



Technische Information

Drehgeber für hochdynamische Servoantriebe

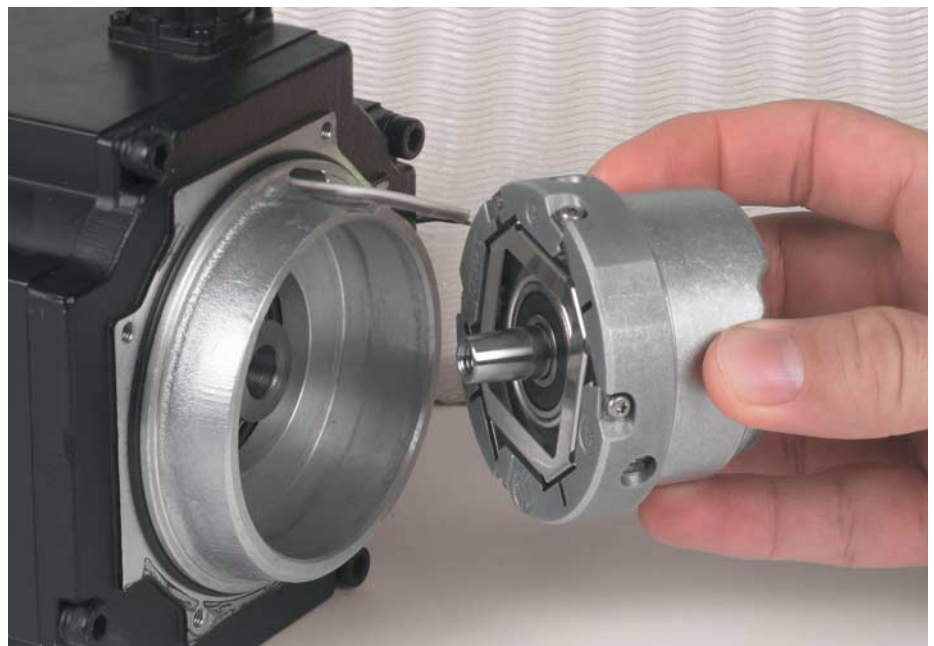
In vielen Bereichen der Automatisierungstechnik, der Robotik, an Handhabungssystemen ebenso wie in der Antriebstechnik an Werkzeug- oder Produktionsmaschinen werden geregelte Servoantriebe eingesetzt. Die Anforderungen an Dynamik, Gleichlauf und Störsteifigkeit bedingen immer höhere Verstärkungsfaktoren in den Regelkreisen. Die verwendeten Positionsmessgeräte haben einen signifikanten Anteil an der Regelgüte des Antriebs. Vor allem die Positionsauflösung und die Positionsabweichungen innerhalb einer Signalperiode rücken in den Vordergrund.

Die Wahl einer bestimmten Gebertechnologie hängt stark von den Genauigkeitsanforderungen der jeweiligen Anwendung ab. Eine flexible Anbausituation am Motor sowie eine einheitliche Datenschnittstelle zur Steuerung ermöglichen die Integration unterschiedlicher Gebertechnologien und unterstützt damit einen modularen Antriebsaufbau.

Positionsmessgeräte für Servoantriebe

Die zur Drehzahlrückmeldung an Servoantrieben typischerweise eingesetzten Messgeräte unterscheiden sich wesentlich in ihren Ausstattungsmerkmalen.

Resolver weisen meist nur eine Signalperiode pro Motor-Umdrehung auf. Die Positionsauflösung ist daher stark eingeschränkt, der ermittelte Positionswert ist absolut innerhalb einer Umdrehung. **Induktive Drehgeber** verfügen über eine Teilung mit 32 bzw. 16 Signalperioden pro Umdrehung und erzielen so eine deutlich höhere Positionsauflösung. Die Winkelposition wird als Absolutwert ermittelt. **Optische Drehgeber** basieren auf sehr feinen Teilungen mit 512 oder 2048 Signalperioden und verfügen daher über hohe Auflösungen. In der Multiturn-Ausführung kann die Absolutposition ebenso wie bei den induktiven Drehgebern innerhalb von 4096 Umdrehungen eindeutig bestimmt werden.



Induktive und optische Drehgeber von HEIDENHAIN mit der digitalen Schnittstelle EnDat 2.2 besitzen eine integrierte Signalauswertung. Die Steuerung erhält direkt den digitalisierten absoluten Positionswert, zusätzliche Rechenoperationen sind nicht notwendig. Beim Resolver hingegen müssen die Analogsignale generiert und ausgewertet werden. Die Auswertung ist aufwändig und als zusätzlicher Kostenfaktor zu berücksichtigen. Resolver sind allgemein als sehr robust bekannt. Aber auch die Drehgeber von HEIDENHAIN erlauben praxisingerechte Beschleunigungswerte.

	Resolver	induktive Drehgeber	optische Drehgeber
Strichzahl pro Umdrehung (typ.)	1	32	2048
Interpolation	extern	intern	intern
Auflösung	typisch 14 bit 16384 Pos/U	17 bit 131072 Pos/U	25 bit ca. 33 Mio. Pos/U
Genauigkeit	typisch $\pm 480''$	$\pm 280''$	$\pm 20''$
minimal möglicher Messschritt	ca. $80''$	ca. $10''$	ca. $0,04''$

Einfluss von periodischen Messabweichungen auf das Regelverhalten

Um die erforderliche hohe Auflösung zu erreichen, müssen die sinusförmigen Abtastsignale interpoliert werden. Durch unvollkommene Abtastung, Verschmutzung der Maßverkörperung sowie durch unzureichende Signalaufbereitung können die Signale von der idealen Sinusform abweichen. Bei der Interpolation entstehen dann Fehler mit einem periodischen Verlauf innerhalb einer Signalperiode. Sie werden deshalb auch als Positionsabweichung innerhalb einer Signalperiode oder als Interpolationsabweichung bezeichnet. Bei hochwertigen Messgeräten betragen sie typischerweise 1 bis 2 % der Signalperiode.

Die Interpolationsabweichung beeinträchtigt die Positioniergenauigkeit und kann darüber hinaus auch das Gleichlauf- und Geräuschverhalten des Antriebs erheblich verschlechtern. Der Geschwindigkeitsregler berechnet Sollströme, die den Antrieb entsprechend des Fehlerverlaufs abbremzen oder beschleunigen. Bei geringen Vorschubgeschwindigkeiten folgt der Vorschubantrieb der Interpolationsabweichung. Bei steigender Drehzahl erhöht sich auch die Frequenz der Interpolationsabweichung. Da der Motor der Abweichung nur innerhalb der Regelbandbreite folgen kann,

nimmt ihre Wirkung auf das Gleichlaufverhalten mit zunehmender Drehzahl ab. Dagegen nehmen die Störungen im Motorstrom weiter zu, was bei hohen Regelkreisverstärkungen zu störenden Antriebsgeräuschen führt. (siehe Bild 1)

Die erreichbare Genauigkeit eines Servoantriebs hängt sowohl von der Amplitude als auch von der Periodenlänge der Messabweichung ab. Da der **Resolver** lediglich eine Signalperiode pro Umdrehung erzeugt, wirkt sich die Interpolationsabweichung besonders stark aus: Mit den Zahlenwerten aus der Tabelle von Seite 1 und einer Regelbandbreite von 100 Hz folgt der Antrieb einer sinusförmigen Interpolationsabweichung, deren Periodenlänge einer Signalperiode des Gebers (1phi-Abweichung) entspricht, bis 6000 Umin^{-1} . Somit ist praktisch im gesamten Drehzahlbereich mit Drehzahlschwankungen zu rechnen. Bei einem **optischen Drehgeber** folgt der Antrieb einer Interpolationsabweichung nur in kleinen Geschwindigkeitsbereichen. Im gleichen Beispiel aber bei einem Drehgeber mit 2048 Strichen zeigt sich eine 1phi-Abweichung im Drehzahlbereich zwischen 0 und $2,8 \text{ Umin}^{-1}$. Die dabei entstehenden Positionsabweichungen bleiben üblicherweise im Intervall von ca. $\pm 6''$.

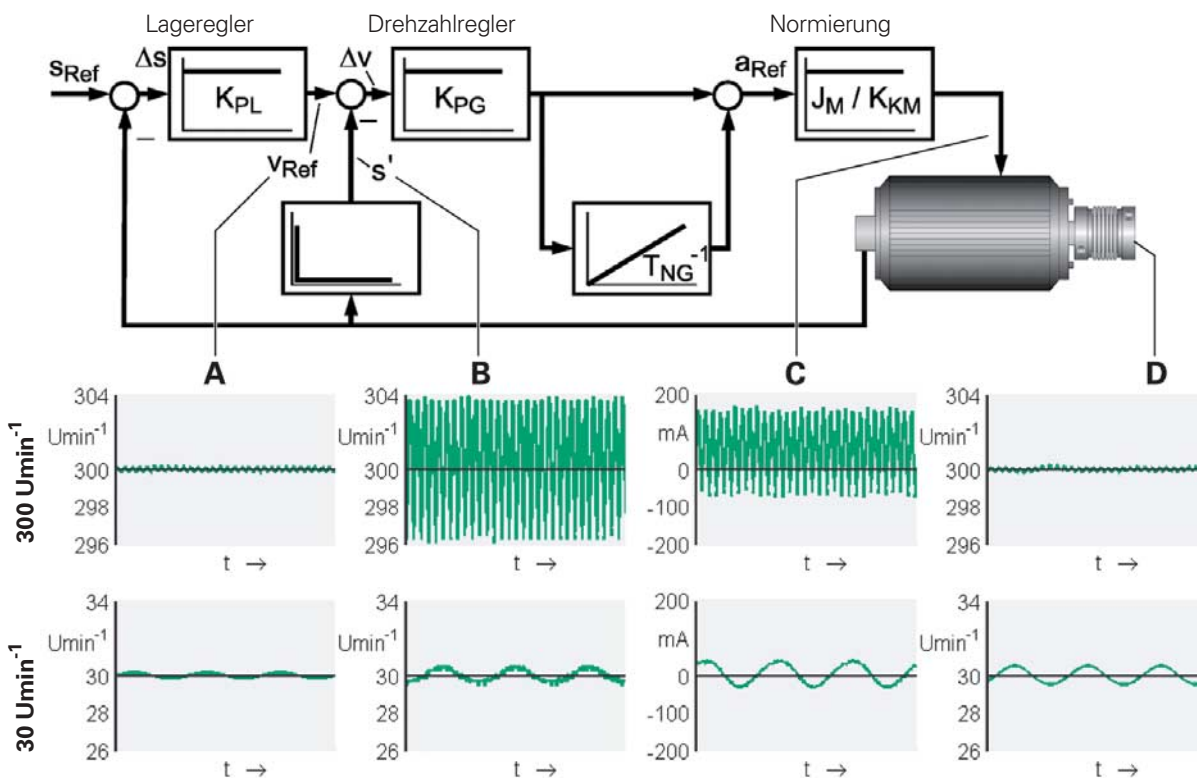
Einfluss der Positionsauflösung auf die Geschwindigkeitsregelung

Da sich die an Servoantrieben typischerweise eingesetzten Messgeräte wesentlich in Auflösung und Genauigkeit unterscheiden, soll der Einfluss des minimal möglichen Messschritts auf den Regelkreis näher betrachtet werden. Dazu dient ein Zahlenbeispiel sowie das im Bild 1 dargestellte Blockschaltbild der Antriebsregelung. Dabei soll der I-Anteil des Drehzahlreglers sowie der Lageregler vernachlässigt werden.

Betrachtet wird ein Antrieb mit den Kennwerten:

Abtastzeit T	100 μs
P-Verstärkung K_{PG}	600 s^{-1}
Motorträgheit J_M	0,001 kgm^2
Drehmomentkonstante K_{KM}	0,68 NmA^{-1}

Mit diesen Parametern bewirkt der minimal mögliche Messschritt bei einem Resolver mit nachgeschalteter 14-Bit-Interpolation eine sprunghafte Änderung im Sollstrom von 3,4 A. Dieser Wert entspricht immerhin 50 % des Spitzenstroms beim betrachteten Motor. Dagegen bewirkt der schon wesentlich feinere Messschritt beim induktiven Drehgeber mit 17 Bit Auflösung lediglich einen Sprung von 400 mA, beim optischen Drehgeber mit z. B. 25 Bit Auflösung weniger als 2 mA.



A = Ausgang Lageregler $v_{Ref} = \Delta s * K_{PL}$ **C** = Motorstrom
B = Messwert Geschwindigkeit s' **D** = Tatsächliche Geschwindigkeit

Bild 1: Wirkung der Interpolationsabweichungen im Regelkreises eines Servoantriebs bei zwei unterschiedlichen Drehzahlen

Modulare Bauweise

Servuantriebe müssen für unterschiedliche Genauigkeitsanforderungen einsetzbar sein. Da die geforderte Genauigkeit einen bedeutenden Einfluss auf die Auswahl der Gebertechnologie hat, ist eine universelle Anbaumöglichkeit eine wichtige Voraussetzung für ein vielseitiges, modulares Antriebssystem. Optimalerweise sind an einen Motor alle verschiedenen Gebervarianten – optische und induktive Drehgeber sowie Resolver – ohne zusätzliche Zwischenflansche anbaubar. Eine Konstruktion nach Bild 2 macht dies möglich, wobei optische und induktive Drehgeber von HEIDENHAIN bereits identische Anbausituationen aufweisen.

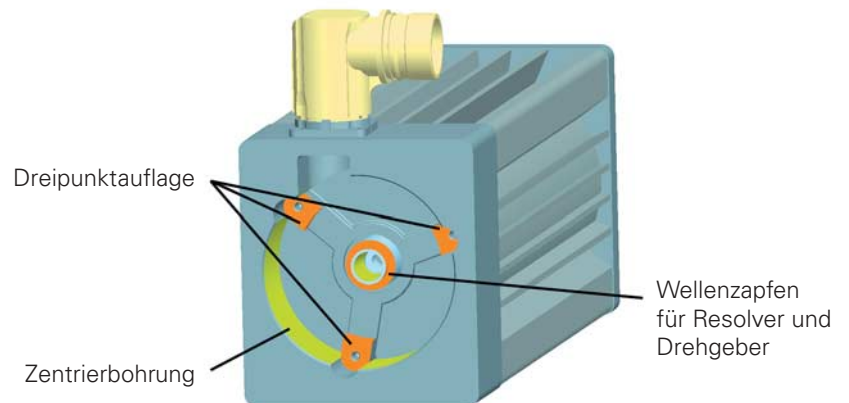


Bild 2: Vorschlag für eine universelle Anbaumöglichkeit von optischen und induktiven Drehgebern sowie Resolvern an Servomotoren

Fazit

Für die Leistungsfähigkeit elektrischer Antriebe ist neben dem konstruktiven Aufbau und den Eigenschaften der Steuerung vor allem die verwendete Messtechnik entscheidend. Positioniergenauigkeit und Gleichlaufverhalten solcher Maschinenachsen bestimmen wesentlich die Werkstück- bzw. Produktqualität. Das erfordert ein Positionsmessgerät mit einer großen Anzahl von Messschritten und einer guten Signalqualität.

Unregelmäßigkeiten im Gleichlauf können neben mechanischen Einflüssen aus dem Antriebsstrang auch durch Positionsabweichungen der verwendeten Gebertechnologie entstehen. Eine zu geringe Auflösung der Messsignale sowie hohe Interpolationsabweichungen können unter anderem zu wellenartigen Fehlern auf der Werkstückoberfläche führen. Auch in Produktionsanlagen kann der Gleichlauf bestimmter Bewegungsabläufe zum qualitätsrelevanten Produktionsparameter werden.

Mit höheren Auflösungen und Genauigkeiten kann das Gleichlaufverhalten des Motors entscheidend verbessert werden. Zudem werden Störungen im Motorstrom erheblich reduziert. Der Motor zeigt ein ruhiges Betriebsverhalten und entwickelt wenig Wärme. (siehe Bild 3)

Optimale Ausgangssignale mit hoher Auflösung unterstützen eine hohe Regelbandbreite. Dadurch wirken sich Lastschwankungen kaum auf die Drehzahl aus.

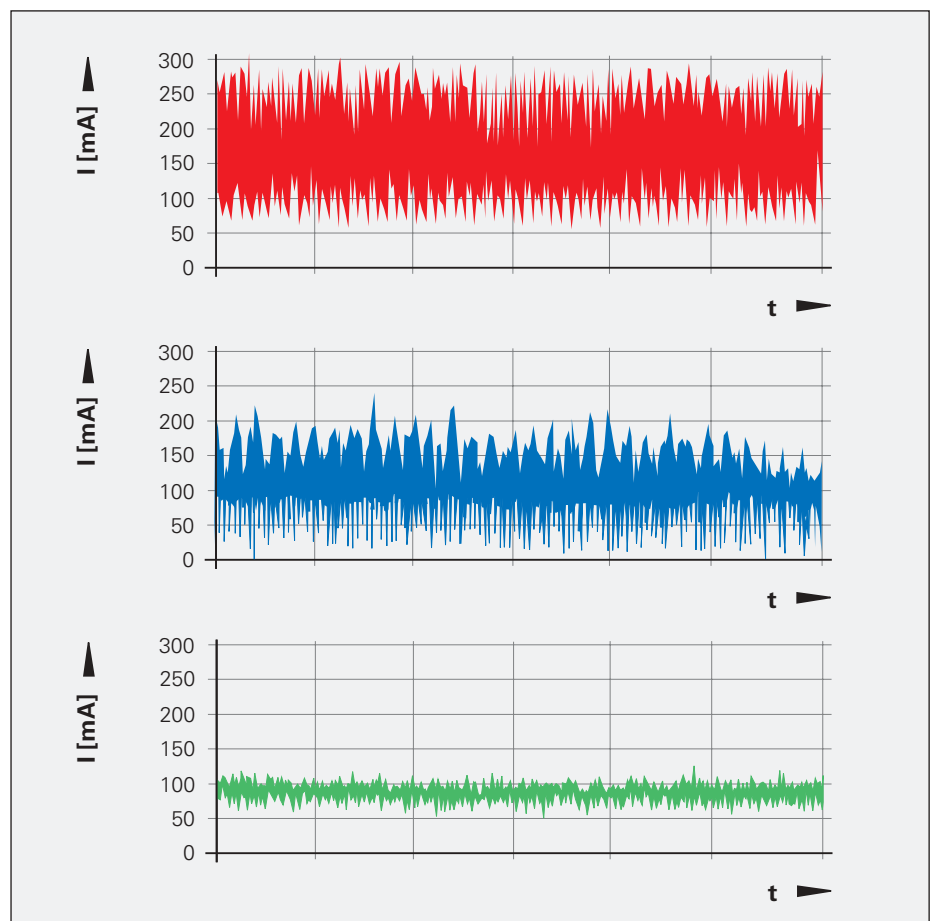


Bild 3: Stromschwankungen bei verschiedenen Abtastsystemen im Geber

- Resolver: 1 Signalperiode pro Umdrehung
- Induktiver Drehgeber EQI: 32 Signalperioden pro Umdrehung
- Optischer Drehgeber EQN: 2048 Signalperioden pro Umdrehung

Drehgeber für Servoantriebe

Die Drehgeber von HEIDENHAIN sind optimiert für den Einsatz an Motoren in der Automatisierungstechnik ebenso wie für die Antriebstechnik an Werkzeug - und Produktionsmaschinen. Kurze Baulängen, drehsteife Kupplungen und hohe Auflösungen sind ihre wesentlichen Vorteile. Mit ihrer intelligenten EnDat-Schnittstelle ermöglichen sie ein hohes Maß an Modularität. Sie überträgt nicht nur die absoluten Positionswerte, sondern auch Zusatzinformationen, wie Temperatur, Diagnose- und Testwerte, sowie Parameter z. B. für eine automatisierte Inbetriebnahme. Für den Anwender ergeben sich daraus folgende Vorteile:

- Mehr Sicherheit durch eine digitale Übertragung der Positionswerte,
- EnDat unterstützt eine automatisierte Inbetriebnahme von Antrieben und kann somit zur Reduktion von Stillstandzeiten im Servicefall beitragen.
- Die einfache und kostengünstige Verkabelung der EnDat-Schnittstelle erleichtert die Anlagenprojektierung.

Ausführung	Auflösung Positionswerte/U	Baugröße	Version	Typ
für typische Genauigkeitsanforderungen: Automatisierungstechnik, Robotik, Handling				
Konuswelle	542 288 (19 bit)	Ø = 65 mm l = 29 mm	Singleturn	ECI 1319
			Multiturn	EQI 1331
einseitig offene Hohlwelle Ø 6 mm	262 144 (18 bit)	Ø = 37 mm l = 24 mm	Singleturn	ECI 1118
			Multiturn	EQI 1130
für hohe Genauigkeitsanforderungen: Druckmaschinen, Werkzeugmaschinen				
Konuswelle	ca. 33 Mio (25 bit)	Ø = 65 mm l = 42 mm	Singleturn	ECN 1325
			Multiturn	EQN 1337
einseitig offene Hohlwelle Ø 6 mm	ca. 8,3 Mio ¹⁾ (23 bit)	Ø = 45 mm l = 53 mm	Singleturn	ECN 1123
			Multiturn	EQN 1135



**ECN 1325
EQN 1337**



**ECI 1319
EQI 1331**



**ECN 1123
EQN 1135**



**ECI 1118
EQI 1130**

HEIDENHAIN

DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH

Dr.-Johannes-Heidenhain-Straße 5

83301 Traunreut, Germany

☎ +49 (8669) 31-0

FAX +49 (8669) 5061

E-Mail: info@heidenhain.de

www.heidenhain.de

Weitere Informationen

- Prospekt *Messgeräte für elektrische Antriebe*

