

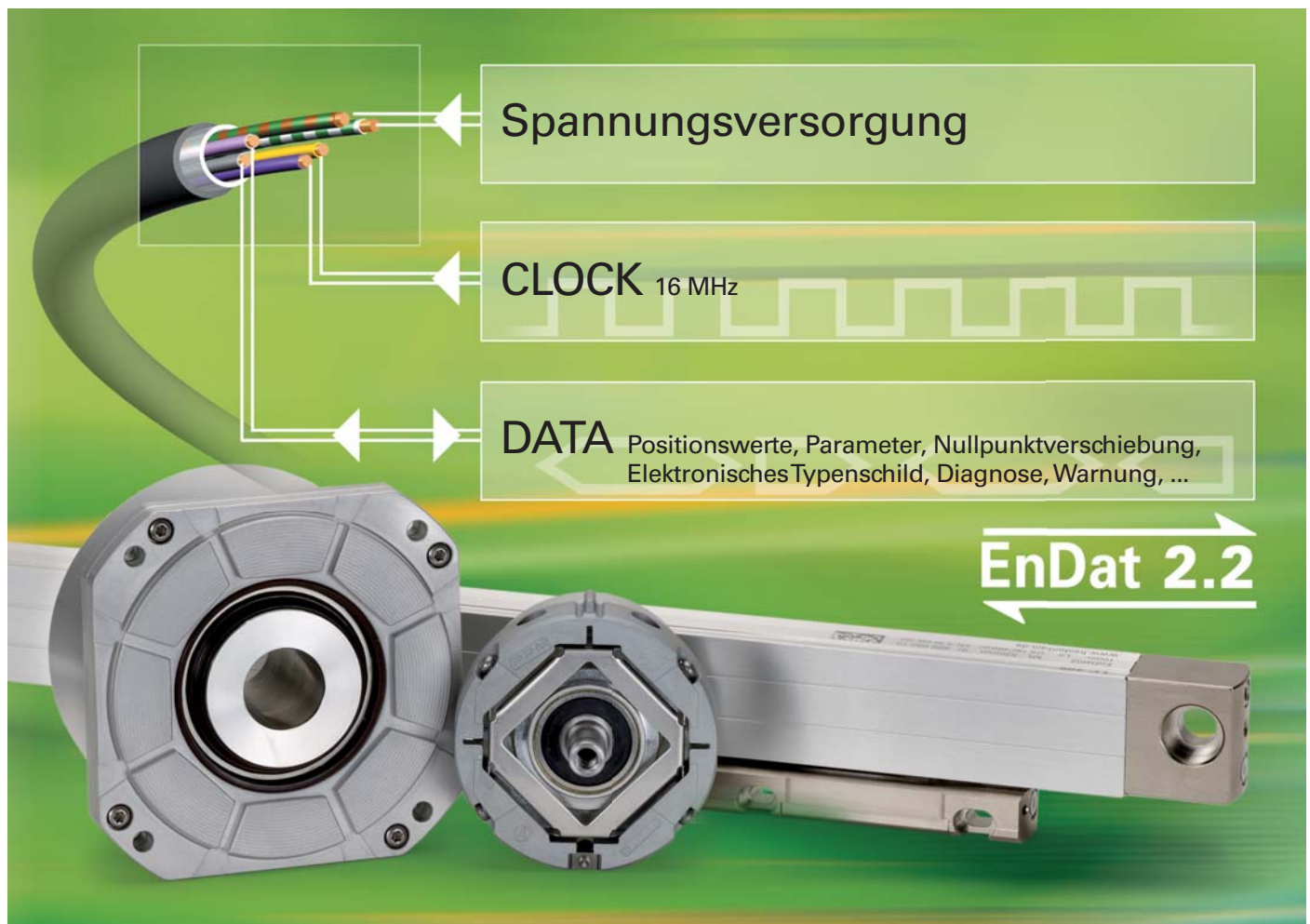


Technische Information

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 **antriebspezifische 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. EnDat 2.2 ist als rein serielle Schnittstelle auch für sicherheitsgerichtete Anwendungen geeignet.



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

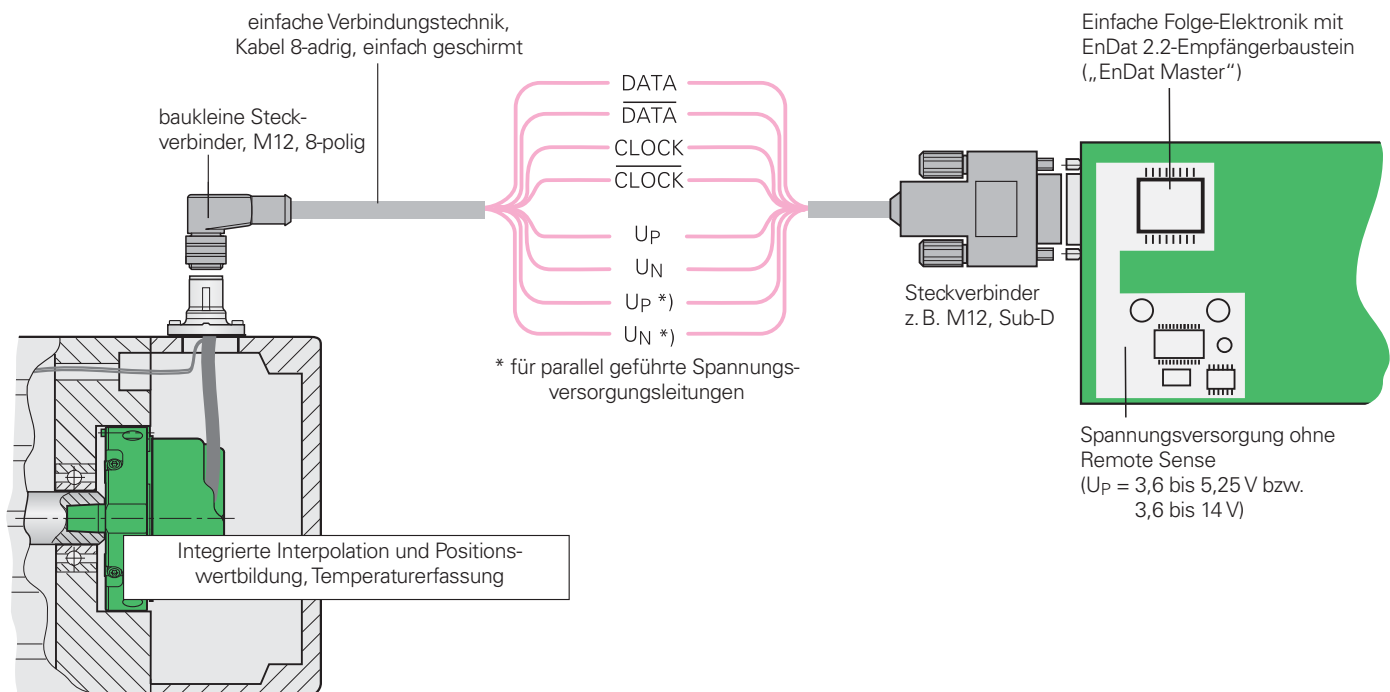
- Automatische Inbetriebnahme der Systemachse möglich: alle notwendigen Informationen können im Messgerät gespeichert werden (elektronisches Typenschild).
- Hohe Systemsicherheit durch rein digitale Datenübertragung
- Diagnose durch in der Folge-Elektronik auswertbare Überwachungs- und Warnmeldungen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

Sicherheitskonzept

- EnDat 2.2 wurde für sicherheitsrelevante Maschinenkonzepte entwickelt
- Zwei unabhängige Positionsinformationen zur Fehlererkennung
- Zwei unabhängige Fehlermeldungen
- 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



Weitere Hinweise zur Implementierung von EnDat bzw. weiterführende Dokumente siehe www.endat.de

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 (16 MHz)
- Rechenzeit optimieren (Positionswertermittlung innerhalb 5 µs)
- Totzeit (Recovery Time) minimieren (1,25 bis 3,75 µs)
- Erweiterter Spannungsversorgungsbereich ($U_P = 3,6$ bis $5,25$ V bzw. $3,6$ bis 14 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
 - Positionswert 2 für sicherheitsgerichtete Applikationen bzw. inkrementale Messgeräte

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 Messgeräte-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.

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 16 MHz** bei Kabellängen bis maximal 100 m ($f_{CLK} \leq 8 \text{ MHz}$) 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.

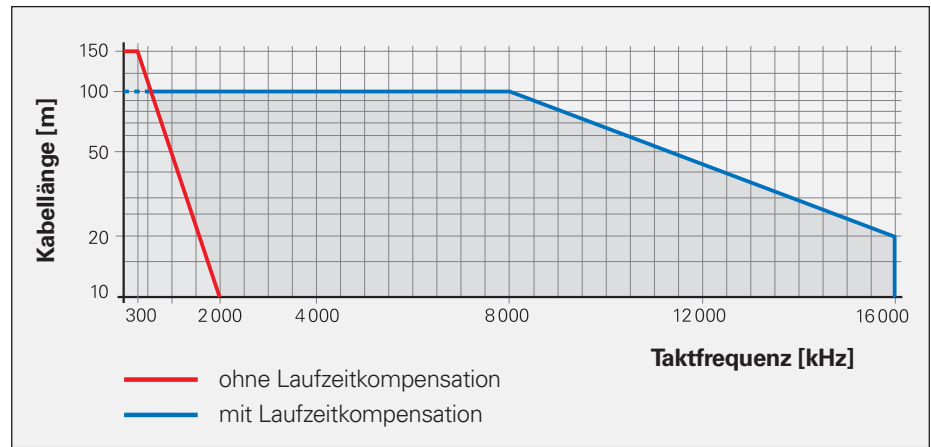
Bei einem abweichenden Tastverhältnis des Taktes errechnet sich die theoretische Taktfrequenz aus $f_c = \frac{1}{2t_{\min}}$

Ermitteln der Signallaufzeit

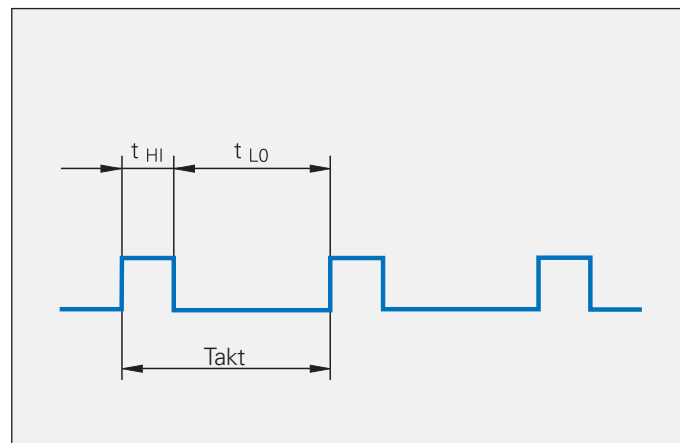
Nach jeder Hardware-Änderung der Übertragungstrecke muss die Signallaufzeit ermittelt werden, am besten automatisch nach jeder Spannungsunterbrechung.

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

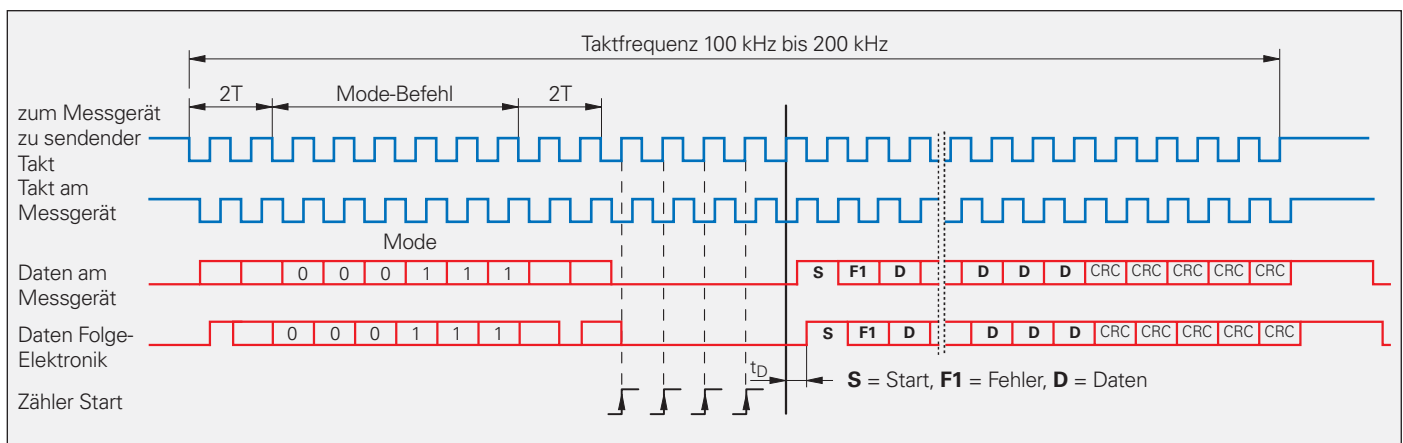


Tastverhältnis des Taktes



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 z. T. bei EnDat-2.1- und EnDat-2.2-Mode-Befehlen 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	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	Befehlssatz EnDat 2.2	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.

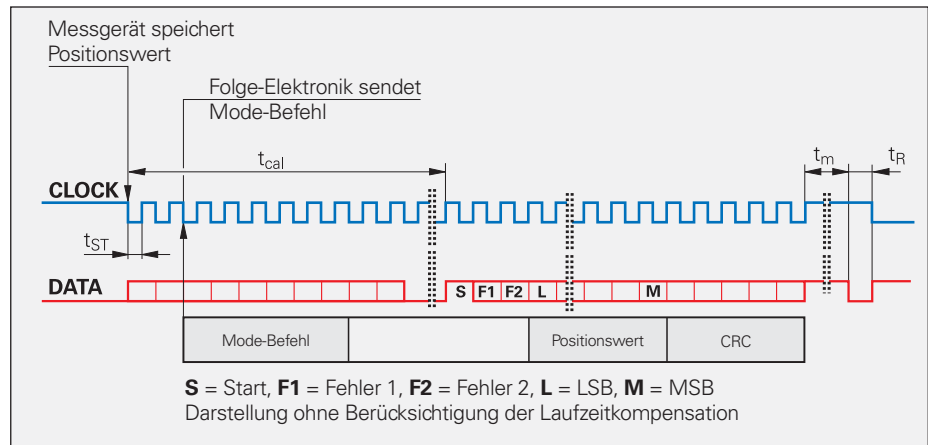
Die folgenden **Fehler-Bits Fehler 1 und Fehler 2** (nur bei EnDat 2.2-Befehlen) sind Sammelmeldungen für alle überwachten Funktionen und dient als Ausfallüberwachung. Sie werden unabhängig voneinander generiert und zeigen an, wenn eine Fehlfunktion des Messgeräts zu falschen Positionswerten führen kann. 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.

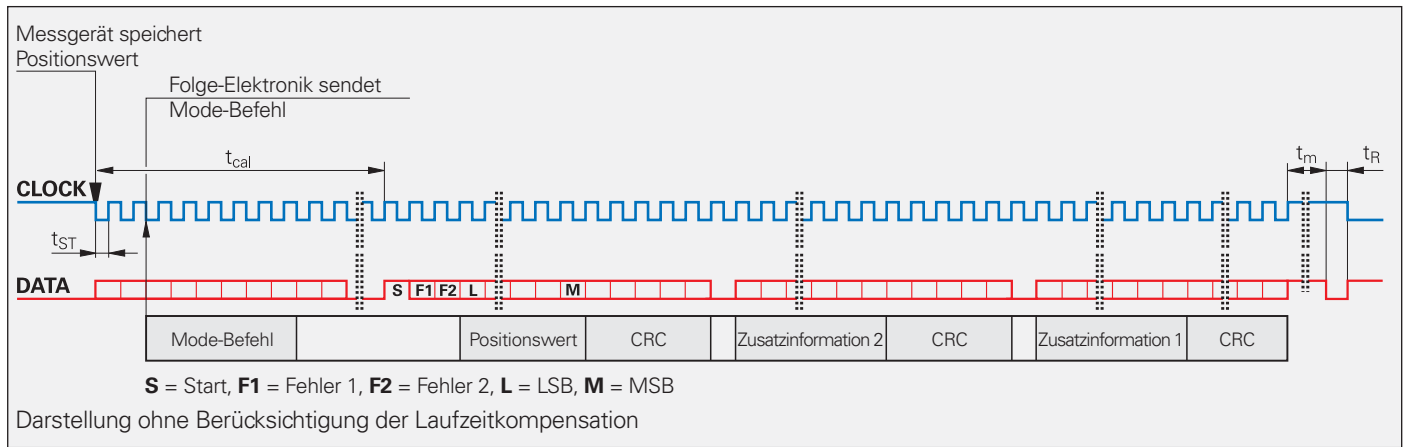
Mit Ende des Datenworts muss der Takt auf HIGH-Pegel gelegt werden. Nach 10 bis 30 μs bzw. 1,25 bis 3,75 μs (bei EnDat 2.2 parametrierbare Recovery Time t_m) fällt die Datenleitung auf LOW zurück. Danach lässt sich durch Starten des Taktes eine erneute Datenübertragung beginnen.

Datenpaket Positionswert ohne Zusatzinformationen

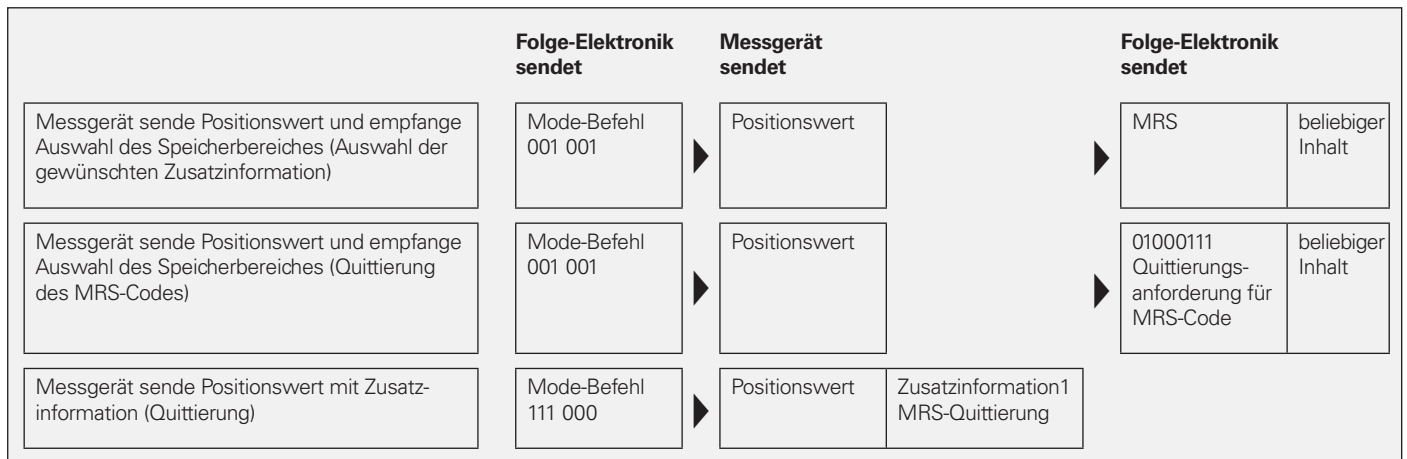


		Ohne Laufzeitkompensation	Mit Laufzeitkompensation
Taktfrequenz	f_c	100 kHz ... 2 MHz	100 kHz ... 16 MHz
Rechenzeit für Positionswert Parameter	t_{cal} t_{ac}	EnDat 2.2-Geräte typisch: $\leq 5 \mu\text{s}$ max. 12 ms	
Recovery Time	t_m	<i>EnDat 2.1:</i> 10 bis 30 μs <i>EnDat 2.2:</i> 10 bis 30 μs oder 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.

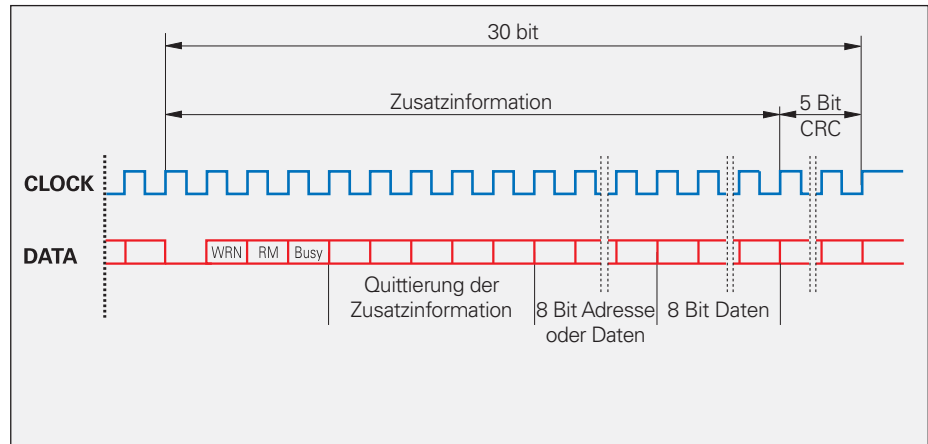
Aus sicherheitstechnischen Gründen ist es notwendig, eine zweite, unabhängig ermittelte Fehlermeldung zu generieren. Diese wird mit invertierter Wertigkeit als Fehlermeldung 2 ausgegeben

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 Messgerätes 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 Referenzpunktfahrt 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), darf 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. Jeder Zusatzinformation ist eine eindeutige Nummer zugeordnet, die 5 Bit lang ist und zu Kontrollzwecken mit übertragen wird. Folgende Inhalte sind möglich:

Zusatzinformation 1

- **Diagnose**
Zyklische Informationen über die Messgeräte-Funktion und zusätzliche Diagnosewerte.
- **Positionswert 2**
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 für sicherheitsgerichtete Anwendungen.
- **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 Speicherbereichsauswahl

• 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**
Detaillierte Angabe zur Ursache der aufgetretenen Fehlermeldung.
- **Zeitstempel**
Reserviert für Tastsysteme

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.

Adressierung

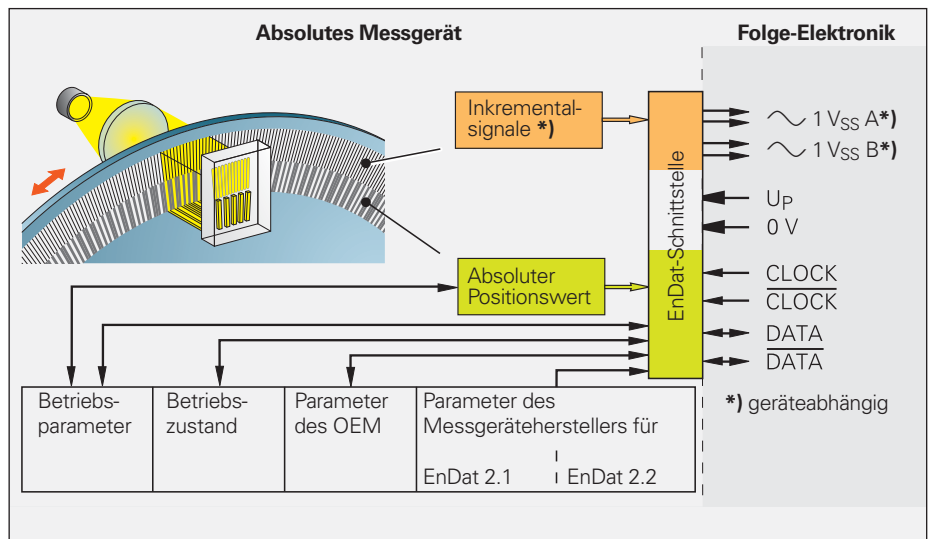
Vor der Übertragung von Parametern (Lesen oder Schreiben) muss der entsprechende Speicherbereich ausgewählt werden. Dazu sind den jeweiligen Speicherbereichen eine oder mehrere sogenannte „MRS-Codes“ zugeordnet (MRS \triangleq Memory Range Select).

Zum Lesen oder Schreiben einer Information ist nach der Auswahl des Speicherbereiches noch die Angabe der Wort-Adresse erforderlich. Die Zugriffszeit t_{ac} für das Lesen bzw. Schreiben kann bis zu 12 ms betragen. Die MRS-Code-Auswahl und das Lesen bzw. Schreiben der Daten kann mit EnDat 2.1 oder 2.2 Mode-Befehlen erfolgen.

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.



Blockschaltbild: Absolutes Messgerät mit EnDat 2.2-Interface

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. Die Größe des OEM-Bereichs ist geräteabhängig.

Betriebsparameter

Dieser Bereich steht dem Kunden für eine **Nullpunktverschiebung**, für die Konfiguration der Diagnose und für Anweisungen zur Verfügung. Außerdem kann eine Warnschwelle für den Messgeräte internen Temperatursensor definiert werden. Weitere Funktionen (Zykluszeit, I/O, Tastsystem-Status) sind für zukünftige Applikationen reserviert. Der Bereich Betriebsparameter kann gegen Überschreiben geschützt werden.

Betriebszustand

In diesem Speicherbereich stehen die detaillierten Alarm- oder Warnmeldungen für Diagnosezwecke an. Gleichzeitig lassen sich bestimmte Messgerätefunktionen 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
- T** Tastsystem

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.

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/Winkel-messgerät				
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 E nicht unterstützt.
39	Maximale Rechenzeit	–	–	alle	–	–	zur Überwachung (Time out)
40	EnDat Bestellbezeichnung	–	–	–	alle	–	Unterscheidung mit/ohne Inkrementalsignale
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
10							
11	Geschwindigkeits- bzw. drehzahl-abhängige Genauigkeit des Positionswertes 2, Bereich I	LSB ¹⁾	LSB ¹⁾	–	alle	–	Sicherheitstechnik
12		LSB ¹⁾	LSB ¹⁾	–	alle	–	Sicherheitstechnik
13	Geschwindigkeits- bzw. drehzahl-abhängige Genauigkeit des Positionswertes 2, Bereich II	LSB ¹⁾	LSB ¹⁾	–	alle	–	Sicherheitstechnik
14		LSB ¹⁾	LSB ¹⁾	–	alle	–	Sicherheitstechnik
15	Unterscheidbare Umdrehungen Positionswert 2 (nur bei Multiturn-Drehgebern)	–	–	W D	–	–	erforderlich für die korrekte Berechnung der Position
16	Drehrichtung des Positionswertes 2	–	–	alle	–	–	–
17-20	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 E nicht unterstützt.
23	Max. zulässige Beschleunigung	m/s ²	1/s ²	–	W L D iL iR	–	wird von E 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)
31-33	Offset zwischen Positionswert und Positionswert 2	–	–	–	alle	–	Sicherheitstechnik
34	„Anzahl unterscheidbarer Umdrehungen“ mit Skalierungsfaktor	–	–	W D	–	–	erforderlich für korrekte Berechnung der Position
35	Unterstützung von Betriebszustandsfehlerquellen	–	–	–	alle	–	erweiterte EnDat Fehlermeldung v. a. für batteriegepufferte Geräte
36-38	Sicherheitsrelevante Messschritte	–	–	–	alle	–	Sicherheitstechnik
39-40	Nicht sicherheitsrelevante Unterteilung der relativen Position	–	–	–	alle	–	Sicherheitstechnik
41-42	Nicht sicherheitsrelevante Unterteilung der absoluten Position	–	–	–	alle	–	Sicherheitstechnik
43	Generierung einer Warnmeldung durch Grenzlagentenale	–	–	–	L iL	–	derzeit nur verfügbar mit bestimmten inkrementalen offenen Längenmessgeräten
44	Unterstützung Status Tastsysteme	–	–	T	–	–	Unterstützte Features
45	Zeiteinheit Zeitstempel	–	–	T	–	–	–
46	Referenzierung inkrementaler Messgeräte	–	–	–	iL, Ir, E	–	Wird eine Re-Referenzierung unterstützt?
47	Unterstützung I/O	–	–	–	alle	–	Werden I/O unterstützt bzw. welche?
48	Anzahl der Hersteller Blöcke für Speicherbereich Sektion 2	–	–	–	alle	–	Der Speicherbereich Sektion 2 ermöglicht größeren OEM-Speicher
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

Grundsätzliches

Aufgrund der Datenspeicherung in einem EEPROM und der damit verbundenen maximalen Zugriffszeit t_{ac} von max. 12 ms muss applikationsabhängig unterschieden werden, ob während des Lesens bzw. Schreibens von Parametern der Regelkreis geschlossen sein soll oder nicht. EnDat 2.1 Mode-Befehle sind dafür ausgelegt, dass beim Zugriff auf die Parameter der Regelkreis nicht geschlossen ist. EnDat 2.2 Mode-Befehle sind für den Betrieb im geschlossenen Regelkreis ausgelegt.

Auswahl MRS-Code

Für das Auslesen eines Parameter-Wortes muss zuerst der MRS-Code gesetzt werden. Für die Auswahl des EnDat 2.1 Parameterbereiches erfolgt dies mit dem entsprechenden EnDat 2.1 oder EnDat 2.2 Mode-Befehl, für den EnDat 2.2 Parameterbereich muss der entsprechende EnDat 2.2 Mode-Befehl verwendet werden.

EnDat 2.1 Mode-Befehle für die Übertragung von Parametern

Alle Mode-Befehle haben die gleiche Struktur und unterscheiden sich lediglich anhand der Nummer des Mode-Befehls und den Dateninhalten. Innerhalb des jeweiligen Mode-Befehles werden erst Daten von der Folge-Elektronik zum Messgerät und nach Ablauf der Zugriffszeit t_{ac} zur Quittierung Daten vom Messgerät zur Folge-Elektronik gesandt. Werden mehrere Werte (Parameter) aus einem Speicherbereich gelesen bzw. geschrieben, dann muss die Auswahl des MRS-Codes nur einmalig erfolgen.

	Kommunikation: Folge-Elektronik → Messgerät			Kommunikation: Messgerät → Folge-Elektronik	
Mode-Befehl	Mode-Bits	MRS-Code bzw. Adresse	Parameter	Quittierung MRS-Code bzw. Adresse	Quittierung Parameter
Auswahl des Speicherbereiches¹⁾	„001 110“	MRS-Code	beliebig	MRS-Code	Beliebig
Messgerät empfangt Parameter	„011 100“	Adresse	Parameter	Adresse	Parameter
Messgerät sendet Parameter	„100 011“	Adresse	beliebig	Adresse	Parameter

¹⁾ Der MRS-Code für die Auswahl der „Parameter des Messgeräteherstellers für EnDat 2.2“ kann nur mit dem entsprechenden EnDat 2.2 Mode-Befehl erfolgen.

EnDat 2.2 Mode-Befehle für die Übertragung von Parametern

Mit EnDat 2.2 Mode-Befehlen ist das Lesen und Schreiben im geschlossenen Regelkreis möglich. Die zeitliche Synchronisation der Zugriffszeit t_{ac} auf das EEPROM erfolgt über das sogenannte „Busy-Bit“, das mit jeder EnDat Zusatzinformation mit übertragen wird. Um die Kommunikation im geschlossenen Regelkreis zu ermöglichen, wird zuerst mit jedem der Mode-Befehle der Positionswert und (wenn angewählt) die Zusatzinformationen übertragen. Im

darauf folgenden „Sendezusatz“ können dann noch der MRS-Code, Adresse und Parameter zum Messgerät übertragen werden. Dabei übertragen die Zusatzinformationen bzw. der Sendezusatz folgende Informationen:

- Zusatzinformation: Dateninhalt beim Lesen von Parametern + Quittierungen
- Sendezusatz: MRS-Code, Adresse und Parameter
Prinzip-Darstellung eines Lesezugriffs mit EnDat 2.2 Mode-Befehlen:

Abfolge	Datenkommunikation auf Schnittstelle (bidirektional)	
Auswahl des Speicherbereiches	Positionswert	+ Auswahl des MRS-Codes
Quittierung des MRS-Codes	Positionswert	+ Quittierung des MRS-Codes (Anwahl Zusatzinformation und Auslesen)
Übermittlung der Lese-Adresse	Positionswert	+ Auswahl der Adresse von der gelesen werden soll
Zyklische Abfrage auf Busy-Bit = „0“; (max. t_{ac} = 12 ms)	Positionswert	+ Beliebige Zusatzinformation
Auslesen der LSB-Daten + Quittierung	Positionswert	+ Anwahl der Zusatzinformation „Quittierung Speicherinhalt LSB“ und Auslesen von Dateninhalt + Quittierung der Lese-Adresse
Auslesen der MSB-Daten + Quittierung	Positionswert	+ Anwahl der Zusatzinformation „Quittierung Speicherinhalt MSB“ und Auslesen von Dateninhalt + Quittierung der Lese-Adresse

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:

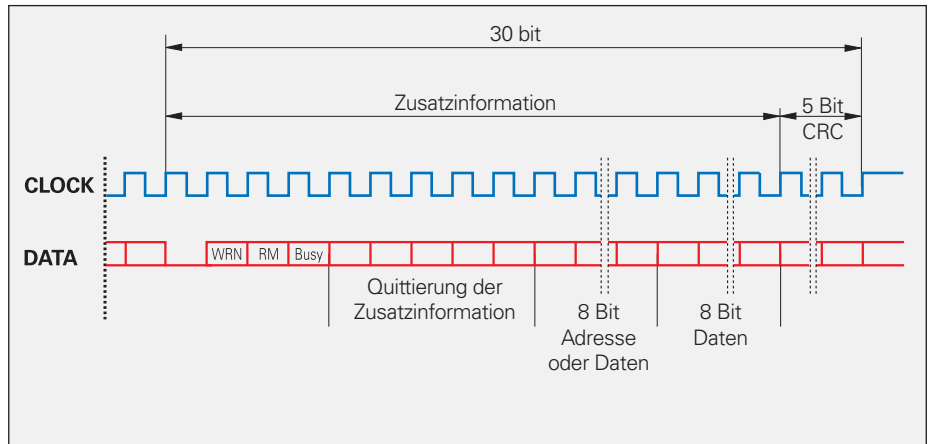
- Planbarkeit des Maschineneinsatzes
- Unterstützung des Servicetechnikers vor Ort
- einfache Beurteilung der Funktionsreserve des Messgeräts
- Vereinfachung der Fehlersuche im Reparaturfall
- Erstellung aussagekräftiger Qualitätsstatistiken

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

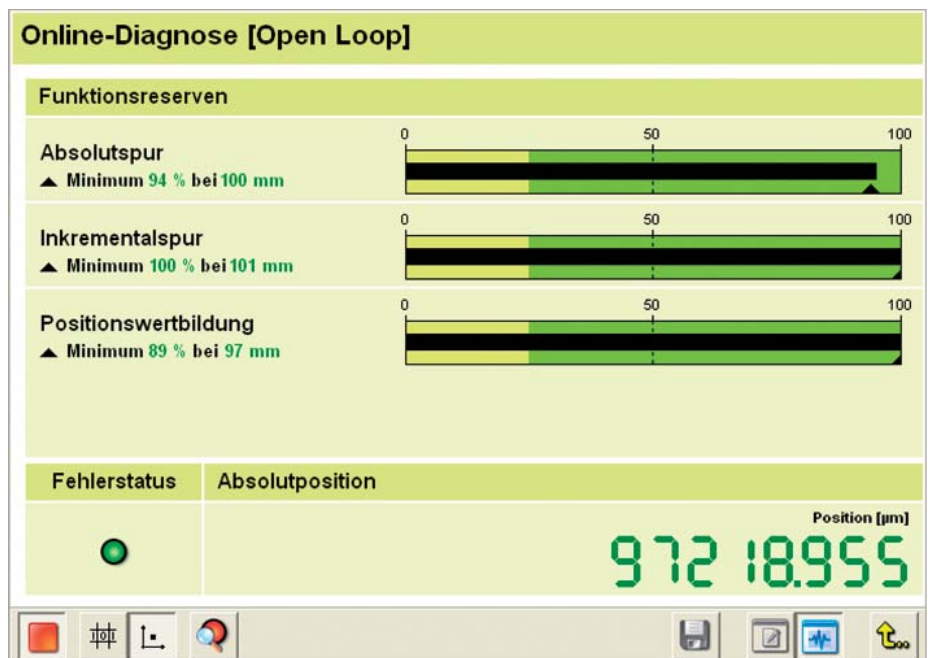
Bei Messgeräten mit rein seriellen Schnittstellen fehlen die Inkrementalsignale. Zur Bewertung der Funktionalität des Messgerätes können deshalb bei EnDat-2.2-Geräten so genannte **Bewertungszahlen** zyklisch aus dem Messgerät ausgelesen werden. Die Bewertungszahlen geben den aktuellen Zustand des Messgeräts 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:

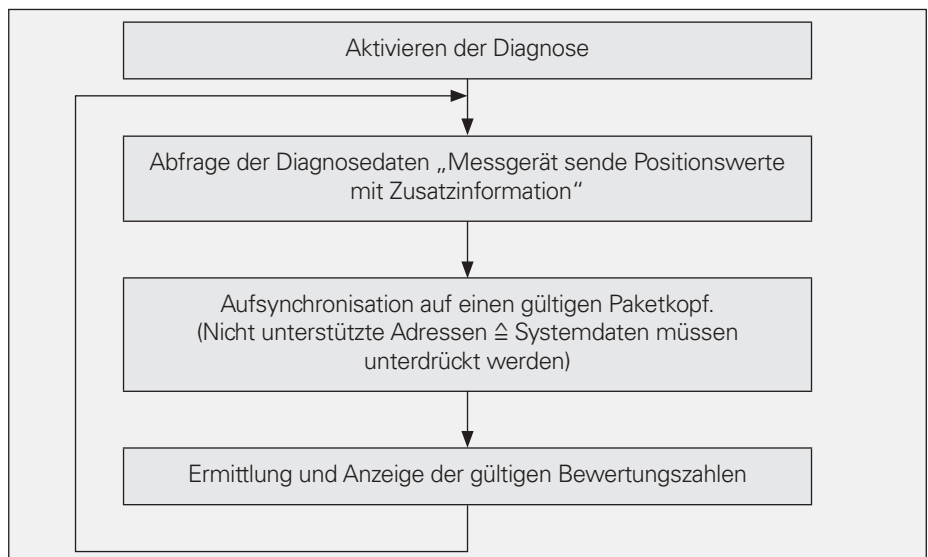
- die gewünschten Bewertungszahlen müssen aktiviert werden.
- die Übertragung des Wertes (8 Bit) erfolgt über die Zusatzinformation 1.
- die Werte werden „durchrolliert“; Adresse und Wert.
- welche Bewertungszahlen unterstützt werden, ist den EnDat-2.2-Parametern abgelegt.
- die Übertragung der Diagnose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



Die Bewertungszahlen bei EnDat 2.2 werden in der Zusatzinformation ausgegeben.



Darstellung der Bewertungszahlen als Funktionsreserve (z. B. mit ATS-Software)



Ablaufdiagramm zur Abfrage der Diagnosedaten

Konfiguration

Über die EnDat-Schnittstelle ist eine Einstellung von verschiedenen Funktionen zur Datenübertragung bzw. der generellen Arbeitsweise des Messgerätes möglich. Die verschiedenen EnDat-Wörter zur Einstellung befinden sich in den Speicherbereichen „Betriebszustand“ bzw. „Betriebsparameter“. Die Einstellungen werden in der Regel gespeichert und müssen nur einmalig vorgenommen werden.

Betriebszustand

Funktionsinitialisierung

Recovery Time:

- $10 \mu\text{s} \leq t_m \leq 30 \mu\text{s}$ umstellbar auf $1,25 \mu\text{s} \leq t_m \leq 3,75 \mu\text{s}$ (für Mode-Befehle Nr. 8 bis 14 und $f_{\text{CLK}} > 1 \text{ MHz}$)
- Verkürzte Recovery Zeit wird eingestellt, wenn sehr kurze Zykluszeiten erreicht werden sollen

Multiturn-Funktionen:

- ermöglichen den Anschluss von batteriegepufferten Messgeräten.

Referenzimpuls-Initialisierung:

- nur bei inkrementalen Messgeräten zur Ermittlung der optimalen Referenzmarken-Position

Folgende Funktionen sind für zukünftige Anwendungen reserviert und können derzeit noch nicht beeinflusst werden:

- Überabtastung, Diagnose Reset
- EnDat-2.2-zyklischer Betrieb I/O, Status Tastsysteme, Referenzierung inkrementaler Messgeräte abschaltbar

Schreibschutz

Die OEM-Parameter („Elektronisches Typenschild“) und die Betriebsparameter (z. B. Nullpunktverschiebung) können unabhängig voneinander kundenseitig mit einem Schreibschutz versehen werden.

Betriebsparameter

Nullpunktverschiebung

Diese Funktion wird auch als „elektronisches Nullsetzen“ bezeichnet und ermöglicht kundenseitig die Anpassung des Messgeräte-Nullpunktes an den Nullpunkt der Applikation.

Konfiguration der Diagnose

Über dieses EnDat-Wort erfolgt die Aktivierung der gewünschten Bewertungszahlen zur Übertragung der Diagnose-Informationen.

Empfehlung: Es sollten alle verfügbaren Bewertungszahlen aktiviert werden, um immer die maximale Informationstiefe über die Funktionsreserve des Messgerätes zu erhalten.

Adresszuweisung und Anweisungen

Reserviert für einen zukünftigen Busbetrieb über die EnDat-Schnittstelle.

Ansprechschwelle Temperaturüberschreitung

Festlegung einer Temperatur-Schwelle, ab der vom Messgerät eine Warnung an die Folge-Elektronik übertragen wird. Die Temperatur ist abgeleitet vom Messgeräte-internen Temperatursensor

Zykluszeit

Einstellung der Zykluszeit mit der die EnDat-Abfragen der übergeordneten Steuerung erfolgen. Reserviert für zukünftige Applikationen.

Implementierung von EnDat

Für die Implementierung der EnDat-Schnittstelle in Folge-Elektroniken stehen von HEIDENHAIN verschiedene Hilfsmittel zur Verfügung (siehe auch Abschnitt „Implementierung“ unter www.endat.de):

EnDat Demotool Software

Die EnDat Demotool Software benötigt als Hardware-Basis ein PWM 20 (IK 215 ist möglich, aber nicht empfohlen). Die EnDat Demotool Software unterstützt Sie bei der Implementierung der EnDat-Schnittstelle:

- Kommunikation mit EnDat-Messgeräten auf Basis von Mode-Befehlen
- Protokollierung von EnDat-Befehlssequenzen
- Benutzung als Referenz im Verlauf der Integration des EnDat-Masters in den Regelkreis

EnDat-Master

Der EnDat-Master übernimmt die Kommunikation zu den EnDat-Messgeräten von HEIDENHAIN. Damit wird auf einfache Weise die Übermittlung von Positions- und Zusatzinformationen an die übergeordnete Applikation ermöglicht. Die Integration des EnDat-Masters kann mittels eines Mikro-Controller (μC) oder eines FPGA (Field Programmable Gate Array) bzw. ASIC erfolgen. Die Lösungen mit μC werden dann verwendet, wenn die angestrebten Taktfrequenzen verhältnismäßig niedrig sind. Die Integration in ein FPGA bzw. ASIC wird v. a. dann gewählt, wenn hohe Übertragungsfrequenzen bei rein serieller Datenübertragung angestrebt werden. Für die Integration in ein FPGA bzw. ASIC stehen verschiedene Varianten zur Verfügung:

- EnDat-Master Standard
- EnDat-Master Safe
- EnDat-Master Reduced
- EnDat-Master Light

Dokumentation

- EnDat-Spezifikation
- EnDat Application Note
- EnDat-Seminar
- FAQ und Implementierung unter www.endat.de
- Technische Information *EnDat*
- Beschreibung des EnDat-Masterbausteins unter www.mazet.de

Schnittstelle

Spannungsversorgung und Einschalten

Spannungsversorgung

Zur Spannungsversorgung der Messgeräte ist eine **stabilisierte Gleichspannung U_P** erforderlich. Spannungsangabe und Stromaufnahme sind aus den jeweiligen Technischen Kennwerten ersichtlich. Die Spannungswerte müssen am Messgerät eingehalten werden.

EnDat-2.2-Messgeräte verfügen über einen erweiterten Spannungsversorgungsbereich von 3,6 bis 5,25 V bzw. von 3,6 bis 14 V. Dadurch kann die Spannungsversorgung der Folge-Elektronik so gestaltet werden, dass der auftretende Spannungsabfall, bedingt durch Kabellänge, Kabelquerschnitt und Stromaufnahme, ohne Nachregelung verarbeitet werden kann (gilt für Kabelbaugruppen von HEIDENHAIN). Damit ist eine Überprüfung der am Gerät anliegenden Spannung über Sensorleitungen und ggf. ein Nachregeln der Versorgungsspannung durch ein regelbares Netzteil (remote sense) nicht erforderlich.

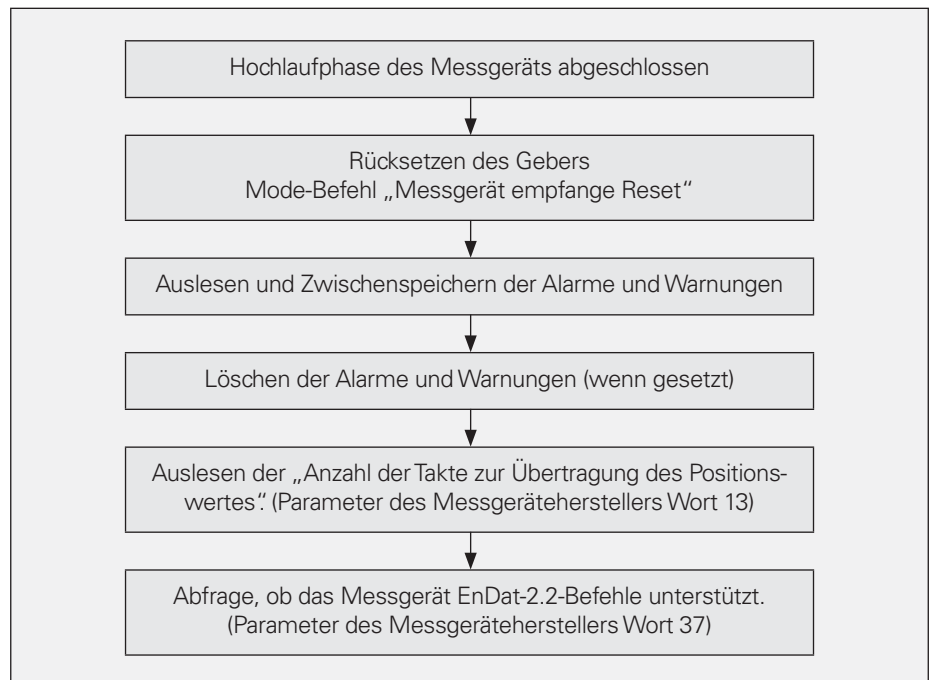
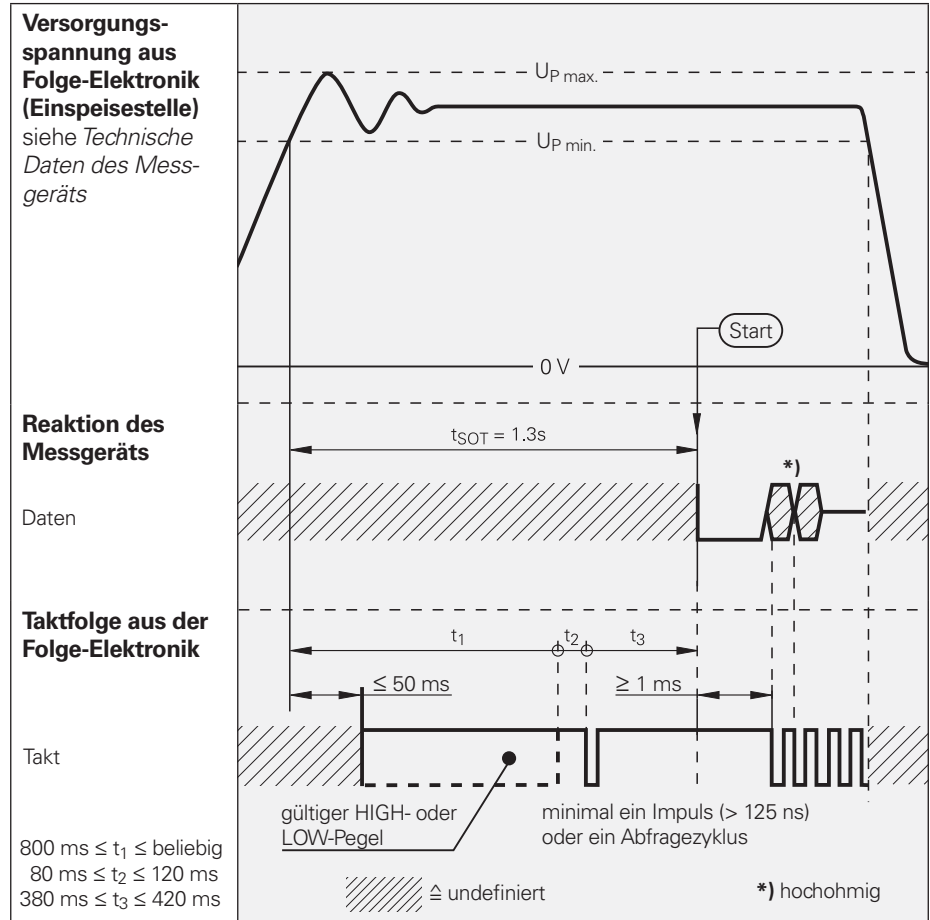
Für die Welligkeit der Gleichspannung gilt:

- 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. 1,3 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

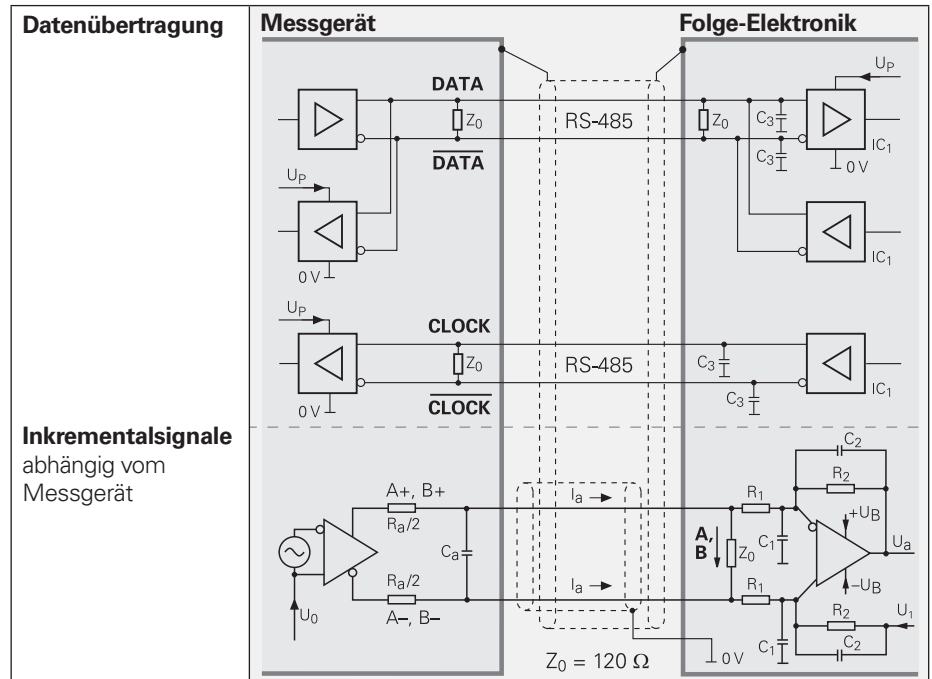
Die bidirektionale Übertragung von Daten (Messwerte bzw. Parameter) zwischen Positionsmessgerät und Folge-Elektronik erfolgt über Transceiver-Bausteine nach RS 485 (Differenzsignale), synchron zu einem von der Folge-Elektronik vorgegebenem Taktsignal (CLOCK).

Dimensionierung

IC₁ = RS 485-Differenzleitungsempfänger und -treiber

C₃ = 330 pF

Z₀ = 120 Ω



Verbindungstechnik

Steckverbinder

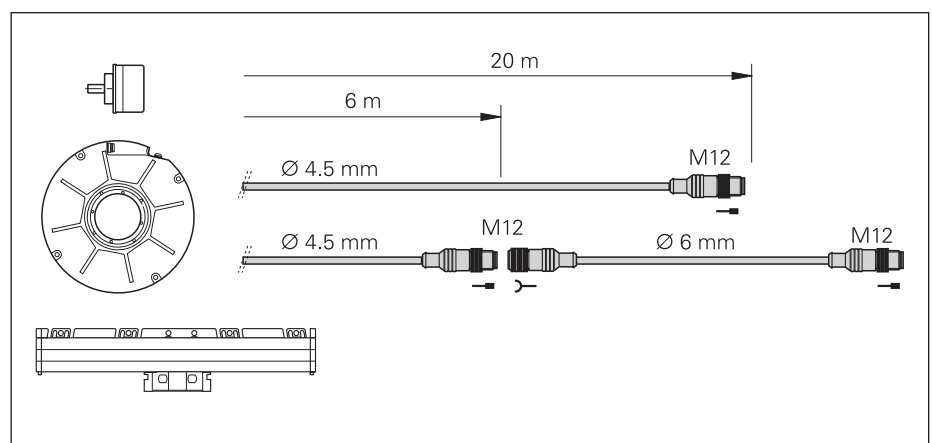
Bei den Messgeräten mit EnDat-2.2-Schnittstelle ohne Inkrementalsignale werden 8-polige M12-Steckverbinder verwendet. Im industriellen Einsatz ist die Steckertechnik M12 weit verbreitet und bietet folgende Vorteile:

- kostenoptimierte Verbindungstechnik
- kleinere Abmessungen
- leichtere Durchführung in den Maschinen
- dünnere Verbindungskabel (Ø 6 mm anstelle bisher 8 mm)
- höhere Zuverlässigkeit durch umspritzte Anschlussstechnik
- integrierter Rastmechanismus als Vibrationschutz

Kabel

Übertragungsfrequenzen bis zu 16 MHz in Kombination mit großen Kabellängen stellen hohe technische Anforderungen an das Kabel. HEIDENHAIN-Kabel sind dafür qualifiziert – auch aufgrund des speziell für diese Anwendung entwickelten Kabelaufbaus. Es wird empfohlen originale HEIDENHAIN-Kabel zu verwenden.

Das direkt am Messgerät angeschlossene Adapterkabel (Ø ≤ 4,5 mm) darf aus Gründen der Übertragungstechnik nicht länger als 20 m sein. Größere Kabellängen werden aus einem max. 6 m langem Adapterkabel und einem Verlängerungskabel (Ø 6 mm) realisiert.



Sicherheitskonzept

Grundprinzip

EnDat 2.2 unterstützt den Einsatz von Messgeräten in sicherheitsgerichteten Applikationen. Dazu werden die Normen DIN EN ISO 13849-1 (Nachfolger der EN 954-1) sowie DIN EN IEC 61 508 als Basis herangezogen. In diesen Normen erfolgt die Beurteilung sicherheitsgerichteter Systeme unter anderem auf Basis von Ausfallwahrscheinlichkeiten integrierter Bauelemente bzw. Teilsysteme.

Der modulare Ansatz erleichtert den Herstellern sicherheitsgerichteter Anlagen die Realisierung ihrer Komplettsysteme, da sie auf bereits qualifizierten Teilsystemen aufbauen können. Diesem Konzept wird beim sicherheitsbezogenen Positionsmesssystem mit rein serieller Datenübertragung über EnDat 2.2 Rechnung getragen. Die definierte Datenschnittstelle zur Folge-Elektronik vereinfacht für den Anwender die Implementierung in sein Sicherheitssystem.

In einem sicheren Antrieb bildet das sicherheitsbezogene Positionsmesssystem ein derartiges Teilsystem. Das **sicherheitsbezogene Positionsmesssystem** besteht aus:

- Messgerät mit EnDat 2.2-Sendebaustein
- Übertragungsstrecke mit EnDat 2.2 – Kommunikation und HEIDENHAIN-Kabel
- EnDat 2.2-Empfängerbaustein mit Überwachungsfunktion (EnDat-Master)

Einbindung des Positionsmesssystems

Das Positionsmesssystem wird über eine mechanische und eine elektrische Schnittstelle in das Gesamtsystem integriert. Die mechanische Ankopplung des Messgeräts zum Antrieb ist durch die Geometrie des Geräts vorgegeben. Die elektrische Integration erfolgt über die Einbindung des EnDat-Masters mit Überwachungsfunktionen in die sichere Steuerung. Die notwendigen Implementierungsmaßnahmen sind bereits vordefiniert und müssen vom Steuerungshersteller lediglich umgesetzt werden. Im Hinblick auf ein sicheres Gesamtsystem sind auch die übrigen Komponenten des Gesamtsystems in sicherer Technik auszuführen.

Einsatzbereich

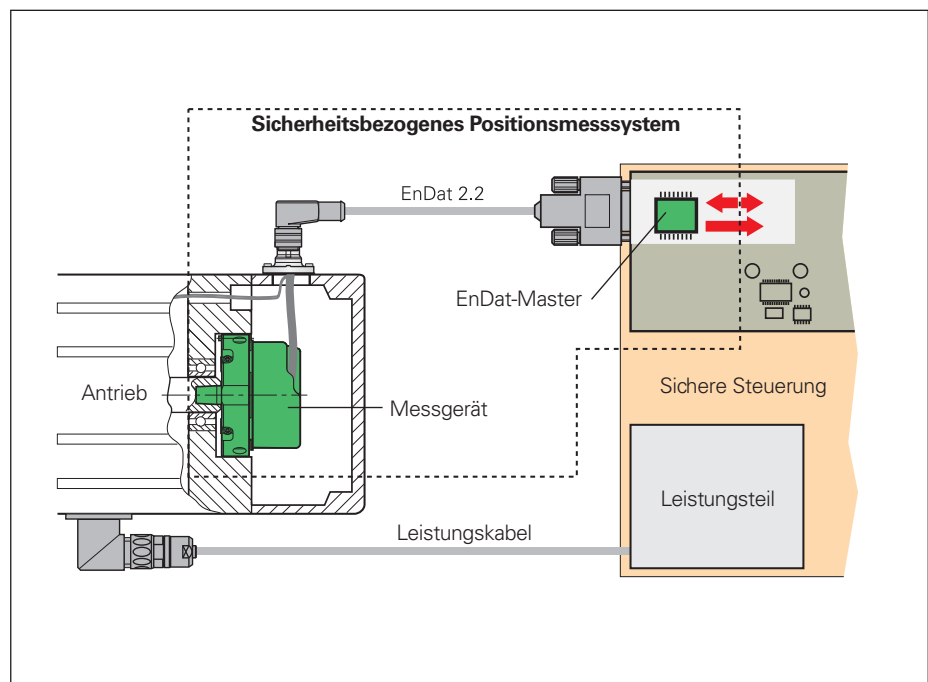
Sicherheitsbezogene Positionsmesssysteme von HEIDENHAIN sind so konzipiert, dass sie als Ein-Geber-Systeme in Anwendungen mit Steuerungskategorie SIL-2 (nach IEC 61 508) eingesetzt werden können. Dies entspricht dem Performance Level „d“ der ISO 13849 bzw. der Kategorie 3 nach EN 954-1. Dabei können die Funktionen des sicherheitsbezogenen Positionsmesssystems u. a. für folgende Sicherheitsfunktionen des Gesamtsystems genutzt werden (siehe auch IEC 61 800-5-2):

- SS1: Sicheres Stillsetzen
- SS2: Sicherer Betriebsstopp
- SOS: Sicherer Stillstand
- SLS: Sicher begrenzte Geschwindigkeit
- SLP: Sicher begrenzte Position
- SLI: Sicher begrenztes Schrittmaß
- SSR: Sicherer Geschwindigkeitsbereich
- SDI: Sichere Bewegungsrichtung

Funktion

Das Sicherheitskonzept des Positionsmesssystems basiert auf zwei im Geber erzeugten, voneinander unabhängigen Positionswerten und zusätzlichen Fehlerbits, die über das EnDat-2.2-Protokoll an den EnDat-Master übertragen werden. Der EnDat-Master übernimmt verschiedene Überwachungsfunktionen mit deren Hilfe Fehler im Messgerät und der Übertragung aufgedeckt werden. Beispielsweise wird ein Vergleich der beiden Positionswerte durchgeführt. Anschließend stellt der EnDat-Master beide Positionswerte und voneinander unabhängige Fehlerbits über zwei Prozessorschnittstellen der sicheren Steuerung bereit. Die Steuerung überwacht die Funktionalität des sicherheitsbezogenen Positionsmesssystems durch periodisch ausgelöste Tests.

Die Architektur des EnDat 2.2-Protokolls ermöglicht es, alle sicherheitsrelevanten Informationen bzw. Kontrollmechanismen im uneingeschränkten Regelbetrieb durchzuführen. Dazu sind sicherheitsrelevanten Informationen in so genannten Zusatzinformationen hinterlegt. Die Architektur des Positionsmesssystems gilt laut IEC 61 508 als einkanaliges, getestetes System.



Gesamtsystem Sicherer Antrieb

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 gebildeter Positionswert zur Verfügung, der zum Vergleich in der Folge-Elektronik genutzt werden wird.

Zwei voneinander unabhängige Fehlermeldungen

Die Fehlermeldungen werden unabhängig voneinander generiert und mit unterschiedlichem Aktiv-Level ausgegeben.

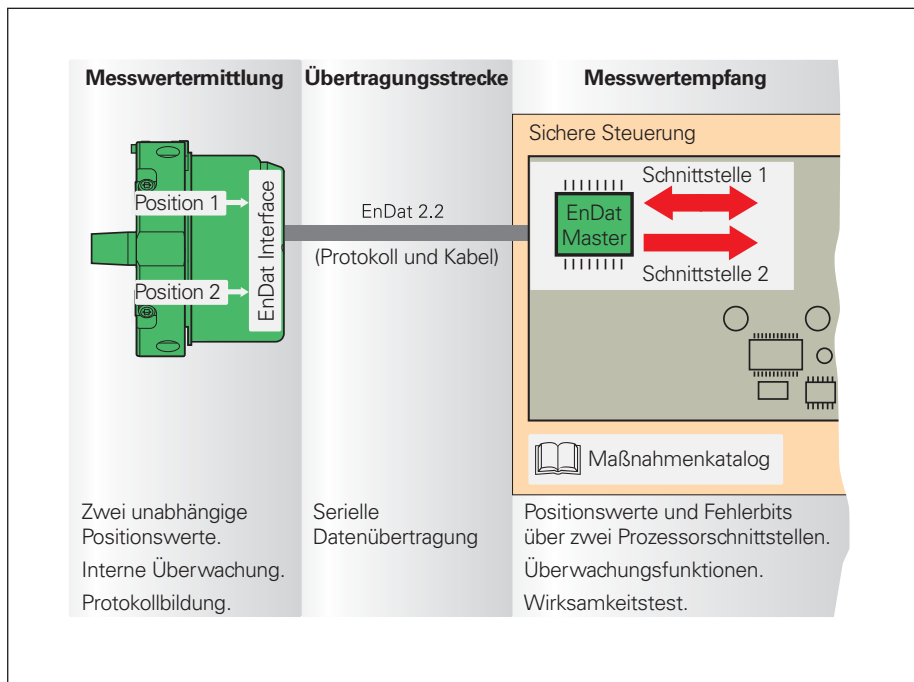
Unabhängige individuelle CRC-Generierung für Positionswerte und Zusatzinformationen

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 Positionswertvergleiche und Überwachungen der Übertragungsfunktionen im Regelbetrieb.

Für eine sichere Positionswernerfassung muss die Folge-Elektronik diese Funktionen ansprechen und die Daten entsprechend auswerten. Detaillierte Informationen hierzu enthält die Technische Information *Sicherheitsbezogene Positionsmesssysteme* und der Maßnahmenkatalog für die sichere Steuerung.



Sicherheitsbezogenes Positionsmesssystem

Übersicht Messgeräte

Bei den Produkten muss entsprechend des Ausführungsstandes, z. B. Befehlssatz, zwischen EnDat 2.1 und EnDat 2.2 unterschieden werden. Ausschließlich EnDat-2.2-Geräte unterstützen die Funktionen wie kurze RecoveryTime und Zusatzinformationen.

Absolute Messgeräte			Auflösung
Längenmessgeräte	LC 183/LC 483	± 5 µm	0,01 µm
	LIC 4000	± 3 µm ± 5 µm	0,005 µm 0,01 µm
Winkelmessgeräte	RCN 226 RCN 228 RCN 2000/5000/8000		26 bit 28 bit 28/29 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 ECI 119 Induktiv, Multitum EQI 13xx EQI 11xx EBI 11xx		25 bit 23 bit 37 bit 35 bit 19 bit ¹⁾ 18 bit 19 bit ¹⁾ 31 bit ¹⁾ 30 bit ¹⁾ 34 bit
Inkrementale Messgeräte			Auflösung
Messgeräte mit 1-VSS-Ausgangssignalen über EIB (Externe Interface Box)			Integrierte 14 bit Interpolation

¹⁾ Verfügbar EnDat 2.1, EnDat 2.2 in Planung.

HEIDENHAIN

DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH

Dr.-Johannes-Heidenhain-Straße 5

83301 Traunreut, Germany

☎ +49 8669 31-0

FAX +49 8669 5061

E-mail: info@heidenhain.de

www.heidenhain.de

Weitere Informationen:

- HEIDENHAIN-Messgeräte-Prospekte
- Beschreibung des Master-Bausteines (www.mazet.de)
- Detaillierte Schnittstellenspezifikation (auf Anforderung)