bei rotatorischen Bewegungen entspricht die Auflösung dem Quotienten aus Umdrehung ( $360^\circ$ ) und Anzahl der Segmente. Man erhält den kleinstmöglichen messbaren Unterschied zwischen zwei Positionen. Je mehr Segmente, desto höher die Auflösung und präziser die Positionsangabe. Eine handelsübliche Ausführung eines Encoders sind 1000 Strich, daraus erfolgt eine Genauigkeit von  $360^\circ / 1000 = 0,36^\circ$ . Die Drehbewegung kann also auf  $\pm 0,36^\circ$  genau überwacht werden. Das ist für einfache Positionieraufgaben oft ausreichend. Um jedoch neben der Position auch noch den Gleichlauf der Achse zu überwachen, ist eine feinere Auflösung erforderlich.

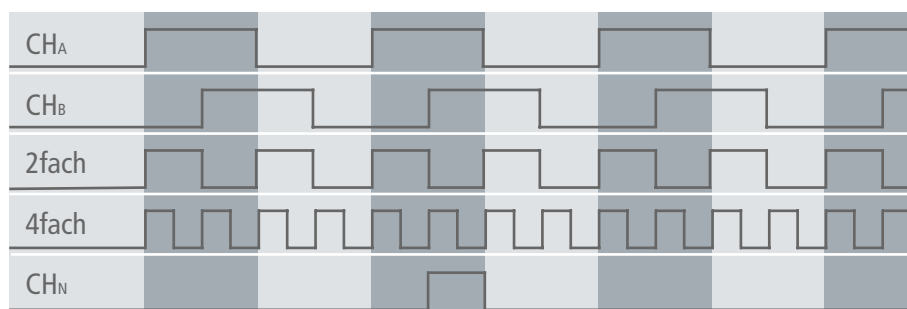


Abb. 1 Encodersignale in unterschiedl. Auflösung

Die physikalische Verbesserung der Auflösung durch Maximierung der Encoder-Segmente ist nur bis zu einem gewissen Grad sinnvoll, da Fertigungstoleranzen und Betriebsbedingungen die Kosten des Encoders erhöhen. Eine einfache und effektive Maximierung der Auflösung erfolgt durch Einsatz einer zweiten Detektionsstelle. Bei zwei um  $90^\circ$  verschobenen Signalen stehen drei Flanken zusätzlich zur Detektion zur Verfügung. Anhand dieser lässt sich neben der Position auch die Drehrichtung ermitteln und einmal pro Umdrehung wird zusätzlich ein Referenzsignal zur Nullung ausgegeben. Durch die Auswertung dieser zusätzlichen Flanken verfeinert sich die Auflösung um Faktor 4 [ $360^\circ / 4 * 1000 = 0,09^\circ$ ], daher wird dieses Prinzip Quadratur-Encoder genannt.

#### Gleichlaufüberwachung einer Achse

Die Überwachung des Gleichlaufs einer Achse erfolgt aus der zyklischen Positionsabfrage und Interpolation dieser Werte innerhalb der SPS. Die Zeitbasis für die Interpolation ist das strenge Zyklus-gebundene Abarbeiten der Anweisungen in der SPS. Bei einer Taktzeit von 1 ms, wie sie bei Motion-Anwendungen üblich ist, werden die Positionen dementsprechend zu einer

## Application Note DK9221-0511-0051

### XFC-Technologie Mikroinkremente

Zeitbasis von 1 ms abgetastet. Die realen Abtast-Intervalle des Encoders sind jedoch nicht so statisch streng wie die der SPS und schwanken. Ursache für die Ungeregelmäßigkeit ist ein Prinzip-bedingtes Schwanken der Feldbus-Übertragungszeiten (Jitter) und die Ungenauigkeit des Encoders mit  $\pm 1/2$  Flanke. Da die SPS diese Diskontinuität der Abfrage-Intervalle nicht berücksichtigt und eine konstante Intervall-Dauer annimmt, kann sich selbst bei real gleichlaufender Achse im Prozessabbild der SPS ein unsteter Positionsverlauf ergeben. Diese nur virtuell vorhandene Abweichung kann drei verschiedene Auswirkungen haben:

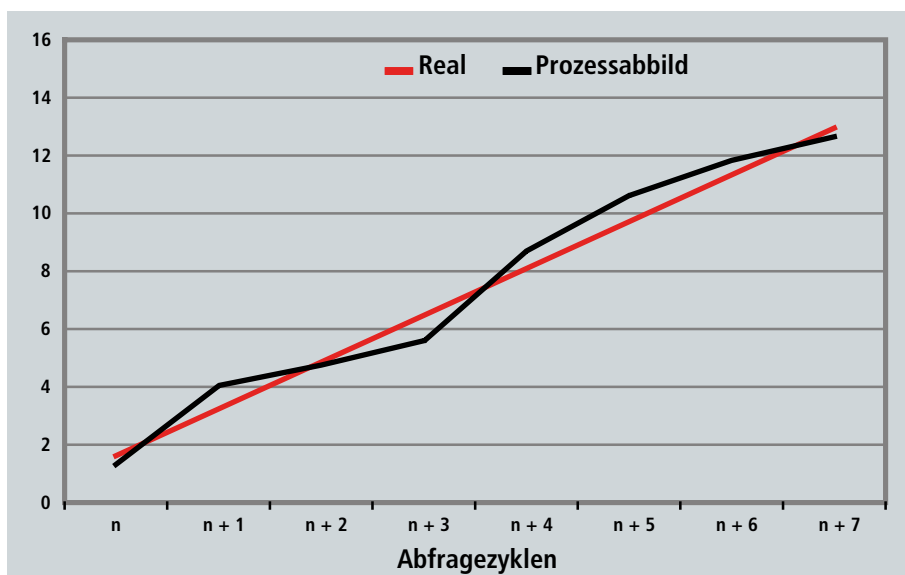


Diagramm 1 Ungleichlauf nach Prozessabbild

#### 1. Fall:

Obwohl die Achse real absolut gleichmäßig läuft, ergibt sich im Prozessabbild ein **nicht** gleichmäßiger Lauf (siehe Diagramm 1).

## Application Note DK9221-0511-0051

## XFC-Technologie Mikroinkremente

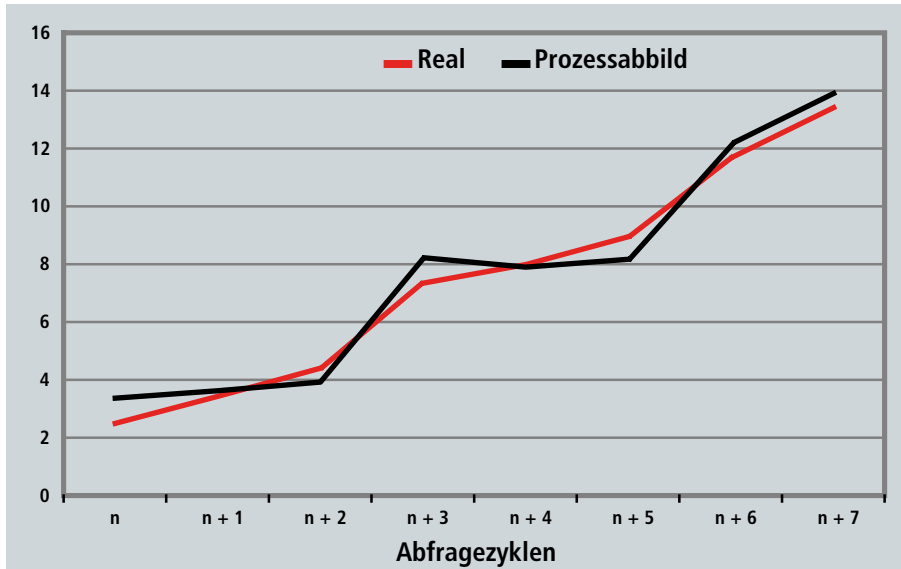


Diagramm 2 Verstärkter Ungleichlauf nach Prozessabbild

2. Fall:

Während die Achse real geringfügig ungleichmäßig läuft, verstärkt sich das im Prozessabbild (siehe Diagramm 2).

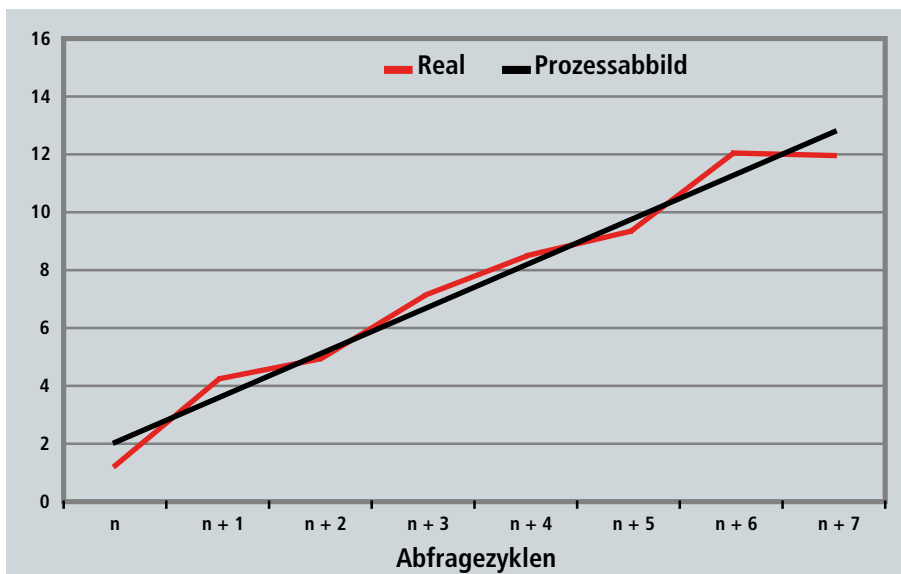


Diagramm 3 Egalisierung des Ungleichlaufs nach Prozessabbild

3. Fall:

Die Achse läuft real ungleichmäßig, das Prozessabbild egalisiert diesen ungleichmäßigen Lauf (siehe Diagramm 3).

## Application Note DK9221-0511-0051

### XFC-Technologie Mikroinkremente

#### Synchronisierung der strengzyklischen Abfrage durch Distributed-Clock (DC)

Durch den Einsatz eines lokalen Taktgebers in den EtherCAT-Slaves kann eine hohe Gleichmäßigkeit der Abfrage-Intervalle erlangt werden, beispielsweise durch Einsatz der Distributed-Clock-Funktion unter EtherCAT (siehe Abb 2). Bei diesem Prinzip werden die businternen Protokoll-Laufzeiten gemessen und die Uhren der Taktgeber in den einzelnen Feldbus-Slaves angepasst. Die auftretende Laufzeitdifferenz ist durch DC exakt bekannt und kann herausgerechnet werden. Die Abfrage-Intervalle der EtherCAT-Slaves sind somit an den streng-zyklischen Operations-modus der SPS angepasst. Zu der Distributed-Clock-Funktion siehe Systembeschreibung „Distributed Clocks“ im Downloadbereich unter [www.beckhoff.de/german/download/ethercat.htm](http://www.beckhoff.de/german/download/ethercat.htm).

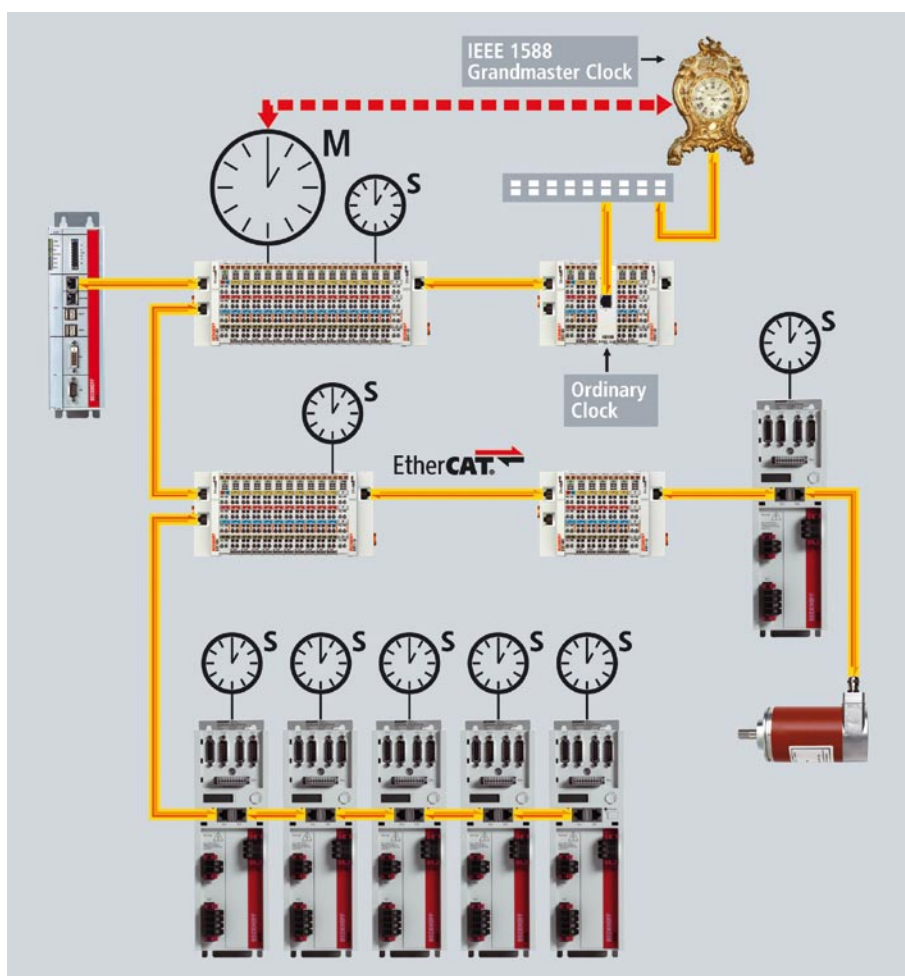


Abb. 2 Lokale Taktgeber im Feld

## Application Note DK9221-0511-0051

### XFC-Technologie Mikroinkremente

#### Praxisbeispiel | Virtuelle Maximierung der physikalischen Encoder-Auflösung durch Mikroinkremente

Die Halbflanken-Ungenauigkeit des Encoders wird durch den Einsatz des Betriebsmodus „Mikroinkremente“ des Inkremental-Encoder-Interface EP5101 beseitigt. In diesem Modus interpoliert die EtherCAT Box eigenständig die zu übermittelnden Positionsabfragen auf einer Breite von 8 Bit. Daher liefert dieser Betriebsmodus eine 256-fach höhere Auflösung als der Encoder physikalisch hergibt. Der Betriebsmodus Mikroinkremente eignet sich jedoch nur bei Bewegungsanalysen, da zur modulinternen Interpolation die Position in einer wesentlich höheren Auflösung erfasst wird, als interpoliert an den Feldbus weitergegeben wird. Die Interpolation in der EtherCAT Box setzt prinzipbedingt eine Mindestgeschwindigkeit voraus, d. h. im (nahezu) Stillstand können Mikroinkrementen nicht ausgewertet werden.

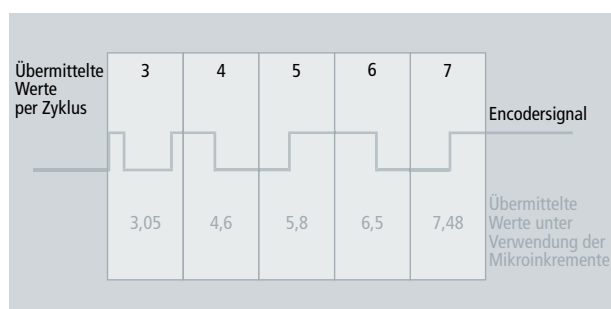


Abb. 3 Unterschiedliche Auflösungen des Encodersignals (mit und ohne Mikroinkremente)

Die EtherCAT Box EP5101 ist ein Interface zum direkten Anschluss von Inkremental-Encodern mit Differenzeingängen (RS485). Durch die optionale interpolierende Mikroinkrementefunktionalität kann die EP5101 bei dynamischen Achsen noch genauere Achspositionen liefern. Zudem unterstützt sie über die hochpräzisen EtherCAT-Distributed-Clocks das synchrone Einlesen des Geberwertes zusammen mit anderen Eingangsdaten im EtherCAT-System. Der Anschluss des Gebers erfolgt über eine 8-polige M12-Buchse (EP5101-0002) oder über eine 15-polige D Sub-Buchse (EP5101-0011).

## Application Note DK9221-0511-0051

### XFC-Technologie Mikroinkremente

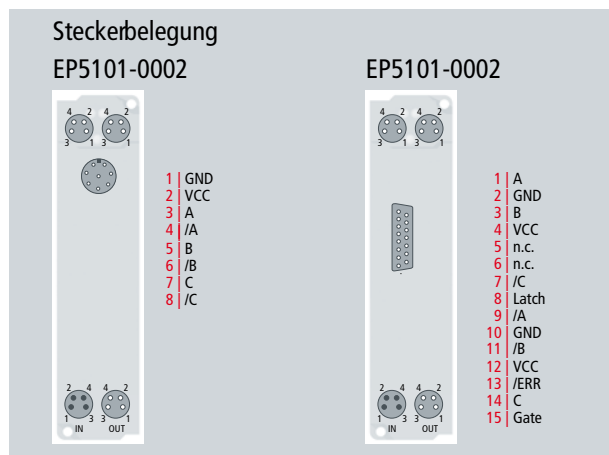


Abb. 4 Steckerbelegung der EtherCAT Box EP5101

- Inkremental-Encoder-Interface in IP 67 [www.beckhoff.de/EP5101](http://www.beckhoff.de/EP5101)
- Steuerungsarchitektur für höchste Leistung [www.beckhoff.de/XFC](http://www.beckhoff.de/XFC)
- Durchgängig EtherCAT bis in die IP-67-Welt [www.beckhoff.de/EtherCAT-Box](http://www.beckhoff.de/EtherCAT-Box)
- EtherCAT [www.beckhoff.de/EtherCAT](http://www.beckhoff.de/EtherCAT)

Dieses Dokument enthält exemplarische Anwendungen unserer Produkte für bestimmte Einsatzbereiche. Die hier dargestellten Anwendungshinweise beruhen auf den typischen Eigenschaften unserer Produkte und haben ausschließlich Beispielcharakter. Die mit diesem Dokument vermittelten Hinweise beziehen sich ausdrücklich nicht auf spezifische Anwendungsfälle, daher liegt es in der Verantwortung des Kunden zu prüfen und zu entscheiden, ob das Produkt für den Einsatz in einem bestimmten Anwendungsbereich geeignet ist. Wir übernehmen keine Gewährleistung, dass der in diesem Dokument enthaltene Quellcode vollständig und richtig ist. Wir behalten uns jederzeit eine Änderung der Inhalte dieses Dokuments vor und übernehmen keine Haftung für Irrtümer und fehlenden Angaben. Eine detaillierte Beschreibung unserer Produkte enthalten unsere Datenblätter und Dokumentationen, die darin enthaltenen produktspezifischen Warnhinweise sind unbedingt zu beachten. Die aktuelle Version der Datenblätter und Dokumentationen finden Sie auf unserer Homepage ([www.beckhoff.de](http://www.beckhoff.de)).

© Beckhoff Automation GmbH, Mai 2011

Die Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts sind verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patent-, Gebrauchsmuster- oder Geschmacksmustereintragung vorbehalten.