

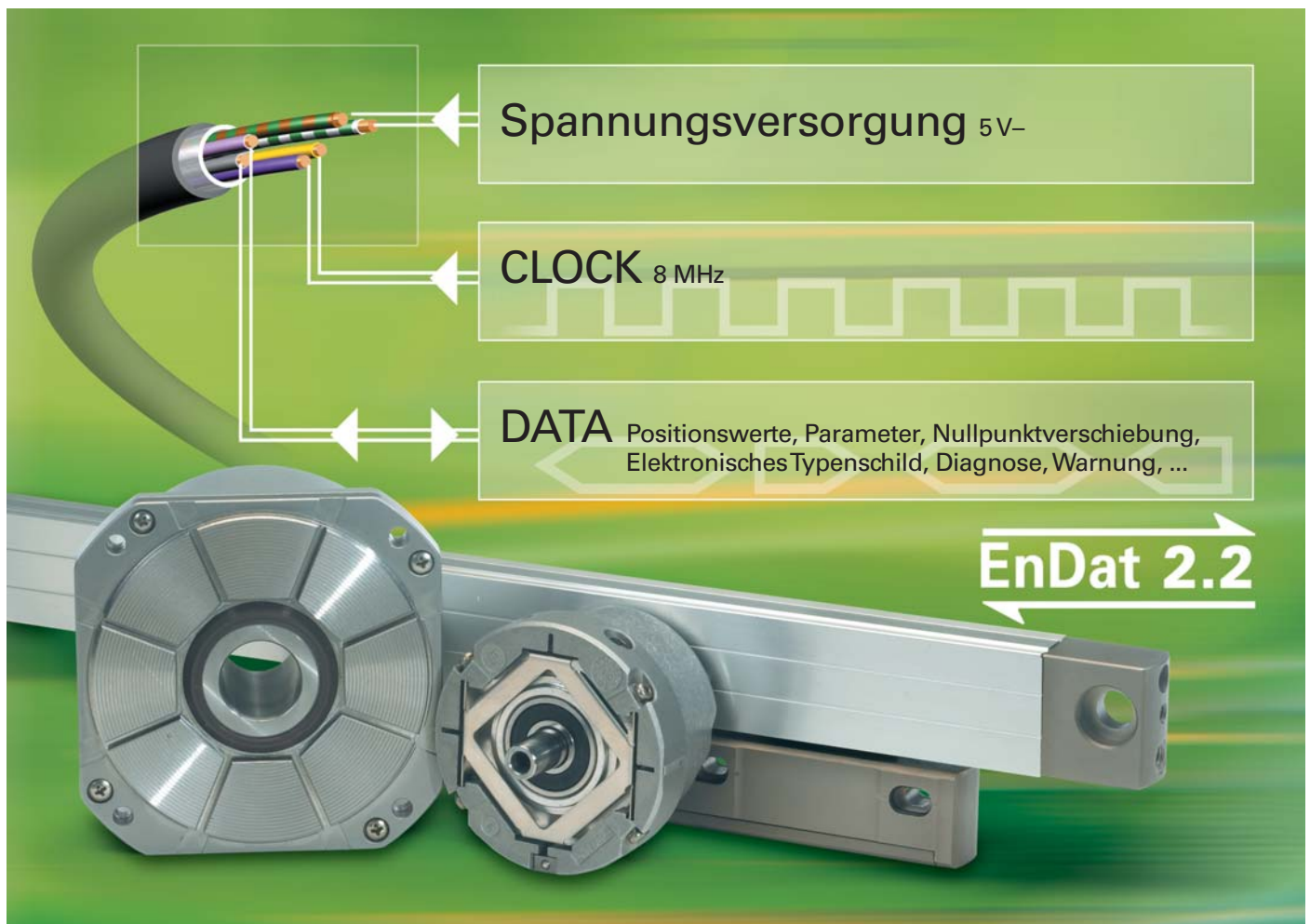


Technische Information

EnDat 2.2 – Bidirektionales Interface für Positionsmessgeräte

Digitale Antriebssysteme sowie Lageregelkreise mit Positionsmessgeräten zur Messwerterfassung fordern von den Messgeräten eine **schnelle Datenübertragung** mit **hoher Übertragungssicherheit**. Darüber hinaus sollen weitere Daten, wie **antriebsspezifische Kennwerte, Korrekturtabellen** etc. zur Verfügung gestellt werden. Für eine hohe Systemsicherheit müssen die Messgeräte in Routinen zur Fehlererkennung eingebunden sein und **Diagnosemöglichkeiten** bieten.

Das EnDat-Interface von HEIDENHAIN ist eine digitale, bidirektionale Schnittstelle für Messgeräte. Sie ist in der Lage, sowohl Positionswerte von inkrementalen und absoluten Messgeräten auszugeben, als auch im Messgerät gespeicherte Informationen auszulesen, zu aktualisieren oder neue Informationen abzulegen. Aufgrund der seriellen Datenübertragung sind 4 Signalleitungen ausreichend. Die Daten werden synchron zu dem von der Folge-Elektronik vorgegebenen Taktsignal übertragen. Die Auswahl der Übertragungsart (Positionswerte, Parameter, Diagnose ...) erfolgt mit Mode-Befehlen, welche die Folge-Elektronik an das Messgerät sendet.



Vorteile des EnDat-Interface

Das EnDat-Interface bietet alle Voraussetzungen, die Systemkosten zu reduzieren – pro Achse bis zu 50% – und gleichzeitig den technischen Standard zu verbessern. Die wesentlichen Vorteile sind:

Kostenoptimierung:

- Einheitliche Schnittstelle für alle absoluten und inkrementalen Messgeräte
- Einfache Folge-Elektronik mit EnDat-Empfängerbaustein und Standard-Komponenten
- Einfachere, kostengünstigere Spannungsversorgung, da auf Remote Sense verzichtet werden kann
- Einfache Verbindungstechnik: Standard-Steckverbindungen (M12 – 8-polig), einfach geschirmte Standardkabel und geringer Verdrahtungsaufwand
- Kleine Motor- bzw. Anlagenabmessungen durch kleinbauende Steckverbinder
- Keine Kosten für zusätzliche Sensorik und Verdrahtung: EnDat 2.2 überträgt zusätzliche Informationen (Endschalter/ Temperatur/Beschleunigung)
- Verkürzte Inbetriebnahme: Nullpunktverschiebung durch Verrechnen eines Wertes im Messgerät

Qualitätsverbesserung

- Höhere Systemgenauigkeit durch gerätespezifische Optimierungen im Messgerät
- Hohe Konturtreue insbesondere bei CNC-Werkzeugmaschinen: Positionswertbildung im Messgerät ermöglicht kürzere Abtastzyklen, ohne die Rechenzeit der CNC zu beeinflussen

Höhere Verfügbarkeit

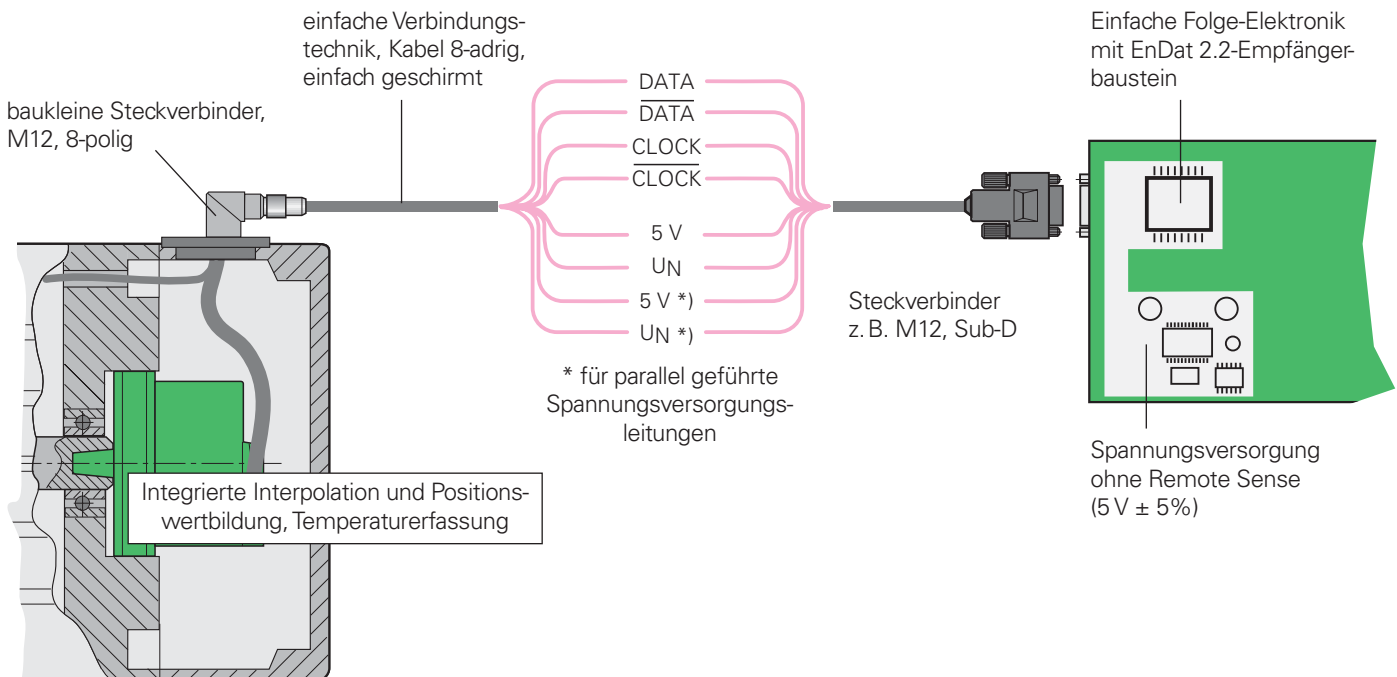
- Automatische Inbetriebnahme der Systemachse möglich: alle notwendigen Informationen können im Messgerät gespeichert werden (elektronisches Typenschild).
- Hohe Systemsicherheit durch rein digitale Datenübertragung
- Diagnose durch in der Folge-Elektronik auswertbare Überwachungs- und Warnmeldungen
- Hohe Übertragungssicherheit durch Cyclic Redundance Check

Sicherheitskonzept (in Vorbereitung)

- EnDat 2.2 wurde für sicherheitsrelevante Maschinenkonzepte entwickelt
- Zwei unabhängige Fehlermeldungen
- Zwei unabhängige Positionsinformationen zur Fehlererkennung
- Checksummen und Quittierungen
- Zwangsdynamisierung der Fehlermeldungen und der CRC-Bildung durch die Folge-Elektronik

Unterstützung moderner Maschinenkonzepte

- Geeignet für Direktantriebstechnik durch hohe Auflösungen, kurze Zykluszeiten und Kommutierungsinformation
- Zyklische Abfragen alle 25 μ s mit vollem „read and write“-Modus möglich
- Positionswerte stehen bereits nach ca. 10 μ s in der Folge-Elektronik zur Verfügung



Kompatibilität EnDat 2.2 > 2.1

Die erweiterte Schnittstellenversion EnDat 2.2 ist von der Kommunikation, den Befehlssätzen und Zeitbedingungen kompatibel zur bisherigen Version 2.1, bietet jedoch deutliche Vorteile. So ist es zum Beispiel möglich mit dem Positionswert sogenannte Zusatzinformationen zu übertragen, ohne dafür eine eigene Abfrage zu starten. Dazu wurde das Protokoll der Schnittstelle erweitert und die Zeitverhältnisse wie folgt optimiert:

- Taktfrequenz (CLOCK) erhöhen (8 MHz)
- Rechenzeit optimieren (Positionswertermittlung innerhalb 5 µs)
- Totzeit (Recovery Time) minimieren (1,25 bis 3,75 µs)
- Erweiterter Spannungsversorgungsbereich (3,6 bis 5,25 V am Messgerät)

EnDat mit Befehlssatz 2.2 (beinhaltet Befehlssatz EnDat 2.1)

- Positionswerte für inkrementale und absolute Messgeräte
- Zusatzinformationen zum Positionswert
 - Diagnose, Testwerte
 - Absolute Positionswerte nach Referenzierung von inkrementalen Messgeräten
 - Parameter senden und empfangen
 - Kommutierung
 - Beschleunigung
 - Grenzlagesignal

EnDat mit Befehlssatz 2.1

- Absolute Positionswerte
- Parameter senden und empfangen
- Reset
- Testbefehl
- Testwerte

Funktionsbeschreibung

Das EnDat-Interface überträgt in zeitlich eindeutiger Abfolge Positionswerte bzw. physikalische Zusatzgrößen und dient zum Auslesen und Beschreiben des Messgerätes internen Speichers.

1. Positionswerte können mit oder ohne Zusatzinformationen übertragen werden. Die Zusatzinformationen selbst sind über den MRS-Code (Memory Range Select) wählbar. Zusammen mit dem Positionswert können auch andere Funktionen wie Parameter lesen und schreiben nach vorangegangener Speicherbereichsauswahl aufgerufen werden. Durch die

gleichzeitige Übertragung mit dem Positionswert lassen sich auch von im Regelkreis befindlichen Achsen Zusatzinformationen abfragen und Funktionen ausführen.

2. Parameter lesen und schreiben ist sowohl als separate Funktion als auch in Verbindung mit dem Positionswert möglich. Nach der Auswahl des Speicherbereichs können Parameter gelesen oder geschrieben werden.

3. Reset-Funktionen dienen zum Zurücksetzen des Messgeräts bei Fehlfunktionen. Ein Reset ist anstelle oder während der Positionswert-Übertragung möglich.

4. Testbefehle und -werte dienen in sicherheitsgerichteten Systemen zur Zwangsdynamisierung. Dabei wird die Wertigkeit der Fehlermeldung invertiert und somit ihre Generierung überwacht. Außerdem muss bei Messgeräten mit Gray-Code-Abtastung die Inbetriebnahmediagnose – sie überprüft den Positionswert im Stillstand – über einen Testbefehl gestartet werden.

Datenübertragung

Zur Synchronisation der Datenübertragung wird von der Folge-Elektronik ein **Takt (CLOCK)** vorgegeben. Im Ruhezustand liegt die Taktleitung auf HIGH-Pegel.

Taktfrequenz – Kabellänge

Ohne Laufzeitkompensation ist die **Taktfrequenz** – abhängig von der Kabellänge – variabel zwischen **100 kHz** und **2 MHz**. Da besonders bei großen Kabellängen und höheren Taktfrequenzen die Signallaufzeit für die eindeutige Zuordnung der Daten störende Größenordnungen annimmt, kann sie in einem Korrekturlauf ermittelt und kompensiert werden. Mit dieser **Laufzeitkompensation** in der Folge-Elektronik sind Taktfrequenzen **bis 8 MHz** bei Kabellängen bis maximal 100 m möglich. Die maximale Taktfrequenz wird dabei maßgeblich durch die verwendeten Kabel und Steckverbinder bestimmt. Zur Gewährleistung der Funktion sind bei Taktfrequenzen über 2 MHz Original-HEIDENHAIN-Kabel zu verwenden.

Die in den Diagrammen angegebenen zulässigen Taktfrequenzen gelten bei einem **Tastverhältnis des Taktes** von 1 : 1. Das heißt, HIGH- und LOW-Pegel des Taktes sind gleich lang.

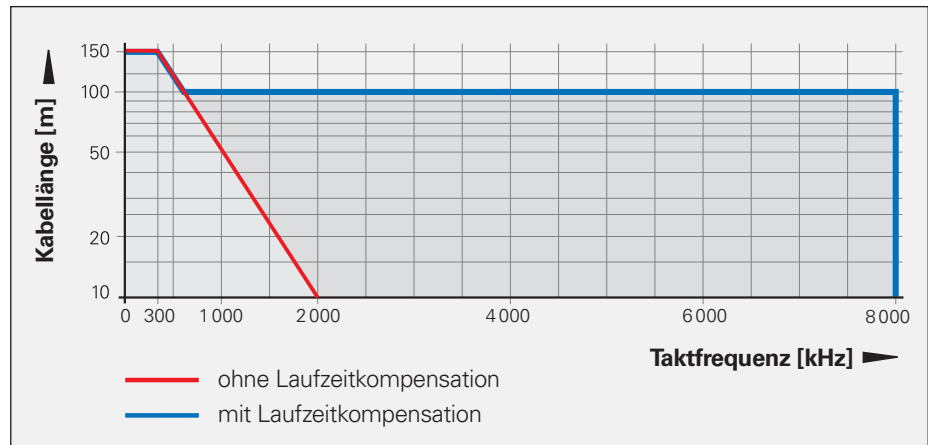
Bei einem abweichenden Tastverhältnis des Taktes errechnet sich die theoretische Taktfrequenz aus $f_c = \frac{1}{2t_{\min}}$

Ermitteln der Signallaufzeit

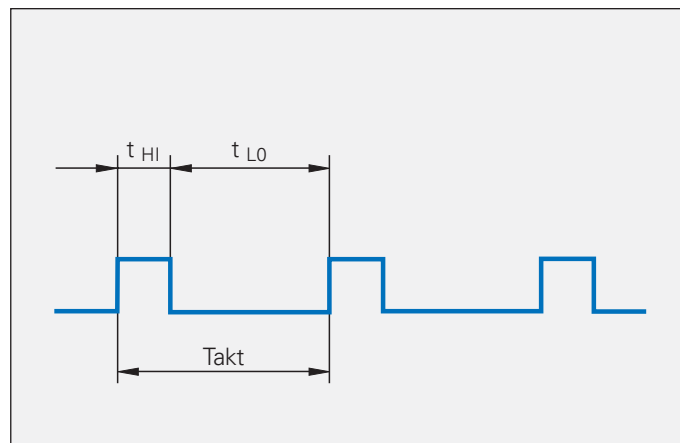
Nach jeder Hardware-Änderung der Übertragungstrecke muss die Signallaufzeit ermittelt werden, am besten automatisch nach jeder Spannungsunterbrechung.

Die Folge-Elektronik sendet den Mode-Befehl *Messgerät sende Positionswerte ohne Zusatzinformation* an das Messgerät. Nachdem das Messgerät auf Senden umgeschaltet hat, d. h. nach insgesamt 10 Taktperioden, startet mit jeder steigenden Taktflanke ein Zähler in der Folge-Elektronik.

Taktfrequenz

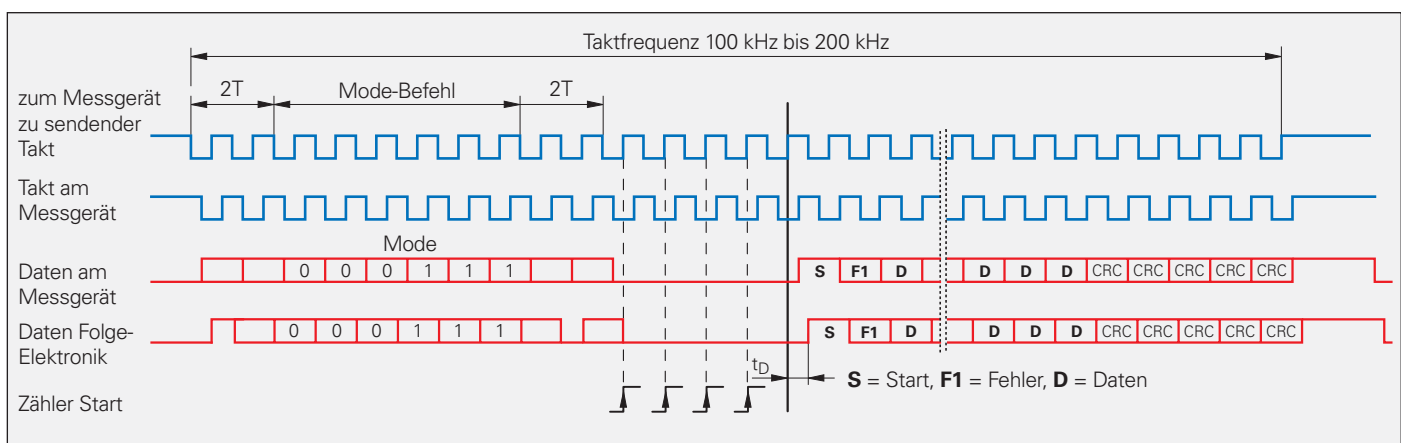


Tastverhältnis des Taktes



Dieser erfasst als Signallaufzeit den Abstand zwischen der letzten steigenden Taktflanke und der Flanke des Start-Bits. Der Vorgang sollte mindestens dreimal wiederholt werden, um Störungen während der Laufzeitermittlung auszuschließen und den Wert auf Konsistenz zu prüfen. Die

Signallaufzeit wird bei verminderter Taktfrequenz (100 kHz bis 200 kHz) ermittelt. Um eine ausreichende Genauigkeit zu erzielen, muss jedoch mit einer internen Frequenz abgetastet werden, die mindestens acht mal höher ist, als die später zur Datenübertragung verwendete Taktfrequenz.



Auswahl der Übertragungsart

Bei der Datenübertragung wird zwischen Positionswerten, Positionswerten mit Zusatzinformationen und Parametern unterschieden. Die Auswahl, welche Information übertragen wird, erfolgt mit Mode-Befehlen. **Mode-Befehle** definieren den Inhalt der übertragenen Information. Jeder Mode-Befehl besteht aus 3 Bit. Zur sicheren Übertragung wird jedes Bit redundant (invertiert oder doppelt) gesendet. Erkennt das Messgerät eine fehlerhafte Mode-Übertragung, erfolgt eine Fehlermeldung. Mit dem EnDat 2.2-Interface lassen sich auch Parameterwerte in den Zusatzinformationen zusammen mit dem Positionswert übertragen. Dadurch stehen dem Regelkreis auch während einer Parameterabfrage ständig die aktuellen Positionswerte zur Verfügung.

Absolute Längenmessgeräte weisen bei EnDat-2.1- und EnDat-2.2-Mode-Befehle unterschiedliche Rechenzeiten für Positionswerte t_{cal} auf (siehe Katalog *Längenmessgeräte für gesteuerte Werkzeugmaschinen – Technische Kennwerte*). Werden zur Achsregelung die Inkrementalsignale ausgewertet, sollten die EnDat-2.1-Mode-Befehle verwendet werden. Nur damit wird zeitgleich zu einem aktuell angeforderten Positionswert eine eventuell vorhandene Fehlermeldung übertragen. Bei rein serieller Positionswertübertragung zur Achsregelung sollten keine EnDat-2.1-Mode-Befehle verwendet werden.

Nr.	Mode-Befehl	Mode-Bit							
		M2	M1	M0	(M2)	(M1)	(M0)		
1	Messgerät sende Positionswerte	Befehlssatz EnDat 2.1	Befehlssatz EnDat 2.2	0	0	0	1	1	1
2	Auswahl des Speicherbereichs			0	0	1	1	1	0
3	Messgerät empfang Parameter			0	1	1	1	0	0
4	Messgerät sende Parameter			1	0	0	0	1	1
5	Messgerät empfang Reset ¹⁾			1	0	1	0	1	0
6	Messgerät sende Testwerte			0	1	0	1	0	1
7	Messgerät empfang Testbefehl			1	1	0	0	0	1
8	Messgerät sende Positionswert mit Zusatzinformationen	1	1	1	0	0	0		
9	Messgerät sende Positionswert und empfang Auswahl des Speicherbereichs ²⁾	0	0	1	0	0	1		
10	Messgerät sende Positionswert und empfang Parameter ²⁾	0	1	1	0	1	1		
11	Messgerät sende Positionswert und sende Parameter ²⁾	1	0	0	1	0	0		
12	Messgerät sende Positionswert und empfang Fehler-Reset ²⁾	1	0	1	1	0	1		
13	Messgerät sende Positionswert und empfang Testbefehl ²⁾	1	1	0	1	1	0		
14	Messgerät empfang Kommunikationsbefehl ³⁾	0	1	0	0	1	0		

¹⁾ gleiche Reaktion wie Aus- und Einschalten der Spannungsversorgung

²⁾ ausgewählte Zusatzinformationen werden mit übertragen

³⁾ reserviert für Messgeräte, die das Sicherheitskonzept nicht unterstützen

Positionswerte

Pro Datenübertragung wird taktsynchron ein Datenpaket übertragen. Der Übertragungszyklus beginnt mit der ersten fallenden **Takt-Flanke**. Es werden die Messwerte gespeichert und der Positionswert berechnet.

Nach zwei Taktimpulsen (2T) sendet die Folge-Elektronik den **Mode-Befehl** Messgerät sende Positionswert (mit/ohne Zusatzinformationen).

Nach abgeschlossener Berechnung des absoluten Positionswertes (t_{cal} – siehe Tabelle) beginnt mit dem **Start-Bit** die Datenübertragung des Messgeräts an die Folge-Elektronik.

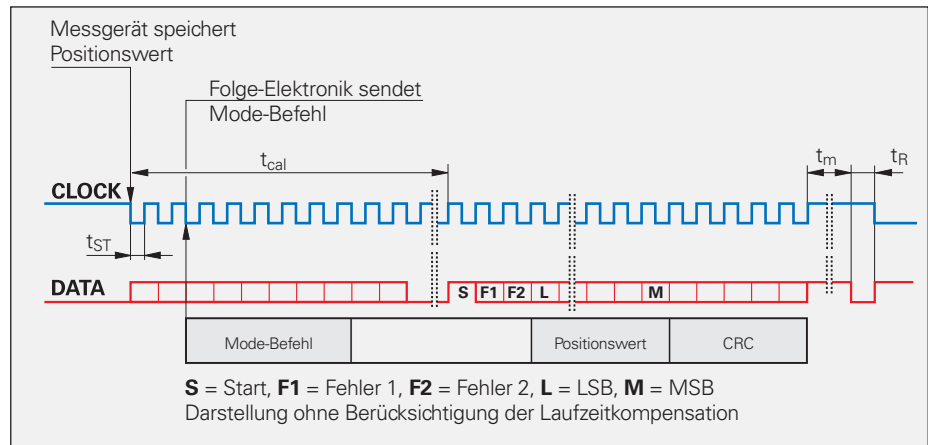
Die folgenden **Fehler-Bits Fehler 1 und Fehler 2** (nur bei EnDat 2.2-Befehlen) sind Sammelmeldungen für alle überwachten Funktionen und dient als Ausfallüberwachung. Sie werden unabhängig voneinander generiert und zeigen an, wenn eine Fehlfunktion des Messgeräts zu falschen Positionswerten führen kann. Die genaue Ursache der Störung ist im Speicher „Betriebszustand“ des Messgeräts hinterlegt und kann im Detail abgefragt werden. Beginnend mit dem LSB wird anschließend der **absolute Positionswert** übertragen. Seine Länge ist abhängig vom verwendeten Messgerät. Die Anzahl der notwendigen Takte zur Übertragung eines Positionswertes ist in den Parametern des Messgeräteherstellers abgespeichert.

Die Datenübertragung des Positionswertes wird mit dem **Cyclic Redundancy Check (CRC)** abgeschlossen.

Anschließend folgen bei EnDat 2.2 die **Zusatzinformationen** 1 und 2, jeweils ebenfalls abgeschlossen durch einen CRC. Der Inhalt der Zusatzinformationen wird über die Auswahl des Speicherbereiches festgelegt und im nächsten Abfragezyklus für Zusatzinformationen ausgegeben. Diese werden dann mit jeder Abfrage übertragen, bis durch eine neuerliche Auswahl eines anderen Speicherbereiches der Inhalt geändert wird.

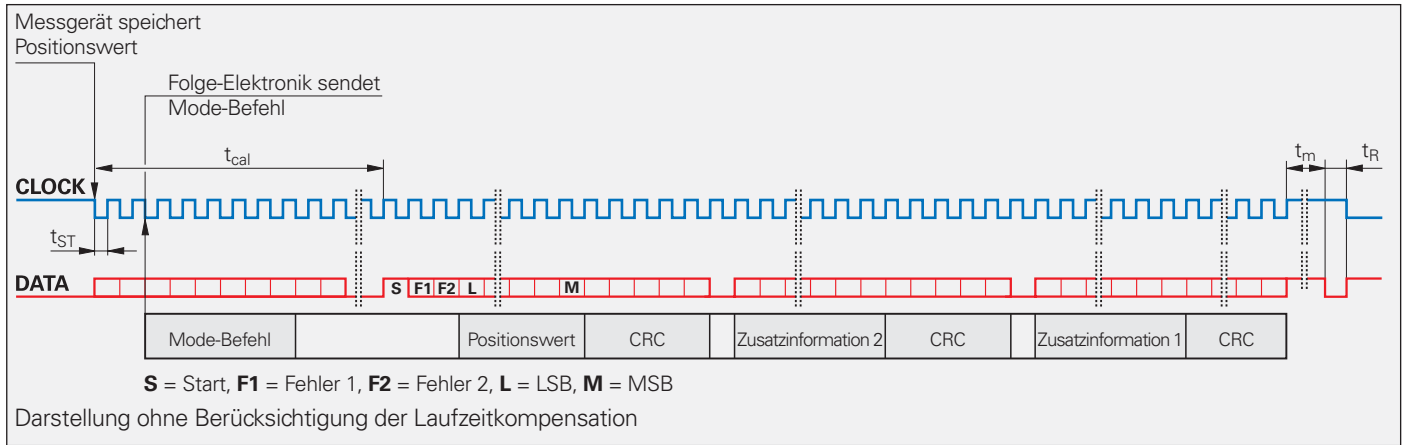
Mit Ende des Datenworts muss der Takt auf HIGH-Pegel gelegt werden. Nach 10 bis 30 μs bzw. 1,25 bis 3,75 μs (bei EnDat 2.2 parametrierbare Recovery Time t_m) fällt die Datenleitung auf LOW zurück. Danach lässt sich durch Starten des Taktes eine erneute Datenübertragung beginnen.

Datenpaket Positionswert ohne Zusatzinformationen

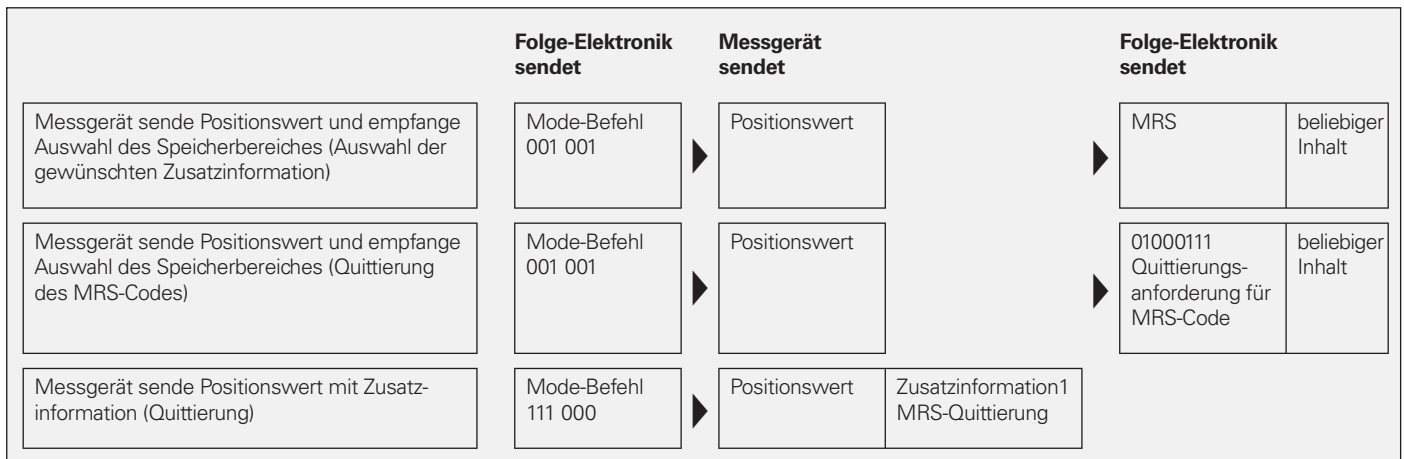


		Ohne Laufzeitkompensation	Mit Laufzeitkompensation
Taktfrequenz	f_c	100 kHz ... 2 MHz	100 kHz ... 8 MHz
Rechenzeit für Positionswert Parameter	t_{cal} t_{ac}	EnDat 2.2 -Geräte typisch: $\leq 5 \mu\text{s}$ max. 12 ms	
Recovery Time	t_m	<i>EnDat 2.1:</i> 10 bis 30 μs <i>EnDat 2.2:</i> 10 bis 30 μs oder 1,25 bis 3,75 μs ($f_c \geq 1 \text{ MHz}$) (parametrierbar)	
	t_R	max. 500 ns	
	t_{ST}	–	2 bis 10 μs
Data delay Time	t_D	$(0,2 + 0,01 \times \text{Kabellänge in m}) \mu\text{s}$	
Pulsbreite	t_{HI}	0,2 bis 10 μs	Pulsweitungsschwankung HIGH zu LOW max. 10%
	t_{LO}	0,2 bis 50 ms bis 30 μs (bei LC)	

Datenpaket Positionswert mit zwei Zusatzinformationen



Typische Befehlsfolge bei Übertragung eines Positionswertes mit Zusatzinformationen:



Inhalt des Datenpakets

Fehlermeldung 1 und 2

Über das EnDat-Interface ist eine weitgehende Überwachung des Messgeräts ohne zusätzliche Leitung möglich. Eine Fehlermeldung wird aktiv, wenn eine Fehlfunktion des Messgeräts zu falschen Positionswerten führen kann. Gleichzeitig wird die Fehlerursache im Messgerät gespeichert. Fehler sind z. B.

- Beleuchtung ausgefallen,
- Signalamplitude zu klein,
- Positionswert fehlerhaft,
- Versorgungsspannung zu hoch/niedrig,
- Stromaufnahme zu groß.

Aus sicherheitstechnischen Gründen ist es notwendig, eine zweite, unabhängig ermittelte Fehlermeldung zu generieren. Diese wird mit invertierter Wertigkeit als Fehlermeldung 2 ausgegeben

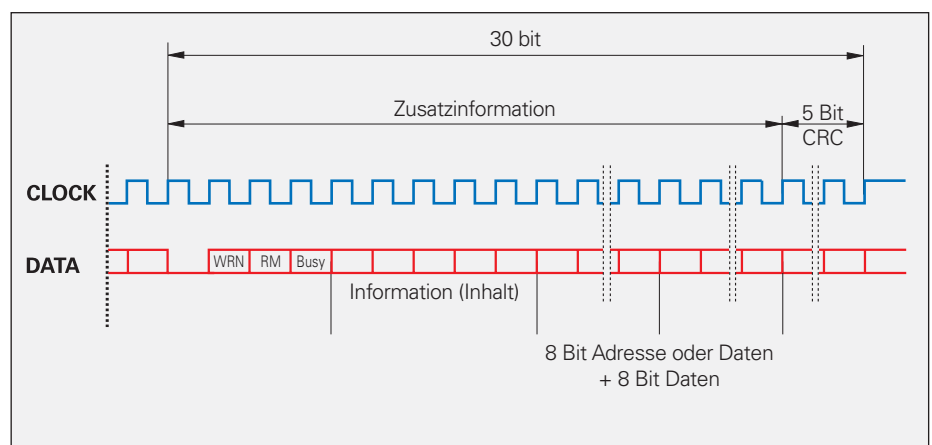
Positionswert

Der Positionswert wird als komplettes Datenwort ausgegeben, dessen Länge von der Auflösung des Messgeräts abhängt. Die Übertragung beginnt mit LSB (LSB first).

Zusatzinformationen

Je nach Übertragungsart (Auswahl über MRS-Code) können an den Positionswert eine oder zwei Zusatzinformationen angehängt werden. Die Zusatzinformationen sind jeweils 30 Bit lang, mit einem LOW-Pegel als erstes Bit. Jede Zusatzinformation wird mit einem CRC abgeschlossen, der

aus der jeweiligen Zusatzinformation ohne das erste Bit und ohne CRC gebildet ist. Welche Zusatzinformationen das jeweilige Messgerät unterstützt ist in den Parametern des Messgerätes hinterlegt. Die Zusatzinformationen enthalten Statusangaben, Adressen und Daten:



Statusangaben

WRN – Warnungen

Dieses Sammel-Bit zeigt an, ob bestimmte Toleranzgrenzen des Messgeräts erreicht oder überschritten sind, z. B. Drehzahl, Regelreserve der Beleuchtungseinheit, ohne dass von einem falschen Positionswert auszugehen ist. Diese Funktion ermöglicht eine vorbeugende Wartung und minimiert somit Stillstandszeiten. Die Ursache der Warnung steht im Messgeräte-Speicher. Welche Alarme und Warnungen das jeweilige Messgerät unterstützt, ist im Speicherbereich „Parameter des Messgeräteherstellers“ abgelegt.

RM – Referenzmarke

Das RM-Bit zeigt, ob die Referenzpunkt-fahrt abgeschlossen ist. Bei inkrementalen Systemen ist erst dann der absolute Bezug zum Maschinen-Bezugssystem hergestellt. Der absolute Positionswert kann dann aus der Zusatzinformation 1 ausgelesen werden. Bei absoluten Messgeräten steht das RM-Bit immer auf HIGH.

Busy – Parameterabfrage

Das Busy-Bit meldet mit LOW-Pegel, ob eine Parameterabfrage (lesen/schreiben) möglich ist. Wird gerade eine Abfrage bearbeitet (HIGH-Pegel), kann nicht auf den Messgeräte-Speicher zugegriffen werden.

Inhalt der Zusatzinformationen

Der Inhalt der Zusatzinformationen wird mit dem Mode-Befehl zur Auswahl eines Speicherbereiches definiert. Dieser Inhalt wird mit jeder Abfrage aktualisiert so lange ausgegeben, bis eine neue Auswahl erfolgt. Folgende Inhalte sind möglich:

Zusatzinformation 1

• Diagnose

Zyklische Informationen über die Messgeräte-Funktion und zusätzliche Diagnosewerte.

• Positionswert

Bei inkrementalen Messgeräten: relative Positionsinformation (Zähler startet mit dem Einschalten bei Null). Absoluter Positionswert erst nach überfahren der Referenzmarken (RM-Bit HIGH).

Bei absoluten Messgeräten: zweiter absoluter Positionswert.

• Speicherparameter

Im Messgerät abgespeicherte Parameter können auch während der Positionswertübertragung ausgegeben werden. Anforderungsdefinition über Speicherbereichsauswahl, anschließend Ausgabe der Parameter mit zugehöriger Adresse.

• MRS-Code – Quittierung

Quittierung der abgefragten Speicherbereichs-Auswahl

• Testwerte

Testwerte dienen zu Kontrollzwecken, wie der Inbetriebnahme-Diagnose.

• Temperatur

Ausgabe der Temperatur bei Messgeräten mit integrierter Auswertung von Temperatursensoren.

• Zusätzliche Sensoren

Das EnDat 2.2 Protokoll erlaubt den Anschluss von 16 weiteren Sensoren (4 Bit Adresse). Die Sensorwerte „rollieren“ mit jeder Abfrage um $x+1$; anhand der mitgelieferten Adresse kann der zugehörige Sensor identifiziert werden.

Zusatzinformation 2

• Kommutierung

Inkrementale Messgeräte stellen teilweise „Grobpositionen“ zur Ansteuerung von elektrischen Motoren zur Verfügung.

• Beschleunigung

Enthält das Messgerät zusätzliche Sensorsysteme zur Beschleunigungserfassung, können diese ausgegeben werden.

• Grenzlagensignale

Endlagensignale und Homing-Information.

• Asynchroner Positionswert

Position, die zwischen zwei „regulären“ Abfragen durch Überabtastung gebildet wurde.

• Betriebszustandsfehlerquellen, Betriebszustandswarnquellen

Detaillierte Angabe zur Ursache der aufgetretenen Fehler- bzw. Warnmeldung.

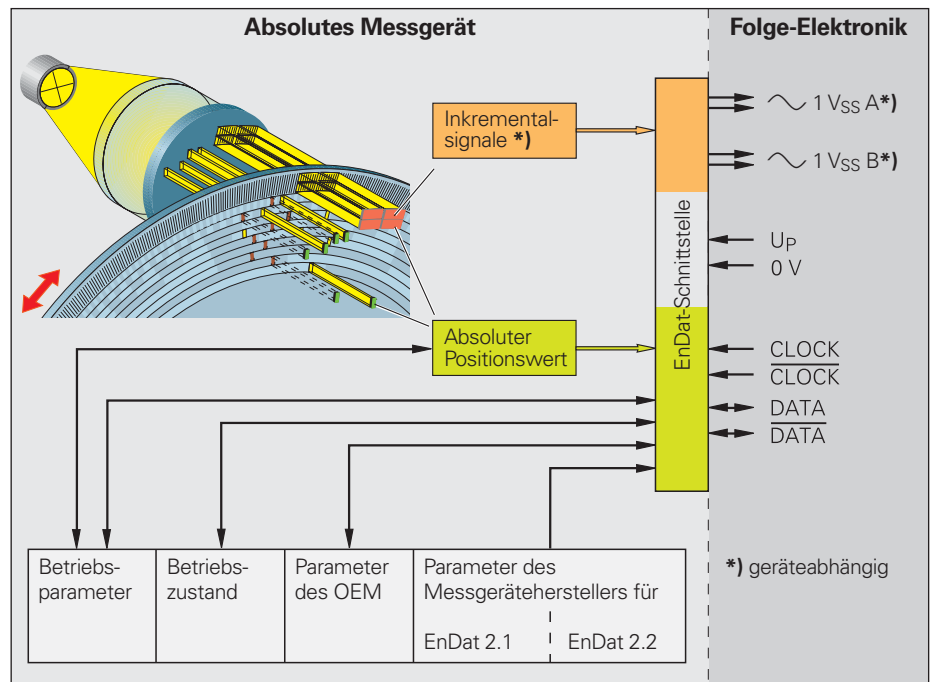
MRS-Code zur Auswahl der Zusatzinformation

	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	C0		
Zusatzinformation 1	0	1	0	0	0	0	0	0	Sende Zusatzinformation 1 ohne Dateninhalt (NOP)	
	0	1	0	0	0	0	0	1	Sende Diagnose	
	0	1	0	0	0	0	1	0	Sende Positionswerte 2 Wort 1 LSB	
	0	1	0	0	0	0	1	1	Sende Positionswerte 2 Wort 2	
	0	1	0	0	0	1	0	0	Sende Positionswerte 2 Wort 3 MSB	
	0	1	0	0	0	1	0	1	Quittiere Speicherinhalt LSB	
	0	1	0	0	0	1	1	0	Quittiere Speicherinhalt MSB	
	0	1	0	0	0	1	1	1	Quittiere MRS-Code	
	0	1	0	0	1	0	0	0	Quittiere Testbefehl	
	0	1	0	0	1	0	0	1	Sende Testwerte Wort 1 LSB	
	0	1	0	0	1	0	1	0	Sende Testwerte Wort 2	
	0	1	0	0	1	0	1	1	Sende Testwerte Wort 3 MSB	
	0	1	0	0	1	1	0	0	Sende Temperatur 1	
	0	1	0	0	1	1	0	1	Sende Temperatur 2	
0	1	0	0	1	1	1	0	zusätzliche Sensoren		
Zusatzinformation 2	0	1	0	0	1	1	1	1	Sende keine Zusatzinformation 1 mehr	
	0	1	0	1	0	0	0	0	Sende Zusatzinformation 2 ohne Dateninhalt (NOP)	
	0	1	0	1	0	0	0	1	Sende Kommutierung	
	0	1	0	1	0	0	1	0	Sende Beschleunigung	
	0	1	0	1	0	0	1	1	Sende Kommutierung und Beschleunigung	
	0	1	0	1	0	1	0	0	Sende Grenzlagensignal	
	0	1	0	1	0	1	0	1	Sende Grenzlagensignal und Beschleunigung	
	0	1	0	1	0	1	1	0	Asynchroner Positionswert Wort 1 LSB	
	0	1	0	1	0	1	1	1	Asynchroner Positionswert Wort 2	
	0	1	0	1	1	0	0	0	Asynchroner Positionswert Wort 3 MSB	
	0	1	0	1	1	0	0	1	Betriebszustandsfehlerquellen	
	0	1	0	1	1	0	1	0	Betriebszustandswarnquellen	
	(derzeit nicht belegt)
	
0	1	0	1	1	1	1	1	1	Sende keine Zusatzinformation 2 mehr	

Parameter Speicherbereiche

Im Messgerät stehen mehrere Speicherbereiche für Parameter zur Verfügung, die von der Folge-Elektronik gelesen und teilweise vom Messgerätehersteller, vom OEM oder auch vom Endkunden beschrieben werden können. Bestimmte Speicherbereiche lassen sich mit einem Schreibschutz versehen.

Die Parametereinstellung – sie wird in aller Regel durch den OEM vorgenommen – bestimmt weitgehend die Arbeitsweise des Messgeräts und des EnDat-Interface. Beim Austausch von EnDat-Messgeräten ist deshalb unbedingt auf die richtige Parametrierung zu achten. Die Inbetriebnahme der Maschine mit Messgeräten mit fehlenden OEM-Daten kann zu Fehlfunktionen führen. Im Zweifelsfall ist der OEM zu kontaktieren.



Blockschaltbild: Absolutes Messgerät mit EnDat 2.2-Interface

Parameter des Messgeräteherstellers

Dieser schreibgeschützte Speicherbereich enthält alle **messgerätespezifischen Informationen**, wie z. B. Messgerätetyp (Länge/Winkel, Singleturn/Multiturn usw.), Signalperioden, Anzahl der Positionswerte pro Umdrehung, Übertragungsformat der absoluten Positionswerte, Drehrichtung, maximal zulässige Drehzahl, Genauigkeit abhängig von Drehzahl, Unterstützung von Warnungen und Alarmen, Ident- und Seriennummer. Diese Informationen bilden die Grundlage für eine **automatische Inbetriebnahme**.

In einem separaten Speicherbereich sind die für EnDat 2.2 typischen Parameter enthalten: Status der Zusatzinformationen, Temperatur, Beschleunigung, Unterstützung von Diagnose- und Fehlermeldungen usw.

Parameter des OEM

In diesem frei definierbaren Speicherbereich kann der OEM beliebige Informationen ablegen, z. B. das „elektronische Typenschild“ des Motors, in welchem das Messgerät eingebaut ist, mit Angaben wie Motortyp, max. zulässige Ströme etc.

Betriebsparameter

Dieser Bereich steht dem Kunden für eine **Nullpunktverschiebung**, für die Konfiguration der Diagnose und für Anweisungen zur Verfügung. Er kann gegen Überschreiben geschützt werden.

Betriebszustand

In diesem Speicherbereich stehen die detaillierten Alarm- oder Warnmeldungen für Diagnosezwecke an. Gleichzeitig lassen sich bestimmte Messgerätfunktionen initialisieren, der Schreibschutz für die Bereiche „Parameter des OEM“ und „Betriebsparameter“ aktivieren und ihr Status abfragen. Ein einmal aktivierter **Schreibschutz** kann nicht mehr zurückgesetzt werden.

Parameter des Messgeräteherstellers

Die in den Parametern des Messgeräteherstellers enthaltenen Informationen sind für die verschiedenen Messgeräte von unterschiedlicher Bedeutung.

HEIDENHAIN-Messgeräte lassen sich in sechs Gruppen einteilen. Sie sind anhand des Messgerätetyps (Wort 14 der EnDat-2.1-Parameter) unterscheidbar.

Messgeräte-Typen:

- L** Längenmessgeräte
- W** Winkelmessgeräte (rotativ)
- D** Drehgeber (rotativ)
- E** Externe Interface-Box EIB zur Umsetzung 1 V_{SS}/EnDat 2.2 rein seriell
- iL** inkrementales Längenmessgerät mit integrierter Umsetzung 1 V_{SS}/EnDat 2.2 rein seriell
- iR** inkrementales rotatives Messgerät mit integrierter Umsetzung 1 V_{SS}/EnDat 2.2 rein seriell

Die Bedeutung der Parameter ist in Bewertungskategorien eingeteilt. Anhand dieser Kategorien kann der Benutzer klar über die Verwendung der Parameter und die Einbindung in die Abläufe der Applikations-Software entscheiden.

Bewertungskategorien:

- **erforderlich:**
Diese Parameter müssen zum Betrieb des Messgerätes unbedingt beachtet werden.
- **je nach Applikation:**
Ob diese Parameter zu berücksichtigen sind, hängt von der Applikation des Kunden ab. Wird z. B. der OEM-Bereich nicht benutzt, dann muss auch der Parameter Speicheraufteilung für Parameter des OEM nicht berücksichtigt werden.
- **informativ:**
Diese Parameter sind zum Betrieb des Messgerätes nicht erforderlich, geben dem Anwender aber zusätzliche Informationen, z. B. Messgeräte-Bezeichnung, etc.
- **nicht relevant:**
Wurde ein Messgerät-Typ keiner der drei anderen Bewertungskategorien zugeordnet, dann ist dieser Parameter zum Betrieb des Messgerätes nicht erforderlich. Er darf unberücksichtigt bleiben.

Die in den Parametern des Messgeräteherstellers für EnDat 2.2 zusätzlich enthaltenen Informationen sind zum Teil vom jeweiligen Messgerät abhängig.

EnDat 2.2 Parameter können nur mit EnDat 2.2 Mode-Befehlen ausgelesen werden.

Welche Zusatzinformationen, Zusatzfunktionen, Diagnose-Werte und Spezifikationen das jeweilige Messgerät unterstützt, ist in den zugeordneten Statusworten dieser Speicherbereiche hinterlegt. Vor der Abfrage der Zusatzinformationen empfiehlt es sich die unterstützten Informationen und Funktionen auszulesen (typisch bei jeder Initialisierung der Messgeräte). Zusätzlich sind diese auch aus den technischen Daten der Messgeräte zu ersehen.

Parameter des Messgeräteherstellers für EnDat 2.1

Wort	Inhalt	Einheit bei		erforderlich	je nach Applikation	informativ	Bemerkung
		Längenmessgerät	Drehgeber/Winkelmessgerät				
4	Maske 0	–	–	–	–	–	–
5	Maske 1	–	–	–	–	–	–
6	Maske 2	–	–	–	–	–	–
7	Maske 3	–	–	–	–	–	–
8	Version des EnDat-Interfaces	–	–	–	–	alle	„2“ hinterlegt bei EnDat 2.1 bzw. 2.2
9	Speicheraufteilung für Parameter des OEM	–	–	alle	–	–	je nach Messgerät verschieden; flexibel programmieren. Speicher-Pointer auf erste freie Adresse
10							
11	Speicheraufteilung für Korrekturwerte	–	–	–	–	–	Reserviert für Messgerätehersteller
12							
13	Anzahl der Takte zur Übertragung des Positionswertes (Übertragungsformat)	–	–	alle	–	–	Einstellung der korrekten Taktanzahl für die Positionsübertragung
14	Messgerätetyp	–	–	alle	–	–	definiert die Einheiten der Parameter
15	Signalperiode bzw. Signalperioden pro Umdrehung für inkrementale Ausgangssignale	nm	–	alle	–	–	E, iL, iR: zum Berechnen des kleinsten Anzeigeschrittes (LSB) bzw. des korrekten Anzeigewertes bei negativer Verfahrungsrichtung alle: zur EnDat-konformen Nullpunktverschiebung
16							
17	Unterscheidbare Umdrehungen (nur bei Multiturn-Drehgebern)	–	–	W D	–	–	erforderlich für die korrekte Berechnung der Position.
18	(Grund-)Abstand der Referenzmarken	mm	Signalperioden	–	–	E iL iR	–
19	Lage der ersten Referenzmarke	mm	–	–	–	iL	von EIB nicht unterstützt

Parameter des Messgeräteherstellers für EnDat 2.1 (Fortsetzung)

Wort	Inhalt	Einheit bei		erforderlich	je nach Applikation	informativ	Bemerkung
		Längenmessgerät	Drehgeber/Winkelmessgerät				
20 21	Messschritt bzw. Messschritte/U bei serieller Datenübertragung	nm	Messschritte/Umdrehung	alle	-	-	-
22 23	Nullpunktverschiebung des Messgeräteherstellers	Signalperioden	Signalperioden	alle	-	-	ist bei Nullpunktverschiebung durch den Anwender zu berücksichtigen
24 25 26	Ident-Nummer	-	-	-	-	alle	Sicherheitstechnik
27 28 29	Serien-Nummer	-	-	-	alle	-	Austausch des Gebers kann detektiert werden (evtl. Auswirkungen auf Applikation – sicherheitsrelevant)
30	Drehrichtung bzw. Verfahrrichtung	-	-	alle	-	-	-
31	Status der Inbetriebnahmediagnose	-	-	-	-	-	wird seit 1999 nicht mehr unterstützt
32	Maximale mechanisch zulässige Geschwindigkeit bzw. Drehzahl	m/min	min ⁻¹	-	W L D iL iR	-	wird bei Querprüfung Absolutposition ⇔ Inkrementalposition benötigt
33	Geschwindigkeits- bzw. drehzahlabhängige Genauigkeit Bereich I	LSB ¹⁾	LSB ¹⁾	-	W L D	-	Vergleich Absolut-/Inkrementalposition bei E iL iR nicht möglich, da diese Messgeräte nur eine Inkrementalinformation besitzen
34	Geschwindigkeits- bzw. drehzahlabhängige Genauigkeit Bereich II	LSB ¹⁾	LSB ¹⁾	-	W L D	-	
35	Unterstützung von Fehlermeldungen 1	-	-	alle	-	-	zur Definition einer „Fehlermaske“ (sicherheitsrelevant)
36	Unterstützung von Warnungen	-	-	-	-	alle	zur vorbeugenden Wartung
37	EnDat Befehlssatz	-	-	alle	-	-	Info, ob EnDat-2.2-Mode-Befehle unterstützt werden
38	Reserviert für Messlänge ²⁾	-	-	-	-	L iL	wird von EIB nicht unterstützt.
39	Maximale Rechenzeit	-	-	alle	-	-	zur Überwachung (Time out)
40 41 42 43 44 45 46	HEIDENHAIN-spezifische Daten	-	-	-	-	-	-
47	CHECKSUM	-	-	-	-	-	-



¹⁾ höherwertiges Byte enthält Divisionsfaktor bezogen auf die maximal zulässige Geschwindigkeit bzw. Drehzahl, bis zu der diese Genauigkeit gültig ist.

²⁾ wird nicht von allen Längenmessgerätetypen unterstützt; ist mit dem Wert 0 vorbelegt.

Parameter des Messgeräteherstellers für EnDat 2.2

Wort	Inhalt	Einheit bei		erforderlich	je nach Applikation	informativ	Bemerkung
		Längenmessgerät	Drehgeber/Winkel-messgerät				
0	Status Zusatzinformation 1	–	–	–	alle	–	kann sicherheitsrelevant sein. Querprüfung „was ist gefordert“ und „was unterstützt das Messgerät“
1	Status Zusatzinformation 2	–	–	–	alle	–	
2	Status Zusatzfunktionen	–	–	–	alle	–	
3	Beschleunigung	m/s ²	1/s ²	–	alle	–	Skalierfaktor beachten.
4	Temperatur	K	K	–	alle	–	Skalierfaktor beachten.
5	Diagnose-Status	–	–	–	–	alle	–
6	Unterstützung von Fehlermeldung 2	–	–	alle	–	–	zur Definition einer „Fehlermaske“: (sicherheitsrelevant)
7	Dynamisierungs-Status	–	–	–	alle	–	Sicherheitstechnik
8							
9	Messschritt bzw. Messschritte pro Umdrehung für den Positionswert 2	nm	–	–	alle	–	Sicherheitstechnik, bzw. EIB, iL, iR
10							
11	Geschwindigkeits- bzw. drehzahl-abhängige Genauigkeit des Positionswertes 2, Bereich I	LSB ¹⁾	LSB ¹⁾	–	alle	–	Sicherheitstechnik, bzw. EIB, iL, iR
12		LSB ¹⁾	LSB ¹⁾	–	alle	–	Sicherheitstechnik, bzw. EIB, iL, iR
13	Geschwindigkeits- bzw. drehzahl-abhängige Genauigkeit des Positionswertes 2, Bereich II	LSB ¹⁾	LSB ¹⁾	–	alle	–	Sicherheitstechnik, bzw. EIB, iL, iR
14		LSB ¹⁾	LSB ¹⁾	–	alle	–	Sicherheitstechnik, bzw. EIB, iL, iR
15	Unterscheidbare Umdrehungen Positionswert 2 (nur bei Multiturn-Drehgebern)	–	–	W D	–	–	erforderlich für die korrekte Berechnung der Position
16	Drehrichtung des Positionswertes 2	–	–	alle	–	–	–
17 bis 20	Messgerät-Bezeichnung	–	–	–	–	alle	–
21	Unterstützung von Anweisungen	–	–	–	–	–	derzeit noch nicht unterstützt. Nicht für Sicherheitstechnik
22	Max. zulässige Gebertemperatur am Messpunkt	K	K	–	W L D iL iR	–	wird von EIB nicht unterstützt.
23	Max. zulässige Beschleunigung	m/s ²	1/s ²	–	W L D iL iR	–	wird von EIB nicht unterstützt.
24	Anzahl der Blöcke für Speicherbereich Sektion 2	–	–	alle	–	–	je nach Messgerät verschieden; flexibel Programmieren
25	Max. Taktfrequenz	kHz	kHz	alle	–	–	je nach Stecker, Kabel-/längen
26	Anzahl der Bits für Positionsvergleich	–	–	–	alle	–	Sicherheitstechnik
27	Skalierungsfaktor Auflösung	–	–	alle	–	–	zur Berechnung des kleinsten Anzeigeschrittes (LSB).
28	Messschritt oder Messschritte pro Umdrehung bzw. Unterteilungswerte einer Teilungsperiode	–	–	alle	–	–	
29							
30	Max. Geschwindigkeit bzw. Drehzahl für stetigen Codewert	m/min	min ⁻¹	–	W L D iL iR	–	applikationsspezifisch, bei Messgeräten, die höhere mechanische als elektrische Drehzahlen erlauben (von der EIB nicht unterstützt)
31	Offset zwischen Positionswert und Positionswert 2	–	–	–	alle	–	Sicherheitstechnik
32							
33							
34	„Anzahl unterscheidbarer Umdrehungen“ mit Skalierungsfaktor	–	–	W D	–	–	erforderlich für korrekte Berechnung der Position
63	CHECKSUM	–	–	–	–	–	–



¹⁾ höherwertiges Byte enthält Divisionsfaktor bezogen auf die maximal zulässige Geschwindigkeit bzw. Drehzahl, bis zu der diese Genauigkeit gültig ist.

Übertragung von Parametern

Ansteuerzyklen zur Übertragung von Parametern (EnDat 2.1-Mode-Befehl 001110)

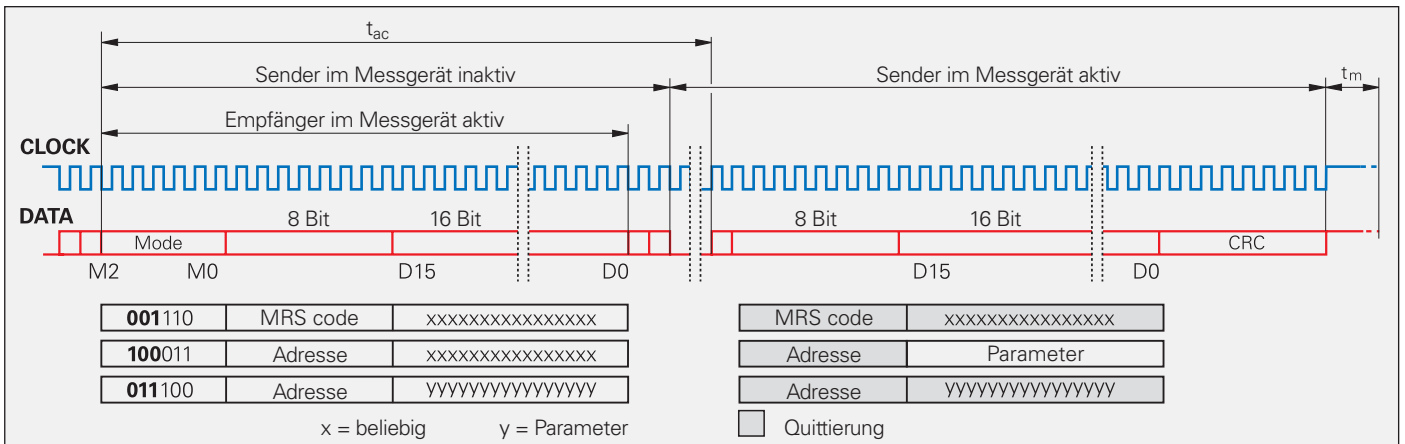
Vor der Übertragung von Parametern wird der entsprechende Speicherbereich mit dem Mode-Befehl Auswahl des Speicherbereichs bestimmt. Die möglichen Speicherbereiche sind in den Parametern des Messgeräteherstellers abgelegt. Durch die internen Zugriffszeiten auf die einzelnen Speicherbereiche können Zeiten t_{ac} bis zu 12 ms auftreten.

Parameter lesen (EnDat 2.1-Mode-Befehl 100011)

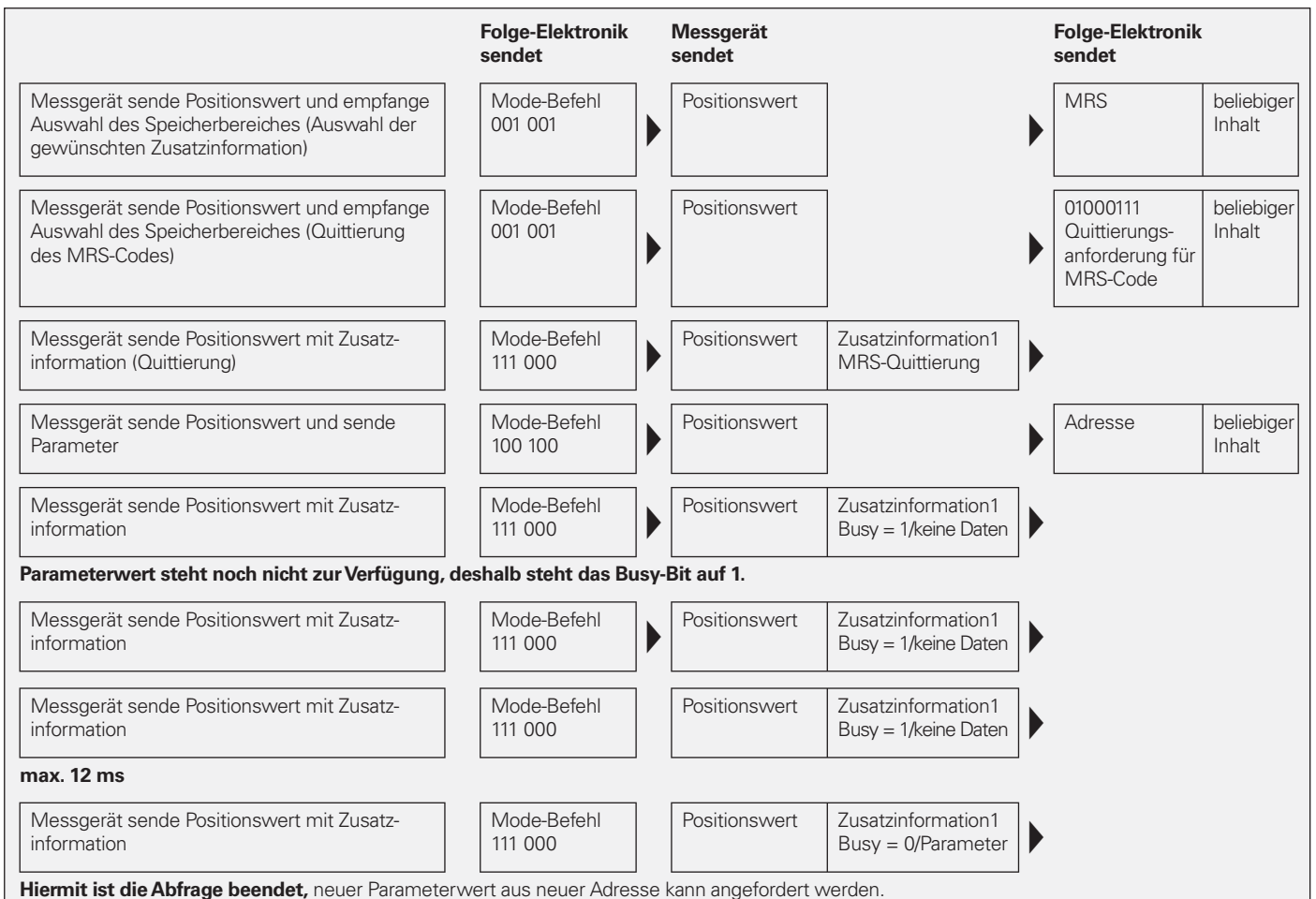
Nach der Speicherbereichsauswahl sendet die Folge-Elektronik ein vollständiges Übertragungsprotokoll beginnend mit dem Mode-Befehl Parameter lesen, gefolgt von 8 Bit Adresse und 16 Bit beliebigen Inhalts. Das Messgerät antwortet mit der Wiederholung der Adresse und einer 16 Bit langen Dateninformation, dem Inhalt des Parameters. Den Abschluss des Übertragungszyklus bildet der CRC-Check.

Parameter schreiben (EnDat 2.1-Mode-Befehl 011100)

Nach der Speicherbereichsauswahl sendet die Folge-Elektronik ein vollständiges Übertragungsprotokoll beginnend mit dem Mode-Befehl Parameter schreiben, gefolgt von 8 Bit Adresse und 16 Bit Parameterwert. Das Messgerät antwortet mit der Wiederholung der Adresse und Parameterinhalts. Zum Abschluss folgt der CRC-Check.



Typische EnDat 2.2-Befehlsfolge zur Übertragung eines Positionswertes mit Parameterwerten in den Zusatzinformationen (max. 12 ms Zugriffszeit durch Abfrage des integrierten EEPROMs)



Diagnose

Über das EnDat-Interface ist eine weitgehende Überwachung und Diagnose des Messgerätes ohne zusätzliche Leitung möglich. Die Diagnose generiert Fehlermeldungen und Warnungen (siehe *Positionswerte*) und gilt als wesentliche Voraussetzung für die hohe Verfügbarkeit des Gesamtsystems.

Der Online-Diagnose kommt in Zukunft eine wachsende Bedeutung zu. Entscheidende Themenschwerpunkte sind:

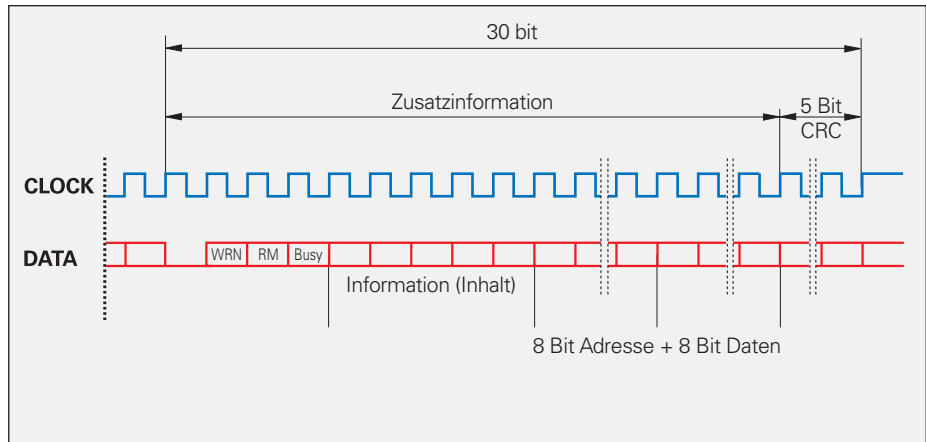
- Planbarkeit des Maschineneinsatzes
- Unterstützung des Servicetechnikers vor Ort
- einfache Beurteilung der Funktionsreserve des Messgerätes
- Vereinfachung der Fehlersuche im Reparaturfall
- Erstellung aussagekräftiger Qualitätsstatistiken

Bei Messgeräten mit Inkrementalsignalen kann eine Analyse der Signalfehler anhand der Lissajous-Figur und damit der Messgerätfunktion durchgeführt werden.

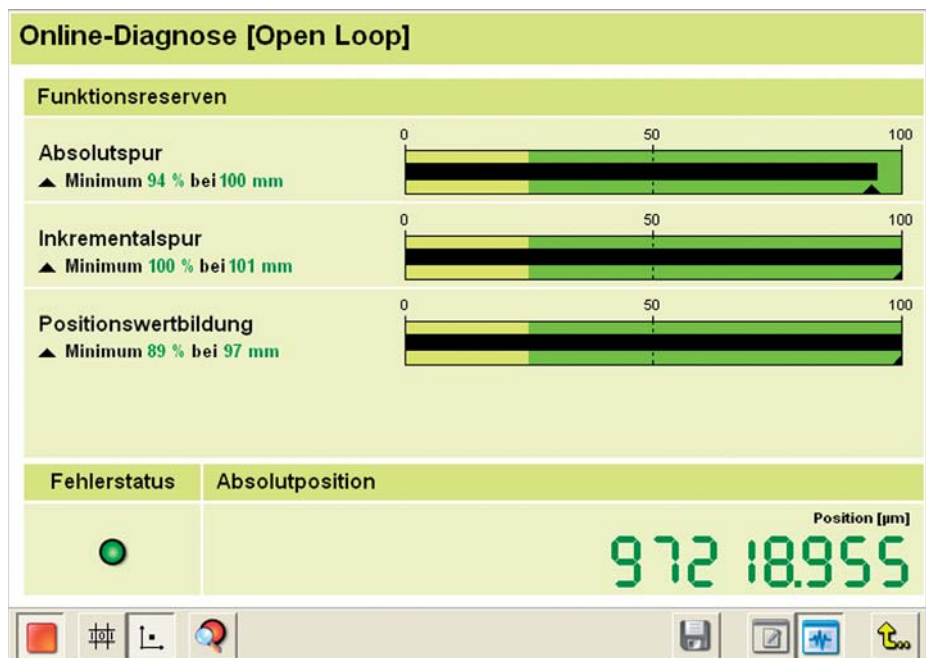
Bei Messgeräten mit rein seriellen Schnittstellen fehlen die Inkrementalsignale. Zur Bewertung der Funktionalität des Messgerätes können deshalb bei EnDat-2.2-Geräten so genannte **Bewertungszahlen** zyklisch aus dem Messgerät ausgelesen werden. Die Bewertungszahlen geben den aktuellen Zustand des Messgerätes wieder und bestimmen die „Funktionsreserve“ eines Messgerätes. Ihre Skalierung ist für alle HEIDENHAIN-Messgeräte identisch. Damit ist eine durchgängige Bewertung möglich. Welche Bewertungszahlen das jeweilige Messgerät unterstützt, ist den EnDat 2.2 Parametern hinterlegt.

Aufbau und Abfrage der übertragenen Diagnosedaten:

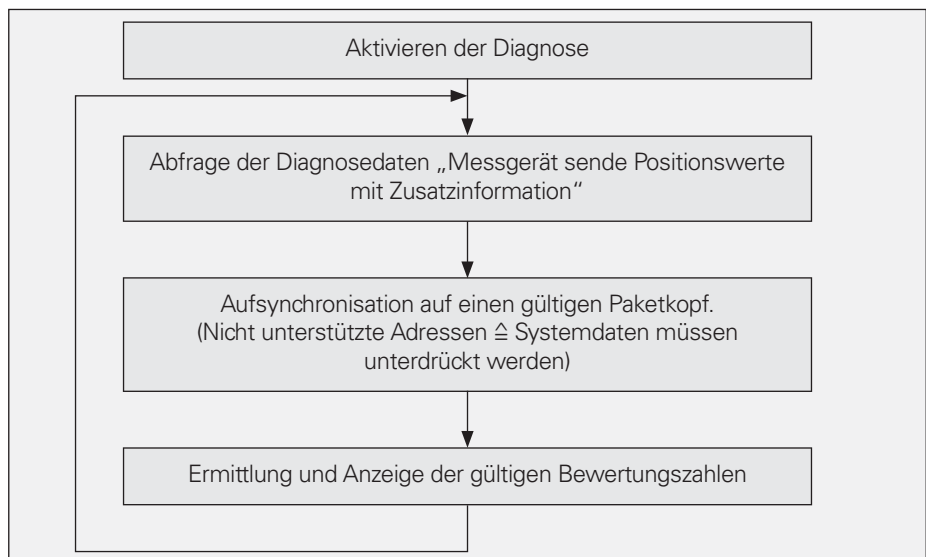
- die gewünschten Bewertungszahlen müssen aktiviert werden.
- die Übertragung des Wertes (8 Bit) erfolgt über die Zusatzinformation 1.
- die Werte werden „durchrolliert“; Adresse und Wert.
- welche Bewertungszahlen unterstützt werden, ist den EnDat 2.2 Parametern abgelegt.
- die Übertragung der Diagnose ist im geschlossenen Regelbetrieb möglich.
- die „Randbereiche“ sollten in einer Anzeige unterdrückt werden (Definition von Reservebereichen ist notwendig).
- „unbekannte“ Adressen (Systemdaten) müssen von der Folgeelektronik ignoriert werden.



Die Bewertungszahlen bei EnDat 2.2 werden in der Zusatzinformation ausgegeben.



Darstellung der Bewertungszahlen als Funktionsreserve (z. B. mit IK 215)



Ablaufdiagramm zur Abfrage der Diagnosedaten

Konfiguration

Funktionsinitialisierung

In **Wort 3** des Betriebszustandes können die **Funktionen** der Datenübertragung bzw. spezielle Funktionsmodi des Messgeräts vom Kunden festgelegt werden.

Bei Auslieferung sind sämtliche Zusatzinformationen deaktiviert und die Recovery Time ist auf $10 \mu\text{s} \leq t_m \leq 30 \mu\text{s}$ programmiert. Die Recovery Time kann nur für den Befehlsatz EnDat 2.2 auf $1,25 \mu\text{s} \leq t_m \leq 3,75 \mu\text{s}$ geändert werden.

Bei Taktfrequenzen $\leq 1 \text{ MHz}$ muss die Recovery Time auf $10 \mu\text{s} \leq t_m \leq 30 \mu\text{s}$ eingestellt bleiben.

Die Funktionen *Überabtastung* bzw. *EnDat-2.2-Befehle* sind für zukünftige Anwendungen reserviert und können derzeit noch nicht beeinflusst werden.

Die *Multiturn*-Funktionen ermöglichen in Zukunft den Anschluss von batteriegepufferten Messgeräten.

Information	Zustand bei Lieferung
Recovery Time t_m	$10 \mu\text{s} \leq t_m \leq 30 \mu\text{s}$ umstellbar auf $1,25 \mu\text{s} \leq t_m \leq 3,75 \mu\text{s}$ ¹⁾
Referenzimpuls-Initialisierung	deaktiviert
Überabtastung	deaktiviert
EnDat 2.2 Befehle	aktiviert
Multiturn Überlauf Alarm	deaktiviert
Multiturn Überlauf Latch	deaktiviert
Multiturn Positionsalarm	deaktiviert
Multiturn Zähler Reset	deaktiviert

¹⁾ nur gültig für die Mode-Befehle 8 bis 14 des EnDat-2.2-Befehlssatzes

Konfiguration der Diagnose

In **Wort 3** der Betriebsparameter kann die **Konfiguration** der Diagnose für den Mode-Befehl Messgerät sende Positionswerte mit Zusatzinformation festgelegt werden.

Im Auslieferungszustand sind alle verfügbaren Bewertungszahlen aktiviert. Diese Einstellung sollte in der Regel auch nicht verändert werden, um immer die maximale Informationstiefe über die Funktionsreserve des Messgerätes zu erhalten.

	= 0	= 1
Bewertungszahl 1	deaktiviert	aktiviert
Bewertungszahl 2	deaktiviert	aktiviert
Bewertungszahl 3	deaktiviert	aktiviert
Bewertungszahl 4	deaktiviert	aktiviert
systemspezifische Daten	deaktiviert	aktiviert



Die Aktivierung der Konfiguration erfolgt erst nach Senden des Mode-Befehls *Messgerät empfangen Reset*.

Schnittstelle

Spannungsversorgung und Einschalten

Spannungsversorgung

Zur Spannungsversorgung der Messgeräte ist eine **stabilisierte Gleichspannung** erforderlich. An der Einspeisestelle (Folge-Elektronik) müssen Spannungen zwischen 4,75 und 5,25 V zur Verfügung gestellt werden. Die Messgeräte sind so ausgeführt, dass die resultierende Spannung durch den auftretenden Spannungsabfall über Kabellänge, Kabelquerschnitt und Stromaufnahme ohne Nachregelung verarbeitet werden kann (gilt nur für Kabelbaugruppen von HEIDENHAIN).

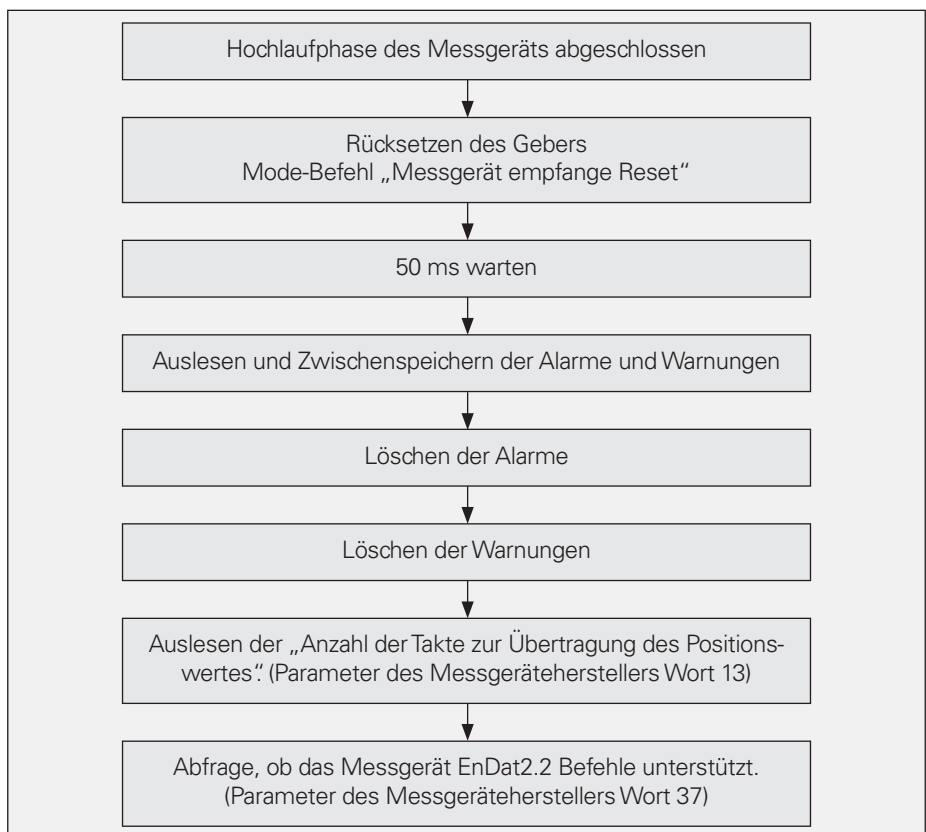
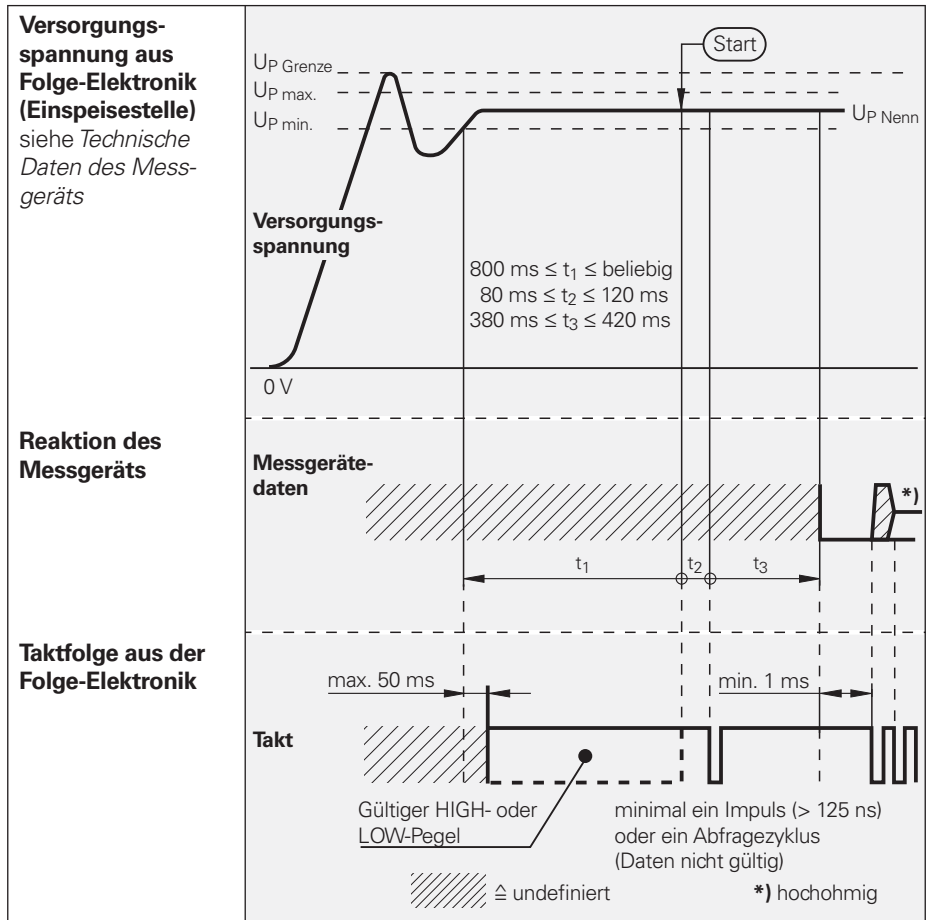
Für die Welligkeit der Gleichspannung gilt:

- Hochfrequentes Störsignal
 $U_{SS} < 250 \text{ mV}$ mit $dU/dt > 5 \text{ V}/\mu\text{s}$
- Niederfrequente Grundwelligkeit
 $U_{SS} < 100 \text{ mV}$

Hochlaufverhalten am Messgerät

Die integrierte Elektronik benötigt eine Hochlaufzeit von ca. 1 s. Dabei ist eine definierte **Hochlaufphase** zu berücksichtigen. (siehe nebenstehende Taktfolge aus Folge-Elektronik).

Nach abgeschlossener Hochlaufphase ist eine bestimmte **Einschaltroutine** notwendig. Dazu dürfen ausschließlich EnDat 2.1 Mode-Befehle verwendet werden.



Eingangsschaltung der Folge-Elektronik

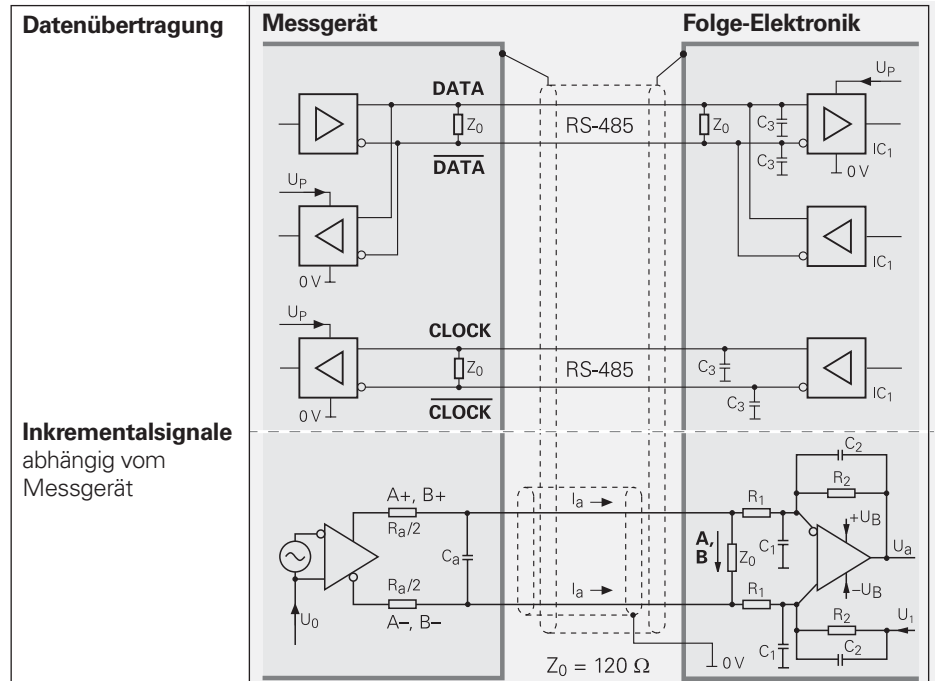
Die bidirektionale Übertragung von Daten (Messwerte bzw. Parameter) zwischen Positionsmessgerät und Folge-Elektronik erfolgt über Transceiver-Bausteine nach RS 485 (Differenzsignale), synchron zu einem von der Folge-Elektronik vorgegebenem Taktsignal (CLOCK).

Dimensionierung

IC₁ = RS 485-Differenzleitungsempfänger und -treiber

C₃ = 330 pF

Z₀ = 120 Ω



Sicherheitskonzept

Es ist vorgesehen, an sicherheitsgerichteten Steuerungen Messgeräte mit EnDat 2.2-Interface zu betreiben. Dazu werden die Normen DIN EN ISO 13849-1 (vormals EN 954-1) sowie IEC 61508 als Basis herangezogen. In diesen Normen erfolgt die Beurteilung sicherheitsgerichteter Systeme unter anderem auf Basis von Ausfallwahrscheinlichkeiten integrierter Bauelemente bzw. Teilsysteme.

Dieser modulare Ansatz erleichtert den Herstellern sicherheitsgerichteter Anlagen die Realisierung ihrer Systeme, da sie auf bereits qualifizierten Teilsystemen aufbauen können. Diesem Konzept wird beim sicherheitsbezogenem Positionsmesssystem mit rein serieller Datenübertragung mit EnDat 2.2 Rechnung getragen.

In einem sicheren Antrieb bildet das sicherheitsbezogene Positionsmesssystem – bestehend aus Messgerät, Übertragungsstrecke und EnDat 2.2 Empfängerbaustein (Master) mit Überwachungsfunktionen – ein derartiges Teilsystem. Die sicherheitsgerichtete Steuerung und das Leistungsteil mit Kabel und Antrieb komplettieren das Gesamtsystem „sicherer Antrieb“. Das Positionsmesssystem ist über zwei Schnittstellen in das Gesamtsystem integriert. Die mechanische Ankopplung des Messgeräts am Antrieb ist durch die Geometrie des Geräts vorgegeben. Die elektrische Integration erfolgt über die Einbindung des EnDat-Masters in die sichere Steuerung. Für die Integration und Auswertung des EnDat-Masters in der Steuerung sind entsprechende Maßnahmen zu treffen um das Sicherheitskonzept des Positionsmesssystems nutzen zu können. Im Hinblick auf ein sicheres Gesamtsystem sind auch die restlichen Komponenten von den Prüfungsstellen genehmigen zu lassen.

Sicherheitsbezogene Positionsmesssysteme, die in den Regelkreis der Maschine eingebunden sind, können als Ein-Geber-Systeme in Anwendungen mit Steuerungskategorie SIL-2 (nach IEC 61508) eingesetzt werden. Dies entspricht dem Performance Level „d“ der EN 13849 bzw. der Kategorie 3 nach

der bisherigen EN 954-1. Dabei können die Funktionen des sicherheitsbezogenen Positionsmesssystems für folgende Sicherheitsfunktionen des Gesamtsystems genutzt werden:

- Sicherer Stillsetzen
- Sicherer Halt
- Sicherer Betriebshalt
- Sicher reduzierte Geschwindigkeit bzw. Drehzahl
- Sicher begrenztes Schrittmass
- Sicher begrenzte Absolutlage
- Sichere Begrenzung von Drehmoment / Kraft

Die Abtastung im Messgerät erzeugt zwei voneinander unabhängige Positionswerte, die über das EnDat 2.2 Protokoll an den EnDat-Master übertragen werden. Der EnDat-Master stellt die beiden Positionswerte und voneinander unabhängige Fehlerbits über zwei physikalisch getrennte Schnittstellen der sicheren Steuerung bereit. Ein Maßnahmenkatalog für die Steuerung beschreibt die Integration des EnDat-Masters in die Steuerung und die zusätzlichen Aufgaben der Steuerung. Die Architektur des Positionsmesssystems laut IEC 61508 gilt als einkanaliges getestetes System, die Testung besteht in Überwachung bzw. Vergleich.

Im Einzelnen unterstützt das EnDat 2.2-Interface folgende sicherheitsrelevante Funktionen:

- **Zwei voneinander unabhängige Positionswerte zur Fehlererkennung**
Zusätzlich zum Positionswert steht in den Zusatzinformationen ein separat ausgewerteter Positionswert zur Verfügung, der zum Vergleich in der Folge-Elektronik genutzt werden soll.
- **Zwei voneinander unabhängige Fehlermeldungen**
Die Fehlermeldungen werden unabhängig voneinander generiert und mit unterschiedlichem Aktiv-Level ausgegeben.
- **Invertierung bzw. Wiederholung der Mode-Befehle**
Die Mode-Befehle bestehen aus 3 Bit, die entweder invertiert oder wiederholt hintereinander übertragen werden. Abweichungen hiervon werden messgeräteintern überwacht und mit einer Fehlerreaktion quittiert.

- **Unabhängige individuelle CRC-Generierung für Positionswerte und Zusatzinformationen**

Für die einzelnen Datenpakete einer Übertragung (Positionswert, Zusatzinformationen 1 und 2) werden jeweils eigene CRC-Werte generiert.

- **Hochdynamische Datenermittlung und -übertragung**

Die kurzen Zykluszeiten zur Datenermittlung inklusive Datenübertragung ermöglichen die erforderlichen Kreuzvergleiche und Überwachungen der Übertragungsfunktionen.

Die sicherheitsgerichtete Steuerung muss die entsprechende Kommunikation zum Master über zwei getrennte Schnittstellen (Interface 1 und 2) unterstützen. Darüber hinaus muss sie zusätzliche Aufgaben übernehmen, z. B.:

- **Zwangsdynamisierung der Fehlermeldungen**

Durch die Mode-Befehle zum Anfordern von Testwerten wird die Wertigkeit der Fehlermeldungen invertiert und somit ihre Generierung überwacht.

- **Zwangsdynamisierung der CRC-Überwachung in der Folge-Elektronik**

Die CRC-Generierung im Empfängerbaustein (EnDat-Master) der Folge-Elektronik muss durch eine gezielte Abarbeitung von Bitfolgen mit bekanntem Ergebnis sichergestellt werden.

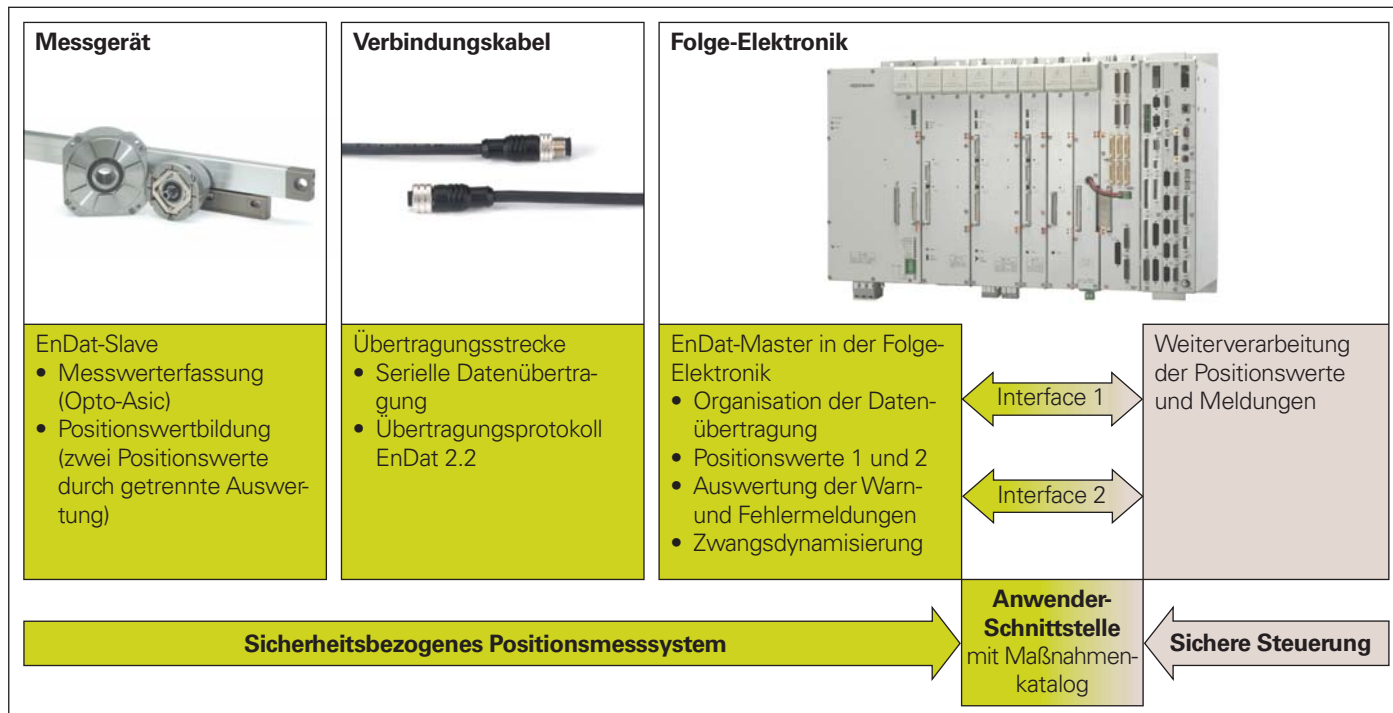
- **Mehrfachübertragung des Positionswertes beim Hochlauf**

Um Fehler bei der Initialisierung zu vermeiden muss beim Hochlauf der Positionswert mehrfach übertragen und gegeneinander verglichen werden.

- **Schleppfehlerüberwachung in der Folge-Elektronik**

Als generelle zusätzliche Kontrolle der bewegten Achse muss der Schleppfehler in der Folge-Elektronik überwacht werden.

- **Einnehmen des sicheren Zustandes im Fehlerfall**



Sicherheitsbezogene Positionsmesssysteme von HEIDENHAIN schließen neben dem eigentlichen Messgerät auch die Übertragungsstrecke und den EnDat-Master in der Folge-Elektronik mit ein.

Übersicht Messgeräte

Bei den Produkten muss entsprechend des Ausführungsstandes zwischen EnDat 2.1 und EnDat 2.2 unterschieden werden. Ausschließlich EnDat 2.2-Geräte unterstützen die Funktionen wie kurze Recovery Time und Zusatzinformationen.

Absolute Messgeräte		Auflösung
Längenmessgeräte	LC 183/LC 483 ± 5 µm ± 3 µm	0,01 µm 0,005 µm
Winkelmessgeräte	RCN 226 RCN 228 RCN 729/RCN 829	26 bit 28 bit 29 bit
Drehgeber	Optisch, Singletum ROC/ECN 425, ECN 1325, ECN 125 ROC/ECN 10xx/11xx Optisch, Multitum ROQ/EQN 437, EQN 1337, ROQ/EQN 10xx/11xx Induktiv, Singletum ECI 13xx ECI 11xx Induktiv, Multitum EQI 13xx EQI 11xx	25 bit 24 bit ¹⁾ 37 bit 36 bit ¹⁾ 19 bit 18 bit ¹⁾ 31 bit 30 bit ¹⁾
Inkrementale Messgeräte		Auflösung
Messgeräte mit 1-V _{SS} -Ausgangssignalen über EIB (E xterne I nterface B ox)		Integrierte 14 bit Interpolation

¹⁾ Verfügbar voraussichtlich 2007

HEIDENHAIN

DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH

Dr.-Johannes-Heidenhain-Straße 5

83301 Traunreut, Germany

☎ +49 (86 69) 31-0

FAX +49 (86 69) 50 61

E-Mail: info@heidenhain.de

www.heidenhain.de

Weitere Informationen:

- HEIDENHAIN-Messgeräte-Prospekte
- Beschreibung des Master-Bausteines (in Vorbereitung)
- Detaillierte Schnittstellenspezifikation (auf Anforderung)

