



Technische Information

## EnDat 3: Bewährte Schnittstellentechnologie konsequent weiterentwickelt

EnDat ist die ideale Schnittstelle für digitale Antriebssysteme und Lageregelkreise mit Positionsmessgeräten zur Messwernerfassung. Denn EnDat gewährleistet eine schnelle Datenübertragung mit hoher Übertragungssicherheit. Darüber hinaus überträgt die serielle Schnittstelle weitere Daten wie antriebspezifische Kennwerte, Sensorikdaten etc. Die Einbindung der Messgeräte in Routinen zur Fehlererkennung und umfassende Diagnosemöglichkeiten sorgen für eine hohe Systemsicherheit.

Dank dieser Vorteile und Merkmale hat sich EnDat als Standard und weltweit anerkannte Schnittstelle für Positionsmessgeräte in den Applikationen Werkzeugmaschine, Elektronikindustrie und Automatisierung etabliert. Für die Hersteller von Maschinen und Anlagen steht ein breites Messgeräteportfolio verschiedener Hersteller mit unterschiedlichen Messprinzipien zur Wahl. Damit können sie immer das passende EnDat-Messgerät für die jeweilige Anwendung und die spezifischen Anforderungen nutzen.

EnDat 3 überführt die Eigenschaften und Vorteile von EnDat in die Zukunft einer digitalen Fertigung. Dafür setzt EnDat 3 auf eine neue Architektur, die Bewährtes weiterführt und bestmöglich die Durchgängigkeit und Kompatibilität zu den Vorgängerschnittstellen aufrecht erhält.

Neu bei EnDat 3 sind:

- Datenübertragung im Hybridkabel
- Bus-Topologien
- Sensorik: Flexibilität der Dateninhalte und Sensorbox
- Funktionale Sicherheit: Kommunikation nach dem Black Channel-Prinzip
- Höhere Datenbandbreite
- Definition von Sendelisten
- Systeminstallation: Einführung von Zugriffsebenen

**EnDat 3**

-  **Universell**
-  **Performant**
-  **Kommunikativ**
-  **Diagnosefähig**
-  **Sicher**



# EnDat 3: Zukunftsfähig für die digitale Fertigung

## Startschuss: EnDat 2.1

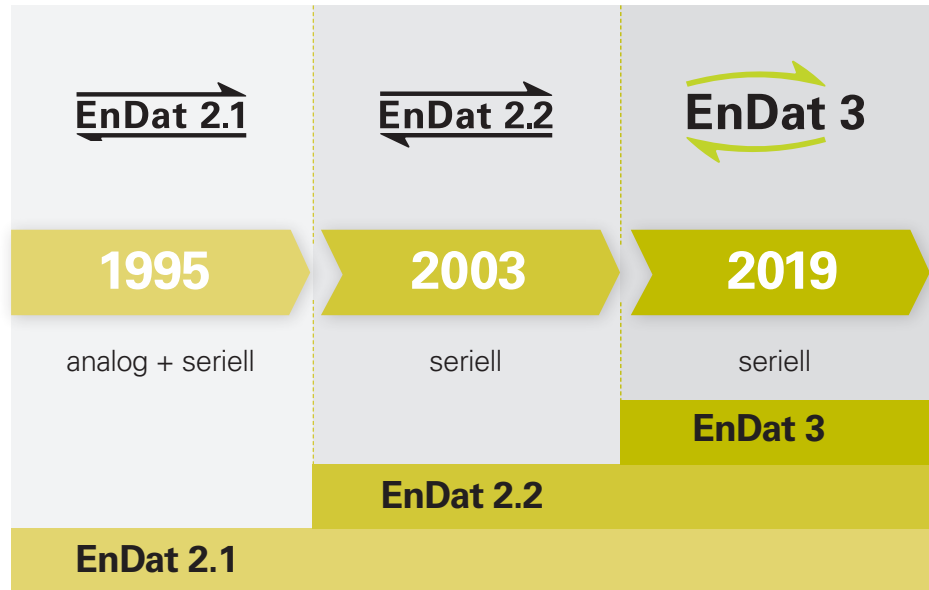
Die EnDat-Geschichte begann 1995 mit der Einführung von EnDat 2.1. Schon diese erste Version der EnDat-Schnittstelle ermöglichte:

- Automatische Systeminstallation
  - Elektronisches Typenschild
  - OEM-Speicher
  - Nullpunktverschiebung
- Alarm- und Warnmeldungen

## Rein seriell: EnDat 2.2

Mit der Einführung von EnDat 2.2 im Jahr 2003 wurde die Schnittstelle auf eine rein serielle Datenübertragung umgestellt. Dabei wurde großer Wert auf Durchgängigkeit und Kontinuität zur Vorgängerversion gelegt. Mit EnDat 2.2 kamen neue Funktionen hinzu in den Bereichen:

- Funktionale Sicherheit
- Temperatursensorik
- Online-Diagnose – Funktionsreserve
- Hybridkabel-Technik HMC 6
- Unterstützung weiterer Messgeätetypen, z. B. mit Batteriepufferung



## Zukunftsfähig: EnDat 3

Mit EnDat 3 kommt eine neue Schnittstellengeneration auf den Markt, die die Eigenschaften der EnDat-Familie konsequent für die digitale Zukunft der industriellen Fertigung erweitert und weiterentwickelt:

### Universell

- Breites Messgeräteportfolio verschiedener Hersteller
- Einfache Verkabelung
  - Hybridkabel-Technik HMC 2
  - Bus-Betrieb
  - Einbindung von Sensorboxen
- Einbindung von Zusatzsensorik
  - Messgeräteintegrierte Sensorik
  - Externe Sensorik

### Performant

- Kurze Zykluszeiten
  - 15 µs sind bei gleichzeitig sehr geringem Jitter der Positionserfassung erreichbar
- Hohe Bandbreite
  - 12,5 MBit/s bei 100 m bzw. 25 MBit/s bei 40 m Kabellänge

### Kommunikativ

- Übertragung von Positionswerten und Sensordaten
  - Sendelisten erlauben eine Vordefinition der Kommunikation für verschiedene Betriebsfälle
  - Zugriff auf den Messgerätespeicher im laufenden Regelbetrieb
- Umfangreiches System-Monitoring für Industrie 4.0
  - Automatische Systeminstallation und Diagnose
  - Sensorikdaten

### Diagnosefähig

- Elektronisches Typenschild für automatische Systeminstallation
  - Daten für Messgerät – Motor – Anlage
- Online-Diagnose der Messgeräte
  - Zusammen mit weiteren Sensordaten Basis für Condition Monitoring und Predictive Maintenance
- Ablage von Betriebszustandsdaten
  - Ablage durch die Folge-Elektronik
  - Erfassung durch das Messgerät

### Sicher

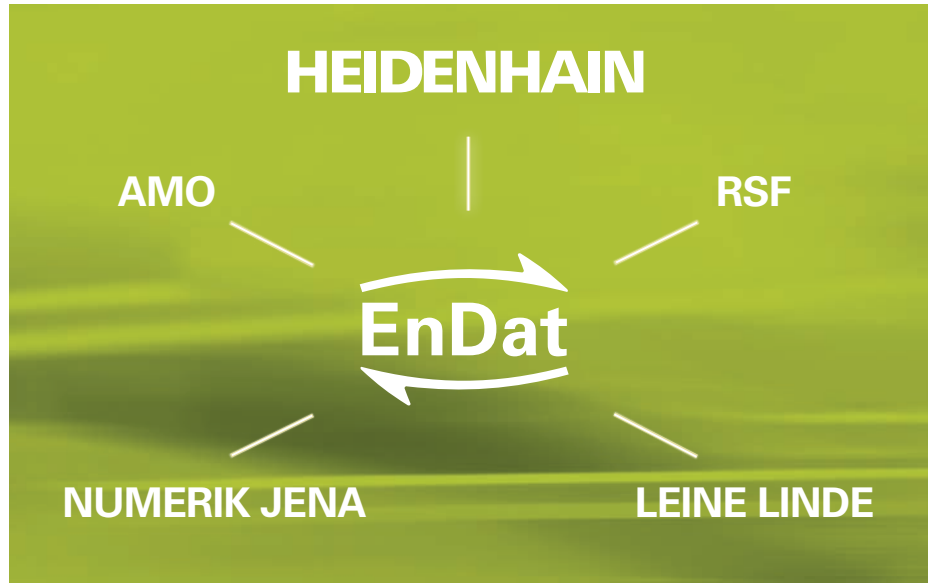
- Für sicherheitsgerichtete Anwendungen bis SIL 3
  - Kommunikation nach dem Black Channel-Prinzip
  - Einfache Implementierbarkeit durch Trennung der Daten für Motion- und Safety-Controller



Ein breit gefächertes Messgeräteprogramm mit EnDat 2.2-Schnittstelle sorgt dafür, dass für jede Applikation auch das bestgeeignete Messgerät zur Verfügung steht:

- Messgeräte mit unterschiedlichen Mess- und Abtastverfahren
  - Absolut, inkremental
  - Photoelektrisch, induktiv, magnetisch
  - Singleturn, Multiturn mit Getriebe, Multiturn batteriegepuffert
- Messgeräte mit anbaukompatiblen Lösungen

Für EnDat 3 wird das Produktprogramm entsprechend ausgebaut.



**Die Schwerpunktbranchen, für die EnDat entwickelt wurde und jetzt EnDat 3 weiterentwickelt wird, profitieren vor allem von folgenden Merkmalen:**

#### Automatisierung

- Hybridkabel HMC 2
- Busbetrieb
- Sensorintegration (z. B. einfache Anbindung des Temperatursensors im Servomotor mit Auswahl der Auswertekennlinie für KTY 84-130 bzw. PT 1000)
- Erfassen und Speichern von Betriebszustandsdaten
- Systeminformation für die automatische Inbetriebnahme
- Diagnosefähigkeit
- Funktionale Sicherheit

#### Werkzeugmaschine

- Mechanisch robuste Verkabelung
- Einbindung von komplexer Sensorik und Sensorboxen
- Multidimensionale Messtechnik
- Systeminformation für automatische Inbetriebnahme
- Diagnosefähigkeit
- Funktionale Sicherheit

#### Elektronikindustrie

- Gewichtsreduktion durch dünnere Kabel und Busbetrieb
- Multidimensionale Messtechnik
- Systeminformation für automatische Inbetriebnahme
- Diagnosefähigkeit



Zusammen mit dem breiten Portfolio an Messgeräten erlauben die Eigenschaften der EnDat-Schnittstelle eine Umsetzung von flexiblen Maschinenkonzepten mit zukunftsfähiger Technologie.

# EnDat 3: Basis-Features im Überblick

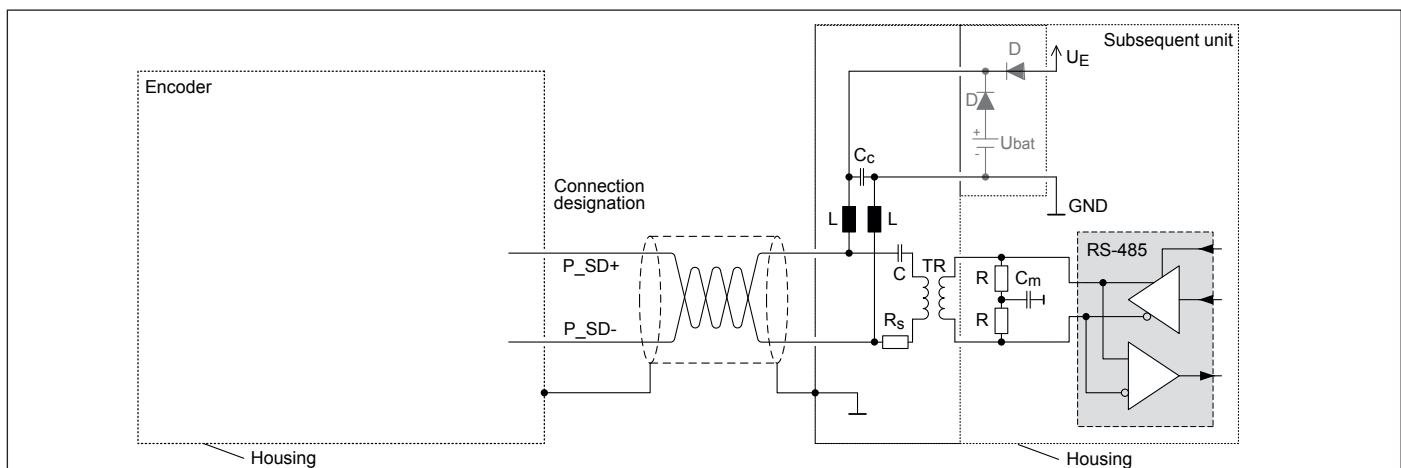
Schnittstelle	
Protokoll	Request-Response-Verfahren im Halbduplex
Physik	RS-485: 4-Adern oder 2-Adern
Datenrate	12,5 MBit/s (25 MBit/s)
Kabellänge	max. 100 m bei 12,5 MBit/s / max. 40 m bei 25 MBit/s
HPF-Sendezeit (Verfügbarkeit der Position im Master)	typ. 10 $\mu$ s
Zykluszeit	typ. > 25 $\mu$ s
Bus-Betrieb	Daisy-Chain
Funktionale Sicherheit	ausgelegt bis SIL 3, Kommunikation nach dem Black Channel-Prinzip

Funktionen	
Diagnose	für Condition Monitoring und Predictive Maintenance
Systeminformationen	automatische Inbetriebnahme und Ablage von Betriebszustandsdaten
Zugriffssteuerung	Benutzer-Authentifizierung für z. B. Nullpunktverschiebung, OEM-Speicher

## Bestellbezeichnungen

Die Bestellbezeichnung definiert grundlegende Eigenschaften der Kommunikation

Unterstützte Kommunikationsarten	E30-R2	E30-R4	E30-RB
EnDat 3: Kommunikation auf Versorgungsadern aufmoduliert	✓	–	–
EnDat 3: Kommunikation + separate Versorgungsadern (4 Adern)	–	✓	✓
EnDat 3: Busbetrieb	–	–	✓
Einbindung Sensorbox	–	✓	✓



Blockschaltbild 2-wire

# EnDat 3: Kommunikation

Die Schnittstelle benötigt für die Kommunikation zwei Adern. In der Regel werden bei EnDat 3 zwei weitere Adern für die Spannungsversorgung des Messgeräts verwendet. Die Gleichanteilsfreiheit des digitalen Datenstroms erlaubt es, die Kommunikation auf die Versorgungsadern zu modulieren und damit die Anzahl der Adern für bestimmte Anwendungen (z. B. Hybrid-Motorkabel) auf insgesamt zwei Adern zu reduzieren. Die EnDat 3-Schnittstellenspezifikation folgt einem an OSI orientierten Schichtenmodell.

Die Messgeräteseite der Schnittstelle wird als Slave bezeichnet, die Seite der Folge-Elektronik als Master. Die Kommunikation erfolgt im Halbduplexverfahren. Ein Kommunikationszyklus besteht aus einem Request des Masters und einer darauffolgenden Response des Slaves. Des Weiteren ist die Kommunikation zwischen Master und Slave in zwei Bereiche unterteilt, die Foreground-Kommunikation und die Background-Kommunikation.

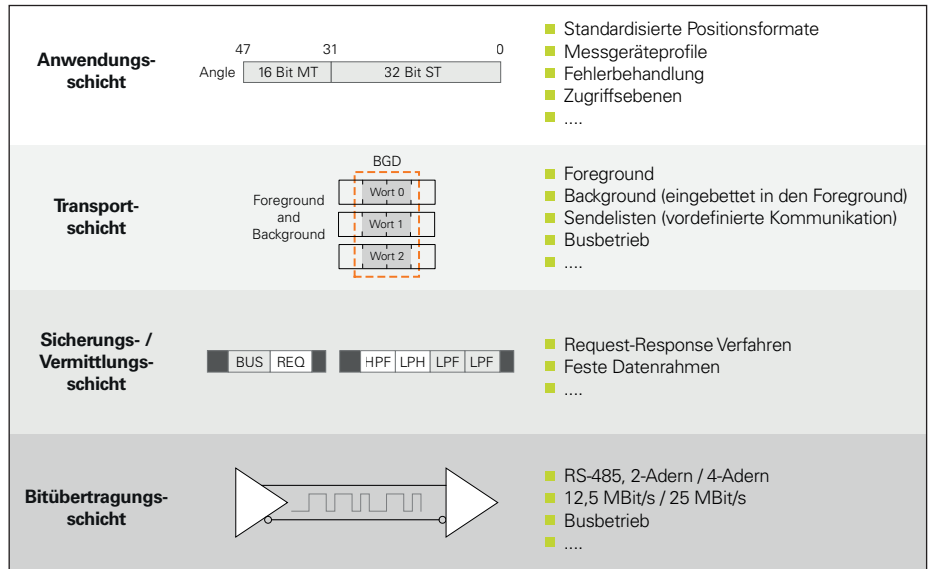
## Foreground-Kommunikation

Die Foreground-Kommunikation ist für Daten vorgesehen, die im Kommunikationszyklus (z. B. Reglertakt) zur Verfügung stehen sollen.

Request und Response sind in Frames mit fester Länge strukturiert. Sie werden jeweils von einer Preamble (PRE) eingeleitet und von einer Postamble (POST) abgeschlossen. Über den Request REQ wird die Kommunikation mit dem Messgerät gesteuert bzw. werden bestimmte Aktionen im Messgerät (z. B. Löschen von Fehlermeldungen etc.) ausgelöst. Der REQ bestimmt damit auch die Inhalte der Response. Unabhängig vom Inhalt des REQ gliedert sich die Response nach der zeitlichen Abfolge in hochpriorie und niederpriorie Daten.

Die Response enthält:

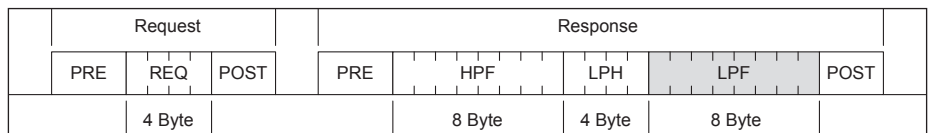
- Einen HPF (High Priority Frame)  
Der HPF überträgt typischerweise die Position des Messgeräts. Je nach Messgerät können auch andere Informationen definiert werden, die im HPF übertragen werden
- Einen LPH (Low Priority Header)  
Der LPH enthält Statusinformationen über die folgenden Dateninhalte. Er überträgt auch Informationen zur Anzahl der übertragenen LPF und zur Sendeliste. Die Sendeliste beschreibt die zeitliche Abfolge der LPF in den einzelnen Kommunikationszyklen
- Optional bis zu 15 LPF (Low Priority Frames)  
Die LPF übertragen Zusatzinformationen wie z. B. Diagnosewerte, Sensorinformationen oder redundante Informationen für die Funktionale Sicherheit



Schichtenmodell der EnDat 3-Kommunikation

Die LPF bei EnDat 3 sind eine Erweiterung des Konzepts der Zusatzinformationen bei EnDat 2.2. Die Umschaltung zwischen verschiedenen LPF erfolgt nach einer vorher im Speicher des Messgeräts konfigurierten Sendeliste und bedarf keines Eingriffs durch die Folge-Elektronik im Reglertakt. Die Konfiguration der Sendeliste erfolgt entweder flüchtig nach jedem Neustart oder dauerhaft im permanenten Speicher des Messgeräts. Im laufenden Betrieb bestimmt die Sendeliste, welche LPF von Zyklus zu Zyklus in der Response enthalten sind. Es können bis zu acht verschiedene Sendelisten im Speicher abgelegt werden. Die Art des Request bestimmt, welche Sendeliste aktiv ist, und erlaubt damit eine schnelle und flexible Reaktion der Folge-Elektronik auf verschiedene Betriebszustände.

Im Folgenden ist ein Kommunikationszyklus exemplarisch dargestellt. Ein vollständiger Zyklus enthält immer die weiß gekennzeichneten Teile; optional sind zusätzlich bis zu 15 LPF (grau gekennzeichnet) möglich. Die Protokollinhalte REQ, HPF, LPH und die einzelnen LPF sind jeweils über einen CRC (Cyclic Redundancy Check) abgesichert.



Kommunikationszyklus

## Background-Kommunikation

Zusätzlich gibt es Aufgaben mit einer niedrigeren zeitlichen Anforderung, z. B. Lesen und Schreiben des Messgerätespeichers. Für diese Aufgaben ist bei EnDat 3 ein Background-Kanal definiert. Die Background-Kommunikation ist eingebettet in die Foreground-Kommunikation und benutzt deren Frames (REQ, LPH, LPF) als Transportcontainer. Damit erlaubt der Background-Kanal z. B. ein Lesen und Schreiben des Messgerätespeichers im Reglertakt. Allerdings gibt es für den Background-Kanal keine Echtzeitanforderungen.

## Busbetrieb

Für spezielle Applikationen bietet EnDat 3 neben dem Punkt-zu-Punkt Betrieb die Möglichkeit einer Kommunikation im Busbetrieb. Dann wird der Request um einen Bus Request Frame vor dem normalen Request Frame erweitert. Dadurch können Responses mehrerer Teilnehmer in einem Kommunikationszyklus erfolgen.



### Weitere Informationen:

- EnDat 3 Schnittstellenspezifikation

# EnDat 3: Kommunikation

## Funktionale Sicherheit

EnDat unterstützt grundsätzlich den Einsatz von Messgeräten in sicherheitsgerichteten Applikationen. Dazu werden die Normen DIN EN ISO 13849-1 (Nachfolger der EN 954-1) sowie EN 61508 und EN 61800-5-2 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.

Die Basis der Funktionalen Sicherheit mit EnDat 3-Messgeräten für Applikationen bis SIL 3 bilden folgende Faktoren:

- Positionswert
  - Zwei unabhängige Positionswerte Pos1 (hochaufgelöst) und Pos2 (ggf. niedriger aufgelöst)
  - Vergleich von Pos1 und Pos2 durch die Sichere Steuerung (Safe CU)
- Zwangsdynamisierung
  - Zyklischer Test der Überwachungsfunktion im Messgerät
- Fehlermeldungen
  - Überwachung der Fehlerbits F1 und F2
- Ein sicherer EnDat Master wird nicht benötigt (Black Channel) und ist damit nicht Bestandteil der Sicherheitskette
- Trennung der Kommunikation zum Motion Controller und zur Sicheren Steuerung (Safe CU), z. B. getrennte Fehlermeldungen

*Zusammengefasst heißt das:*

Einfache Implementierbarkeit durch den Black Channel-Ansatz in Kombination mit standardisierten Positionsformaten und der Verlagerungsmöglichkeit der Zwangsdynamisierung in das Messgerät.

## Diagnose

Über EnDat ist eine weitgehende Überwachung und Diagnose des Messgerätes ohne zusätzliche Leitung möglich. Die Diagnose generiert Bewertungszahlen, Fehlermeldungen und Warnungen und gilt als wesentliche Voraussetzung für die hohe Verfügbarkeit des Gesamtsystems.

Entscheidende Faktoren sind:

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

Zur Bewertung der Funktionalität des Messgerätes können bei EnDat-Geräten sogenannte Bewertungszahlen zyklisch aus dem Messgerät ausgelesen werden. Die Bewertungszahlen geben den aktuellen Zustand des Messgeräts wieder und bestimmen die Funktionsreserve eines Messgeräts. Ihre Skalierung ist für alle HEIDENHAIN-Messgeräte identisch. Damit ist eine durchgängige Bewertung möglich. Zusammen mit weiteren Sensordaten bilden die Funktionsreserven die Basis für Condition Monitoring und Predictive Maintenance durch die übergeordnete Folgeelektronik.

## Systeminformationen

Systeminformationen, also das sogenannte elektronische Typenschild, stehen über EnDat sowohl zum Messgerät als auch zum System zur Verfügung:

- Die Messgeräte-Parameter, also alle zur Inbetriebnahme notwendigen Parameter des Messgeräts, sind im Messgerät gespeichert.
- Systemparameter können vom OEM bzw. Anlagenbauer im Speicher des Messgeräts abgelegt werden. Die Zugangsbereiche können über Passwörter geschützt werden.
- Zustandsdaten des Systems oder des Prozesses, die sogenannten Betriebszustandsdaten, können im Regelbetrieb im Messgerät abgelegt werden. Betriebszustandsdaten kann das Messgerät auch selbstständig erfassen.

## Zugriffssteuerung

Speicherbereiche können durch die entsprechende Benutzer-Authentifizierung auf verschiedenen Ebenen geschützt werden. Als Zugriffsebenen stehen OEM1, OEM2 und Benutzer zur Verfügung. Die Authentifizierung erfolgt über ein 32-Bit-Passwort. Bei Auslieferung sind OEM1, OEM2 und Benutzer offen und können durch verschiedene Passwörter geschützt werden.

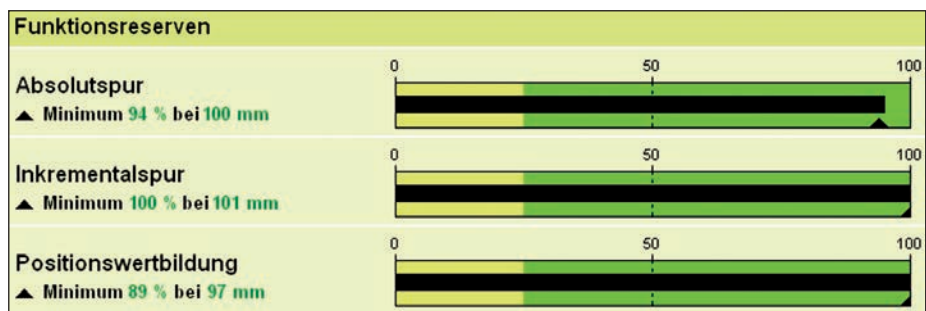
Außerdem können Single- und Multiturninformationen unabhängig voneinander eingestellt und geschützt werden. Typische Anwendungen sind:

- OEM1 (Motorenhersteller): Singleturn ist eingestellt und OEM1-Speicher wird beschrieben. Dafür ist ein Passwort festgelegt, der OEM1-Bereich ist geschützt
- OEM2 (Maschinenhersteller): Multiturn ist eingestellt und OEM2-Speicher wird beschrieben. Dafür ist ein separates Passwort festgelegt, der OEM2-Bereich ist geschützt
- Benutzer (Kunde): Benutzer-Speicher kann beschrieben werden. Dafür ist ein separates Passwort festgelegt, der Benutzer-Bereich ist geschützt



### Weitere Informationen:

- EnDat 3 Anwendungsbedingungen Funktionale Sicherheit



Beispielhafte Darstellung der Funktionsreserve

# EnDat 3: Verbindungstechnik

Bei Messgeräten mit rein serieller EnDat-Schnittstelle werden hauptsächlich 8-polige M12-Steckverbindungen, aber auch 9-polige M23-Steckverbindungen verwendet. Diese weitverbreitete Steckertechnik bietet viele Vorteile:

- Kostentoptimierte Verbindungstechnik
- Kleinere Abmessungen der Stecker und dünnere Verbindungskabel

EnDat 3 bietet durch die reduzierte Anzahl von Adern weitere Möglichkeiten, die Verbindungstechnik zu miniaturisieren bzw. optimal an die Anforderungen der Applikation anzupassen.

## Kabel

Hohe Übertragungsfrequenzen 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. Daher empfehlen wir HEIDENHAIN-Kabel zu verwenden.

## 4-Ader-Technik

In der 4-Ader-Variante versorgt der Master auf einem Adernpaar das Messgerät und kommuniziert über ein zweites Adernpaar mit dem Messgerät.

## 2-Ader-Technik (HMC 2)

Die 2-Ader-Variante erfordert im Vergleich zur 4-Ader-Variante zusätzlich Hardware. Bei der 2-Ader-Variante versorgt die Folge-Elektronik auf einem einzigen Adernpaar das Messgerät und kommuniziert auf demselben Adernpaar mit dem Messgerät. Dazu werden Messgeräteversorgung und Datenstrom mit einer Frequenzweiche auf Master-Seite und mit einer Frequenzweiche auf Slave-Seite voneinander getrennt.

## 4-Ader-Bus im Daisy-Chain-Betrieb

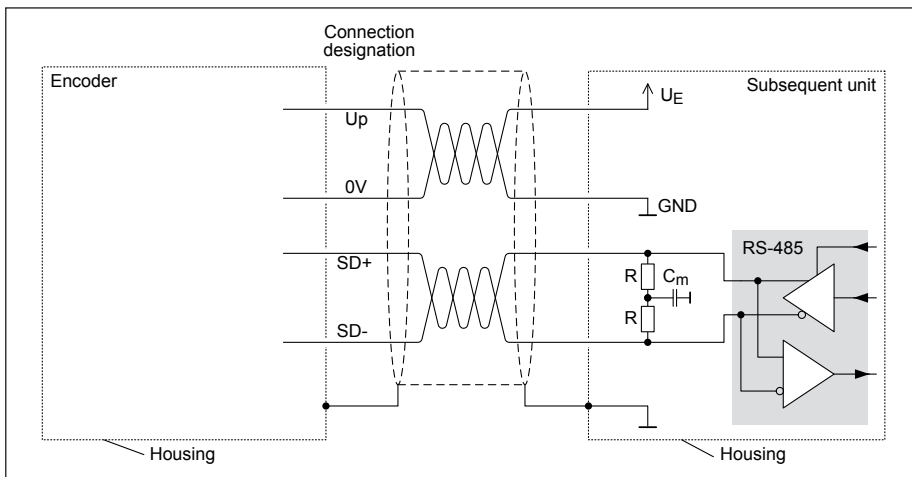
Mit der Variante 4-Ader-Bus im Daisy-Chain-Betrieb können Messgeräte an einem Daisy-Chain-Bus betrieben werden. Im Vergleich zur 4-Ader-Variante wird bei der Variante 4-Ader-Bus im Daisy-Chain-Betrieb ein zusätzlicher Sende- und Empfangszweig (Transceiver) im Messgerät benötigt. Der zusätzliche Sende- und Empfangszweig stellt die Datenverbindung zum nachfolgenden Messgerät im Bus her. Die Variante 4-Ader-Bus im Daisy-Chain-Betrieb unterstützt auch die 4-Ader-Variante.

## Sensorbox

Bei der 4-Ader-Variante kann eine Sensorbox eingeschleift werden.

## Spannungsversorgung

Bei Versorgungsspannung und Leistungsaufnahme sind die Vorgaben des jeweiligen Messgeräts einzuhalten. Für Messgeräte mit EnDat 3-Schnittstelle wird eine Versorgungsspannung von 12 V ( $\pm 5\%$ ) empfohlen.



Blockschaltbild 4-wire



Ein-Kabel-Lösung HMC 2:  
Standardkomponenten für eine sichere  
Verbindung



### Weitere Informationen:

- EnDat 3 Hardware-Spezifikation
- Prospekt *Kabel- und Steckverbinder*
- Produktinformation *HMC 6*
- Produktinformation *HMC 2*

# Das Produktprogramm mit EnDat 3-Schnittstelle

## Drehgeber und Verbindungstechnik zur Markteinführung:

- Induktive Drehgeber ECI/EQI 1100 für kleine Motoren
- Induktive Drehgeber ECI/EQI 1300 für größere Motoren
- Hybrid-Motorkabel HMC 2 mit M12- oder M23-Stecker



## HEIDENHAIN

**DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH**

Dr.-Johannes-Heidenhain-Straße 5

**83301 Traunreut, Germany**

☎ +49 8669 31-0

FAX +49 8669 32-5061

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

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



### Weitere Informationen zur Implementierung:

Der Implementierungsleitfaden gibt eine Übersicht, welche Dokumente oder Dokumenteninhalte für welche Leser gedacht sind und welche Hilfsmittel für die Implementierung zur Verfügung stehen.

Folgende Spezifikationen zu EnDat 3 senden wir Ihnen auf Wunsch gerne zu:

- EnDat 3 Schnittstellenspezifikation
- EnDat 3 Hardware-Spezifikation
- EnDat 3 Anwendungsbedingungen Funktionale Sicherheit
- EnDat 3 Master-Anleitung
- EnDat 3 Application Notes

Den Implementierungsleitfaden und ein Anfrageformular für die weiteren Spezifikationen finden Sie auf [www.endat.de](http://www.endat.de)