

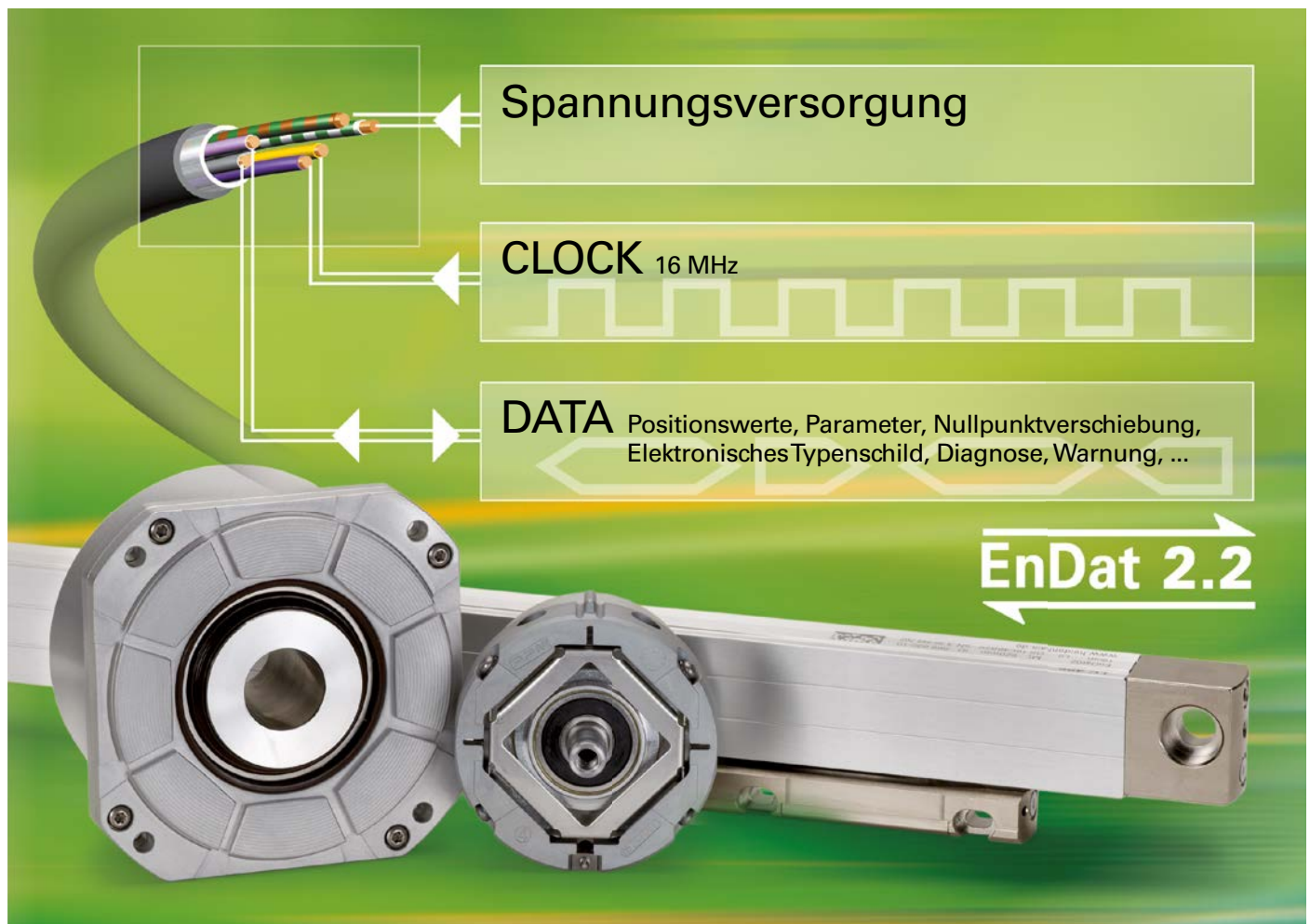


Technische Information

## 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 bis SIL3 geeignet.



# Vorteile des EnDat-Interface

Das EnDat-Interface bietet alle Voraussetzungen, die Systemkosten zu reduzieren 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 Standardkomponenten
- Einfachere, kostengünstigere Spannungsversorgung, da auf Remote Sense verzichtet werden kann
- Einfache Verbindungstechnik: Standardsteckverbindungen (M12 – 8-polig), einfach geschirmte Standardkabel und geringer Verdrahtungsaufwand
- Nur ein Kabel mit HMC 6: Das Hybrid Motor Cable beinhaltet die Leitungen für Messgeräte, Motor und Bremse
- Kleine Motor- bzw. Anlagenabmessungen durch kleinbauende Steckverbinder
- Keine Kosten für zusätzliche Sensorik und Verdrahtung: EnDat 2.2 überträgt zusätzliche Informationen (Endschalter, Temperatur usw.)
- Verkürzte Inbetriebnahme: Nullpunktverschiebung durch Verrechnen eines Offset-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

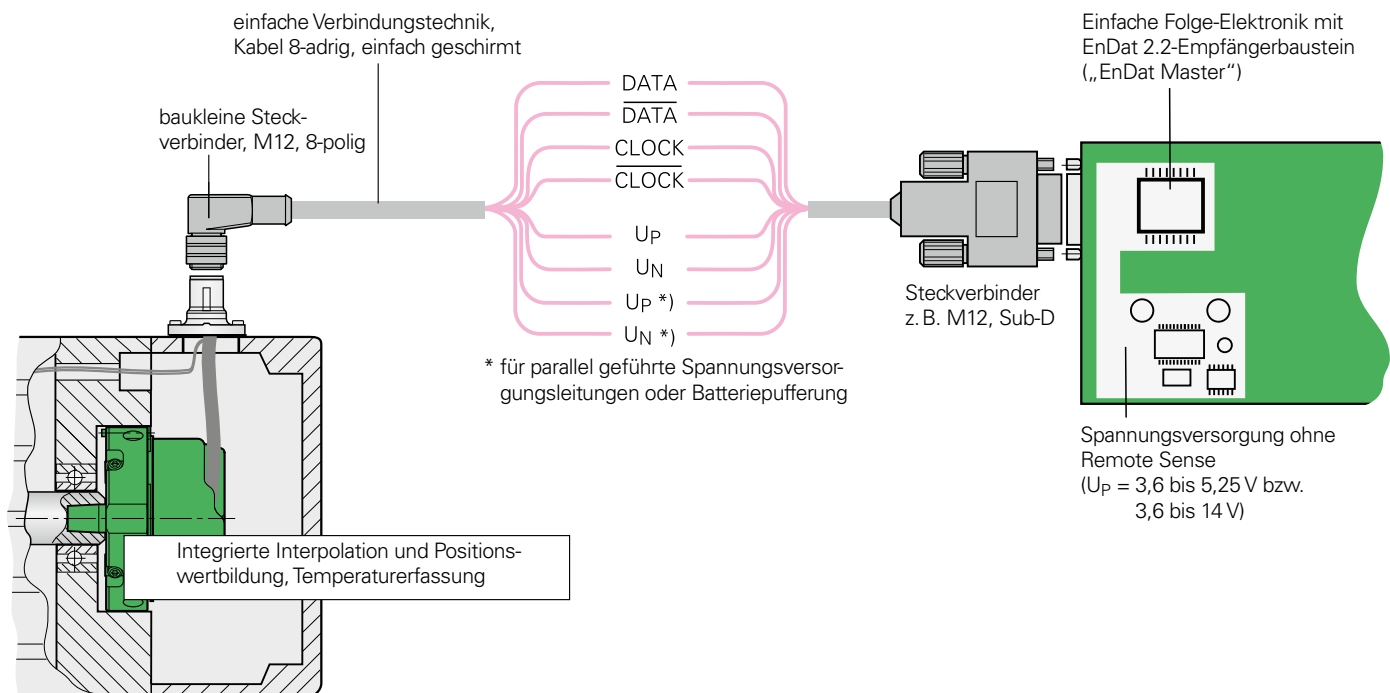
- Automatische Inbetriebnahme der Systemachse möglich: alle notwendigen Informationen können im Messgerät gespeichert werden (elektronisches Typenschild).
- Hohe Systemsicherheit durch rein digitale Datenübertragung
- Diagnose der Messgeräte durch in der Folge-Elektronik auswertbare Überwachungs- und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

## Sicherheitskonzept

- EnDat 2.2 wurde für sicherheitsrelevante Maschinenkonzepte bis SIL3 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  $\mu$ s mit vollem „read and write“-Modus möglich
- Positionswerte stehen bereits nach ca. 10  $\mu$ s in der Folge-Elektronik zur Verfügung



Weitere Hinweise zur Implementierung von EnDat bzw. weiterführende Dokumente siehe [www.endat.de](http://www.endat.de)

# EnDat 2.2 – Die bidirektionale Schnittstelle

Das EnDat-Interface ist eine digitale, **bidirektionale** Schnittstelle für Messgeräte. Sie ist in der Lage, sowohl **Positionswerte** auszugeben, als auch im Messgerät gespeicherte Informationen auszulesen, zu aktualisieren oder neue Informationen abzugeben. 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. Bestimmte Funktionen sind nur mit EnDat-2.2-Mode-Befehlen verfügbar.

## Historie und Kompatibilität

Die seit Mitte der 90er Jahre verfügbare EnDat-2.1-Schnittstelle wurde mittlerweile auf die Version EnDat 2.2 erweitert (für Neuanwendungen empfohlen). EnDat 2.2 ist von der Kommunikation, den Befehlsätzen und Zeitbedingungen kompatibel zur Version EnDat 2.1, bietet jedoch deutliche Vorteile. So ist es möglich mit dem Positionswert sogenannte Zusatzinformationen (z. B. Sensorwerte, Diagnose, usw.) zu übertragen, ohne dafür eine eigene Abfrage zu starten. Dies erlaubt weitere Messgerätetypen (z. B. mit Batteriepufferung, inkrementale Messgeräte, usw.) zu unterstützen. Dazu wurde das Protokoll der Schnittstelle erweitert und die Zeitverhältnisse (Taktfrequenz, Rechenzeit, Recovery Time) optimiert.

## Unterstützte Messgeräte-Typen

Folgende Messgeräte-Typen werden derzeit mit der EnDat-2.2-Schnittstelle unterstützt (auslesbar aus dem Speicherbereich des Messgerätes):

- Längenmessgerät inkremental
- Längenmessgerät absolut
- Rotatives Messgerät Singleturn inkremental
- Rotatives Messgerät Singleturn absolut
- Multiturn-Drehgeber
- Multiturn-Drehgeber mit Batteriepufferung

Für die verschiedenen Messgeräte-Typen müssen z. T. Parameter unterschiedlich interpretiert werden (siehe EnDat-Spezifikation) oder EnDat-Zusatzinformationen verarbeitet werden (z. B. inkrementale oder batteriegepufferte Messgeräte).

Schnittstelle	EnDat seriell bidirektional
Datenübertragung	Positionswerte, Parameter und Zusatzinformationen
Dateneingang	Differenzleitungsempfänger nach EIA-Standard RS 485 für Signale CLOCK und $\overline{\text{CLOCK}}$ sowie DATA und $\overline{\text{DATA}}$
Datenausgang	Differenzleitungstreiber nach EIA-Standard RS 485 für Signale DATA und $\overline{\text{DATA}}$
Positionswerte	Steigend bei Verfahren in Pfeilrichtung (siehe Anschlussmaße der Messgeräte)
Inkrementalsignale	geräteabhängig $\sim 1 V_{SS}$ , TTL, HTL (siehe jeweilige Inkrementalsignale)

## Bestellbezeichnungen

Die Bestellbezeichnungen definieren die zentralen technischen Kennwerte und geben Auskunft über:

- typischen Spannungsversorgungsbereich
- Befehlssatz
- Verfügbarkeit von Inkrementalsignalen
- maximale Taktfrequenz

In der Bestellbezeichnung ist an zweiter Stelle die Schnittstellengeneration hinterlegt. Bei Messgeräten der aktuellen Generation ist die Bestellbezeichnung aus dem Messgerätespeicher auslesbar.

## Inkrementalsignale

Manche Messgeräte stellen zusätzlich Inkrementalsignale zur Verfügung. Sie werden meist benutzt um die Auflösung des Positionswertes zu erhöhen oder eine zweite Folge-Elektronik zu bedienen. Aktuelle Gerätegenerationen besitzen eine hohe interne Auflösung und stellen deshalb keine Inkrementalsignale mehr zur Verfügung. Ob das Messgerät Inkrementalsignale ausgibt ist aus der Bestellbezeichnung ersichtlich:

- EnDat01 mit Inkrementalsignalen  $1 V_{SS}$
- EnDatH mit Inkrementalsignale HTL
- EnDatT mit Inkrementalsignale TTL
- EnDat21 ohne Inkrementalsignale
- EnDat02 mit Inkrementalsignalen  $1 V_{SS}$
- EnDat22 ohne Inkrementalsignale

## Anmerkung zu EnDat01/02:

Die Signalperiode ist im Speicher des Messgerätes abgelegt

## Spannungsversorgung

Die typische Spannungsversorgung der Messgeräte hängt von der Schnittstelle ab:

EnDat01 EnDat21	5 V $\pm$ 0,25 V
EnDat02 EnDat22	3,6 V bis 5,25 V bzw. 14 V
EnDatH	10 V bis 30 V
EnDatT	4,75 V bis 30 V

Ausnahmen sind in den Technischen Kennwerten dokumentiert.

## Befehlssatz

Der Befehlssatz beschreibt die verfügbaren Mode-Befehle, die den Informationsaustausch zwischen Messgerät und Folge-Elektronik definieren. Der Befehlssatz EnDat 2.2 beinhaltet alle EnDat-2.1-Mode-Befehle. Zusätzlich erlaubt EnDat 2.2 weitere Mode-Befehle zur Auswahl von Zusatzinformationen und ermöglicht Speicherzugriffe auch im geschlossenen Regelkreis. Bei Übertragung eines Mode-Befehls aus dem Befehlssatz EnDat 2.2 an ein Messgerät, das nur den EnDat-2.1-Befehlssatz unterstützt, kommt es zu einer Fehlermeldung. Welcher Befehlssatz unterstützt wird, ist im Speicherbereich des Messgerätes abgelegt:

- EnDat01/21/H/T Befehlssatz 2.1 oder 2.2
- EnDat02/22 Befehlssatz 2.2

### Taktfrequenz

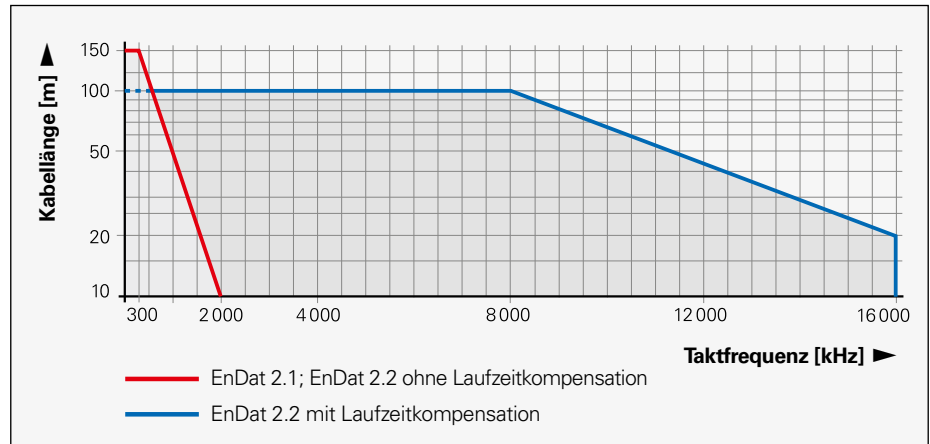
Die Taktfrequenz ist – abhängig von der Kabellänge (max. 150 m) – variabel zwischen 100 kHz und 2 MHz. Mit Laufzeitkompensation in der Folge-Elektronik sind Taktfrequenzen bis 16 MHz bzw. Kabellängen bis maximal 100 m möglich. Bei EnDat-Messgeräten mit Bestellbezeichnung EnDat x2 ist die maximale Taktfrequenz im Messgerätespeicher abgelegt. Bei allen anderen Messgeräten beträgt die maximale Taktfrequenz 2 MHz. Eine Laufzeitkompensation ist nur für die Bestellbezeichnungen EnDat21 und EnDat22 vorgesehen; zu EnDat02 siehe Anmerkung.

EnDat01 EnDatT EnDatH	≤ 2 MHz (siehe Diagramm „ohne Laufzeitkompensation“)
EnDat21	≤ 2 MHz
EnDat02	≤ 2 MHz bzw. ≤ 8 MHz bzw. 16 MHz (siehe Anmerkung)
EnDat22	≤ 8 MHz bzw. 16 MHz

Übertragungsfrequenzen bis zu 16 MHz in Kombination mit großen Kabellängen stellen hohe technische Anforderungen an das Kabel. Das direkt am Messgerät angeschlossene Adapterkabel darf aus Gründen der Übertragungstechnik nicht länger als 20 m sein. Größere Kabellängen werden aus einem max. 6 m langem Adapterkabel und einem Verlängerungskabel realisiert. Generell muss die komplette Übertragungstrecke für die jeweilige Taktfrequenz ausgelegt sein.

#### Anmerkung zu EnDat02

EnDat02-Messgeräte können eine steckbare Kabelbaugruppe aufweisen. Über die Ausführung des Adapterkabels entscheidet der Kunde, ob das Gerät mit Inkrementalsignalen oder ohne Inkrementalsignale betrieben wird. Dies hat auch Einfluss auf die maximal mögliche Taktfrequenz. Bei Adapterkabeln mit Inkrementalsignalen ist die Taktfrequenz eingeschränkt auf 2 MHz, siehe auch EnDat01. Bei Adapterkabeln ohne Inkrementalsignale kann die Taktfrequenz maximal 16 MHz betragen. Die genauen Werte sind im Speicher des Messgeräts abgelegt.



Kabellängen bis max. 300 m sind nach Rücksprache mit HEIDENHAIN unter bestimmten Bedingungen möglich

### Positionswerte

Der Positionswert kann mit oder ohne Zusatzinformationen übertragen werden. Er wird frühestens nach Ablauf der Rechenzeit  $t_{cal}$  an die Folge-Elektronik übertragen. Die Rechenzeit wird bei der höchsten für das Gerät zulässigen Taktfrequenz ermittelt, maximal aber bei 8 MHz.

Für den Positionswert wird nur die benötigte Anzahl an Bit übertragen. Die Bit-Anzahl ist damit abhängig vom jeweiligen Messgerät und kann für eine automatische Parametrierung aus dem Messgerät ausgelesen werden.

### Typische Betriebsarten

**Betriebsart EnDat 2.1:** In dieser Betriebsart werden Messgeräte verwendet, die zusätzlich Inkrementalsignale zur Verfügung stellen. Für die Positionswertbildung wird einmalig die Absolutposition gleichzeitig mit der Inkrementalposition ausgelesen und zu einem Positionswert verrechnet. Die weitere Bildung des Positionswertes im Regelkreis beruht auf den Inkrementalsignalen. Es werden ausschließlich EnDat-2.1-Mode-Befehle verwendet.

**Betriebsart EnDat 2.2:** In dieser Betriebsart werden rein serielle Messgeräte verwendet. Für die Positionswertbildung wird in jedem Regelzyklus der Positionswert aus dem Messgerät ausgelesen. Für das Auslesen des Positionswertes werden typisch EnDat-2.2-Mode-Befehle verwendet. Für das Lesen und Schreiben von Parametern nach dem Einschalten werden typisch EnDat-2.1-Mode-Befehle verwendet. Bei der EnDat-2.2-Schnittstelle können im geschlossenen Regelkreis neben der Position auch Zusatzinformationen abgefragt und Funktionen (z.B. Parameter lesen/schreiben, Fehlermeldungen zurücksetzen usw.) ausgeführt werden.

### Zusatzinformationen

Je nach Übertragungsart (Auswahl über MRS-Code) können an den Positionswert eine oder zwei Zusatzinformationen angehängt werden. Welche Zusatzinformationen das jeweilige Messgerät unterstützt ist in den Parametern des Messgerätes hinterlegt.

Die Zusatzinformationen enthalten:

Statusangaben, Adressen und Daten

- WRN – Warnungen
- RM – Referenzmarke
- Busy – Parameterabfrage

Daten Zusatzinformation 1

- Diagnose
- Positionswert 2
- Speicherparameter
- MRS-Code – Quittierung
- Testwerte
- Temperatur
- Zusätzliche Sensoren

Daten Zusatzinformation 2

- Kommutierung
- Beschleunigung
- Grenzlagensignale
- Asynchroner Positionswert
- Betriebszustandsfehlerquellen
- Zeitstempel

### Speicherbereiche

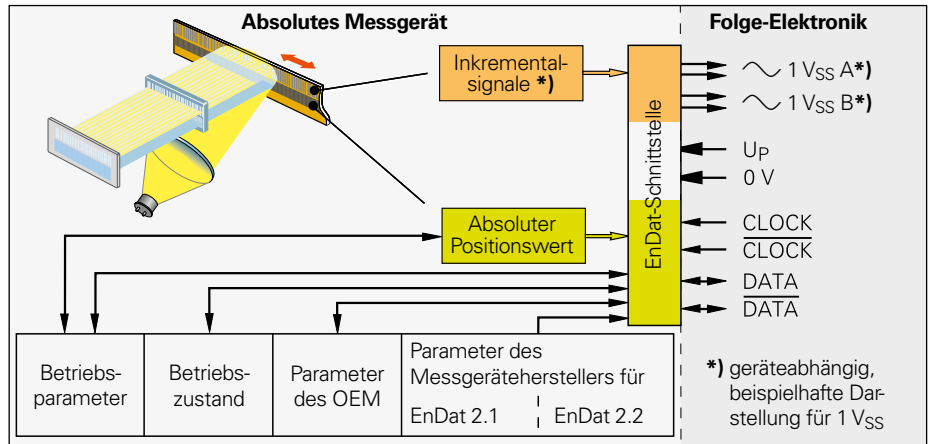
Im Messgerät stehen mehrere Speicherbereiche für Parameter zur Verfügung, die von der Folge-Elektronik gelesen und teilweise vom Messgerätehersteller, vom OEM oder auch vom Endkunden beschrieben werden können. Die Parameterdaten werden in einem permanenten Speicher abgelegt. Dieser Speicher erlaubt nur eine begrenzte Anzahl von Schreibzugriffen und ist nicht für die zyklische Ablage von Daten ausgelegt. Bestimmte Speicherbereiche lassen sich mit einem Schreibschutz (rücksetzbar nur durch Messgerätehersteller) versehen.

**Parameter** sind in verschiedenen Speicherbereichen abgelegt, z. B.:

- messgerätespezifische Informationen
- Informationen des OEM (z. B. „elektronisches Typenschild“ des Motors)
- Betriebsparameter (Nullpunktverschiebung, Anweisung etc.)
- Betriebszustand (Alarm- oder Warnmeldungen)

**Überwachungs- und Diagnosefunktionen** des EnDat-Interface ermöglichen eine detaillierte Überprüfung des Messgeräts.

- Fehlermeldungen
- Warnungen
- Online-Diagnose basierend auf Bewertungszahlen (EnDat 2.2)
- Anbau-Schnittstelle



### Funktionale Sicherheit – Grundprinzip

EnDat 2.2 unterstützt grundsätzlich den Einsatz von Messgeräten in sicherheitsgerichteten Applikationen. Dazu werden die Normen DIN EN ISO 13 849-1 (Nachfolger der EN 954-1) sowie EN 61 508 und EN 61 800-5-2 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.

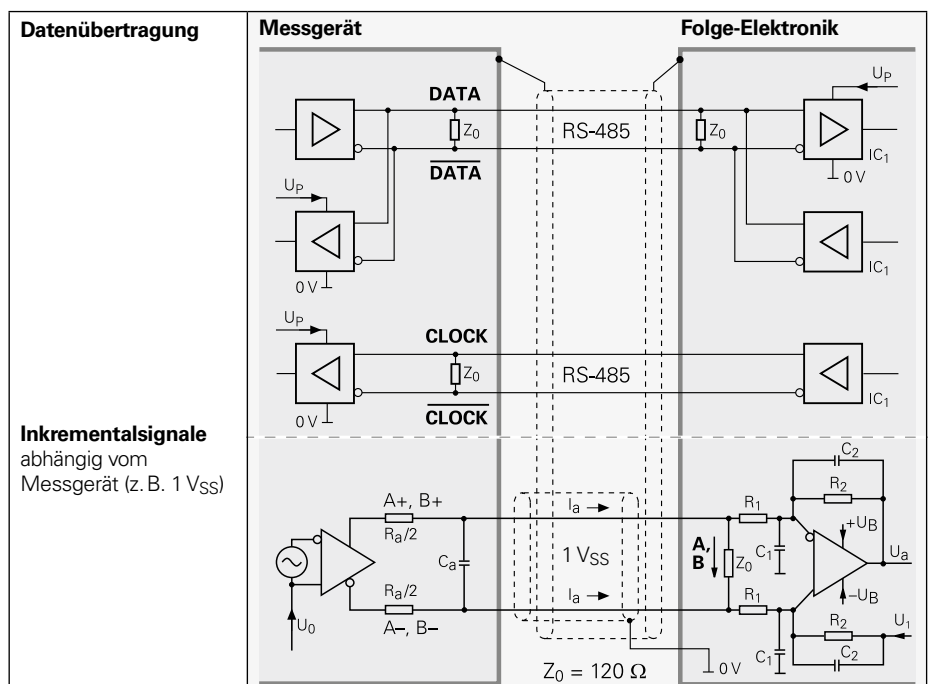
Weitere Informationen siehe „Funktionale Sicherheit“ unter [www.endat.de](http://www.endat.de).

### Eingangsschaltung der Folge-Elektronik

#### Dimensionierung

$IC_1$  = RS 485-Differenzleitungsempfänger und -treiber

$$Z_0 = 120 \Omega$$



# 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.

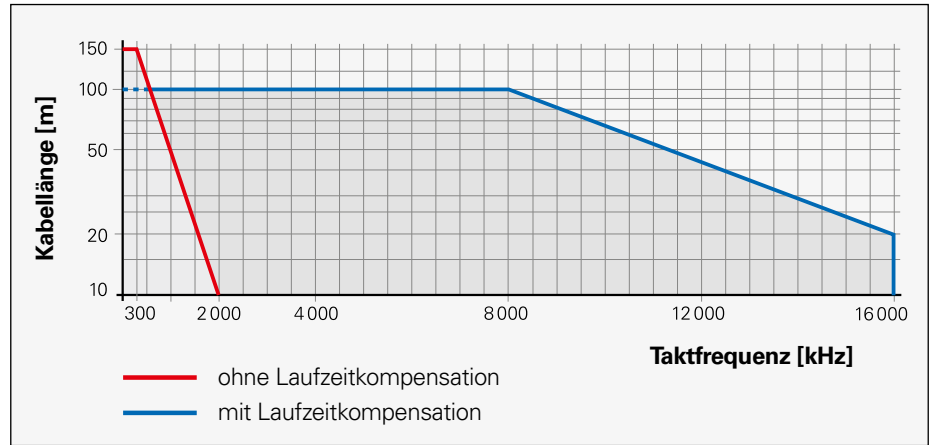
Bei einem abweichenden Tastverhältnis des Taktes errechnet sich die theoretische Taktfrequenz aus  $f_c = \frac{1}{2t_{\min}}$

## Ermitteln der Signallaufzeit

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

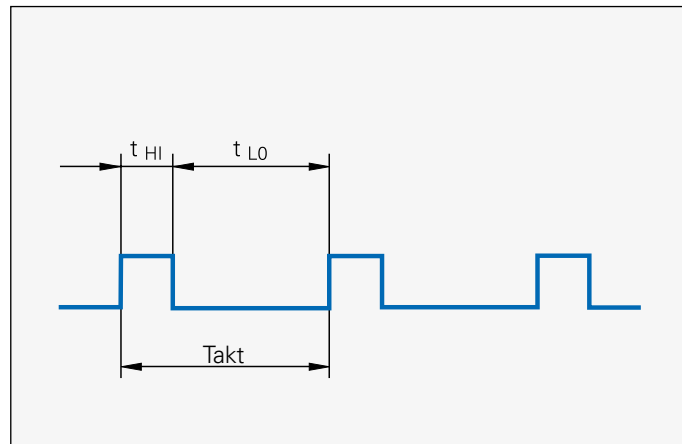
Die Folge-Elektronik sendet den Mode-Befehl *Messgerät sende Positionswerte ohne Zusatzinformation* an das Messgerät. Nachdem das Messgerät auf Senden umgeschaltet hat, d. h. nach insgesamt 10 Taktperioden, startet mit jeder steigenden Taktflanke ein Zähler in der Folge-Elektronik.

## Taktfrequenz



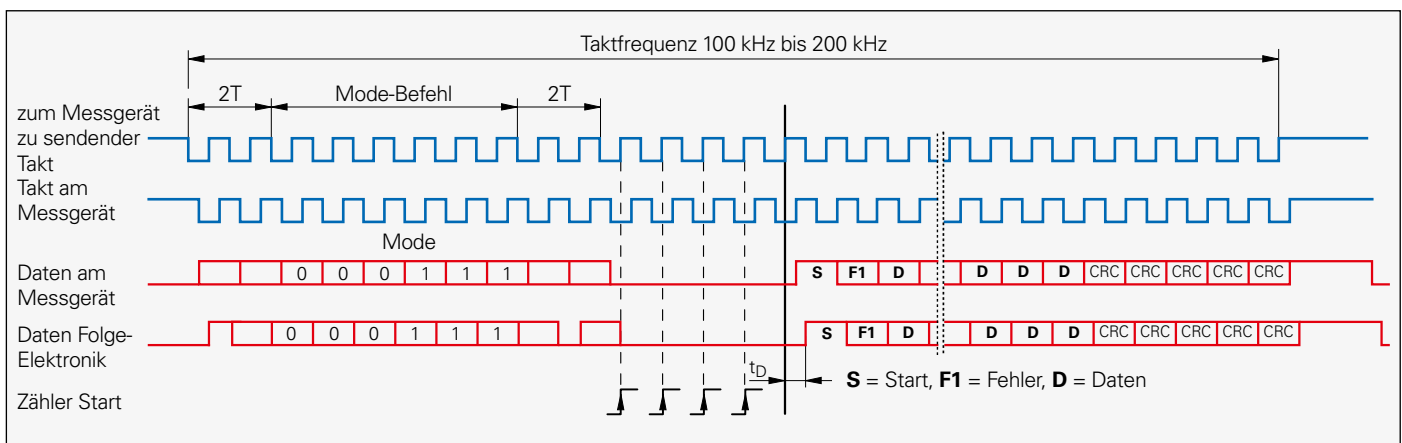
Kabellängen bis 300 m sind nach Rücksprache mit HEIDENHAIN unter bestimmten Bedingungen möglich.

## 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.

Messgeräte 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	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 <sup>1)</sup>		0	0	1	0	0	1
10	Messgerät sende Positionswert und empfang Parameter <sup>1)</sup>		0	1	1	0	1	1
11	Messgerät sende Positionswert und sende Parameter <sup>1)</sup>		1	0	0	1	0	0
12	Messgerät sende Positionswert und empfang Fehler-Reset <sup>1)</sup>		1	0	1	1	0	1
13	Messgerät sende Positionswert und empfang Testbefehl <sup>1)</sup>		1	1	0	1	1	0
14	Messgerät empfang Kommunikationsbefehl <sup>2)</sup>		0	1	0	0	1	0

<sup>1)</sup> ausgewählte Zusatzinformationen werden mit übertragen

<sup>2)</sup> 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.

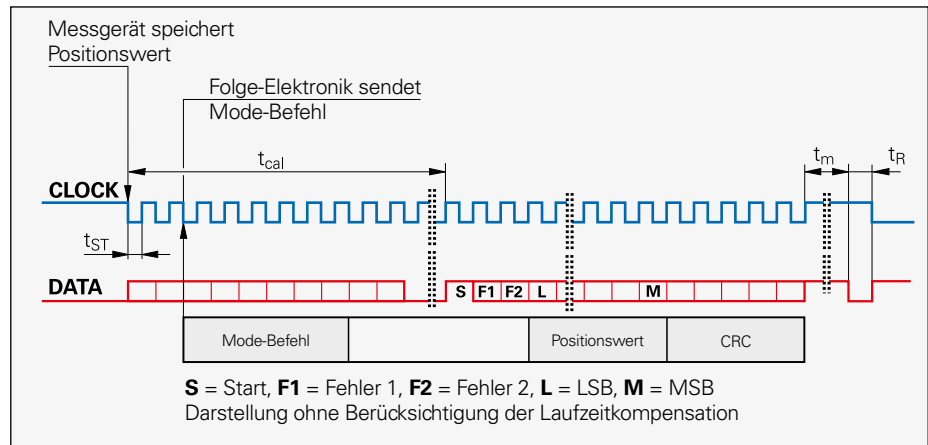
Die folgenden **Fehler-Bits Fehler 1 und Fehler 2** (nur bei EnDat 2.2-Befehlen) sind Sammelmeldungen für alle überwachten Funktionen und dienen als Ausfallüberwachung. Sie werden unabhängig voneinander generiert und zeigen an, wenn eine Fehlfunktion des Messgeräts zu falschen Positionswerten führen 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 **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  $\mu\text{s}$  bzw. 1,25 bis 3,75  $\mu\text{s}$  (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.

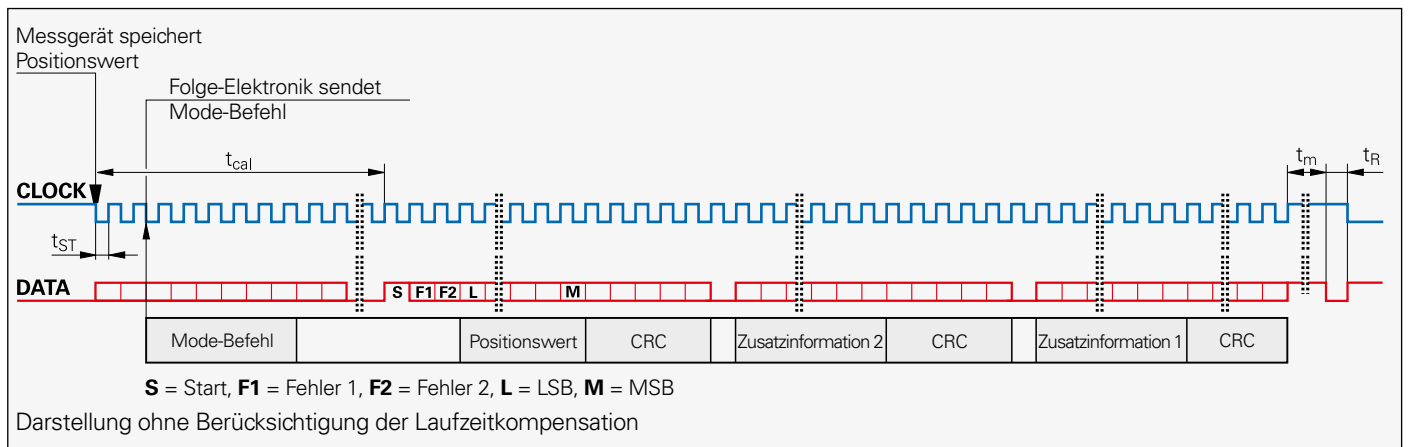
## Datenpaket Positionswert ohne Zusatzinformationen



		ohne Laufzeitkompensation	mit Laufzeitkompensation
<b>Taktfrequenz</b>	$f_c$	100 kHz ... 2 MHz	100 kHz ... 16 MHz
<b>Rechenzeit für Positionswert Parameter</b>	$t_{cal}$ $t_{ac}$	EnDat 2.2-Geräte typisch: $\leq 5 \mu\text{s}$ max. 12 ms	
<b>Recovery Time</b>	$t_m$	<i>EnDat 2.1:</i> 10 bis 30 $\mu\text{s}$ <i>EnDat 2.2:</i> 10 bis 30 $\mu\text{s}$ oder 1,25 bis 3,75 $\mu\text{s}$ ( $f_c \geq 1 \text{ MHz}$ ) (parametrierbar)	
	$t_R$	max. 500 ns	
	$t_{ST}$	–	2 bis 10 $\mu\text{s}$
<b>Data delay Time</b>	$t_D$	$(0,2 + 0,01 \times \text{Kabellänge in m}) \mu\text{s}$	
<b>Pulsbreite</b>	$t_{HI}$	0,2 bis 10 $\mu\text{s}$	Pulsweitenschwankung HIGH zu LOW max. 10 %
	$t_{LO}$	0,2 bis 50 ms bis 30 $\mu\text{s}$ (bei LC 1x3/4x3)	



## Datenpaket Positionswert mit zwei 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. Die beiden Fehlermeldungen müssen getrennt voneinander ausgewertet werden.

### Positionswert

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

Der Aufbau des Positionswertes ist je nach Messgerätetyp unterschiedlich (siehe EnDat-Spezifikation). Absolute Messgeräte übertragen an dieser Stelle den absoluten Positionswert; inkrementale Messgeräte übertragen an dieser Stelle den relativen Positionswert (siehe auch „Positionswert 2“ auf der folgenden Seite).

### Zusatzinformationen

Ein Messgerät mit EnDat-2.2-Schnittstelle kann zusammen mit dem Positionswert bis zu zwei Zusatzinformationen übertragen. Den Zusatzinformationen 1 und 2 sind je 16 mögliche Inhalte zuordenbar, die eine eindeutige Nummer aufweisen. Über diese

Nummer werden die Zusatzinformationen angewählt und zur Quittierung wird diese Nummer mit übertragen (siehe nächste Seite). Welche Zusatzinformationen das Messgerät unterstützt, ist im Speicher des Messgerätes hinterlegt.

Die Auswahl, welche Informationen übertragen werden, erfolgt durch den Mode-Befehl „Messgerät sende Positionswert und empfangen Auswahl des Speicherbereiches“ und ist damit im geschlossenen Regelkreis möglich. Nach erfolgter Auswahl einer Zusatzinformation wird mit dem nächsten Mode-Befehl (nur Nr. 8 bis 13) die ausgewählte Zusatzinformation übertragen. Die Zusatzinformation wird solange mit jedem Positionswert ausgegeben, bis die Zusatzinformation durch Senden eines speziellen MRS-Codes abgewählt oder eine andere Zusatzinformation ausgewählt wird. Nach dem Einschalten des Messgerätes sind keine Zusatzinformationen ausgewählt.

### Beispiel

Zusatzinformation 1:

rollierende Übertragung von Temperatur 1 (Temp1: MRS-Code 0x4C) und Temperatur 2 (Temp2: MRS-Code 0x4D)

Zusatzinformation 2: Übertragung der Betriebszustandsfehlerquellen (BZFQ: MRS-Code 0x59)

Mode-Befehl 9 (001001): „Messgerät sende Positionswert und empfangen Auswahl des Speicherbereiches“

Folge-Elektronik → Messgerät

Mode-Befehl 9 + MRS-Code 0x59

Mode-Befehl 9 + MRS-Code 0x4C

Mode-Befehl 9 + MRS-Code 0x4D

Mode-Befehl 9 + MRS-Code 0x4C

Mode-Befehl 9 + MRS-Code 0x4D

usw.

Messgerät → Folge-Elektronik

Position

Position + BZFQ

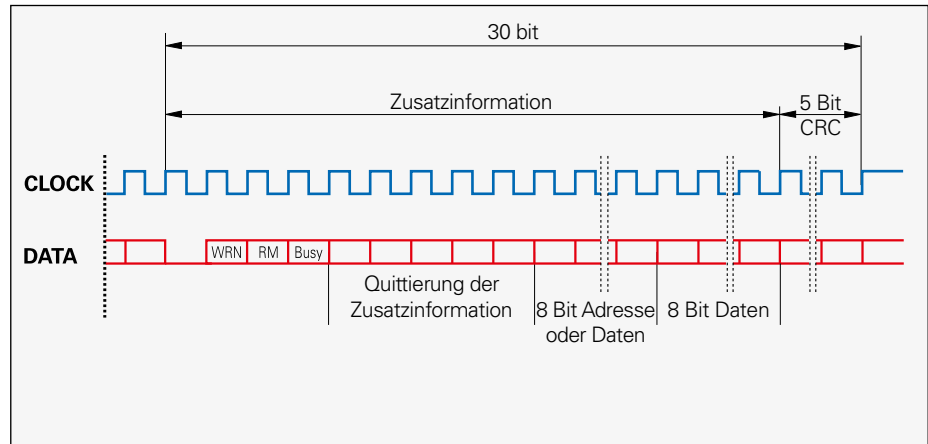
Position + BZFQ + Temp1

Position + BZFQ + Temp2

Position + BZFQ + Temp1

## 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 Messgerätespeicher. Welche Fehler- und Warnmeldungen das jeweilige Messgerät unterstützt, ist im Speicherbereich „Parameter des Messgerätheherstellers“ 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 Messgerätespeicher 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 Messgerätefunktion und zusätzliche Diagnosewerte, wie z. B. Anbau-Informationen
- **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 messgeräteinternen oder externen 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

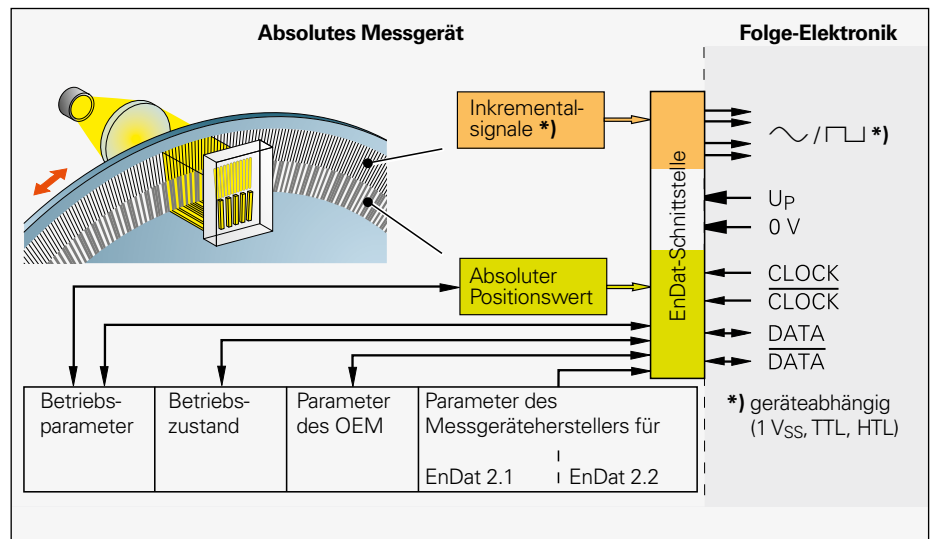
Vor der Übertragung von Parametern (Lesen oder Schreiben) muss der entsprechende Speicherbereich ausgewählt werden. Dazu sind den jeweiligen Speicherbereichen eine oder mehrere sogenannte „MRS-Codes“ zugeordnet (MRS  $\triangleq$  Memory Range Select).

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 EnDat-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 Fehler- und Warnmeldungen, 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 messgeräteinternen Temperatursensor definiert werden. Weitere Funktionen (Zykluszeit, I/O, Tastsystemstatus) sind für zukünftige Applikationen reserviert. Der Bereich Betriebsparameter kann gegen Überschreiben geschützt werden.

## Betriebszustand

In diesem Speicherbereich stehen die detaillierten Fehler- 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
- ST** Singleturn-Drehgeber bzw. Winkel-messgerät
- MT** Multiturn-Drehgeber
- iL** inkrementales Längenmessgerät mit externer (EIB) bzw. integrierter Umsetzung 1 V<sub>SS</sub>/EnDat 2.2 rein seriell
- iR** inkrementales rotatives Messgerät mit externer (EIB) bzw. integrierter Umsetzung 1 V<sub>SS</sub>/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 Applikationssoftware 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. Messgerätebezeichnung, etc.
- **nicht relevant:**  
Wurde ein Messgerätstyp 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, Diagnosewerte 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
		Längen-messgerät	Drehgeber/Winkel-messgerät				
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 <sup>1)</sup>	–	–	<b>iL, iR:</b> zum Berechnen des kleinsten Anzeigeschrittes (LSB) bzw. des korrekten Anzeigewertes bei negativer Verfahrrichtung <b>alle:</b> zur EnDat-konformen Nullpunktverschiebung
16							
17	unterscheidbare Umdrehungen (nur bei Multiturn-Drehgebern)	–	–	MT	–	–	erforderlich für die korrekte Berechnung der Position
18	(Grund-)Abstand der Referenzmarken	mm	Signalperioden	–	–	iL iR	–
19	Lage der ersten Referenzmarke	mm	–	–	–	iL	–

<sup>1)</sup> außer Tastsystem

Parameter des Messgeräteherstellers für EnDat 2.1 (Fortsetzung)

Wort	Inhalt	Einheit bei		erforderlich	je nach Applikation	informativ	Bemerkung
		Längenmessgerät	Drehgeber/Winkel-messgerät				
20	Messschritt bzw. Messschritte/U bei serieller Datenübertragung	nm	Messschritte/Umdrehung	alle <sup>1)</sup>	-	-	-
21							
22	Nullpunktverschiebung des Messgeräteherstellers	Signalperioden	Signalperioden	alle	-	-	ist bei Nullpunktverschiebung durch den Anwender zu berücksichtigen
23							
24	Identnummer	-	-	-	-	alle	Sicherheitstechnik
25							
26							
27	Seriennummer	-	-	-	alle	-	Austausch des Gebers kann detektiert werden (evtl. Auswirkungen auf Applikation – sicherheitsrelevant)
28							
29							
30	Drehrichtung bzw. Verfahrrichtung	-	-	alle <sup>1)</sup>	-	-	-
31	Status der Inbetriebnahmediagnose	-	-	-	-	-	wird seit 1999 nicht mehr unterstützt
32	maximale mechanisch zulässige Geschwindigkeit bzw. Drehzahl	m/min	min <sup>-1</sup>	-	alle <sup>1)</sup>	-	wird bei Querprüfung Absolutposition ⇔ Inkrementalposition benötigt
33	geschwindigkeits- bzw. drehzahl-abhängige Genauigkeit Bereich I	LSB <sup>2)</sup>	LSB <sup>2)</sup>	-	ST MT L	-	Vergleich Absolut-/Inkrementalposition bei <b>E i L i R</b> nicht möglich, da diese Messgeräte nur eine Inkrementalinformation besitzen
34	geschwindigkeits- bzw. drehzahl-abhängige Genauigkeit Bereich II	LSB <sup>2)</sup>	LSB <sup>2)</sup>	-	ST MT L	-	
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 <sup>3)</sup>	-	-	-	-	L i L	-
39	maximale Rechenzeit	-	-	alle	-	-	zur Überwachung (Time out)
40	EnDat Bestellbezeichnung	-	-	-	alle	-	Unterscheidung mit/ohne Inkrementalsignale
41	HEIDENHAIN-spezifische Daten	-	-	-	-	-	-
42							
43							
44							
45							
46							
47	CHECKSUM	-	-	-	-	-	-

<sup>1)</sup> außer Tastsystem

<sup>2)</sup> höherwertiges Byte enthält Divisionsfaktor bezogen auf die maximal zulässige Geschwindigkeit bzw. Drehzahl, bis zu der diese Genauigkeit gültig ist

<sup>3)</sup> 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 <sup>2</sup>	1/s <sup>2</sup>	–	alle <sup>1)</sup>	–	Skalierfaktor beachten
4	Temperatur	K	K	–	alle	–	Skalierfaktor beachten
5	Diagnosestatus	–	–	–	–	alle	–
6	Unterstützung von Fehlermeldung 2	–	–	alle <sup>1)</sup>	–	–	zur Definition einer „Fehlermaske“: (sicherheitsrelevant)
7	Dynamisierungsstatus	–	–	–	alle <sup>1)</sup>	–	Sicherheitstechnik
8							
9	Messschritt bzw. Messschritte pro Umdrehung für den Positionswert 2	nm	–	–	alle <sup>1)</sup>	–	Sicherheitstechnik
10							
11	geschwindigkeits- bzw. drehzahl- abhängige Genauigkeit des Positionswertes 2, Bereich I	LSB <sup>2)</sup>	LSB <sup>2)</sup>	–	alle <sup>1)</sup>	–	Sicherheitstechnik
12		LSB <sup>2)</sup>	LSB <sup>2)</sup>	–	alle <sup>1)</sup>	–	Sicherheitstechnik
13	geschwindigkeits- bzw. drehzahl- abhängige Genauigkeit des Positionswertes 2, Bereich II	LSB <sup>2)</sup>	LSB <sup>2)</sup>	–	alle <sup>1)</sup>	–	Sicherheitstechnik
14		LSB <sup>2)</sup>	LSB <sup>2)</sup>	–	alle <sup>1)</sup>	–	Sicherheitstechnik
15	unterscheidbare Umdrehungen Positionswert 2 (nur bei Multiturn-Drehgebern)	–	–	MT	–	–	erforderlich für die korrekte Berechnung der Position
16	Drehrichtung des Positionswertes 2	–	–	alle <sup>1)</sup>	–	–	Sicherheitstechnik iL, iR
17-20	Messgerätbezeichnung	–	–	–	–	alle	–
21	Unterstützung von Anweisungen	–	–	–	–	–	derzeit noch nicht unterstützt nicht für Sicherheitstechnik
22	max. zulässige Gebertemperatur am Messpunkt	K	K	–	alle <sup>1)</sup>	–	–
23	max. zulässige Beschleunigung	m/s <sup>2</sup>	1/s <sup>2</sup>	–	alle <sup>1)</sup>	–	–
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 und Kabellängen
26	Anzahl der Bits für Positionsvergleich	–	–	–	alle <sup>1)</sup>	–	Sicherheitstechnik
27	Skalierungsfaktor Auflösung	–	–	alle <sup>1)</sup>	–	–	zur Berechnung des kleinsten Anzeigeschrittes (LSB)
28	Messschritt oder Messschritte pro Umdrehung bzw. Unterteilungswerte einer Teilungsperiode	–	–	alle <sup>1)</sup>	–	–	
29							
30	max. Geschwindigkeit bzw. Drehzahl für stetigen Codewert	m/min	min <sup>-1</sup>	–	alle <sup>1)</sup>	–	applikationsspezifisch, bei Messgeräten, die höhere mechanische als elektrische Drehzahlen erlauben (von der EIB nicht unterstützt)
31-33	Offset zwischen Positionswert und Positionswert 2	–	–	–	alle <sup>1)</sup>	–	Sicherheitstechnik
34	„Anzahl unterscheidbarer Umdrehungen“ mit Skalierungsfaktor	–	–	MT	–	–	erforderlich für korrekte Berechnung der Position
35	Unterstützung von Betriebszustandsfehlerquellen	–	–	–	alle	–	erweiterte EnDat-Fehlermeldung v. a. für batteriegepufferte Geräte
36-38	sicherheitsrelevante Messschritte	–	–	–	alle <sup>1)</sup>	–	Sicherheitstechnik
39-40	nicht sicherheitsrelevante Unterteilung der relativen Position	–	–	–	alle <sup>1)</sup>	–	Sicherheitstechnik
41-42	nicht sicherheitsrelevante Unterteilung der absoluten Position	–	–	–	alle <sup>1)</sup>	–	Sicherheitstechnik
43	Generierung einer Warnmeldung durch Grenzlagentheoretische Signale	–	–	–	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	–	Wird eine Re-Referenzierung unterstützt?
47	Unterstützung I/O	–	–	–	alle <sup>1)</sup>	–	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	–	–	–	–	–	–

<sup>1)</sup> außer Tastsystem

<sup>2)</sup> 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 Parameterwortes 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	
<b>Mode-Befehl</b>	Mode-Bits	MRS-Code bzw. Adresse	Parameter	Quittierung MRS-Code bzw. Adresse	Quittierung Parameter
<b>Auswahl des Speicherbereiches<sup>1)</sup></b>	„001 110“	MRS-Code	beliebig	MRS-Code	Beliebig
<b>Messgerät empfangt Parameter</b>	„011 100“	Adresse	Parameter	Adresse	Parameter
<b>Messgerät sendet Parameter</b>	„100 011“	Adresse	beliebig	Adresse	Parameter

<sup>1)</sup> 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  
Prinzipdarstellung eines Lesezugriffs mit EnDat 2.2 Mode-Befehlen:

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

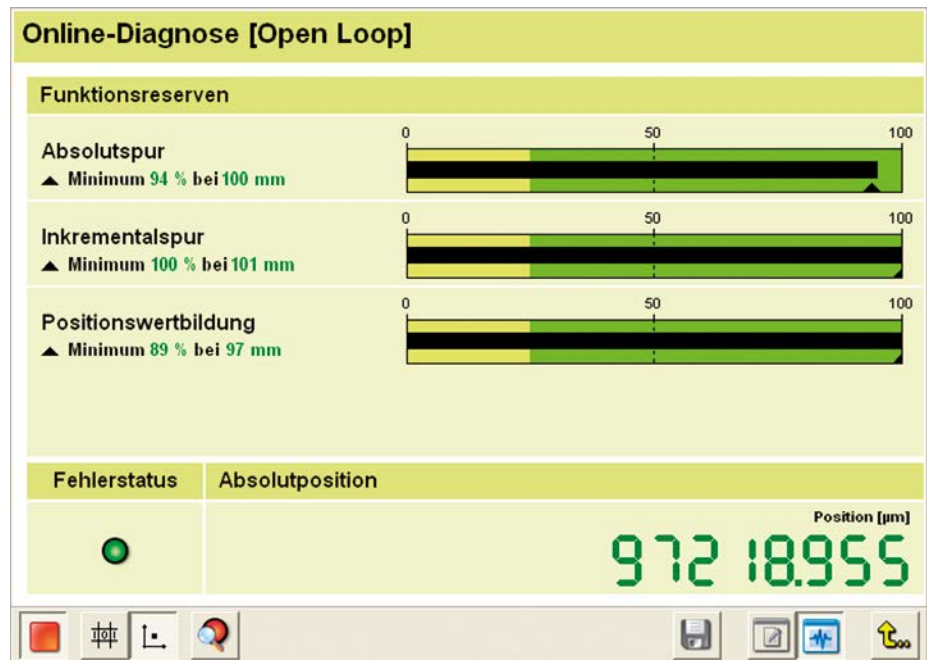
- Planbarkeit des Maschineneinsatzes
- Unterstützung des Servicetechnikers vor Ort
- einfache Beurteilung der Funktionsreserve des Messgeräts
- Vereinfachung der Fehlersuche im Reparaturfall
- Erstellung aussagekräftiger Qualitätsstatistiken

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

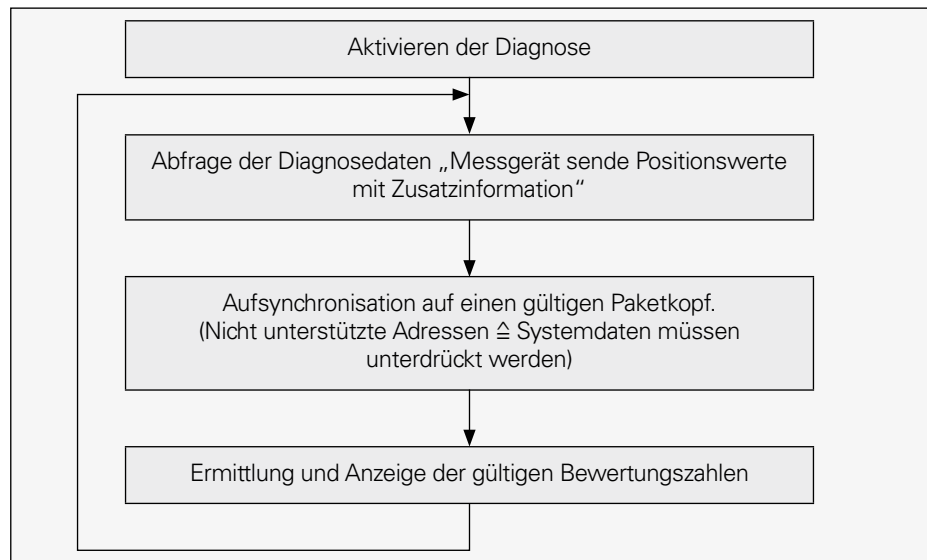
Bei Messgeräten mit rein seriellen Schnittstellen fehlen die Inkrementalsignale. Zur Bewertung der Funktionalität des Messgerätes können deshalb bei EnDat-2.2-Geräten so genannte **Bewertungszahlen** zyklisch aus dem Messgerät ausgelesen werden. Die Bewertungszahlen geben den aktuellen Zustand des Messgeräts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



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



Ablaufdiagramm zur Abfrage der Diagnosedaten (vereinfachte Darstellung; Details siehe *EnDat Application Note*).

Bestimmte induktive Drehgeber geben über die Diagnoseschnittstelle zusätzlich zur Onlinediagnose spezielle Informationen zum Anbau z. B. das Anbaumaß aus. Die Ausgabe der Anbauinformationen muss der OEM aktivieren und sollte sie nach Abschluss des Anbaus auch wieder deaktivieren. Weitere Details siehe *EnDat Application Note*.



# 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 Messgeräten mit batteriegepuffertem Umdrehungszähler.

*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 Diagnoseinformationen.

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 Temperaturschwelle, 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.

# 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.

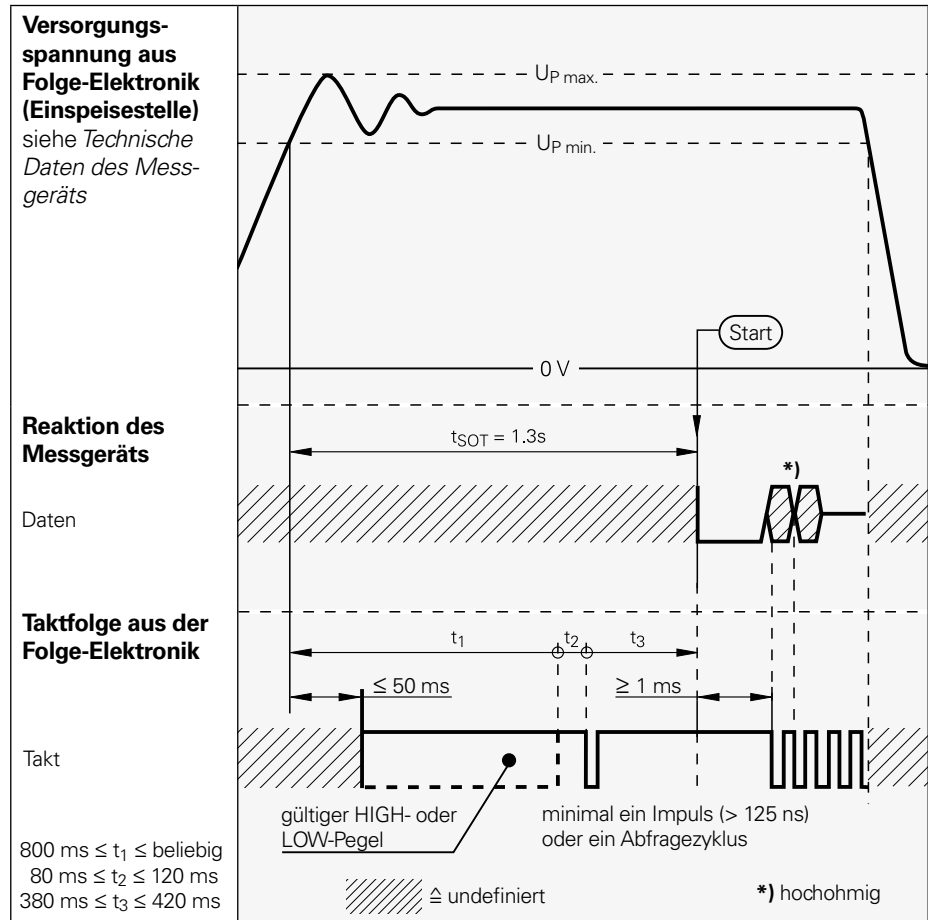
Für die Welligkeit der Gleichspannung gilt:

- 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.



Einschaltroutine (vereinfachte Darstellung, Details siehe *EnDat Application Note*)

# Verbindungstechnik

## Steckverbinder

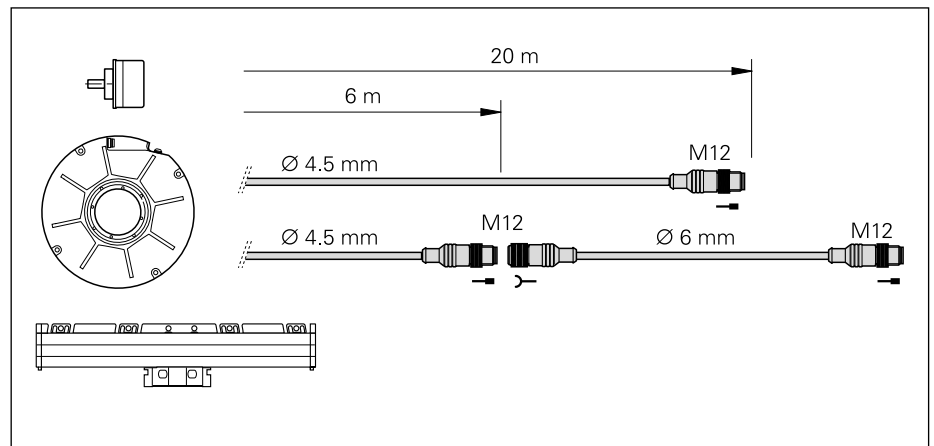
Bei den Messgeräten mit EnDat-2.2-Schnittstelle ohne Inkrementalsignale werden hauptsächlich 8-polige M12-Steckverbinder aber auch 9-polige M23 verwendet. Im industriellen Einsatz ist die Steckertechnik M12 weit verbreitet und bietet folgende Vorteile:

- kostenoptimierte Verbindungstechnik
- kleinere Abmessungen
- leichtere Durchführung in den Maschinen
- dünnere Verbindungskabel ( $\varnothing$  6 mm anstelle bisher 8 mm)
- höhere Zuverlässigkeit durch umspritzte Anschlusstechnik
- 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 ( $\varnothing \leq 4,5$  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 ( $\varnothing$  6 mm) realisiert.



## 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](http://www.endat.de)):

### EnDat Demotool Software

Die EnDat Demotool Software benötigt als Hardware-Basis ein PWM 20. 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 ( $\mu$ C) oder eines FPGA (Field Programmable Gate Array) bzw. ASIC erfolgen. Die Lösungen mit  $\mu$ C 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

### EnDat-Fehlerinjektor

Für Testzwecke kann die Simulation einer fehlerhaften Datenübertragung sinnvoll sein. Der EnDat-Fehlerinjektor ermöglicht dazu die Manipulation einer EnDat-Übertragung im geschlossenen Regelkreis. Als Basis für den Fehlerinjektor dient eine spezielle Version des PWM 20.

### Dokumentation

- EnDat-Spezifikation
- EnDat Application Note
- EnDat-Seminar
- FAQ und Implementierung unter [www.endat.de](http://www.endat.de)
- Technische Information *EnDat*
- Beschreibung des EnDat-Masterbausteins unter [www.mazet.de](http://www.mazet.de)

# Übersicht Messgeräte

Ein weiterer Vorteil der EnDat-Schnittstelle ist das breit gefächerte Angebot von Messgeräten. So können Drehgeber, Längen- und Winkelmessgeräte mit EnDat-Schnittstelle die unterschiedlichsten Applikationen in den Bereichen Werkzeugmaschine, Elektroindustrie und Automatisierung abdecken.

Weitere Informationen zu den Messgeräten in Bezug auf die EnDat 2.2-Schnittstelle, siehe „Messgeräte-Eigenschaften“ unter [www.endat.de](http://www.endat.de).

Absolute Messgeräte			Auflösung
Längenmessgeräte	LC 115/LC 415 <sup>1)</sup>	± 5 µm	10 nm
	LC 211 LIC 4000 LIC 4100 LIC 2100	± 3 µm	1 nm 10 nm 1 nm 1 nm bis 50 nm
Messtaster	AT 1200 AT 3000		0,023 µm 0,368 µm
Winkelmessgeräte	RCN 2000/RCN 5000 <sup>1)</sup>	± 5 " ± 2,5 "	26 Bit 28 Bit 29 Bit abhängig vom Durchmesser
	RCN 8000 <sup>1)</sup> ECA 4000		
Drehgeber optisch <i>Singleturn/Multiturn</i>	ECN 1113/EQN 1125 ECN 1123/EQN 1135 <sup>1)</sup> ECN 1313/EQN 1325 ECN 1325/EQN 1337 <sup>1)</sup> ECN 113 ECN 125 ECN 413/EQN 425 ECN 425/EQN 437 <sup>1)</sup> ECN 1013/EQN 1025 ECN 1023/EQN 1035 ROC 413/ROQ 425 ROC 425/ROQ 437 <sup>1)</sup> ROC 1013/ROQ 1023 ROC 1023/ROQ 1025		13/25 Bit 23/35 Bit 13/25 Bit 25/37 Bit 13 Bit 25 Bit 13/25 Bit 25/37 Bit 13/25 Bit 23/35 Bit 13/25 Bit 25/37 Bit 13/25 Bit 23/35 Bit
Drehgeber induktiv <i>Singleturn/Multiturn</i>	ECI 1319/EQI 1331 <sup>1)</sup> ECI 1118/EBI 1135 <sup>2)</sup> ECI 1119/EQI 1131 <sup>1)</sup> ECI 119/EBI 135 <sup>2)</sup>		19/31 Bit 18/35 Bit 19/31 Bit 19/35 Bit
Inkrementale Messgeräte			Auflösung
Längenmessgeräte	LIP 211		0,03125 nm
Magnetische Einbaumessgeräte	ERM 2410		integrierte 14 Bit Interpolation
HEIDENHAIN-Messgeräte mit 1-V <sub>SS</sub> -Ausgangssignalen	über EIB		

<sup>1)</sup> Versionen mit **Functional Safety** auf Anfrage

<sup>2)</sup> Multiturn-Funktion über batteriegepufferten Umdrehungszähler

## HEIDENHAIN

**DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH**

Dr.-Johannes-Heidenhain-Straße 5

83301 Traunreut, Germany

☎ +49 8669 31-0

☎ +49 8669 5061

E-mail: [info@heidenhain.de](mailto:info@heidenhain.de)

[www.heidenhain.de](http://www.heidenhain.de)

Mit Erscheinen dieser Technischen Information verlieren alle vorherigen Ausgaben ihre Gültigkeit. Für Bestellungen bei HEIDENHAIN maßgebend ist immer die zum Vertragsabschluss aktuelle Fassung der Technischen Information.

### Weitere Informationen:

- HEIDENHAIN-Messgeräte-Prospekte
- [www.endat.de](http://www.endat.de)
- Beschreibung des Master-Bausteines ([www.mazet.de](http://www.mazet.de))
- Detaillierte Schnittstellenspezifikation (auf Anforderung)

