



Technische Information

Resultierende Positionsabweichung nach abschnittsweiser linearer Fehlerkompensation beim LIDA 400

Für inkrementale Längenmessgeräte von HEIDENHAIN gilt die angegebene Messgenauigkeit typisch über einen Bereich von 1 m. Manche Anwendungen z. B. an Messmaschinen erfordern eine Angabe über kürzere Strecken, z. B. 50 mm oder 100 mm.

Mit der Möglichkeit, die Maschine zu kalibrieren und die so ermittelten Abweichungen in der Folge-Elektronik zu kompensieren, lässt sich die Maschinengenauigkeit erheblich erhöhen. Vor allem in der Koordinatenmesstechnik ist dieses Verfahren etabliert und liefert einen entscheidenden Beitrag für hohe Maschinengenauigkeiten über große Messlängen. Moderne Steuerungen erlauben zehn und mehr Korrekturwerte pro Meter Verfahrensweg.

Um die voraussichtliche Messunsicherheit der Maschine zu berechnen, braucht der Maschinenhersteller Angaben über die maximal zu erwartende Abweichung zwischen den Stützpunkten. Da bei inkrementalen Messgeräten nichtlineare Fehleranteile auftreten die bereits über kurze Bereiche relevante Abweichungen aufweisen können, reicht hierfür die übliche Angabe der Messgenauigkeit nicht aus.

HEIDENHAIN ermittelt deshalb den zu erwartenden Restfehler nach abschnittsweiser linearer Kompensation für die Messgeräte der Baureihe LIDA 400. Dabei zeigte sich eindrucksvoll die hohe Genauigkeit und gute Signalqualität dieses Messgerätes.



Abschnittsweise lineare Fehlerkorrektur

Die Genauigkeit von inkrementalen Längenmessgeräten setzt sich in erster Linie zusammen aus den Positionsabweichungen über größere Längenintervalle und den Positionsabweichungen innerhalb einer Signalperiode.

Beim LIDA 400 werden die **Positionsabweichungen über die Messlänge** durch eine Vergleichsmessung gegen ein kalibriertes Referenzmessgerät ermittelt. Die Aufzeichnung erfolgt mit einem Messabstand von einem Millimeter. Ein Beispiel für die Positionsabweichungen über die Messlänge ist in Abbildung 1 dargestellt.

Bestimmen der Restabweichungen

HEIDENHAIN ermittelt die Positionsabweichungen nach abschnittsweise linearer Fehlerkorrektur (Restabweichung) bei Korrekturpunkt-Abständen A von 50 mm und 100 mm. Im folgenden Beispiel ist der Abstand A 50 mm (siehe Abbildung 2). Die Korrekturwerte werden also bei $n \times 50$, d. h. bei 0, 50, 100, 150 usw. ermittelt. Anschließend wird zwischen diesen Punkten linear interpoliert. Die folgende, abschnittsweise lineare Kompensation eliminiert die Abweichungen an den jeweiligen Korrekturpunkten. Die Kurve in Abbildung 3 zeigt die Restabweichungen nach abschnittsweise linearer Kompensation.

Die maximale Restabweichung

Die so ermittelte Restabweichung ist natürlich stark von der Lage der Korrekturpunkte abhängig. Um die tatsächlich maximale Restabweichung zu erhalten, wird die Schar der Korrekturpunkte schrittweise um je einen Millimeter verschoben und die Korrekturwerte für die Positionen 1, 51, 101, usw. bis 49, 99, 149 usw. aufgezeichnet. Analog zum obigen Beispiel werden auch dafür die Restabweichungen errechnet und anschließend aus der Vielzahl der Fehlerkurven der maximale Betrag der Restabweichungen ermittelt. Dieses Verfahren stellt sicher, dass die angegebene maximale Abweichung nach abschnittsweise linearer Fehlerkorrektur unabhängig von der Position der Korrekturpunkte ist.



Abbildung 1: Typische Positionsabweichungen über die Messlänge ML



Abbildung 2: Korrekturpunkte für abschnittsweise lineare Fehlerkorrektur

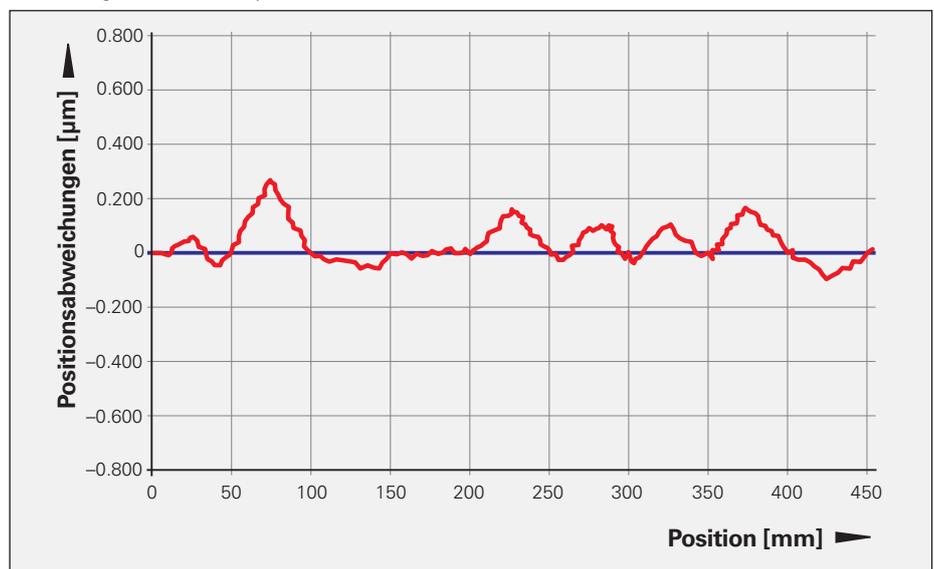


Abbildung 3: Restabweichungen nach abschnittsweise linearer Fehlerkorrektur

Positionsabweichungen u innerhalb einer Signalperiode

Für Genauigkeitsbetrachtungen des gesamten Messgerätes sind zusätzlich die Positionsabweichungen innerhalb einer Signalperiode zu berücksichtigen. Diese Abweichungen werden durch die Qualität der Maßverkörperung und der Abtastung, sowie durch die Signalperiode des Messgerätes bestimmt. Sie betragen für das LIDA 400 bei sachgerechtem Anbau gemäß Montageanleitung typisch $\pm 1\%$ der Signalperiode. Bei der Signalperiode von $20\ \mu\text{m}$ errechnen sich die Positionsabweichungen innerhalb einer Signalperiode zu $\pm 0,2\ \mu\text{m}$. Für die Fehlerbetrachtung ist der Betrag, also $0,4\ \mu\text{m}$ einzusetzen.

Resultierende Positionsabweichung

Die resultierenden Abweichungen F_{Gesamt} nach abschnittsweiser linearer Korrektur setzen sich also zusammen aus

- den maximalen Restabweichungen über größere Längenintervalle F_{Rest} (abhängig vom Korrekturpunkt-Abstand) und
- den Positionsabweichungen u innerhalb einer Signalperiode

$$F_{\text{Gesamt}} = F_{\text{Rest}} + u$$

Für das im Beispiel betrachtete LIDA 400 wurden folgende typischen Werte ermittelt:

- bei einem Korrekturpunkt-Abstand A von $50\ \text{mm}$:
 $F_{\text{Gesamt}} = 0,8\ \mu\text{m} + 0,4\ \mu\text{m}$
 $F_{\text{Gesamt}} = 1,2\ \mu\text{m}$
- bei einem Korrekturpunkt-Abstand A von $100\ \text{mm}$:
 $F_{\text{Gesamt}} = 1\ \mu\text{m} + 0,4\ \mu\text{m}$
 $F_{\text{Gesamt}} = 1,4\ \mu\text{m}$

Fazit

Mit der Angabe der resultierenden Längenabweichung nach abschnittsweiser linearer Fehlerkompensation stellt HEIDENHAIN dem Maschinenhersteller eine wichtige Kenngröße zur Verfügung. Sie erlaubt ihm eine gute Abschätzung, welche Messunsicherheit zu erwarten ist und zeigt gleichzeitig die hohe Genauigkeit des eingesetzten Längenmessgerätes der Baureihe LIDA 400.

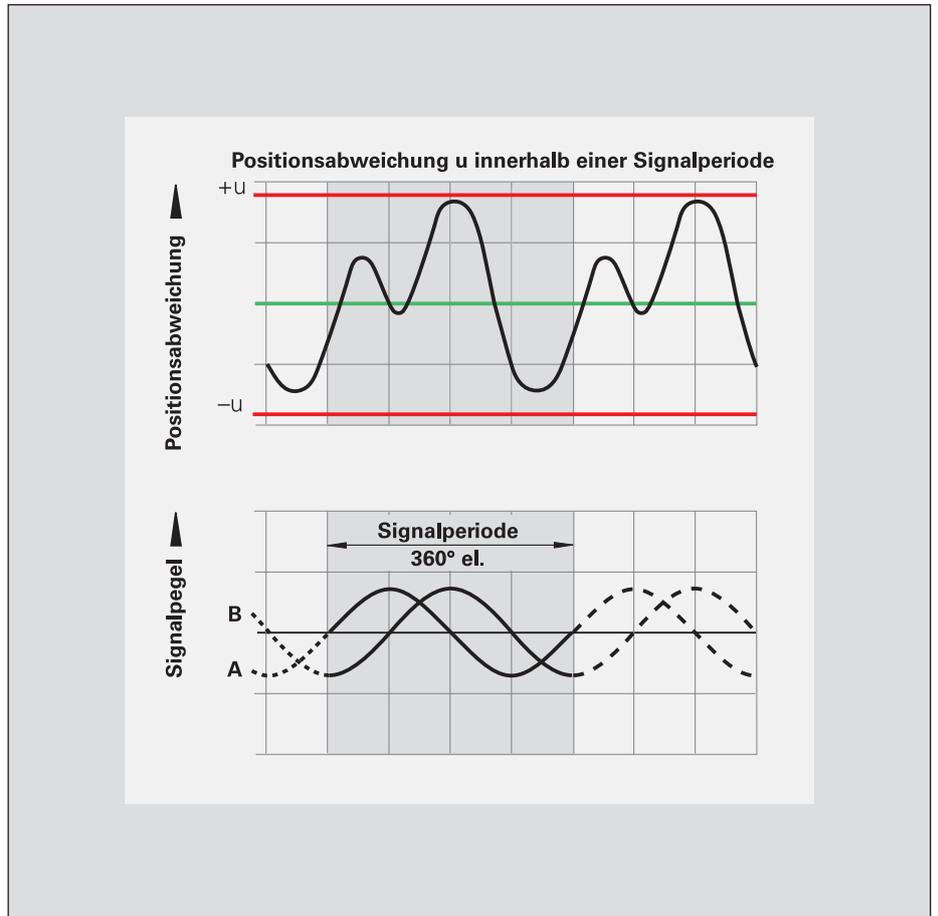


Abbildung 4: Positionsabweichungen u innerhalb einer Signalperiode

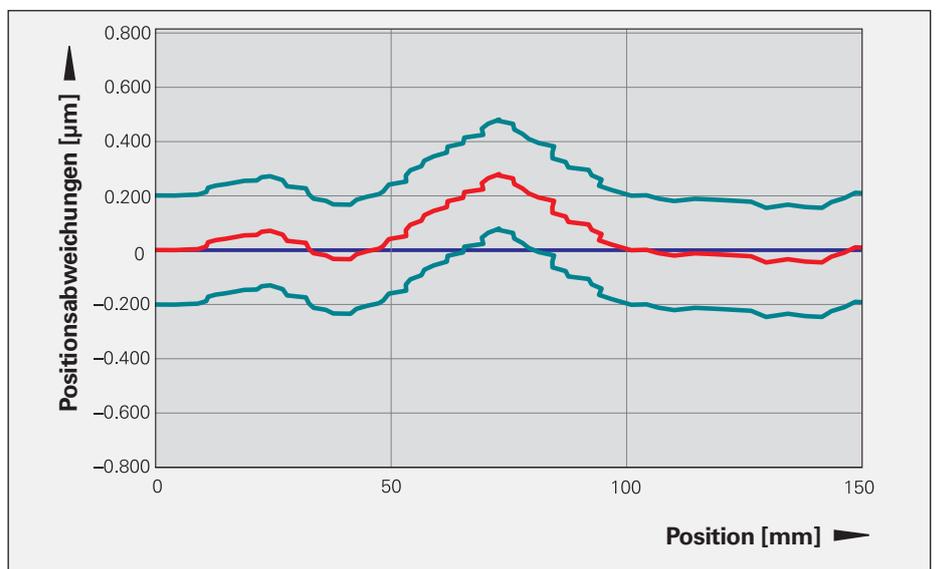


Abbildung 5: Gesamtabweichungen nach abschnittsweiser linearer Fehlerkorrektur unter Berücksichtigung der Positionsabweichungen u innerhalb einer Signalperiode

Vermessen der Maschine

Moderne Folge-Elektroniken besitzen die Möglichkeit neben einer linearen Fehlerkorrektur über den gesamten Messbereich auch Korrekturen an bestimmten Korrekturpunkten durchzuführen. Damit lassen sich auch nichtlineare Fehlerverläufe bis auf einen vergleichsweise geringen Restfehler gut kompensieren. Für beide Methoden muss der tatsächliche Fehlerverlauf der kompletten Achse über die zu kompensierende Strecke exakt erfasst werden. Da immer auch mechanische Einflüsse der Achse, wie Führungsfehler, Abkippen in den Endpositionen, Toleranzen der Auflagefläche u. ä. aber auch ungünstiger Anbau (Abbe-Fehler) wirken, reicht es nicht aus, allein die anhand eines Messprotokolls dokumentierten Abweichungen des Messgeräts zu betrachten.

Zum Erfassen der resultierenden Abweichungen bietet HEIDENHAIN das Vergleichsmessgerät VM 182 für Messlängen bis 1520 mm an. Auch Messmaschinen mit entsprechend hoher Genauigkeit oder Laser-Interferometer sind dafür geeignet.

Vergleichsmessgerät VM 182

Das Vergleichsmessgerät VM 182 dient zum Prüfen und Kalibrieren von Linearachsen an Maschinen und Messeinrichtungen mit Verfahrenswegen bis 1520 mm. Mit dem VM 182 lassen sich lineare und nichtlineare Fehlerverläufe sowie Umkehrfehler von Maschinenachsen nach DIN ISO 230-2 bestimmen. Neben der Messung des Positionierfehlers wird gleichzeitig die Führungsabweichung orthogonal zur Verfahrenrichtung

der Maschinenachse erfasst. Die ermittelten Korrekturwerte können in der Folge-Elektronik zur elektronischen Fehlerkompensation verwendet werden.

Über die Zählerkarte **IK 220** wird das VM 182 an einen PC angeschlossen, der mit der Software **ACCOM** die Auswertung der Messwerte nach DIN ISO 230-2, ISO 230-3 oder gemäß der VDI/DQO-Richtlinie 3441 vornimmt.



HEIDENHAIN

DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH

Dr.-Johannes-Heidenhain-Straße 5

83301 Traunreut, Germany

☎ +49 8669 31-0

FAX +49 8669 5061

E-mail: info@heidenhain.de

www.heidenhain.de

Weitere Informationen:

- Prospekt *Offene Längenmessgeräte*
- Prospekt *Messgeräte zur Abnahme und Kontrolle von Werkzeugmaschinen*