



## Technische Information

# Offene Längenmessgeräte: dauerhaft stabile Messwerte und detaillierte Genauigkeitsangaben

Offene Längenmessgeräte kommen dort zum Einsatz, wo sehr hohe Anforderungen an die Genauigkeit des ermittelten Messwerts gestellt werden. Dazu gehören zum Beispiel Fertigungs- und Messeinrichtungen in der Halbleiterindustrie, Bestückungsautomaten und Messmaschinen. Damit die hohen Genauigkeiten dauerhaft über die gesamte Lebensdauer der Messgeräte gewährleistet sind, hat HEIDENHAIN den Signal-Processing-ASIC HSP 1.0 entwickelt, der in offenen Längenmessgeräten mit inkrementaler Positionswerterfassung zum Einsatz kommt.

Der ASIC gleicht Schwankungen der Signalamplitude in Folge von Störungen nahezu vollständig aus. Die zugrundeliegende, deutlich verbesserte Signalstabilisierung ist vor allem bei Verschmutzungen der Maßverkörperung oder der Abtastplatte wirksam. Das Ergebnis ist ein dauerhaft stabiles Messsignal nahezu ohne Verschlechterung der Interpolationsgenauigkeit und des Rauschanteils.

Für offene Längenmessgeräte führt HEIDENHAIN auch neue Genauigkeitsangaben ein. Der Konstrukteur kann dadurch bei der Auswahl des passenden Messgeräts für seine Applikation auf detaillierte Informationen zurückgreifen. Zusätzlich zur Genauigkeitsklasse findet er jetzt folgende Angaben:

- Genauigkeit der Teilung über kurze Intervalle
- Genauigkeit der Interpolation
- Positionsrauschen

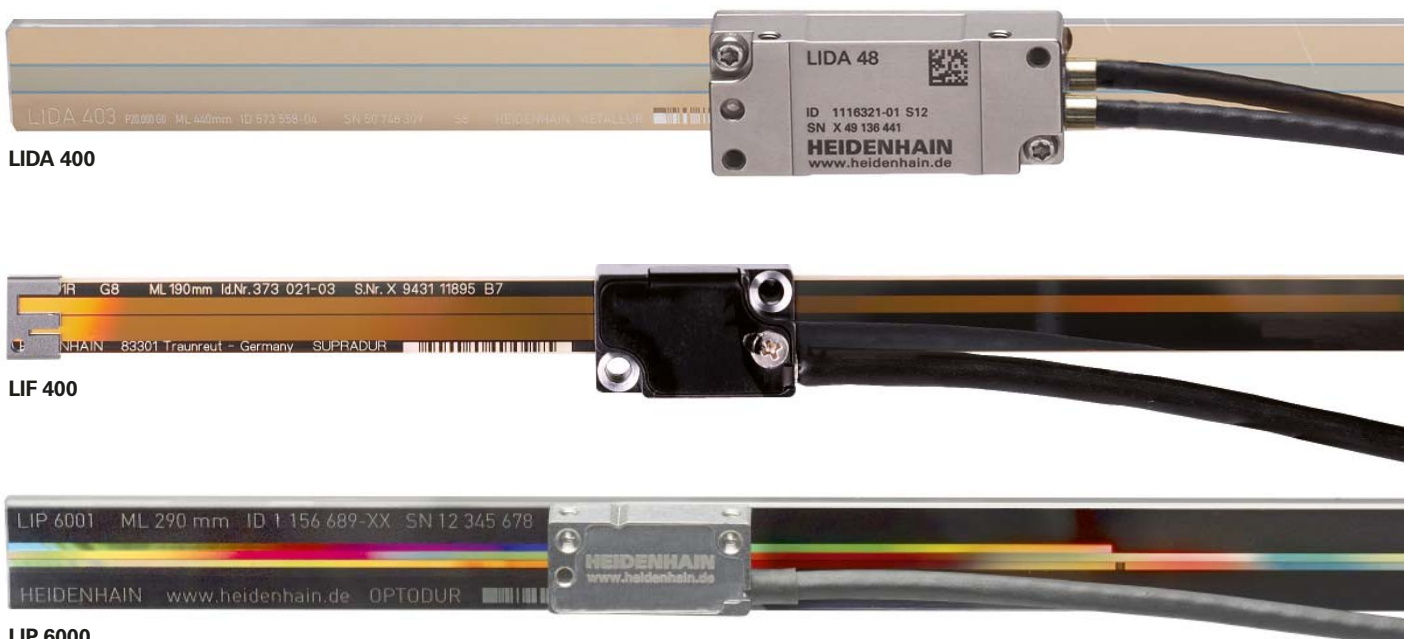


Abbildung 1: Offene Längenmessgeräte mit dem HSP 1.0-ASIC

# Höhere Zuverlässigkeit durch stabile Messwerte

## Konstant gutes Signal durch Anpassung der Beleuchtung

HEIDENHAIN-Messgeräte weisen grundsätzlich stabile Abtastsignale auf, die keine Signalstabilisierung benötigen. Verschmutzungen auf der Maßverkörperung und auf der Abtastplatte können diese Abtastsignale jedoch beeinträchtigen. Da Verschmutzungen im Laufe der Zeit zunehmen, können sie – je nach Einsatzbereich des Messgeräts – früher oder später auch die Signalgüte merklich beeinflussen.

### Zuverlässig gute Messsignale

Der HEIDENHAIN-Signal-Processing-ASIC HSP 1.0 überwacht permanent das Abtastsignal. Wenn Verschmutzungen auf der Maßverkörperung oder der Abtastplatte zu Signaländerungen führen, gleicht der HSP 1.0 diese Abweichungen nahezu vollständig aus.

Der intelligente ASIC sorgt auf diese Weise dafür, dass das Abtastsignal trotz Verschmutzungen seine hohe Qualität und Stabilität dauerhaft beibehält. Interpolationsfehler und Positionsrauschen nehmen im üblichen Betrieb bei Verschmutzungen nicht zu.

### Dauerhaft ein stabiles Signal

Bei der Positionsmessung mit einem offenen Längenmessgerät, das mit HSP 1.0 ausgestattet ist, ergibt sich somit über den ganzen Messweg – ungeachtet von überfahrenen Verschmutzungen – ein **sehr stabiles Abtastsignal**. Die Signalamplitude liegt nahezu konstant bei  $1 V_{SS}$  (Abb. 3). Selbst wenn die Regelgrenzen des ASICs wegen zunehmender, extrem starker Verschmutzung überschritten würden, käme es nicht zu einem abrupten Signalabbruch. Stattdessen würde die Signalamplitude nur langsam abnehmen.

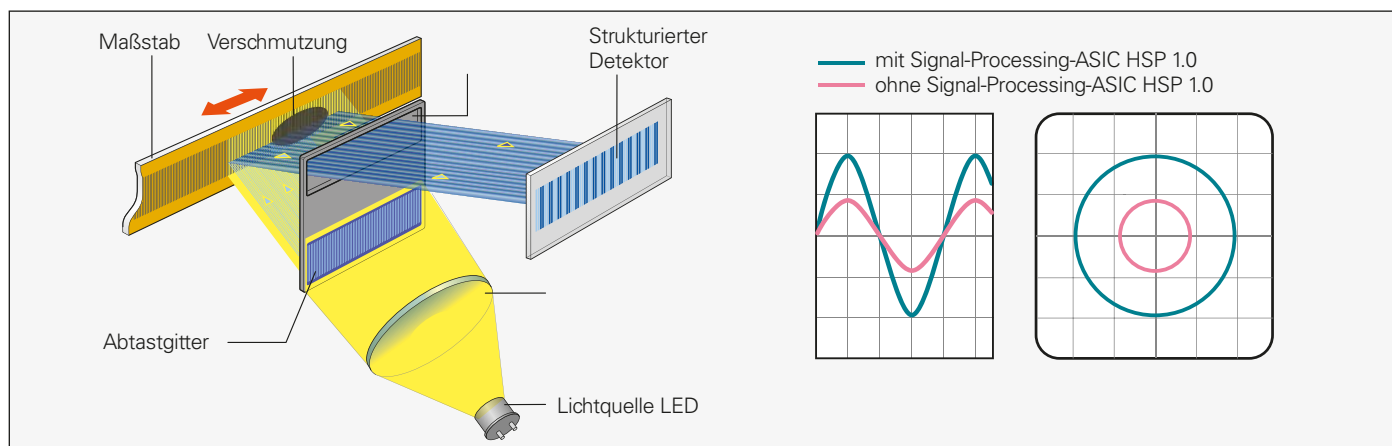


Abbildung 2: Die Einfeldabtastung mit großem Abtastfenster – hier am Beispiel LIDA 400 – sorgt in Kombination mit dem HEIDENHAIN Signal-Processing-ASIC HSP 1.0 für ein konstant gutes Abtastsignal auch bei Verschmutzungen auf Maßverkörperung und Abtastplatte.

### Kein Einfluss auf den Rauschteil

Nimmt die Signalamplitude ab, regelt der HSP 1.0 sie durch Anheben des LED-Stroms nach. Durch die damit verbundene Erhöhung der Lichtintensität der LED verschlechtert sich selbst bei einem starken Eingriff der Signalstabilisierung der Rauschteil in den Abtastsignalen kaum – ganz im Gegensatz zu Systemen, bei denen die Verstärkung im Signalpfad stattfindet, wodurch sich auch der Rauschteil erhöht.

### Verschmutzungen beeinflussen Interpolationsfehler in der Praxis nicht

Der Signal-Processing-ASIC HSP 1.0 stabilisiert aber nicht nur die Signalamplitude. Er sorgt auch dafür, dass das Signal bei Verschmutzungen die ursprüngliche, ideale Signalform beibehält. Dadurch hält er den Interpolationsfehler bei verschmutzter Maßverkörperung und Abtastplatte sehr klein.

### Ohne Verschmutzung ist Signalstabilisierung unnötig

Verantwortlich für das stabile Abtastsignal der offenen Längenmessgeräte von HEIDENHAIN ist unter anderem die große Sensorfläche des strukturierten Detektors. Dadurch haben Störungen nur geringe Auswirkungen auf die Signalabtastung insgesamt. Die Signalstabilisierung muss nicht schnell und aggressiv arbeiten, womit beste Voraussetzungen für ein stabiles Abtastsignal geschaffen sind. Gibt es, wie bei neuen Geräten nach sorgfältiger Montage, auf Maßverkörperung und Abtastplatte keine Verschmutzungen, tritt die Signalstabilisierung gar nicht erst in Funktion.

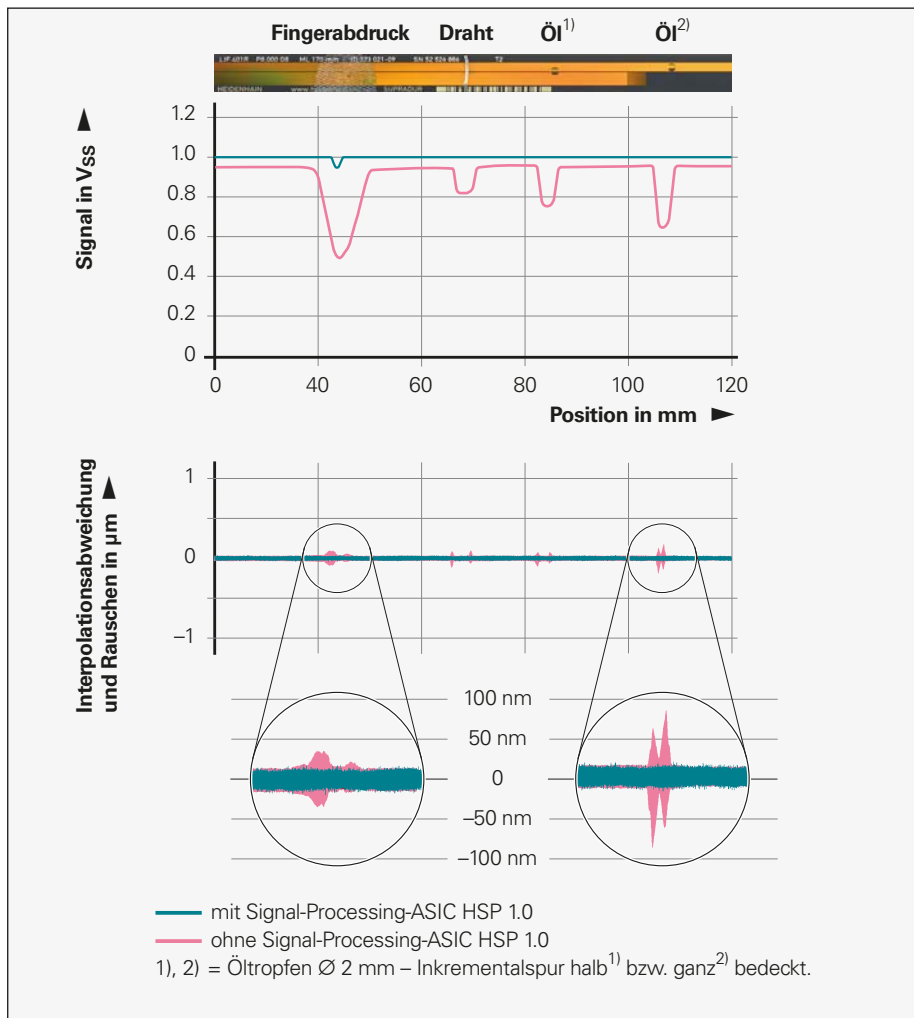


Abbildung 3: Maßverkörperung mit Verschmutzungen und die dazugehörigen Signalamplituden bei herkömmlicher Abtastung und Abtastung mit dem Signal-Processing-ASIC HSP 1.0

# Detaillierte Genauigkeitsangaben

## Genaue Informationen für eine bessere Geräteauswahl

HEIDENHAIN erweitert generell die Genauigkeitsangaben für offene Längenmessgeräte. Bisher beschrieben die Genauigkeitsklasse und die Positionsabweichung innerhalb einer Signalperiode relativ pauschal die messgerätespezifischen Abweichungen. Zukünftig finden Anwender in den Unterlagen die folgenden detaillierten Angaben:

- Genauigkeit der Maßverkörperung
- Genauigkeit der Interpolation
- Positionsrauschen

Die Aufteilung der Angaben in die Genauigkeit der Maßverkörperung, die Genauigkeit der Interpolation und das Positionsrauschen ermöglicht eine viel genauere Prognose zur erreichbaren Genauigkeit in der jeweiligen Applikation.

Damit können Konstrukteure das zu ihrer jeweiligen Anwendung passende Messgerät besser und einfacher auswählen.

### Genauigkeit der Maßverkörperung

Die Genauigkeit der Maßverkörperung beinhaltet im Wesentlichen:

- die Homogenität und Periodenschärfe der Teilung
- die Ausrichtung der Teilung auf dem Teilungsträger
- die Stabilität des Teilungsträgers

Die Genauigkeit der Maßverkörperung wird durch **den unkorrigierten maximalen Wert der Basisabweichung** angegeben.

Sie wird unter idealen Bedingungen ermittelt, indem mit einem Serien-Abtastkopf die Positionsabweichungen gemessen werden. Die Messpunkte entsprechen dem ganzzahligen Vielfachen der Signalperiode, dadurch haben Interpolationsabweichungen keinen Einfluss (Abb. 4).

Die Genauigkeitsklasse a definiert die Obergrenze der Basisabweichung innerhalb eines beliebigen, maximal 1 m langen Abschnitts. Für besondere Messgeräte wird zusätzlich eine **Basisabweichung für definierte Intervalle** der Maßverkörperung angegeben. So erhält der Anwender zusätzlich zur Angabe der Genauigkeitsklasse, z. B.  $\pm 1 \mu\text{m}$ , jetzt auch die Information, dass das infrage kommende Messgerät in einem Intervall von 5 mm eine Genauigkeit  $\leq \pm 0,125 \mu\text{m}$  erreicht (Tab. 1, Typ LIP 281).

### Genauigkeit der Interpolation

Die Genauigkeit der Interpolation wird im Wesentlichen bestimmt durch:

- die Feinheit der Signalperiode
- die Homogenität und Periodenschärfe der Teilung
- die Güte der Filterstrukturen der Abtastung
- die Charakteristik der Sensoren
- die Güte der Signalverarbeitung

Die Genauigkeit der Interpolation wird mit einer Serienmaßverkörperung ermittelt und durch einen typischen maximalen Wert  $u$  der Interpolationsabweichung angegeben (Abb. 5). Geräte mit analoger Schnittstelle werden mit einer HEIDENHAIN-Elektronik (z. B. EIB 741) geprüft. Die maximalen Werte beinhalten kein Positionsrauschen und werden in den technischen Kennwerten angegeben.

Die Interpolationsabweichung wirkt sich bei sehr kleinen Verfahrensgeschwindigkeiten und bei Wiederholmessungen aus. Außerdem sorgt sie für einen erhöhten Motorstrom und damit für eine zusätzliche Erwärmung des Motors.

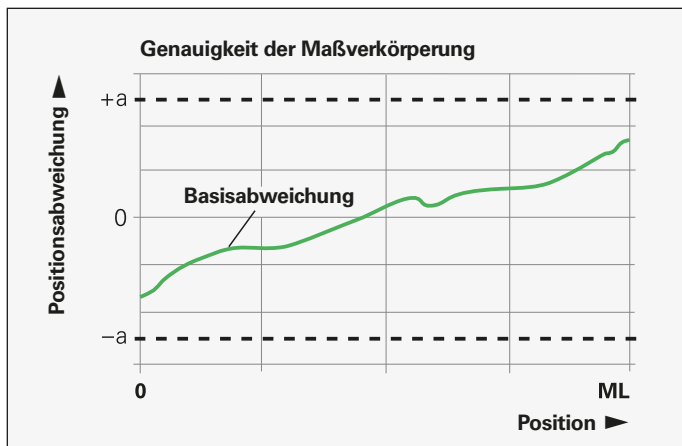


Abbildung 4

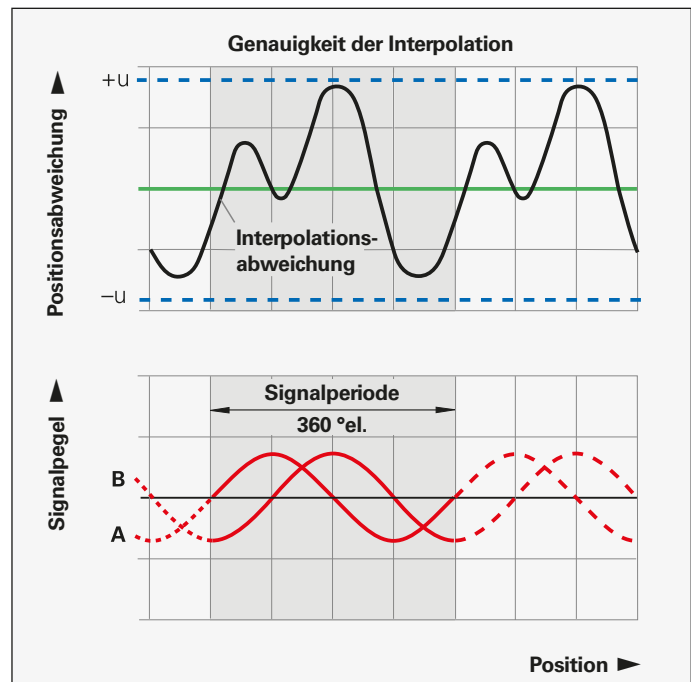


Abbildung 5

### Positionsrauschen

Als Positionsrauschen werden alle Zufallsprozesse bezeichnet, die zu **nicht vorher-sagbaren Positionsabweichungen** führen. Dabei gruppieren sich Positionswerte in Form einer Häufigkeitsverteilung um einen Erwartungswert.

Das Positionsrauschen hängt von den zur Bildung der Positionswerte erforderlichen Bandbreiten in der Signalverarbeitung ab. Es wird innerhalb eines definierten Zeitintervalls ermittelt und produktspezifisch als RMS-Wert angegeben.

Das Positionsrauschen ist maßgeblich für die Reproduzierbarkeit von Messergebnissen und die Wiederholgenauigkeit eines Messgeräts verantwortlich. Im Geschwindigkeitsregelkreis beeinflusst das Positionsrauschen das Gleichlaufverhalten bei niedrigen Verfahrensgeschwindigkeiten.

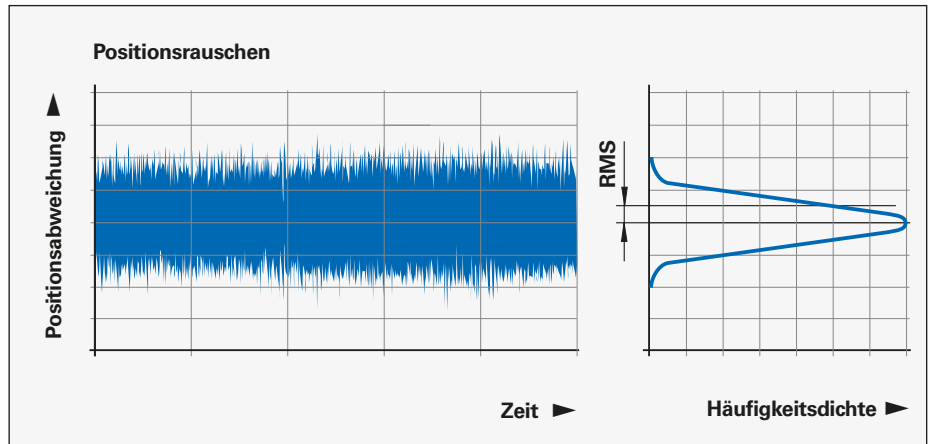


Abbildung 6

Tabelle 1

	Basisabweichung		Interpolationsabweichung	Signalperiode	Messlänge	Schnittstelle	Typ
	Genauigkeitsklasse	im Intervall					
<b>LIP</b> für höchste Genauigkeit	±0,5 µm	≤ ±0,075 µm/ 5 mm	±0,01 nm	0,128 µm	70 mm bis 270 mm	□TTL	<b>LIP 372</b>
						~ 1 V <sub>SS</sub>	<b>LIP 382</b>
	±1 µm ±3 µm	≤ ±0,125 µm/ 5 mm	±1 nm	0,512 µm	20 mm bis 3040 mm	~ 1 V <sub>SS</sub>	<b>LIP 281</b>
						□TTL	<b>LIP 471</b>
	±0,5 µm ±1 µm	≤ ±0,175 µm/ 5 mm	±7 nm	2 µm	70 mm bis 420 mm	~ 1 V <sub>SS</sub>	<b>LIP 481</b>
						□TTL	<b>LIP 571</b>
	±1 µm	≤ ±0,175 µm/ 5 mm	±12 nm	4 µm	70 mm bis 1440 mm	~ 1 V <sub>SS</sub>	<b>LIP 581</b>
						□TTL	<b>LIP 571</b>
<b>LIF</b> für hohe Genauigkeit	±1 µm ±3 µm	≤ ±0,225 µm/ 5 mm	±12 nm	4 µm	70 mm bis 1020 mm	□TTL	<b>LIF 471</b>
						~ 1 V <sub>SS</sub>	<b>LIF 481</b>
<b>LIDA</b> für hohe Verfahrensgeschwindigkeiten und große Messlängen	±1 µm ±3 µm ±5 µm	≤ ±0,275 µm/ 10 mm	±45 nm	20 µm	240 mm bis 3040 mm	□TTL	<b>LIDA 473</b>
						~ 1 V <sub>SS</sub>	<b>LIDA 483</b>

# Detaillierte Genauigkeitsangaben

## Ermittlung und Dokumentation der Daten

Jedes bei HEIDENHAIN hergestellte offene Längenmessgerät wird einzeln hinsichtlich seiner Qualität geprüft und zertifiziert. Bei allen hochgenauen offenen Längenmessgeräten dokumentiert ein **Qualitätsprüfzertifikat mit Messkurve und detailliertem Messprotokoll** (Abb. 7) die Ergebnisse der durchgeführten Messungen. Allen anderen offenen Längenmessgeräten liegt ein Qualitätsprüfzertifikat bei, das die Einhaltung der für dieses Messgerät festgelegten Grenzwerte bestätigt.

### Ermittlung der Genauigkeit in einem Intervall

Während die Genauigkeitsklasse für einen Abschnitt von maximal 1 m bzw. bei kürzeren Längenmessgeräten für die Gesamtlänge angegeben wird und somit die Mindestgenauigkeit des Systems beschreibt, lässt die Angabe zur Genauigkeit in einem Intervall direkte Rückschlüsse auf die tatsächlich erreichbare Genauigkeit der Messwerte in kleinen Intervallen zu.

Um die Genauigkeit in einem Intervall angeben zu können, legt HEIDENHAIN zunächst die Intervallbreite fest, für die die Genauigkeit angegeben werden soll. Dies ist beispielsweise beim LIP 200 eine Intervallbreite von 5 mm. Dann wird der Maßstab über seine ganze Messlänge kontinuierlich in definierten, sehr kleinen Messschritten mit der gewählten Intervallbreite vermessen. Die so für jeden Messschritt ermittelten unkorrigierten Basisabweichungen über der Intervallbreite werden abschließend ausgewertet. Der schlechteste Wert, also die größte über alle betrachteten Intervalle ermittelte Basisabweichung, wird schließlich als Maximalwert  $\pm F_1$  angegeben.

Die Abbildung 8 zeigt beispielhaft ausgewählte Messschritte. Beim zweiten Messschritt erreicht die Basisabweichung innerhalb der gewählten Intervallbreite ihren Maximalwert. Dieser wird dann in den Unterlagen als Genauigkeit der Maßverkörperung in einem Intervall angegeben.

### Vorteile der Angabe einer Genauigkeit in einem Intervall

In vielen Anwendungen ist nicht die Genauigkeit über den gesamten Messweg entscheidend, sondern vielmehr die Genauigkeit in einem sehr eng begrenzten Abschnitt. So kommt es beispielsweise bei Bestückungsautomaten vor allem auf die letzten Millimeter des Weges an, damit ein Montageprozess hochgenau ablaufen kann. Aus der Angabe der Genauigkeit in einem definierten Intervall kann der Anwender in solchen Applikationen wesentlich genauere Informationen über die zu erwartende Genauigkeit entnehmen als aus der Genauigkeitsklasse.

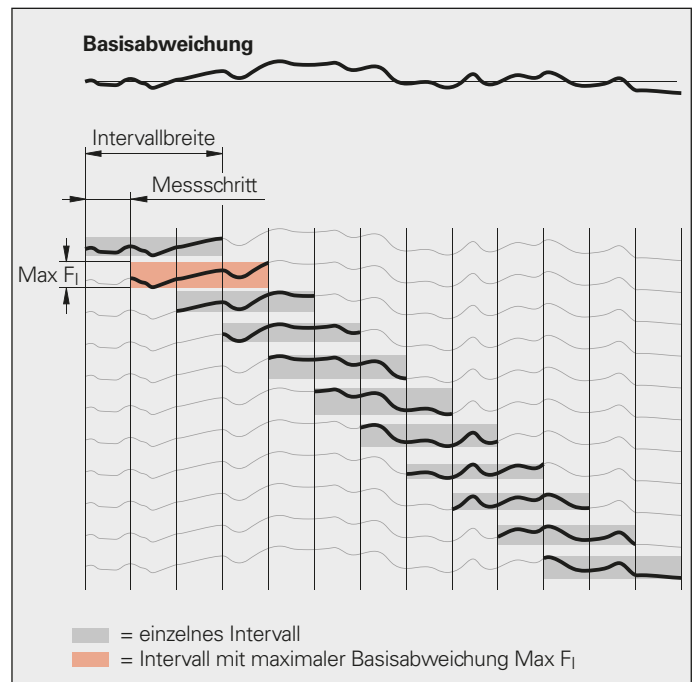
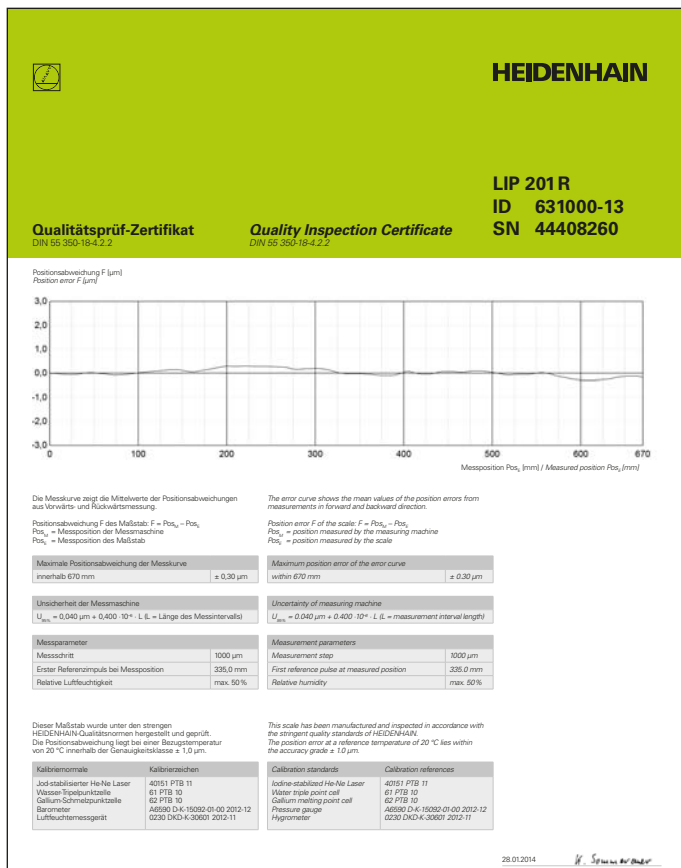


Abbildung 8: Schematische Darstellung zur Ermittlung der Genauigkeit in einem Intervall



Abbildung 9: Für jeden Maßstab eines offenen Längenmessgeräts ermittelt HEIDENHAIN mit Hilfe einer speziellen Messmaschine die Basisabweichung in einem definierten Intervall.

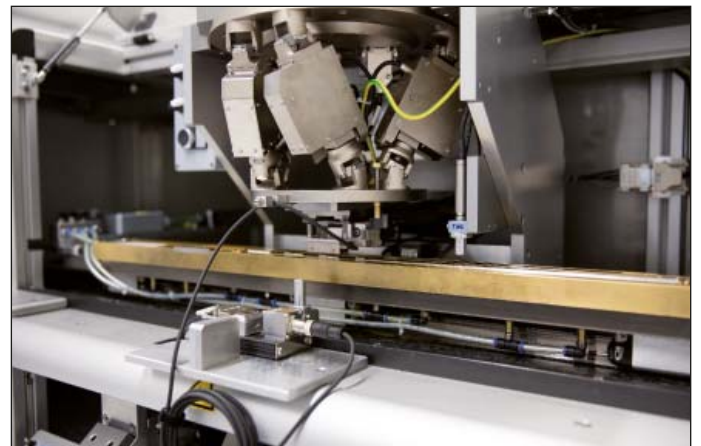
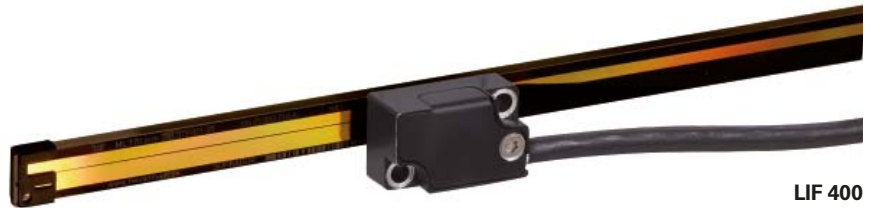


Abbildung 10: Auf einem speziellen Messplatz wird bei jedem offenen Längenmessgerät die Interpolationsabweichung durch Vermessen des Abtastkopfes ermittelt.

# Offene Längenmessgeräte

Die offenen Längenmessgeräte von HEIDENHAIN sind optimiert für den Einsatz an präzisen und schnellen Maschinen, wie sie in der Elektronik-Industrie und Automatisierungstechnik gefordert sind. Trotz der offenen Bauform weisen sie eine geringe Verschmutzungsempfindlichkeit auf, gewährleisten hohe Langzeitstabilität und sind schnell und einfach zu montieren.



LIF 400



LIP 6000



LIDA 400

## HEIDENHAIN

**DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH**

Dr.-Johannes-Heidenhain-Straße 5

**83301 Traunreut, Germany**

☎ +49 8669 31-0

☎ +49 8669 32-5061

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

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

### Weitere Informationen:

- Katalog *Offene Längenmessgeräte*

