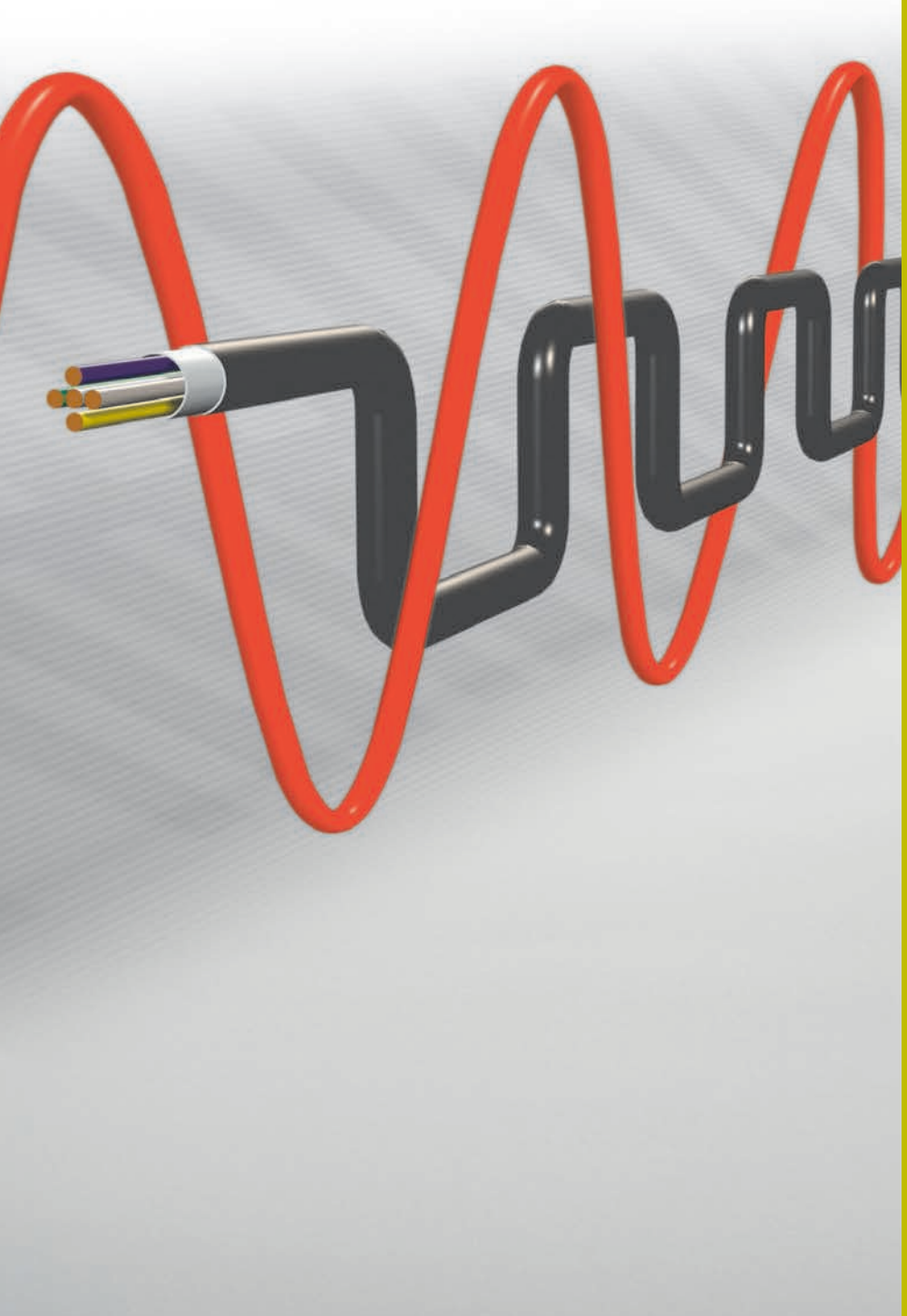
HEIDENHAIN



Schnittstellen

von HEIDENHAIN-
Messgeräten

12/2021

Schnittstellen

Schnittstellen als definierte Übergänge zwischen Messgeräten und nachfolgenden Elektroniken gewährleisten einen sicheren Informationsaustausch.

HEIDENHAIN bietet Messgeräte mit Schnittstellen für viele gängige nachfolgende Elektroniken an. Welche Schnittstelle möglich ist, hängt u. a. vom Messverfahren ab, nach dem das Messgerät arbeitet.

Hinweis
Sondergeräte können andere Schnittstelleneigenschaften, z. B. Schirmung, aufweisen.

Messverfahren
Beim **inkrementalen Messverfahren** wird die Positionsinformation **durch Zählen** der einzelnen Inkremente (Messschritte) von einem beliebig gesetzten Nullpunkt aus gewonnen. Da zum Bestimmen von Positionen ein absoluter Bezug erforderlich ist, wird zusätzlich ein Referenzmarkensignal ausgegeben. Messgeräte, die nach dem inkrementalen Messverfahren arbeiten, geben in aller Regel **Inkrementalsignale** aus. Manche inkrementale Messgeräte mit integrierten Signalkonvertern verfügen über eine Zählerfunktion: Mit Überfahren der Referenzmarke wird ein absoluter Positionswert gebildet und über eine serielle Schnittstelle ausgegeben.

Beim **absoluten Messverfahren** wird die absolute Positionsinformation direkt **aus der Teilung der Maßverkörperung** gewonnen. Der Positionswert steht unmittelbar nach dem Einschalten des Messgeräts zur Verfügung und kann jederzeit von der nachfolgenden Elektronik abgerufen werden.

Messgeräte, die nach dem absoluten Messverfahren arbeiten, geben **Positionswerte** aus. Manche Schnittstellen liefern zusätzlich Inkrementalsignale.

Absolute Messgeräte erfordern keine Referenzfahrt, vorteilhaft vor allem bei verketteten Anlagen, Transferstraßen oder Maschinen mit mehreren Achsen. Außerdem bieten sie eine hohe Robustheit gegen EMV-Störungen.

Signalkonverter
Die Signalkonverter von HEIDENHAIN ermöglichen eine flexible Anpassung der Schnittstellen von Messgerätesignalen an die Anforderungen Ihrer Applikation. Applikationsabhängig werden zusätzliche Signale wie z. B. Temperatursensoren verarbeitet und an die nachfolgende Elektronik übermittelt.

Weitere Informationen:
- *www.heidenhain.de/produkte/signalkonverter*
- Prospekt *Kabel und Steckverbinder*

Mit Erscheinen dieses Prospekts verlieren alle vorherigen Ausgaben ihre Gültigkeit. Für die Bestellung bei HEIDENHAIN maßgebend ist immer die zum Vertragsabschluss aktuelle Fassung des Prospekts.

Normen (EN, ISO, etc.) gelten nur, wenn sie ausdrücklich im Prospekt aufgeführt sind.

Inhalt

Serielle Datenübertragung				
	serielle Schnittstellen	**EnDat**	bidirektionale Schnittstelle	mit Inkrementalsignalen **4**
				ohne Inkrementalsignale
		Siemens	firmenspezifisch	ohne Inkrementalsignale **11**
		Fanuc	firmenspezifisch	ohne Inkrementalsignale
		Mitsubishi	firmenspezifisch	ohne Inkrementalsignale
		Yaskawa	firmenspezifisch	ohne Inkrementalsignale
		Panasonic	firmenspezifisch	ohne Inkrementalsignale
		PROFIBUS-DP	Feldbus	ohne Inkrementalsignale **12**
		PROFINET IO	Ethernet basierter Feldbus	ohne Inkrementalsignale **14**
		SSI	synchron serielle Schnittstelle	mit Inkrementalsignalen **16**
Inkrementalsignale				
	sinusförmige Signale	**1 V_{SS}**	Spannungssignale, hochinterpolierbar	**18**
		11 μA_{SS}	Stromsignale, interpolierbar	**21**
	Rechtecksignale	**TTL**	RS 422 typ. 5 V	**22**
		HTL	typ. 10 V bis 30 V	**25**
		HTLs	typ. 10 V bis 30 V ohne inverse Signale	
Sonstige Signale				
	Kommutierungssignale	**Blockkommutierung**		**27**
		Sinuskommutierung		**28**
	Limit/Homing	**Limit-Schalter**		**29**
		Lage-Erkennung		**30**
Weitere Informationen				
	Signalkonverter			**32**
	Diagnose, Prüf- und Testgeräte			**34**
	Messprinzipien			**38**
	Allgemeine Elektrische Hinweise			**39**
	Kabellängen			**41**

EnDat 3 – Bewährte Schnittstellentechnologie konsequent weiterentwickelt

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 aufrechterhält.

EnDat 3 Merkmale:
- 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

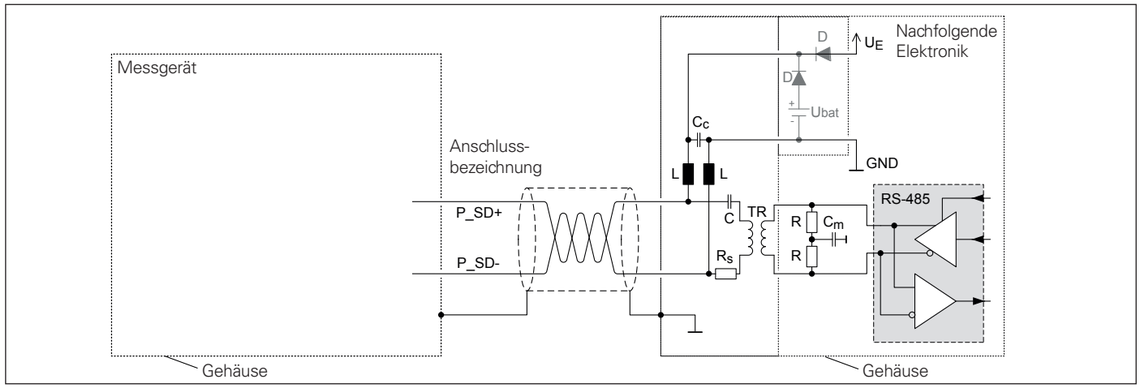
Schnittstelle	
Protokoll	Request-Response-Verfahren im Halbduplex
Physik	RS-485: 4-Adern oder 2-Adern
Datenrate	12,5 Mbit/s (25 Mbit/s)
Kabellänge	max. 100 m bei 12,5 Mbit/s / max. 40 m bei 25 Mbit/s
HPF-Sendezeit (Verfügbarkeit der Position im Master)	typ.10 µs (der Parameter XEL.timeHPFout gibt die Zeitspanne zwischen der Bildung des Positionswerts (Latch) und dem Senden des vollständigen HPF an – ohne Kabeleinflüsse)
Zykluszeit	typ. > 25 µs
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	–	✓	✓

Weitere Informationen:
www.endat.de

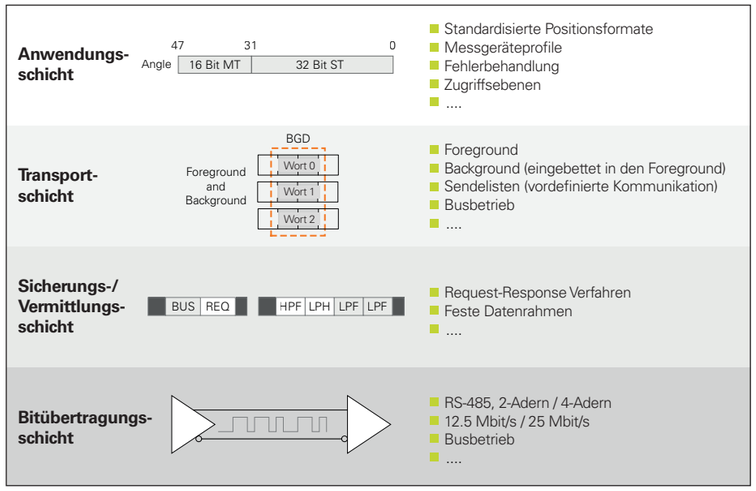


Blockschaltbild 2 Adern

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 nachfolgenden 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.



Schichtenmodell der EnDat 3-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 hochpriore und niederpriore Daten.

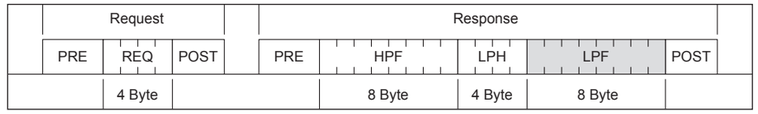
Die Response enthält:
- Einen HPF (High Priority Frame)
  Der HPF überträgt typischerweise die Position des Messgeräts. Je nach Messgerät können auch andere Informationen definiert werden, die im HPF übertragen werden
- Einen LPH (Low Priority Header)
  Der LPH enthält Statusinformationen über die folgenden 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

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 nachfolgende 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 nachfolgenden 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.

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.



Kommunikationszyklus

Weitere Informationen:
- EnDat 3 Schnittstellenspezifikation
- *www.endat.de*

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.

Weitere Informationen:
- EnDat 3 Anwendungsbedingungen Funktionale Sicherheit
- *www.endat.de*

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.

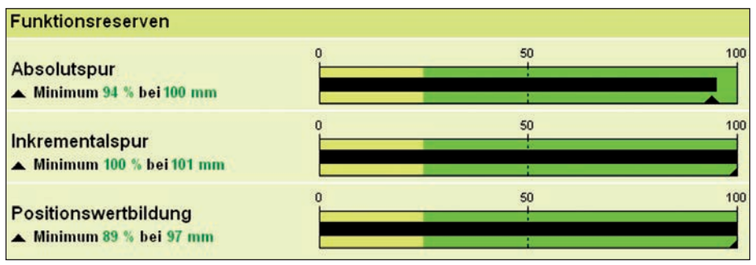
Entscheidende Faktoren sind:
- Planbarkeit des Maschineneinsatzes
- Unterstützung des Servicetechnikers vor Ort
- Einfache Beurteilung der Funktionsreserve des Messgeräts
- Vereinfachung der Fehlersuche im Reparaturfall
- Erstellung aussagekräftiger Qualitätsstatistiken

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 nachfolgende Elektronik.

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



Beispielhafte Darstellung der Funktionsreserve

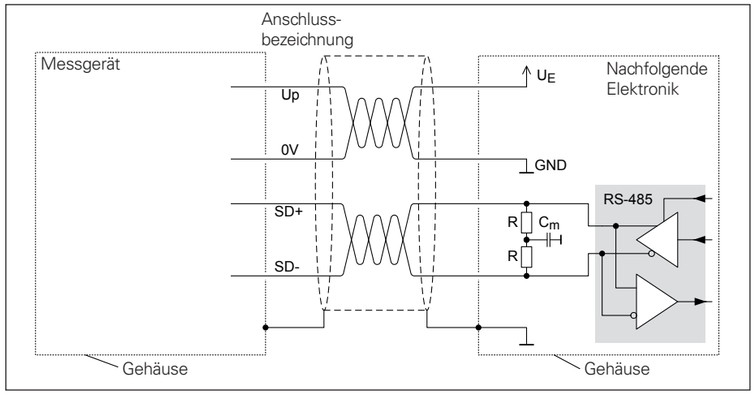
Verbindungstechnik

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:
- Kostenoptimierte 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.



Blockschaltbild 4-wire

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 nachfolgende 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 (±5 %) empfohlen.

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*
- *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 abzulegen. Aufgrund der **seriellen Datenübertragung** sind **4 Signalleitungen** ausreichend. Die Daten werden **synchron** zu dem von der nachfolgenden Elektronik vorgegebenen Taktsignal übertragen. Die Auswahl der Übertragungsart (Positionswerte, Parameter, Diagnose ...) erfolgt mit Mode-Befehlen, welche die nachfolgende Elektronik an das Messgerät sendet. Bestimmte Funktionen sind nur mit EnDat 2.2-Mode-Befehlen verfügbar.

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 ∿ 1 V_{SS}, TTL, HTL (siehe jeweilige *Inkrementalsignale*)

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 Befehlssätzen 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).

Bestellbezeichnungen
Die Bestellbezeichnungen definieren die zentralen Technischen Daten 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 nachfolgende 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 Inkrementalsignalen HTL
- EnDatT mit Inkrementalsignalen 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

Anmerkungen zu EnDatH/EnDatT:
Für die Angabe des Interpolationsfaktors, mit dem die internen Inkrementalsignale ausgegeben werden, wird ein Buchstabe an die Bestellbezeichnung angehängt:
- *a* 2fache Interpolation
- *b* ohne Interpolation
- *c* 0,5fache Interpolation (Inkrementalsignale/2)

Versorgungsspannung
Die typische Versorgungsspannung der Messgeräte hängt von der Schnittstelle ab:

EnDat01 EnDat21	5 V ±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 Daten dokumentiert.

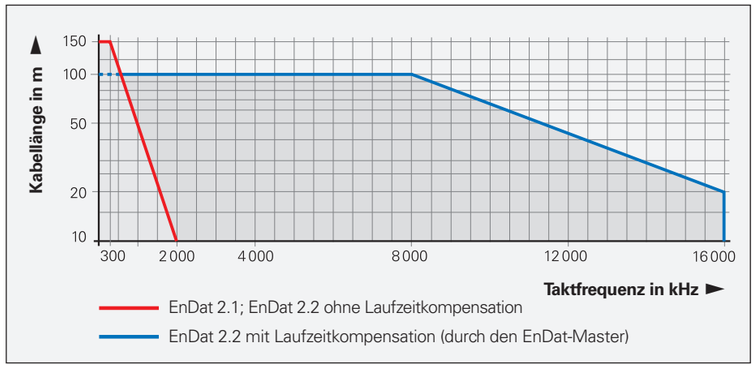
Befehlssatz
Der Befehlssatz beschreibt die verfügbaren Mode-Befehle, die den Informationsaustausch zwischen Messgerät und nachfolgenden Elektroniken definieren. Der Befehlssatz EnDat 2.2 beinhaltet alle EnDat 2.1-Mode-Befehle. Zusätzlich erlaubt EnDat 2.2 weitere Mode-Befehle zur Auswahl von Zusatzinformationen 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 nachfolgenden Elektronik sind Taktfrequenzen bis 16 MHz bzw. Kabellängen bis maximal 100 m möglich. Bei EnDat-Messgeräten mit Bestellbezeichnung EnDatx2 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 Übertragungsstrecke 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} bzw. nach 14,5 Takten an die nachfolgende 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

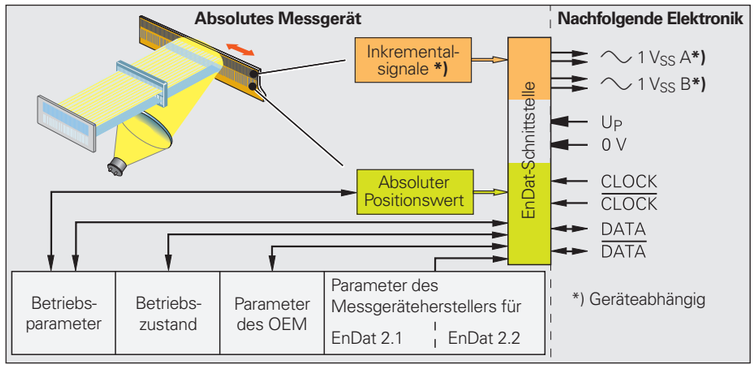
Daten Zusatzinformation 1
- Diagnose
- Positionswert 2
- Speicherparameter
- MRS-Code – Quittierung
- Testwerte
- Temperatur
- Zusätzliche Sensoren

Daten Zusatzinformation 2
- Kommutierung
- Beschleunigung
- Grenzlagensignale
- Asynchroner Positionswert
- Betriebszustandsfehlerquellen
- Zeitstempel

Speicherbereiche
Im Messgerät stehen mehrere Speicherbereiche für Parameter zur Verfügung, die von der nachfolgenden 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 zur einfachen Bestimmung der Funktionsreserve eines Messgeräts
- Parameter für den Messgeräte-Anbau



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.
- Zustandsdaten des Systems oder des Prozesses, die sogenannten Betriebszustandsdaten, können im Regelbetrieb im Messgerät abgelegt werden.

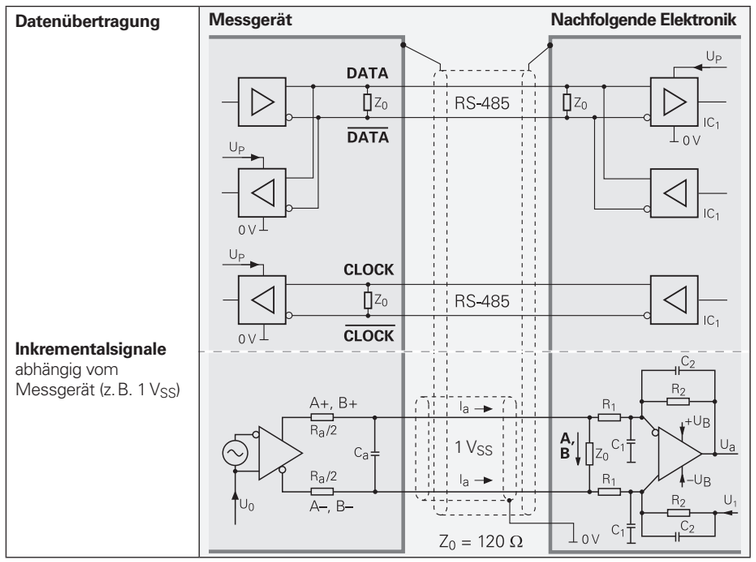
Funktionale Sicherheit – Grundprinzip
EnDat 2.2 unterstützt grundsätzlich den Einsatz von Messgeräten in sicherheitsgerichteten Applikationen. Dazu werden die Normen DIN EN ISO 13849-1 (Nachfolger der EN 954-1) sowie EN 61508 und EN 61800-5-2 als Basis herangezogen.
In diesen Normen erfolgt die Beurteilung 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.

Weitere Informationen:
„Funktionale Sicherheit" unter *www.endat.de*

Eingangsschaltung der nachfolgenden Elektronik

Dimensionierung
IC_1 = RS 485-Differenzleitungsempfänger und -treiber

$Z_0 = 120\ \Omega$



Weitere Informationen:
FAQ: RS-485 Transceiver unter *www.endat.de*

Firmenspezifische serielle Schnittstellen

Steuerungs-hersteller [1]	Schnittstelle	Bezeichnung im Prospekt	Bestell-bezeichnung	Kenn-buchstabe [2]	Anmerkung
Siemens	Siemens DRIVE-CLiQ	DRIVE-CLiQ	DQ01	S	
Fanuc	Fanuc Serial Interface α	Fanuc α	Fanuc02	F	Normal and high speed, two-pair transmission
	Fanuc Serial Interface αi	Fanuc αi	Fanuc05		High-speed, one-pair transmission beinhaltet α Interface (normal and high speed, two-pair transmission)
			Fanuc06		High-speed, one-pair transmission
Mitsubishi	Mitsubishi high speed interface	Mitsubishi	Mitsu01 Mit02-4 Mit02-2 Mit03-4 Mit03-2	M	Two-pair transmission Generation 1, two-pair transmission Generation 1, one-pair transmission Generation 2, two-pair transmission Generation 2, one-pair transmission
Yaskawa	Yaskawa Serial Interface	Yaskawa	YEC02	Y	–
			YEC07		kompatibel zu YEC02
Panasonic	Panasonic Serial Interface	Panasonic	Pana01	P	–
			Pana02		kompatibel zu Pana01

[1] Für weitere Informationen zur Kombination von Messgerät und Steuerung kontaktieren Sie bitte den Steuerungshersteller
[2] Der Kennbuchstabe ist ein Zusatz nach der Typenbezeichnung von HEIDENHAIN-Messgeräten, z. B. LC 495 S.

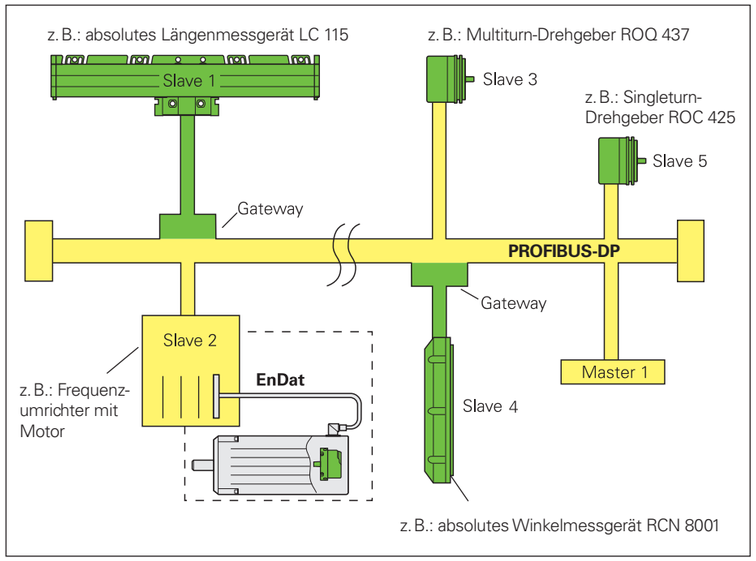
Positionswerte

PROFIBUS-DP – serielle Schnittstelle

PROFIBUS-DP
Der PROFIBUS-DP ist ein herstellerunabhängiger, offener Feldbus nach der internationalen Norm EN 50170. Beim Anschluss von Sensoren über Feldbussysteme werden der Verkabelungsaufwand und die Anzahl der Leitungen zwischen Messgerät und nachfolgender Elektronik minimiert.

Topologie und Buszuordnung
Der PROFIBUS-DP ist in Linienstruktur aufgebaut. Übertragungsraten von bis zu 12 Mbit/s sind möglich. Es können sowohl Mono- als auch Multi-Master-Systeme realisiert werden. Jeder Master kann nur seine zugehörigen Slaves bedienen (Polling). Hierbei werden die Slaves zyklisch vom Master abgefragt. Slaves sind beispielsweise Sensoren wie absolute Drehgeber, Längenmessgeräte oder auch Regeleinrichtungen wie Frequenzumrichter von Motoren.

Physikalische Eigenschaften
Die elektrischen Eigenschaften des PROFIBUS-DP entsprechen dem RS-485-Standard. Als Busverbindung dient eine geschirmte, verdrillte Zweidrahtleitung mit aktiven Busabschlüssen an beiden Enden.

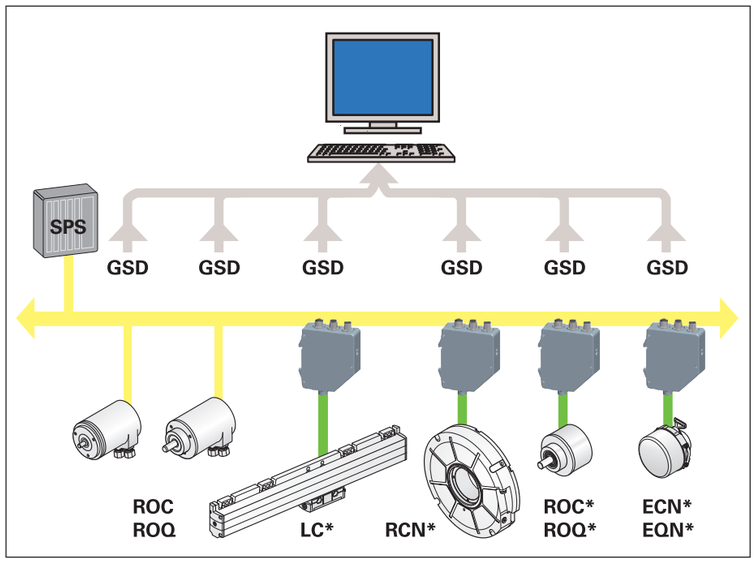


Busstruktur PROFIBUS-DP

Inbetriebnahme
Die zur Systemkonfiguration notwendigen Daten der anschließbaren HEIDENHAIN-Messgeräte stehen als „elektronische Datenblätter" – sogenannte Geräte-Stamm-Daten (GSD) – für jedes Messgerät zur Verfügung. Diese Geräte-Stamm-Daten beschreiben die Merkmale eines Gerätes eindeutig und vollständig in einem genau festgelegten Format. Somit ist eine einfache und anwendungsfreundliche Integration der Geräte in das Bussystem möglich.

Konfiguration
Die PROFIBUS-DP-Geräte können entsprechend den Bedürfnissen des Anwenders konfiguriert und parametriert werden. Diese mit Hilfe der GSD-Datei im Konfigurationstool einmal gewählten Einstellungen werden im Master gespeichert. Bei jedem Netzwerkstart werden damit die PROFIBUS-Geräte konfiguriert. Dies vereinfacht einen Gerätetausch: Die Konfigurationsdaten brauchen weder bearbeitet noch neu eingegeben zu werden.

Es stehen zwei verschiedene GSD-Dateien zur Auswahl:
- GSD-Datei für das DP-V0-Profil
- GSD-Datei für das DP-V1- und DP-V2-Profil



* Mit EnDat-Interface

PROFIBUS-DP-Profil
Zum Anschluss von absoluten Messgeräten (Encoder) an den PROFIBUS-DP wurden bei der PNO (Profibus-Nutzer-Organisation) standardisierte, herstellerunabhängige Profile definiert. Somit wird hohe Flexibilität und einfache Konfiguration an allen Anlagen gewährleistet, die diese standardisierten Profile nutzen.

DP-V0 Profil
Das Profil kann bei der PNO in Karlsruhe unter der Bestellnummer 3.062 angefordert werden. Darin sind zwei Klassen definiert, wobei die Klasse 1 dem Mindestumfang entspricht und die Klasse 2 zusätzliche, teilweise optionale Funktionen beinhaltet.

DP-V1 und DP-V2 Profil
Das Profil kann bei der PNO in Karlsruhe unter der Bestellnummer 3.162 angefordert werden. Auch in diesem Profil gibt es zwei Geräteklassen:
- Klasse 3 mit den grundlegenden Funktionen und
- Klasse 4 mit den vollen Skalierungs- und Preset-Funktionen.

Zusätzlich zu den obligatorischen Funktionen der Klassen 3 und 4 sind optionale Funktionen definiert.

Unterstützte Funktionen
Besondere Bedeutung in dezentralen Feldbussystemen besitzen die **Diagnosefunktionen** (z. B. Warnungen und Alarme) und das **„elektronische Typenschild"** mit Informationen wie Messgerätetyp, Auflösung, Messbereich. Aber auch die Programmierfunktionen wie Umschalten der Zählrichtung, **Preset/Nullpunktverschiebung** und **Ändern der Auflösung (Skalierung)** sind möglich. Zusätzlich lässt sich die **Betriebszeit** des Messgeräts sowie die Geschwindigkeit erfassen.

Messgeräte mit PROFIBUS-DP
Die absoluten Messgeräte mit **integrierter PROFIBUS-DP-Schnittstelle** werden direkt in den PROFIBUS eingebunden. Zur Anzeige der **Betriebszustände**, Versorgungsspannung und Busstatus verfügen sie über LEDs an der Rückseite.

Leicht zugänglich unter der Buskappe untergebracht sind die Codierschalter für die Adressierung (0 bis 99) und die Zuschaltung des Abschlusswiderstands. Dieser ist zu aktivieren, falls es sich bei dem Drehgeber um den letzten Teilnehmer am PROFIBUS-DP handelt und nicht der externe Abschlusswiderstand verwendet wird.

Funktionen der Klasse DP-V0

Merkmal *Datenwortbreite*	**Klasse**	**Rotative Messgeräte** *≤ 16 Bit*	 *≤ 31 Bit*[1]	**Lineare Messgeräte** *≤ 31 Bit*[1]
Positionswert im Dualcode	1,2	✓	✓	✓
Datenwortlänge	1,2	16	32	32
Skalierungsfunktion Messschritt/U Gesamtauflösung	 2 2	 ✓ ✓	 ✓ ✓	 – –
Zählrichtungsumkehr	1,2	✓	✓	–
Preset (Ausgangsdaten 16 bzw. 32 Bit)	2	✓	✓	✓
Diagnosefunktionen Warnungen und Alarme	 2	 ✓	 ✓	 ✓
Betriebszeiterfassung	2	✓	✓	✓
Geschwindigkeit	2	✓ [2]	✓ [2]	–
Profilversion	2	✓	✓	✓
Seriennummer	2	✓	✓	✓

[1] Bei Datenwortbreite > 31 Bit werden nur die oberen 31 Bit übertragen
[2] Benötigt eine 32 Bit Konfiguration der Ausgangsdaten und 32 +16 Bit Konfiguration der Eingangsdaten

Funktionen der Klasse DP-V1, DP-V2

Merkmal *Datenwortbreite*	**Klasse**	**Rotative Messgeräte** *≤ 32 Bit*	 *> 32 Bit*	**Lineare Messgeräte**
Telegramm	3,4	81-84	84	81-84
Skalierungsfunktion	4	✓	✓	–
Zählrichtungsumkehr	4	✓	✓	–
Preset/ Nullpunktverschiebung	4	✓	✓	✓
Azyklische Parameter	3,4	✓	✓	✓
Kanalabhängige Diagnose über den Alarmkanal	3,4	✓	✓	✓
Betriebszeiterfassung	3,4	✓ [1]	✓ [1]	✓ [1]
Geschwindigkeit	3,4	✓ [1]	✓ [1]	–
Profilversion	3,4	✓	✓	✓
Seriennummer	3,4	✓	✓	✓

[1] Von DP-V2 nicht unterstützt

PROFINET IO – serielle Schnittstelle

PROFINET IO
PROFINET IO ist der offene Industrial Ethernet Standard für die industrielle Kommunikation. Er baut auf das bewährte Funktionsmodell von PROFIBUS-DP, nutzt jedoch die Fast-Ethernet-Technologie als physikalisches Übertragungsmedium und ist somit für die schnelle Übertragung von E/A-Daten zugeschnitten. Zeitgleich bietet er die Übertragungsmöglichkeit für Bedarfsdaten, Parameter und IT-Funktionen.

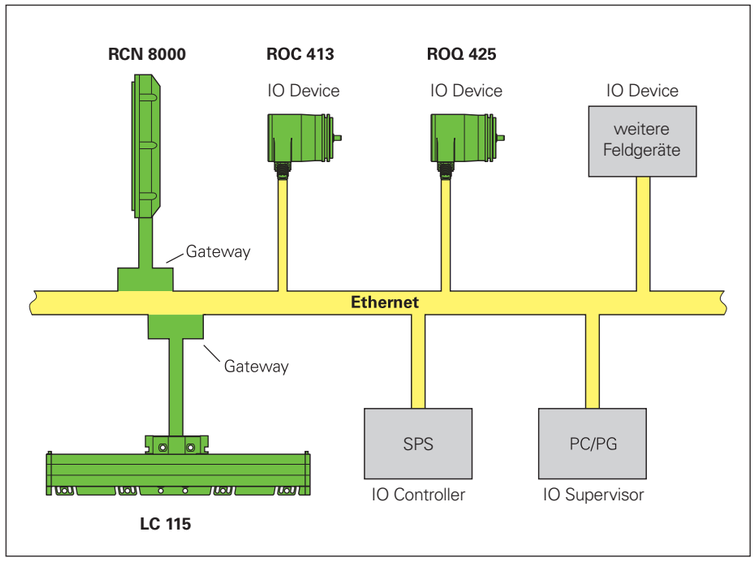
PROFINET ermöglicht die Anbindung von dezentralen Feldgeräten an einen Controller und beschreibt den Datenaustausch zwischen Controller und Feldgeräten, sowie die Parametrierung und Diagnose. Das PROFINET-Konzept ist modular aufgebaut. Kaskadierungsfunktionen können vom Nutzer selbst ausgewählt werden. Diese unterscheiden sich im Wesentlichen in der Art des Datenaustauschs, um den hohen Anforderungen an die Geschwindigkeit gerecht zu werden.

Topologie und Buszuordnung
Ein PROFINET-IO-System setzt sich zusammen aus:
- **IO-Controller** (Steuerung/SPS, kontrolliert die Automatisierungsaufgabe)
- **IO-Device** (dezentrales Feldgerät, z. B. Drehgeber)
- **IO-Supervisor** (Entwicklungs- oder Diagnose-Werkzeug, z. B. PC oder Programmiergerät)

PROFINET IO arbeitet nach dem Provider-Consumer-Modell, das die Kommunikation zwischen den gleichberechtigten Teilnehmern am Ethernet unterstützt. Vorteilhaft ist, dass der Provider seine Daten ohne Aufforderung des Kommunikationspartners sendet.

Physikalische Eigenschaften
HEIDENHAIN-Messgeräte werden gemäß 100BASE-TX (IEEE 802.3 Clause 25) über ein abgeschirmtes verdrilltes Adernpaar pro Richtung an PROFINET angeschlossen. Die Übertragungsgeschwindigkeit beträgt 100 Mbit/s (Fast-Ethernet).

PROFINET-Profil
HEIDENHAIN-Messgeräte erfüllen in der Regel die Definitionen nach Profil 3.162, Version 4.2. Das Geräteprofil beschreibt die Geberfunktionalität. Unterstützt werden dabei die Funktionen der Klasse 4 (volle Skalierungs- und Preset-Funktion). Zusätzliche Informationen über PROFINET können bei der PROFIBUS-Nutzerorganisation PNO bestellt werden.



Unterstützte Funktionen	Klasse	Drehgeber		Längen-messgeräte
		Singleturn	Multiturn	
Positionswert	3, 4	✓	✓	✓
Isochron-Modus	4	✓	✓	✓
Funktionsumfang der Klasse 4	4	✓	✓	✓
Skalierungsfunktion	4	✓	✓	–
Messeinheiten pro Umdrehung	4	✓	✓	–
Gesamtmessbereich	4	✓	✓	–
Zyklischer Betrieb (binäre Skalierung)	4	✓	✓	–
Nichtzyklischer Betrieb	4	✓	✓	–
Preset	4	✓	✓	✓
Code-Sequenz	4	✓	✓	✓
Preset-Steuerung G1_XIST1	4	✓	✓	✓
Kompatibilitätsmodus (Messgeräteprofil V.3.1)	3, 4	✓	✓	✓
Betriebszeit	3, 4	✓	✓	✓
Geschwindigkeit	3, 4	✓	✓	✓
Profilversion	3, 4	✓	✓	✓
Permanente Speicherung des Offsetwerts	4	✓	✓	✓
Identifikation & Wartung (I & M)		✓	✓	✓
Externes Firmware-Upgrade		✓	✓	✓

Inbetriebnahme
Um ein Messgerät mit PROFINET-Schnittstelle in Betrieb zu nehmen, muss eine GSD-Datei heruntergeladen und in die Konfigurationssoftware importiert werden. Die GSD-Datei enthält die für ein PROFINET-IO-Gerät notwendigen Ausführungsparameter.

Konfiguration
Profile sind vordefinierte Konfigurationen der verfügbaren Funktionen und Leistungsmerkmale von PROFINET für den Einsatz in bestimmten Geräten oder Anwendungen wie Drehgeber. Sie werden von PI (PROFIBUS & PROFINET International) Arbeitsgruppen festgelegt und veröffentlicht.

Profile sind wichtig für die Offenheit, Interoperabilität und Austauschbarkeit, so dass der Endverbraucher sicher sein kann, dass ähnliche Geräte von verschiedenen Herstellern in einer standardisierten Weise funktionieren.

Messgeräte bzw. Gateway mit PROFINET
Messgeräte mit integrierter PROFINET-Schnittstelle bzw. das Gateway werden direkt in das Netzwerk eingebunden. Die Adressvergabe erfolgt automatisch über ein im PROFINET integriertes Protokoll. Ein PROFINET IO-Feldgerät wird innerhalb eines Netzwerks durch seine physikalische Geräte-MAC-Adresse adressiert. Zur Diagnose des Busses und des Gerätes verfügen diese über zwei zweifarbige LEDs.

Ein Abschlusswiderstand für den letzten Teilnehmer ist nicht notwendig.

SSI – serielle Schnittstelle

Der absolute **Positionswert** wird über die Datenleitungen (DATA) synchron zu einem von der Steuerung vorgegebenen Takt (CLOCK) beginnend mit dem „most significant bit“ (MSB) übertragen. Die Datenwortlänge beträgt nach SSI-Standard bei Singleturn-Drehgebern 13 Bit und bei Multiturn-Drehgebern 25 Bit. Zusätzlich zu den absoluten Positionswerten können **Inkrementalsignale** mit ausgegeben werden. Signalbeschreibung siehe *Inkrementalsignale*.

Folgende **Funktionen** können über die Programmiereingänge der Schnittstelle durch Anlegen der Versorgungsspannung U_P aktiviert werden:

- **Drehrichtung**
  Durch dauerhaftes Anlegen eines HIGH-Pegels an PIN 2 (t_{min} > 1 ms) wird die Drehrichtung für steigende Positionswerte umgekehrt.

- **Nullen** (Null setzen)
  Durch Anlegen einer positiven Flanke (t_{min} > 12 ms) an PIN 5 wird der aktuelle Positionswert auf Null gesetzt (Messgerät muss sich im Stillstand befinden).

Achtung: Die Programmiereingänge müssen immer mit einem Widerstand (siehe *Eingangsschaltung der nachfolgenden Elektronik*) abgeschlossen werden.

Ansteuerzyklus für vollständiges Datenformat
Im Ruhezustand liegen Takt- und Datenleitungen auf dem HIGH-Pegel. Mit der ersten fallenden Taktflanke wird der intern zyklisch gebildete Positionswert gespeichert. Die Datenübertragung erfolgt mit der ersten steigenden Taktflanke.

Nach Übertragung eines vollständigen Datenwortes bleibt der Datenausgang auf dem LOW-Pegel, bis der Drehgeber für einen neuen Messwertabruf bereit ist (t_2). Bei Messgeräten mit den Schnittstellen SSI 39r1 und SSI 41r1 ist zusätzlich eine anschließende Taktpause t_R notwendig. Kommt während dieser Zeit (t_2 bzw. t_2+t_R) eine neue Datenausgabe-Anforderung (CLOCK), werden die bereits ausgegebenen Daten nochmals ausgegeben.

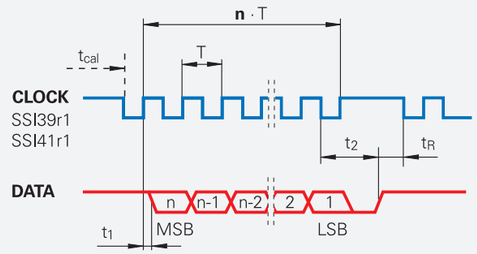
Bei einer Unterbrechung der Datenausgabe (CLOCK = HIGH für $t \geq t_2$) wird mit der nächsten fallenden Taktflanke ein neuer Messwert gespeichert. Die nachfolgende Elektronik übernimmt mit der nächsten steigenden Taktflanke die Daten.

Schnittstelle	**SSI** seriell
Bestellbezeichnung	*Singleturn:* SSI 39r1 *Multiturn:* SSI 41r1
Datenübertragung	Absolute Positionswerte
Dateneingang	Differenzleitungsempfänger nach EIA-Standard RS-485 für Signale CLOCK und $\overline{\text{CLOCK}}$
Datenausgang	Differenzleitungstreiber nach EIA-Standard RS-485 für Signale DATA und $\overline{\text{DATA}}$
Code	Gray-Code
Steigende Positionswerte	bei Rechtsdrehung auf die Welle gesehen (über Schnittstelle umstellbar)
Inkrementalsignale	geräteabhängig ~ 1 V_{SS}, TTL, HTL (siehe jeweilige *Inkrementalsignale*)
Programmiereingänge Inaktiv Aktiv	Drehrichtung und Nullen: Verfügbarkeit siehe Dokumentation des Messgeräts LOW < 0,25 · U_P HIGH > 0,6 · U_P
Verbindungskabel Kabellänge Signallaufzeit	HEIDENHAIN-Kabel mit Abschirmung z. B. PUR [(4 x 0,14 mm²) + 4(2 x 0,14 mm²) + (4 x 0,5 mm²)] max. 100 m 6 ns/m

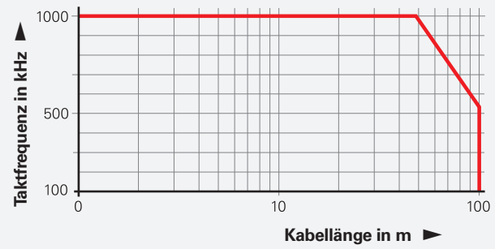
Datenübertragung

T = 1 µs bis 10 µs
t_{cal} siehe Technische Daten
t_1 ≤ 0,4 µs (ohne Kabel)
t_2 = 17 µs bis 20 µs
t_R ≥ 5 µs
n = Datenwortlänge
13 bit bei ECN/ROC
25 bit bei EQN/ROQ

$\overline{\text{CLOCK}}$ und $\overline{\text{DATA}}$ nicht dargestellt



Zulässige Taktfrequenz in Abhängigkeit von der Kabellänge



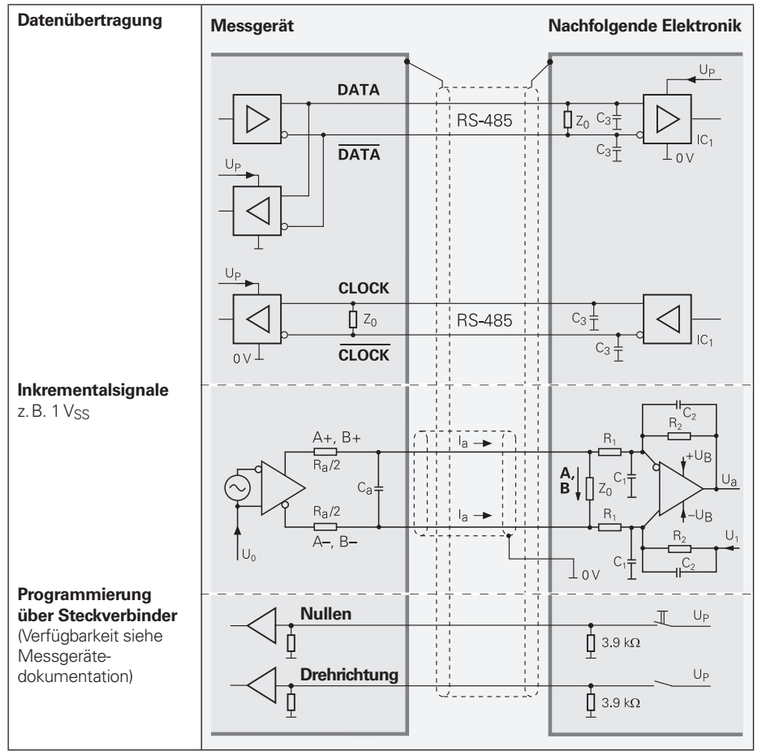
Inkrementalsignale
Manche Messgeräte stellen zusätzlich Inkrementalsignale zur Verfügung. Sie werden meist benutzt um die Auflösung des Positionswertes zu erhöhen oder eine zweite nachfolgende Elektronik zu bedienen.
In aller Regel handelt es sich um 1 V_{SS}-Inkrementalsignale. Ausnahmen sind aus der Bestellbezeichnung ersichtlich:

- SSI41H mit Inkrementalsignalen HTL
- SSI41T mit Inkrementalsignalen TTL

Eingangsschaltung der nachfolgenden Elektronik

Dimensionierung
IC_1 = Differenzleitungsempfänger und -treiber
z. B. SN 65 LBC 176
LT 485

Z_0 = 120 Ω
C_3 = 330 pF (zur Verbesserung der Störfestigkeit)



Inkrementalsignale

∿ 1 V_{SS} – sinusförmige Signale

HEIDENHAIN-Messgeräte mit ∿ 1 V_{SS}-Schnittstelle geben Spannungssignale aus, die hoch interpolierbar sind.

Die sinusförmigen **Inkrementalsignale** A und B sind um 90° el. phasenverschoben und haben eine Signalgröße von typisch 1 V_{SS}. Die dargestellte Folge der Ausgangssignale – B nacheilend zu A – gilt für die in der Anschlussmaßzeichnung angegebene Bewegungsrichtung.

Das **Referenzmarkensignal** R besitzt einen Nutzanteil G von ca. 0,5 V. Neben der Referenzmarke kann das Ausgangssignal auf einen Ruhewert H um bis zu 1,7 V abgesenkt sein. Die nachfolgende Elektronik darf dadurch nicht übersteuern. Auch im abgesenkten Ruhepegel können die Signalspitzen mit der Amplitude G erscheinen.

Die **Signalgröße** gilt bei der in den Kennwerten angegebenen Versorgungsspannung am Messgerät. Die Signalgröße bezieht sich auf eine Differenzmessung am 120 Ohm Abschlusswiderstand zwischen den zusammengehörigen Ausgängen. Die Signalgröße ändert sich mit zunehmender Frequenz. Die **Grenzfrequenz** gibt an, bis zu welcher Frequenz ein bestimmter Teil der ursprünglichen Signalgröße eingehalten wird:

- –3 dB ≙ 70 % der Signalgröße
- –6 dB ≙ 50 % der Signalgröße

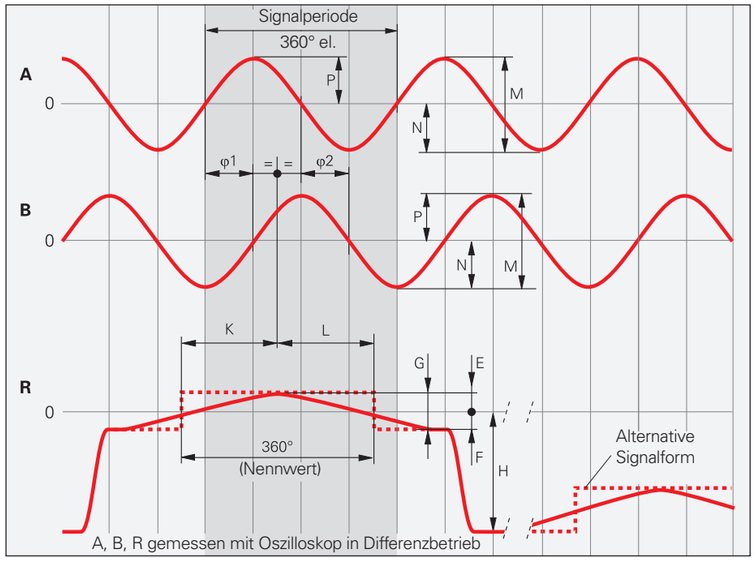
Die Kennwerte in der Signalbeschreibung gelten bei Bewegungen bis zu 20 % der –3 dB-Grenzfrequenz.

Interpolation/Auflösung/Messschritt
Die Ausgangssignale der 1 V_{SS}-Schnittstelle werden üblicherweise in der nachfolgenden Elektronik interpoliert, um ausreichend hohe Auflösungen zu erreichen. Zur **Geschwindigkeitsregelung** sind Interpolationsfaktoren von größer 1000 üblich, um auch bei niedrigen Drehzahlen/Geschwindigkeiten noch verwertbare Informationen zu erhalten.

Für die **Positionserfassung** werden in den Technischen Daten Messschritte empfohlen. Für spezielle Anwendungen sind auch andere Auflösungen möglich.

Schnittstelle	sinusförmige Spannungssignale ∿ **1 V_{SS}**
Inkrementalsignale	**2 annähernd sinusförmige Signale A und B** Signalgröße M: 0,6 bis 1,2 V_{SS}; typ. 1 V_{SS} Symmetrieabweichung |P – N|/2M: ≤ 0,065 (entspricht 15°) Signalverhältnis M_A/M_B: 0,8 bis 1,25 Phasenwinkel |φ1 + φ2|/2: 90° ±10° el.
Referenzmarkensignal	**1 oder mehrere Signalspitzen R** Nutzanteil G: ≥ 0,2 V Ruhewert H: ≤ 1,7 V Störabstand E, F: 0,04 V bis 0,68 V Nulldurchgänge K, L: 180° ±90° el.
Verbindungskabel Kabellänge Signallaufzeit	HEIDENHAIN-Kabel mit Abschirmung z. B. PUR [4(2 x 0,14 mm^2) + (4 x 0,5 mm^2)] max. 150 m 6 ns/m

Diese Werte können zur Dimensionierung einer nachfolgenden Elektronik verwendet werden. Wenn Messgeräte eingeschränkte Toleranzen aufweisen, sind diese in den Technischen Daten aufgeführt. Bei Messgeräten ohne eigene Lagerung werden für die Inbetriebnahme reduzierte Toleranzen empfohlen (siehe Montageanleitungen).



Kurzschlussfestigkeit
Der Kurzschluss von Ausgängen ist kein zulässiger Betriebszustand. Ausnahme: bei Messgeräten mit Versorgungsspannung DC 5 V ±5 % verursacht ein kurzzeitiger Kurzschluss eines Ausgangs gegen 0 V oder U_P keinen Geräteausfall.

Kurzschluss bei	20 °C	125 °C
Ein Ausgang	< 3 min	< 1 min
Alle Ausgänge	< 20 s	< 5 s

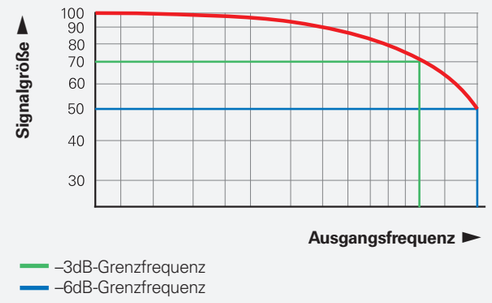
Überwachung der Inkrementalsignale
Für eine Überwachung der Signalgröße M werden folgende Ansprechschwellen empfohlen:
untere Ansprechschwelle: 0,30 V_{SS}
obere Ansprechschwelle: 1,35 V_{SS}

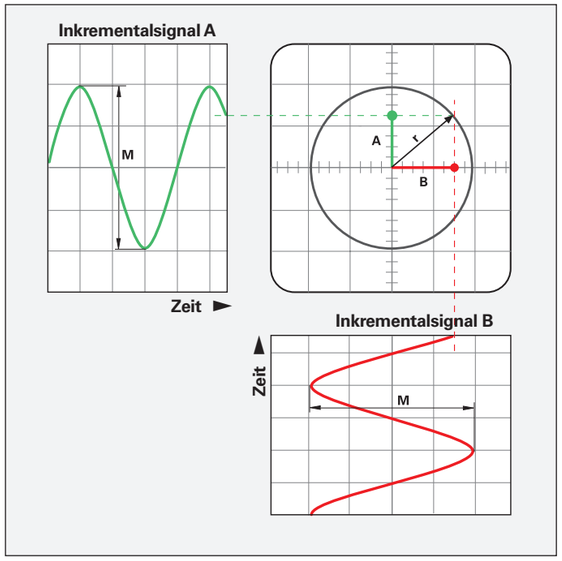
Die Größe der Inkrementalsignale kann z. B. anhand der Zeigerlänge des resultierenden Positionszeigers überwacht werden: Die Ausgangssignale A und B werden in der XY-Darstellung am Oszilloskop als Lissajous-Figur dargestellt. Bei ideal sinusförmigen Signalen entsteht ein Kreis mit dem Durchmesser M. In diesem Fall entspricht der dargestellte Positionszeiger *r* also ½M. Es gilt so die Formel

$$r = \sqrt{(A^2+B^2)}$$

mit der Bedingung 0,3 V < 2*r* < 1,35 V

Grenzfrequenz
Typischer Verlauf der Signalgröße abhängig von der Ausgangsfrequenz (messgeräteabhängig)





Eingangsschaltung der nachfolgenden Elektronik

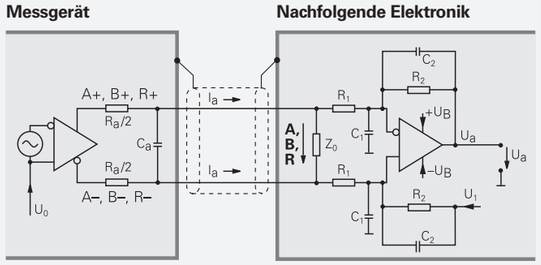
Dimensionierung
Operationsverstärker z. B. MC 34074
Z_0 = 120 Ω
R_1 = 10 kΩ und C_1 = 100 pF
R_2 = 34,8 kΩ und C_2 = 10 pF
U_B = ±15 V
U_1 ca. U_0

–3dB-Grenzfrequenz der Schaltung
Ca. 450 kHz
Ca. 50 kHz mit C_1 = 1000 pF
und C_2 = 82 pF
Die Beschaltungsvariante für 50 kHz reduziert zwar die Bandbreite der Schaltung, verbessert aber damit deren Störsicherheit.

Ausgangssignale der Schaltung
U_a = 3,48 V_{SS} typ.
Verstärkung 3,48fach

Inkrementalsignale
Referenzmarkensignal

R_a < 100 Ω, typ. 24 Ω
C_a < 50 pF
ΣI_a < 1 mA
U_0 = 2,5 V ±0,5 V
(bezogen auf 0 V der Spannungsversorgung)



Eingangsschaltung der nachfolgenden Elektronik für hohe Signalfrequenzen

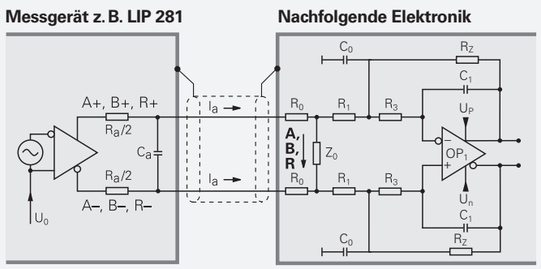
Für hochgenaue Messgeräte mit hoher Signalfrequenz ist eine spezielle Eingangsschaltung notwendig.

–3dB-Grenzfrequenz der Schaltung
Für die Eingangsschaltung gibt es verschiedene Beschaltungsmöglichkeiten. Dadurch können unterschiedliche Grenzfrequenzen realisiert werden. Je nach Anwendung und verwendetem Messgerät sollte die Empfängerschaltung angepasst werden, um ein Maximum an Performance für das Gesamtsystem zu erreichen.

Ausgangssignale der Schaltung
Die Eingangsschaltung wurde für einen nachgeschalteten AD-Wandler mit einem Eingangsbereich von 2 V_{SS} optimiert.
Es ergibt sich ein Verstärkungsfaktor der Signale von 1,21. Dies führt zu einer Ausgangsspannung U_a = 1,21 V_{SS} der A und B Signale. Für das R Signal ergibt sich eine Verstärkung von 0,58.

Inkrementalsignale
Referenzmarkensignal

R_a < 100 Ω, typ. 24 Ω
C_a < 50 pF
ΣI_a < 1 mA
U_0 = 2,5 V ±0,5 V
(bezogen auf 0 V der Spannungsversorgung)



Grenzfrequenz –3 dB

	500 kHz		2,5 MHz		5 MHz		10 MHz	
Signal	A, B	R	A, B	R	A, B	R	A, B	R
U_a	0 V		0 V		0 V		0 V	
U_P	+5 V		+5 V		+5 V		+5 V	
U_n	0 V		0 V		0 V		0 V oder –5 V	
Z_0*	127 Ω	59,0 Ω	133 Ω	59,0 Ω	133 Ω	59,0 Ω	133 Ω	59,0 Ω
R_0	0 Ω	31,6 Ω	0 Ω	31,6 Ω	0 Ω	31,6 Ω	0 Ω	31,6 Ω
R_1	1,21 kΩ		681 Ω		681 Ω		681 Ω	
R_2	1,47 kΩ		825 Ω		825 Ω		825 Ω	
R_3	1,82 kΩ		464 Ω		464 Ω		464 Ω	
C_0	220 pF		100 pF		47 pF		22 pF	
C_1	68 pF		47 pF		22 pF		10 pF	
OP_1	z. B. THS452x						z. B. AD8138	

* Als effektiver Abschlusswiderstand der Schaltung ergeben sich ≈ 120 Ω für A, B und R.

∼ 11 μA_{SS} – sinusförmige Signale

HEIDENHAIN-Messgeräte mit ∼ 11 μA_{SS}-Schnittstelle geben Stromsignale aus. Sie sind vorgesehen zum Anschluss an Positionsanzeigen ND oder Signalkonverter EXE von HEIDENHAIN.

Die sinusförmigen **Inkrementalsignale** I_1 und I_2 sind um 90° el. phasenverschoben und haben einen Signalpegel von typisch 11 μA_{SS}.
Die dargestellte Folge der Ausgangssignale – I_2 nacheilend zu I_1 – gilt für die in der Anschlussmaßzeichnung angegebene Bewegungsrichtung bzw. bei Messtastern für den einfahrenden Messbolzen.

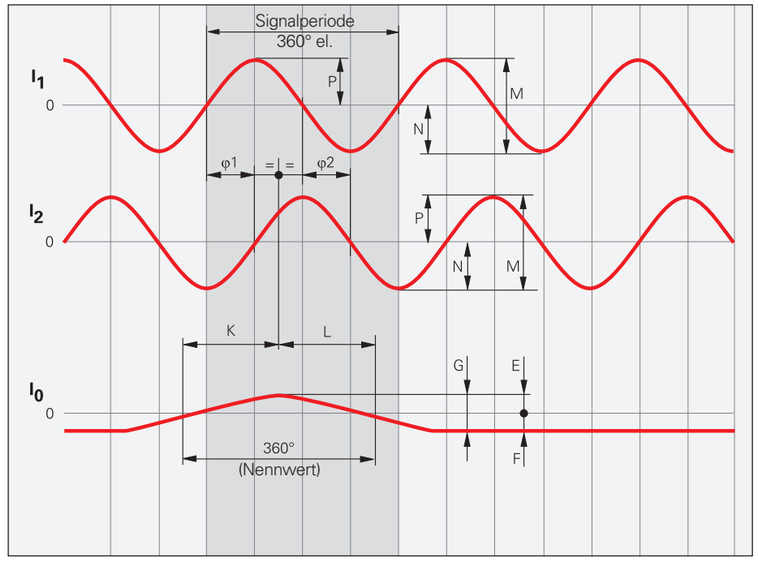
Das **Referenzmarkensignal** I_0 besitzt einen Nutzanteil G von ca. 5,5 µA.

Die **Signalgröße** gilt bei der in den Technischen Daten angegebenen Versorgungsspannung am Messgerät. Sie bezieht sich auf eine Differenzmessung zwischen den zusammengehörigen Ausgängen. Die Signalgröße ändert sich mit zunehmender Frequenz. Die **Grenzfrequenz** gibt an, bis zu welcher Frequenz ein bestimmter Teil der ursprünglichen Signalgröße eingehalten wird:

- –3 dB-Grenzfrequenz: 70 % der Signalgröße
- –6 dB-Grenzfrequenz: 50 % der Signalgröße

Interpolation/Auflösung/Messschritt
Die Ausgangssignale der 11 μA_{SS}-Schnittstelle werden üblicherweise in der nachfolgenden Elektronik – Positionsanzeigen ND oder Signalkonverter EXE von HEIDENHAIN – interpoliert, um ausreichende hohe Auflösungen zu erreichen.

Schnittstelle	sinusförmige Stromsignale ∼ **11 μA_{SS}**	
Inkrementalsignale	**2 annähernd sinusförmige Signale I_1 und I_2**	
	Signalgröße M:	7 bis 16 μA_{SS}/typ. 11 μA_{SS}
	Symmetrieabweichung |P – N|/2M:	≤ 0,065 (entspricht 15°)
	Signalverhältnis M_A/M_B:	0,8 bis 1,25
	Phasenwinkel |φ1 + φ2|/2:	90° ±10° el.
Referenzmarkensignal	**1 oder mehrere Signalspitzen I_0**	
	Nutzanteil G:	2 µA bis 8,5 µA
	Störabstand E, F:	≥ 0,4 µA
	Nulldurchgänge K, L:	180° ±90° el.
Verbindungskabel	HEIDENHAIN-Kabel mit Abschirmung PUR [3(2 × 0,14 mm^2) + (2 × 1 mm^2)]	
Kabellänge	max. 30 m	
Signallaufzeit	6 ns/m	



⊓⊔ TTL – Rechtecksignale

HEIDENHAIN-Messgeräte mit ⊓⊔ TTL-Schnittstelle enthalten Elektroniken, welche die sinusförmigen Abtastsignale ohne oder mit Interpolation digitalisieren.

Die **Inkrementalsignale** werden als Rechteckimpulsfolgen U_{a1} und U_{a2} mit 90° el. Phasenversatz ausgegeben. Das **Referenzmarkensignal** besteht aus einem oder mehreren Referenzimpulsen U_{a0}, die mit den Inkrementalsignalen verknüpft sind. Die integrierte Elektronik erzeugt zusätzlich deren **inverse Signale** $\overline{U_{a1}}$, $\overline{U_{a2}}$ und $\overline{U_{a0}}$ für eine störsichere Übertragung. Die dargestellte Folge der Ausgangssignale – U_{a2} nacheilend zu U_{a1} – gilt für die in der Anschlussmaßzeichnung angegebene Bewegungsrichtung.

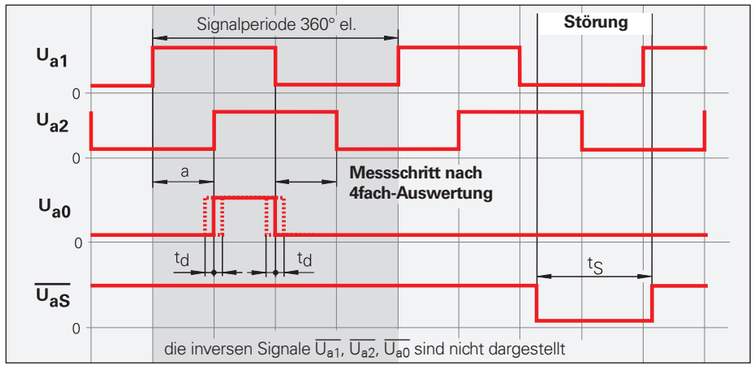
Das **Störungssignal** $\overline{U_{aS}}$ zeigt Fehlfunktionen an, wie z. B. Bruch der Versorgungsleitungen, Ausfall der Lichtquelle etc. Es kann beispielsweise in der automatisierten Fertigung zur Maschinenabschaltung benutzt werden.

Der **Messschritt** ergibt sich aus dem Abstand zwischen zwei Flanken der Inkrementalsignale U_{a1} und U_{a2} durch 1fach-, 2fach- oder 4fach-Auswertung.

Die nachfolgende Elektronik muss so ausgelegt sein, dass sie jede Flanke der Rechteckimpulse erfasst. Der in den Technischen Daten angegebene minimale **Flankenabstand a** gilt für die angegebene Eingangsschaltung bei Kabellänge 1 m und bezieht sich auf eine Messung am Ausgang des Differenzleitungsempfängers. Für die Auswertung des Referenzmarkensignals wird üblicherweise bei HIGH-Pegel auf den Signalen U_{a1} und U_{a2} der Pegel des Referenzmarkensignals geprüft und mit dem Flankenwechsel bei U_{a1} bzw. U_{a2} verknüpft.

Hinweis
Referenzmarkensignal, Störsignal, sowie die inversen Signale werden nicht von allen Messgeräten ausgegeben. Bitte sehen Sie dazu die Anschlussbelegung.

Schnittstelle	Rechtecksignale ⊓⊔ TTL
Inkrementalsignale	**2 TTL-Rechtecksignale U_{a1}, U_{a2}** und deren inverse Signale **$\overline{U_{a1}}$, $\overline{U_{a2}}$**
Referenzmarkensignal Impulsbreite Verzögerungszeit	**1 oder mehrere TTL-Rechteckimpulse U_{a0}** und deren inverse Impulse **$\overline{U_{a0}}$** 90° el. (andere Breite auf Anfrage) $\lvert t_d \rvert \leq 50$ ns
Störungssignal Impulsbreite	**1 TTL-Rechteckimpuls $\overline{U_{aS}}$** Störung: LOW (auf Anfrage: U_{a1}/U_{a2} hochohmig) Gerät in Ordnung: HIGH $t_S \geq 20$ ms
Signalgröße	Differenzleitungstreiber nach EIA-Standard RS 422
Zulässige Belastung	$Z_0 \geq 100\ \Omega$ zwischen zusammengehörigen Ausgängen $\lvert I_L \rvert \leq 20$ mA max. Last pro Ausgang $C_{Last} \leq 1000$ pF gegen 0 V Ausgänge geschützt gegen Kurzschluss nach 0 V
Schaltzeiten (10 % bis 90 %)	$t_+ / t_- \leq 30$ ns (10 ns typisch) mit 1 m Kabel und angegebener Eingangsschaltung
Verbindungskabel Kabellänge Signallaufzeit	HEIDENHAIN-Kabel mit Abschirmung z. B. PUR [4(2 × 0,14 mm²) + (4 × 0,5 mm²)] max. 100 m ($\overline{U_{aS}}$ max. 50 m) typ. 6 ns/m



Getaktete Ausgangssignale sind typisch für Messgeräte und Signalkonverter mit 5fach-Interpolation (oder höher). Bei ihnen wird der Flankenabstand a aus einer internen Taktquelle abgeleitet. Gleichzeitig definiert die Taktfrequenz auch die zulässige Eingangsfrequenz der Inkrementalsignale (1 V_{SS} bzw. 11 μA_{SS}) und daraus resultierend die max. zulässige Drehzahl bzw. Verfahrgeschwindigkeit:

$$a_{nom} = \frac{1}{4 \cdot IPF \cdot fe_{nom}}$$

a_{nom} nominaler Flankenabstand
IPF Interpolationsfaktor
fe_{nom} nominale Eingangsfrequenz

Die Toleranzen der internen Taktquelle beeinflussen den Flankenabstand a des Ausgangssignals und die Eingangsfrequenz f_e und somit Verfahrgeschwindigkeit bzw. Drehzahl.

In der Angabe für den Flankenabstand sind diese Toleranzen bereits mit 5 % berücksichtigt: Es ist jeweils nicht der nominale, sondern der minimale Flankenabstand a_{min} angegeben.

Bei der maximal zulässigen Eingangsfrequenz muss hingegen eine Toleranz von mindestens 5 % berücksichtigt werden. Das bedeutet, dass sich auch die maximal zulässige Verfahrgeschwindigkeit bzw. Drehzahl entsprechend reduzieren.

Messgeräte und Signalkonverter ohne Interpolation verfügen in aller Regel über **nicht getaktete Ausgangssignale.** Der bei einer maximal zulässigen Eingangsfrequenz auftretende minimale Flankenabstand a_{min} ist aus den Technischen Daten ersichtlich. Wird die Eingangsfrequenz reduziert, erhöht sich der Flankenabstand entsprechend.

Zusätzlich reduzieren **kabelabhängige Laufzeitunterschiede** den Flankenabstand um 0,2 ns pro Meter Kabellänge. Um Zählfehler zu vermeiden, sind 10 % Sicherheit zu berücksichtigen. Die nachfolgende Elektronik ist so auszulegen, dass sie auch noch 90 % des resultierenden Flankenabstandes verarbeiten kann.

Bitte beachten Sie:
Die max. zulässige **Drehzahl** bzw. **Verfahrgeschwindigkeit** darf auch kurzzeitig nicht überschritten werden, da dies zu einem irreversiblen Verzählen führt.

Berechnungsbeispiel 1
Längenmessgerät LIDA 400
Anforderungen: Anzeigeschritt 0,5 µm, Verfahrgeschwindigkeit 1 m/s, Ausgangssignale TTL, Kabellänge zur nachfolgenden Elektronik 25 m.
Welchen minimalen Flankenabstand muss die nachfolgende Elektronik verarbeiten?

Auswahl des Interpolationsfaktors

20 µm Teilungsperiode : 0,5 µm Anzeigeschritt =	40fach-Unterteilung
Auswertung in der nachfolgenden Elektronik	4fach
Interpolation	**10fach**

Auswahl des Flankenabstands

Verfahrgeschwindigkeit	60 m/min (enstpr. 1 m/s)
+ Toleranzwert 5 %	63 m/min
In Technischen Daten auswählen:	
nächste LIDA 400-Version	120 m/min (aus Technische Daten)
minimaler Flankenabstand	**0,22 µs** (aus Technische Daten)

Bestimmen des Flankenabstands, den die nachfolgende Elektronik verarbeiten muss

abzgl. kabelabhängiger Laufzeitunterschiede	0,2 ns pro Meter
bei 25 m Kabellänge	5 ns
resultierender Flankenabstand	0,215 µs
abzügl. 10 % Sicherheit	0,022 µs
min. Flankenabstand an der nachfolgenden Elektronik	**0,193 µs**

Berechnungsbeispiel 2
Winkelmessgerät ERA 4000 mit 32 768 Strichen
Anforderungen: Messschritt 0,1 ″, Ausgangssignale TTL (externer Signalkonverter IBV notwendig), Kabellänge von IBV zur nachfolgenden Elektronik 20 m, Minimaler Flankenabstand, den die nachfolgende Elektronik verarbeiten kann, 0,5 µs (Eingangsfrequenz 2 MHz).
Welche Drehzahl ist möglich?

Auswahl des Interpolationsfaktors

32 768 Striche entspricht	40″ Signalperiode
Signalperiode 40″: Messschritt 0,1 ″ =	400fach-Unterteilung
Auswertung in der nachfolgenden Elektronik	4fach
Interpolation in der IBV	**100fach**

Berechnen des Flankenabstands

Zul. Flankenabstand der nachfolgenden Elektronik	0,5 µs
Dies entspricht 90 % des resultierenden Flankenabstands	
daraus folgt: resultierender Flankenabstand	0,556 µs
abzügl. kabelabhängige Laufzeitunterschiede	0,2 ns pro Meter
bei 20 m Kabellänge	4 ns
minimaler Flankenabstand IBV 102	**≥ 0,56 µs**

Auswahl der Eingangsfrequenz
Gemäß Produktinformation sind bei der IBV 102 die Eingangsfrequenzen und somit die Flankenabstände a einstellbar.

nächster passende Flankenabstand	0,585 µs
Eingangsfrequenz bei 100fach-Interpolation	**4 kHz**

Berechnen der zulässigen Drehzahl

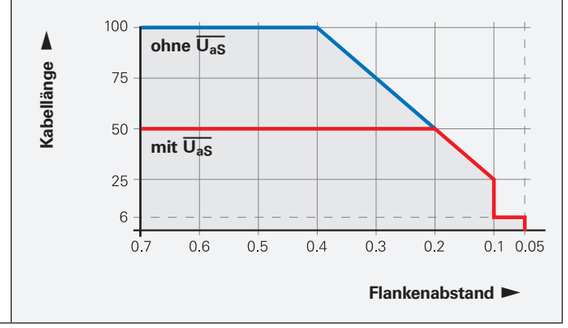
abzügl. 5 % Toleranz	3,8 kHz

Dies sind 3800 Signale pro Sekunde oder 228 000 Signale pro Minute.
Bei 32 768 Strichen des ERA 4000 gilt:

max. zulässige Drehzahl	**6,95 Umdrehungen/min.**

Die zulässige **Kabellänge** für die Übertragung der TTL-Rechtecksignale zur nachfolgenden Elektronik ist abhängig vom Flankenabstand a. Sie beträgt max. 100 m bzw. 50 m für das Störungssignal. Dabei muss die Versorgungsspannung (siehe Technische Daten) am Messgerät gewährleistet sein. Über Sensorleitungen lässt sich die Spannung am Messgerät erfassen und gegebenenfalls mit einer entsprechenden Regeleinrichtung (Remote-Sense-Netzteil) nachregeln.

Zulässige Kabellänge
in Abhängigkeit vom Flankenabstand



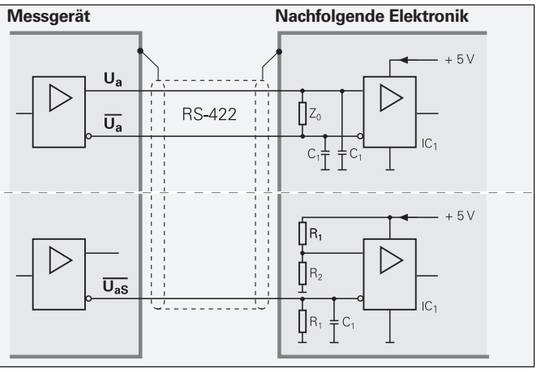
Eingangsschaltung der nachfolgenden Elektronik

Dimensionierung
IC_1 = empfohlene Differenzleitungsempfänger:
DS 26 C 32 AT
nur für a > 0,1 µs:
AM 26 LS 32
MC 3486
SN 75 ALS 193

R_1 = 4,7 kΩ
R_2 = 1,8 kΩ
Z_0 = 120 Ω
C_1 = 220 pF (dient zur Verbesserung der Störsicherheit)

Inkrementalsignale
Referenzmarkensignal

Störungssignal



⊓⊔ HTL – Rechtecksignale

HEIDENHAIN-Messgeräte mit ⊓⊔ HTL-Schnittstelle enthalten Elektroniken, welche die sinusförmigen Abtastsignale ohne oder mit Interpolation digitalisieren.

Die **Inkrementalsignale** werden als Rechteckimpulsfolgen U_{a1} und U_{a2} mit 90° el. Phasenversatz ausgegeben. Das **Referenzmarkensignal** besteht aus einem oder mehreren Referenzimpulsen U_{a0}, die mit den Inkrementalsignalen verknüpft sind. Die integrierte Elektronik erzeugt zusätzlich deren **inverse Signale** $\overline{U_{a1}}$, $\overline{U_{a2}}$ und $\overline{U_{a0}}$ für eine störsichere Übertragung (nicht bei HTLs).
Die dargestellte Folge der Ausgangssignale – U_{a2} nacheilend zu U_{a1} – gilt für die in der Anschlussmaßzeichnung angegebene Bewegungsrichtung.

Das **Störungssignal** $\overline{U_{aS}}$ zeigt Fehlfunktionen an, wie z. B. Ausfall der Lichtquelle etc. Es kann beispielsweise in der automatisierten Fertigung zur Maschinenabschaltung benutzt werden.

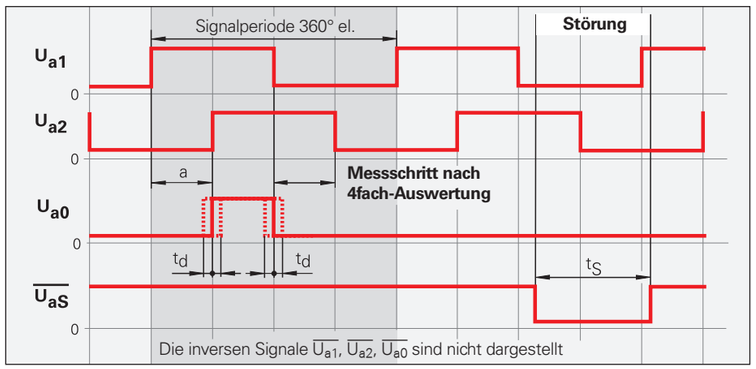
Der **Messschritt** ergibt sich aus dem Abstand zwischen zwei Flanken der Inkrementalsignale U_{a1} und U_{a2} durch 1fach-, 2fach- oder 4fach-Auswertung.

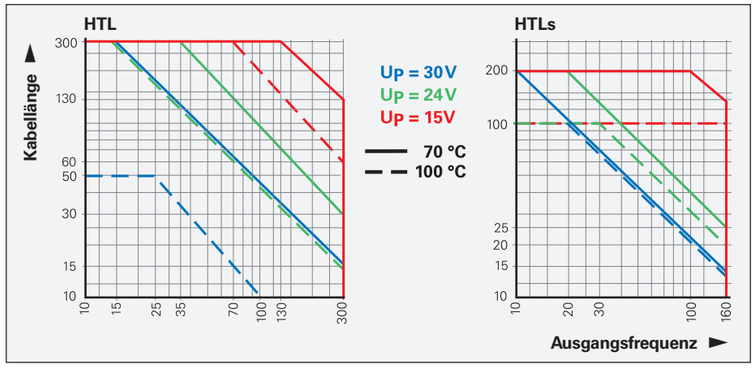
Die nachfolgende Elektronik muss so ausgelegt sein, dass sie jede Flanke der Rechteckimpulse erfasst. Der in den Technischen Daten angegebene minimale **Flankenabstand a** bezieht sich auf eine Messung am Ausgang der angegebenen Differenz-Eingangsschaltung. Um Zählfehler zu vermeiden, sollte die nachfolgende Elektronik so ausgelegt sein, dass sie auch noch 90 % des Flankenabstandes a verarbeiten kann.
Die max. zulässige **Drehzahl** bzw. **Verfahrgeschwindigkeit** darf auch kurzzeitig nicht überschritten werden.

Die zulässige **Kabellänge** bei inkrementalen Messgeräten mit HTL-Signalen ist abhängig von der Ausgangsfrequenz, der anliegenden Versorgungsspannung und der Arbeitstemperatur des Messgeräts.

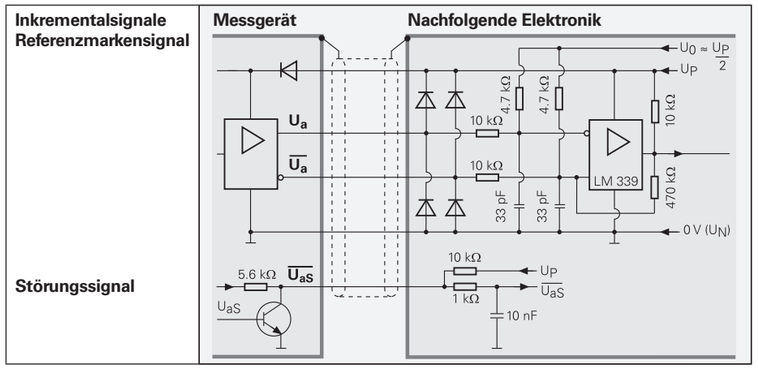
Die **Stromaufnahme** bei Messgeräten mit HTL-Ausgangssignalen ist abhängig von der Ausgangsfrequenz und der Kabellänge zur nachfolgenden Elektronik.

Schnittstelle	Rechtecksignale **⊓⊔ HTL, ⊓⊔ HTLs**
Inkrementalsignale	**2 HTL-Rechtecksignale U_{a1}, U_{a2}** und deren inverse Signale **$\overline{U_{a1}}$, $\overline{U_{a2}}$** (*HTLs* ohne $\overline{U_{a1}}$, $\overline{U_{a2}}$)
Referenzmarkensignal Impulsbreite Verzögerungszeit	**1 oder mehrere HTL-Rechteckimpulse U_{a0}** und deren inverse Impulse **$\overline{U_{a0}}$** (*HTLs* ohne $\overline{U_{a0}}$) 90° el. (andere Breite auf Anfrage) $\lvert t_d \rvert \leq 50$ ns
Störungssignal Impulsbreite	**1 HTL-Rechteckimpuls $\overline{U_{aS}}$** Störung: LOW Gerät in Ordnung: HIGH $t_S \geq 20$ ms
Signalpegel	$U_H \geq 21$ V bei $-I_H = 20$ mA bei Versorgungsspannung $U_L \leq 2{,}8$ V bei $I_L = 20$ mA $U_P = 24$ V, ohne Kabel
Zulässige Belastung	$\lvert I_L \rvert \leq 100$ mA max. Last pro Ausgang, (außer $\overline{U_{aS}}$) $C_{Last} \leq 10$ nF gegen 0 V Ausgänge max. 1 min kurzschlussfest nach 0 V und U_P (außer $\overline{U_{aS}}$)
Schaltzeiten (10 % bis 90 %)	$t_+/t_- \leq 200$ ns (außer $\overline{U_{aS}}$) mit 1 m Kabel und angegebener Eingangsschaltung
Verbindungskabel Kabellänge Signallaufzeit	HEIDENHAIN-Kabel mit Abschirmung z. B. PUR [4(2 × 0,14 mm²) + (4 × 0,5 mm²)] max. 300 m (*HTLs* max. 100 m) 6 ns/m

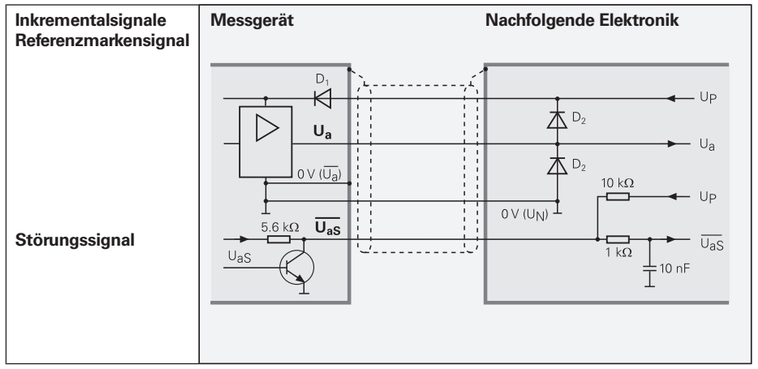




Eingangsschaltung der nachfolgenden Elektronik HTL



HTLs



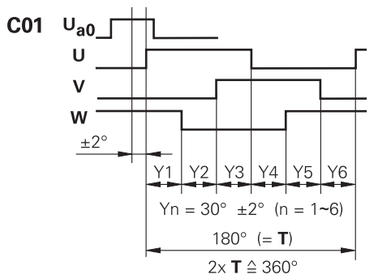
Sonstige Signale

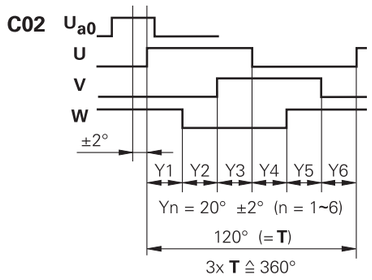
Kommutierungssignale für Blockkommutierung

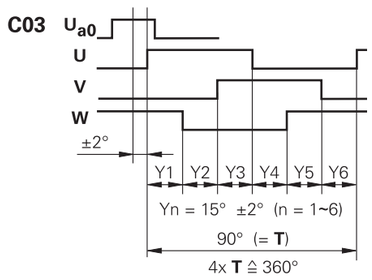
Die **Block-Kommutierungssignale U, V und W** werden aus drei separaten Spuren gewonnen. Sie werden als Rechtecksignale im TTL-Pegel ausgegeben.

Schnittstelle	Rechtecksignale ⊓⊔ **TTL**
Kommutierungs-signale Breite Signalpegel	3 Rechtecksignale U, V, W und deren invertierte Signale $\overline{U}$, $\overline{V}$, $\overline{W}$ 2x180° mech., 3x120° mech. oder 4x90° mech. (weitere auf Anfrage) siehe *Inkrementalsignale* ⊓⊔ *TTL*
Inkrementalsignale	siehe *Inkrementalsignale* ⊓⊔ *TTL*
Verbindungskabel Kabellänge Signallaufzeit	HEIDENHAIN-Kabel mit Abschirmung z. B. PUR [6(2 x 0,14 mm^2) + (4 x 0,5 mm^2)] max. 100 m 6 ns/m

Kommutierungssignale
(Werte in Grad mechanisch)





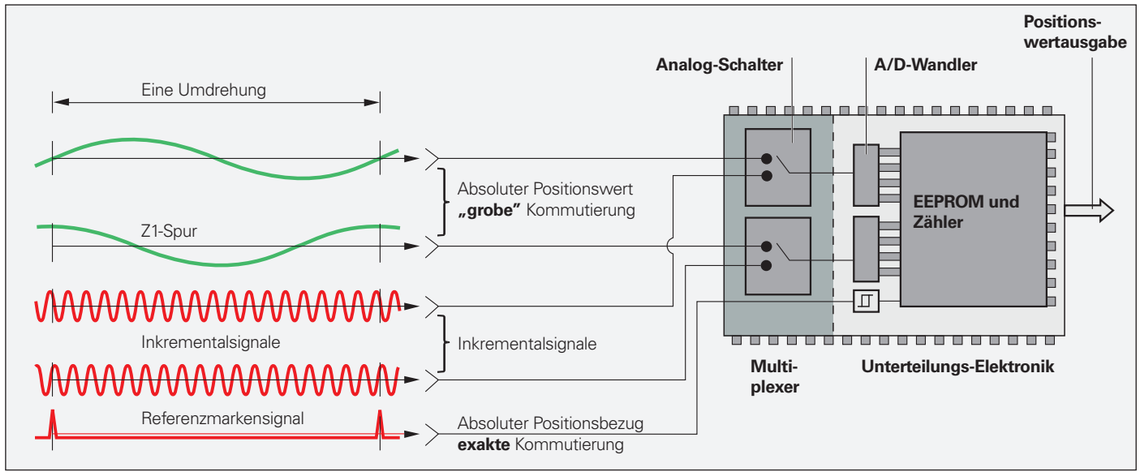


Kommutierungssignale für Sinuskommutierung

Die **Kommutierungssignale C und D** werden aus der sogenannten Z1-Spur gewonnen und entsprechen einer Sinus- bzw. Kosinusperiode pro Umdrehung. Sie besitzen eine Signalgröße von typ. 1 V_{SS} an 1 kΩ.
Die Eingangsschaltung der nachfolgenden Elektronik entspricht der ∿ 1 V_{SS}-Schnittstelle. Der erforderliche Abschlusswiderstand Z_0 beträgt jedoch 1 kΩ anstatt 120 Ω.

Schnittstelle	sinusförmige Spannungssignale ∿ **1 V_{SS}**
Kommutierungs-signale	**2 annähernd sinusförmige Signale C und D** Signalpegel siehe *Inkrementalsignale* ∿ *1 V_{SS}*
Inkrementalsignale	siehe *Inkrementalsignale* ∿ *1 V_{SS}*
Verbindungskabel Kabellänge Signallaufzeit	HEIDENHAIN-Kabel mit Abschirmung z. B. PUR [4(2 x 0,14 mm^2) + (4 x 0,14 mm^2) + (4 x 0,5 mm^2)] max. 150 m 6 ns/m

Elektronische Kommutierung mit Z1-Spur



Limit-Schalter

Messgeräte mit Limitschalter, z. B. LIDA 400, sind mit zwei integrierten Limit-Schaltern ausgestattet, die eine Endlagen-Erkennung oder den Aufbau einer Homing-Spur ermöglichen. Die Limit-Schalter werden durch unterschiedliche aufklebbare Magnete betätigt, damit wird ein gezieltes Schalten des rechten oder linken Limit-Schalters möglich. Durch Aneinanderreihen von Magneten lassen sich auch Homing-Spuren aufbauen.

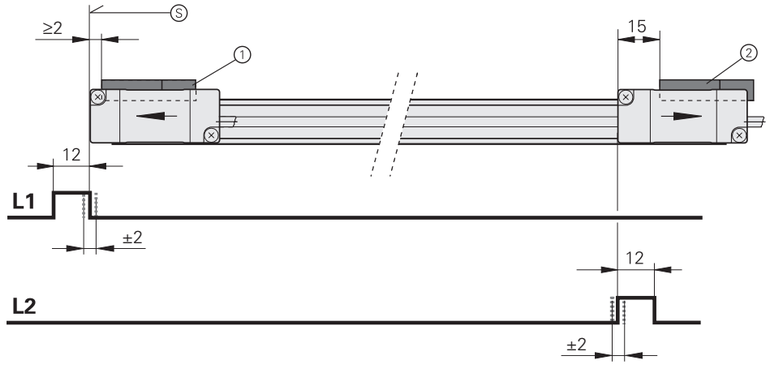
Die Limit-Schalter-Signale werden über separate Leitungen ausgegeben und sind so direkt verfügbar.

	LIDA 4xx
Ausgangssignale	HIGH-/LOW-Pegel je 1 TTL-Rechteckimpuls für Limit-Schalter L1 und L2
Signalgröße	Kollektorstufe mit Arbeitswiderstand 10 kΩ gegen 5 V
Zulässige Belastung	I_{aL} ≤ 4 mA I_{aH} ≤ 4 mA
Schaltzeiten (10 % bis 90 %) Anstiegszeit Abfallzeit	t_+ ≤ 10 µs t_- ≤ 3 µs gemessen mit 3 m Kabel und empfohlener Eingangsschaltung
Zulässige Kabellänge	max. 20 m

mm
Tolerancing ISO 8015
ISO 2768 - m H
≤ 6 mm: ±0.2 mm

L1/L2 = Ausgangssignale der Limit-Schalter 1 und 2
Toleranz der Schaltflanke: ±2 mm

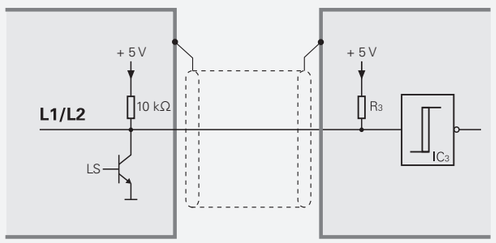
Ⓢ = Beginn der Messlänge ML
1 = Magnet N für Limit-Schalter 1
2 = Magnet S für Limit-Schalter 2



Eingangsschaltung der nachfolgenden Elektronik

Dimensionierung
IC_3 z. B. 74AC14
R_3 = 1,5 kΩ

Limit-Schalter LIDA 400



Lage-Erkennung

Messgeräte mit Lage-Erkennung, z. B. LIF 4x1/LIP 60x1, verfügen neben der Inkrementalteilung über eine Homing-Spur und Limit-Schalter zur Endlagenerkennung.

Die Signale werden im TTL-Pegel über separate Leitungen H und L ausgegeben und sind so direkt verfügbar.

Beim LIP 60x1 ist mit dem PWM 21 auch ein Feinabgleich der Limit-/Homing-Lage möglich.

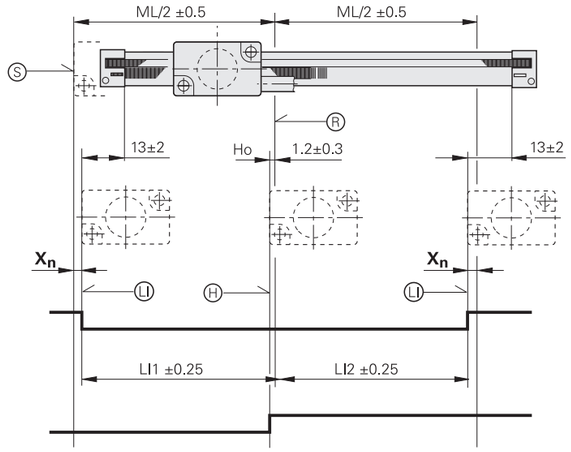
	LIF 4x1/LIP 60x1
Ausgangssignale	je 1 TTL-Impuls für Homing-Spur H und Limit-Schalter L
Signalgröße	TTL $U_H \geq 3{,}8\,V$ bei $-I_H = 8\,mA$ $U_L \leq 0{,}45\,V$ bei $I_L = 8\,mA$
Zulässige Belastung	$R \geq 680\,\Omega$ $\lvert I_L \rvert \leq 8\,mA$
Zulässige Kabellänge	max. 10 m, bei LIP 60x1 während des Abgleichs mit PWM 21 max. 3 m

LIF 4x1

mm

Tolerancing ISO 8015
ISO 2768 - m H
≤ 6 mm: ±0.2 mm

Ⓡ = Referenzmarken-Lage
Ⓢ = Beginn der Messlänge ML
Ⓛ = Limit-Marke, verstellbar
Ⓗ = Schalter für Homingspur
Ho = Schaltpunkt Homing



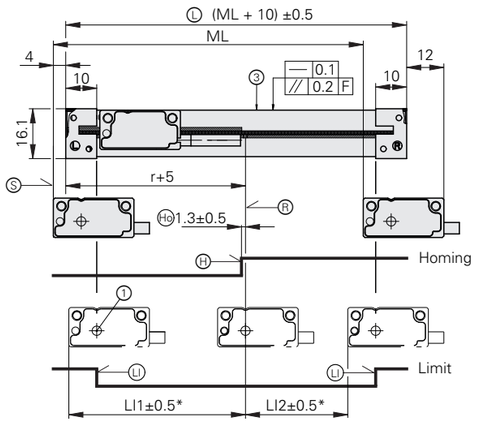
X_n =
Var. 01 X_1 = 2 mm
Var. 02 X_2 = 14 mm
Var. 03 X_3 = 22 mm

LIP 60x1

mm

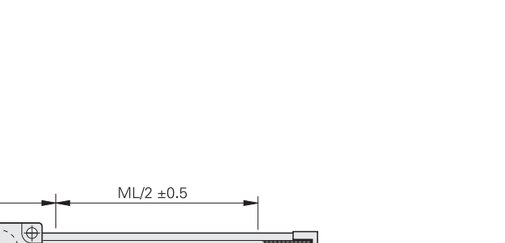
Tolerancing ISO 8015
ISO 2768 - m H
≤ 6 mm: ±0.2 mm

Ⓡ = Referenzmarken-Lage
Ⓢ = Beginn der Messlänge ML
Ⓛ = Limit-Marke, verstellbar
Ⓗ = Schalter für Homingspur
Ho = Schaltpunkt Homing



Eingangsschaltung der nachfolgenden Elektronik

Dimensionierung
IC_3 z. B. 74AC14
R_3 = 4,7 kΩ

Limit-Schalter **Homing-Spur** **LIF 400** **LIP 6000**	

Weitere Informationen
Signalkonverter

Die Signalkonverter von HEIDENHAIN ermöglichen eine flexible Anpassung der Schnittstellen von Messgerätesignalen an die Anforderungen Ihrer Applikation. Applikationsabhängig werden zusätzliche Signale wie z. B. Temperatursensoren verarbeitet und an die nachfolgende Elektronik übermittelt.

Eingangssignale der Signalkonverter
HEIDENHAIN-Signalkonverter können an Messgeräte mit sinusförmigen Signalen 1 V_{SS} (Spannungssignale) oder 11 μA_{SS} (Stromsignale) angeschlossen werden. An verschiedenen Signalkonvertern sind auch Messgeräte mit den seriellen Schnittstellen EnDat oder SSI anschließbar.

Ausgangssignale der Signalkonverter
Die Signalkonverter gibt es mit folgenden Schnittstellen zur nachfolgenden Elektronik:
- TTL – Rechteckimpulsfolgen
- EnDat 2.2
- DRIVE-CLiQ
- Fanuc Serial Interface
- Mitsubishi high speed interface
- Yaskawa Serial Interface
- Profibus

Interpolation der sinusförmigen Eingangssignale
Zusätzlich zur Signalwandlung werden die sinusförmigen Messgerätesignale im Signalkonverter interpoliert. Dadurch werden feinere Messschritte und damit eine höhere Regelgüte und ein besseres Positionierverhalten erreicht.

Bildung eines Positionswerts
Verschiedene Signalkonverter verfügen über eine integrierte Zählerfunktion. Ausgehend vom zuletzt gesetzten Bezugspunkt wird mit Überfahren der Referenzmarke ein absoluter Positionswert gebildet und an die nachfolgende Elektronik ausgegeben.

Gehäusebauform

Steckerbauform

Kabelbauform

Hutschienen-Bauform

Ausgänge		Eingänge		Bauform – Schutzart	Interpolation[1] bzw. Unterteilung	Typ
Schnittstelle	**Anzahl**	**Schnittstelle**	**Anzahl**			
⊓⊔TTL	1	∼ 1 V_{SS}	1	Gehäusebauform – IP65	5/10fach	**IBV 101**
					20/25/50/100fach	**IBV 102**
					ohne Interpolation	**IBV 600**
					25/50/100/200/400fach	**IBV 660 B**
				Steckerbauform – IP40	5/10fach	**IBV 3171**
					20/25/50/100fach	**IBV 3271**
		∼ 11 μA_{SS}	1	Gehäusebauform – IP65	5/10fach	**EXE 101**
					20/25/50/100fach	**EXE 102**
⊓⊔TTL/ ∼ 1 V_{SS} einstellbar	2	∼ 1 V_{SS}	1	Gehäusebauform – IP65	2fach	**IBV 6072**
					5/10fach	**IBV 6172**
					5/10fach und 20/25/50/100fach	**IBV 6272**
EnDat 2.2	1	∼ 1 V_{SS}	1	Gehäusebauform – IP65	≤ 16384fach Unterteilung	**EIB 192**
				Steckerbauform – IP40	≤ 16384fach Unterteilung	**EIB 392**
			2	Gehäusebauform – IP65	≤ 16384fach Unterteilung	**EIB 1512**
DRIVE-CLiQ	1	EnDat 2.2	1	Gehäusebauform – IP65	–	**EIB 2391 S**
				Kabelbauform – IP65	–	**EIB 3392 S**
Fanuc Serial Interface	1	∼ 1 V_{SS}	1	Gehäusebauform – IP65	≤ 16384fach Unterteilung	**EIB 192 F**
				Steckerbauform – IP40	≤ 16384fach Unterteilung	**EIB 392 F**
			2	Gehäusebauform – IP65	≤ 16384fach Unterteilung	**EIB 1592 F**
Mitsubishi high speed interface	1	∼ 1 V_{SS}	1	Gehäusebauform – IP65	≤ 16384fach Unterteilung	**EIB 192 M**
				Steckerbauform – IP40	≤ 16384fach Unterteilung	**EIB 392 M**
			2	Gehäusebauform – IP65	≤ 16384fach Unterteilung	**EIB 1592 M**
Yaskawa Serial Interface	1	EnDat 2.2	1	Steckerbauform – IP40	–	**EIB 3391 Y**
PROFIBUS-DP	1	EnDat 2.2	1	Hutschienen-Bauform	–	**PROFIBUS-Gateway**
PROFINET IO	1	EnDat 2.2	1	Hutschienen-Bauform	–	**PROFINET-Gateway**

[1] Umschaltbar

Diagnose, Prüf- und Testgeräte

HEIDENHAIN-Messgeräte liefern alle zur Inbetriebnahme, Überwachung und Diagnose notwendigen Informationen. Die Art der verfügbaren Informationen hängt davon ab, ob es sich um ein inkrementales oder absolutes Messgerät handelt und welche Schnittstelle verwendet wird.

Inkrementale Messgeräte besitzen vorzugweise 1 V_{SS}-, TTL- oder HTL-Schnittstellen. TTL- und HTL-Messgeräte überwachen geräteintern die Signalamplituden und generieren daraus ein einfaches Störungssignal. Bei 1 V_{SS}-Signalen ist eine Analyse der Ausgangssignale nur mit externen Prüfgeräten bzw. mit Rechenaufwand in der nachfolgenden Elektronik möglich (**analoge Diagnoseschnittstelle**).

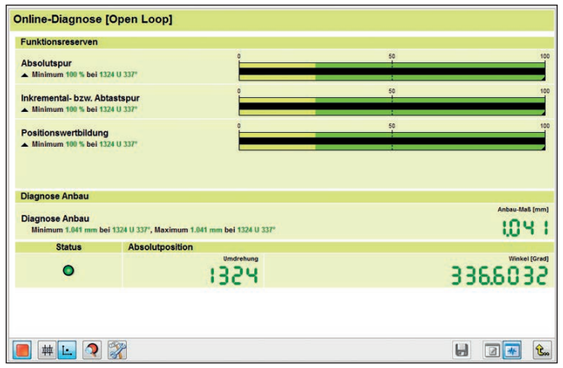
Absolute Messgeräte arbeiten mit serieller Datenübertragung. Abhängig von der Schnittstelle werden zusätzlich 1 V_{SS}-Inkrementalsignale ausgegeben. Die Signale werden geräteintern umfangreich überwacht. Das Überwachungsergebnis (speziell bei Bewertungszahlen) kann neben den Positionswerten über die serielle Schnittstelle zur nachfolgenden Elektronik übertragen werden (**digitale Diagnoseschnittstelle**). Es gibt folgende Informationen:

- Fehlermeldung: Positionswert ist nicht zuverlässig
- Warnmeldung: eine interne Funktionsgrenze des Messgerätes ist erreicht
- Bewertungszahlen:
  - detaillierte Informationen zur Funktionsreserve des Messgerätes
  - identische Skalierung für alle HEIDENHAIN-Messgeräte
  - zyklisches Auslesen möglich

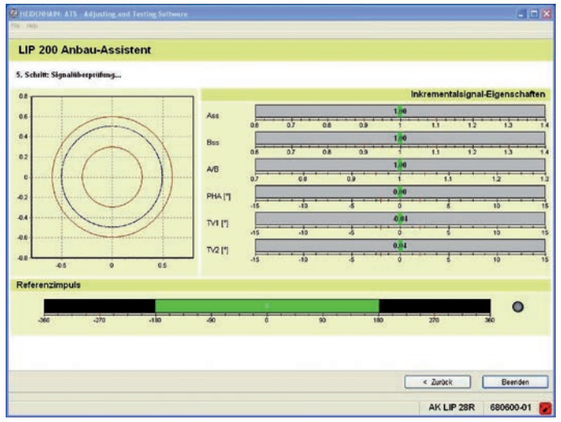
Die nachfolgende Elektronik kann damit ohne großen Aufwand den aktuellen Zustand des Messgerätes auch im geschlossenen Regelbetrieb bewerten.

Zur Analyse der Messgeräte bietet HEIDENHAIN die passenden Prüfgeräte PWM und Testgeräte PWT an. Abhängig davon, wie sie eingebunden werden, unterscheidet man:

- Messgeräte-Diagnose: Das Messgerät ist direkt an das Prüf- bzw. Testgerät angeschlossen. Damit ist eine ausführliche Analyse der Messgerätefunktionen möglich.
- Monitoring-Betrieb: Das Prüfgerät PWM wird in den geschlossenen Regelkreis eingeschleift (ggf. über geeignete Prüfadapter). Damit ist eine Echtzeit-Diagnose der Maschine bzw. Anlage während des Betriebs möglich. Die Funktionen sind abhängig von der Schnittstelle.



Diagnose über PWM 21 und ATS-Software



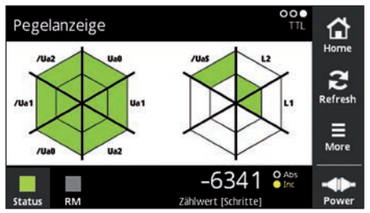
Inbetriebnahme über PWM 21 und ATS-Software

Übersicht		PWM 21		PWT 101
Schnittstelle	**Ausgangssignale (Auswahl)**	**Messgeräte-Diagnose**	**Monitoring-Betrieb**	**Messgeräte-Diagnose**
EnDat 2.1 (mit Inkrementalsignalen)	Positionswert Inkrementalsignale	Ja Ja	Nein Ja	Ja Ja
EnDat 2.2 (ohne Inkrementalsignale)	Positionswert Bewertungszahlen	Ja Ja	Ja Ja[1]	Ja Ja
DRIVE-CLiQ	Positionswert Bewertungszahlen	Ja Ja	Nein Nein	Nein[7] Nein[7]
Fanuc	Positionswert Bewertungszahlen	Ja Ja	Ja Ja	Ja[8] Ja[8]
Mitsubishi	Positionswert Bewertungszahlen	Ja Ja[5]	Ja Ja[1) 5]	Ja[8] Ja[8]
Panasonic	Positionswert Bewertungszahlen	Ja Ja	Ja Ja[1]	Ja[8] Ja[8]
Yaskawa	Positionswert Bewertungszahlen	Ja Ja[6]	Nein[7] Nein[7]	Ja[8] Ja[8]
SSI	Positionswert Inkrementalsignale	Ja Ja	Nein Ja	Nein Nein
1 V_{SS}	Inkrementalsignale	Ja	Ja	Ja
11 μA_{SS}	Inkrementalsignale	Ja	Ja	Ja
TTL	Inkrementalsignale Abtastsignale	Ja Ja[4]	Ja Nein	Ja Ja[4]
HTL	Inkrementalsignale	Ja[2]	Nein	Nein[7]
Kommutierung	Blockkommutierung Sinuskommutierung	Ja[2] Ja	Nein Ja	Ja[3] Ja

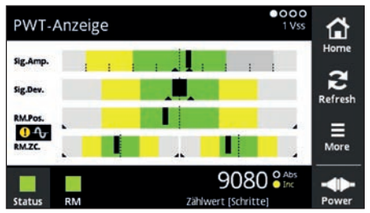
[1] Information muss von der Steuerung angefragt und übertragen werden
[2] Über entsprechenden Signaladapter
[3] Nur für Messgeräte mit Blockkommutierung, siehe Dokumentation des Messgeräts
[4] Wenn vom Messgerät unterstützt (PWT-Funktion)
[5] Nicht verfügbar für Messgeräte mit Bestellbezeichnung Mitsu01
[6] Nicht verfügbar für EIB 3391Y
[7] Funktion aktuell noch nicht verfügbar
[8] Voraussetzung ist eine Two-Pair-Transmission (weitere Informationen siehe Dokumentation PWT 100/PWT 101)

PWT 101
Das PWT 101 ist ein Testgerät zur Funktionskontrolle sowie Justage von inkrementalen und absoluten HEIDENHAIN-Messgeräten. Dank der kompakten Abmessungen und des robusten Designs ist das PWT 101 besonders für den mobilen Einsatz geeignet.

	PWT 101
Messgerät-Eingang nur für HEIDENHAIN-Messgeräte	• EnDat 2.1 oder EnDat 2.2 (mit bzw. ohne Inkrementalsignale) • Fanuc Serial Interface • Mitsubishi high speed interface • Panasonic Serial Interface • Yaskawa Serial Interface • 1 V_{SS} • 11 μA_{SS} • TTL
Anzeige	4,3″ Touchscreen
Versorgungsspannung	DC 24 V Leistungsaufnahme max. 15 W
Arbeitstemperatur	0 °C bis 40 °C
Schutzart EN 60529	IP20
Abmessungen	ca. 145 mm × 85 mm × 35 mm



Pegelanzeige



PWT-Anzeige

Anbau-Assistent
Für den Anbau von offenen oder mehrteiligen Längenmessgeräten bzw. modularen Winkelmessgeräten wird das PWM 21 zusammen mit der Justage- und Prüfsoftware (ATS) empfohlen. Das PWT 101 kann – wenn es die Messgeräteschnittstelle unterstützt – ebenfalls verwendet werden. Jedoch mit eingeschränktem Umfang.

Messgeräte*	Verwendung von PWT 101
LIC 21xx, LIC 31xx, LIF 4xx, LIF 1xx, LIDA 4xx, LIDA 2xx, ERM 2xxx	✓
LIC 41xx, LIP 3xx, LB 3xx, LC 2xx, PP 281, ECA 4xxx, ECM 24xx, ERA 4xxx, ERA 7xxx, ERA 8xxx, ERP 880	eingeschränkt möglich: Für eine optimale Anbauqualität bitte das PWM 21 mit Justage- und Prüfsoftware ATS verwenden
LIP 2xx, LIP 6xxx, ERP 1xxx, ERO 2xxx	PWM 21 mit Justage- und Prüfsoftware ATS erforderlich

*Bitte beachten Sie die Hinweise in der Messgeräte-Dokumentation

PWM 21
Das Phasenwinkel-Messgerät PWM 21 dient zusammen mit der im Lieferumfang enthaltenen Justage- und Prüf-Software ATS als Justage- und Prüfpaket zur Diagnose und Justage von HEIDENHAIN-Messgeräten.

Weitere Informationen finden Sie in der Produktinformation *PWM 21/ATS-Software*.

	PWM 21
Messgeräte-Eingang	• EnDat 2.1 oder EnDat 2.2 (mit bzw. ohne Inkrementalsignale) • EnDat 3 (ggf. Signaladapter erforderlich) • DRIVE-CLiQ • Fanuc Serial Interface • Mitsubishi high speed interface • Yaskawa Serial Interface • Panasonic serial interface • SSI • 1 V_{SS}/TTL/11 μA_{SS} • HTL (über Signaladapter)
Schnittstelle	USB 2.0
Versorgungsspannung	AC 100 V bis 240 V oder DC 24 V
Abmessungen	258 mm × 154 mm × 55 mm

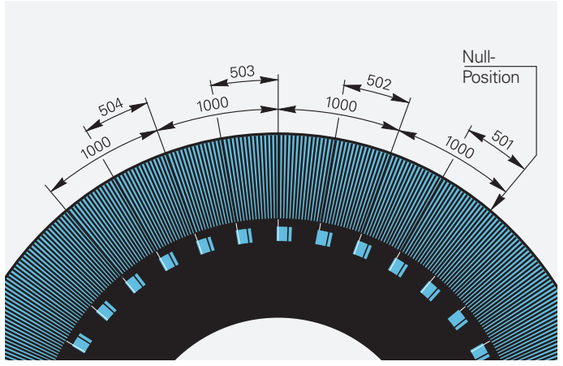
	ATS
Sprachen	Deutsch, Englisch, Französisch, Italienisch, Spanisch, Koreanisch, Chinesisch (vereinfacht), Chinesisch (traditionell)
Funktionen	• Positionsanzeige • Verbindungsdialog • Diagnose • Anbauassistent für EBI/ECI/EQI, LIP 200, LIC 4000 und weitere • Zusatzfunktionen (sofern vom Messgerät unterstützt) • Speicherinhalte
Systemvoraussetzungen bzw. -empfehlungen	PC (Dual-Core-Prozessor; > 2 GHz) Arbeitsspeicher > 2 GByte Betriebssystem Windows 7, 8 und 10 (32 Bit/64 Bit) 500 MByte frei auf Festplatte

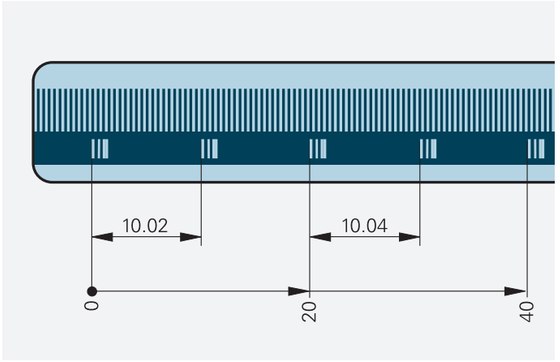
DRIVE-CLiQ ist eine geschützte Marke der Siemens AG.

Messprinzipien

Inkrementelles Messverfahren
Beim inkrementalen Messverfahren besteht die Teilung aus einer regelmäßigen Gitterstruktur. Die Positionsinformation wird durch Zählen der einzelnen Inkremente (Messschritte) von einem beliebig gesetzten Nullpunkt aus gewonnen. Die Bestimmung der Drehzahl bzw. der Verfahrgeschwindigkeit erfolgt durch mathematische Ableitung der Positionsveränderungen über die Zeit. Da zum Bestimmen von Positionen ein absoluter Bezug erforderlich ist, verfügen die Maßverkörperungen über eine weitere Spur, die eine bzw. mehrere Referenzmarken trägt. Die mit der Referenzmarke festgelegte absolute Position der Maßverkörperung ist genau einem Messschritt bzw. Signalperiode zugeordnet. Bevor also ein absoluter Bezug hergestellt oder der zuletzt gewählte Bezugspunkt wiedergefunden wird, muss die Referenzmarke überfahren werden. Im ungünstigen Fall sind Maschinenbewegungen über große Teile des Messbereichs notwendig. Um dieses „Referenzpunktfahren" zu erleichtern, verfügen viele HEIDENHAIN-Messgeräte über abstandscodierte Referenzmarken: die Referenzmarkenspur enthält mehrere Referenzmarken mit definiert unterschiedlichen Abständen. Die nachfolgende Elektronik ermittelt bereits beim Überfahren von zwei benachbarten Referenzmarken ohne Richtungsumkehr – also nach kurzem Verfahrweg – den absoluten Bezug. Teilungstrommeln bzw. Messgeräte mit abstandscodierten Referenzmarken sind mit dem Buchstaben „C" hinter der Typenbezeichnung gekennzeichnet (z. B. bei Winkelmessgeräten TTR ERM 2200 C, ERA 4200 C und dem Längenmessgerät LS 487 C). Der absolute Bezug wird bei abstandscodierten Referenzmarken durch Zählen der Inkremente zwischen zwei Referenzmarken ermittelt und nach folgenden Formeln berechnet.

Absolutes Messverfahren
Beim **absoluten Messverfahren** steht der Positionswert unmittelbar nach dem Einschalten des Messgeräts zur Verfügung und kann jederzeit von der nachfolgenden Elektronik abgerufen werden. Ein Verfahren der Achsen zum Ermitteln der Bezugsposition ist nicht erforderlich. Diese absolute Positionsinformation wird **aus der Maßverkörperung** ermittelt, die als serielle Codestruktur aufgebaut ist. Eine separate Inkrementalspur wird für den Positionswert interpoliert.





Winkelmessgeräte:

$$\alpha_1 = (\text{abs A} - \text{sgn A} - 1) \times \frac{G}{2} + (\text{sgn A} - \text{sgn D}) \times \frac{\text{abs } M_{RR}}{2}$$

wobei:

$$A = \frac{2 \times \text{abs } M_{RR} - G}{TP}$$

Es bedeuten:
α_1 = Absolute Winkelposition der zuerst überfahrenen Referenzmarke zur Null-Position in Grad
abs = Absolutbetrag
sgn = Signum-Funktion (Vorzeichen Funktion = „+1" oder „–1")
M_{RR} = Messwert zwischen den überfahrenen Referenzmarken in Grad
G = Grundabstand zwischen zwei festen Referenzmarken (siehe Tabellen)
TP = Teilungsperiode ($\frac{360°}{\text{Strichzahl}}$)
D = Drehrichtung (+1 oder –1)
Die Drehung gemäß Anschlussmaße ergibt „+1"

Längenmessgeräte:

$$P_1 = (\text{abs B} - \text{sgn B} - 1) \times \frac{G}{2} + (\text{sgn B} - \text{sgn V}) \times \frac{\text{abs } M_{RR}}{2}$$

wobei:

$$B = 2 \times M_{RR} - G$$

Es bedeuten:
P_1 = Position der zuerst überfahrenen Referenzmarke in Signalperioden
abs = Absolutbetrag
sgn = Signum-Funktion (Vorzeichen-Funktion = „+1" oder „–1")
M_{RR} = Anzahl der Signalperioden zwischen den überfahrenen Referenzmarken
G = Grundabstand zwischen zwei festen Referenzmarken in Signalperioden (siehe Tabelle)
V = Verfahrrichtung (+1 oder –1) Verfahren der Abtasteinheit nach rechts (Anbau gemäß Anschlussmaße) ergibt „+1"

Allgemeine elektrische Hinweise

Geltungsbereich

Die allgemeinen elektrischen Hinweise gelten für HEIDENHAIN-Messgeräte, -Signalkonverter und -Kabel. Abweichungen sind den Technischen Daten zu entnehmen.
Im gesamten Kapitel *Allgemeine elektrische Hinweise* bezeichnet „Messgeräte" sowohl HEIDENHAIN-Messgeräte als auch HEIDENHAIN-Signalkonverter.

Spannungsversorgung

Schließen Sie HEIDENHAIN-Messgeräte nur an nachfolgende Elektroniken an, deren Versorgungsspannung aus PELV-Systemen (Begriffserklärung siehe EN 60204-1) erzeugt wird.

Messgeräte erfüllen die Anforderungen der Norm IEC 61010-1, wenn die Spannungsversorgung aus einem Sekundärkreis mit begrenzter Energie (Low Voltage, Limited Energy) nach IEC 61010-1[3rd Ed.], Abschnitt 9.4 oder aus einem Sekundärkreis der Klasse 2 nach UL1310 erfolgt.[1)]

Messgeräte, die für Funktionale Sicherheit zertifiziert sind, erfüllen, wenn im Zertifikat angegeben, zusätzlich die Anforderungen der Norm IEC 61800-5-3, wenn die Spannungsversorgung aus einem Sekundärkreis mit der maßgeblichen Spannungsklasse DVC A erfolgt.

Zur Spannungsversorgung der Messgeräte ist eine **stabilisierte Gleichspannung U_P** erforderlich. Spannungsangabe sowie Stromaufnahme bzw. Leistungsaufnahme sind aus den jeweiligen Technischen Daten ersichtlich. Für die Welligkeit der Gleichspannung gilt:
- Hochfrequentes Störsignal U_{SS} < 250 mV mit dU/dt > 5 V/µs
- Niederfrequente Grundwelligkeit U_{SS} < 100 mV

Allerdings dürfen durch die Welligkeit die Grenzen der Versorgungsspannung nicht verletzt werden.

Die Spannungswerte müssen am Messgerät eingehalten werden. Bei Messgeräten mit fest verbundener Kabelbaugruppe muss der Spannungsabfall in dieser Kabelbaugruppe berücksichtigt werden. Weitere Angaben (z. B. Querschnitt der Versorgungsadern) sind ggf. der Dokumentation des Messgerätes zu entnehmen. Die am Messgerät anliegende Spannung lässt sich über die **Sensorleitungen**, wenn vorhanden, überprüfen und ggf. nachregeln. Steht kein regelbares Netzteil zur Verfügung, sollen die Sensorleitungen zu den jeweiligen Versorgungsadern parallel geschaltet werden, um den Spannungsabfall zu reduzieren.

Für die Auslegung der Spannungsversorgung ist die maximale Strom- bzw. Leistungsaufnahme gemäß den **Technischen Daten** zu verwenden.

Für Vergleichs- und Prüfzwecke ist zusätzlich die typische Strom- bzw. Leistungsaufnahme bei typischen Umgebungs- und Betriebsbedingungen ohne Last (nur Spannungsversorgung angeschlossen) für die typische Versorgungsspannung bzw. Nennspannung mit angegeben. Diese Angabe hat nur informativen Charakter; eine Änderung kann jederzeit ohne Vorankündigung erfolgen.

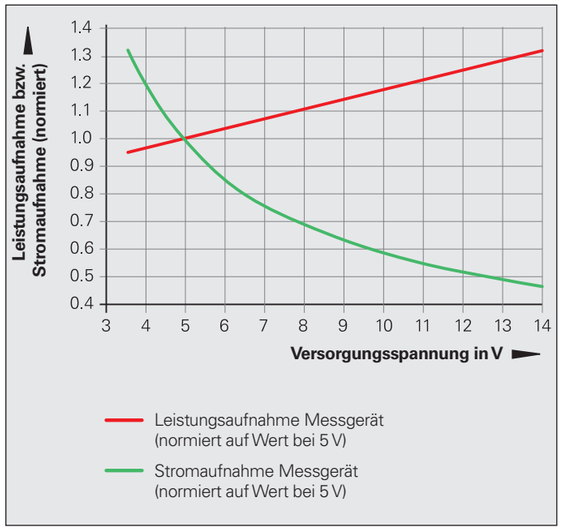
Zur **Berechnung der Strom- bzw. Leistungsaufnahme** des Messgerätes ist die tatsächlich am Messgerät anliegende Spannung U_P zu berücksichtigen. Diese setzt sich zusammen aus der Versorgungsspannung U_E, welche die nachfolgende Elektronik zur Verfügung stellt, abzüglich des **Spannungsabfalls** ΔU auf den Versorgungsadern.

Die erforderliche Versorgungsspannung ist von der Messgeräte-Schnittstelle abhängig. Dabei wird zwischen Messgeräten ohne erweitertem Versorgungsspannungsbereich (z. B. DC 5,0 V ±0,25 V) und mit erweitertem Versorgungsspannungsbereich (z. B. DC 3,6 V bis 14 V) unterschieden.

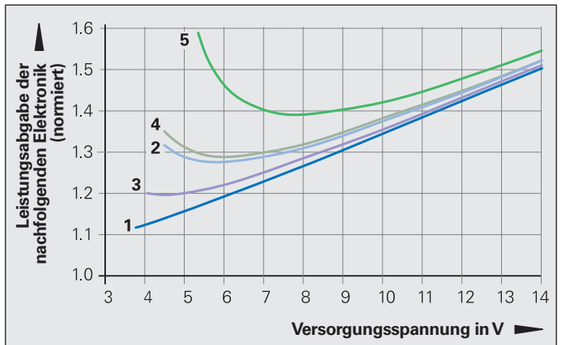
Messgeräte mit erweitertem Versorgungsspannungsbereich
Bei Messgeräten mit erweitertem Versorgungsspannungsbereich steht die Stromaufnahme in einem nichtlinearen Zusammenhang zur Versorgungsspannung. Die Leistungsaufnahme des Messgerätes zeigt dagegen einen näherungsweise linearen Verlauf (siehe Diagramm Strom- bzw. Leistungsaufnahme).

1) Anstelle der IEC 61010-1[3rd Ed.], Abschnitt 9.4 können auch die entsprechenden Abschnitte der Normen DIN EN 61010-1, EN 61010-1, UL 61010-1 und CAN/CSA-C22.2 No. 61010-1 verwendet werden.

Strom- bzw. Leistungsaufnahme abhängig von der Versorgungsspannung (beispielhafte Darstellung)



Einfluss der Kabellänge auf die Leistungsabgabe der nachfolgenden Elektronik (beispielhafte Darstellung)



	Messgeräte-/Adapterkabel	Verbindungskabel	Gesamt
1	3 m	/	3 m
2	20 m	/	20 m
3	3 m	17 m	20 m
4	3 m	47 m	50 m
5	3 m	97 m	100 m

In den Technischen Daten ist daher die maximale Leistungsaufnahme bei minimaler und maximaler Versorgungsspannung angegeben. In dieser maximalen Leistungsaufnahme sind berücksichtigt:

- Empfohlene Empfängerschaltung
- Kabellänge 1 m
- Alterung und Temperatureinflüsse
- Bestimmungsgemäße Verwendung des Messgerätes hinsichtlich Taktfrequenz und Zykluszeit

Für **Messgeräte mit erweitertem Versorgungsspannungsbereich** muss die Berechnung des Spannungsabfalls ΔU auf den Versorgungsadern die nichtlineare Stromaufnahme berücksichtigen. Dies erfolgt in drei Schritten:

***Schritt 1:* Widerstand der Versorgungsadern**

Der Widerstand der Versorgungsadern (Adapter- und Verbindungskabel) kann über die Formel ermittelt werden:

$$R_L = 2 \cdot \frac{1{,}05 \cdot L_K}{56 \cdot A_V}$$

***Schritt 2:* Koeffizienten zur Ermittlung des Spannungsabfalls**

$$b = R_L \cdot \frac{P_{Mmax} - P_{Mmin}}{U_{Pmax} - U_{Pmin}} + U_E$$

$$c = P_{Mmin} \cdot R_L + \frac{P_{Mmax} - P_{Mmin}}{U_{Pmax} - U_{Pmin}} \cdot R_L \cdot (U_E - U_{Pmin})$$

***Schritt 3:* Spannungsabfall basierend auf den Koeffizienten b bzw. c**

$$\Delta U = 0{,}5 \cdot (b - \sqrt{b^2 - 4 \cdot c})$$

Messgeräte ohne erweiterten Versorgungsspannungsbereich

Für Messgeräte ohne erweiterten Versorgungsspannungsbereich (typische Versorgungsspannung DC 5 V) berechnet sich der Spannungsabfall ΔU auf den Versorgungsadern gemäß:

$$\Delta U = 2 \cdot \frac{1{,}05 \cdot L_K}{56 \cdot A_V} \cdot I_M \cdot 10^{-3}$$

Wenn der Wert für den Spannungsabfall ΔU vorliegt, lassen sich für Messgerät und nachfolgende Elektronik die Parameter Spannung am Messgerät, Stromaufnahme sowie Leistungsaufnahme des Messgerätes und die von der nachfolgenden Elektronik zur Verfügung zu stellende Leistung berechnen.

Spannung am Messgerät:
$U_P = U_E - \Delta U$

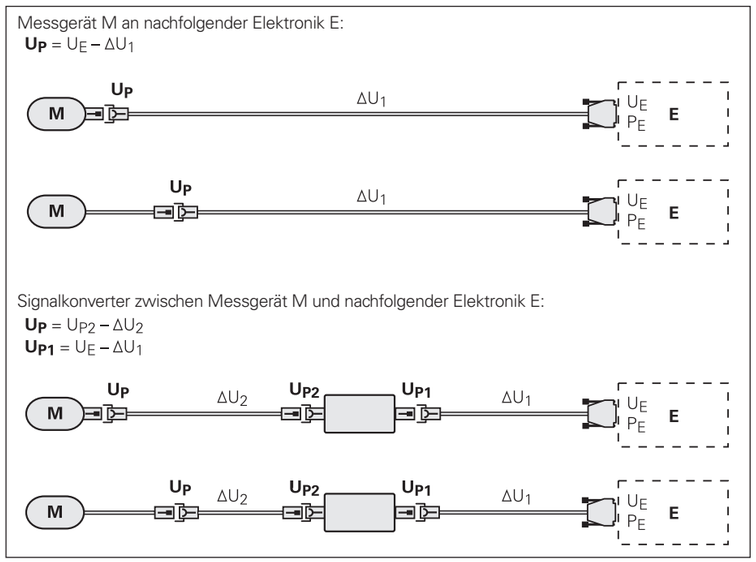
Stromaufnahme des Messgerätes:
$I_M = \frac{\Delta U}{R_L}$

Leistungsaufnahme des Messgerätes:
$P_M = U_P \cdot I_M$

Leistungsabgabe der nachfolgenden Elektronik:
$P_E = U_E \cdot I_M$

Es bedeuten:

U_P	Spannung am Messgerät in V
I_M	Stromaufnahme des Messgerätes in mA
P_M	Leistungsaufnahme des Messgerätes in W
U_E	Versorgungsspannung an der nachfolgenden Elektronik in V
P_E	Leistungsabgabe der nachfolgenden Elektronik in W
ΔU	Spannungsabfall über das Kabel in V
L_K	Kabellänge in m
A_V	Querschnitt der Versorgungsadern in mm^2 (siehe Kabel)
2	Hin- und Rückleitung
1,05	Längenfaktor wegen verdrillter Adern
56	Elektrische Leitfähigkeit von Kupfer
R_L	Widerstand der Versorgungsadern (für beide Richtungen) in Ohm
P_{Mmin}, P_{Mmax}	Maximale Leistungsaufnahme bei minimaler bzw. maximaler Versorgungsspannung in W
U_{Pmin}, U_{Pmax}	Minimale bzw. maximale Versorgungsspannung des Messgerätes in V



Wird ein HEIDENHAIN-Messgerät über einen **HEIDENHAIN-Signalkonverter** an einer nachfolgenden Elektronik betrieben, muss die Leistungsaufnahme des Messgerätes und die Leistungsaufnahme des Signalkonverters zur resultierenden Leistungsaufnahme addiert werden.

In Abhängigkeit des Signalkonverters ist gegebenenfalls ein Korrekturfaktor für den Wirkungsgrad des Schaltnetzteils des Signalkonverters (siehe Produktinformation) zu berücksichtigen.

Kabellängen

Maximale Kabellängen

Die in den Technischen Daten angegebenen Kabellängen gelten nur mit HEIDENHAIN-Kabel und den empfohlenen Eingangsschaltungen der nachfolgenden Elektronik. Die maximal erreichbare Leitungslänge wird durch folgende Faktoren maßgeblich beschränkt:

- Einhaltung der Versorgungsspannung am Messgerät
- Einschränkungen, die sich aus der Übertragungstechnik ergeben (z. B. Protokoll-Aufbau bei rein seriellen Schnittstellen, Hersteller-Vorgaben bei proprietären Schnittstellen)

Beachten Sie hierzu: Diese Beschränkungen müssen unabhängig voneinander geprüft und eingehalten werden.

Die maximale Gesamtlänge der Anschlusskabel sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

EnDat 3	100 m
HMC 2	100 m
EnDat 2.2	100 m
HMC 6	100 m
DRIVE-CLiQ	100 m
Fanuc, Panasonic	30 m[1)]
Mitsubishi, Yaskawa	30 m
EnDat 2.1	150 m
SSI	100 m
1 V_{SS}	150 m
11 μA_{SS}	30 m
TTL	100 m

[1)] Abhängig vom Messgerät sind Längen bis zu 50 m möglich

Bitte beachten Sie auch die Technischen Daten des jeweiligen Messgeräts.

Einhaltung der Versorgungsspannung am Messgerät

Insbesondere bei großen Kabellängen und Messgeräten mit hohem Strombedarf, wie z. B. bei absoluten Längen- und Winkelmessgeräten, kann aufgrund des Spannungsabfalls die minimal zulässige Versorgungsspannung des Messgeräts unterschritten werden. An der nachfolgenden Elektronik sollte daher eine möglichst hohe Versorgungsspannung U_P gewählt werden. Durch folgende Maßnahmen können Sie den Spannungsabfall verringern:

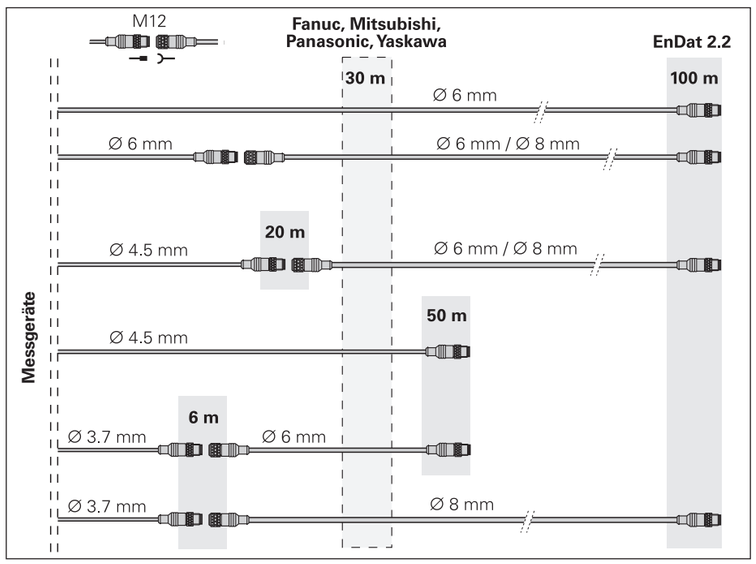
- Dünne Kabel mit geringem Adernquerschnitt möglichst kurz halten
- Bei großen Kabellängen größere Adernquerschnitte wählen
- Bei nachfolgenden Elektroniken ohne regelbares Netzteil die Sensorleitungen parallel zu den Versorgungsleitungen schalten. Dadurch verdoppelt sich der verfügbare Querschnitt

Übertragungstechnik

Bedingt durch die Übertragungseigenschaften der Anschlusskabel, Protokolleigenschaften der Schnittstellen und weiterer Vorgaben ergeben sich Beschränkungen für die Auslegung der Kabellängen.

Rein serielle Schnittstellen mit Übertragungsfrequenzen bis zu 16 MHz in Kombination mit großen Kabellängen stellen hohe technische Anforderungen an das Kabel. HEIDENHAIN-Kabel sind aufgrund des speziell für derartige Anwendungen entwickelten Kabelaufbaus bestens für diese Anforderungen geeignet. Dementsprechend empfiehlt HEIDENHAIN originale HEIDENHAIN-Kabel zu verwenden.

Ein direkt am Messgerät angeschlossenes Adapterkabel ist in der Länge beschränkt. Um größere Kabellängen zu realisieren, kann ein Adapterkabel und ein zusätzliches Verbindungskabel mit größerem Querschnitt verwendet werden.



Kabellängen für rein serielle Schnittstellen

Gerät	Leistungsaufnahme bei U_P = 3,6 V bzw. 14 V	Adapterkabel Ø 4,5 mm A_V = 2 x 0,16 mm²		Zusätzliches Anschlusskabel: Anschlusskabel Ø 6 mm A_V = 2 x 0,16 mm²	Zusätzliches Anschlusskabel: Anschlusskabel Ø 8 mm A_V = 2 x 0,35 mm²
LC/RCN/ ROC	3,6 V ≤ 1100 mW 14 V ≤ 1300 mW	20 m 6 m 1 m		15 m 29 m 34 m	35 m 66 m 77 m
ECN 1325	3,6 V ≤ 600 mW 14 V ≤ 700 mW	0,3 m	Motorinternes Ausgangskabel	65 m	99 m
EQN 1337	3,6 V ≤ 700 mW 14 V ≤ 800 mW	0,3 m		55 m	99 m
AK LIC 41x	3,6 V ≤ 950 mW 14 V ≤ 1050 mW	3 m 1 m	Ausgangskabel am Messgerät	37 m 39 m	85 m 89 m

Maximale Kabellänge für rein serielle Schnittstellen (mit einer Versorgungsspannung von DC 4,9 V ermittelt)

Ein wesentlicher Einflussfaktor für die erreichbare maximale Kabellänge ist die Versorgungsspannung der nachfolgenden Elektronik. Bei einer Versorgungsspannung von DC 12 V (±10%) sind Gesamtlängen von 100 m realisierbar mit HEIDENHAIN Anschlusskabeln für die Messgeräte in der Tabelle. Der in der Tabelle gewählte Wert von 4,9 V stellt die Untergrenze der Versorgungsspannung von marktüblichen nachfolgenden Elektroniken dar. Die Tabelle zeigt für verschiedene Messgeräte exemplarisch Kombinationen von Längen des Adapterkabels Ø 4,5 mm und den daraus resultierenden maximalen Kabellängen des Verbindungskabels. Die Werte in der Tabelle gelten für eine Parallelschaltung der Sensor- mit den Versorgungsleitungen. Die erreichbare Gesamtlänge ergibt sich aus der Addition der jeweiligen Längen von Adapter- und Verbindungskabel.

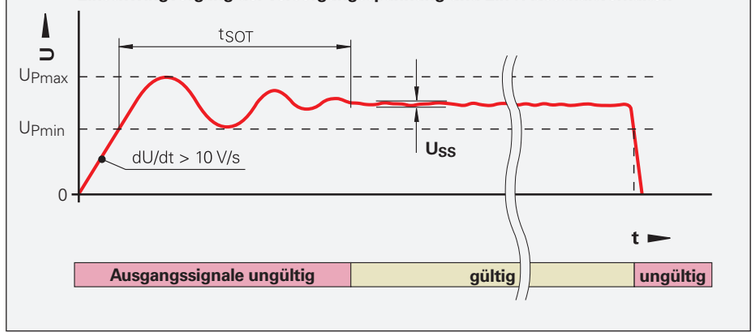
Anmerkungen:
- Die Werte gelten für U_P = 4,9 V Versorgungsspannung der nachfolgenden Elektronik
- Abhängig von der Schnittstellenausführung des Messgerätes kann es zu Einschränkungen der Kabellängen kommen (siehe Prospektangabe des jeweiligen Messgerätes, Maximalwert = 100 m)
- Werte für die Leistungsaufnahme entsprechen dem Stand der Ausgabe des Prospekts *Schnittstellen von HEIDENHAIN-Messgeräten*. Aktuelle Werte für die Leistungsaufnahme entnehmen Sie bitte den Technischen Kennwerten der jeweiligen Produktprospekte
- Bitte beachten Sie auch die Angaben des Herstellers der nachfolgenden Elektronik zu Versorgungsspannung für das Messgerät bzw. maximal zulässige Kabellängen

Hinweis
Messgeräteabhängig kann es zu weiteren Längenbeschränkungen kommen. Weitere Informationen siehe Prospekt bzw. Produktinformation des jeweiligen Messgeräts.

Ein-/Ausschaltverhalten der Messgeräte
Nach der Einschaltzeit t_{SOT} liegen gültige Ausgangssignale an. Während der Zeit t_{SOT} treten bei den Ausgangssignalen die in der Tabelle angegebenen maximalen Spannungswerte auf. Die Einschaltzeit t_{SOT} ist abhängig von der Schnittstelle.

Schnittstelle	Einschaltzeit	maximale Spannung
$1V_{SS}$	1,3 s	5,5 V
$11\mu A_{SS}$		
TTL		
HTL		U_{Pmax}
EnDat		5,5 V
SSI		U_{Pmax}
PROFIBUS-DP	2 s	5,5 V
PROFINET IO	10 s	U_{Pmax}

Einschwingvorgang der Versorgungsspannung und Ein-/Ausschaltverhalten



Beim Abschalten der Spannungsversorgung bzw. Unterschreiten von U_{Pmin} sind die Ausgangssignale ebenfalls ungültig. Weiterhin sind die schnittstellenspezifischen Ein- und Ausschaltbedingungen zu berücksichtigen. Wird das HEIDENHAIN-Messgerät über einen zwischengeschalteten HEIDENHAIN-Signalkonverter betrieben, sind zusätzlich auch dessen Ein- und Ausschaltbedingungen zu berücksichtigen.

Weitere von HEIDENHAIN unterstützte firmenspezifische Schnittstellen sind nicht berücksichtigt.

Hinweise für die Auslegung des Netzteils der nachfolgenden Elektronik

Auswahl der Spannungsversorgung der nachfolgenden Elektronik
Wählen Sie die Spannungsversorgung möglichst nahe an der oberen Toleranzgrenze. Berücksichtigen Sie dabei den durch die Kabellänge bedingten Spannungsabfall ΔU. Insbesondere bei Messgeräten mit einer Versorgungsspannung von DC 5 V ±0,25 V und DC 5 V ±0,5 V sollte die Spannungsversorgung im oberen Bereich der Toleranz liegen. Für Messgeräte mit einer Versorgungsspannung von DC 3,6 V bis 14 V und Funktionaler Sicherheit wird eine Versorgungsspannung von DC 12 V empfohlen.

Leistungsabgabe der nachfolgenden Elektronik
Bei Messgeräten mit erweitertem Versorgungsspannungsbereich muss die in den Technischen Daten angegebene maximale Leistungsaufnahme berücksichtigt werden. Beachten Sie besonders bei Messgeräten mit einer Versorgungsspannung von DC 5 V, dass die Leistungsangaben für die Stromaufnahme **ohne Last** erfolgen. Berücksichtigen Sie daher, dass sich abhängig von der Ausführung der Empfängerschaltung höhere Werte für die Stromaufnahme ergeben. Zusätzlich müssen die Verluste in den Adapter- bzw. Verbindungskabeln berücksichtigt werden.

Maximale Stromaufnahme im Einschaltmoment
Bei der Dimensionierung des Netzteils muss die erhöhte Stromaufnahme im Einschaltmoment berücksichtigt werden. HEIDENHAIN empfiehlt daher das Netzteil mit einer Strombegrenzung auszurüsten. Für die Begrenzung wird ein Wert von 400 mA empfohlen, mindestens aber der 1,2fache Wert der maximalen Stromaufnahme des Messgerätes in eingeschwungenem Zustand. Beachten Sie bei der Dimensionierung der Stromüberwachung mit Abschaltung (v. a. Ansprechschwelle und -geschwindigkeit), dass die erhöhte Stromaufnahme im Einschaltmoment toleriert wird.

Signallaufzeiten – Data Age

Aufgrund von Signallaufzeiten kommt es bei der Bildung des Positionswertes

- im Messgerät
  (bei seriellen Schnittstellen)
  bzw.
- in der nachfolgenden Elektronik
  (bei inkrementalen Schnittstellen)

zu Abweichungen von der aktuellen physikalischen Position des Messgerätes.

Die Summe verschiedener Signallaufzeiten wird als Data Age bezeichnet und führt zu einer geschwindigkeitsabhängigen Abweichung der ermittelten Position von der aktuellen physikalischen Position des Messgerätes.

Bestimmend für das Data Age sind die Laufzeiten im analogen und digitalen Signalverarbeitungspfad von Messgerät und nachfolgender Elektronik sowie die Laufzeiten durch die Übertragungsstrecke. Aufgrund der Eigenschaften der Schnittstelle kann das Data Age positiv oder auch negativ sein.

Weitere Informationen sind ggf. den Technischen Daten des Messgerätes zu entnehmen. Lassen Sie sich bei Bedarf durch HEIDENHAIN beraten.

Elektrisch zulässige Drehzahl/ Verfahrgeschwindigkeit

Die maximal zulässige Drehzahl bzw. Verfahrgeschwindigkeit eines Messgerätes ergibt sich aus:

- der mechanisch zulässigen Drehzahl oder Verfahrgeschwindigkeit
  und
- der elektrisch zulässigen Drehzahl oder Verfahrgeschwindigkeit

Bei inkrementalen Messgeräten mit sinusförmigen Ausgangssignalen ist die elektrisch zulässige Drehzahl oder Verfahrgeschwindigkeit begrenzt durch die –3dB/–6dB-Grenzfrequenz bzw. die zulässige Eingangsfrequenz der nachfolgenden Elektronik.
Bei inkrementalen Messgeräten mit Rechtecksignalen ist die elektrisch zulässige Drehzahl oder Verfahrgeschwindigkeit begrenzt durch:

– die maximal zulässige Abtast-/Ausgangsfrequenz f_{max} des Messgerätes
  und
– den für die nachfolgende Elektronik minimal zulässigen Flankenabstand a

für Winkelmessgeräte oder Drehgeber

$$n_{max} = \frac{f_{max}}{z} \cdot 60 \cdot 10^3$$

für Längenmessgeräte

$$v_{max} = f_{max} \cdot SP \cdot 60 \cdot 10^{-3}$$

Es bedeuten:

n_{max}	Elektrisch zulässige Drehzahl in min^{-1}
v_{max}	Elektrisch zulässige Verfahrgeschwindigkeit in m/min
f_{max}	Maximale Abtast-/Ausgangsfrequenz des Messgerätes bzw. Eingangsfrequenz der nachfolgenden Elektronik in kHz
z	Signalperioden des Winkelmessgerätes oder Drehgebers pro 360°
SP	Signalperiode des Längenmessgerätes in µm

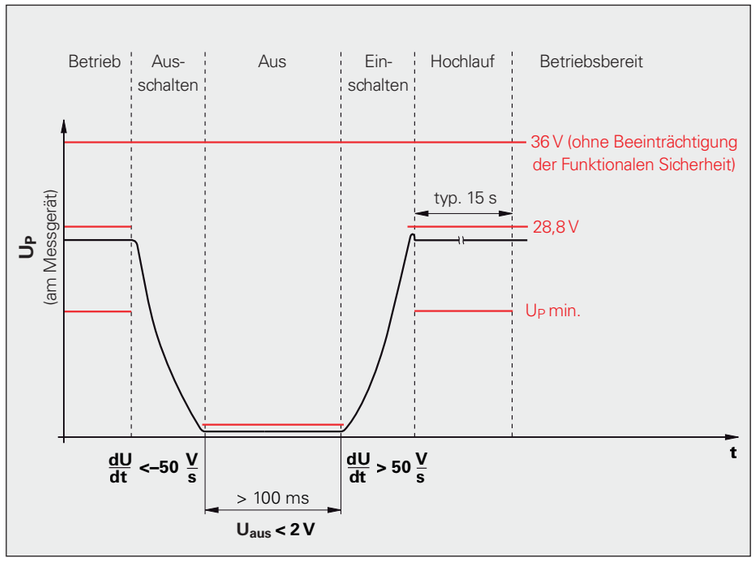
Geltungsbereich

Ergänzend zu *Allgemeine elektrische Hinweise* gelten für HEIDENHAIN-Messgeräte mit firmenspezifischen Schnittstellen die nachfolgenden Abschnitte. Abweichungen sind den Technischen Daten zu entnehmen.

Messgeräte mit DRIVE-CLiQ-Schnittstelle

Spannungsversorgung
Messgeräte mit DRIVE-CLiQ-Schnittstelle sind für eine Nennspannung von DC 24 V ausgelegt. Als Toleranz der Spannungsversorgung gibt der Hersteller der nachfolgenden Elektronik DC 20,4 V bis 28,8 V vor.

Messgeräte mit DRIVE-CLiQ-Schnittstelle erlauben einen größeren Spannungsbereich (siehe Technische Daten). Der Betrieb ist kurzzeitig bis DC 36,0 V zulässig.
Im Bereich von DC 28,8 V bis 36,0 V ist mit höherer Leistungsaufnahme zu rechnen.



Ein-Ausschaltbedingungen für HEIDENHAIN-Messgeräte mit DRIVE-CLiQ-Schnittstelle

Ein-/Ausschaltverhalten
Messgeräte mit DRIVE-CLiQ-Schnittstelle sind für die nachfolgend dargestellten Ein-/Ausschaltbedingungen ausgelegt.

Kabellängen
Die in den Technischen Daten angegebenen Kabellängen gelten nur mit HEIDENHAIN-Kabeln und den empfohlenen Eingangsschaltungen der nachfolgenden Elektronik.

Die DRIVE-CLiQ-Schnittstelle erlaubt zwar eine maximale Kabellänge von 100 m, dieser Wert wird allerdings durch eine Reihe von Einflussfaktoren reduziert:

- Anzahl der Trennstellen mit DRIVE-CLiQ-Kupplungen
- Längenfaktor des Adapter- bzw. Verbindungskabels
- Steckbares Adapterkabel am Messgerät
- Länge des HEIDENHAIN-Adapterkabels mit Korrekturfaktor

Die bei DRIVE-CLiQ maximal zulässige Kabellänge ergibt sich wie folgt:

$$n_{MG} \cdot 5\,m + \frac{4}{3} \cdot L_{AK} + \sum_i k_i \cdot L_i + n_C \cdot 5\,m \leq 100\,m$$

Es bedeuten:

n_{MG}:	Einfluss des Messgerätes durch z. B. ein steckbares Adapterkabel; $n_{MG} = 1$
4/3:	Längen-Korrekturfaktor für HEIDENHAIN-Adapterkabel
L_{AK}:	Länge des HEIDENHAIN-Adapterkabels in m
k_i:	Länge-Korrekturfaktor[1)] der Signalleitung i (4/3: bei Kabeln von HEIDENHAIN)
L_i:	Gesamtlänge[1)] der Signalleitung i in m
n_C:	Anzahl der Trennstellen

Messgeräte mit DRIVE-CLiQ-Schnittstelle, die über ein Ausgangskabel (AGK) angeschlossen werden, haben eine zusätzliche Längenbeschränkung. Aufgrund der Übertragungseigenschaften der Ausgangskabel gilt für die Formel zur Berechnung der maximal zulässigen Kabellänge der Grenzwert von 40 m. Diese Einschränkung gilt für alle Ausgangskabel, die laut Kabel-Übersichtsliste in der Spalte „Einsatz“ mit „DQ01“ gekennzeichnet sind.

[1)] Siehe technische Dokumentation des Herstellers der nachfolgenden Elektronik

Hinweis
Messgeräteabhängig kann es zu weiteren Längenbeschränkungen kommen. Weitere Informationen siehe Prospekt bzw. Produktinformation des jeweiligen Messgerätes.

DRIVE-CLiQ ist eine geschützte Marke der Siemens AG.

Elektrische Sicherheit

HEIDENHAIN-Messgeräte müssen aus PELV-Systemen (Begriffserklärung siehe EN 60204-1) versorgt werden; sie sind nach IEC 61010-1, UL 61010-1 und CAN/CSA-C22.2 No. 61010-1 zertifiziert.
Messgeräte, die für Funktionale Sicherheit zertifiziert sind, erfüllen, wenn im Zertifikat angegeben, zusätzlich die Anforderungen der Norm IEC 61800-5-3, wenn die Spannungsversorgung aus einem Sekundärkreis mit der maßgeblichen Spannungsklasse DVC A erfolgt.
Die Gehäuse der Messgeräte weisen keine elektrische Verbindung zu internen Stromkreisen auf. Messgeräte mit offener Elektronik müssen durch eine Abdeckung vor Beschädigungen und gegen das Eindringen von Fremdkörpern und Flüssigkeiten geschützt werden.

Elektromagnetische Verträglichkeit

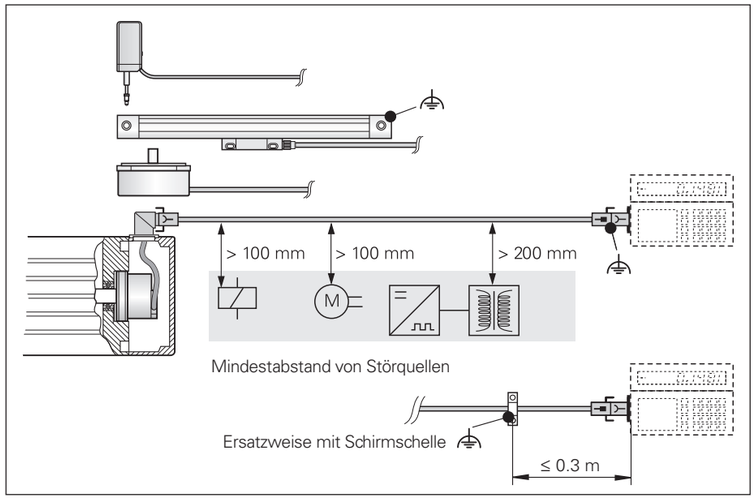
Elektrische Störquellen
Elektrische Störungen werden hauptsächlich durch kapazitive oder induktive Einkopplungen verursacht. Die Einkopplungen können dabei über Leitungen sowie Geräte-Eingänge und -Ausgänge erfolgen.
Typische Störquellen sind:
- Starke Magnetfelder von Transformatoren, Bremsen und Elektromotoren
- Relais, Schütze und Magnetventile
- Hochfrequenzgeräte, Impulsgeräte und magnetische Streufelder von Schaltnetzteilen
- Netzleitungen und Zuleitungen zu oben genannten Geräten

Konformität
HEIDENHAIN-Messgeräte erfüllen bei Einhaltung der unten genannten Maßnahmen die EMV-Richtlinie 2014/30/EU hinsichtlich der Fachgrundnormen für den jeweiligen Einsatzbereich:
- **Störfestigkeit**

Im Einzelnen folgende Grundnormen:

– ESD	EN 61000-4-2
– Elektromagnetische Felder	EN 61000-4-3
– Burst	EN 61000-4-4
– Surge	EN 61000-4-5
– Leitungsgeführte Störgrößen	EN 61000-4-6
– Magnetfelder mit energietechnischen Frequenzen	EN 61000-4-8
– Spannungseinbrüche, Kurzzeitunterbrechungen	EN 61000-4-11

- **Störaussendung**



Maßnahmen
Die EMV-Richtlinie fordert, einen störungsfreien Betrieb ohne fundierte EMV-Kenntnisse zu erreichen. Die nachfolgend genannten Maßnahmen dienen dazu, diesen störungsfreien Betrieb sicherzustellen. Lassen Sie sich bei Bedarf durch HEIDENHAIN beraten.

- Messgeräte vorschriftsgemäß nach Montageanleitung ein- oder anbauen
- Nur original HEIDENHAIN-Kabel verwenden.
  Maximal zulässige Kabellänge für die jeweilige Schnittstelle beachten. Bei einer vom Standard abweichenden Verwendung (Belegung bei Signalen und Steckern) muss der Hersteller des Gesamtsystems die Konformität sicherstellen
- Kabel nicht in unmittelbarer Umgebung von Störquellen (induktiven Verbrauchern wie Schützen, Motoren, Frequenzumrichtern, Magnetventilen und dergleichen) verlegen:
  – Eine ausreichende Entkoppelung gegenüber störsignalführenden Kabeln wird im Allgemeinen durch einen Luftabstand von 100 mm oder bei Verlegung in metallischen Kabelschächten durch eine geerdete Zwischenwand erreicht
  – Gegenüber Speicherdrosseln in Schaltnetzteilen ist ein Mindestabstand von 200 mm erforderlich
- Zufälliges Berühren der Schirmung (z. B. Stecker) mit anderen Metallteilen verhindern
- Bei Kabeln mit Innen- und Außenschirm den Innenschirm auf 0 V der nachfolgenden Elektronik legen (Ausnahme: Hybrid-Motorkabel von HEIDENHAIN, siehe Dokumentation zum Hybrid-Motorkabel). Innenschirm nicht mit Außenschirm verbinden
- Verbindungselemente (z. B. Stecker, Klemmkästen) mit Metallgehäuse verwenden. Durch diese Elemente dürfen nur die Signale und die Versorgung des angeschlossenen Messgerätes geführt werden (Ausnahme: Hybrid-Motorkabel von HEIDENHAIN)
- Gehäuse von Messgerät, Verbindungselementen und nachfolgender Elektronik über den Schirm des Kabels miteinander verbinden. Schirm großflächig und rundum (360°) anschließen. Bei Messgeräten mit mehr als einem elektrischen Anschluss ist die produktspezifische Dokumentation zu berücksichtigen
- Messgeräte mit offener Elektronik oder Kunststoffgehäuse in ein geschlossenes Metallgehäuse einbauen.
  Wenn andere Signale und Störquellen durch das Gehäuse geführt werden, sind für den störungsfreien Betrieb fundierte EMV-Kenntnisse erforderlich, und der Hersteller des Gesamtsystems muss die Konformität sicherstellen
- (Außen-)Schirm entsprechend der Montageanleitung mit Funktionserde verbinden
- Bei Geräten und Kabelbaugruppen mit Kunststoffsteckern oder Steckern ohne großflächige Schirmanbindung den (Außen-)Schirm kurz vor dem Stecker großflächig mit Funktionserde verbinden (Schirmschelle, siehe Abbildung).
  In unmittelbarer Nähe dürfen sich keine Störquellen befinden
- Für Messgeräte, die optional den Anschluss eines externen Sensors (z. B. Temperatursensor) ermöglichen, gilt die Konformität zur EMV-Richtlinie nur für den Betrieb ohne externen Sensor.
  Bei Betrieb mit externem Sensor (z. B. Temperatursensor) sind für den störungsfreien Betrieb fundierte EMV-Kenntnisse erforderlich, und der Hersteller des Gesamtsystems muss die Konformität sicherstellen:
  – In den meisten Applikationen ist ein störungsfreier Betrieb möglich, weil die auf den Sensor wirkenden Störgrößen gering sind
  – Zusätzlich sind die Anforderungen an die elektrische Isolation des Sensors zu berücksichtigen, weil von derartigen Systemen elektrische Gefahren ausgehen können
- Sind innerhalb der Gesamtanlage Ausgleichsströme zu erwarten, ist ein separater Potentialausgleichsleiter vorzusehen. Die Schirmung hat nicht die Funktion eines Potentialausgleichsleiters
- Für Messgeräte hochfrequent niederohmige Erdung (siehe EN 60204-1 Kapitel EMV) vorsehen

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

www.heidenhain.de

Vollständige und weitere Adressen siehe www.heidenhain.de
For complete and further addresses see www.heidenhain.com

DE **HEIDENHAIN Vertrieb Deutschland**
83301 Traunreut, Deutschland
☏ 08669 31-3132
FAX 08669 32-3132
E-Mail: hd@heidenhain.de

HEIDENHAIN Technisches Büro Nord
12681 Berlin, Deutschland
☏ 030 54705-240

HEIDENHAIN Technisches Büro Mitte
07751 Jena, Deutschland
☏ 03641 4728-250

HEIDENHAIN Technisches Büro West
44379 Dortmund, Deutschland
☏ 0231 618083-0

HEIDENHAIN Technisches Büro Südwest
70771 Leinfelden-Echterdingen, Deutschland
☏ 0711 993395-0

HEIDENHAIN Technisches Büro Südost
83301 Traunreut, Deutschland
☏ 08669 31-1337

AR **NAKASE SRL.**
B1653AOX Villa Ballester, Argentina
www.heidenhain.com.ar

AT **HEIDENHAIN Techn. Büro Österreich**
83301 Traunreut, Germany
www.heidenhain.de

AU **FCR MOTION TECHNOLOGY PTY LTD**
Ravenhall Victoria 3023, Australia
E-mail: sales@fcrmotion.com

BE **HEIDENHAIN NV**
1760 Roosdaal, Belgium
www.heidenhain.be

BG **ESD Bulgaria Ltd.**
Sofia 1172, Bulgaria
www.esd.bg

BR **HEIDENHAIN Brasil Ltda.**
04763-070 – São Paulo – SP, Brazil
www.heidenhain.com.br

BY **GERTNER Service**
220026 Minsk, Belarus
www.heidenhain.by

CA **HEIDENHAIN CORPORATION**
Mississauga, OntarioL5T2N2, Canada
www.heidenhain.com

CH **HEIDENHAIN (SCHWEIZ) AG**
8603 Schwerzenbach, Switzerland
www.heidenhain.ch

CN **DR. JOHANNES HEIDENHAIN (CHINA) Co., Ltd.**
Beijing 101312, China
www.heidenhain.com.cn

CZ **HEIDENHAIN s.r.o.**
102 00 Praha 10, Czech Republic
www.heidenhain.cz

DK Denmark → **SE**

ES **FARRESA ELECTRONICA S.A.**
08028 Barcelona, Spain
www.farresa.es

FI **HEIDENHAIN Scandinavia AB**
01740 Vantaa, Finland
www.heidenhain.fi

FR **HEIDENHAIN FRANCE sarl**
92310 Sèvres, France
www.heidenhain.fr

GB **HEIDENHAIN (G.B.) Limited**
Burgess Hill RH15 9RD, United Kingdom
www.heidenhain.co.uk

GR **MB Milionis Vassilis**
17341 Athens, Greece
www.heidenhain.gr

HR Croatia → **SL**

HU **HEIDENHAIN Kereskedelmi Képviselet**
1239 Budapest, Hungary
www.heidenhain.hu

ID **PT Servitama Era Toolsindo**
Jakarta 13930, Indonesia
E-mail: ptset@group.gts.co.id

IL **NEUMO VARGUS MARKETING LTD.**
Holon, 5885948, Israel
E-mail: neumo@neumo-vargus.co.il

IN **HEIDENHAIN Optics & Electronics India Private Limited**
Chetpet, Chennai 600 031, India
www.heidenhain.in

IT **HEIDENHAIN ITALIANA S.r.l.**
20128 Milano, Italy
www.heidenhain.it

JP **HEIDENHAIN K.K.**
Tokyo 102-0083, Japan
www.heidenhain.co.jp

KR **HEIDENHAIN Korea Ltd.**
Anyang-si, Gyeonggi-do, 14087
South Korea
www.heidenhain.co.kr

MX **HEIDENHAIN CORPORATION MEXICO**
20290 Aguascalientes, AGS., Mexico
E-mail: info@heidenhain.com

MY **ISOSERVE SDN. BHD.**
43200 Balakong, Selangor
E-mail: sales@isoserve.com.my

NL **HEIDENHAIN NEDERLAND B.V.**
6716 BM Ede, Netherlands
www.heidenhain.nl

NO **HEIDENHAIN Scandinavia AB**
7300 Orkanger, Norway
www.heidenhain.no

NZ **Llama ENGINEERING Ltd**
Lower Hutt 5010, New Zealand
E-mail: heidenhain@llamaengineering.co.nz

PH **MACHINEBANKS' CORPORATION**
Quezon City, Philippines 1113
E-mail: info@machinebanks.com

PL **APS**
02-384 Warszawa, Poland
www.heidenhain.pl

PT **FARRESA ELECTRÓNICA, LDA.**
4470 - 177 Maia, Portugal
www.farresa.pt

RO **HEIDENHAIN Reprezentanţă Romania**
Braşov, 500407, Romania
www.heidenhain.ro

RS Serbia → **BG**

RU **GERTNER Service**
119002 Moscow, Russian Federation
www.heidenhain.ru

SE **HEIDENHAIN Scandinavia AB**
12739 Skärholmen, Sweden
www.heidenhain.se

SG **HEIDENHAIN PACIFIC PTE LTD**
Singapore 408593
www.heidenhain.com.sg

SK **KOPRETINA TN s.r.o.**
91101 Trencin, Slovakia
www.kopretina.sk

SL **NAVO d.o.o.**
2000 Maribor, Slovenia
www.heidenhain.si

TH **HEIDENHAIN (THAILAND) LTD**
Bangkok 10250, Thailand
www.heidenhain.co.th

TR **T&M Mühendislik San. ve Tic. LTD. ŞTİ.**
34775 Y. Dudullu –
Ümraniye-Istanbul, Turkey
www.heidenhain.com.tr

TW **HEIDENHAIN CO., LTD.**
Taichung 40768, Taiwan
www.heidenhain.com.tw

UA **GERTNER Service**
02094 Kiev, Ukraine
www.heidenhain.ua

US **HEIDENHAIN CORPORATION**
Schaumburg, IL 60173-5337, USA
www.heidenhain.us

VN **AMS Co. Ltd**
HCM City, Vietnam
E-mail: davidgoh@amsvn.com

ZA **MAFEMA SALES SERVICES C.C.**
Kyalami 1684, South Africa
www.heidenhain.co.za

1078628-13 · 1 · 12/2021 · CD · Printed in Germany