

DIN ISO 230-2



ICS 25.040.20

Ersatz für
die 2008-04 zurückgezogene
Norm
DIN ISO 230-2:2000-05

**Prüfregeln für Werkzeugmaschinen –
Teil 2: Bestimmung der Positioniergenauigkeit und der
Wiederholpräzision der Positionierung von numerisch gesteuerten
Achsen (ISO 230-2:2006)**

Test code for machine tools –

Part 2: Determination of accuracy and repeatability of positioning numerically controlled axes (ISO 230-2:2006)

Code d'essai des machine-outils –

Partie 2: Détermination de l'exactitude et de la répétabilité de positionnement des axes en commande numérique (ISO 230-2:2006)

Gesamtumfang 39 Seiten

Normenausschuss Werkzeugmaschinen (NWM) im DIN

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort	4
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Begriffe	7
3 Prüfbedingungen	11
3.1 Umgebung	11
3.2 Zu prüfende Maschine.....	12
3.3 Warmlauf.....	12
4 Prüfprogramm	12
4.1 Betriebsart	12
4.2 Auswahl der Zielposition	13
4.3 Messungen	13
4.3.1 Messaufbau und Prüfmittel.....	13
4.3.2 Prüfungen für lineare Achsen bis 2 000 mm.....	13
4.3.3 Prüfungen für lineare Achsen über 2 000 mm	14
4.3.4 Prüfungen für Drehachsen bis 360°.....	14
4.3.5 Prüfungen für Drehachsen über 360°	15
5 Auswertungen der Ergebnisse.....	15
5.1 Lineare Achsen bis 2 000 mm und Drehachsen bis 360°	15
5.2 Lineare Achsen über 2 000 mm und Drehachsen über 360°	15
6 Zwischen Lieferant/Hersteller und Betreiber zu treffende Vereinbarungen	15
7 Darstellung der Ergebnisse	16
7.1 Darstellungsverfahren.....	16
7.2 Kennwerte.....	17
7.2.1 Allgemeines	17
7.2.2 Prüfungen für lineare Achsen bis 2 000 mm und für Drehachsen bis 360°.....	17
7.2.3 Prüfungen für lineare Achsen über 2 000 mm und für Drehachsen über 360°	18
Anhang A (informativ) Vereinfachte Methode zur Abschätzung der Messunsicherheit für die lineare Positionsbestimmung.....	22
A.1 Abschätzung der Messunsicherheit	22
A.2 Beiträge zur Messunsicherheit.....	22
A.2.1 Allgemeines	22
A.2.2 Unsicherheit bedingt durch das Prüfmittel, $U_{\text{PRÜFMITTEL}}$	22
A.2.3 Unsicherheit bedingt durch Fehlausrichtung des Prüfmittels zu den zu prüfenden Maschinenachsen, $U_{\text{FEHLAUSRICHTUNG}}$	23
A.2.4 Unsicherheit bedingt durch Kompensation der Werkzeugmaschinentemperatur	24
A.2.5 Unsicherheit bedingt durch den Fehler durch Veränderung der Umgebung (E_{VE} , oder Temperaturdrift), U_{EVE}	28
A.2.6 Korrektur der Wiederholpräzisionswerte bedingt durch die Fehler der Umgebungsveränderung	29
A.3 Abschätzung der Unsicherheit der Parameter $A, A\uparrow, A\downarrow, E, E\uparrow, E\downarrow, R, R\uparrow, R\downarrow, B$	30
A.3.1 Allgemeines	30
A.3.2 Abschätzung der Unsicherheit der Wiederholpräzision in einer Richtung, $U(R\uparrow, R\downarrow)$	30
A.3.3 Abschätzung der Unsicherheit für Umkehrwerte, $U(B)$	30
A.3.4 Abschätzung der Unsicherheit der Wiederholpräzision in beide Richtungen	30

	Seite
A.3.5 Unsicherheit der systematischen Abweichungen, $U(M, E, E\uparrow, E\downarrow)$	31
A.3.6 Unsicherheit der Positioniergenauigkeit, $U(A, A\uparrow, A\downarrow)$	31
A.4 Beispiele von Unsicherheitsabschätzungen	32
Anhang B (informativ) Schrittzzyklus	38
Literaturhinweise	39

Nationales Vorwort

Das Dokument (ISO 230-2:2006) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 39 „Machine tools“, Unterkomitee SC 2 „Test conditions for metal cutting machine tools“ unter Mitwirkung deutscher Experten des Normenausschusses Werkzeugmaschinen (NWM) im DIN erstellt.

DIN ISO 230 besteht unter dem Haupttitel *Prüfregeln für Werkzeugmaschinen* aus den folgenden Teilen:

- *Teil 1: Geometrische Genauigkeit von Maschinen, die ohne Last oder unter Schlichtbedingungen arbeiten*
- *Teil 2: Bestimmung der Positioniergenauigkeit und der Wiederholpräzision der Positionierung von numerisch gesteuerten Achsen*
- *Teil 4: Kreisformprüfungen für numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen*
- *Teil 5: Bestimmung der Geräuschemission*

Folgende Teile der ISO 230 *Test code for machine tools* wurden nicht oder noch nicht übernommen:

- *Teil 3: Determination of thermal effects*
- *Teil 6: Determination of positioning accuracy on body and face diagonals (Diagonal displacement tests)*
- *Teil 7: Geometric accuracy of axes of rotation*
- *Teil 8: Vibrations*
- *Teil 10: Determination of the measuring performance of probing systems of numerically controlled machine tools*

Folgende Teile der ISO 230 *Test code for machine tools* sind in Bearbeitung:

- *Teil 9: Estimation of measurement uncertainty for machine tool tests according to series ISO 230, basic equations*
- *Teil 11: Measuring instruments and their application to machine tool geometry tests*

Änderungen

Gegenüber der 2008-04 zurückgezogenen Norm DIN ISO 230-2:2000-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) eine Bedingung für Aussagen über Messunsicherheit wurde der Darstellung von Ergebnissen hinzugefügt (7.1);
- b) die Abschätzung der Messunsicherheit ist als neuer Anhang A enthalten;
- c) es wurden redaktionelle Veränderungen im Aufbau des Dokumentes hauptsächlich in der Einleitung vorgenommen;
- d) ISO 230-2:1997/Cor 1:1999 wurde als 2.23 eingefügt.

Frühere Ausgaben

DIN ISO 230-2:2000-05

Fehlerhinweis

Im ISO-Original wird in 3.1, 4. Absatz auf einen Anhang C hingewiesen, welchen es nicht gibt. Der Fehler wurde an ISO/CS gemeldet und in der vorliegenden DIN ISO 230-2 bereits auf Anhang B korrigiert.

Prüfregeln für Werkzeugmaschinen — Teil 2: Bestimmung der Positioniergenauigkeit und der Wiederholpräzision der Positionierung von numerisch gesteuerten Achsen

Einleitung

Die Aufgabe der ISO 230 ist es, Verfahren für die Prüfung der Genauigkeit von Werkzeugmaschinen, mit der Ausnahme von tragbaren, kraftgetriebenen Werkzeugen zu standardisieren.

Dieser Teil der ISO 230 spezifiziert die Prüfungsvorgänge für die Feststellung der Positioniergenauigkeit und der Wiederholpräzision von numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinenachsen. Die Prüfungen wurden entwickelt, um die relativen Verlagerungen zwischen dem das Werkzeug haltenden Teil und dem das Werkstück aufnehmenden Teil, zu messen.

Da die Messunsicherheit zusammen mit dem Messergebnis angegeben werden muss, wurde eine Beschreibung für die Abschätzung der Messunsicherheit für die Bestimmung der Positioniergenauigkeit und Wiederholpräzision im Anhang A hinzugefügt.

Man ist überzeugt, dass durch diesen Zusatz die relevanten Einflussgrößen für Messunsicherheit leichter erkannt und effizienter reduziert werden können.

Der Lieferant/Hersteller sollte temperaturspezifische Richtlinien für die Umgebung bereitstellen, in der die Maschine erwartungsgemäß mit der angegebenen Genauigkeit arbeitet. Der Betreiber der Maschine hat dafür Sorge zu tragen, eine geeignete Prüfumgebung vorzusehen indem er die temperaturspezifische Richtlinien des Lieferanten/Herstellers einhält, da er sonst eine Verringerung der Leistung in Kauf nehmen muss. Ein Beispiel für temperaturspezifische Richtlinien befindet sich in der ISO 230-3:—[1], Anhang C.

Eine geringere Erwartungshaltung an die Genauigkeit ist angebracht, wenn das thermische Umfeld unangemessene Unsicherheit oder Schwankungen im Leistungsvermögen der Werkzeugmaschine zur Folge hat und nicht die temperaturspezifischen Richtlinien des Lieferanten/Herstellers erfüllt. Wenn die Maschine ihre Leistungsangaben nicht erfüllt, kann die Analyse der Unsicherheit, hervorgerufen durch Kompensation der Werkzeugmaschinentemperatur, beschrieben in A.2.4 in diesem Teil der ISO 230, und die Unsicherheit im Bezug auf den Fehler durch Veränderung der Umgebung, beschrieben in A.2.5, helfen den Ursprung des Problems zu identifizieren.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der ISO 230 legt Verfahren zum Prüfen und Bestimmen der Positioniergenauigkeit und Wiederholpräzision von numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinenachsen durch direktes Messen an individuellen Achsen der Maschine fest. Diese Verfahren sind sowohl für lineare als auch Rotationsachsen gleichermaßen anwendbar.

Die Verfahren können nicht beim gleichzeitigen Test mehrerer Achsen angewendet werden.

Dieser Teil der ISO 230 kann für Typprüfung, Abnahmeprüfungen, Vergleichsprüfungen, regelmäßig wiederkehrende Prüfung, Maschinenkompensation, usw., angewendet werden.

Die Verfahren schließen wiederholte Messungen an jeder Position ein. Die damit verbundenen Einflussgrößen sind definiert und berechnet. Ihre Unsicherheiten sind wie in ISO/TR 230-9:2005, Anhang C [2], beschrieben abgeschätzt.

Der Anhang A stellt die Abschätzung der Messunsicherheit vor.

Anhang B beschreibt die Anwendung eines optionalen Prüfzyklus – des Schrittzyklus. Die Ergebnisse aus diesem Zyklus sind nicht zur Verwendung bestimmt, weder in technischer Literatur mit Hinweis auf diesen Teil der ISO 230, noch für Abnahmezwecke mit der Ausnahme spezieller schriftlicher Vereinbarungen zwischen Lieferant/Hersteller und Betreiber. Die korrekte Bezugnahme auf diesen Teil der ISO 230 für Maschinenabnahme, betrifft immer den Normprüfzyklus.

2 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

2.1

Achsverfahrweg

größte Linear- oder Drehbewegung, über die sich das bewegliche Maschinenteil numerisch gesteuert bewegen kann

ANMERKUNG Bei Rotationsachsen über 360° gibt es möglicherweise keine maximale Länge des Verfahrweges.

2.2

Messweg

Abschnitt des Achsverfahrweges, der für die Messwertaufnahme verwendet wird und der so ausgewählt ist, dass die erste und die letzte Zielposition von beiden Seiten angefahren werden kann

Siehe Bild 1.

2.3

Zielposition

P_i ($i = 1$ bis m)

Position, zu welcher sich das bewegte Teil programmgemäß bewegt

ANMERKUNG Der Index i kennzeichnet die bestimmte Position gegenüber anderen ausgewählten Zielpositionen entlang der, oder um die Achse.

2.4

Istposition

P_{ij} ($i = 1$ bis m ; $j = 1$ bis n)

gemessene Position, die vom bewegten Teil beim j -ten Anfahren der i -ten Zielposition erreicht wurde

2.5

Positionsabweichung

x_{ij}

tatsächlich vom bewegten Teil erreichte Position, abzüglich der Zielposition

$$x_{ij} = P_{ij} - P_i$$

2.6

einseitig

bezogen auf eine Messreihe, bei der das Anfahren der Zielposition immer in der gleichen Richtung entlang der, oder um die Achse erfolgt

ANMERKUNG Das Symbol $\uparrow$ kennzeichnet eine Größe, die aus Messungen nach Anfahren in positiver Richtung resultiert und $\downarrow$ eine solche in negativer Richtung, z. B. $x_{ij}\uparrow$ oder $x_{ij}\downarrow$.

2.7

zweiseitig

bezogen auf eine Größe, die sich aus einer Messreihe ergibt, bei der das Anfahren der Zielposition aus beiden Richtungen entlang der, oder um die Achse erfolgt

2.8

erweiterte Unsicherheit

Größe, die ein Intervall des Messergebnisses definiert, von dem angenommen werden kann, dass es einen großen Teil der Wertespanne einschließt

2.9

Erweiterungsfaktor

Zahlenfaktor als Multiplikator der kombinierten Standardunsicherheit, um die erweiterte Unsicherheit zu erhalten

2.10

gemittelte einseitige Positionsabweichung an einer Position

$\bar{x}_i \uparrow$ oder $\bar{x}_i \downarrow$

arithmetischer Mittelwert der Positionsabweichungen einer Messreihe aus n einseitigen Anfahrvorgängen an die Position P_i

$$\bar{x}_i \uparrow = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{ij} \uparrow$$

und

$$\bar{x}_i \downarrow = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{ij} \downarrow$$

2.11

gemittelte zweiseitige Positionsabweichung an einer Position

$\bar{\bar{x}}_i$

arithmetischer Mittelwert der gemittelten einseitigen Positionsabweichungen $\bar{x}_i \uparrow$ und $\bar{x}_i \downarrow$ aus den beiden Anfahrrichtungen an die Position P_i

$$\bar{\bar{x}}_i = \frac{\bar{x}_i \uparrow + \bar{x}_i \downarrow}{2}$$

2.12**Umkehrspanne an einer Position** B_i

Wert der Differenz zwischen den gemittelten einseitigen Positionsabweichungen aus beiden Anfahrrichtungen an die Position P_i .

$$B_i = \bar{x}_i \uparrow - \bar{x}_i \downarrow$$

2.13**Umkehrspanne einer Achse** B

Maximum der Absolutwerte der Umkehrspannen $|B_i|$ an allen Zielpositionen entlang der oder um die Achse

$$B = \max \{ |B_i| \}$$

2.14**gemittelte Umkehrspanne einer Achse** $\bar{B}$

arithmetischer Mittelwert der Umkehrspannen B_i an allen Zielpositionen entlang der oder um die Achse

$$\bar{B} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m B_i$$

2.15**Schätzwert für die einseitige Wiederholpräzision einer Achse an einer Position** $s_i \uparrow$ oder $s_i \downarrow$

Schätzwert der Standardunsicherheit der Positionsabweichungen einer Reihe aus n einseitigen Anfahrvorgängen an eine Position P_i

$$s_i \uparrow = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_{ij} \uparrow - \bar{x}_i \uparrow)^2}$$

und

$$s_i \downarrow = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_{ij} \downarrow - \bar{x}_i \downarrow)^2}$$

2.16**einseitige Wiederholpräzision der Positionierung an einer Position** $R_i \uparrow$ oder $R_i \downarrow$

Spanne, welche aus dem Schätzwert für die einseitige Wiederholpräzision der Positionierung an einer Position P_i bei Verwendung eines Erweiterungsfaktors von 2 erhalten wird

$$R_i \uparrow = 4s_i \uparrow$$

und

$$R_i \downarrow = 4s_i \downarrow$$

2.17

zweiseitige Wiederholpräzision der Positionierung an einer Position

R_i

$$R_i = \max.[2s_i \uparrow + 2s_i \downarrow + |B_i|; R_i \uparrow; R_i \downarrow]$$

2.18

einseitige Wiederholpräzision der Positionierung

$R \uparrow$ oder $R \downarrow$

Maximalwert der Wiederholpräzision der Positionierung an beliebiger Position P_i entlang der oder um die Achse

$$R \uparrow = \max.[R_i \uparrow]$$

$$R \downarrow = \max.[R_i \downarrow]$$

2.19

zweiseitige Wiederholpräzision der Positionierung einer Achse

R

Maximalwert der Wiederholpräzision der Positionierung an beliebiger Position P_i entlang der oder um die Achse

$$R = \max.[R_i]$$

2.20

einseitige systematische Positionsabweichung einer Achse

$E \uparrow$ oder $E \downarrow$

Differenz zwischen dem algebraischen Maximal- und dem Minimalwert der gemittelten, einseitigen Positionsabweichungen für eine Anfahrriichtung $\bar{x}_i \uparrow$ oder $\bar{x}_i \downarrow$ an beliebiger Position P_i entlang der oder um die Achse

$$E \uparrow = \max.[\bar{x}_i \uparrow] - \min.[\bar{x}_i \uparrow]$$

und

$$E \downarrow = \max.[\bar{x}_i \downarrow] - \min.[\bar{x}_i \downarrow]$$

2.21

zweiseitige systematische Positionsabweichung einer Achse

E

Differenz zwischen dem algebraischen Maximal- und dem Minimalwert der gemittelten, einseitigen Positionsabweichungen für beide Anfahrriichtungen $\bar{x}_i \uparrow$ oder $\bar{x}_i \downarrow$ an beliebiger Position P_i entlang der oder um die Achse.

$$E = \max.[\bar{x}_i \uparrow; \bar{x}_i \downarrow] - \min.[\bar{x}_i \uparrow; \bar{x}_i \downarrow]$$

2.22

Gemittelte zweiseitige Positionsabweichung einer Achse

M

Differenz zwischen dem algebraischen Maximal- und dem Minimalwert der gemittelten zweiseitigen Positionsabweichungen $\bar{x}_i$ an beliebiger Position P_i entlang der oder um die Achse.

$$M = \max.[\bar{x}_i] - \min.[\bar{x}_i]$$

2.23**einseitige Positioniergenauigkeit einer Achse** $A \uparrow$ oder $A \downarrow$

Spanne, die aus der Kombination der einseitigen systematischen Abweichungen und des Schätzwertes für die Wiederholpräzision der einseitigen Positionierung einer Achse unter Verwendung eines Erweiterungsfaktors von 2 erhalten wird

$$A \uparrow = \max. [\bar{x}_i \uparrow + 2s_i \uparrow] - \min. [\bar{x}_i \uparrow - 2s_i \uparrow]$$

und

$$A \downarrow = \max. [\bar{x}_i \downarrow + 2s_i \downarrow] - \min. [\bar{x}_i \downarrow - 2s_i \downarrow]$$

2.24**Zweiseitige Positioniergenauigkeit einer Achse** A

Spanne, die aus der Kombination der zweiseitigen systematischen Abweichungen und des Schätzwertes für die Wiederholpräzision der zweiseitigen Positionierung einer Achse unter Verwendung eines Erweiterungsfaktors von 2 erhalten wird

$$A = \max. [\bar{x}_i \uparrow + 2s_i \uparrow; \bar{x}_i \downarrow + 2s_i \downarrow] - \min. [\bar{x}_i \uparrow - 2s_i \uparrow; \bar{x}_i \downarrow - 2s_i \downarrow]$$

3 Prüfbedingungen**3.1 Umgebung**

Es wird empfohlen, dass der Lieferant/Hersteller Richtlinien darüber angibt, wie die thermische Umgebung für die Maschine beschaffen sein sollte, damit die Maschine mit der angegebenen Genauigkeit arbeiten kann.

Solche allgemeinen Richtlinien können z. B. eine Festlegung über die mittlere Raumtemperatur, über die größte Amplitude und den Frequenzbereich für die Abweichungen von dieser mittleren Temperatur, sowie Temperaturgradienten in der Umgebung enthalten. Es muss in der Verantwortung des Betreibers liegen, für eine annehmbare thermische Umgebung für den Betrieb und die Prüfung des Leistungsvermögens der Werkzeugmaschine am Aufstellungsort zu sorgen. Folgt hingegen der Betreiber den Richtlinien des Lieferanten/Herstellers, so fällt die Verantwortung für die den Angaben entsprechende Leistung der Maschine an den Lieferanten/Hersteller der Maschine zurück.

Im Idealfall werden alle Längenmessungen durchgeführt, wenn sich sowohl die Prüfmittel als auch der Prüfgegenstand genügend lange in einer Umgebung von 20 °C befunden haben. Wenn die Messungen bei einer von 20 °C abweichenden Temperatur vorgenommen werden, muss eine Korrektur für die nominelle Ausdehnungsdifferenz (NDE) zwischen den Positioniersystemen der Achsen, oder dem Werkzeug/Werkstück haltenden Teil der Maschine und dem Prüfmittel vorgenommen werden, um Ergebnisse zu erhalten, die solchen bei 20 °C entsprechen. Diese Bedingung erfordert sowohl Temperaturmessungen an repräsentativen Teilen des Positioniersystems der Maschine als auch am Prüfmittel, sowie eine mathematische Korrektur mit den entsprechenden thermischen Ausdehnungskoeffizienten. Die NDE-Korrektur kann auch automatisch erreicht werden, wenn der repräsentative Teil der Werkzeugmaschine und die Prüfausrüstung die gleiche Temperatur und den gleichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten besitzen.

Es ist anzumerken, dass jede Temperaturabweichung von 20 °C eine zusätzliche Unsicherheit bezüglich der Unsicherheit der/des für die Kompensation verwendeten maßgeblichen Ausdehnungskoeffizienten verursachen kann. Ein typischer Wertebereich für die daraus folgende Unsicherheit ist $\pm 2 \mu\text{m}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ (siehe Anhänge A und B). Die tatsächlichen Temperaturen müssen deshalb im Prüfbericht angegeben werden.

Um vor dem Prüfen thermisch stabile Bedingungen zu erhalten, müssen sich die Maschine und gegebenenfalls die Prüfmittel genügend lange, vorzugsweise über Nacht, in der Prüfumgebung befinden. Sie sind vor Zugluft und äußerer Strahlung, wie Sonnenlicht, Heizstrahlern usw. zu schützen.

Der Temperaturgradient der Umgebung in Grad pro Stunde muss 12 Stunden vor und während der Messungen innerhalb der zwischen Lieferant/Hersteller und Betreiber vereinbarten Grenzen liegen.

3.2 Zu prüfende Maschine

Die Maschine muss vollständig aufgebaut und voll betriebsfähig sein. Vor Beginn der Prüfungen der Positionierunsicherheit und der Wiederholpräzision müssen alle erforderlichen Ausrichtarbeiten und geometrischen Prüfungen mit positivem Ergebnis abgeschlossen worden sein.

Wenn beim Prüfzyklus eingebaute Kompensationsroutinen angewendet werden, muss dies im Prüfbericht angegeben werden.

Alle Prüfungen sind bei unbelasteter Maschine, u. A. ohne Werkstück, durchzuführen.

Die Position der Achsenschlitten oder der beweglichen Bauteile auf denjenigen Achsen, die nicht geprüft werden, sind im Prüfplan anzugeben.

3.3 Warmlauf

Um die Maschine unter üblichen Betriebsbedingungen zu prüfen, muss den Prüfungen ein angemessener und vom Lieferant/Hersteller der Maschine festgelegter oder zwischen Lieferant/Hersteller und Betreiber vereinbarter Warmlaufvorgang vorausgehen.

Sind keine Vereinbarungen getroffen, kann der Warmlaufbetrieb in Form von „vorausgehenden Probeläufen“ der Genauigkeitsprüfungen ohne Datenerfassung erfolgen; oder die vorbereitenden Bewegungen sind auf das für den Messaufbau erforderliche Maß zu beschränken. Der ausgewählte Warmlaufvorgang ist im Prüfbericht anzugeben.

Thermisch nicht stabile Bedingungen sind an einer regelmäßigen Zunahme der Abweichungen zwischen aufeinander folgenden Anfahrvorgängen an ein und dieselbe Zielposition erkennbar. Solche Trends sollten durch den Warmlauf verringert werden.

4 Prüfprogramm

4.1 Betriebsart

Die Maschine ist so zu programmieren, dass das bewegliche Bauteil entlang der, oder um die zu prüfende Achse verfahren wird, um dabei eine Reihe von Zielpositionen anzufahren; an der jeweiligen Zielposition ist genügend lange anzuhalten, um die erreichte tatsächliche Position zu messen und zu registrieren. Die Maschine ist so zu programmieren, dass sie sich zwischen den Zielpositionen mit einer vereinbarten Vorschubgeschwindigkeit bewegt.