

AksIM™ off-axis absolutes Winkelmesssystem



AksIM™ ist ein berührungsloser, leistungsstarker absoluter off-axis Drehgeber für Anwendungen mit begrenzten Platzverhältnissen. Durch den Hohlring, die absolute Funktionsweise und die hohen Betriebsgeschwindigkeiten eignet sich dieses Messsystem für verschiedenste Anwendungen.

AksIM™ setzt sich aus einem axial magnetisierten Ring und einem Abtastkopf zusammen.

Ausgestattet sind die Systeme mit den Kommunikationsschnittstellen SSI, SPI, PWM, BiSS, RS422 (asynchron seriell) und USB, und sie bieten eine Reihe binärer Auflösungen bis 20 Bit pro Umdrehung.

AksIM™ eignet sich zum Betrieb im Temperaturbereich von -30 °C bis +85 °C und ist resistent gegenüber Stößen und Vibrationen.

Das System verfügt über eine fortschrittliche eingebaute Selbstüberwachungsfunktion, die kontinuierlich verschiedene interne Parameter überprüft. Fehlerprotokollierung, Warnungen und andere Statussignale sind an allen digitalen Schnittstellen verfügbar und werden über die integrierte LED angezeigt.

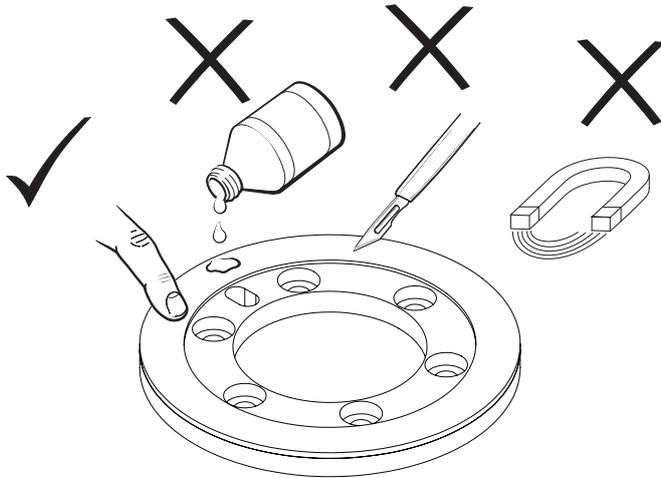
Das Messsystem AksIM™ ist für den Einsatz in industriellen und medizinischen Anwendungen geeignet.

Eine typische Anwendung ist das Gelenk eines Roboterarms mit einer durch den Ring verlaufenden Kabelzuführung oder ein Präzisionsgetriebe, bei dem der Ring an der Hauptantriebswelle angebracht ist.

Kundenspezifische Lösungen für die OEM-Integration sind ebenfalls erhältlich.

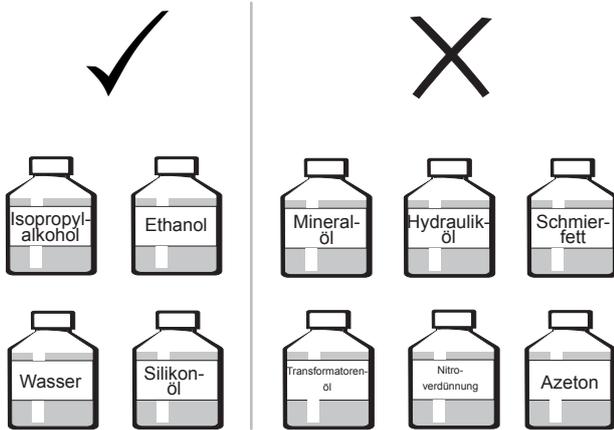
- **Absolutes System**
- **Speziell entwickeltes Magnetsensor-ASIC**
- **Keine Hysterese**
- **Auflösungen bis zu 20 Bit**
- **Erfassung mehrerer Wellenumdrehungen (Multiturn-Option)**
- **Hohe Betriebsgeschwindigkeit**
- **Minimale Bauhöhe, berührungslos**
- **Integrierte Selbstüberwachung**
- **Integrierte Status LED**
- **Kommunikationsschnittstellen SSI, SPI, PWM, BiSS, RS422 (asynchron seriell) oder USB**
- **Korrosionsbeständiger Magnetring**

Lagerung und Handhabung



WARNHINWEIS: Magnetringe sollten auf ihrer Oberfläche keinen Magnetfeldstärken von über 50 mT ausgesetzt werden. Magnetfeldstärken von über 50 mT können zu einer Beschädigung des Rings führen.

Chemische Beständigkeit



Abtastkopf

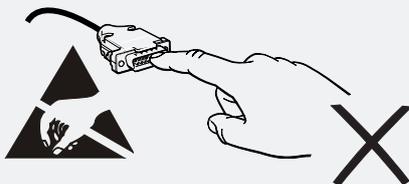
Der MHA Abtastkopf ist gegen viele verbreitete Fette und Öle beständig. Für den Einsatz des Messsystems in einem luftleeren Medium empfehlen wir, Silikonöle oder demineralisiertes Wasser zu verwenden. Vor einem längerfristigen Eintauchen des Systems in Flüssigkeiten oder Gase wenden Sie sich bitte an Ihre Renishaw-Niederlassung. Das Messsystem ist nicht vakuumtauglich.

Magnetischer Ring

Das magnetisierte Gummimaterial am Ring ist nicht beständig gegen die folgenden Chemikalien: Mineralöle, Hydrauliköle, die meisten Transformatoröle, Schmierfett, Nitroverdünnung, Azeton usw. Folgende Stoffe wurden getestet und sind nicht zu empfehlen:

- ISO VG 46 (SAE MS1004 Typ HM)
- Nytro 10 XN
- MIDEL 7131
- Shell Diala S3 ZX-I.

Die Ringe sind unempfindlich gegenüber Isopropylalkohol, Ethanol, Wasser und einige Silikonöle.



WARNHINWEIS!

ESD-Schutz

Der Abtastkopf ist ESD-gefährdet. Bitte mit Vorsicht handhaben. Berühren Sie nicht die elektronischen Schaltungen, Drähte oder den Sensorbereich ohne geeigneten ESD-Schutz oder außerhalb der ESD-geschützten Umgebung.

Technische Daten

Systemdaten	
Art der Messung	Axiale Messung
Auflösung	Von 16 bis zu 20 Bit und 16 Bit Erfassung mehrerer Wellenumdrehungen (Multiturn-Option) (siehe Kapitel Verfügbare Auflösungen auf Seite 8)
Maximale Geschwindigkeit	> 10.000 min ⁻¹
Gebergengenauigkeit	±0,05° (vor der Installation - Fehler durch ungenaue Montage des Abtastkopfes, des Rings und der Antriebswelle nicht berücksichtigt)
Systemgenauigkeit	Typ. ±0,1° (innerhalb Installationstoleranzen - siehe Kapitel Installationsanleitung auf Seite 5)
Hysterese	Geringer als eine Einheit der Auflösung
Wiederholgenauigkeit	Besser als eine Einheit der Auflösung
Elektrische Daten	
Versorgungsspannung	4 V bis 6 V - Spannung am Abtastkopf. Spannungsabfall über Kabel berücksichtigen.
Rüstzeit	10 ms (Zeit zur Bereitstellung der ersten Daten)
Stromverbrauch	Typ. 115 mA, max. 150 mA
Spannungsabfall über Kabel	~ 55 mV/m – ohne Last
Ausgangsstrom	PWM, SPI Max. ±20 mA
	RS422 120 mA kurzzeitig, 60 mA begrenzt
ESD-Schutz	HBM, Klasse 2, ±2 kV (gemäß Mil-Std 883 Methode 3015.7)
Mechanische Daten	
Ringgrößen (Außendurchmesser)	49 mm (Ring MRA7)
	80 mm (Ring MRA8)
Materialart	Ring EN 1.4005 / AISI416 oder EN 1.4104 / AISI430F mit aufgeklebten Gummimaterial mit integrierten Ferritpartikeln
Masse	Abtastkopf (mit 1 m Kabel, ohne Stecker) 45 g
	Ring MRA7 32 g
	Ring MRA8 64 g
Massenträgheit	Ring MRA7 13,1 kg×mm ²
	Ring MRA8 79,1 kg×mm ²
Kabel	Ø 4,2 ±0,2 mm, PUR hochflexibles Kabel, schleppkettenkompatibel, doppelt abgeschirmt Genauere Informationen finden Sie auf Seite 7 (gilt nicht für USB Kabel).
Umgebungsdaten	
Temperatur	Betrieb -30 °C bis +85 °C mit statischem Kabel -10 °C bis +80 °C mit Kabel unter dynamischen Bedingungen
	Lagerung -40 °C bis +85 °C
Luftfeuchtigkeit	0 bis 100 % (Kondensation erlaubt)
Schutz vor Umgebungseinflüssen	IP64 (Schutz vor Staub und Spritzwasser)
Vibrationen	300 m/s ² 55-2000 Hz (IEC 60068-2-6)
Schock	300 m/s ² (IEC 60068-2-27), 11 ms, Halbsinus
Externes Magnetfeld	Max. ±3 mT (DC oder AC) auf der Abtastkopf-Oberseite
Angaben zur Zuverlässigkeit	
Mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen MTTF (Mean Time To Failure)	960 Jahre im Dauerbetrieb (24 h/Tag)

Statusanzeige-LED

Die LED zeigt die Signalstärke und den Fehlerzustand an und wird zur Einstellung und Diagnose verwendet. Eine blinkende LED zeigt an, dass der Drehgeber eingeschaltet ist, aber die Kommunikation noch nicht hergestellt wurde. Wenn die Kommunikation mit mindestens 5 erfassten Messwerten pro Sekunde hergestellt wurde, leuchtet die LED konstant. Ein wiederholtes kurzes zweimaliges rotes Blinken zeigt an, dass der Abtastkopf nicht gestartet werden kann.

LED	Status
Grün	Normaler Betrieb; Positionsdaten sind gültig
Orange	Warnung; Positionsdaten sind gültig, aber Auflösung und/oder Genauigkeit liegen möglicherweise außerhalb der Spezifikation. Bestimmte Betriebsbedingungen liegen außerhalb der Grenzwerte.
Rot	Fehler; Positionsdaten sind nicht gültig
Aus	Keine Spannungsversorgung

Installationsanleitung

Einstellung der axialen Position (Abtastkopfabstand)

Der Nennabstand zwischen dem Sensor am Abtastkopf und dem Gummi am Ring beträgt $0,2 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$. Zum Erreichen dieses Abstands sollte die Grundfläche des Rings mit der Unterseite des Abtastkopfes auf gleicher Höhe sein. Siehe Teilzeichnung „Detail A“ in der Darstellung auf der Seite 3.

Ein nicht-magnetisches Werkzeug mit einer Stärke von $0,2 \text{ mm}$ kann zur mechanischen Überprüfung des Abtastkopfabstands zwischen dem Sensor und dem Ring verwendet werden.

Die integrierte LED kann zur Anzeige genutzt werden. Wenn der geeignete Abtastkopfabstand erreicht ist, leuchtet die LED grün und verändert die Farbe während der Rotation des Rings nicht.

Einstellung der radialen Position

Die vier kleinen Löcher ($\varnothing 2 \text{ mm}$) im Gehäuse des Abtastkopfes dienen zur korrekten radialen Positionierung des Abtastkopfes zum Ring.

Verwenden Sie die beiden weiter auseinander liegenden Löcher, um den Abtastkopf zum MRA7 Ring einzustellen (siehe Installationszeichnung auf Seite 6).

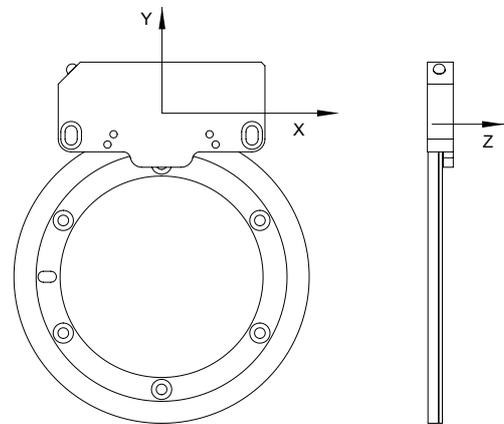
Verwenden Sie das MHA7TACC01 Werkzeug, um die Einstellung zu vereinfachen.

Verwenden Sie die beiden enger nebeneinander liegenden Löcher, um den Abtastkopf zum MRA8 Ring einzustellen (siehe Installationszeichnung auf Seite 6).

Verwenden Sie das MHA8TACC01 Werkzeug, um die Einstellung zu vereinfachen.

Installationstoleranzen (Abtastkopf zu Ring)

Axialer (Z) Versatz (Abtastkopfabstand)	nominal $0,2 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$
Radialer (Y) Versatz	$\pm 0,3 \text{ mm}$
Außermittiger (X) Versatz	$\pm 0,5 \text{ mm}$
Nicht-parallele Montage	$\pm 0,05 \text{ mm}$



Installationstoleranzen (Ring zu Welle)

Ring-/Wellenpassung am MRA7	Mindestgenauigkeit
H7/g6	$\pm 0,08^\circ$
H7/f7	$\pm 0,11^\circ$

Ring-/Wellenpassung am MRA8	Mindestgenauigkeit
H7/g6	$\pm 0,07^\circ$
H7/f7	$\pm 0,10^\circ$

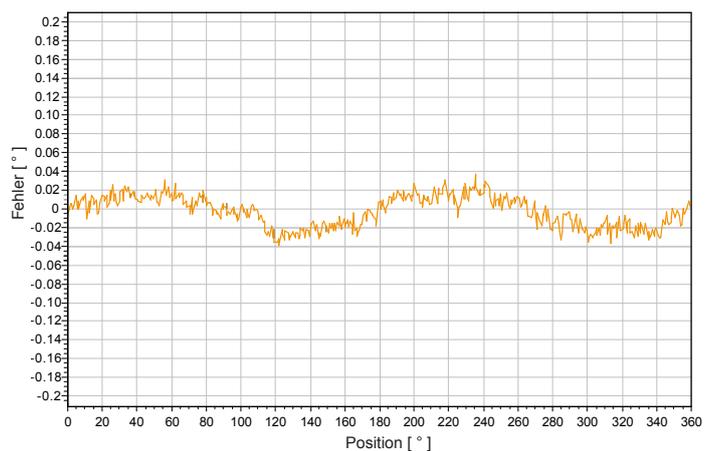
Genauigkeit des Messsystems

Die präzise Zentrierung des Ringes ist Grundvoraussetzung für eine gute Gesamtgenauigkeit.

Durch Minimierung der Exzentrizität der Ringinstallation (mithilfe eines Messuhr) und durch Verwendung einer Antriebswelle mit Präzisionslagern kann der Fehler typischerweise auf $\pm 0,05^\circ$ an MRA8 Ringen oder $\pm 0,06^\circ$ an MRA7 Ringen reduziert werden.

Ein typisches Genauigkeitsdiagramm nach einer vorschriftsgemäßen Installation des MRA8 ist in der Darstellung rechts zu sehen.

Bei höheren Genauigkeitsansprüchen wenden Sie sich bitte an Renishaw.

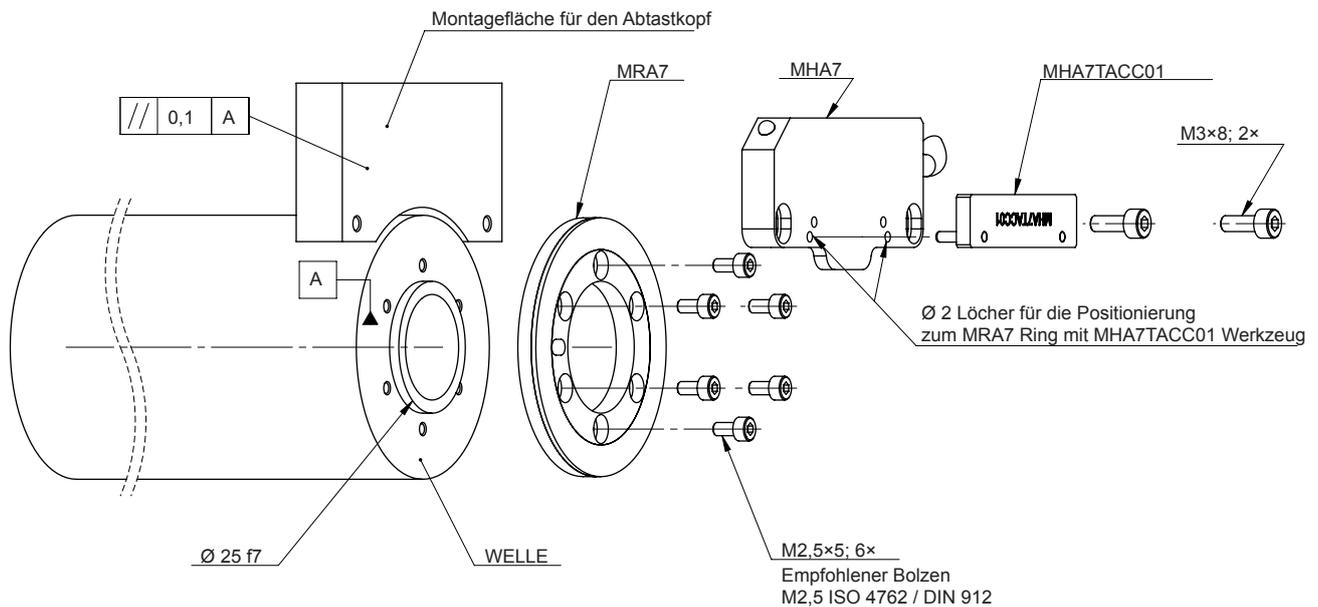


Externes Magnetfeld

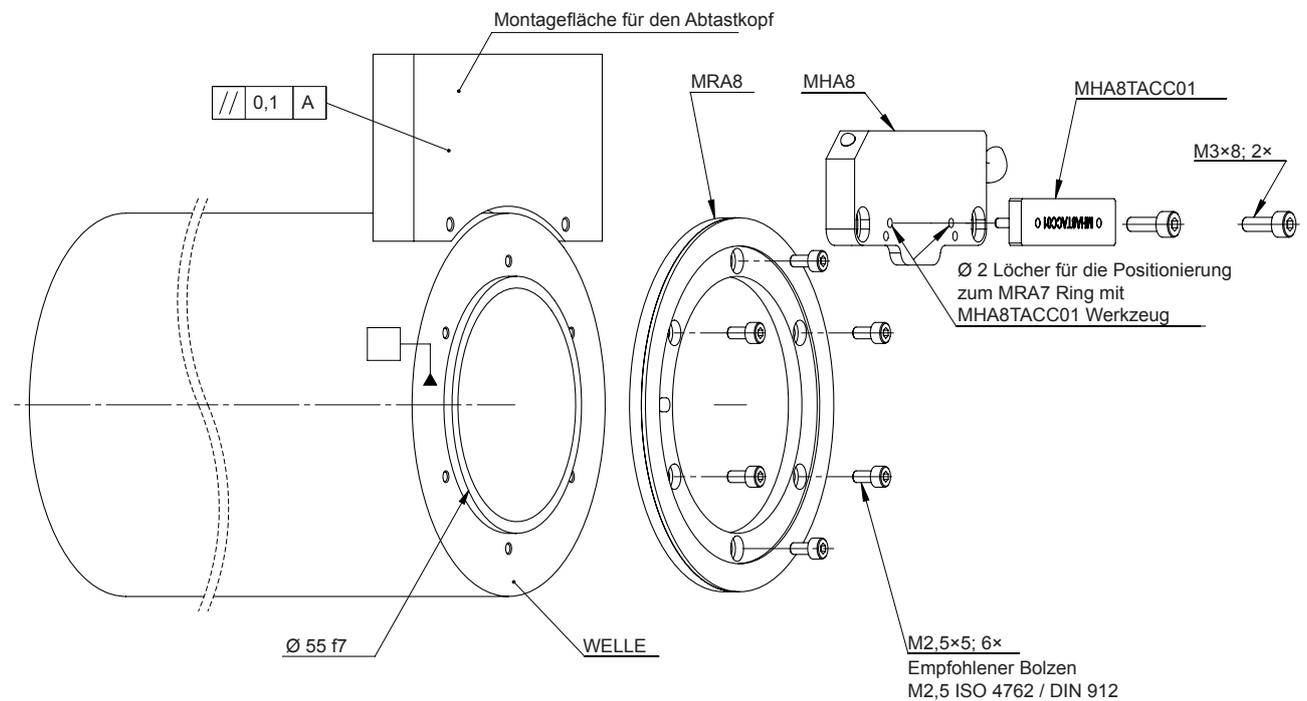
Das Funktionsprinzip eines magnetischen Messsystems besteht darin, Änderungen im Magnetfeld des magnetisierten Rings zu erfassen. Externe Magnetfelder, die durch Permanentmagneten, Elektromotoren, Magnetbremsen etc. erzeugt werden, können die Funktion des Messsystems beeinträchtigen. Befindet sich ein Magnetfeld einer Stärke zwischen 0 mT und 3 mT rechtwinklig zum Abtastkopf, könnte dies die Genauigkeit beeinträchtigen. Ist das Feld stärker als 3 mT , führt dies zu einer vorübergehenden Störung des Messsystems. Feldstärken von über 50 mT können zu einer dauerhaften Beschädigung des Rings führen.

Unerwünschte Magnetfelder müssen an der Quelle abgeschirmt werden. Sollte dies nicht möglich sein, kann das Winkelmess-System mit einer ferromagnetischen Metallplatte abgeschirmt werden. Auch der Ring kann zur partiellen Abschirmung verwendet werden. Es wird empfohlen, die Unterseite des Rings in Richtung der Quelle des Magnetfelds zu richten und den Abtastkopf so zu montieren, dass er von der Quelle abgewandt ist.

Installationszeichnung für MHA7 und MRA7



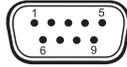
Installationszeichnung für MHA8 und MRA8



Einstellverfahren

Die Befestigungsbolzen (M3) für den Abtastkopf lösen. Den Abtastkopf von der Ringmitte abziehen. Das Einstellwerkzeug (MHA7ACC01 oder MHA8ACC01) oder zwei Bolzen (M2x8 mm) in die Hilfsbohrungen einsetzen. Den Abtastkopf zum Ring drücken, sodass die Hilfsstifte bzw. -bolzen die äußere Seite des Rings berühren. Die Befestigungsbolzen festziehen. Das Einstellwerkzeug bzw. die Hilfsbolzen entfernen. Die Funktion des Messsystems überprüfen.

Elektrische Anschlüsse



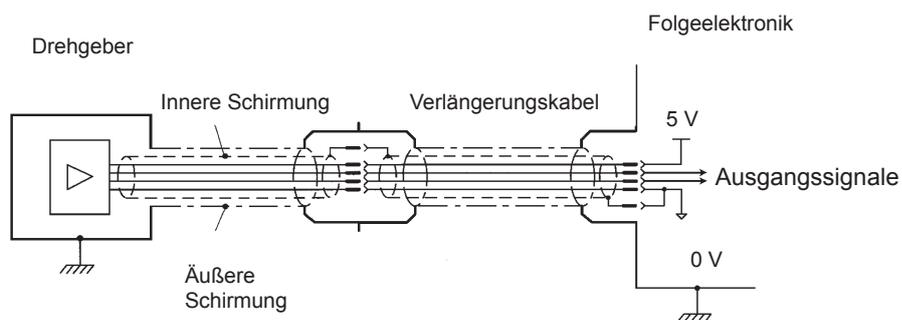
Pin	Drahtfarbe	Asynchron-seriell RS422	PWM	SSI	BISS	SPI-Slave
Gehäuse	Äußere Schirmung	Geber/Maschinengehäuse (Erdungsanschluss)				
1	Innere Schirmung	0 V (GND)				
2	Rot	Empfangsdateneingang +	-	Clock+	MA+	SCK (Taktingang)
3	Blau	Empfangsdateneingang -	-	Clock-	MA-	\overline{CS} (Chip Select)
4	Grau	-	Status	-	-	Status *
5	Braun	5 V Spannungsversorgung				
6	Grün	Sendedatenausgang +	-	Data+	SLO+	MISO (Datenausgang)
7	Gelb	Sendedatenausgang -	-	Data-	SLO-	-
8	Pink	-	PWM-Ausgang	-	-	-
9	Weiß	0 V (GND)				

* Das Statussignal ist nur mit der SPS Option erhältlich - weitere Informationen finden Sie in der Beschreibung der SPI-Schnittstelle.
Für die USB-Schnittstelle ist der Geber mit einem zertifizierten USB-Kabel und einem Stecker des Typs A ausgestattet.
Drahtfarben entsprechend der IEC 60304.

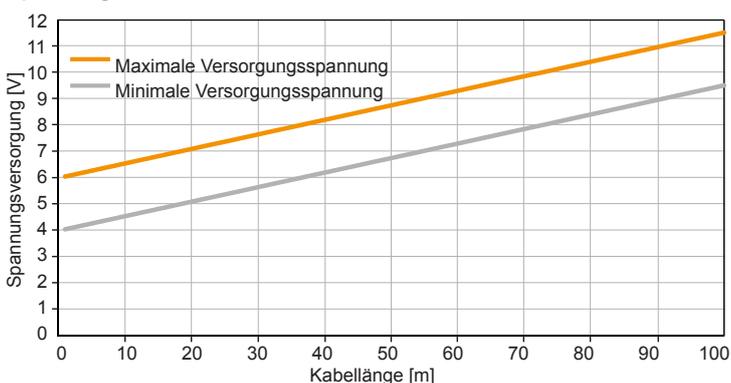
Kabel-Spezifikationen

Gilt nicht für USB Kabel.

Außendurchmesser	4,2 mm \pm 0,2 mm
Ummantelung	Extrudiertes Polyurethan (PUR)
Weißer Draht	0,9 mm \pm 0,07 mm Durchmesser, 26 AWG (19 Einzeldrähte REF 6), 0,13 Ω /m
Sonstige Drähte	0,6 mm \pm 0,07 mm Durchmesser, 30 AWG (7 Einzeldrähte REF 6), 0,35 Ω /m
Widerstand der Stromzuleitungen	0,48 Ω /m bei 20 °C
Beständigkeit	20 Millionen Zyklen bei 20 mm Biegeradius
Biegeradius	Dynamisch 25 mm, statisch 10 mm (Innenradius)
Gewicht	34 g/m (Nominalwert)



Spannungsabfall über Kabel



Für Verlängerungskabel über 5 m wird empfohlen, die Eingangsspannung unter Berücksichtigung des Spannungsabfalls anzupassen.

Kommunikationsschnittstellen

Asynchron-seriell RS422	
Baudrate	115,2 kbps, 128 kbps, 230,4 kbps, 256 kbps, 500 kbps, 1 Mbps
Datenformat	8 Bit, keine Parität, 1 Stoppbit
Aktualisierungsrate	Auf Abruf oder kontinuierlich
Auflösung	Siehe folgende Tabelle
Latenz	200 µs
PWM	
Grundfrequenz	122,07 Hz, 274,66 Hz, 366,21 Hz, 549,32 Hz, 1098,6 Hz
Aktualisierungsrate	Entspricht Grundfrequenz
Auflösung	16 Bit
Latenz	200 µs
SSI*	
Maximale Taktfrequenz	500 kHz Standard 2,5 MHz mit Verzögerungsoption (<i>Delay First Clock</i>) in der Steuerung und kurzem Kabel
Aktualisierungsrate	5 kHz
Auflösung	Siehe folgende Tabelle
Latenz	200 µs bis 400 µs
Timeout (Monoflop-Zeit)	20 µs
BiSS	
Maximale Taktfrequenz	5 MHz
Maximale Abfragerate	31 kHz (28 kHz Multiturn-Option)
Bandbreite	2,5 kHz max.
Auflösung	Siehe folgende Tabelle
Latenz	< 10 µs
Timeout (Monoflop-Zeit)	20 µs
SPI-Slave*	
Maximale Taktfrequenz	3 MHz bei Kabellänge 1,5 m
Aktualisierungsrate	5 kHz
Auflösung	16 Bit fest (Option S) oder bis zu 20 Bit (Option A) - siehe folgende Tabelle
Latenz	200 µs bis 400 µs
USB	
Auflösung	17 Bit für Ringtyp 7 und 18 Bit für Ringtyp 8
Latenz	10 ms bis 50 ms (je nach Computerkonfiguration)

* Slave-Schnittstellen sind möglicherweise aufgrund der variablen Latenzzeit nicht für geschlossene Hochgeschwindigkeits-Regelkreise geeignet.
Nähere Informationen finden Sie im Kapitel „Latenz“ auf Seite 24.

Verfügbare Auflösungen

Auflösung	Ring MRA7	Ring MRA8
Binär	16 Bit pro Umdrehung 17 Bit pro Umdrehung 18 Bit pro Umdrehung* 19 Bit pro Umdrehung*	16 Bit pro Umdrehung 17 Bit pro Umdrehung 18 Bit pro Umdrehung 19 Bit pro Umdrehung* 20 Bit pro Umdrehung*

* Die Signale der hochauflösenden Optionen können einem Rauschen unterliegen. Diese Auflösungen eignen sich für den einfacheren Betrieb der Regelkreise oder die Mittelung, um die ‚feine‘ Position mit hoher Auflösung zu erhalten. Der Noise-Margin steigt exponentiell mit höherem Abstand zwischen Ring und Abtastkopf.

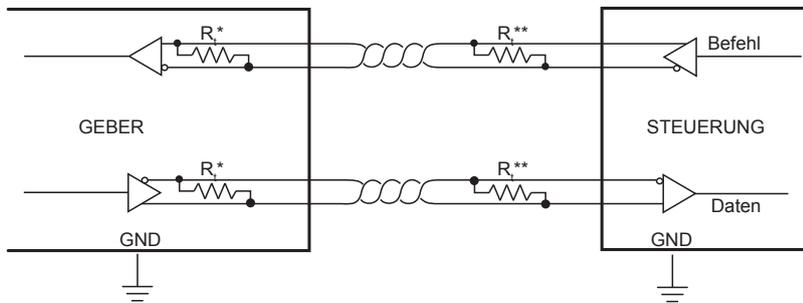
Erfassung mehrerer Wellenumdrehungen (Multiturn)

Bei bestimmten digitalen Schnittstellen ist ein zusätzlicher 16 Bit Zähler erhältlich, der die Anzahl der Wellenumdrehungen erfasst (± 32.768 Umdrehungen). Eine Zählung ist nur bei eingeschaltetem Messsystem möglich. Während der Initialisierung beim Einschalten wird der Multiturn-Zähler auf Null zurückgesetzt. Diese Option ist derzeit nur für die BiSS Schnittstelle verfügbar. Die passende Artikelnummer und Bestellinformationen finden Sie auf Seite 25.

Asynchrone serielle Kommunikationsschnittstelle über RS422

Geberidentifikation, Positionsdaten und Temperatur sind per Request-Response-Kommunikation über die asynchrone serielle Verbindung verfügbar. Es gibt zwei unidirektionale Kommunikationskanäle, die eine bidirektionale Vollduplex-Datenverbindung bilden. Jeder Kanal besteht aus einer verdrehten Zweidrahtleitung für die differentielle Signalübertragung gemäß RS422-Signalstandard. Die Daten werden mit dem höchstwertigen Bit zuerst übertragen („MSB first“); Big-Endian-Reihenfolge.

Elektrische Verbindung



* Die Befehls- und Datensignale sind 5-V-, RS422-kompatible Differentialpaare mit RC-Terminierung im Abtastkopf.

** Die Terminierung auf der Steuerungsseite ist erforderlich, wenn die Gesamtkabellänge mehr als 5 m beträgt. Die Nennimpedanz des Kabels ist 120 Ω .

Schutz des Ausgangsstroms

Durch Fehler oder Buskonflikte verursachter Überstrom in der Ausgabe oder Verlustleistungen werden durch zwei Verfahren verhindert. Eine rücklaufende Strombegrenzung in der Ausgangsstufe bietet direkten Schutz gegen Kurzschlüsse. Zusätzlich werden die Treiberausgänge durch einen temperaturgesteuerten Abschaltkreis in einen hochohmigen Zustand gezwungen, wenn die Chip-Temperatur zu stark ansteigt.

Kommunikationsparameter

Zeichenlänge	8 Bit
Parität	Keine
Stopbits	1
Durchflusskontrolle	Keine
Wiederholrate	5 kHz max. Übertragungszeit verringert diese Frequenz.
Latenzzeit	200 μ s zwischen der Positionserfassung und dem ersten ausgesendeten Startbit. Die Übertragungszeit ist hier nicht eingeschlossen und sollte bei der Zeitberechnung des Regelkreises berücksichtigt werden.

Die Verbindungsgeschwindigkeit kann anhand der *Kommunikationsschnittstellen-Variante* in der Artikelnummer ausgewählt werden:

Kommunikationsschnittstellen-Variante	A	B	C	D	E	F
Verbindungsgeschwindigkeit (Baudrate)	115,2 kbps	128 kbps	230,4 kbps	256 kbps	500 kbps	1 Mbps

Die eingestellte Verbindungsgeschwindigkeit kann gemäß dem folgenden Verfahren im Eingabefeld geändert werden. Ein serielles Gerät, das RS422 Signalstärken unterstützt, ist erforderlich.

Verfahren:

1. Das Messsystem gemäß Installationszeichnung montieren. Die grüne LED sollte leuchten.
2. Das serielle Gerät auf die Verbindungsgeschwindigkeit des Messsystems einstellen. Siehe Tabelle oben.
3. Den Befehl „v“ senden. Das Messsystem sollte immer mit einer Versionszeichenfolge antworten.
4. Eine Zeichenfolge zur Neukonfiguration senden. Nähere Informationen finden Sie nachstehend.
Das Messsystem antwortet mit „FLASH 0“ und wird mit den neuen Einstellungen neu gestartet.
Wenn das Messsystem mit „RX_ERROR“ antwortet und die LED rot leuchtet, konnte das Verfahren nicht erfolgreich abgeschlossen werden. Schalten Sie das Gerät aus und wieder ein und beginnen Sie von vorne.
5. Das serielle Gerät auf die neue Verbindungsgeschwindigkeit ändern.
6. Den Befehl „v“ senden und prüfen, ob das Messsystem ordnungsgemäß mit der neuen Verbindungsgeschwindigkeit arbeitet.

Datenblatt MHAD07_01

Zu übertragende Konfigurationsdaten:

- 1 Byte: 0x62, unveränderlicher Header
- 4 Bytes: neue Verbindungsgeschwindigkeit, Übertragung mit dem höchstwertigen Bit zuerst („MSB first“) (Big-Endian Reihenfolge)
- 4 Bytes: neue Verbindungsgeschwindigkeit, binär invertiert
- 1 Byte: Prüfsumme aller vorherigen 8 Byte + Datenbyte-Zählung

Sequenz zum Einstellen der Verbindungsgeschwindigkeit auf 115200 Baud (hex.): 62 00 01 C2 00 FF FE 3D FF 04

Die Prüfsumme wird aus allen Datenbytes + Anzahl von Datenbytes (= 8) berechnet.

Die neue Verbindungsgeschwindigkeit kann eine beliebige Zahl sein. Im Beispiel oben ist es 0x1C200 (hex.) = 115200 (dez.) Baud.

Die Daten sollten nicht im Burstmodus, sondern als gesonderte Bytes mit 1 ms Verzögerung dazwischen gesendet werden.

Ein Zurücksetzen auf die Werkseinstellungen ist nicht möglich. Neue Einstellungen bleiben solange erhalten, bis das Messsystem mit anderen Einstellungen neu programmiert wird.

Befehlssatz

Befehl „v“ (0x76) - Versionsanfrage
Antwort - Information über Ausführungsvariante und Seriennummer 5 Bytes ASCII Identifikationsstring („AksIM“) 1 Byte ASCII Leerzeichen 8 Bytes ASCII Seriennummer 16 Bytes ASCII Artikelnummer 1 Byte binär Firmwareversion 1 Byte binär Kommunikationsschnittstellen-Version (5) 1 Byte binär ASIC-Revision 3 Bytes ASCII Kennung für Auflösung
Befehl „1“ (0x31) - Einzelne Positionsdatenabfrage
Antwort - Position und Status, einmal gesendet 1 Byte Header 0xEA 3 Bytes binär absolute Position, Big-Endian, linksbündig 2 Bytes Geberstatus – siehe unten 1 Byte unveränderlicher Footer 0xEF Die nächste Abfrage sollte nicht früher als 250 µs nach dem Ende der vorangehenden Antwort vom Abtastkopf ausgesendet werden, damit eine Aktualisierung der Positionsdaten möglich ist. Wird die Anfrage früher gesendet, kommen die Daten am Ende des Aktualisierungszyklus an.
Befehl „2“ (0x32) - Kontinuierliche Positionsdatenabfrage
Antwort - Position und Status, kontinuierlich gesendet 1 Byte unveränderlicher Header 0xEA 3 Bytes binär absolute Position, Big-Endian, linksbündig 2 Bytes Geberstatus – siehe unten 1 Byte unveränderlicher Footer 0xEF
Befehl „3“ (0x33) - Kontinuierliche Positionsdatenabfrage mit reduzierter Länge
Antwort - Position und Status, kontinuierlich gesendet 3 Bytes binär absolute Position, Big-Endian, linksbündig 1 Byte detaillierter Geberstatus – siehe unten
Befehl „0“ (0x30) - Stopp
Kontinuierliche Übertragung beenden
Befehl „4“ (0x34) - Einzelne Positionsdatenabfrage, einschließlich Geschwindigkeitsdaten
Antwort - Position, Status und Geschwindigkeit einmal gesendet 1 Byte Header 0xEA 3 Bytes binär absolute Position, Big-Endian, linksbündig, ohne Vorzeichen 2 Bytes Geberstatus - siehe unten 3 Bytes binär Geschwindigkeitsdaten, rechtsbündig, mit Vorzeichen 1 Byte unveränderlicher Footer 0xEF Geschwindigkeitsauflösung: Anzahl von Impulsen pro 1 Mikrosekunde multipliziert mit 65536. Impulse pro Sekunde (CPS) = Geschwindigkeit $\times 10^6 / 2^{16}$ Grad pro Sekunde (DPS) = CPS $\times 360 / 2^{20}$ (bei 20-Bit Auflösung) Die nächste Anfrage sollte nicht früher als 250 µs nach dem Ende der vorangehenden Antwort vom Abtastkopf ausgesendet werden, damit eine Aktualisierung der Positionsdaten möglich ist. Wird die Anfrage früher gesendet, kommen die Daten am Ende des Aktualisierungszyklus an.
Befehl „t“ (0x74) - Temperaturanfrage
Antwort - Temperatur des Gebers 1 Byte Binärzahl mit Vorzeichen - Temperatur des Sensors in °C Genauigkeit der Messungen ± 3 °C Diese Funktion steht ab Firmware-Version 30 und höher zur Verfügung (siehe Befehl „v“ für die Firmware-Version).

Datenpaketstruktur

Geberstatus (zwei Bytes):

b15 : b10 Reserviert, immer Null

Allgemeiner Status

b9 Fehler. Falls das Bit gesetzt ist, ist die Position nicht gültig.

b8 Warnung. Falls das Bit gesetzt ist, erreicht der Geber fast die Betriebsgrenzwerte. Position ist gültig. Auflösung und/oder Genauigkeit möglicherweise geringer als spezifiziert.

Das Fehler- und Warnbit können gleichzeitig gesetzt sein; in diesem Fall hat das Fehlerbit Priorität.

Die Farbe der LED am Abtastkopfgehäuse gibt den Wert der Bits für den Allgemeinen Status an:

Rot = Fehler, **Orange** = Warnung, **Grün** = Normaler Betrieb, **Aus** = keine Spannungsversorgung.

Der Warn- bzw. Fehlerstatus wird durch die Bits mit den detaillierten Statusinformationen näher bestimmt.

Detaillierter Status

b7 Warnung - Signalamplitude zu hoch. Der Abtastkopf ist zu nah am Ring oder es ist ein externes Magnetfeld vorhanden.

b6 Warnung - Signalamplitude niedrig. Der Abstand zwischen dem Abtastkopf und dem Ring ist zu hoch.

b5 Fehler - Signal verloren. Der Abtastkopf ist nicht korrekt zum Ring ausgerichtet oder der Ring ist beschädigt.

b4 Warnung - Temperatur. Die Abtastkopftemperatur liegt außerhalb des vorgegebenen Bereichs.

b3 Fehler – Spannungsversorgungsfehler. Die Versorgungsspannung des Abtastkopfes liegt außerhalb des spezifizierten Bereichs.

b2 Fehler - Systemfehler. Störung in den Schaltungen oder unstimmmige Kalibrierdaten festgestellt. Zum Rücksetzen des Systemfehlerbits versuchen, die Stromversorgung aus- und wieder einzuschalten, wobei die Anstiegszeit kürzer als 20 ms ist.

b1 Fehler – Fehlerhafte, beschädigte Magnetisierung. Ein Streumagnetfeld ist vorhanden, Metallpartikel befinden sich zwischen dem Abtastkopf und dem Ring oder die radiale Positionierung zwischen dem Abtastkopf und dem Ring liegt außerhalb der Toleranzwerte.

b0 Fehler - Beschleunigungsfehler. Die Positionsdaten haben sich zu schnell geändert. Ein Streumagnetfeld ist vorhanden oder Metallpartikel befinden sich zwischen dem Abtastkopf und dem Ring.

PWM - Pulsweitenmodulations-Schnittstelle

Die PWM-Kommunikationsschnittstelle besteht aus zwei digitalen Signalen: dem Statussignal und dem Signal PWM Out. Sie ist 3,3 V TTL-kompatibel.

Elektrische Verbindung

Die Signale Status und PWM Out sind 3,3 V TTL-kompatibel. Diese Signale besitzen einen schwachen ESD-Schutz. Der Abtastkopf ist daher mit besonderer Sorgfalt in einer ESD-geschützten Umgebung und mit ESD-Schutz zu behandeln.

Die maximale Stromaufnahme, die aus den Signalleitungen entnommen oder diesen zugeführt wird, sollte nicht mehr als 20 mA betragen.

Statussignal

Das Statussignal gibt den aktuellen Zustand des Gebers an. Das Statussignal ist „high“ bei normalem Betrieb und gültigen Positionsinformationen. Der Zustand „low“ des Statussignals gibt einen Fehlerzustand des Gebers an, der folgende Ursachen haben kann:

- Betrieb außerhalb der Installationstoleranzen
- Ungültige oder beschädigte Magnetisierung des Rings
- Funktionsstörung des Sensors
- Systemfehler
- Keine Spannungsversorgung

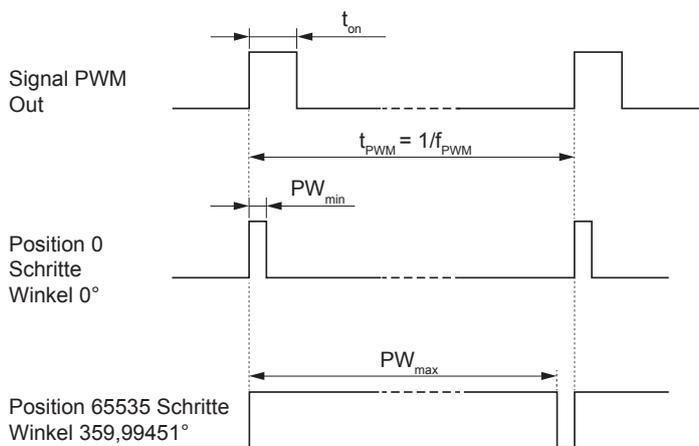
Wenn das Statussignal „low“ ist, ist das Signal PWM Out „low“ und es werden keine Impulse ausgegeben.

Die Geberposition wird an der steigenden Flanke des Signals PWM Out ermittelt. Das Statussignal sollte ebenfalls an der steigenden Flanke des Signals PWM Out geprüft werden. Falls sich das Statussignal während der PWM-Periode verändert, wirkt sich dies nicht auf die gerade übertragenen Positionsinformationen aus.

Signal PWM Out

PWM Out ist ein pulswertenmoduliertes Ausgangssignal mit 16-Bit-Auflösung, dessen Tastverhältnis zur gemessenen Position proportional ist. Die Änderung der Pulsweite um PW_{min} entspricht einer Positionsveränderung um einen Zählerwert (Winkeländerung für $360^\circ / 65536 \approx 0,00549^\circ$).

Zeitdiagramm Signal PWM Out



Kommunikationsparameter

Die Kommunikationsschnittstellen-Variante in der Artikelnummer legt die PWM-Frequenz und alle anderen davon abhängigen Parameter fest.

Parameter	Symbol	Kommunikationsschnittstellen-Variante					Einheit	Hinweis
		A	B	C	D	E		
PWM-Frequenz	f_{PWM}	122,07	274,66	366,21	549,32	1098,63	Hz	
Signalperiode	t_{PWM}	8192	3640,89	2730,67	1820,44	910,22	μs	
Mindestpulswbreite	PW_{min}	0,125	0,0556	0,0417	0,0278	0,0139	μs	Position 0 (Winkel 0°)
Maximale Pulswbreite	PW_{max}	8191,875	3640,83	2730,63	1820,42	910,21	μs	Positionen 65534 und 65535*
Min. Zählerfrequenz	f_{CNTR}	8	18	24	36	72	MHz	Zählerfrequenz des Empfängers
Auflösung		16 Bit	16 Bit	16 Bit	16 Bit	16 Bit		Vorgegeben; Auflösung in der Artikelnummer muss mit „16B“ angegeben werden

* Die Positionen 65534 und 65535 (Winkel $359,98901^\circ$ und $359,99451^\circ$) ergeben dieselbe Pulswbreite PW_{max} .

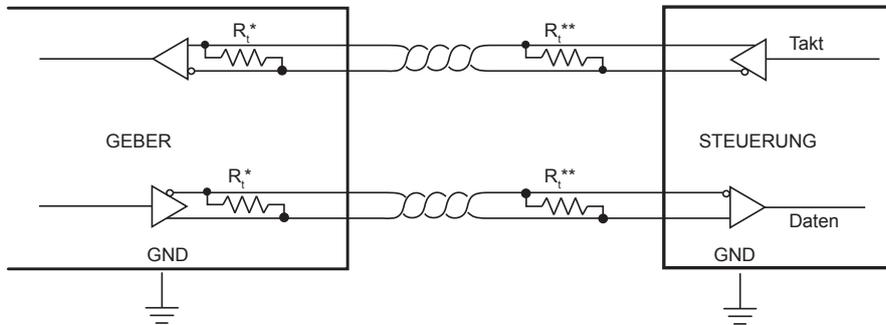
$$Position \text{ [Zähler]} = \frac{t_{on} \times 65536}{t_{PWM}} - 1$$

$$Position \text{ [}^\circ\text{]} = \frac{(t_{on} - PW_{min}) \times 360^\circ}{t_{PWM}}$$

SSI - Synchrones serielles Interface

Die Geberposition (als bis zu einem 20 Bit Binärcode) und der Geberstatus sind über das SSI-Protokoll abrufbar. Die Positionsdaten sind linksbündig. Auf die Positionsdaten folgen zwei Bits für den allgemeinen Status und anschließend die detaillierten Statusinformationen.

Elektrische Verbindung



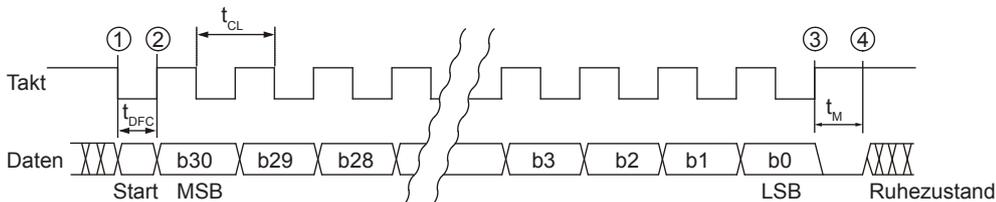
* Die Takt- und Datensignale sind 5-V-, RS422-kompatible Differentialpaare mit RC-Terminierung im Abtastkopf.

** Die Terminierung auf der Steuerungsseite ist erforderlich, wenn die Gesamtkabellänge mehr als 5 m beträgt. Die Nennimpedanz des Kabels ist 120 Ω .

Schutz des Ausgangsstroms

Durch Fehler oder Buskonflikte verursachter Überstrom in der Ausgabe oder Verlustleistungen werden durch zwei Verfahren verhindert. Eine rücklaufende Strombegrenzung in der Ausgangsstufe bietet direkten Schutz gegen Kurzschlüsse. Zusätzlich werden die Treiberausgänge durch einen temperaturgesteuerten Abschaltkreis in einen hochohmigen Zustand gezwungen, wenn die Chip-Temperatur zu stark ansteigt.

Zeitdiagramm SSI

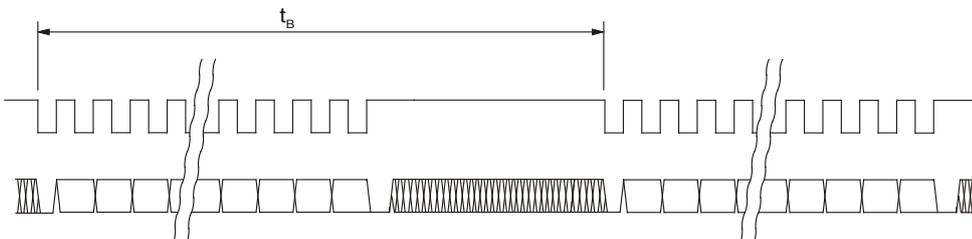


Die Steuerung fragt Positions- und Statusdaten vom Abtastkopf ab, indem sie eine Impulsfolge an den Takteingang sendet. Das Taktsignal startet immer von „high“. Die Positionsinformation wird mit der ersten fallenden Flanke ① gelatcht. Das höchstwertige Bit (MSB) wird dann mit der ersten steigenden Flanken ② an den Datenausgang übertragen. Der Zustand des Datenausgangs sollte dann mit der nachfolgenden fallenden Flanke gelatcht werden. Bei den anschließenden steigenden Flanken des Taktsignals werden die nächsten Bits übertragen. Wird die Zeit zwischen ① und ② um weitere 1 μ s verlängert, beträgt der Grenzwert für die maximale Taktfrequenz 2,5 MHz statt 500 kHz. Diese Funktion wird als „Delay First Clock“ bezeichnet und muss von der Steuerung, an die der Geber angeschlossen ist, unterstützt werden.

Nach der Übertragung des letzten Bits ③ wechselt der Datenausgang auf „low“. Wenn die Zeit t_M abläuft ist der Datenausgang undefiniert ④. Das Taktsignal muss mindestens über den Zeitraum t_M „high“ bleiben, bevor die nächste Messung stattfinden kann.

Beim Lesen der Daten muss der Zeitraum t_{CL} stets kürzer als t_M sein. Das Lesen der Geberposition kann jedoch jederzeit beendet werden, indem das Taktsignal über die Zeitdauer von t_M auf „high“ gesetzt wird.

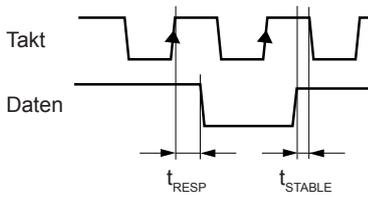
Damit eine Aktualisierung der Positionsdaten möglich ist, sollte mindestens t_B zwischen zwei aufeinanderfolgenden Messungen verstreichen. Trifft die Leseanforderung vor Ablauf von t_B nach der vorangehenden Messung ein, wird die Geberposition nicht aktualisiert.



Die Spannungsversorgung muss mindestens 10 ms vor dem Übersenden der Taktfolge an den Geber angelegt werden.

Datenblatt MHAD07_01

Maximale Frequenz

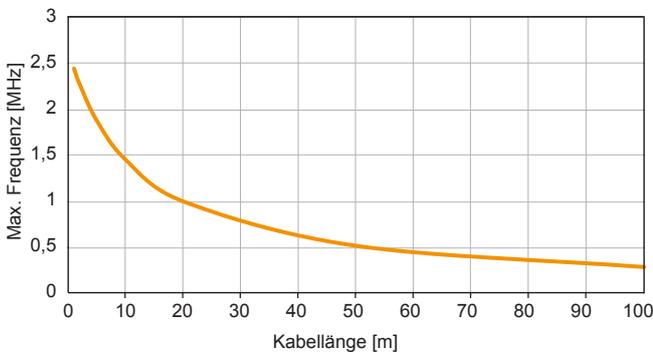


Der Abtastkopf benötigt 170 ns, um auf eingehende Taktsignale zu antworten (t_{RESP}). Änderungen am Datensignal werden für 170 ns nach der steigenden Flanke in der Taktleitung verzögert. Eine weitere Verzögerung ergibt sich durch die Zeit für die Übertragung des Signals über das Kabel zum Abtastkopf und zurück (t_{PROP}). Diese Verzögerung beträgt in der Regel 14 ns pro 1 Meter Kabel. Das Datensignal muss mindestens für 10% der Taktperiodenlänge stabil sein, bevor der Wert gelatcht wird.

Bei einem längeren Kabel muss die Taktfrequenz verringert werden. Dabei ist die Gesamtlänge des Kabels zwischen Geber und Empfänger berücksichtigt zu werden.

$$t_{DELAY} = t_{RESP} + t_{PROP} \times \text{Kabellänge}$$

Frequenzminderung im Verhältnis zur Kabellänge:



Kommunikationsparameter

Parameter	Symbol	Min	Typ.	Max.
Signalverzögerungsfunktion	t_{DFC}	1 μ s		10 μ s
Taktperiode	t_{CL}	2 μ s		20 μ s
Taktfrequenz	f_{CL}	50 kHz		500 kHz (2,5 MHz*)
Monoflop-Zeit	t_M		20 μ s	
Wiederholrate	t_B	200 μ s		
Ansprechverzögerung des Abtastkopfes	t_{RESP}		170 ns	
Verzögerung durch Kabelübertragung	t_{PROP}		14 ns/m	

*Mit Signalverzögerungsfunktion (Delay First Clock) in der Steuerung.

Das Startbit und der Wert für die freie Leitung sind durch die *Kommunikationsschnittstellen-Variante* festgelegt.

Kommunikationsschnittstellen-Variante	Auswahl Leitungszustand	Verwendung
A	Startbit = 0; freie Datenleitung = 0	Nicht empfohlen für Neukonstruktion
B	Startbit = 1; freie Datenleitung = 1	Standard

Datenpaketstruktur

Bit	b30 : b11	b10 : b9	b8 : b1	b0
Datenlänge	20 Bit	2 Bit	8 Bit	1 Bit
Bedeutung	Geberposition	Allgemeiner Status	Detaillierter Status	Reserviert

Geberposition

b30 : b11 Geberposition – Linksbündig, MSB zuerst, LSB zuletzt. Ist die Auflösung des Gebers kleiner als 20 Bit, werden die letzten Bits der Geberposition (die nicht verwendet werden) auf Null gesetzt.

Allgemeiner Status

b10 Fehlerbit. Falls gesetzt, ist die Position nicht gültig.

b9 Warnbit. Falls gesetzt, erreicht der Geber fast die Betriebsgrenzwerte. Die Position ist noch gültig, jedoch liegen die Auflösung und/oder Genauigkeit möglicherweise außerhalb der Spezifikation.

Das Fehlerbit und das Warnbit können gleichzeitig gesetzt sein; in diesem Fall hat das Fehlerbit Priorität.

Die Farbe der LED am Abtastkopfgehäuse gibt den Wert der Bits für den Allgemeinen Status an:

Rot = Fehler, **Orange** = Warnung, **Grün** = Normaler Betrieb, **Aus** = keine Spannungsversorgung.

Der Warn- bzw. Fehlerstatus wird durch die Bits mit den detaillierten Statusinformationen näher bestimmt.

Detaillierter Status

b8 Warnung - Signalamplitude zu hoch. Der Abtastkopf ist zu nah am Ring oder es ist ein externes Magnetfeld vorhanden.

b7 Warnung - Signalamplitude niedrig. Der Abstand zwischen dem Abtastkopf und dem Ring ist zu hoch.

b6 Fehler - Signal verloren. Der Abtastkopf ist nicht korrekt zum Ring ausgerichtet oder der Ring ist beschädigt.

b5 Warnung - Temperatur. Die Abtastkopftemperatur liegt außerhalb des vorgegebenen Bereichs.

b4 Fehler – Spannungsversorgungsfehler. Die Versorgungsspannung des Abtastkopfes liegt außerhalb des spezifizierten Bereichs.

b3 Fehler - Systemfehler. Störung in den Schaltungen oder unstimme Kalibrierdaten festgestellt. Zum Rücksetzen des Systemfehlerbits versuchen, die Stromversorgung aus- und wieder einzuschalten, wobei die Anstiegszeit kürzer als 20 ms ist.

b2 Fehler – Fehlerhafte, beschädigte Magnetisierung. Ein Streumagnetfeld ist vorhanden, Metallpartikel befinden sich zwischen dem Abtastkopf und dem Ring oder die radiale Positionierung zwischen dem Abtastkopf und dem Ring liegt außerhalb der Toleranzwerte.

b1 Fehler - Beschleunigungsfehler. Die Positionsdaten haben sich zu schnell geändert. Ein Streumagnetfeld ist vorhanden oder Metallpartikel befinden sich zwischen dem Abtastkopf und dem Ring.

b0 Reserviert, immer Null

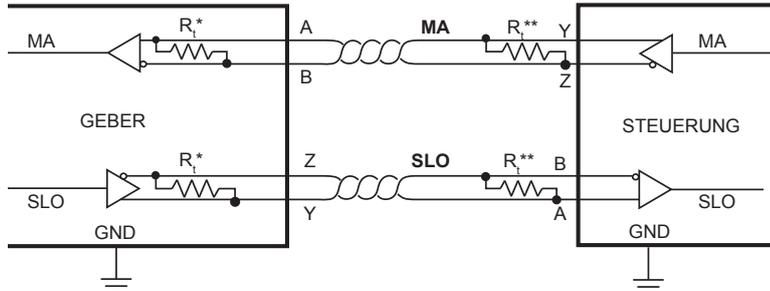
BiSS-C Schnittstelle

Die Geberposition (als bis zu einem 20 Bit Binärcode) und der Geberstatus sind über das BiSS-Protokoll abrufbar. Die Positionsdaten sind linksbündig. Auf die Positionsdaten folgen zwei Statusbits (aktiv „low“), gefolgt von (invertierten) CRC-Bits.

BiSS wird für den Punkt-zu-Punkt-Betrieb implementiert; mehrere Slaves werden nicht unterstützt.

Die Kommunikation erfolgt unidirektional, der Abtastkopf ist nicht vom Benutzer programmierbar und kann keine kundenspezifischen Parameter speichern.

Elektrische Verbindung



Signale	
MA	Master Clock. Die max. Taktfrequenz beträgt 5 MHz.
SLO	Slave out. Daten werden an der steigenden Flanke an SCK ausgegeben. Daten sind an der fallenden Flanke des SCK-Signals gültig.

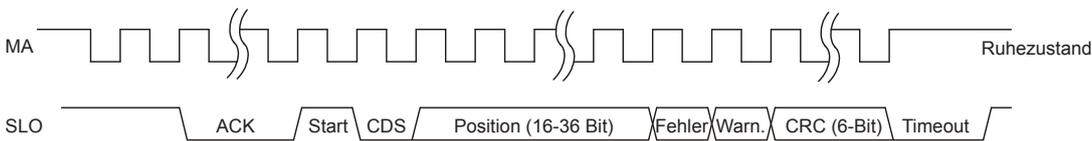
* Die MA- und SLO-Leitungen sind 5-V-, RS422-kompatible Differentialpaare. Der Abschlusswiderstand an den MA- und SLO-Leitungen ist in den Geber integriert.

** Die Terminierung auf der Steuerungsseite ist erforderlich, wenn die Gesamtkabellänge mehr als 5 m beträgt. Die Nennimpedanz des Kabels ist 120 Ω.

Schutz des Ausgangsstroms

Durch Fehler oder Buskonflikte verursachter Überstrom in der Ausgabe oder Verlustleistungen werden durch zwei Verfahren verhindert. Eine rücklaufende Strombegrenzung in der Ausgangsstufe bietet direkten Schutz gegen Kurzschlüsse. Zusätzlich werden die Treiberausgänge durch einen temperaturgesteuerten Abschaltkreis in einen hochohmigen Zustand gezwungen, wenn die Chip-Temperatur zu stark ansteigt.

BiSS-C Zeitdiagramm



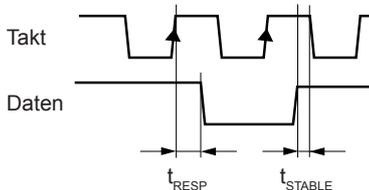
Bei inaktiver Kommunikation (Idle-State) ist die MA-Leitung „high“. Die Kommunikation beginnt mit der ersten fallenden Flanke. Der Geber setzt daraufhin die SLO mit der zweiten steigenden MA-Flanke auf „low“. Das ACK Intervall ist 12 Bit.

Sobald der Geber für den nächsten Abfragezyklus bereit ist, signalisiert er dies dem Master, indem er die SLO auf „high“ setzt.

Die absoluten Positionsdaten und CRC-Daten sind im Binärformat und werden MSB zuerst gesendet.

Multicycle-Daten sind nicht implementiert, deshalb ist das CDS Bit immer Null.

Kabellängen-Kompensation



Der Abtastkopf benötigt 170 ns, um auf eingehende Taktsignale zu antworten (t_{RESP}). Änderungen am Datensignal werden für 170 ns nach der steigenden Flanke in der Taktleitung verzögert. Eine weitere Verzögerung ergibt sich durch die Zeit für die Übertragung des Signals über das Kabel zum Abtastkopf und zurück (t_{PROP}). Diese Verzögerung beträgt in der Regel 14 ns pro 1 Meter Kabel. Dabei ist die Gesamtlänge des Kabels zwischen Geber und Empfänger berücksichtigt zu werden.

$$t_{DELAY} = t_{RESP} + t_{PROP} \times \text{Kabellänge}$$

Das Datensignal muss stabil sein, bevor der Wert gelacht wird. Bei einem über 1 m langen Kabel und einer Taktfrequenz von mehr als 2,5 MHz muss diese Verzögerung daher in der Empfängereinheit (Steuerung), an die der Geber angeschlossen ist, kompensiert werden.

Statusbits

Typ	Wert 0	Wert 1	Möglicher Grund für Störung
Fehler	Die Positionsdaten sind ungültig.	OK	Das Fehlerbit ist aktiv „low“. Falls „low“ gesetzt, ist die Position nicht gültig.
Warnung	Die Positionsdaten sind gültig.	OK	Das Warnbit ist aktiv „low“. Ist das Bit gesetzt, ist das Messsystem nahe der Betriebsgrenzwerte. Die Position ist noch gültig, jedoch liegen die Auflösung und/oder Genauigkeit möglicherweise außerhalb der Spezifikation.

Kommunikationsparameter

Die *Kommunikationsschnittstellen-Variante* in der Artikelnummer legt die Funktionalität des Gebers fest.

Kommunikationsschnittstellen-Variante	Parameter	Wert
H	MA-Frequenz	Max. 5 MHz

Parameter	Symbol	Mindestanforderung
Latenz		< 10 µs
Bandbreite *		2,5 kHz
Maximale Abfragerate		31 kHz (28 kHz Multiturn-Option)
Timeout		20 µs
Ansprechverzögerung des Abtastkopfes	t_{RESP}	170 ns
Verzögerung durch Kabelübertragung	t_{PROP}	14 ns/m

* Der Wert „Bandbreite“ bezeichnet die mechanische Bandbreite. Das AksIM erfasst Positionen bei 5 kHz, daher sind alle mechanischen Veränderungen, die schneller als mit 2,5 kHz auftreten nicht am Ausgang erfassbar (Nyquist-Theorem). Geht eine Positionsabfrage schneller als die Abtastfrequenz ein, wird die Position zum Zeitpunkt der Abfrage anhand der aktuellen Ringgeschwindigkeit erneut vom AksIM Messsystem berechnet.

Datenpaketbeschreibung

Die Länge eines Datenpakets hängt von der Auflösung ab und kann zwischen 24 und 44 Bit betragen. Es besteht aus 16 Bits für den Multiturn-Zähler (bei Anwahl dieser Option) und aus 16 bis 20 Positionsbits (Auflösung), gefolgt von 2 Statusbits und 6 CRC-Bits (siehe Tabelle unten).

Auflösung	Erfassung mehrerer Wellenumdrehungen (Multiturn)	Position	Status		CRC (invertiert)
			Fehler	Warnung	
16B	0 Bit	16 Bit	1 Bit	1 Bit	6 Bit
17B		17 Bit			
18B		18 Bit			
19B		19 Bit			
20B		20 Bit			
16M	16 Bit	16 Bit	1 Bit	1 Bit	6 Bit
17M		17 Bit			
18M		18 Bit			
19M		19 Bit			
20M		20 Bit			

Beispiel: 18 Positionsbits + 2 Statusbits + 6 CRC-Bits = ein 26 Bit langes Datenpaket.

Das Polynom für die CRC-Berechnung von Positions-, Fehler- und Warndaten ist: $x^6 + x^1 + 1$. Wird auch als 0x43 dargestellt. Die Daten werden invertiert und mit dem höchstwertigen Bit zuerst übertragen („MSB first“). Ein Beispiel für die Berechnungsroutine eines 6-bit CRC finden Sie in Anhang 2 dieses Datenblattes.

Weitere Informationen zum BiSS-Protokoll erhalten Sie unter www.biss-interface.com.

SPI - Serial Peripheral Interface (Slave-Modus)

Die SPI-Schnittstelle dient zur Kommunikation mit in der Nähe befindlichen Geräten.

Elektrische Verbindung

Alle Datensignale führen LVTTTL-Pegel (3,3 V Logik). Die Eingänge sind 5 V tolerant.

Die maximale Stromaufnahme, die aus den Signalleitungen entnommen oder diesen zugeführt wird, sollte nicht mehr als 20 mA betragen.

Signal	Beschreibung
\overline{CS}	Active low. Die \overline{CS} -Leitung wird zur Synchronisation zwischen Master- und Slave-Geräten verwendet. Während der Kommunikation muss sie „low“ gehalten werden. Bei inaktiver Kommunikation (Idle-State) ist sie „high“. Durch die steigende Flanke am \overline{CS} -Signal wird die SPI Schnittstelle zurückgesetzt.
SCK	Taktet die Daten an der steigenden Flanke aus. Max. Frequenz 3 MHz bei Kabellänge 1,5 m.
MISO	Daten werden an der steigenden Flanke an SCK nach \overline{CS} „low“ ausgegeben. Daten sind an der fallenden Flanke des SCK-Signals gültig. Während $\overline{CS}=1$, befindet sich die MISO-Leitung im High-Z-Modus.
Status	Gibt den normalen Betrieb an (nur bei Option S verfügbar).

Kommunikationsparameter

Die *Kommunikationsschnittstellen-Variante* in der Artikelnummer legt die Art der SPI-Schnittstelle und alle davon abhängigen Parameter fest.

Kommunikationsschnittstellen-Variante	Beschreibung	Parameter	Wert
S	SPI-Slave - einfacher Modus	Auflösung	Fest - Auflösung in der Artikelnummer als „16B“ festzulegen
		Status	Fehlerstatus an einer separaten Leitung verfügbar
		Datenlänge	16-Bit-Datenpaket - nur Position
A	SPI-Slave - erweiterter Modus	Auflösung	Wählbar (siehe Artikelnummern)
		Status	Alle Statusbits sind über die SPI verfügbar
		Datenlänge	40-Bit-Datenpaket - Position, Status, CRC
T	SPI-Slave - erweiterter Modus mit Zeitstempel	Auflösung	Wählbar (siehe Artikelnummern)
		Status	Alle Statusbits sind über die SPI verfügbar
		Datenlänge	56-Bit-Datenpaket - Position, Status, Zeitstempel, CRC

Parameter	Symbol	Min	Typ.	Max.	Hinweis
Taktfrequenz	f_{CLK}	1 Hz		3 MHz	Max. Frequenz bei 1,5 m Kabel
Zeit nach \overline{CS} „low“ bis zur ersten steigenden Flanke von SCK	t_S	2 μ s			
Zeit nach der letzten fallenden Flanke von SCK bis \overline{CS} „high“	H	1 μ s			
Zeitdauer \overline{CS} „high“	t_R	8 μ s			Zeit zum Rücksetzen der SPI
Wiederholungsrate der Messung	f_{REP}			5 kHz	Falls höher, werden dieselben Positionsdaten möglicherweise zweimal übertragen

SPI-Slave - einfacher Modus (Variante S)

Datenpaketstruktur

Datenpaket ist 16 Bit lang. MSB zuerst. Linksbündig. Nur Position, keine Statusbits. Nur 16-Bit-Auflösung verfügbar. Wiederholung der Messung max. 5000 Mal pro Sekunde. Falls höher, werden dieselben Positionsdaten möglicherweise zweimal gelesen.

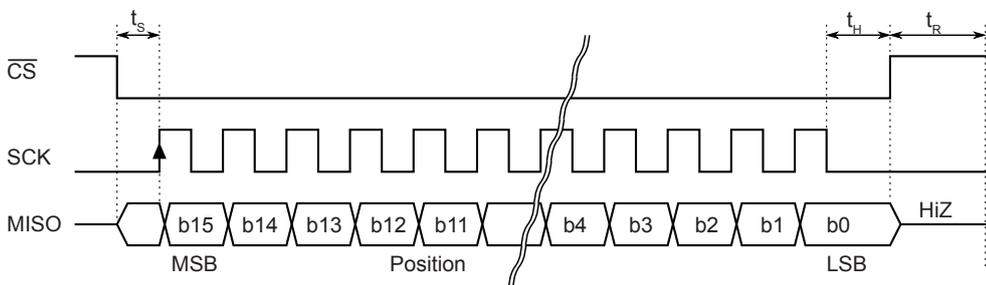
Statussignal

Das Statussignal gibt den aktuellen Zustand des Gebers an. Das Statussignal ist „high“ bei normalem Betrieb und gültigen Positionsinformationen. Der Zustand „low“ des Statussignals gibt einen Fehlerzustand des Gebers an, der folgende Ursachen haben kann:

- Betrieb außerhalb der Installationstoleranzen
- Ungültige oder beschädigte Magnetisierung des Rings
- Funktionsstörung des Sensors
- Systemfehler
- Keine Spannungsversorgung

Wenn das Statussignal „low“ ist, sind die über die SPI-Schnittstelle ausgelesenen Daten ungültig. Das Statussignal sollte an der ersten steigenden Flanke des SCK-Signals überprüft werden. Falls sich das Statussignal während der Datenübertragung verändert, wirkt sich dies nicht auf die aktuell übertragenen Positionsinformationen aus.

Zeitdiagramm SPI-Slave (Variante S)



Datenblatt
MHAD07_01

SPI-Slave - erweiterter Modus (Variante A)

Datenpaketstruktur

Datenpaket ist 40 Bit lang. MSB zuerst. Positionsdaten sind linksbündig.
 Wiederholung der Messung max. 5000 Mal pro Sekunde. Falls höher, werden dieselben Positionsdaten möglicherweise zweimal gelesen.

Bit	b31 : b12	b11 : b10	b9 : b2	b1 : b0	c7 : c0
Datenlänge	20 Bit	2 Bit	8 Bit	2 Bit	8 Bit
Bedeutung	Drehgeber Position	Allgemeiner Status	Detaillierter Status	Reserviert Immer 1	CRC

Geberposition

b31 : b12 Geberposition, linksbündig, MSB zuerst. Ist die Auflösung des Gebers kleiner als 20 Bit, werden die letzten Bits der Geberposition (die nicht verwendet werden) auf Null gesetzt.

Allgemeiner Status

- b11** Fehler. Falls das Bit gesetzt ist, ist die Position nicht gültig.
- b10** Warnung. Falls das Bit gesetzt ist, erreicht der Geber fast die Betriebsgrenzwerte. Position ist gültig. Auflösung und/oder Genauigkeit möglicherweise geringer als spezifiziert.

Das Fehler- und Warnbit können gleichzeitig gesetzt sein; in diesem Fall hat das Fehlerbit Priorität.
 Die Farbe der LED am Abtastkopfgehäuse gibt den Wert der Bits für den Allgemeinen Status an:
Rot = Fehler, **Orange** = Warnung, **Grün** = Normaler Betrieb, **Aus** = keine Spannungsversorgung.
 Der Warn- bzw. Fehlerstatus wird durch die Bits mit den detaillierten Statusinformationen näher bestimmt.

Detaillierter Status

- b9** Warnung - Signalamplitude zu hoch. Der Abtastkopf ist zu nah am Ring oder es ist ein externes Magnetfeld vorhanden.
- b8** Warnung - Signalamplitude niedrig. Der Abstand zwischen dem Abtastkopf und dem Ring ist zu hoch.
- b7** Fehler - Signal verloren. Der Abtastkopf ist nicht korrekt zum Ring ausgerichtet oder der Ring ist beschädigt.
- b6** Warnung - Temperatur. Die Abtastkopftemperatur liegt außerhalb des vorgegebenen Bereichs.
- b5** Fehler – Spannungsversorgungsfehler. Die Versorgungsspannung des Abtastkopfes liegt außerhalb des spezifizierten Bereichs.
- b4** Fehler - Systemfehler. Störung in den Schaltungen oder unstimmige Kalibrierdaten festgestellt. Zum Zurücksetzen des Systemfehlerbits versuchen, die Stromversorgung aus- und wieder einzuschalten, wobei die Anstiegszeit kürzer als 20 ms ist.
- b3** Fehler – Fehlerhafte, beschädigte Magnetisierung. Ein Streumagnetfeld ist vorhanden, Metallpartikel befinden sich zwischen dem Abtastkopf und dem Ring oder die radiale Positionierung zwischen dem Abtastkopf und dem Ring liegt außerhalb der Toleranzwerte.
- b2** Fehler - Beschleunigungsfehler. Die Positionsdaten haben sich zu schnell geändert. Ein Streumagnetfeld ist vorhanden oder Metallpartikel befinden sich zwischen dem Abtastkopf und dem Ring.

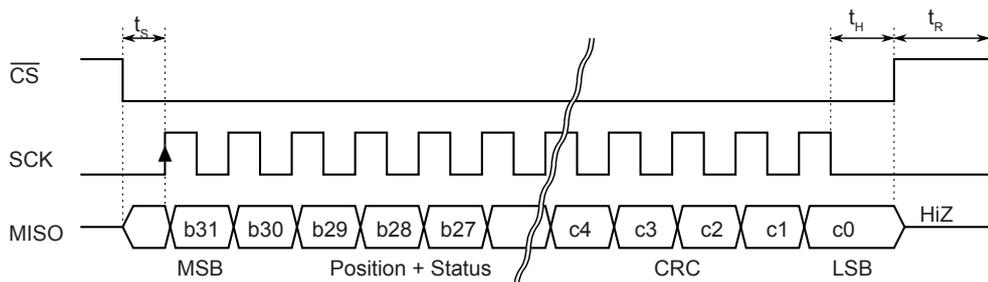
CRC

c7 : c0 CRC-Prüfung mit Polynom 0x97 - siehe Anhang 1 dieses Datenblattes.

Statussignal

Das Statussignal ist im erweiterten Modus nicht verfügbar.

Zeitdiagramm SPI-Slave (Variante A)



SPI-Slave - erweiterter Modus mit Zeitstempel (Variante T)

Datenpaketstruktur

Datenpaket ist 56 Bit lang. MSB zuerst. Positionsdaten sind linksbündig.

Wiederholung der Messung max. 5000 Mal pro Sekunde. Falls höher, werden dieselben Positionsdaten möglicherweise zweimal gelesen.

Bit	b31 : b12	b11 : b10	b9 : b2	b1 : b0	t15 : t0	c7 : c0
Datenlänge	20 Bit	2 Bit	8 Bit	2 Bit	16 Bit	8 Bit
Bedeutung	Drehgeber Position	Allgemeiner Status	Detaillierter Status	Reserviert Immer 1	Zeitstempel	CRC

Geberposition

b31 : b12 Geberposition, linksbündig, MSB zuerst. Ist die Auflösung des Gebers kleiner als 20 Bit, werden die letzten Bits der Geberposition (die nicht verwendet werden) auf Null gesetzt.

Allgemeiner Status

b11 Fehler. Falls das Bit gesetzt ist, ist die Position nicht gültig.

b10 Warnung. Falls das Bit gesetzt ist, erreicht der Geber fast die Betriebsgrenzwerte. Position ist gültig. Auflösung und/oder Genauigkeit möglicherweise geringer als spezifiziert.

Das Fehler- und Warnbit können gleichzeitig gesetzt sein; in diesem Fall hat das Fehlerbit Priorität.

Die Farbe der LED am Abtastkopfgehäuse gibt den Wert der Bits für den Allgemeinen Status an:

Rot = Fehler, **Orange** = Warnung, **Grün** = Normaler Betrieb, **Aus** = keine Spannungsversorgung.

Der Warn- bzw. Fehlerstatus wird durch die Bits mit den detaillierten Statusinformationen näher bestimmt.

Detaillierter Status

b9 Warnung - Signalamplitude zu hoch. Der Abtastkopf ist zu nah am Ring oder es ist ein externes Magnetfeld vorhanden.

b8 Warnung - Signalamplitude niedrig. Der Abstand zwischen dem Abtastkopf und dem Ring ist zu hoch.

b7 Fehler - Signal verloren. Der Abtastkopf ist nicht korrekt zum Ring ausgerichtet oder der Ring ist beschädigt.

b6 Warnung - Temperatur. Die Abtastkopftemperatur liegt außerhalb des vorgegebenen Bereichs.

b5 Fehler - Spannungsversorgungsfehler. Die Versorgungsspannung des Abtastkopfes liegt außerhalb des spezifizierten Bereichs.

b4 Fehler - Systemfehler. Störung in den Schaltungen oder unstimmmige Kalibrierdaten festgestellt. Zum Rücksetzen des Systemfehlerbits versuchen, die Stromversorgung aus- und wieder einzuschalten, wobei die Anstiegszeit kürzer als 20 ms ist.

b3 Fehler - Fehlerhafte, beschädigte Magnetisierung. Ein Streumagnetfeld ist vorhanden, Metallpartikel befinden sich zwischen dem Abtastkopf und dem Ring oder die radiale Positionierung zwischen dem Abtastkopf und dem Ring liegt außerhalb der Toleranzwerte.

b2 Fehler - Beschleunigungsfehler. Die Positionsdaten haben sich zu schnell geändert. Ein Streumagnetfeld ist vorhanden oder Metallpartikel befinden sich zwischen dem Abtastkopf und dem Ring.

Zeitstempel

t15 : t0 Zeit zwischen dem Halten der mechanischen Position und der fallenden Flanke CS in μ s.

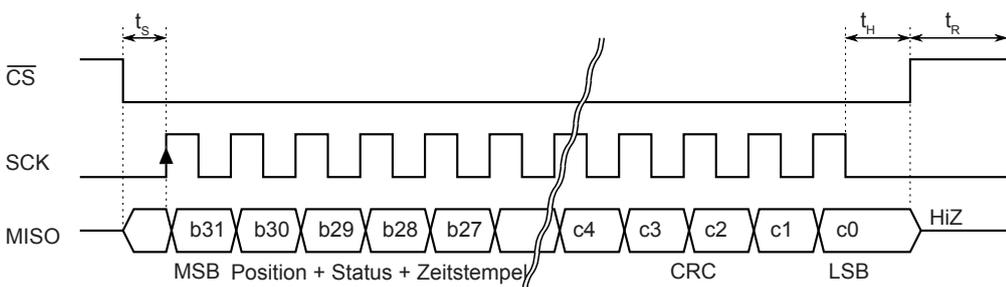
CRC

c7 : c0 CRC-Prüfung mit Polynom 0x97 - siehe Anhang 1 dieses Datenblattes.

Statussignal

Das Statussignal ist in diesem Modus nicht verfügbar.

Zeitdiagramm SPI-Slave (Variante T)



USB - Universeller serieller Bus

Geberidentifikation, Positionsdaten und Temperatur sind per Request-Response-Kommunikation über den Universal Serial Bus (USB) verfügbar. Der Geber wird von einem Computer als virtueller COM-Port erkannt. Diese Art der Kommunikation kann zur direkten Verbindung mit einer Messstation verwendet werden, die von einem (Industrie-)PC versorgt wird. Unterstützte Betriebssysteme: 32-Bit und 64-Bit Windows (XP, Vista, 7 und 8/10), Linux und Mac OS X. Der Geber wird möglicherweise nicht richtig erkannt, wenn er an einem USB-3.0-Port angeschlossen ist. Verwenden Sie bitte einen USB-2.0-Port oder einen USB-Hub. Der Zugriff auf den Geber ist über jede Software möglich, die die Verbindung zu einem virtuellen COM-Port unterstützt (z. B. C++, Delphi, Labview usw.).

Elektrische Verbindung

Ein USB-Kabel mit einem USB-Stecker des Typs A wird mitgeliefert. Die Kabellänge beträgt 1,8 m. Sie kann mithilfe zertifizierter USB-Verlängerungskabel, die höhere Versorgungsströme (min. 200 mA) führen können, auf 5 Meter verlängert werden.

USB-Treiber

USB-Treiber für den virtuellen COM-Port unter Windows stehen auf der Website von RLS zur Verfügung: www.rls.si/AksIM.

Der Geber sollte automatisch unter einem Linux System und Mac OS X erkannt werden. Er verwendet den Treiber der universellen seriellen Schnittstelle (Communication Device Class, CDC).

VID = 0483 & PID = 5740

Kommunikationsparameter

Die Einstellungen der Baudrate, Zeichenlänge und Paritätsbits wirken sich nicht auf die Kommunikation aus. Es kann ein beliebiger Wert verwendet werden.

Die Kommunikationsschnittstellen-Variante hat keine Auswirkung auf die USB-Schnittstelle. Standardwert „B“ verwenden.

Befehlssatz

Befehl „v“ (0x76) - Versionsanfrage
Antwort - Information über Ausführungsvariante und Seriennummer 5 Bytes ASCII Identifikationsstring („AksIM“) 1 Byte ASCII Leerzeichen 8 Bytes ASCII Seriennummer 16 Bytes ASCII Artikelnummer 1 Byte binär Firmwareversion 1 Byte binär Kommunikationsschnittstellen-Version (5) 1 Byte binär ASIC-Revision 3 Bytes ASCII Kennung für Auflösung
Befehl „1“ (0x31) - Einzelne Positionsdatenabfrage
Antwort - Position und Status, einmal gesendet 1 Byte Header 0xEA 3 Bytes binär absolute Position, Big-Endian, linksbündig 2 Bytes Geberstatus – siehe unten 1 Byte unveränderlicher Footer 0xEF Die nächste Abfrage sollte nicht früher als 250 µs nach dem Ende der vorangehenden Antwort vom Abtastkopf ausgesendet werden, damit eine Aktualisierung der Positionsdaten möglich ist. Wird die Anfrage früher gesendet, kommen die Daten am Ende des Aktualisierungszyklus an.
Befehl „2“ (0x32) - Kontinuierliche Positionsdatenabfrage
Antwort - Position und Status, kontinuierlich gesendet 1 Byte unveränderlicher Header 0xEA 3 Bytes binär absolute Position, Big-Endian, linksbündig 2 Bytes Geberstatus – siehe unten 1 Byte unveränderlicher Footer 0xEF
Befehl „3“ (0x33) - Kontinuierliche Positionsdatenabfrage mit reduzierter Länge
Antwort - Position und Status, kontinuierlich gesendet 3 Bytes binär absolute Position, Big-Endian, linksbündig 1 Byte detaillierter Geberstatus – siehe unten
Befehl „0“ (0x30) - Stopp
Kontinuierliche Übertragung beenden
Befehl „t“ (0x74) - Temperaturabfrage
Antwort - Temperatur des Gebers 1 Byte Binärzahl mit Vorzeichen - Temperatur des Sensors in °C Genauigkeit der Messungen ±3 °C Diese Funktion steht ab Firmware-Version 30 und höher zur Verfügung (siehe Befehl „v“ für die Firmware-Version).

Datenpaketstruktur

Geberstatus (zwei Bytes):	
b15 : b10	Reserviert; immer Null
Allgemeiner Status	
b9	Fehler. Falls das Bit gesetzt ist, ist die Position nicht gültig.
b8	Warnung. Falls das Bit gesetzt ist, erreicht der Geber fast die Betriebsgrenzwerte. Position ist gültig. Auflösung und/oder Genauigkeit möglicherweise geringer als spezifiziert.
<p>Das Fehler- und Warnbit können gleichzeitig gesetzt sein; in diesem Fall hat das Fehlerbit Priorität. Die Farbe der LED am Abtastkopfgehäuse gibt den Wert der Bits für den Allgemeinen Status an: Rot = Fehler, Orange = Warnung, Grün = Normaler Betrieb, Aus = keine Spannungsversorgung. Der Warn- bzw. Fehlerstatus wird durch die Bits mit den detaillierten Statusinformationen näher bestimmt.</p>	
Detaillierter Status	
b7	Warnung - Signalamplitude zu hoch. Der Abtastkopf ist zu nah am Ring oder es ist ein externes Magnetfeld vorhanden.
b6	Warnung - Signalamplitude niedrig. Der Abstand zwischen dem Abtastkopf und dem Ring ist zu hoch.
b5	Fehler - Signal verloren. Der Abtastkopf ist nicht korrekt zum Ring ausgerichtet oder der Ring ist beschädigt.
b4	Warnung - Temperatur. Die Abtastkopftemperatur liegt außerhalb des vorgegebenen Bereichs.
b3	Fehler – Spannungsversorgungsfehler. Die Versorgungsspannung des Abtastkopfes liegt außerhalb des spezifizierten Bereiches.
b2	Fehler - Systemfehler. Störung in den Schaltungen oder unstimmmige Kalibrierdaten festgestellt. Zum Rücksetzen des Systemfehlerbits versuchen, die Stromversorgung aus- und wieder einzuschalten, wobei die Anstiegszeit kürzer als 20 ms ist.
b1	Fehler – Fehlerhafte, beschädigte Magnetisierung. Ein Streumagnetfeld ist vorhanden, Metallpartikel befinden sich zwischen dem Abtastkopf und dem Ring oder die radiale Positionierung zwischen dem Abtastkopf und dem Ring liegt außerhalb der Toleranzwerte.
b0	Fehler - Beschleunigungsfehler. Die Positionsdaten haben sich zu schnell geändert. Ein Streumagnetfeld ist vorhanden oder Metallpartikel befinden sich zwischen dem Abtastkopf und dem Ring.

Latenz bei asynchroner serieller Kommunikation

Der Abtastkopf hat einen internen Zyklus zur Positionserfassung, der bei 5 kHz ($\pm 10\%$) ausgeführt wird. Ein Zyklus dauert 200 μs . Er ist nicht von der Anfragesfrequenz abhängig.

Die Steuerung sendet die Anfrage. Empfängt der Abtastkopf eine Anfrage, nachdem dieser gerade einen neuen Zyklus gestartet hat, dauert es 200 μs bis die neue Position verfügbar ist. Sie wird immer am Ende eines Zyklus an die Steuerung übertragen. In diesem Fall tritt zwischen der Anfrage und der Antwort eine Verzögerung von 200 μs auf (ohne Berücksichtigung der Übertragungszeit).

Wenn die Anfrage den Abtastkopf kurz vor dem Ende des Zyklus erreicht, ist die Position gerade bereit und die Antwort wird sofort übertragen. Die Position wurde 200 μs vor Beginn des Zyklus erfasst.

Eine weitere Einstellung ist die kontinuierliche Übertragung nach jedem Zyklus. Bei dieser Einstellung muss keine Positionsabfrage an den Geber gesendet werden, da die Position gesendet wird, sobald diese verfügbar ist.

Wenn die Steuerung das erste Bit der Datenposition erhält, ist diese 200 μs alt. Diese Zeit ist fest vorgegeben und gleichbleibend ($\pm 10\%$). Die zusätzliche Verzögerung ergibt sich aus der Zeit, die zum Abschluss der Datenübertragung benötigt wird. Diese schwankt abhängig von der gewählten Bitrate.

(Auf Anfrage können Zeit- und/oder Geschwindigkeitsdaten im selben Datenpaket wie die Position zur Verfügung gestellt werden.)

Latenz bei anderen „Slave“-Schnittstellen (SSI, SPI-Slave)

Alle Schnittstellen übertragen die zuletzt gültigen, verfügbaren Daten.

Der interne Zyklus des Gebers beträgt 200 μs . Dies entspricht der Verzögerung ab dem Zeitpunkt, an dem die mechanische Position vom Sensor gehalten wird, bis zu dem Zeitpunkt, an dem die Daten bereit für die Übertragung über die Schnittstelle sind.

Geht die Anfrage direkt nachdem die Daten zur Verfügung stehen ein, beträgt die Latenz 200 μs .

Wenn die Anfrage kurz vor der Berechnung der neuen Daten eingeht, beträgt die Latenz 400 μs .

Zum Beispiel:

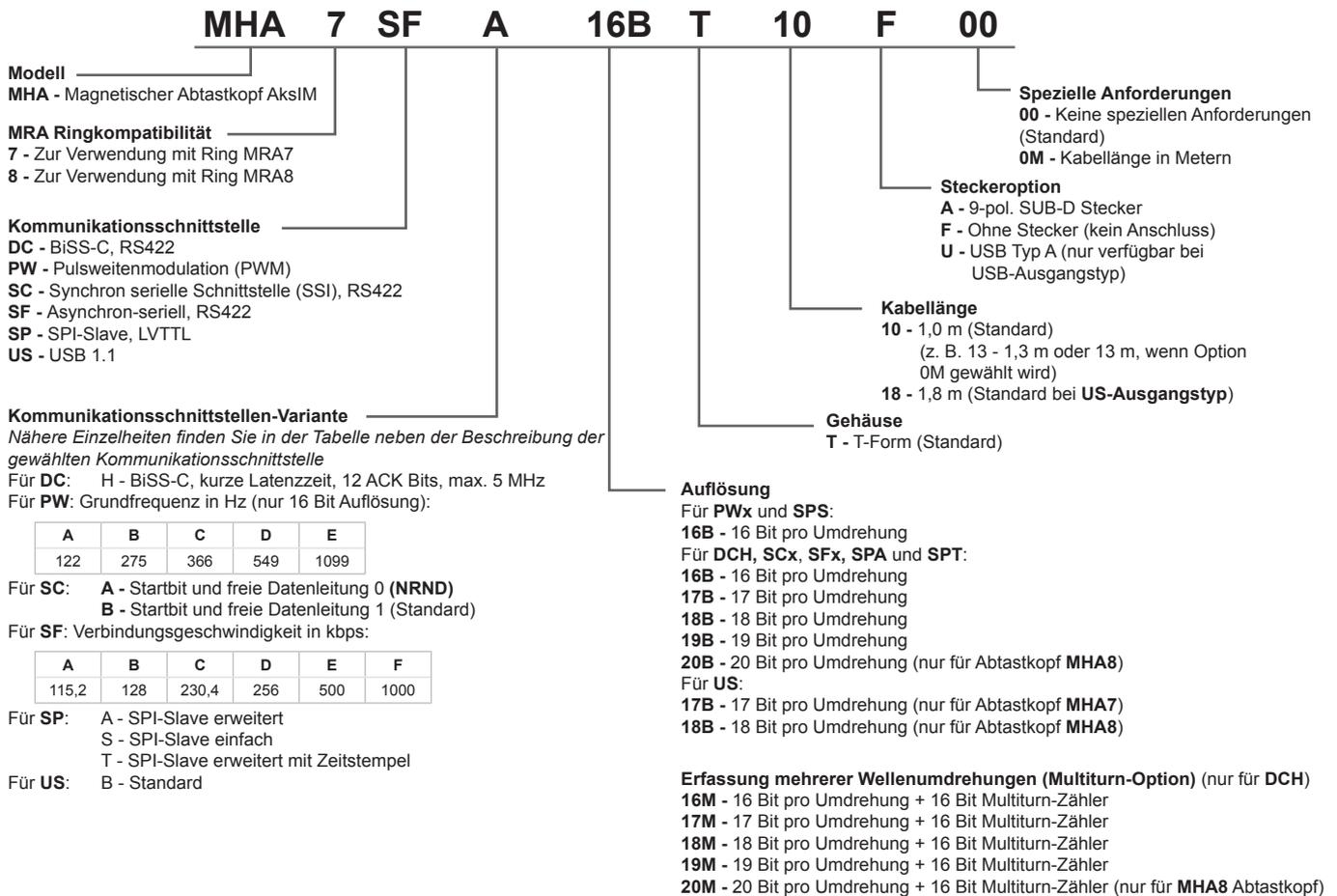
Bei $t = 0 \mu\text{s}$ wird die physische Position gelatcht, aber die Positionsdaten sind noch nicht berechnet worden. Diese sind nach 200 μs verfügbar.

Wenn die Anfrage bei $t = 1 \mu\text{s} - 199 \mu\text{s}$ eingeht, werden die zuletzt verfügbaren Daten gesendet – die, aus dem vorhergehenden Zyklus, bei dem die Position bei $t = -200 \mu\text{s}$ gehalten wurde.

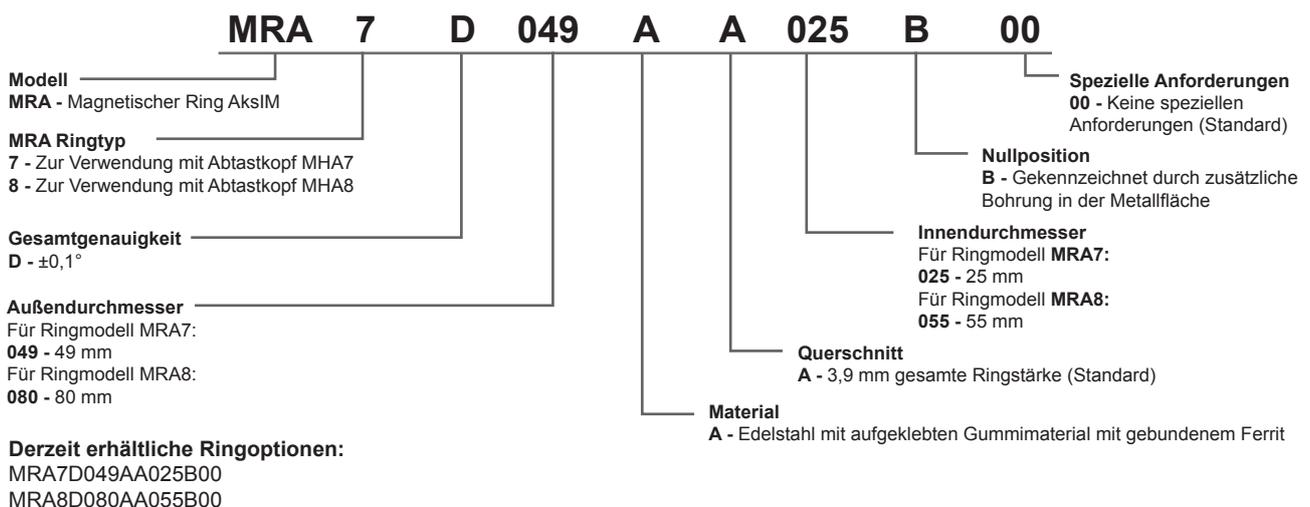
Latenz bei BiSS-Schnittstelle

Das Verfahren und die Berechnungsmethode der BiSS-Schnittstelle sind anders, sodass die Taktfrequenz der Abfragerate mehr als 5 kHz betragen kann. In der Regel kann die Abfragerate bis zu 30 kHz betragen. Die Position wird an der ersten fallenden Flanke auf der MA (Takt)-Leitung gelatcht und sofort berechnet. Die Latenzzeit ist daher kürzer als 10 μs .

Artikelnummern für Abtastkopf



Artikelnummern für Ring



Zubehör

MHA7TACC01 Ausrichtwerkzeug für Abtastkopf MHA7 / radiale Positionierung des Rings MRA7
MHA8TACC01 Ausrichtwerkzeug für Abtastkopf MHA8 / radiale Positionierung des Rings MRA8

Anhang 1 - 8-Bit CRC-Berechnung mit 0x97 Polynom

Einige der Kommunikationsschnittstellen bieten einen CRC-Wert (Prüfsumme), um die aus dem Geber ausgelesenen Daten auf ihre Richtigkeit zu prüfen. Dieses Kapitel zeigt ein Beispiel für die CRC-Berechnung auf der Empfängerseite. Die CRC-Berechnung muss stets für den vollständigen Datensatz, einschließlich aller reservierten Bits, ausgeführt werden. Das Polynom für die CRC-Berechnung lautet $P(x) = x^8 + x^7 + x^4 + x^2 + x^1 + 1$, auch dargestellt als 0x97.

Beispiel für Code:

```
//poly = 0x97
static u8 tableCRC [256] = {
    0x00, 0x97, 0xB9, 0x2E, 0xE5, 0x72, 0x5C, 0xCB, 0x5D, 0xCA, 0xE4, 0x73, 0xB8, 0x2F, 0x01, 0x96,
    0xBA, 0x2D, 0x03, 0x94, 0x5F, 0xC8, 0xE6, 0x71, 0xE7, 0x70, 0x5E, 0xC9, 0x02, 0x95, 0xBB, 0x2C,
    0xE3, 0x74, 0x5A, 0xCD, 0x06, 0x91, 0xBF, 0x28, 0xBE, 0x29, 0x07, 0x90, 0x5B, 0xCC, 0xE2, 0x75,
    0x59, 0xCE, 0xE0, 0x77, 0xBC, 0x2B, 0x05, 0x92, 0x04, 0x93, 0xBD, 0x2A, 0xE1, 0x76, 0x58, 0xCF,
    0x51, 0xC6, 0xE8, 0x7F, 0xB4, 0x23, 0x0D, 0x9A, 0x0C, 0x9B, 0xB5, 0x22, 0xE9, 0x7E, 0x50, 0xC7,
    0xEB, 0x7C, 0x52, 0xC5, 0x0E, 0x99, 0xB7, 0x20, 0xB6, 0x21, 0x0F, 0x98, 0x53, 0xC4, 0xEA, 0x7D,
    0xB2, 0x25, 0x0B, 0x9C, 0x57, 0xC0, 0xEE, 0x79, 0xEF, 0x78, 0x56, 0xC1, 0x0A, 0x9D, 0xB3, 0x24,
    0x08, 0x9F, 0xB1, 0x26, 0xED, 0x7A, 0x54, 0xC3, 0x55, 0xC2, 0xEC, 0x7B, 0xB0, 0x27, 0x09, 0x9E,
    0xA2, 0x35, 0x1B, 0x8C, 0x47, 0xDD, 0xFE, 0x69, 0xFF, 0x68, 0x46, 0xD1, 0x1A, 0x8D, 0xA3, 0x34,
    0x18, 0x8F, 0xA1, 0x36, 0xFD, 0x6A, 0x44, 0xD3, 0x45, 0xD2, 0xFC, 0x6B, 0xA0, 0x37, 0x19, 0x8E,
    0x41, 0xD6, 0xF8, 0x6F, 0xA4, 0x33, 0x1D, 0x8A, 0x1C, 0x8B, 0xA5, 0x32, 0xF9, 0x6E, 0x40, 0xD7,
    0xFB, 0x6C, 0x42, 0xD5, 0x1E, 0x89, 0xA7, 0x30, 0xA6, 0x31, 0x1F, 0x88, 0x43, 0xD4, 0xFA, 0x6D,
    0xF3, 0x64, 0x4A, 0xDD, 0x16, 0x81, 0xAF, 0x38, 0xAE, 0x39, 0x17, 0x80, 0x4B, 0xDC, 0xF2, 0x65,
    0x49, 0xDE, 0xF0, 0x67, 0xAC, 0x3B, 0x15, 0x82, 0x14, 0x83, 0xAD, 0x3A, 0xF1, 0x66, 0x48, 0xDF,
    0x10, 0x87, 0xA9, 0x3E, 0xF5, 0x62, 0x4C, 0xDB, 0x4D, 0xDA, 0xF4, 0x63, 0xA8, 0x3F, 0x11, 0x86,
    0xAA, 0x3D, 0x13, 0x84, 0x4F, 0xD8, 0x46, 0x61, 0xF7, 0x60, 0x4E, 0xD9, 0x12, 0x85, 0xAB, 0x3C};
```

```
// Diese Funktion verwenden um CRC von 32 Bit zu berechnen
```

```
u8 crc8_4B(u32 bb)
{
    u8 crc;
    u32 t;
    t = (bb >> 24) & 0x000000FF;
    crc = ((bb >> 16) & 0x000000FF);
    t = crc ^ tableCRC[t];
    crc = ((bb >> 8) & 0x000000FF);
    t = crc ^ tableCRC[t];
    crc = (bb & 0x000000FF);
    t = crc ^ tableCRC[t];
    crc = tableCRC[t];
    return crc;
}
```

```
// Diese Funktion verwenden um CRC von fixed length buffer zu berechnen
```

```
u8 CRC_Buffer(u8 NumOfBytes) // parameter = how many bytes from buffer to use to calculate CRC
{
    u32 t;
    u8 icrc;
    NumOfBytes -= 1;
    icrc = 1;
    t = Buffer[0];
    while (NumOfBytes--)
    {
        t = crc ^ tableCRC[t];
    }
    crc = tableCRC[t];
    return crc;
}
```

Beispiel:

```
u8 Buffer[BufferLength];

crc_value = u8 CRC_Buffer(BufferLength);
```

Empfohlene Literatur:

- Painless guide to CRC error detection algorithm; Ross N. Williams.
- Cyclic Redundancy Code (CRC) Polynomial Selection For Embedded Networks; P. Koopman, T. Chakravarty

Anhang 2 - 6-Bit CRC-Berechnung mit 0x43 Polynom für BiSS

Die BiSS Kommunikationsschnittstelle bietet einen CRC-Wert (Prüfsumme), um die aus dem Geber ausgelesenen Daten auf ihre Richtigkeit zu prüfen. Dieses Kapitel zeigt ein Beispiel für die CRC-Berechnung auf der Empfängerseite. Die CRC-Berechnung muss stets für den vollständigen Datensatz ausgeführt werden. Das Polynom für die CRC-Berechnung lautet $P(x) = x^6 + x^1 + 1$, auch dargestellt als 0x43.

Das folgende Code-Beispiel muss passend für die tatsächliche Datenlänge abgeändert werden. Positionsdaten, Fehler- und Warnbits müssen alle in derselben Reihenfolge wie im BiSS-Datenpaket in die Berechnung einbezogen werden. ACK-, Start- und CDS-Bits werden in der CRC-Berechnung nicht berücksichtigt.

Beispiel für Code:

```
u8 tableCRC6[64] = {
    0x00, 0x03, 0x06, 0x05, 0x0C, 0x0F, 0x0A, 0x09,
    0x18, 0x1B, 0x1E, 0x1D, 0x14, 0x17, 0x12, 0x11,
    0x30, 0x33, 0x36, 0x35, 0x3C, 0x3F, 0x3A, 0x39,
    0x28, 0x2B, 0x2E, 0x2D, 0x24, 0x27, 0x22, 0x21,
    0x23, 0x20, 0x25, 0x26, 0x2F, 0x2C, 0x29, 0x2A,
    0x3B, 0x38, 0x3D, 0x3E, 0x37, 0x34, 0x31, 0x32,
    0x13, 0x10, 0x15, 0x16, 0x1F, 0x1C, 0x19, 0x1A,
    0x0B, 0x08, 0x0D, 0x0E, 0x07, 0x04, 0x01, 0x02};

u8 crcBiSS(u32 bb)
{
    u8 crc;
    u32 t;
    t = (bb >> 30) & 0x00000003;
    crc = ((bb >> 24) & 0x0000003F);
    t = crc ^ tableCRC6[t];
    crc = ((bb >> 18) & 0x0000003F);
    t = crc ^ tableCRC6[t];
    crc = ((bb >> 12) & 0x0000003F);
    t = crc ^ tableCRC6[t];
    crc = ((bb >> 6) & 0x0000003F);
    t = crc ^ tableCRC6[t];
    crc = (bb & 0x0000003F);
    t = crc ^ tableCRC6[t];
    crc = tableCRC6[t];
    return crc;
}
```

Empfohlene Literatur:

- Painless guide to CRC error detection algorithm; Ross N. Williams.
- Cyclic Redundancy Code (CRC) Polynomial Selection For Embedded Networks; P. Koopman, T. Chakravarty

Firmensitz

RLS merilna tehnika d.o.o.

Poslovna cona Žeje pri Komendi
Pod vrbami 2
SI-1218 Komenda
Slowenien

T +386 1 5272100

F +386 1 5272129

E mail@rls.si

www.rls.si

Dokumentenversionen

Ausgabe	Datum	Seite	Vorgenommene Korrekturen
1	3. 5. 2017	Generell	Auf Grund des Datenblatts MHAD01_10