



DOKUMENTATION ISG-kernel

Funktionsbeschreibung Achskompensationen

Kurzbezeichnung:
FCT-C5

© Copyright
ISG Industrielle Steuerungstechnik GmbH
STEP, Gropiusplatz 10
D-70563 Stuttgart
Alle Rechte vorbehalten
www.isg-stuttgart.de
support@isg-stuttgart.de

Dokumentation Version: 1.51
07.11.2024

Vorwort

Rechtliche Hinweise

Diese Dokumentation wurde sorgfältig erstellt. Die beschriebenen Produkte und der Funktionsumfang werden jedoch ständig weiterentwickelt. Wir behalten uns das Recht vor, die Dokumentation jederzeit und ohne Ankündigung zu überarbeiten und zu ändern.

Aus den Angaben, Abbildungen und Beschreibungen in dieser Dokumentation können keine Ansprüche auf Änderung bereits gelieferter Produkte geltend gemacht werden.

Qualifikation des Personals

Diese Beschreibung wendet sich ausschließlich an ausgebildetes Fachpersonal der Steuerungs-, Automatisierungs- und Antriebstechnik, das mit den geltenden Normen, der zugehörigen Dokumentation und der Aufgabenstellung vertraut ist.

Zur Installation und Inbetriebnahme ist die Beachtung der Dokumentation, der nachfolgenden Hinweise und Erklärungen unbedingt notwendig. Das Fachpersonal ist verpflichtet, für jede Installation und Inbetriebnahme die zum betreffenden Zeitpunkt veröffentlichte Dokumentation zu verwenden.

Das Fachpersonal hat sicherzustellen, dass die Anwendung bzw. der Einsatz der beschriebenen Produkte alle Sicherheitsanforderungen, einschließlich sämtlicher anwendbarer Gesetze, Vorschriften, Bestimmungen und Normen erfüllt.

Weiterführende Informationen

Unter den Links (DE)

<https://www.isg-stuttgart.de/produkte/softwareprodukte/isg-kernel/dokumente-und-downloads>

bzw. (EN)

<https://www.isg-stuttgart.de/en/products/softwareproducts/isg-kernel/documents-and-downloads>

finden Sie neben der aktuellen Dokumentation weiterführende Informationen zu Meldungen aus dem NC-Kern, Onlinehilfen, SPS-Bibliotheken, Tools usw.

Haftungsausschluss

Änderungen der Software-Konfiguration, die über die dokumentierten Möglichkeiten hinausgehen, sind unzulässig.

Marken und Patente

Der Name ISG®, ISG kernel®, ISG virtuos®, ISG dirigent® und entsprechende Logos sind eingetragene und lizenzierte Marken der ISG Industrielle Steuerungstechnik GmbH.

Die Verwendung anderer in dieser Dokumentation enthaltene Marken oder Kennzeichen durch Dritte kann zu einer Verletzung von Rechten der Inhaber der entsprechenden Bezeichnungen führen.

Copyright

© ISG Industrielle Steuerungstechnik GmbH, Stuttgart, Deutschland.

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts sind verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patent-, Gebrauchsmuster oder Geschmacksmustereintragung vorbehalten.

Allgemeine- und Sicherheitshinweise

Verwendete Symbole und ihre Bedeutung

In der vorliegenden Dokumentation werden die folgenden Symbole mit nebenstehendem Sicherheitshinweis und Text verwendet. Die (Sicherheits-) Hinweise sind aufmerksam zu lesen und unbedingt zu befolgen!

Symbole im Erklärtext

- Gibt eine Aktion an.
- ⇒ Gibt eine Handlungsanweisung an.



GEFAHR

Akute Verletzungsgefahr!

Wenn der Sicherheitshinweis neben diesem Symbol nicht beachtet wird, besteht unmittelbare Gefahr für Leben und Gesundheit von Personen!



VORSICHT

Schädigung von Personen und Maschinen!

Wenn der Sicherheitshinweis neben diesem Symbol nicht beachtet wird, können Personen und Maschinen geschädigt werden!



Achtung

Einschränkung oder Fehler

Dieses Symbol beschreibt Einschränkungen oder warnt vor Fehlern.



Hinweis

Tipps und weitere Hinweise

Dieses Symbol kennzeichnet Informationen, die zum grundsätzlichen Verständnis beitragen oder zusätzliche Hinweise geben.



Beispiel

Allgemeines Beispiel

Beispiel zu einem erklärten Sachverhalt.



Programmierbeispiel

NC-Programmierbeispiel

Programmierbeispiel (komplettes NC-Programm oder Programmsequenz) der beschriebenen Funktionalität bzw. des entsprechenden NC-Befehls.



Versionshinweis

Spezifischer Versionshinweis

Optionale, ggf. auch eingeschränkte Funktionalität. Die Verfügbarkeit dieser Funktionalität ist von der Konfiguration und dem Versionsumfang abhängig.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	2
Allgemeine- und Sicherheitshinweise	3
1 Übersicht	7
2 Losekompensation	8
2.1 Übersicht	8
2.2 Beschreibung	9
2.3 Parametrierung	11
2.3.1 Übersicht	11
2.3.2 Beschreibung	11
2.3.3 CNC-Objekte	12
2.4 Fehlermeldungen	13
2.5 Parametrierbeispiel	13
3 Temperaturkompensation	14
3.1 Übersicht	14
3.2 Parametrierung	16
3.2.1 Übersicht	20
3.2.2 Beschreibung	20
3.2.3 CNC-Objekte	23
3.3 Beispiel	26
4 Achskompensationen mit Korrekturwertlisten	28
4.1 Korrekturwertlisten	28
4.2 Kreuzkompensation	31
4.2.1 Parameter	33
4.2.1.1 Übersicht	33
4.2.1.2 Beschreibung	35
4.2.1.3 CNC-Objekte	39
4.2.2 Beispiel einer Korrekturwertliste	40
4.2.3 Fehlermeldungen	41
4.3 Flächenkompensation	42
4.3.1 Parameter	45
4.3.1.1 Übersicht	45
4.3.1.2 Beschreibung	48
4.3.1.3 CNC-Objekte	55
4.3.2 Beispiele von Korrekturwertlisten	57
4.3.3 Fehlermeldungen	59
4.4 Spindelsteigungsfehlerkompensation	60
4.4.1 Parameter	62
4.4.1.1 Übersicht	62
4.4.1.2 Beschreibung	65
4.4.1.3 CNC-Objekte	71
4.4.2 Beispiel - Nicht äquidistante, doppelseitige SSFK	73
4.4.3 Fehlermeldungen	74
4.5 Reibungskompensation	75

4.5.1	Arten der Reibung und Kompensation.....	75
4.5.1.1	Additiver Strom in Abhängigkeit der Geschwindigkeit	78
4.5.1.1.1	Reversieren der Bewegungsrichtung.....	79
4.5.1.2	Parametrierung	81
4.5.1.3	An- und Abwahl der Kompensation	83
4.5.1.3.1	Programmierung	84
4.5.1.4	Besonderheiten der Antriebsparametrierung	85
4.5.2	Bestimmung der Parameter für die Korrekturwertliste	85
4.5.2.1	Manuelle Bestimmung der Parameter	85
4.5.3	Wirkung der Reibungskompensation	86
4.5.4	Parameter	86
4.5.4.1	Übersicht.....	86
4.5.4.1.1	Achsparameter	86
4.5.4.1.2	Korrekturwerte	87
4.5.4.2	Beschreibung	88
4.5.4.2.1	Achsparameter	88
4.5.4.2.2	Korrekturwerte	88
4.6	Nickkompensation	92
4.6.1	Übersicht.....	95
4.6.2	Parameter	98
4.6.2.1	Übersicht.....	98
4.6.2.2	Beschreibung	99
4.6.2.3	CNC-Objekte	105
4.6.3	Beispiel einer Korrekturwertliste	106
4.6.4	Fehlermeldungen	108
5	Weitere Konfigurationsmöglichkeiten der Achskompensation	109
5.1	Ein-/Ausschalten von Achskompensationen im NC-Programm	109
5.2	Prüfen der Zustände der Achskompensation im NC-Programm.....	111
5.3	Überwachen der Wirksamkeit von Achskompensationen im Automatikbetrieb	114
6	Anhang	116
6.1	Anregungen, Korrekturen und neueste Dokumentation.....	116
	Stichwortverzeichnis.....	117

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Positive Lose	9
Abb. 2:	Negative Lose.....	10
Abb. 3:	Temperaturabhängige Verfälschung der Achsposition.....	14
Abb. 4:	Parameter der Temperaturkompensation für eine Temperatur T	15
Abb. 5:	Referenzmessung bei unterschiedlichen Temperaturen	16
Abb. 6:	Zugriff auf CNC Objekte der Temperaturkompensation	18
Abb. 7:	Auskoppeln der Korrekturwerte mit einem \sin^2 -Filter über 20 Takte beim kurzfristigen Ausschalten der Temperaturkompensation	19
Abb. 8:	Aufgezeichnete Korrekturwerte in Abhängigkeit der Achsposition	27
Abb. 9:	Anwendungsbeispiel für die Kreuzkompensation (Y: Master, Z: Slave).....	31
Abb. 10:	Schematische Darstellung der Korrekturwertberechnung bei der Flächenkompensation.....	42
Abb. 11:	Vorgabe der Korrekturwerte an den Stützpunkten	43
Abb. 12:	Linearinterpolation zwischen den 4 Stützpunkten eines Quadrats.....	44
Abb. 13:	Parameter der Korrekturwertliste.....	48
Abb. 14:	Korrekturtabelle mit äquidistantem Stützpunktraster und einseitiger Kompensation	61
Abb. 15:	Theoretische Reibkurve.....	76
Abb. 16:	Gemessene Reibkurve	77
Abb. 17:	Prinzip der Reibungskompensation.....	78
Abb. 18:	Einbringung der Reibungskompensation im Regelkreis einer Achse.....	79
Abb. 19:	Gewichtung des Reibmodells vor / nach dem Nulldurchgang, beim Reversieren von negativer zur positiver Geschwindigkeit.....	80
Abb. 20:	Einbringung der Reibungskompensation im Regelkreis einer Achse.....	80
Abb. 21:	Konstante Geschwindigkeit (grün) und zugehöriger Strom (schwarz)	85
Abb. 22:	Kreisformtest mit und ohne Reibungskompensation	86
Abb. 23:	Übersicht - Nickkompensation	93
Abb. 24:	Nickkompensation - Modus1	96
Abb. 25:	Nickkompensation - Modus 2	96
Abb. 26:	Nickkompensation – Modus 3	96

1 Übersicht

Aufgabe

Achskompensationen gleichen Ungenauigkeiten in der Werkzeugführung aus, die durch mechanische Fehler wie z.B. Lose, Fehler in der Spindelsteigung oder Temperaturschwankungen, auftreten.

Es werden 7 Achskompensationen unterschieden:

- Losekompensation
- Temperaturkompensation
- Kreuzkompensation
- Flächenkompensation
- Spindelsteigungsfehlerkompensation
- Reibungskompensation
- Nickkompensation

Eigenschaften

Im Allgemeinen kann jede Achskompensation für alle:

- Achstypen aktiviert werden
- Antriebstypen verwendet werden

Die zur Wirksamkeit erforderlichen Bedingungen sind in den jeweiligen Kapiteln der Kompensationsarten beschrieben.

Parametrierung

Für die einzelnen Achskompensationen müssen spezifische Parameter konfiguriert sein, um sie zu aktivieren. Sie sind für jede Kompensationsart jeweils im Abschnitt "Parametrierung" beschrieben.

Programmierung

Achskompensationen können aus dem NC-Programm mit dem Befehl X[COMP...] ein- und ausgeschaltet werden.

Obligatorischer Hinweis zu Verweisen auf andere Dokumente

Zwecks Übersichtlichkeit wird eine verkürzte Darstellung der Verweise (Links) auf andere Dokumente bzw. Parameter gewählt, z.B. [PROG] für Programmieranleitung oder P-AXIS-00001 für einen Achsparameter.

Technisch bedingt funktionieren diese Verweise nur in der Online-Hilfe (HTML5, CHM), allerdings nicht in PDF-Dateien, da PDF keine dokumentenübergreifenden Verlinkungen unterstützt.

Die Funktionalität der Reibungskompensation wird in FCT-C25 beschrieben.

2 Losekompensation

2.1 Übersicht

Aufgabe

Die Losekompensation dient dazu, die Abweichung zwischen tatsächlicher und berechneter Istposition einer Achse, die durch mechanische Lose erzeugt wird, zu kompensieren.

Wirksamkeit

Die Losekompensation kann für **alle** Achstypen aktiviert werden.

Die Auswirkung der Lose kann bei **allen** Antriebstypen kompensiert werden.

Parametrierung

In Bezug auf die Losekompensation können

- die Art der mechanischen Lose P-AXIS-00021
- die Größe der mechanischen Lose P-AXIS-00103
- die Verteilung der mechanischen Lose P-AXIS-00243

im Achsparameterdatensatz [AXIS] parametrierung werden.

Negative Lose

Die negative Lose tritt bei Systemen auf, bei denen die Lose zwischen dem bewegten Maschinenteil und dem Messsystem auftritt. Bei einer Bewegungsumkehr verfährt das Maschinenteil unmittelbar in die neue Richtung, ohne dass das Messsystem eine Positionsänderung detektiert. In diesem Fall verfährt das Maschinenteil um die Lose weiter als durch die Kommandierung erforderlich ist, da der Geber, der die Position des Maschinenteils direkt misst, der tatsächlichen Position des Maschinenteils **nacheilt**.

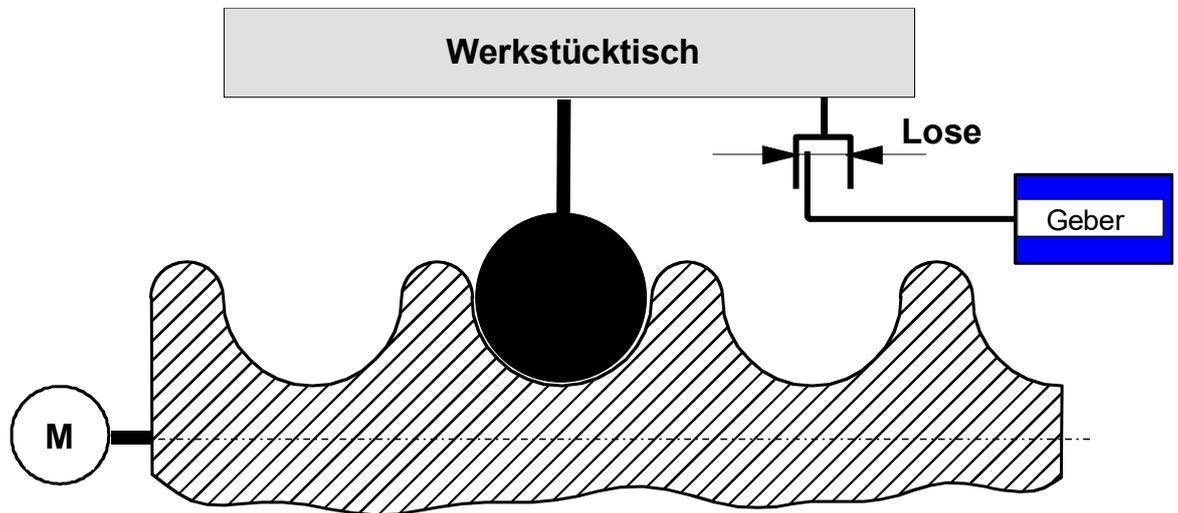


Abb. 2: Negative Lose

Losekompensation

Die Größe der Lose P-AXIS-00103 wird bei der Lageregelung in Abhängigkeit von der Art der auftretenden mechanischen Lose P-AXIS-00021 berücksichtigt und wirkt sich auf die Berechnung der Führungsgrößen aus.



Hinweis

Die Anzeige der absoluten Soll- oder Istposition des bewegten Maschinenteils beinhaltet die Kompensationswerte **nicht** und stellt somit die Position einer idealen Maschine dar.

Wirkung

Bei angewählter Losekompensation ist diese unmittelbar nach dem Hochfahren der Steuerung aktiv, unabhängig davon, ob eine Referenzpunktfahrt [FCT-M1//Beschreibung] durchgeführt wurde.

Durch den Algorithmus wird die Lose im 1. Takt der Verfahrbewegung kompensiert. Bei einer großen Lose kann das eine starke Anregung der Maschine bewirken. Um dies zu vermeiden, kann das Ausfahren der Lose über mehrere Lageregelzyklen verteilt werden P-AXIS-00243.

2.3 Parametrierung

2.3.1 Übersicht

ID	Parameter	Beschreibung
P-AXIS-00021	anwahl_losekomp	Anwahl und Art der mechanischen Lose
P-AXIS-00103	lose	Größe der mechanischen Lose
P-AXIS-00243	n_backlash_cyc	Verteilung der mechanischen Lose

2.3.2 Beschreibung

P-AXIS-00021	Anwahl der Losekompensation	
Beschreibung	Die Anwahl der Losekompensation erfolgt durch Belegung dieses Parameters. Die Art der Lose (Lose zwischen Tisch und Antrieb bzw. Lose zwischen Antrieb und Messsystem) erfolgt durch das Vorzeichen von P-AXIS-00103 (getriebe[i].lose).	
Parameter	lr_param.anwahl_losekomp	
Datentyp	UNS16	
Datenbereich	0: Keine Losekompensation 1: Letzte Achsbewegung erfolgte in pos. Richtung 2: Letzte Achsbewegung erfolgte in neg. Richtung	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: ----	R,S: ----
Standardwert	0	
Antriebstypen	----	
Anmerkungen		

P-AXIS-00103	Größe der Lose	
Beschreibung	Der Parameter definiert die Größe der Lose.	
Parameter	getriebe[i].lose	
Datentyp	SGN16	
Datenbereich	SGN16-Bereich 0 < lose : Lose zw. Antrieb u. Schlitten	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: 0.1µm	R,S: 0.0001°
Standardwert	0	
Antriebstypen	----	
Anmerkungen		

2.3.3 CNC-Objekte

Name	BC::actual backlash		
Beschreibung	Losekompensation: aktuell wirksame Korrekturoffset		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >0093
Datentyp	SGN32	Länge	4
Attribute	read	Einheit	[-]
Anmerkungen			

Name	BC::conf. backlash		
Beschreibung	Losekompensation: Größe der Lose Dieser Wert kann über P-AXIS-00103 [► 11] festgelegt werden.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >00AF
Datentyp	SGN32	Länge	4
Attribute	read	Einheit	[Incr.]
Anmerkungen			

Name	BC::delta backlash		
Beschreibung	Losekompensation: Änderung des Korrekturwerts im aktuellen Takt		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >0095
Datentyp	SGN32	Länge	4
Attribute	read	Einheit	[-]
Anmerkungen			

Name	BC::sum backlash		
Beschreibung	Losekompensation: Korrekturwert an der aktuellen Position ohne Filter		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >0094
Datentyp	SGN32	Länge	4
Attribute	read	Einheit	[-]
Anmerkungen			

2.4 Fehlermeldungen

Fehler in der Konfiguration der Losekompensation führen zur Deaktivierung der Funktion für die betroffene Achse und zur Ausgabe einer Fehlermeldung (Warnmeldung):

P-ERR-110392

2.5 Parametrierbeispiel



Beispiel

Auszug aus der Achsparameterliste

```
getriebe[0].lose          1000 #0,1 µm Lose
lr_param.anwahl_losekomp  1    #Positive Richtung
lr_param.n_backlash_cyc  10    #Anzahl Filtertakte
```

3 Temperaturkompensation

3.1 Übersicht

Verformung und deren Auswirkung

Temperaturänderungen bewirken Ausdehnungen oder Verkürzungen von Maschinenteilen.

Durch die Verformungen ergeben sich Verschiebungen der Achspositionen, welche nicht durch das angebrachte Lagemesssystem der Maschine erkannt werden und zu Ungenauigkeiten des gefertigten Werkstücks führen.

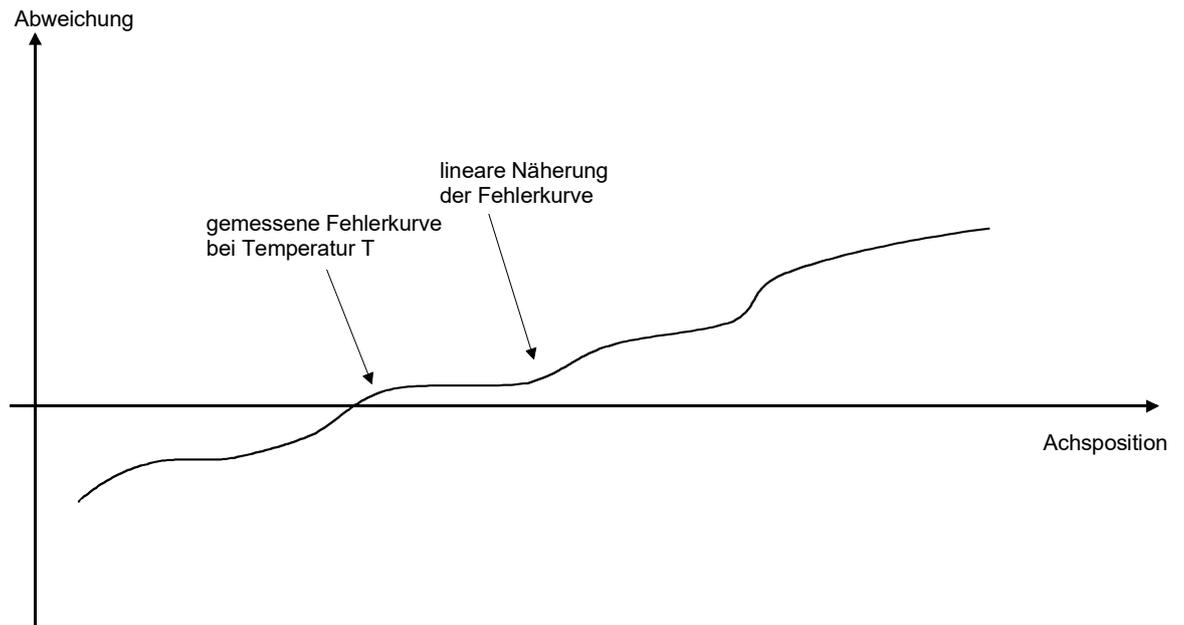


Abb. 3: Temperaturabhängige Verfälschung der Achsposition

Kompensation

Die Temperaturkompensation stellt eine Funktionalität zur Verfügung, um abhängig von der aktuellen Temperatur und der Achsposition die Führungsgröße der Achse zu korrigieren.

Die Korrekturwerte werden entsprechend folgender Beziehung ermittelt:

$$\Delta s(T,s) = \text{offset}_0(T) + \text{coefficient}(T) * [s-s_0]$$

mit:

s = aktuelle Position der Achse

T = aktuelle Referenztemperatur

S₀ = Bezugsposition der Achse

Offset₀(T) = temperaturabhängige Abweichung an der Bezugsposition

Coefficient = temperaturabhängiges Verhältnis von Abweichung zum Abstand zur Bezugsposition

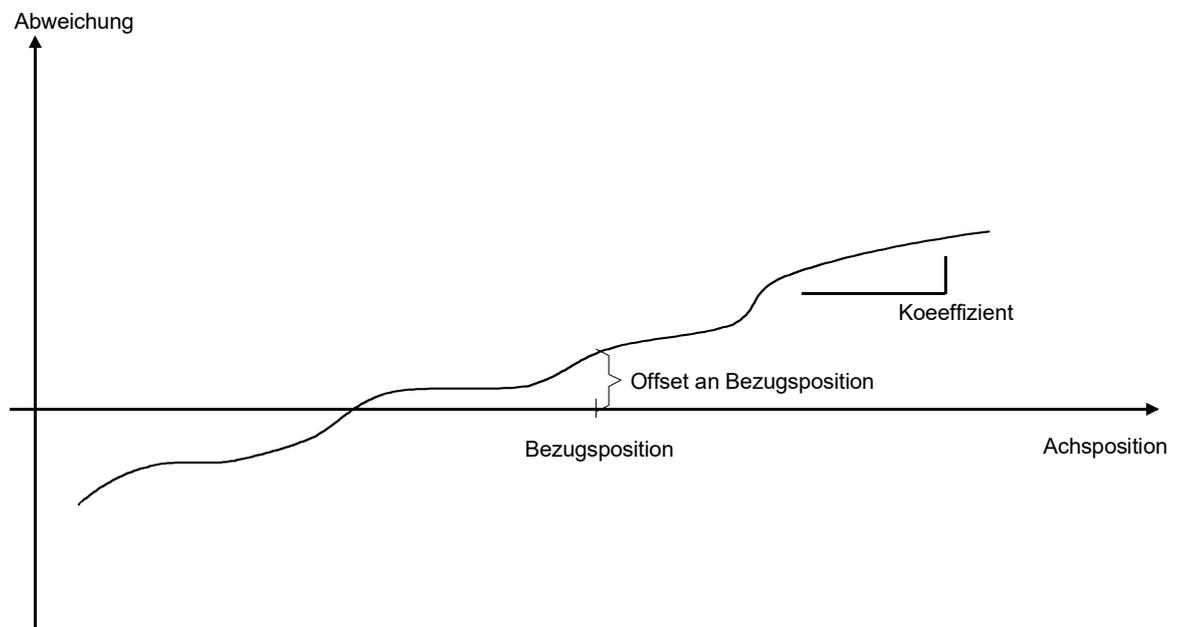


Abb. 4: Parameter der Temperaturkompensation für eine Temperatur T

Wirksamkeit

Die Temperaturkompensation ist wirksam, wenn:

- sie für die Achse aktiviert wurde und
- die Achse referenziert ist.

3.2 Parametrierung

Aktivieren

Die Aktivierung der Temperaturkompensation erfolgt im Achsmaschinendatensatz [AXIS] der entsprechenden Achse über P-AXIS-00271:

```
kopf.achs_nr          1
#
# temperature compensation on/off
lr_param.temp_comp    1
```

Die Kompensation kann auch über einen Schreibzugriff auf das CNC Objekt über die Task GEO aktiviert werden:

```
TEMPC::is_active          Indexgruppe = 0x120300, Indexoffset = 0x10041
```

Referenzmessung

Um die Parameter der Temperaturkompensation vorgeben zu können, muss zunächst eine Referenzmessung mit einem externen Lagemesssystem gemacht werden. Hierbei werden bei verschiedenen Temperaturen die Abweichungen der Achspositionen zwischen internem und externem Messsystem ermittelt.

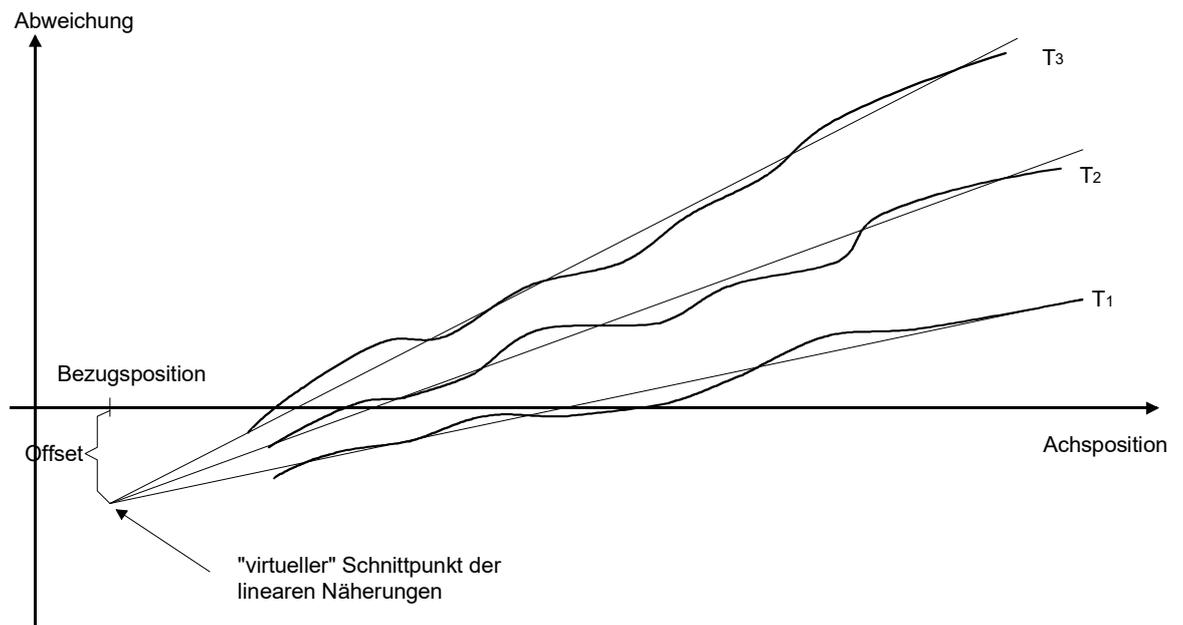
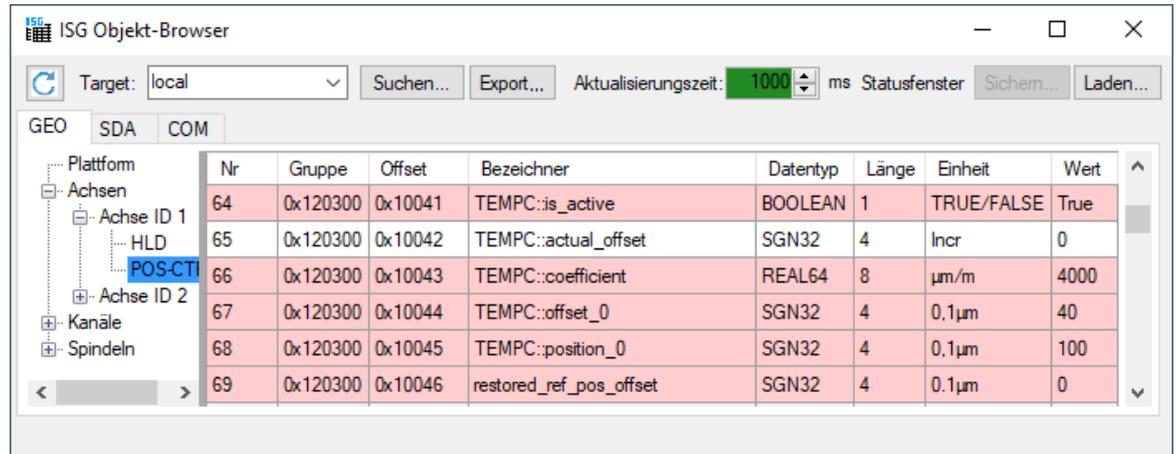


Abb. 5: Referenzmessung bei unterschiedlichen Temperaturen

Neben der Möglichkeit des Downloads existiert auch die Möglichkeit, die Parameter über einen direkten Zugriff über CNC Objekte auf die Task GEO zu schreiben und zu lesen. Beispielhaft kann die erste Achse über folgenden Indexgroup und Indexoffset adressiert werden:



The screenshot shows the 'ISG Objekt-Browser' window with the 'GEO' tab selected. A tree view on the left shows the hierarchy: Plattform > Achsen > Achse ID 1 > HLD > POS-CT. The main table displays the following data:

Nr	Gruppe	Offset	Bezeichner	Datentyp	Länge	Einheit	Wert
64	0x120300	0x10041	TEMPC::is_active	BOOLEAN	1	TRUE/FALSE	True
65	0x120300	0x10042	TEMPC::actual_offset	SGN32	4	Incr	0
66	0x120300	0x10043	TEMPC::coefficient	REAL64	8	µm/m	4000
67	0x120300	0x10044	TEMPC::offset_0	SGN32	4	0,1µm	40
68	0x120300	0x10045	TEMPC::position_0	SGN32	4	0,1µm	100
69	0x120300	0x10046	restored_ref_pos_offset	SGN32	4	0,1µm	0

Abb. 6: Zugriff auf CNC Objekte der Temperaturkompensation

Überwachung und Ein-/Auskoppeln

Die Kompensationswerte werden für jeden Interpolationstakt neu berechnet. Überschreitet die Änderung pro Takt die vorgegebene maximale Achsbeschleunigung, so kann diese Änderung über mehrere Takte gefiltert ausgegeben werden.

Hierzu kann die Taktanzahl des \sin^2 -förmigen Filters in der Achsliste eingestellt werden. Standardmäßig ist dieser auf einen Takt eingestellt.

```

kopf.achs_nr           1
#
# Taktzahl des sin2-Filters
lr_param.temp_comp_n_cycles 20
  
```

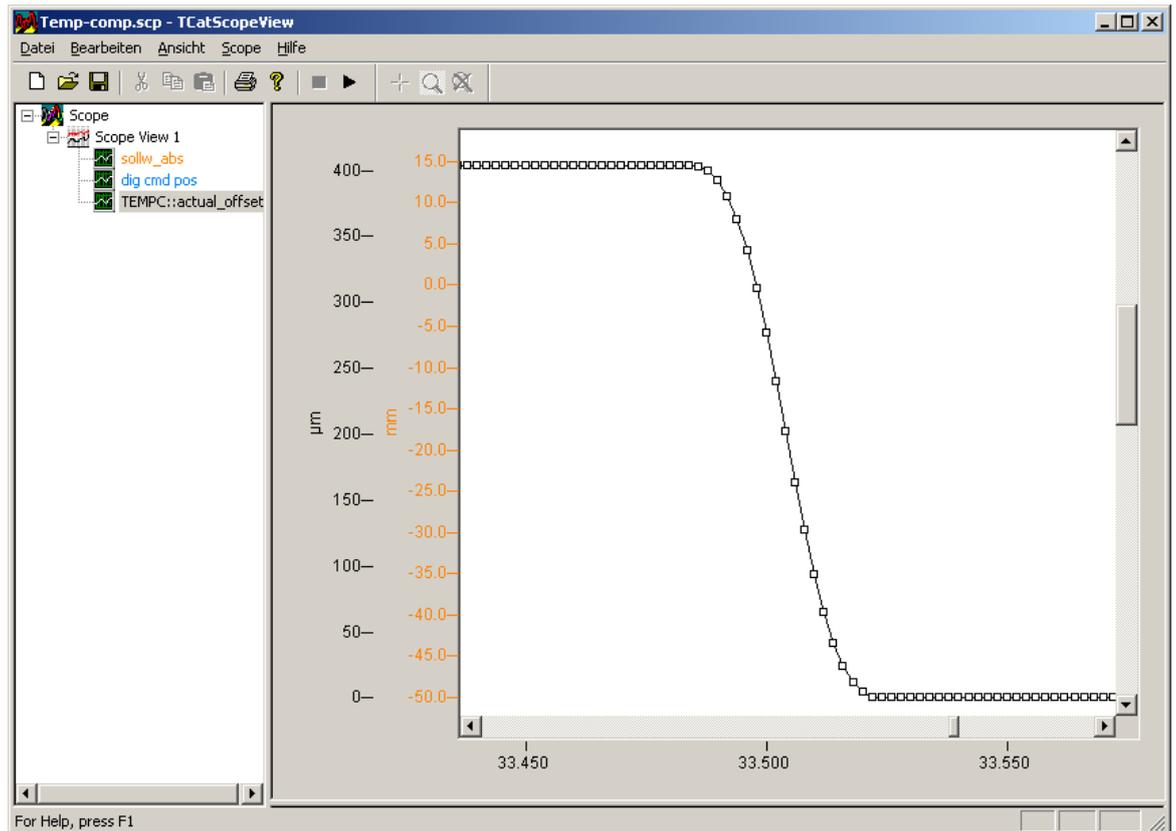


Abb. 7: Auskoppeln der Korrekturwerte mit einem \sin^2 -Filter über 20 Takte beim kurzfristigen Ausschalten der Temperaturkompensation

Anzeige der Kompensation

Neben der Möglichkeit des Downloads existiert die Möglichkeit, Parameter über einen direkten Zugriff auf CNC Objekte der Task GEO zu schreiben oder zu lesen. Beispielhaft kann die 1. Achse über folgende Indexgruppe und Indexoffset adressiert werden:

TEMPC::is_active	Indexgruppe = 0x120300, Indexoffset = 0x10041
TEMPC::actual_offset	Indexgruppe = 0x120300, Indexoffset = 0x10042

Anzeige der Achsposition

Bei eingeschalteter Temperaturkompensation werden die normalen Soll- und Istpositionen der Achse unverändert angezeigt.

Die Korrekturen werden erst vor der Ausgabe auf den Antriebsbus ein-/ausgerechnet und können also bei den Positionswerten des Antriebsbus (dig_cmd_pos, dig_act_pos) eingesehen werden.

3.2.1 Übersicht

ID	Parameter	Beschreibung
P-AXIS-00789	lr_param.crosstalk	Aktivierung der Nickkompensation

ID	Parameter	Beschreibung
P-COMP-00063	kw.crosstalk.master_ax_nr	Log. Achsnummer Masterachse
P-COMP -00064	kw.crosstalk.n_cycles	Anzahl der Zyklen für 'weiches Schalten'
P-COMP -00065	kw.crosstalk.last_index	Letzter Index der Korrekturwerttabelle
P-COMP -00066	kw.crosstalk.acceleration	Beschleunigungen der Masterachse
P-COMP -00067	kw.crosstalk.correction	Korrekturwerte für die Slaveachse
P-COMP-00073	kw.crosstalk.manual_activation	Manuelles Einschalten

3.2.2 Beschreibung

P-AXIS-00271	Anwahl der Temperaturkompensation	
Beschreibung	Der Parameter wählt die Temperaturkompensation an.	
Parameter	lr_param.temp_comp	
Datentyp	BOOLEAN	
Datenbereich	0/1	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: ----	R,S: ----
Standardwert	0	
Antriebstypen	----	
Anmerkungen		

P-AXIS-00272	Parametrierung der Temperaturkompensation (Bezugsposition)	
Beschreibung	Die Kompensationswerte sind durch eine lineare Gerade angenähert. Diese Gerade wird durch eine Position, den Offset an dieser Position und die Steigung bestimmt. Diese Parameter können je nach Temperatur, z.B. durch die SPS, angepasst werden.	
Parameter	lr_param.temp_comp_position_0	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	MIN(SGN32) < temp_comp_position_0 < MAX(SGN32)	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: 0.1µm	R,S: 0.0001°
Standardwert	0	
Antriebstypen	----	
Anmerkungen		

P-AXIS-00273	Parametrierung der Temperaturkompensation (Offset)	
Beschreibung	Die Kompensationswerte sind durch eine lineare Gerade angenähert. Diese Gerade wird durch eine Position, den Offset an dieser Position und die Steigung bestimmt. Diese Parameter können je nach Temperatur, z.B. durch die SPS, angepasst werden.	
Parameter	lr_param.temp_comp_offset_0	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	MIN(SGN32) < temp_comp_offset_0 < MAX(SGN32)	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: 0.1µm	R,S: 0.0001°
Standardwert	0	
Antriebstypen	----	
Anmerkungen		

P-AXIS-00274	Parametrierung der Temperaturkompensation (Steigung)	
Beschreibung	Die Kompensationswerte sind durch eine Gerade angenähert. Diese Gerade wird durch eine Position, den Offset an dieser Position und die Steigung bestimmt. Diese Parameter können je nach Temperatur z.B. durch die SPS angepasst werden.	
Parameter	lr_param.temp_comp_coefficient	
Datentyp	REAL64	
Datenbereich	$-10000 \leq \text{temp_comp_coefficient} \leq 10000$	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: $\mu\text{m/m}$	R,S: ----
Standardwert	0	
Antriebstypen	----	
Anmerkungen		

P-AXIS-00275	Verteilung der Temperaturkompensation auf mehrere Taktzyklen	
Beschreibung	Die Kompensationswerte werden für jeden Interpolationstakt neu berechnet. Überschreitet die Änderung pro Takt die vorgegebene maximale Achsbeschleunigung, so kann diese Änderung über mehrere Takte gefiltert ausgegeben werden. Hierzu kann die Taktanzahl des \sin^2 -förmigen Filters in der Achsliste eingestellt werden.	
Parameter	lr_param.temp_comp_n_cycles	
Datentyp	UNS16	
Datenbereich	$0 < \text{temp_comp_n_cycles} < 20$	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: Interpolationstakte	R,S: Interpolationstakte
Standardwert	0	
Antriebstypen	----	
Anmerkungen		

P-AXIS-00482	Manuelles Einschalten der Temperaturkompensation	
Beschreibung	<p>Die Temperaturkompensation wird durch die CNC automatisch eingeschaltet, falls sie in den Achsparametern angewählt ist (P-AXIS-00271) und die notwendigen Voraussetzungen (z.B. Achse ist referenziert) erfüllt sind.</p> <p>Wird der Parameter auf den Wert 1 gesetzt, muss die Temperaturkompensation explizit über einen NC-Befehl (s. [PROG//Ein-/Ausschalten von Achskompensationen im NC-Programm]) eingeschalten werden. Zusätzlich wird am Ende des NC-Programms, bei CNC-Reset und bei Abgabe der Achse die Kompensation wieder ausgeschalten.</p>	
Parameter	lr_param.temp_comp_manual_activation	
Datentyp	BOOLEAN	
Datenbereich	0: Automatisches Einschalten (Standard). 1: Explizites Einschalten im NC-Programm.	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: ----	R,S: ----
Standardwert	0	
Antriebstypen	----	
Anmerkungen		

3.2.3 CNC-Objekte

Name	TEMPC:: activated		
Beschreibung	Temperaturkompensation: aktiv, Aktivierung über P-AXIS-00271 [► 20]		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >0041
Datentyp	BOOLEAN	Länge	1
Attribute	read/ write	Einheit	[-]
Anmerkungen	TRUE / FALSE		

Name	TEMPC::f_is_active		
Beschreibung	<p>Mit diesem Objekt kann gelesen werden, ob die Temperaturkompensation aktiv ist.</p> <p>Dies bedeutet, dass alle Voraussetzungen, wie Achse ist referenziert und alle erforderlichen Freigaben vorhanden sind, erfüllt sein müssen.</p>		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >01D8
Datentyp	BOOLEAN	Länge	1
Attribute	read	Einheit	[-]
Anmerkungen			

Name	TEMPC::actual_offset		
Beschreibung	Temperaturkompensation: aktueller Korrekturwert		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >0042
Datentyp	SGN32	Länge	4
Attribute	read	Einheit	[Incr.]
Anmerkungen			

Name	TEMPC::coefficient		
Beschreibung	Temperaturkompensation: aktueller Koeffizient Siehe auch P-AXIS-00274 [► 22] Die Kompensationswerte der Temperaturkompensation sind durch eine Gerade angenähert. Diese Gerade wird durch eine Position, den Offset an dieser Position und der Steigung bestimmt.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >0043
Datentyp	REAL64	Länge	8
Attribute	read/ write	Einheit	[µm/m]
Anmerkungen			

Name	TEMPC::offset_0		
Beschreibung	Temperaturkompensation: Startoffset Kennlinie Siehe auch P-AXIS-00273 [► 21] Die Kompensationswerte der Temperaturkompensation sind durch eine Gerade angenähert. Diese Gerade wird durch eine Position, den Offset an dieser Position und der Steigung bestimmt.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >0044
Datentyp	SGN32	Länge	4
Attribute	read/ write	Einheit	[0.1 µm]
Anmerkungen			

Name	TEMPC::position_0		
Beschreibung	Temperaturkompensation: Startposition Kennlinie Siehe auch P-AXIS-00272 [► 21] Die Kompensationswerte der Temperaturkompensation sind durch eine Gerade angenähert. Diese Gerade wird durch eine Position, den Offset an dieser Position und der Steigung bestimmt.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >0045
Datentyp	SGN32	Länge	4
Attribute	read/ write	Einheit	[0.1 µm]
Anmerkungen			

3.3 Beispiel

Initialisierung

Die Kompensation wird in der X-Achse durch folgende Einstellungen aktiviert:

```
lr_param.temp_comp           1
lr_param.temp_comp_position_0 100 [0.1µm]
lr_param.temp_comp_offset_0  40 [0.1µm]
lr_param.temp_comp_coefficient 4000 [µm/m]
lr_param.temp_comp_n_cycles  20
```



Programmierbeispiel

NC-Programm

Zum Test wurde folgendes NC-Programm verwendet:

```
N10: G90 G01 X0 F1000
G04 1
N10 X100
G04 1
N10 X80
G04 1
N10 X50
G04 1
N20 X-200
G04 1

$GOTO N10
M30
```

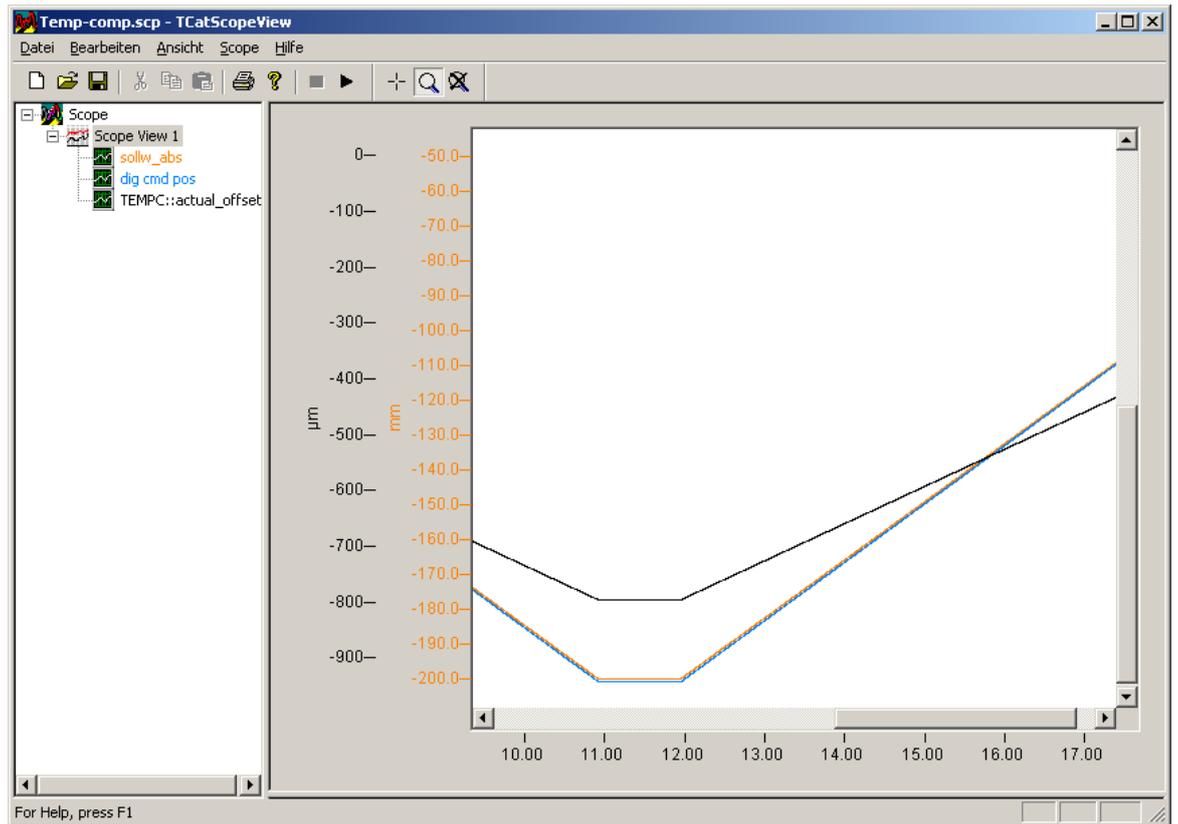


Abb. 8: Aufgezeichnete Korrekturwerte in Abhängigkeit der Achsposition

4 Achskompensationen mit Korrekturwertlisten

4.1 Korrekturwertlisten

Ablage der Korrekturwerte

Die Daten für die Kompensationsverfahren

- Kreuzkompensation
- Flächenkompensation
- Spindelsteigungsfehlerkompensation
- Reibungskompensation und
- Nickkompensation

werden für jede Achse in s.g. Korrekturwertlisten abgelegt, die bei Hochlauf der Steuerung eingelesen werden. Ein Aktualisieren der Listen zu einem späteren Zeitpunkt ist ebenfalls möglich.



Hinweis

Es ist möglich, alle Kompensationsverfahren für eine Achse gleichzeitig zu aktivieren. Bei Verwenden einer Spindelsteigungsfehlerkompensation wird empfohlen, eine mögliche Lose direkt in der Korrekturtabelle der Spindelsteigungsfehlerkompensation zu berücksichtigen (doppelseitige Kompensation P-COMP-00021).



Hinweis

Ab CNC-Version V3.1.3079.06 sind die Größen der Korrekturwertlisten einstellbar.

Bereitstellen der Korrekturwertliste

Um die Korrekturtabelle in der Steuerung bekannt zu machen, müssen in der Hochlaufbeschreibung [STUP] folgende Einträge vorhanden sein:

Variablenname	Typ	Bedeutung
zahl_kw	UNS16	Anzahl der Korrekturwertlisten
achs_kw[i]	String	Name des Datenfiles
achs_kw_log_ax_nr[i]	UNS16	Logische Achsnummer der Achse, für die die Korrekturwertliste gültig sein soll.



Achtung

Wenn die Korrekturwertliste durch den TwinCAT Systemmanager konfiguriert wird, werden diese Einträge in der Hochlaufbeschreibung automatisch belegt.



Programmierbeispiel

Auszug aus Hochlaufliste *hochlauf.lis*:

```
:
zahl_kw                3
#
achs_kw_log_ax_nr[0]   1
achs_kw[0]             ..\listen\achskw1.lis
#
achs_kw_log_ax_nr[1]   2
achs_kw[1]             ..\listen\achskw2.lis
#
achs_kw_log_ax_nr[2]   6
achs_kw[2]             ..\listen\achskw6.lis
:
```

Aufbau der Korrekturwertliste

Die Korrekturwertliste besteht aus

- einem Listenkopf, in den allgemeine Daten eingetragen werden, sowie
- dem Listenrumpf, in dem die Korrekturalgorithmen parametrisiert sind und die eigentlichen Korrekturtabellen enthalten sind.

Listenkopf

Der Listenkopf ist in der Liste durch die Strukturvariable **kopf** gekennzeichnet. Sie enthält die folgenden Elemente:

Variablenname	Typ	Bedeutung
kopf.achs_nr	UNS16	Logische Achsnummer der Korrekturwertliste
kopf.log_achs_name	String	Achsname der Achse, wird nur für Diagnosezwecke verwendet



Achtung

Wenn die Korrekturwertliste durch den TwinCAT-Systemmanager konfiguriert wird, werden diese Einträge in der Korrekturwertliste automatisch belegt.

Listenrumpf

Der Listenrumpf beinhaltet allgemeine Daten sowie die Korrekturtabellen. Die Einträge des Listenrumpfes sind durch die Strukturvariable **kw** und **frict_comp** gekennzeichnet. Sie enthalten für die jeweiligen Kompensationsverfahren folgende Substrukturen:

Variablenname	Bedeutung
kw.crosscomp	Datenstruktur für die Kreuzkompensation
kw.crosscomp2	Datenstruktur für die Flächenkompensation (2-dimensionale Kreuzkompensation)
kw.ssfk	Datenstruktur für die Spindelsteigungsfehlerkompensation
kw.crosstalk	Datenstruktur für die Nickkompensation
frict_comp	Datenstruktur für die Reibungskompensation

Aktualisieren der Korrekturtable

Die Korrekturtable kann bei laufender Steuerung aktualisiert werden, sofern die Bedingungen für die Wirksamkeit einer Kompensation erfüllt sind.



Achtung

Nach Hochlauf, Aktualisierung oder Neuinitialisierung einer Achskompensation ist die Beauftragung eines schnellen Programmstarts oder ein Achstausch ohne Anforderung von Achspositionen "fast" nicht zulässig:
Es muss zunächst der NC-Kanal bzgl. Achspositionen synchronisiert werden.

4.2 Kreuzkompensation

Die Kreuzkompensation ermöglicht die Korrektur von Rechtwinkligkeitsfehlern oder Fehlern die aufgrund einer Durchbiegung der Achse entstehen.

Korrekturverfahren

Die Kreuzkompensation (auch Durchhangkompensation genannt) ermöglicht die Korrektur einer Achsposition in Abhängigkeit der Sollposition einer anderen Achse.

Die Achse, deren Sollposition den Korrekturwert beeinflusst, heißt Masterachse. Die Achse, bei der die Korrektur wirksam wird, heißt Slaveachse.

Eine Masterachse kann auch die Slaveachse einer anderen Masterachse sein.



Hinweis

Die Daten der Kreuzkompensation werden in der Korrekturwertliste der **Slaveachse** angegeben.

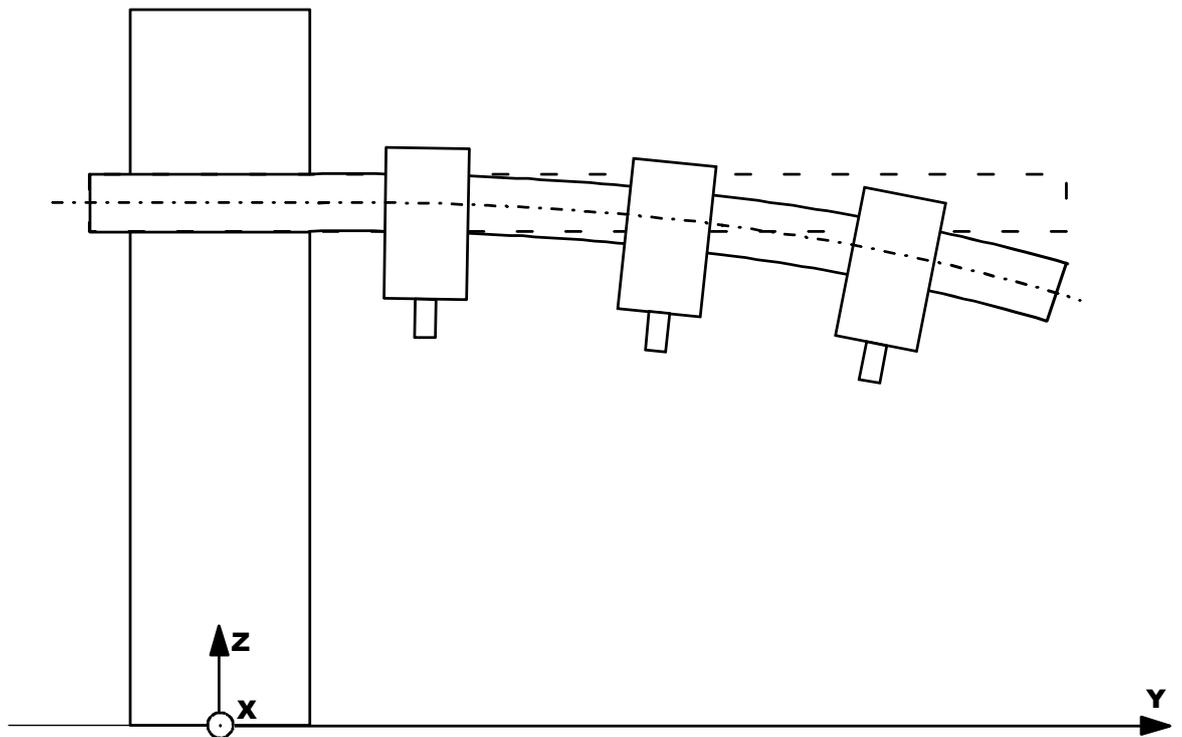


Abb. 9: Anwendungsbeispiel für die Kreuzkompensation (Y: Master, Z: Slave).

Eigenschaften

- Eine Masterachse besitzt eine oder mehrere Slaveachsen.
- Eine Slaveachse besitzt genau eine Masterachse.
- Die Kreuzkompensation kann auch für Master- und Slaveachsen eines Gantryverbunds eingesetzt werden.
- Für jeden Stützpunkt kann ein Korrekturwert vorgegeben werden.
- Zwischen den Stützpunkten wird linear interpoliert.
- Die Kreuzkompensation ist für alle Antriebstypen verfügbar.
- Die Korrekturen sind nur in den direkt auf den Antrieb ausgegebenen Positionen einzusehen (nicht in den normalen Anzeigedaten), da die Kompensation außerhalb der normalen Berechnung erfolgt.
- Ab CNC-Version V3.1.3079.06 ist die Größe der Wertetabelle einstellbar. Über P-COMP-00060 [▶ 35] kann die maximale Anzahl der Tabelleneinträge festgelegt werden. Die tatsächliche Anzahl der verwendeten Einträge über P-COMP-00004 [▶ 36]

Wirksamkeit

Die Kreuzkompensation ist nur dann wirksam, wenn alle nachfolgenden Bedingungen erfüllt sind:

- Die Funktion wurde für die Slaveachse aktiviert.
- Die Korrekturwerttabelle wurde bereitgestellt.
- Master- und Slaveachsen sind Linearachsen. Ab der CNC-Version v263.1504 kann die Kreuzkompensation auch für rotatorische Achsen oder Spindeln verwendet werden.
- Die Masterachse wurde referenziert. Eine Referenzierung der Slaveachse ist nicht erforderlich.

4.2.1 Parameter

4.2.1.1 Übersicht

Aktivierung

Die Aktivierung der Kreuzkompensation erfolgt im Achsmaschinendatensatz der Slaveachse über P-AXIS-00047:

Variablenname	Typ	Bedeutung
lr_param.crosscomp	BOOLEAN	0: keine Kreuzkompensation 1: Kreuzkompensation aktiv



Programmierbeispiel

Auszug aus einer Achsparameterliste:

```
:  
lr_param.crosscomp      1  
:
```



Hinweis

Die Kreuzkompensation kann auch bei einem Gantry-Achsverbund eingesetzt werden. Hierbei wird in jeder Achse des Gantryverbunds (Slave der Kreuzkompensation) eine individuelle Korrekturwerttabelle angegeben.

Diese Korrekturwerttabellen können hierdurch für jede Gantryachse unterschiedlich eingestellt werden.

Ein-/Auskoppeln

Die Kreuzkompensation (EIN, falls Master referenziert und Kompensation aktiviert ist) kann jederzeit bei stehender Slaveachse ein- bzw. ausgeschaltet werden. Dabei werden die angezeigten Sollpositionen der Slaveachse mit den Korrekturwerten verrechnet.

Filter

Beim Referenzieren der Masterachse können sich im Korrekturwertverlauf bei bewegter Slaveachse Unstetigkeiten ergeben. Diese können über einen \sin^2 -Filter geglättet werden. Die Ordnung des Filters und damit seine Aktivierung wird über den Parameter P-COMP-00026 (n_cycles) geschaltet.

Verwaltungsdaten der Kreuzkompensationstabelle

Die allgemeinen Daten des Listenrumpfes werden unter der Struktur **kw.crosscomp.*** eingetragen. Sie enthält folgende Elemente:

Elemente der Verwaltungsdaten

Variablenname	Typ	Bedeutung
unit	BOOLEAN	Einheit der Längenangaben: 0: Encoder-Inkmente 1: Metrisch (in 0,1 µm)
last_index	SGN32	Letzter gültiger Index in der Tabelle der Slaveachse. Ab CNC-Version V3.1.3079.06 kann über P-COMP-00060 [► 35] die maximal mögliche Anzahl der Tabelleneinträge festgelegt werden. In vorangegangenen Versionen ist der Maximalwert 1000. Die Tabelle beginnt immer mit Index 0
master_ax_nr	UNS16	Logische Achsnummer der Masterachse, deren Sollposition als Eingangsgröße der Kompensationstabelle dient.
n_cycles	UNS16	Anzahl der Zyklen des sin ² -Filters.
manual_activation	BOOLEAN	0: (Standard) Die CNC schaltet die Kreuzkompensation automatisch ein, sobald die Voraussetzungen erfüllt sind (z.B. die Masterachse referenziert ist). 1: Die Kreuzkompensation muss explizit im NC-Programm mit dem COMP Befehl (s. Kapitel „Ein-/Ausschalten von Achskompensationen im NC-Programm“) [► 109] eingeschaltet werden. Am Ende des NC-Programms, bei CNC-Reset oder bei Abgabe der Achse wird die Kompensation wieder ausgeschaltet.

Korrekturwerte der Kreuzkompensation

Für jeden Stützpunkt wird in der Tabelle **kw.crosscomp.table[i].*** der entsprechende Korrekturwert der Slaveachse eingetragen. Die Kompensationstabelle gilt in positiver und in negativer Bewegungsrichtung.

Korrekturwerttabelle

Variablenname	Typ	Bedeutung
table[i].setpoint	SGN32	Stützpunkt der Masterachse, bei dem die Slaveachse korrigiert werden muss.
table[i].correction	SGN32	Relativer Korrekturwert für die Slaveachse am Stützpunkt i

Besonderheit rotatorische Masterachse

Ab der CNC-Version v263.1504 kann die Kreuzkompensation auch für rotatorische Achsen oder Spindeln verwendet werden. Für diese Achstypen wird im Lageregler eine Modulorechnung der Achsposition durchgeführt.

Falls die Masterachse der Kreuzkompensation eine Moduloachse ist, findet im Moduloübergang der Achsposition der Masterachse auch ein „Moduloübergang“ in der Korrekturtabelle statt. Damit an dieser Stelle im Korrekturwertverlauf der Slaveachse kein Sprung auftritt, muss in der Korrekturtabelle am Moduloübergang der gleiche Korrekturwert angegeben werden.

4.2.1.2 Beschreibung

P-AXIS-00047	Aktivierung der Kreuzkompensation	
Beschreibung	Mit dem Parameter wird die Kreuzkompensation (auch Durchhangkompensation genannt) aktiviert.	
Parameter	lr_param.crosscomp	
Datentyp	BOOLEAN	
Datenbereich	0/1	
Achstypen	T	
Dimension	T: ----	
Standardwert	0	
Antriebstypen	----	
Anmerkungen		

P-COMP-00060	Maximale Anzahl von Tabelleneinträgen für Kreuzkompensation	
Beschreibung	<p>Mit diesem Parameter der Kreuzkompensation (FCT-C5 [► 31]) kann eingestellt werden, für wie viele Tabelleneinträge Speicher reserviert werden soll.</p> <p>Die Größe der tatsächlich verwendeten Kompensationstabelle wird durch `last_index` (P-COMP-00004) festgelegt und `last_index` muss kleiner sein als `max_points`.</p>	
Parameter	kw.crosscomp.max_points	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	0 <= P-COMP-00060	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: ----	R,S: ----
Standardwert	1001	
Anmerkungen	<p>Der Wert des Parameters darf nach dem Hochlauf, etwa durch Nachladen von Listen, nicht mehr geändert werden. Ansonsten wird der Fehler mit ID 110639 ausgegeben.</p> <p>Falls P-COMP-00060 nicht (oder mit 0) angegeben wird, dann wird P-COMP-00060 aus Gründen der Abwärtskompatibilität mit dem Standardwert belegt.</p> <p>Um dieser Standardbelegung entgegen zu wirken kann bei einer Achse, die keine Kreuzkompensation [► 31] verwendet, durch Belegen von P-COMP-00060 mit dem Wert 1 Speicher eingespart werden.</p> <p>Der Parameter ist verfügbar ab CNC-Version V3.3079.06</p>	

P-COMP-00003	Einheit der Längenangaben	
Beschreibung	Der Parameter bestimmt, in welcher Einheit die Längenangaben der Korrekturwerte zu verwenden sind.	
Parameter	kw.crosscomp.unit	
Datentyp	BOOLEAN	
Datenbereich	0: Encoder-Inkremente 1: Metrisch (in 0.1µm)	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: ----	R,S: ----
Standardwert	0	
Anmerkungen		

P-COMP-00004	Letzter Index der Korrekturwerttabelle	
Beschreibung	Mit dem Parameter wird der letzte gültige Index in der Tabelle der Masterachse bestimmt. Die Tabelle beginnt immer mit Index 0	
Parameter	kw.crosscomp.last_index	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	0 ≤ last_index < P-COMP-00060 [▶ 35]	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: ----	R,S: ----
Standardwert	0	
Anmerkungen	P-COMP-00060 [▶ 35] ist ab V3.1.3079.06 verfügbar, die Obergrenze in vorherigen CNC-Versionen beträgt 1000.	

P-COMP-00005	Logische Achsnummer der Masterachse	
Beschreibung	Mit dem Parameter wird die logische Achsnummer der Masterachse bestimmt, deren Sollposition als Eingangsgröße der Kompensationstabelle der Slaveachse dient.	
Parameter	kw.crosscomp.master_ax_nr	
Datentyp	UNS16	
Datenbereich	1 ≤ master_ax_nr ≤ MAX (UNS16)	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: ----	R,S: ----
Standardwert	0	
Anmerkungen		

P-COMP-00026	Anzahl der Zyklen für 'weiches Schalten'	
Beschreibung	Der Parameter bestimmt die Anzahl der Zyklen, über welche die Kreuzkompensation weich ein-/ausgekoppelt wird.	
Parameter	kw.crosscomp.n_cycles	
Datentyp	UNS16	
Datenbereich	0 ≤ n_cycles ≤ 20 (Maximale Taktzahl, über die ein-/ausgekoppelt werden soll, applikationsspezifisch)	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: ----	R,S: ----
Standardwert	0	
Anmerkungen		

P-COMP-00029	Manuelles Einschalten	
Beschreibung	<p>Die Kreuzkompensation wird durch die CNC automatisch eingeschaltet, falls sie in den Achsparametern angewählt ist (P-AXIS-00047) und die notwendigen Voraussetzungen (z.B. Achse ist referenziert) erfüllt sind.</p> <p>Wird der Parameter auf den Wert 1 gesetzt, muss die Kreuzkompensation explizit über einen NC-Befehl (s. [PROG//Ein-/Ausschalten von Achskompensationen im NC-Programm]) eingeschaltet werden. Zusätzlich wird am Ende des NC-Programms, bei CNC-Reset und bei Abgabe der Achse die Kompensation wieder ausgeschaltet.</p>	
Parameter	kw.crosscomp.manual_activation	
Datentyp	BOOLEAN	
Datenbereich	0: Automatisches Einschalten 1: Explizites Einschalten im NC-Programm	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: ----	R,S: ----
Standardwert	0	
Anmerkungen		

P-COMP-00006	Stützpunkte der Masterachse	
Beschreibung	Mit dem Parameter werden die Stützpunkte der Masterachse definiert, bei denen die Slaveachse korrigiert werden muss.	
Parameter	kw.crosscomp.table[i].setpoint	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	MIN(SGN32) ≤ setpoint < MAX(SGN32)	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: 0.1µm oder Inkremente	R,S: 0.0001° oder Inkremente
Standardwert	0	
Anmerkungen		

P-COMP-00007	Korrekturwerte für die Slaveachse	
Beschreibung	Mit dem Parameter werden die relativen Korrekturwerte für die Slaveachse an den Stützpunkten 'i' definiert.	
Parameter	kw.crosscomp.table[i].correction	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	MIN(SGN32) ≤ correction < MAX(SGN32)	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: 0.1µm oder Inkremente	R,S: 0.0001° oder Inkremente
Standardwert	0	
Anmerkungen		

4.2.1.3 CNC-Objekte

Name	CROSSC::f_is_active		
Beschreibung	Kreuzkompensation: aktiv, Aktivierung über Beschreibung [▶ 35] Dies bedeutet, dass alle Voraussetzungen, wie Achse ist referenziert und alle erforderlichen Freigaben vorhanden sind, erfüllt sein müssen.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >004F
Datentyp	BOOLEAN	Länge	1
Attribute	read	Einheit	[-]
Anmerkungen			

Name	CROSSC::activated		
Beschreibung	Mit diesem Objekt kann gelesen werden, ob die Kreuzkompensation über P-AXIS-00047 [▶ 35] aktiviert ist.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >01D6
Datentyp	BOOLEAN	Länge	1
Attribute	read	Einheit	[-]
Anmerkungen			

Name	CROSSC::actual_offset		
Beschreibung	Kreuzkompensation: aktuell wirksamer Offset		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >0035
Datentyp	SGN32	Länge	4
Attribute	read	Einheit	[Incr.]
Anmerkungen			

Name	CROSSC::delta_offset		
Beschreibung	Kreuzkompensation: Änderung des Korrekturwertes im Vergleich zum vorhergehenden Takt		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >0034
Datentyp	SGN32	Länge	4
Attribute	read	Einheit	[Incr.]
Anmerkungen			

4.2.2

Beispiel einer Korrekturwertliste



Programmierbeispiel

Beispiel einer Korrekturwertliste bei der Kreuzkompensation

```
# *****
# Achskompensationsdaten Z-Achse
# *****

kopf.achs_nr                3
kopf.log_achs_name          Z
kw.crosscomp.last_index     99 /*Last valid index of the ta-
ble*/
kw.crosscomp.master_ax_nr   1 /*Log. ax. number of the master
axis*/
kw.crosscomp.unit           1 /*0:Incr. 1:Metric in 0.1 µm*/
kw.crosscomp.n_cycles       20
#
kw.crosscomp.table[0].setpoint 10735
kw.crosscomp.table[0].correction 3
kw.crosscomp.table[1].setpoint 11523
kw.crosscomp.table[1].correction 5
:
:
kw.crosscomp.table[99].setpoint 10000000 /*at 1000 mm of axis 3*/
kw.crosscomp.table[99].correction 1000 /*corr. of 0,1 mm for
axis 1*/
```

4.2.3

Fehlermeldungen

Fehler in der Konfiguration der Kreuzkompensation führen zur Deaktivierung der Funktion für die betroffene Achse und zur Ausgabe einer Fehlermeldung (Warnmeldung).

Die dabei auftretenden Fehlermeldungen sind im Folgenden:

- ID 110639
- ID 70242
- ID 70244
- ID 70245
- ID 70246
- ID 70247
- ID 70248
- ID 70249
- ID 70250
- ID 70432

4.3 Flächenkompensation

Mit der Flächenkompensation lassen sich Fehlstellungen einer Achse in Abhängigkeit von der Position zweier Masterachsen korrigieren. Ein Anwendungsfall ist z.B. die Korrektur der Z-Achse in Abhängigkeit von X und Y.

Korrekturverfahren

Die Flächenkompensation ermöglicht die Korrektur einer Achsposition in Abhängigkeit der Sollpositionen von 2 Achsen.

Die beiden Achsen, deren Sollpositionen den Korrekturwert beeinflussen, heißen Masterachsen. Die Achse, bei der die Korrektur wirksam wird, heißt Slaveachse.

Eine der Masterachsen kann auch die Slaveachse selbst sein.



Hinweis

Die Daten der Flächenkompensation werden in der Korrekturwertliste der **Slaveachse** angegeben.

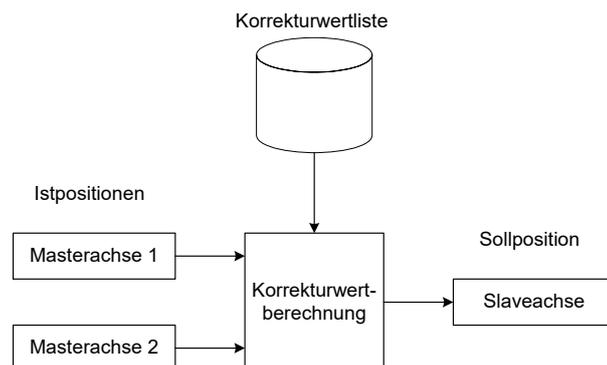


Abb. 10: Schematische Darstellung der Korrekturwertberechnung bei der Flächenkompensation

Eigenschaften

- Die beiden Masterachsen bilden ein 2-achsiges Koordinatensystem; im einfachsten Fall ist es die X-Y-Ebene (Masterachse 1 = X-Achse, Masterachse 2 = Y-Achse).
- Dieses Koordinatensystem ist wie ein Schachbrett in Quadrate oder Rechtecke aufgeteilt.
- Die Kantenlänge der Quadrate bzw. die Kantenlängen der Rechtecke sind parametrierbar.
- Die Ecken der Quadrate bzw. Rechtecke bilden die Stützpunkte der Tabelle (siehe Abb. unten)
- Für jeden Stützpunkt kann ein Korrekturwert vorgegeben werden.
- Zwischen den Stützpunkten wird linear interpoliert (siehe 2. Abbildung unten).
- Außerhalb der Tabelle bleiben die Korrekturwerte am Tabellenrand wirksam.
- Ab CNC-Version V3.1.3079.06 ist die Größe der Wertetabelle einstellbar. Über P-COMP-00061 [▶ 49] kann die maximale Anzahl der Tabelleneinträge festgelegt werden. Die tatsächliche Anzahl der verwendeten Einträge über P-COMP-00010 [▶ 51] und P-COMP-00011 [▶ 51] festgelegt werden.

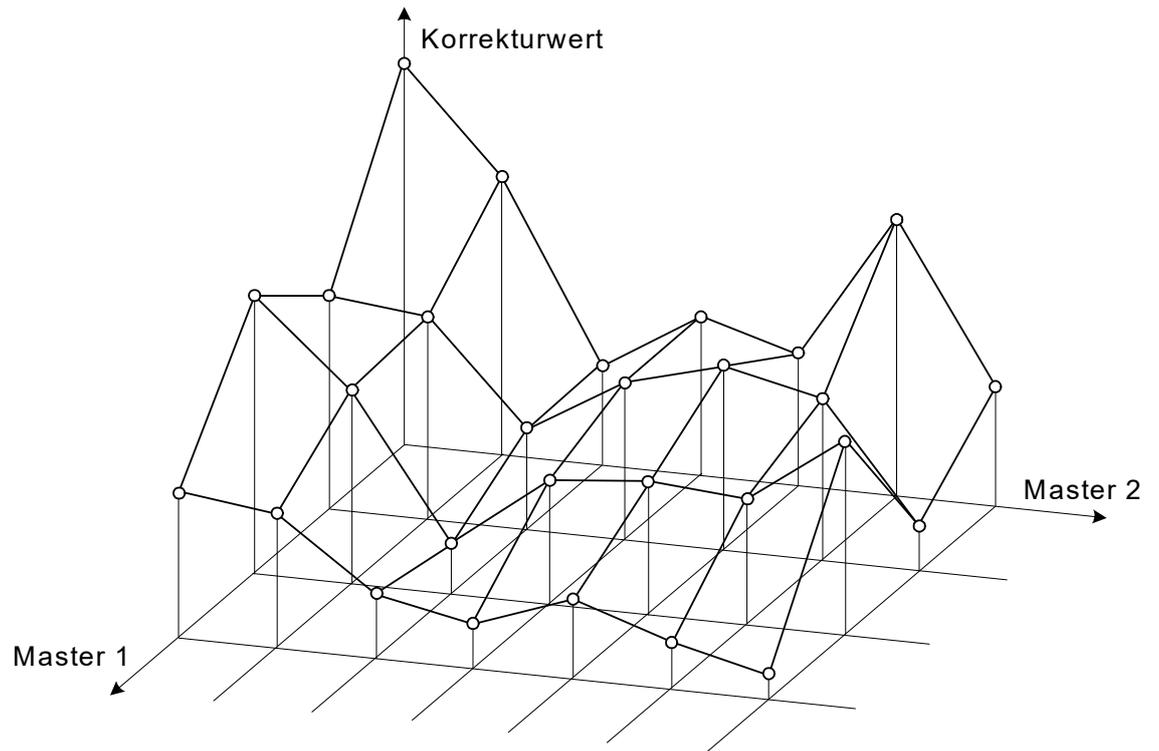


Abb. 11: Vorgabe der Korrekturwerte an den Stützpunkten

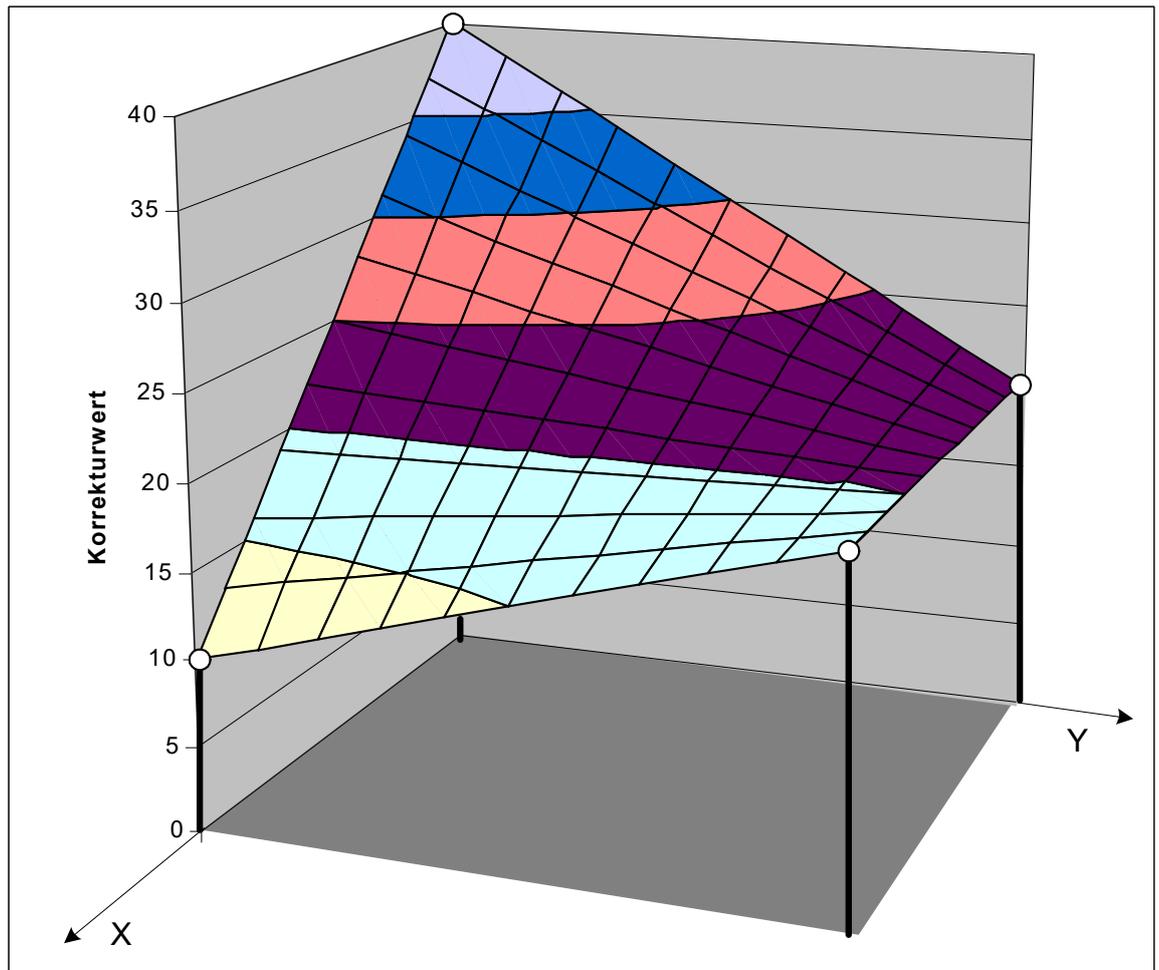


Abb. 12: Linearinterpolation zwischen den 4 Stützpunkten eines Quadrats

Wirksamkeit

Die Flächenkompensation ist nur dann wirksam, wenn alle nachfolgenden Bedingungen erfüllt sind:

- Die Funktion wurde für die Slaveachse aktiviert.
- Die Korrekturwerttabelle wurde bereitgestellt.
- Master- und Slaveachsen sind Linearachsen. Ab der CNC-Version v263.1504 kann die Flächenkompensation auch für rotatorische Achsen oder Spindeln eingesetzt werden.
- Die Masterachsen besitzen ein Absolutmesssystem oder wurden referenziert.

4.3.1 Parameter

4.3.1.1 Übersicht

Aktivierung

Die Aktivierung der Flächenkompensation erfolgt im Achsmaschinendatensatz der Slaveachse über P-AXIS-00174:

Variablenname	Typ	Bedeutung
lr_param.crosscomp2	BOOLEAN	0: keine Flächenkompensation 1: Flächenkompensation aktiv



Programmierbeispiel

Auszug aus einer Achsparameterliste:

```
:  
lr_param.crosscomp2      1  
:
```

Ein-/Auskoppeln

Die Flächenkompensation (EIN, falls Masterachsen referenziert und Kompensation aktiviert sind) kann jederzeit bei stehender Slaveachse ein- bzw. ausgeschaltet werden. Dabei werden die angezeigten Sollpositionen der Slaveachse mit den Korrekturwerten verrechnet.

Filter

Beim Referenzieren der Masterachsen können sich im Korrekturwertverlauf bei bewegter Slaveachse Unstetigkeiten ergeben. Diese können über einen \sin^2 -Filter geglättet werden. Die Ordnung des Filters und damit seine Aktivierung wird über den Parameter P-COMP-00027 [▶ 53] (n_cycles) geschaltet.

Besonderheit für rotatorische Masterachsen

Ab der CNC-Version v263.1504 kann die Flächenkompensation auch für rotatorische Achsen oder Spindeln verwendet werden. Für diese Achstypen wird im Lageregler eine Modulorechnung der Achsposition durchgeführt.

Falls eine Masterachse der Flächenkompensation eine Moduloachse ist, findet im Moduloübergang der Achsposition dieser Masterachse auch ein „Moduloübergang“ in der Korrekturtable statt. Damit an dieser Stelle im Korrekturwertverlauf der Slaveachse kein Sprung auftritt, muss in der Korrekturtable am Moduloübergang der gleiche Korrekturwert angegeben werden.

Verwaltungsdaten der Flächenkompensationstabelle

In den allgemeinen Daten des Listenrumpfes werden die beteiligten Achsen, die Grenzen des Kompensationsbereiches usw. parametrisiert. Die allgemeinen Daten werden unter der Struktur **kw.crosscomp2.*** eingetragen. Sie enthält folgende Elemente:

Elemente der Verwaltungsdaten

Variablenname	Typ	Bedeutung
unit	BOOLEAN	Einheit der Längenangaben: 0: Encoder-Inkmente 1: Metrisch (in 0,1 µm)
grid	STRING	Art der Stützpunktrasterung: QUADRATIC: Identische Rasterung, interval für beide Masterachsen RECTANGULAR: Unterschiedliche Rasterung, interval1 und interval2 für die beiden Masterachsen
interval	UNS32	Schrittweite zwischen 2 Stützpunkten in 0,1 für beide Masterachsen (grid = QUADRATIC)
interval1	UNS32	Schrittweite der ersten Masterachse zwischen 2 Stützpunkten in 0,1 µm (grid = RECTANGULAR)
interval2	UNS32	Schrittweite der 2. Masterachse zwischen 2 Stützpunkten in 0,1 µm (grid = RECTANGULAR)
last_index_master1	SGN32	Letzter gültiger Index in der Tabelle für Masterachse 1 (siehe Grenzen der Kompensationstabelle [▶ 47]). Die Tabelle beginnt immer mit Index 0
last_index_master2	SGN32	Letzter gültiger Index in der Tabelle für Masterachse 2 (siehe Grenzen der Kompensationstabelle [▶ 47]). Die Tabelle beginnt immer mit Index 0
start_position_master1	SGN32	Position der Masterachse 1, bei der die Korrekturtable beginnt
start_position_master2	SGN32	Position der Masterachse 2, bei der die Korrekturtable beginnt
master1_ax_nr	UNS16	Log. Achsnummer der Masterachse 1
master2_ax_nr	UNS16	Log. Achsnummer der Masterachse 2
n_cycles	UNS16	Anzahl der Zyklen des sin ² -Filters.
manual_activation	BOOLEAN	0: Standard: Die CNC schaltet die Flächenkompensation automatisch ein, sobald die Voraussetzungen erfüllt sind (z.B. die Masterachsen referenziert sind) 1: Die Flächenkompensation muss explizit im NC-Programm mit dem COMP Befehl (s. Kapitel „Ein-/Ausschalten von Achskompensationen im NC-Programm [▶ 109]“) eingeschaltet werden. Am Ende des NC-Programms, bei CNC-Reset oder bei Abgabe der Achse wird die Kompensation wieder ausgeschaltet.

Grenzen der Kompensationstabelle

Ab CNC-Version V3.1.3079.06 kann über P-COMP-00061 [▶ 49] die maximal mögliche Anzahl der Tabelleneinträge festgelegt werden. In vorangegangenen Versionen wurden die Einträge „last_index_master1“ (P-COMP-00010 [▶ 51]) und „last_index_master2“ (P-COMP-00011 [▶ 51]) auf 100 Einträge beschränkt.

Diese starre Beschränkung entfällt. Zu beachten ist nur:

P-COMP-00010 [▶ 51] x P-COMP-00011 [▶ 51] <= P-COMP-00061 [▶ 49]

Korrekturwerte der Flächenkompensation

Für jeden Stützpunkt wird in der Tabelle **kw.crosscomp2.table[j][i].*** der entsprechende Korrekturwert der Slaveachse eingetragen.

Korrekturwerttabelle

Variablenname	Typ	Bedeutung
table[j][i].correction	SGN32	Korrekturwert der Slaveachse am Stützpunkt [j][i], siehe Bild unten.



Hinweis

Bei der Indizierung der Stützpunkte in der Korrekturwerttabelle bezieht sich immer der **1.** Index j auf die **2.** Masterachse (siehe Bild unten).

Index j -> Masterachse 2

Index i -> Masterachse 1



Hinweis

Nicht zugewiesene Stützpunkte in der Korrekturwerttabelle sind mit 0 vorbelegt. Dieser Wert wird auch in der Berechnung genutzt.

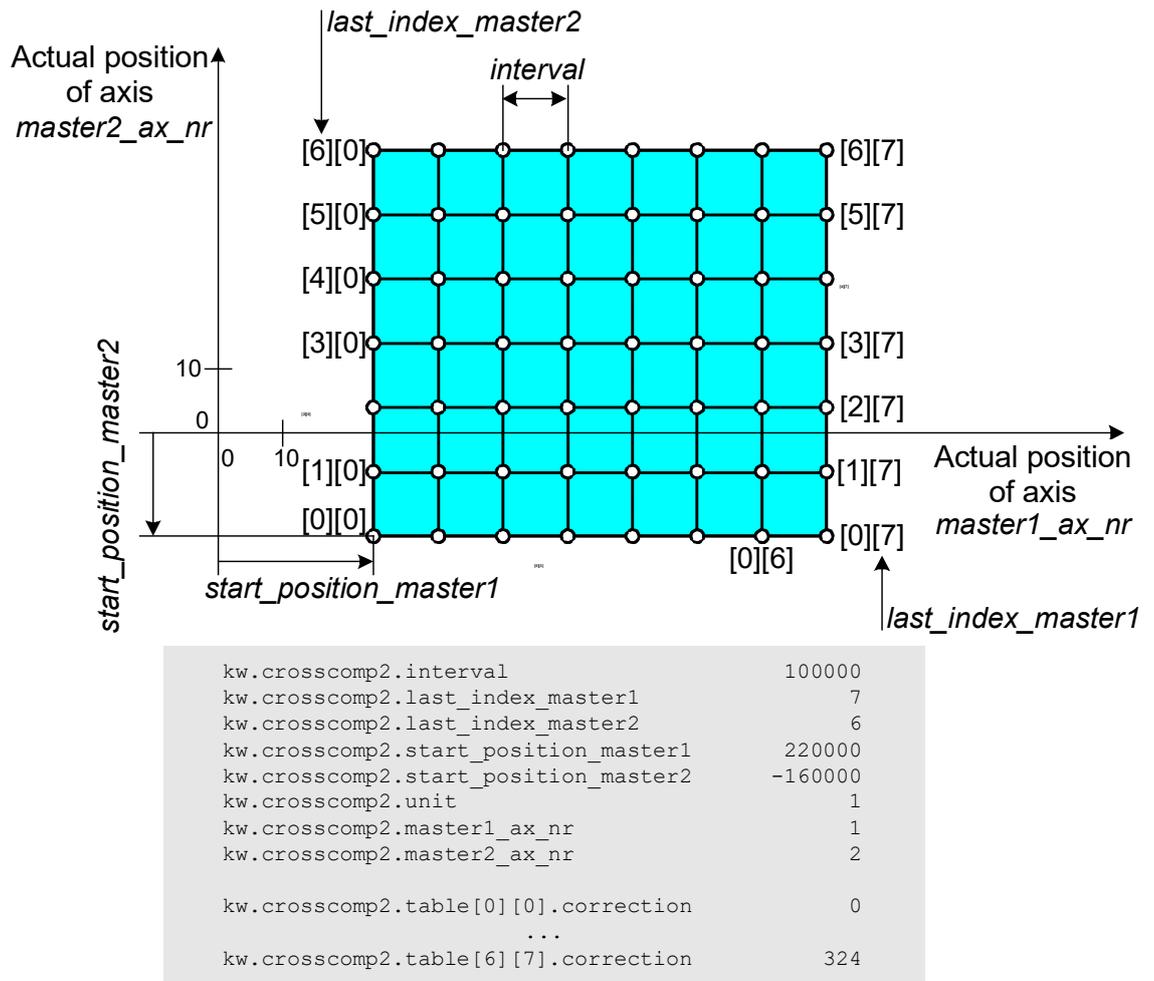


Abb. 13: Parameter der Korrekturwertliste

4.3.1.2 Beschreibung

P-AXIS-00174	Aktivierung der Flächenkompensation	
Beschreibung	Mit dem Parameter wird die Flächenkompensation (2-dimensionale Kreuzkompensation) aktiviert.	
Parameter	lr_param.crosscomp2	
Datentyp	BOOLEAN	
Datenbereich	0/1	
Achstypen	T	
Dimension	T: ----	
Standardwert	0	
Antriebstypen	----	
Anmerkungen		

P-COMP-00061	Maximale Anzahl von Tabelleneinträgen für Flächenkompensation	
Beschreibung	<p>Mit diesem Parameter der Flächenkompensation (FCT-C5 [► 42]) kann eingestellt werden, für wie viele Tabelleneinträge Speicher reserviert werden soll.</p> <p>Die Größe der tatsächlich verwendeten Kompensationstabelle wird durch `last_index_master1` (P-COMP-00010) und `last_index_master2` (P-COMP-00011) festgelegt und es muss gelten:</p> $(\text{last_index_master1} + 1) * (\text{last_index_master2} + 1) \leq \text{max_points}$ <p>Falls `max_points` nicht (oder mit 0) angegeben wird, dann gelten für `last_index_master1` und `last_index_master2` die bisherigen Einschränkungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $0 \leq \text{last_index_master1} \leq 100$ • $0 \leq \text{last_index_master2} \leq 100$ 	
Parameter	kw.crosscomp2.max_points	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	0 ≤ P-COMP-00061	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: ----	R,S: ----
Standardwert	10201 (*)	
Anmerkungen	<p>Der Wert des Parameters darf nach dem Hochlauf, etwa durch Nachladen von Listen, nicht mehr geändert werden. Ansonsten wird der Fehler mit ID 110640 ausgegeben.</p> <p>Falls P-COMP-00061 nicht (oder mit 0) angegeben wird, dann wird P-COMP-00061 aus Gründen der Abwärtskompatibilität mit dem Standardwert belegt.</p> <p>Um dieser Standardbelegung entgegen zu wirken kann bei einer Achse, die keine Flächenkompensation [► 42] verwendet, durch Belegen von P-COMP-00061 mit dem Wert 1 Speicher eingespart werden.</p> <p>* Zusammensetzung des Standardwerts: $101 * 101 = 10201$</p> <p>Der Parameter ist verfügbar ab CNC-Version V3.3079.06</p>	

P-COMP-00008	Einheit der Längenangaben	
Beschreibung	Der Parameter definiert, in welcher Einheit die Längen- /Positionsangaben zu verwenden sind.	
Parameter	kw.crosscomp2.unit	
Datentyp	BOOLEAN	
Datenbereich	0: Encoder-Inkremente 1: Metrisch (in 0.1µm)	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: ----	R,S: ----
Standardwert	0	
Anmerkungen		

P-COMP-00009	Abstand zwischen den Stützpunkten	
Beschreibung	Mit dem Parameter wird die Schrittweite zwischen zwei Stützpunkten definiert, falls für die beiden Masterachsen die gleiche Rasterung verwendet wird (P-COMP-000031(grid) = QUADRATIC).	
Parameter	kw.crosscomp2.interval	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	0 < interval < MAX(UNS32)	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: 0.1µm oder Inkremente	R,S: 0.0001° oder Inkremente
Standardwert	0	
Anmerkungen		

P-COMP-00010	Letzter Index der Masterachse 1	
Beschreibung	Mit dem Parameter wird der letzte gültige Index in der Tabelle der ersten Masterachse (maximal 100 Werte) bestimmt. Die Tabelle beginnt immer mit Index 0.	
Parameter	kw.crosscomp2.last_index_master1	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	$0 \leq \text{P-COMP-00010} \leq 100$	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: ----	R,S: ----
Standardwert	0	
Anmerkungen	<p>Ab Version V3.1.3079.06 kann P-COMP-00010 frei belegt werden. Die Obergrenze entfällt. Es muss allerdings die Bedingung von P-COMP-00061 [▶ 49] eingehalten werden.</p> <p>$\text{P-COMP-00010} * \text{P-COMP-00011} [▶ 51] \leq \text{P-COMP-00061} [▶ 49]$</p> <p>Achtung:</p> <p>Bei einer Neuinterpretation dieses Parameters müssen alle Werte der Korrekturwerttabelle (P-COMP-00016 [▶ 53]) neu eingelesen werden.</p>	

P-COMP-00011	Letzter Index der Masterachse 2	
Beschreibung	Mit dem Parameter wird der letzte gültige Index in der Tabelle der zweiten Masterachse (maximal 100 Werte) bestimmt. Die Tabelle beginnt immer mit Index 0.	
Parameter	kw.crosscomp2.last_index_master2	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	$0 \leq \text{P-COMP-00011} \leq 100$	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: ----	R,S: ----
Standardwert	0	
Anmerkungen	<p>Ab Version V3.1.3079.06 kann P-COMP-00011 frei belegt werden. Die Obergrenze entfällt. Es muss allerdings die Bedingung von P-COMP-00061 [▶ 49] eingehalten werden.</p> <p>$\text{P-COMP-00010} [▶ 51] * \text{P-COMP-00011} \leq \text{P-COMP-00061} [▶ 49]$</p> <p>Achtung:</p> <p>Bei einer Neuinterpretation dieses Parameters müssen alle Werte der Korrekturwerttabelle (P-COMP-00016 [▶ 53]) neu eingelesen werden.</p>	

P-COMP-00012	Startposition der Masterachse 1	
Beschreibung	Der Parameter bestimmt die Position der Masterachse 1, bei der die Korrekturtabelle beginnt.	
Parameter	kw.crosscomp2.start_position_master1	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	MIN(SGN32) ≤ start_position_master1 < MAX(SGN32)	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: 0.1µm oder Inkremente	R,S: 0.0001° oder Inkremente
Standardwert	0	
Anmerkungen		

P-COMP-00013	Startposition der Masterachse 2	
Beschreibung	Der Parameter bestimmt die Position der Masterachse 2, bei der die Korrekturtabelle beginnt.	
Parameter	kw.crosscomp2.start_position_master2	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	MIN(SGN32) ≤ start_position_master2 < MAX(SGN32)	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: 0.1µm oder Inkremente	R,S: 0.0001° oder Inkremente
Standardwert	0	
Anmerkungen		

P-COMP-00014	Logische Achsnummer der Masterachse 1	
Beschreibung	Mit dem Parameter wird die logische Achsnummer der ersten Masterachse bestimmt.	
Parameter	kw.crosscomp2.master1_ax_nr	
Datentyp	UNS16	
Datenbereich	1 ≤ master1_ax_nr ≤ MAX (UNS16)	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: ----	R,S: ----
Standardwert	0	
Anmerkungen		

P-COMP-00015	Logische Achsnummer der Masterachse 2	
Beschreibung	Mit dem Parameter wird die logische Achsnummer der zweiten Masterachse bestimmt.	
Parameter	kw.crosscomp2.master2_ax_nr	
Datentyp	UNS16	
Datenbereich	$1 \leq \text{master2_ax_nr} \leq \text{MAX (UNS16)}$	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: ----	R,S: ----
Standardwert	0	
Anmerkungen		

P-COMP-00016	Korrekturwerte für die Slaveachse	
Beschreibung	Mit dem Parameter werden die relativen Korrekturwerte für die Slaveachse an den Stützpunkten $[[j]][i]$ definiert. Bei der Indizierung der Stützpunkte in der Korrekturwertliste bezieht sich immer der erste Index j auf die zweite Masterachse.	
Parameter	kw.crosscomp2.table[[j]][i].correction	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	$\text{MIN(SGN32)} \leq \text{correction} < \text{MAX(SGN32)}$	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: 0.1µm oder Inkremente	R,S: 0.0001° oder Inkremente
Standardwert	0	
Anmerkungen		

P-COMP-00027	Anzahl der Zyklen für 'weiches Schalten'	
Beschreibung	Der Parameter bestimmt die Anzahl der Zyklen, über welche die Flächenkompensation weich ein-/ausgekoppelt wird.	
Parameter	kw.crosscomp2.n_cycles	
Datentyp	UNS16	
Datenbereich	$0 \leq \text{n_cycles} \leq 20$ (Maximale Taktzahl, über die ein-/ausgekoppelt werden soll, applikationsspezifisch)	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: ----	R,S: ----
Standardwert	0	
Anmerkungen		

P-COMP-00030	Manuelles Einschalten	
Beschreibung	<p>Die Flächenkompensation wird durch die CNC automatisch eingeschaltet, falls sie in den Achsparametern angewählt ist (P-AXIS-00174) und die notwendigen Voraussetzungen (z.B. Achse ist referenziert) erfüllt sind.</p> <p>Wird der Parameter auf den Wert 1 gesetzt, muss die Flächenkompensation explizit über einen NC-Befehl (s. [PROG//Ein-/Ausschalten von Achskompensationen im NC-Programm]) eingeschaltet werden. Zusätzlich wird am Ende des NC-Programms, bei CNC-Reset und bei Abgabe der Achse die Kompensation wieder ausgeschaltet.</p>	
Parameter	kw.crosscomp2.manual_activation	
Datentyp	BOOLEAN	
Datenbereich	0: Automatisches Einschalten 1: Explizites Einschalten im NC-Programm	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: ----	R,S: ----
Standardwert	0	
Anmerkungen		

P-COMP-00032	Abstand zwischen den Stützpunkten auf der ersten Masterachse	
Beschreibung	<p>Mit dem Parameter wird die Schrittweite zwischen zwei Stützpunkten für die erste Masterachse definiert, falls für die beiden Masterachsen eine unterschiedliche Rasterung verwendet wird (P-COMP-00031(grid) = RECTANGULAR).</p>	
Parameter	kw.crosscomp2.interval1	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	0 < interval1 < MAX(UNS32)	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: 0.1µm oder Inkremente	R,S: 0.0001° oder Inkremente
Standardwert	0	
Anmerkungen		

P-COMP-00033	Abstand zwischen den Stützpunkten auf der zweiten Masterachse	
Beschreibung	Mit dem Parameter wird die Schrittweite zwischen zwei Stützpunkten für die erste Masterachse definiert, falls für die beiden Masterachsen eine unterschiedliche Rasterung verwendet wird (P-COMP-00031(grid) = RECTANGULAR).	
Parameter	kw.crosscomp2.interval2	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	0 < interval2 < MAX(UNS32)	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: 0.1µm oder Inkremente	R,S: 0.0001° oder Inkremente
Standardwert	0	
Anmerkungen		

4.3.1.3 CNC-Objekte

Name	CROSSC::f_is_active		
Beschreibung	Kreuzkompensation: aktiv, Aktivierung über Beschreibung [► 35] Dies bedeutet, dass alle Voraussetzungen, wie Achse ist referenziert und alle erforderlichen Freigaben vorhanden sind, erfüllt sein müssen.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >004F
Datentyp	BOOLEAN	Länge	1
Attribute	read	Einheit	[-]
Anmerkungen			

Name	CROSSC::delta_offset		
Beschreibung	Kreuzkompensation: Änderung des Korrekturwertes im Vergleich zum vorhergehenden Takt		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >0034
Datentyp	SGN32	Länge	4
Attribute	read	Einheit	[Incr.]
Anmerkungen			

Name	CC2::correction		
Beschreibung	Flächenkompensation: aktuell wirksame Offset		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >0052
Datentyp	SGN32	Länge	4
Attribute	read	Einheit	[Incr.]
Anmerkungen			

Name	CC2::activated		
Beschreibung	Mit diesem Objekt kann gelesen werden, ob die Flächenkompensation über P-AXIS-00174 [► 48] aktiviert ist.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >01D7
Datentyp	BOOLEAN	Länge	1
Attribute	read	Einheit	[-]
Anmerkungen			

4.3.2 Beispiele von Korrekturwertlisten



Beispiel

Korrekturwertliste bei der Flächenkompensation

Verfügbar ab V3.1.3079.06

In nachfolgendem Parametrierbeispiel wird eine maximale Anzahl von Tabelleneinträgen mit 50000 Einträgen reserviert. Die tatsächliche Anzahl der genutzten Einträge wird über das Produkt „last_index_master1“ und „last_index_master2“ festgelegt.

```
# *****  
# Achskompensationsdaten X-Achse  
# *****  
  
kopf.achs_nr                1  
kopf.log_achs_name          X  
  
# Maximale Anzahl Tabelleneinträge reservieren  
kw.crosscomp2.max_points    50000  
kw.crosscomp2.last_index_master1 1000  
kw.crosscomp2.last_index_master2  20  
  
kw.crosscomp2.table[ 0][ 0].correction  -3  
kw.crosscomp2.table[ 0][ 1].correction  -1  
  
...  
kw.crosscomp2.table[ 20][ 999].correction  58  
kw.crosscomp2.table[ 20][1000].correction  49
```



Beispiel

Korrekturwertliste bei der Flächenkompensation

```
# *****  
# Achskompensationsdaten X-Achse  
# *****  
  
kopf.achs_nr                1  
kopf.log_achs_name          X  
kw.crosscomp2.interval      100000 /* 10 mm */  
kw.crosscomp2.last_index_master1 100  
kw.crosscomp2.last_index_master2 200  
kw.crosscomp2.start_position_master1 -400000 /* -40 mm */  
kw.crosscomp2.start_position_master2 -700000 /* -70 mm */  
kw.crosscomp2.unit          1 /* 0,1 my */  
kw.crosscomp2.master1_ax_nr 2  
kw.crosscomp2.master2_ax_nr 3  
kw.crosscomp2.n_cycles      20  
  
kw.crosscomp2.table[ 0][ 0].correction  -3  
kw.crosscomp2.table[ 0][ 1].correction  -1  
kw.crosscomp2.table[ 0][ 2].correction   4  
kw.crosscomp2.table[ 0][ 3].correction   9  
kw.crosscomp2.table[ 0][ 4].correction  13  
kw.crosscomp2.table[ 0][ 5].correction  17  
kw.crosscomp2.table[ 0][ 6].correction  42  
kw.crosscomp2.table[ 0][ 7].correction  53
```

```
kw.crosscomp2.table[ 0][ 8].correction      33
kw.crosscomp2.table[ 0][ 9].correction      42
kw.crosscomp2.table[ 0][10].correction      19
kw.crosscomp2.table[ 0][11].correction       7
kw.crosscomp2.table[ 0][12].correction       2
kw.crosscomp2.table[ 0][13].correction       0
kw.crosscomp2.table[ 0][14].correction       5
kw.crosscomp2.table[ 0][15].correction      -3
kw.crosscomp2.table[ 0][16].correction      -7
kw.crosscomp2.table[ 0][17].correction     -11
kw.crosscomp2.table[ 0][18].correction     -13
kw.crosscomp2.table[ 0][19].correction     -22
kw.crosscomp2.table[ 0][20].correction     -34
kw.crosscomp2.table[ 0][21].correction     -29
kw.crosscomp2.table[ 0][22].correction     -99
...
kw.crosscomp2.table[200][ 71].correction     45
kw.crosscomp2.table[200][ 72].correction     68
kw.crosscomp2.table[200][ 73].correction     71
kw.crosscomp2.table[200][ 74].correction     90
kw.crosscomp2.table[200][ 75].correction    111
kw.crosscomp2.table[200][ 76].correction    123
kw.crosscomp2.table[200][ 77].correction    134
kw.crosscomp2.table[200][ 78].correction    147
kw.crosscomp2.table[200][ 79].correction    156
kw.crosscomp2.table[200][ 80].correction    176
kw.crosscomp2.table[200][ 81].correction    167
kw.crosscomp2.table[200][ 82].correction    148
kw.crosscomp2.table[200][ 83].correction    132
kw.crosscomp2.table[200][ 84].correction    123
kw.crosscomp2.table[200][ 85].correction    111
kw.crosscomp2.table[200][ 86].correction    101
kw.crosscomp2.table[200][ 87].correction     97
kw.crosscomp2.table[200][ 88].correction     88
kw.crosscomp2.table[200][ 89].correction     83
kw.crosscomp2.table[200][ 90].correction     82
kw.crosscomp2.table[200][ 91].correction     77
kw.crosscomp2.table[200][ 92].correction     68
kw.crosscomp2.table[200][ 93].correction     63
kw.crosscomp2.table[200][ 94].correction     61
kw.crosscomp2.table[200][ 95].correction     59
kw.crosscomp2.table[200][ 96].correction     57
kw.crosscomp2.table[200][ 97].correction     52
kw.crosscomp2.table[200][ 98].correction     56
kw.crosscomp2.table[200][ 99].correction     58
kw.crosscomp2.table[200][100].correction     49
#
Ende
```

4.3.3

Fehlermeldungen

Fehler in der Konfiguration der Flächenkompensation führen zur Deaktivierung der Funktion für die betroffene Achse und zur Ausgabe einer Fehlermeldung (Warnmeldung).

Die dabei auftretenden Fehlermeldungen sind im Folgenden:

- ID 110640
- ID 70182
- ID 70183
- ID 70184
- ID 70185

4.4 Spindelsteigungsfehlerkompensation

Korrekturverfahren

Bei der Spindelsteigungsfehlerkompensation (nachfolgend als SSFK bezeichnet) handelt es sich um eine axiale Korrektur.

Der Lagesollwert der kompensierten Achse wird im Lagereglertakt um einen Korrekturwert verändert, um z.B. Spindelsteigungsfehler zu kompensieren.

Bei den gemessenen Lageistwerten wird diese Korrektur wieder herausgerechnet, so dass die durchgeführte Korrektur nicht in den Anzeigedaten der Steuerung in Erscheinung tritt.

Korrekturtabelle

Die Korrekturwerte werden dabei einer Tabelle entnommen, in welcher der Verlauf der Korrekturkurve in Abhängigkeit von der Achsposition abgelegt ist. Die in der Tabelle eingetragenen Achspositionen werden als Stützstellen, die zugehörigen Werte der Korrekturkurve als Korrekturwerte bezeichnet.

Für Achspositionen, die zwischen Stützstellen liegen, wird der Korrekturwert linear interpoliert.

Die Tabelle mit Korrekturwerten wird im Weiteren als Korrekturtabelle bezeichnet.

Beidseitige/Einseitige SSFK

Es ist möglich, für jede Bewegungsrichtung einer Achse eine separate Korrekturtabelle anzugeben; diese Art der Kompensation wird als beidseitige Kompensation bezeichnet.

Mit der doppelseitigen Spindelsteigungsfehlerkompensation kann auch eine eventuell vorhandene Lose kompensiert werden; eine zusätzliche Losekompensation (s. Kapitel „Losekompensation [► 8]“) ist daher nicht notwendig.

Bei doppelseitiger Spindelsteigungsfehlerkompensation kann mit dem P-AXIS-00243 [► 65] bei Richtungsumkehr die Anzahl der Taktzyklen für die Umverteilung des Kompensationsoffsets vorgegeben werden.

Wird eine Tabelle für beide Bewegungsrichtungen einer Achse verwendet, spricht man von einseitiger Kompensation.

- Die Korrekturtabellen werden achsspezifisch in einer Datei (Korrekturwertliste) abgelegt.
- Die Dynamik der Achse wird bei der Ausgabe der Korrekturwerte nicht berücksichtigt.

Die nachfolgende Grafik zeigt beispielhaft eine Korrekturwertkurve. Die Bedeutung der in der Grafik verwendeten Parameter wird später erläutert.

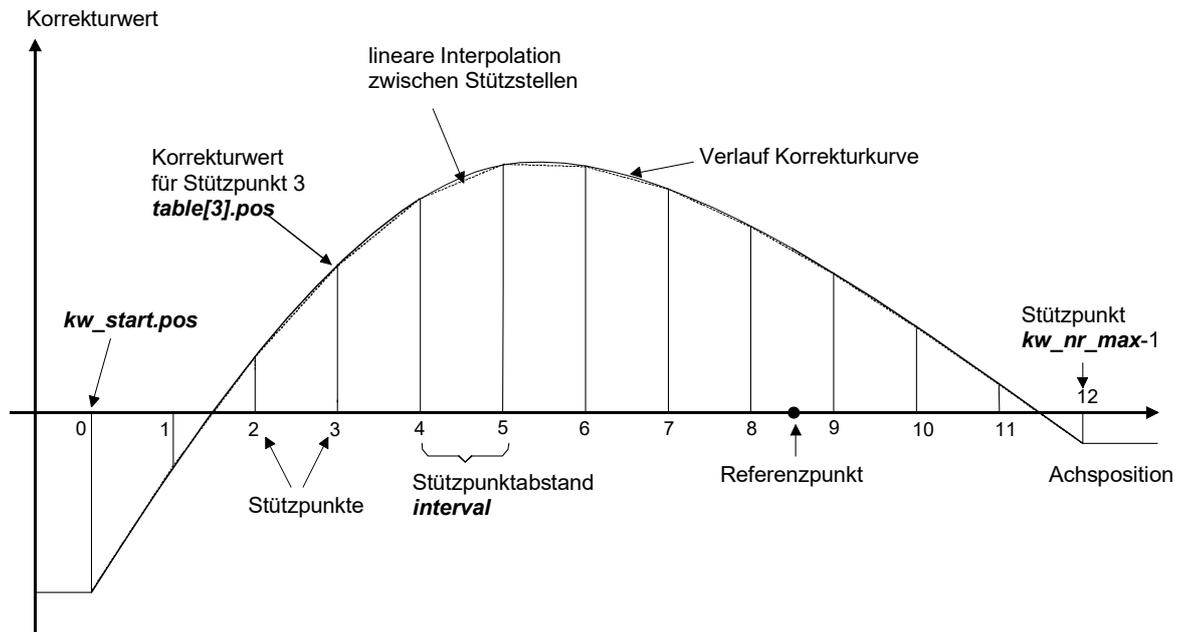


Abb. 14: Korrekturtable mit äquidistantem Stützpunktraster und einseitiger Kompensation

Eigenschaften

Die Spindelsteigungsfehlerkompensation (SSFK) weist folgende Eigenschaften auf:

- Bei der Verwendung der doppelseitigen Kompensation müssen für beide Wertetabellen dieselben Stützpunkt-Positionen verwendet werden.
- Es ist möglich, eine Korrekturtable nur für einen Teilverfahrbereich einer Achse zu definieren. Für Achspositionen außerhalb der Korrekturtable wird der Wert am jeweiligen Ende der Table weiterverwendet.
- Am Referenzpunkt kann ein beliebiger Korrekturwert ungleich 0 vorhanden sein.
- Der Abstand der Stützpunkte in den Wertetabellen kann entweder äquidistant oder nicht äquidistant gewählt werden.
- Ab CNC-Version V3.1.3079.06 ist die Größe der Wertetable einstellbar. Über P-COMP-00059 [▶ 66] kann die maximale Anzahl der Tabelleneinträge festgelegt werden. Die tatsächliche Anzahl der verwendeten Einträge über P-COMP-00020 [▶ 67]

Wirksamkeit

Die SSFK ist unter den folgenden Voraussetzungen wirksam:

- Die SSFK wurde für die Achse aktiviert.
- Für die Achse muss der Steuerung eine Korrekturtable bereitgestellt werden.
- Die Achse wurde referenziert oder verwendet ein absolutes Messsystem.

4.4.1 Parameter

4.4.1.1 Übersicht

Aktivierung

Die Aktivierung der SSFK erfolgt im Achsmaschinendatensatz der entsprechenden Achse über P-AXIS-00175:

Variablenname	Typ	Bedeutung
lr_param.ssfk	BOOLEAN	0: keine SSFK 1: SSFK aktiv
P-AXIS-00243 [▶ 65] lr_param.n_backlash_cyc	UNS16	Anzahl Taktzyklen bei doppelseitiger Spindelsteigungsfehlerkompensation mit Richtungsumkehr



Beispiel

Auszug aus einer Achsparameterliste:

```
:  
lr_param.ssfk      1  
:
```

Verwaltungsdaten der SSFK-Tabelle

In den allgemeinen Daten des Listenrumpfes wird die Arbeitsweise der Kompensation, wie z.B. einseitig oder doppelseitig, parametrierbar. Die allgemeinen Daten werden unter der Struktur **kw.ssfk.*** eingetragen, sie enthält folgende Elemente:

Elemente der Verwaltungsdaten

Variablenname	Typ	Bedeutung
unit	BOOLEAN	Einheit der Längenangaben: 0: Encoder-Inkmente 1: Metrisch (in 0,1 µm)
interval	SGN32	Abstand der Stützpunkte der Korrekturtabelle bei Verwendung von äquidistanten Stützpunkten. Ist dieser Parameter = 0, so muss die Position jedes Stützpunktes separat angegeben werden.
kw_startpos	SGN32	Startposition der Korrekturtabelle (bei äquidistanten Stützstellen)
kw_nr_max	SGN32	Anzahl der Einträge der Korrekturtabelle Ab CNC-Version V3.1.3079.06 kann über P-COMP-00059 [▶ 66] die maximal mögliche Anzahl der Einträge festgelegt werden. Bei vorangegangenen Versionen ist der Maximalwert 1500.
bilateral	BOOLEAN	0: Einseitige Kompensation 1: Doppelseitige Kompensation
modulo	BOOLEAN	Die Kompensation erfolgt für eine Moduloachse
manual_activation	BOOLEAN	0 (Standard): Die CNC schaltet die Spindelsteigungsfehlerkompensation automatisch ein, sobald die Voraussetzungen erfüllt sind (z.B. die Achse referenziert ist) 1: Die Spindelsteigungsfehlerkompensation muss explizit im NC-Programm mit dem COMP Befehl (s. Kapitel „Ein-/Ausschalten von Achskompensationen im NC-Programm“) [▶ 109] eingeschaltet werden. Am Ende des NC-Programms, bei CNC-Reset oder bei Abgabe der Achse wird die Kompensation wieder ausgeschaltet.
set_pos_without_comp	BOOLEAN	Standardmäßig berücksichtigt die Spindelsteigungsfehlerkompensation auch die Korrekturwerte, die aus den anderen Achskompensationen wie z.B. Kreuz-, Flächenkompensation generiert werden. Bei einer richtungsabhängigen Spindelsteigungsfehlerkompensation (s. P-COMP-00021 [▶ 62]) kann dies u.U. zu unerwünschtem Ausfahren der Lose kommen. Durch den Parameter set_pos_without_comp kann daher das Einrechnen der anderen Korrekturwerte abgeschaltet werden. 0: Kompensationswerte anderer Kompensationen werden in Spindelsteigungsfehlerkompensation berücksichtigt. 1: Kompensationswerte anderer Kompensationen werden nicht berücksichtigt.

Korrekturwerte der SSFK

Die Angabe der Korrekturwerte erfolgt in der Tabelle **kw.ssfk.table[i].***.

Der Feldindex i kann dabei die Werte 0 bis **kw.ssfk.kw_nr_max** – 1 annehmen. Die maximale Anzahl der Einträge ist in [SYSP//Nummer 2.23] beschrieben.

Die Angabe der Korrekturwerte erfolgt als absoluter Positionsfehler in der in **kw.ssfk.unit** angegebenen Einheit (metrisch in 0,1 μm oder inkrementell). Mit:

$[\Delta]_{si}$	i -ter Korrekturwert
$s_{\text{soll}, i}$	i -ter Sollwert (Stützstelle der Korrekturtabelle)
$s_{\text{ist}, i}$	i -ter Istwert (mit Referenzmesseinrichtung gemessen)

Korrekturwerttabelle

Variablenname	Typ	Bedeutung
pos	SGN16	Korrekturwert bei Bewegung in positiver Richtung (doppelseitige Kompensation) bzw. Korrekturwert bei Verwendung der einseitigen Kompensation.
neg	SGN16	Korrekturwert bei Bewegung in negativer Richtung, wird bei Verwendung der einseitigen SSFK nicht verwendet.
setpoint	SGN32	Stützstelle der Achse (programmierter Wert). Nur bei nicht äquidistanten Stützstellen.

Bei Verwendung der doppelseitigen Kompensation sind im Eintrag **pos** die Positionsfehler bei Bewegung in positiver Richtung einzutragen. Die Angabe der Stützstellen ist für beide Richtungen gültig.

Bei Verwendung der einseitigen Kompensation sind die Positionsfehler ebenfalls im Eintrag **pos** einzutragen, der Eintrag **neg** entfällt.

Im Unterschied zur Angabe individueller Stützstellen für die Korrekturtabelle kann auch eine feste Rasterung verwendet werden. Die Angabe der Stützstellen in der Variablen **setpoint** kann in diesem Falle entfallen.

Zur Verwendung eines festen Stützstellenrasters ist in der Variablen **kw.ssfk.interval** die Schrittweite des Stützstellenrasters anzugeben. Die Stützstellen werden dann intern aus der Startposition (**kw.ssfk.kw_startpos**) und der Schrittweite berechnet.

Besonderheiten für Moduloachsen

Wird eine Korrekturtabelle für eine Modulo-Achse konfiguriert (**kw.ssfk.modulo = 1**), so findet beim Moduloübergang der Achsposition auch ein Moduloübergang in der Korrekturtabelle statt.

Dies kann dazu verwendet werden z.B. Positionsfehler, die durch Getriebe verursacht werden, zu kompensieren.

Dabei sind folgende Besonderheiten zu beachten:

- Die Positionswerte des ersten und des letzten Eintrags in der Korrekturliste müssen gleich sein.
- Die Anzahl der Korrekturwerte ist auch hier gleich der Anzahl der Einträge in der Korrekturwert-tabelle.

4.4.1.2 Beschreibung

P-AXIS-00175	Aktivierung der SSFK	
Beschreibung	Mit dem Parameter wird die Spindelsteigungsfehlerkompensation aktiviert.	
Parameter	lr_param.ssfk	
Datentyp	BOOLEAN	
Datenbereich	0/1	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: ----	R: ----
Standardwert	0	
Antriebstypen	----	
Anmerkungen		

P-AXIS-00243	Verteilung der Lose auf mehrere Taktzyklen	
Beschreibung	Der Parameter definiert eine Anzahl von Lagereglerzyklen, auf die das Umkehrspiel (Lose) verteilt wird. Die Verteilung wird entsprechend einer \sin^2 - Funktion vorgenommen. Der Parameter wird auch bei einer doppelseitigen Spindelsteigungsfehlerkompensation verwendet, wenn eine Richtungsumkehr stattfindet.	
Parameter	lr_param.n_backlash_cyc	
Datentyp	UNS16	
Datenbereich	$0 < n_backlash_cyc < 20$	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: Interpolationstakte	R,S: Interpolationstakte
Standardwert	0	
Antriebstypen	----	
Anmerkungen	Wird der Wert 0 bzw. 1 angegeben, wird die Lose sprungförmig innerhalb eines Zyklus an den Antrieb ausgegeben. Ein Wert größer 1 bewirkt eine Verteilung entsprechend der \sin^2 -Funktion. Durch Verwendung dieser Funktion werden noch größere Fehler am Werkstück vermieden, weil bei einer großen Lose die Maschine weniger stark angeregt wird.	

P-COMP-00059	Maximale Anzahl von Tabelleneinträgen für Spindelsteigungsfehlerkompensation	
Beschreibung	<p>Mit diesem Parameter der Spindelsteigungsfehlerkompensation(FCT-C5 [▶ 60]) kann eingestellt werden, für wie viele Tabelleneinträge Speicher reserviert werden soll.</p> <p>Die Größe der tatsächlich verwendeten Kompensationstabelle wird durch `kw_nr_max` (P-COMP-00020) festgelegt und `kw_nr_max` darf nicht größer sein als `max_points`.</p>	
Parameter	kw.ssfk.max_points	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	0 <= P-COMP-00059	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: ----	R,S: ----
Standardwert	1500	
Anmerkungen	<p>Der Wert des Parameters darf nach dem Hochlauf, etwa durch Nachladen von Listen, nicht mehr geändert werden. Ansonsten wird der Fehler mit ID 110638 ausgegeben.</p> <p>Falls P-COMP-00059 nicht (oder mit 0) angegeben wird, dann wird P-COMP-00059 aus Gründen der Abwärtskompatibilität mit dem Standardwert belegt.</p> <p>Um dieser Standardbelegung entgegen zu wirken kann bei einer Achse, die keine Spindelsteigungsfehlerkompensation [▶ 60] verwendet, durch Belegen von P-COMP-00059 mit dem Wert 1 Speicher eingespart werden.</p> <p>Der Parameter ist verfügbar ab CNC-Version V3.3079.06</p>	

P-COMP-00017	Einheit der Längenangaben	
Beschreibung	Der Parameter bestimmt, in welcher Einheit die Längen-/ Positionsangaben zu verwenden sind.	
Parameter	kw.ssfk.unit	
Datentyp	BOOLEAN	
Datenbereich	0: Encoder-Inkremente 1: Metrisch (in 0.1µm)	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: ----	R,S: ----
Standardwert	0	
Anmerkungen		

P-COMP-00018	Abstand zwischen den Stützpunkten	
Beschreibung	Mit dem Parameter wird der Abstand der Stützpunkte der Korrekturtabelle bei Verwendung von äquidistanten Stützpunkten definiert. Ist dieser Parameter = 0 so muss die Position jedes Stützpunktes separat angegeben werden.	
Parameter	kw.ssfk.interval	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	$0 \leq \text{interval} < \text{MAX}(\text{SGN32})$	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: 0.1µm oder Inkremente	R,S: 0.0001° oder Inkremente
Standardwert	0	
Anmerkungen		

P-COMP-00019	Startposition der Korrekturwerte	
Beschreibung	Der Parameter bestimmt die Position der Achse, bei der die Korrekturtabelle beginnt.	
Parameter	kw.ssfk.kw_startpos	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	$\text{MIN}(\text{SGN32}) \leq \text{kw_startpos} < \text{MAX}(\text{SGN32})$	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: 0.1µm oder Inkremente	R,S: 0.0001° oder Inkremente
Standardwert	0	
Anmerkungen		

P-COMP-00020	Anzahl der Korrekturwerte	
Beschreibung	Der Parameter definiert die Anzahl der Einträge in der Korrekturtabelle.	
Parameter	kw.ssfk.kw_nr_max	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	$0 \leq \text{kw_nr_max} < \text{P-COMP-00059}$ [▶ 66]	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: ----	R,S: ----
Standardwert	0	
Anmerkungen	P-COMP-00059 [▶ 66] ist ab V3.1.3079.06 verfügbar.	

P-COMP-00021	Arbeitsweise der Kompensation	
Beschreibung	Der Parameter definiert, ob die Kompensation einseitig oder doppelseitig wirken soll.	
Parameter	kw.ssfk.bilateral	
Datentyp	BOOLEAN	
Datenbereich	0: Einseitige Kompensation 1: Doppelseitige Kompensation	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: ----	R,S: ----
Standardwert	0	
Anmerkungen		

P-COMP-00022	Kompensation einer Moduloachse	
Beschreibung	Mit dem Parameter wird die Korrekturtable für eine Modulo-Achse konfiguriert. Hierbei findet beim Moduloübergang der Achsposition auch ein 'Moduloübergang' in der Korrekturtable statt. Dabei muss die Anzahl der Korrekturwerte gleich der Anzahl der Einträge in der Korrekturwerttable sein.	
Parameter	kw.ssfk.modulo	
Datentyp	BOOLEAN	
Datenbereich	0: Kompensation ohne Modulobehandlung 1: Kompensation für eine Moduloachse	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: ----	R,S: ----
Standardwert	0	
Anmerkungen		

P-COMP-00023	Korrekturwert in positiver Richtung	
Beschreibung	Der Parameter definiert einen Korrekturwert bei Bewegung in positiver Richtung am Stützpunkt 'i'.	
Parameter	kw.ssfk.table[i].pos	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	$\text{MIN}(\text{SGN32}) \leq \text{pos} < \text{MAX}(\text{SGN32})$	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: 0.1µm oder Inkremente	R,S: 0.0001° oder Inkremente
Standardwert	0	
Anmerkungen		

P-COMP-00024	Korrekturwert in negativer Richtung	
Beschreibung	Der Parameter definiert einen Korrekturwert bei Bewegung in negativer Richtung am Stützpunkt 'i'.	
Parameter	kw.ssfk.table[i].neg	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	MIN(SGN32) ≤ neg < MAX(SGN32)	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: 0.1µm oder Inkremente	R,S: 0.0001° oder Inkremente
Standardwert	0	
Anmerkungen		

P-COMP-00025	Stützpunkte der Achse	
Beschreibung	Mit dem Parameter werden die Stützpunkte der Achse definiert, bei denen die Achse korrigiert werden muss.	
Parameter	kw.ssfk.table[i].setpoint	
Datentyp	SGN64	
Datenbereich	MIN(SGN64) ≤ setpoint < MAX(SGN64)	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: 0.1µm oder Inkremente	R,S: 0.0001° oder Inkremente
Standardwert	0	
Anmerkungen	In CNC-Versionen V2.11.20xx ist der Datentyp SGN32 und somit auch der zugehörige Datenbereich.	

P-COMP-00028	Manuelles Einschalten	
Beschreibung	<p>Die Spindelsteigungsfehlerkompensation wird durch die CNC automatisch eingeschaltet, falls sie in den Achsparametern angewählt ist (P-AXIS-00175) und die notwendigen Voraussetzungen (z.B. Achse ist referenziert) erfüllt sind.</p> <p>Wird der Parameter auf den Wert 1 gesetzt, muss die Spindelsteigungsfehlerkompensation explizit über einen NC-Befehl (s. [PROG//Ein-/Ausschalten von Achskompensationen im NC-Programm]) eingeschaltet werden. Zusätzlich wird am Ende des NC-Programms, bei CNC-Reset und bei Abgabe der Achse die Kompensation wieder ausgeschaltet.</p>	
Parameter	kw.ssfk.manual_activation	
Datentyp	BOOLEAN	
Datenbereich	0: Automatisches Einschalten 1: Explizites Einschalten im NC-Programm	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: ----	R,S: ----
Standardwert	0	
Anmerkungen		

P-COMP-00057	Berücksichtigung anderer Achskompensationen	
Beschreibung	<p>Standardmäßig berücksichtigt die Spindelsteigungsfehlerkompensation auch die Korrekturwerte, die aus den anderen Achskompensationen wie z.B. Kreuz-, Flächenkompensation, generiert werden. Bei einer richtungsabhängigen Spindelsteigungsfehlerkompensationen (siehe P-COMP-00021) kann dies u.U. zu unerwünschtem Ausfahren der Lose kommen.</p> <p>Durch den Parameter set_pos_without_comp kann das Einrechnen der anderen Korrekturwerte abgeschaltet werden.</p>	
Parameter	kw.ssfk.set_pos_without_comp	
Datentyp	BOOLEAN	
Datenbereich	0: Kompensationswerte anderer Kompensationen werden in der Spindelsteigungsfehlerkompensation berücksichtigt. 1: Kompensationswerte anderer Kompensationen werden nicht berücksichtigt.	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: ----	R,S: ----
Standardwert	0	
Anmerkungen		

4.4.1.3 CNC-Objekte

Name	ssfk activated		
Beschreibung	Spindelsteigungsfehlerkompensation (SSFK):aktiv, Aktivierung P-AXIS-00175 [▶ 65]		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >0038
Datentyp	BOOLEAN	Länge	1
Attribute	read	Einheit	[-]
Anmerkungen			

Name	LSEC::active		
Beschreibung	<p>Mit diesem Objekt kann gelesen werden, ob die Spindelsteigungsfehlerkompensation, aktiv ist.</p> <p>Dies bedeutet, dass alle Voraussetzungen, wie Achse ist referenziert und alle erforderlichen Freigaben vorhanden sind, erfüllt sein müssen.</p> <p>Spindelsteigungsfehlerkompensation (SSFK) - (engl. landscrew error compensation - LSEC)</p>		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >00D0
Datentyp	BOOLEAN	Länge	1
Attribute	read	Einheit	[-]
Anmerkungen			

Name	LSEC::epsilon		
Beschreibung	<p>Spindelsteigungsfehlerkompensation: Änderung des Korrekturwertes im Vergleich zum vorhergehenden Takt</p> <p>Spindelsteigungsfehlerkompensation (SSFK) - (engl. landscrew error compensation - LSEC)</p>		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >001C
Datentyp	SGN32	Länge	4
Attribute	read	Einheit	[Incr.]
Anmerkungen			

Name	LSEC::sum epsilon		
Beschreibung	Spindelsteigungsfehlerkompensation: Summe aller Korrekturwerte Spindelsteigungsfehlerkompensation (SSFK) - (engl. landscrew error compensation - LSEC)		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >001D
Datentyp	SGN32	Länge	4
Attribute	read	Einheit	[Incr.]
Anmerkungen			

4.4.2 Beispiel - Nicht äquidistante, doppelseitige SSFK

Das folgende Bild zeigt eine Korrekturwertliste mit den Eigenschaften:

- Nicht äquidistante Stützstellen ($kw.ssfk.interval = 0$)
- Doppelseitige Korrekturtabelle ($kw.ssfk.bilateral = 1$)
- Positionsangaben metrisch ($kw.ssfk.unit = 1$)
- Korrekturwerttabelle mit 140 Einträgen ($kw.ssfk.kw_nr_max = 140$). Der Index der Positions- und Sollwerteinträge geht von 0 bis 139.

Bei der 3. vermessenen Position ($table[2]$) wurden die folgenden Werte gemessen:

Programmierte Position $s_{soll,i}$ i-ter Sollwert	Messwert pos $s_{ist,i}$ i-ter Istwert (pos Richtung)	Messwert neg $s_{ist,i}$ i-ter Istwert (neg Richtung)	errechneter Korrekturwert pos $\Delta s_i = s_{ist,i} - s_{soll,i}$	Errechneter Korrekturwert neg $\Delta s_i = s_{ist,i} - s_{soll,i}$
19866,7 μm	19856,5 μm	19874,7 μm	-102 x 0,1 μm	80 x 0,1 μm



Programmierbeispiel

Nicht äquidistante, doppelseitige SSFK

```

kopf.achs_nr                2
kopf.log_achs_name          Y-ACHSE
kw.ssfk.interval            0
kw.ssfk.kw_startpos         -200000
kw.ssfk.kw_nr_max           140
kw.ssfk.unit                 1
kw.ssfk.bilateral           1
kw.ssfk.table[0].setpoint   -200000
kw.ssfk.table[1].setpoint   -199306
kw.ssfk.table[2].setpoint   -198667
kw.ssfk.table[3].setpoint   -198001
...
kw.ssfk.table[138].setpoint 334488
kw.ssfk.table[139].setpoint 335591
kw.ssfk.table[0].pos         0
kw.ssfk.table[1].pos         24
kw.ssfk.table[2].pos         -102
...
kw.ssfk.table[139].pos       -55
kw.ssfk.table[0].neg         0
kw.ssfk.table[1].neg         67
kw.ssfk.table[2].neg         80
...
kw.ssfk.table[139].neg       114
  
```

4.4.3 Fehlermeldungen

Fehler in der Konfiguration der Spindelsteigungsfehlerkompensation führen zur Deaktivierung der Funktion für die betroffene Achse und zur Ausgabe einer Fehlermeldung (Warnung).

Die dabei auftretenden Fehlermeldungen sind im Folgenden:

- ID 110217
- ID 110218
- ID 110392
- ID 110474
- ID 110476
- ID 110477
- ID 110478
- ID 110479
- ID110480
- ID 110590
- ID 110638

4.5 Reibungskompensation

An Stellen im Bearbeitungsprozess, an denen eine Richtungsumkehr von Achsen auftritt (Reversieren), können durch Reibungseffekte im Antriebsstrang Markierungen bzw. Maßabweichungen auf der Werkstückoberfläche entstehen. Die Reibungskompensation dient dazu, diese Effekte zu minimieren und bessere Bearbeitungsergebnisse zu erzielen.

Korrekturverfahren

Durch die Reibungskompensation werden Schleppfehler reduziert und die Oberflächenqualität verbessert. Zugleich wird durch die Reibungskompensation der Drehzahlregler entlastet. Dies ermöglicht bei aktiver Kompensation ein stärkeres Anziehen der Dynamikparameter und die Bearbeitungsdauer wird reduziert.



Hinweis

Die Reibungskompensation kann für SERCOS und CANopen Antriebe aktiviert werden. Dafür muss eine additive Momentenschnittstelle (additiver Strom) vorhanden und konfiguriert [► 85] sein.

Eigenschaften

- Bei angewählter Reibungskompensation ist diese unmittelbar nach dem Hochfahren der Steuerung aktiv.
- Die Reibungskompensation verringert den Schleppfehler und das Umkehrspiel der Achsen und erhöht die Genauigkeit.
- Die Reibungskompensation ist für alle Antriebstypen verfügbar.

Wirksamkeit

Die Reibungskompensation ist nur wirksam, wenn alle nachfolgenden Bedingungen erfüllt sind:

- Die Funktion wurde in der Achsparameterliste mit P-AXIS-00522 (TRUE) aktiviert oder über einen NC-Befehl geschaltet.
- Die Korrekturwerttabelle [COMP] wurde bereitgestellt.

4.5.1 Arten der Reibung und Kompensation

Reibung

Reibung tritt grundsätzlich an Kontaktstellen von relativ zueinander bewegten Körpern auf. Sie äußert sich als Kraft, die der Bewegung entgegenwirkt.

Nach Stribeck ergibt sich bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten folgender Reibungsverlauf:

- Phase 1: Haftreibung für den Stillstand (Grenzreibung)
- Phase 2: Mischreibung, Stribeck-Reibung
- Phase 3: Elasto-Hydrodynamische Reibung

Der konstante Teil der Reibung bei Geschwindigkeit $v = 0$ führt zu einem Sprung der Reibkraft bei Geschwindigkeitsumkehr, der in einem Umkehrspiel resultiert.

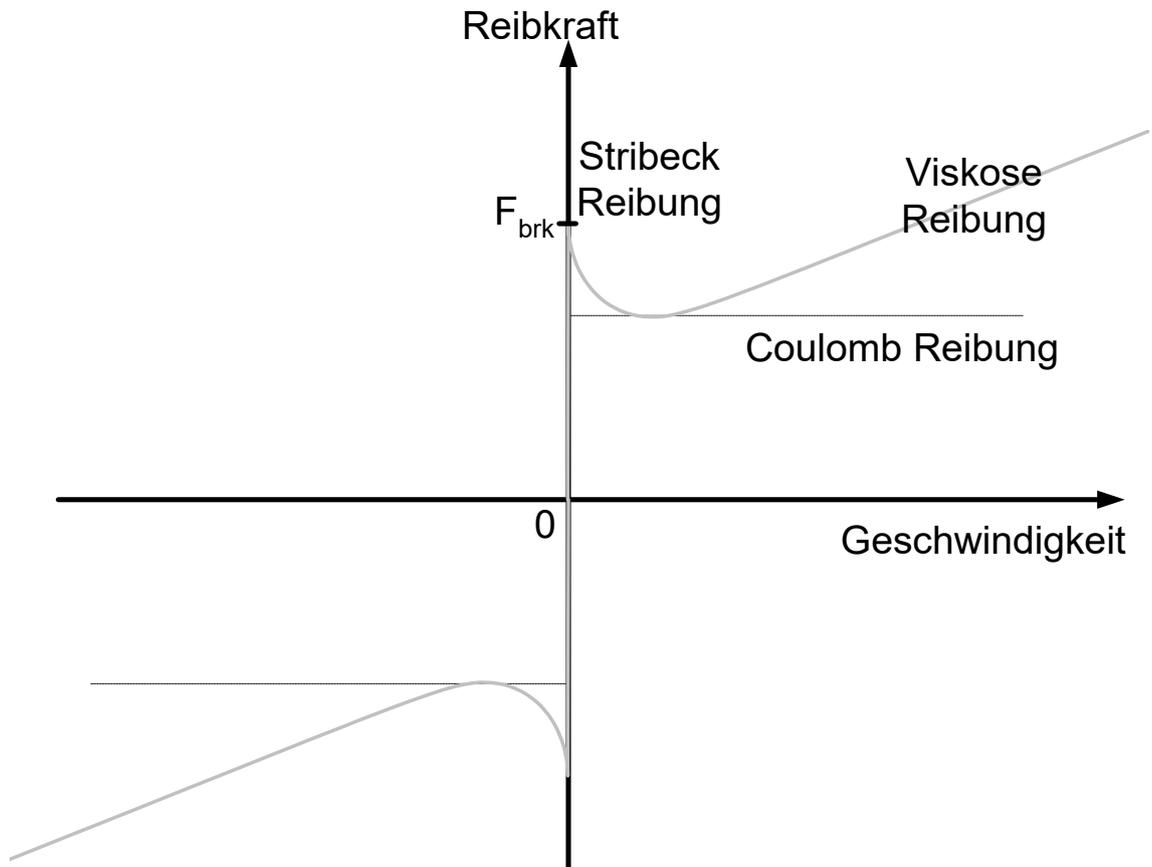


Abb. 15: Theoretische Reibkurve

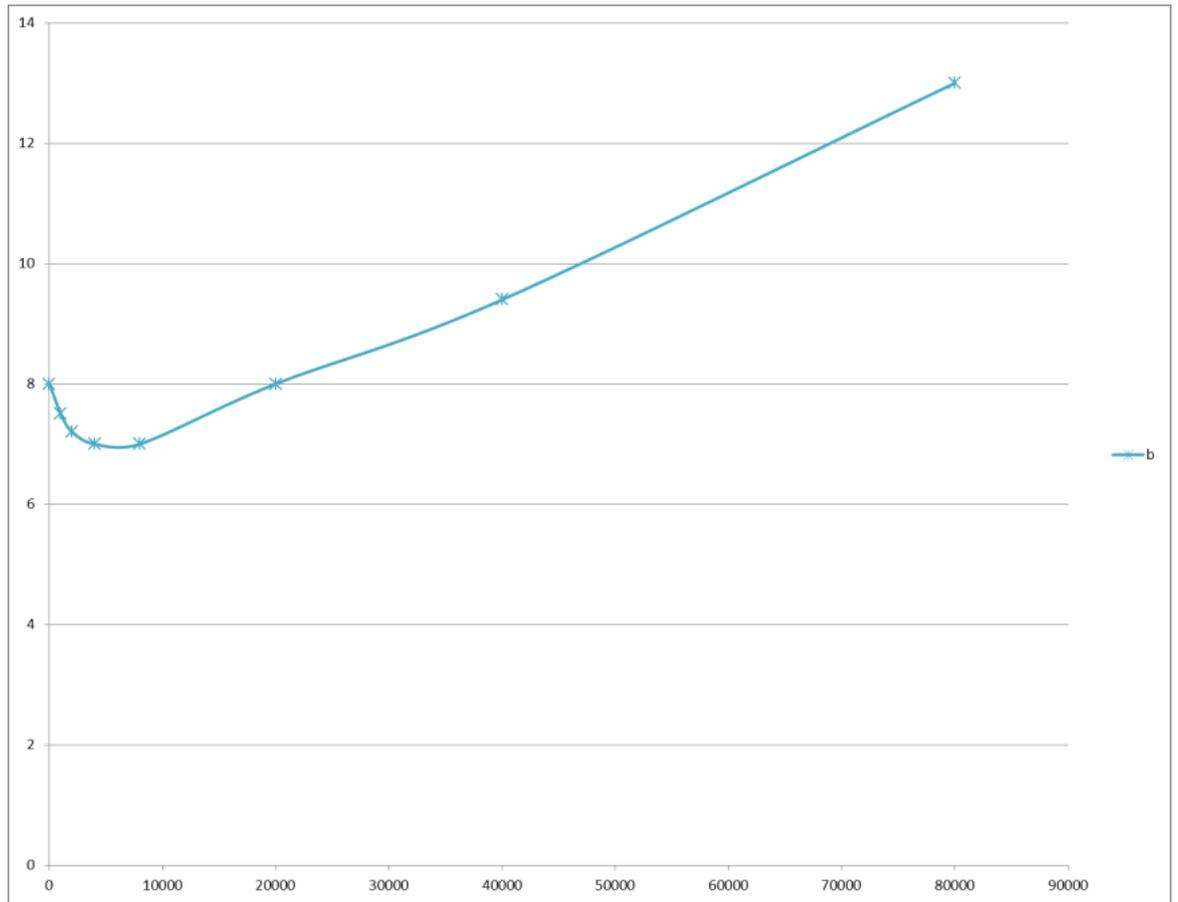


Abb. 16: Gemessene Reibkurve

4.5.1.1 Additiver Strom in Abhängigkeit der Geschwindigkeit

Additiver Strom

Die Reibungskompensation dient dazu, das tatsächlich vorliegende Reibmoment über ein zusätzliches Moment zu kompensieren. Sie wirkt wie eine geschwindigkeitsabhängige Vorsteuerung des Motorstroms.

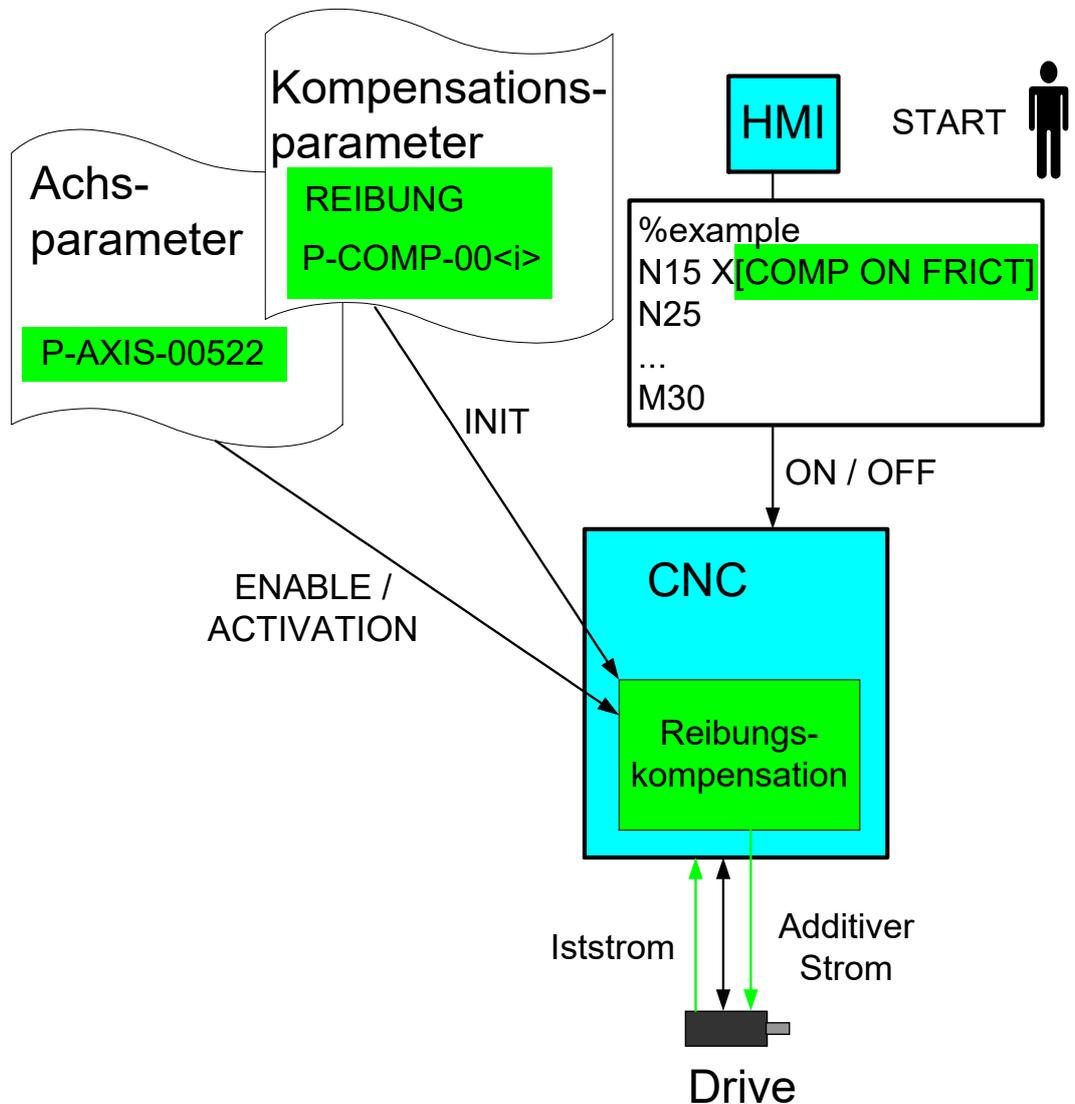


Abb. 17: Prinzip der Reibungskompensation



Hinweis

Für die Reibungskompensation ist es grundsätzlich ausreichend, sollwertseitig einen additiven Strom an den Antrieb zu kommandieren.

Um jedoch die Kennlinie für den Strom zu ermitteln und die Kompensation zu überprüfen, ist es zusätzlich erforderlich, den Iststrom auszulesen.

Wirkung

Durch den Algorithmus wird die Reibung bei einer Verfahrbewegungen ($v \neq 0$) durch einen zusätzlichen Motorstrom kompensiert.

Regelkreis

Die Wirkungsweise der Reibungskompensation auf die Regelung ist folgend dargestellt:

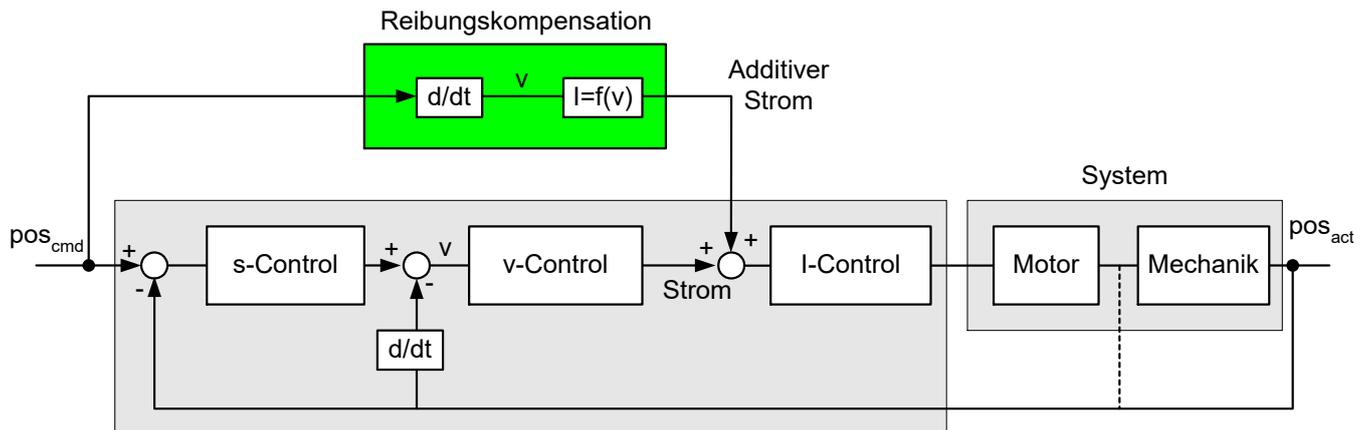


Abb. 18: Einbringung der Reibungskompensation im Regelkreis einer Achse

4.5.1.1.1 Reversieren der Bewegungsrichtung

Reversieren, Gewichten der Reibungskurve

Beim Reversiervorgang der Achse (Nulldurchgang der Geschwindigkeit) erhält man beim Modell der Stribeck-Reibungskurve einen Sprung im vorgesteuerten Strom.

Um diese Diskontinuität zu vermeiden, überwacht die CNC das Reversieren einer Achse. Hierbei kann das Reibmodell vor und nach dem Nulldurchgang gewichtet werden.

- Vor Nulldurchgang: Zeit [Anzahl der CNC-Takte]
- Nach Nulldurchgang: Zurückgelegter Fahrweg [0.1 μm]

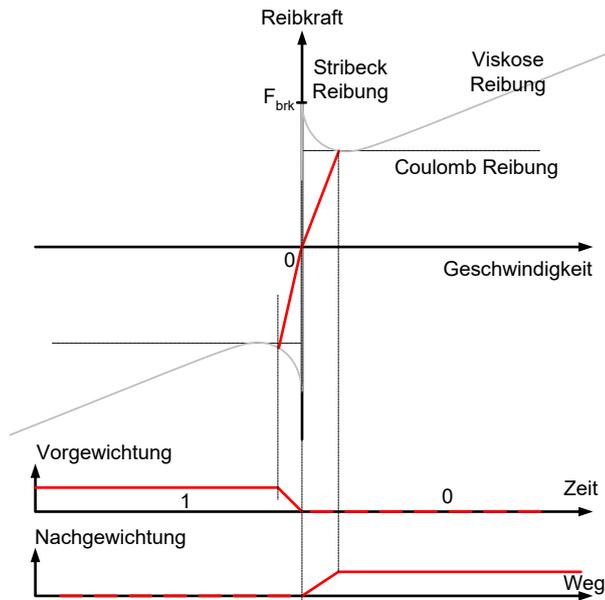


Abb. 19: Gewichtung des Reibmodells vor / nach dem Nulldurchgang, beim Reversieren von negativer zur positiver Geschwindigkeit



Hinweis

Findet kein Reversieren statt, d.h. wird die Achse nur abgebremst und fährt in gleicher Richtung weiter, so wird das Reibmodell nicht gewichtet.

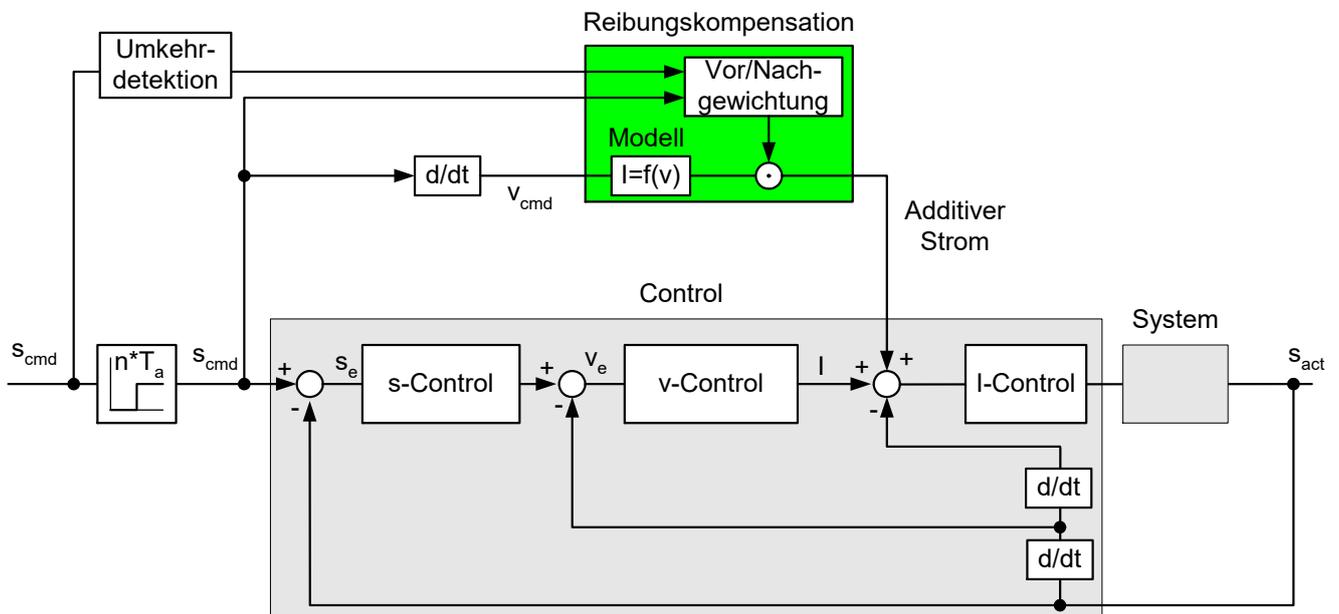


Abb. 20: Einbringung der Reibungskompensation im Regelkreis einer Achse

4.5.1.2 Parametrierung

Parametrierung der Korrekturwerte

Die Tabelle für die Reibungskompensation muss mit aufsteigender Geschwindigkeit programmiert werden und die Geschwindigkeit muss ≥ 0 sein. Dies wird bei Aktualisieren der Korrekturwertliste geprüft und gegebenenfalls die Fehlermeldung P-ERR-110591 ausgegeben.

Ab CNC-Version V3.1.3079.06 kann maximal mögliche Anzahl der Tabelleneinträge der Korrekturwertliste über P-COMP-00062 [▶ 91] festgelegt werden. Die tatsächlich verwendeten Einträge werden über P-COMP-00042 festgelegt.

Die Reibungskompensation wird in der Korrekturwertliste parametriert:

- Maximal mögliche Anzahl von Tabelleneinträgen P-COMP-00062 [▶ 91] ab V3.1.3079.06
- Mode der Reibungskompensation P-COMP-00041
- Anzahl der Tabellenelemente P-COMP-00042
- Stromaufbau nach Richtungsumkehr P-COMP-00043
- Stromabbau vor Richtungsumkehr P-COMP-00044
- Skalierungsfaktor für die Kompensationswerte P-COMP-00045
- Tabelleneinträge für Geschwindigkeit P-COMP-00046
- Tabelleneinträge für Strom P-COMP-00047



Hinweis

Die Reibungskompensation ist nur aktiv wenn der Mode (P-COMP-00041) mit einem Wert ungleich 0 belegt und P-AXIS-00522 gesetzt ist

Für P-COMP-00041 ist nur Wert 3 zulässig



Programmierbeispiel

Parametrierung der Reibungskompensation

```
friect_comp.mode                3
friect_comp.table_entries       3
friect_comp.position_delay      30
friect_comp.reversal_lookahead  4
friect_comp.scaling_factor      10
friect_comp.delay_cycles        9

friect_comp.table[0].in         0
friect_comp.table[0].out        0
friect_comp.table[1].in        316
friect_comp.table[1].out       3722
friect_comp.table[2].in        333
friect_comp.table[2].out       3884
```

Parameterüberprüfung

Bei der Übernahme der Kompensationsparameter erfolgt eine Konsistenzüberprüfung. Sind die Parameter nicht schlüssig, so wird eine entsprechende Fehlermeldung ausgegeben.

P-ERR-110591 Negative oder nicht aufsteigende Eingangswerte

P-ERR-110592 Mode unbekannt oder keine Werte angegeben

4.5.1.3 An- und Abwahl der Kompensation

Ein-/Ausschalten

Die Kompensation kann analog zu anderen Kompensationen über einen Parameter in der Achsliste und zusätzlich über einen NC-Befehl geschaltet werden.

Freigabe der Verwendung / Aktivierung

Um die Kompensation zu verwenden, muss in der Achsparameterliste der Parameter P-AXIS-00522 gesetzt (TRUE) und die Korrekturwertliste parametrierbar sein.

Verhalten nach Hochlauf

Bei angewählter Reibungskompensation ist diese unmittelbar nach dem Hochfahren der Steuerung aktiv. Das ist unabhängig davon, ob eine Referenzpunktfahrt durchgeführt wurde.

Programmierung

In allen Fällen kann die Kompensation auch explizit über den achsspezifischen COMP-Befehl im NC-Programm ein- bzw. ausgeschaltet werden.



Achtung

Der COMP-Befehl ist über das Programmende hinaus gültig. Der Bediener muss nach Ein- bzw. Ausschalten der Kompensation diese auch nach Programmende explizit wieder aus- bzw. einschalten.

4.5.1.3.1 Programmierung

<Achsname>[COMP ON | OFF FRICT]

<Achsname>	Name der Achse
COMP	Kennung für die An-/Abwahl von achsspezifischen Kompensationen. Muss immer als erstes Schlüsselwort programmiert sein.
ON	Programmierte Kompensation(en) einschalten
OFF	Programmierte Kompensation(en) ausschalten
FRICT	Schlüsselwort für Reibungskompensation



Programmierbeispiel

Ein- und Ausschalten der Reibungskompensation

```
N15 X[COMP ON FRICT] ;Einschalten X-Achse
N25 Y[COMP OFF FRICT] ;Ausschalten Y-Achse
N35 X22 Y33 Z44
N45 X[COMP OFF FRICT] ;Ausschalten X-Achse
N55 M30 ;Programmende
```

Fehlermeldung

Wenn die Reibungskompensation mit dem COMP-Befehl aktiviert werden soll, sie aber mit P-AXIS-00522 nicht eingeschaltet ist, tritt die Fehlermeldung P-ERR-70495 auf.

4.5.1.4 Besonderheiten der Antriebsparametrierung

Antriebstelegramm

Zur Reibungskompensation muss der Antrieb über eine additive Momentenschnittstelle verfügen.

SERCOS

Im zyklischen Protokoll muss der additive Drehmomentsollwert konfiguriert werden.

- S-0-0084 Torque feedback value
- S-0-0081 Additive torque command value

CANopen

Analog sind bei CANopen die entsprechenden PDOs (Prozessdatenobjekte) konfiguriert werden.

- 6077 Torque actual value
- 60B2 Torque offset

4.5.2 Bestimmung der Parameter für die Korrekturwertliste

4.5.2.1 Manuelle Bestimmung der Parameter

Manuelle Bestimmung

Die Parameter der Korrekturwertliste können einzeln "manuell" bestimmt werden.

Dazu muss bei einer Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit der zugehörige Strom (dig_drv.act_torque) z.B. im Scope abgelesen werden. In unten stehender Abbildung ist der Motorstrom bei einer Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit abgebildet. Es ist erkennbar, dass der Strom der Geschwindigkeit entgegengerichtet ist.

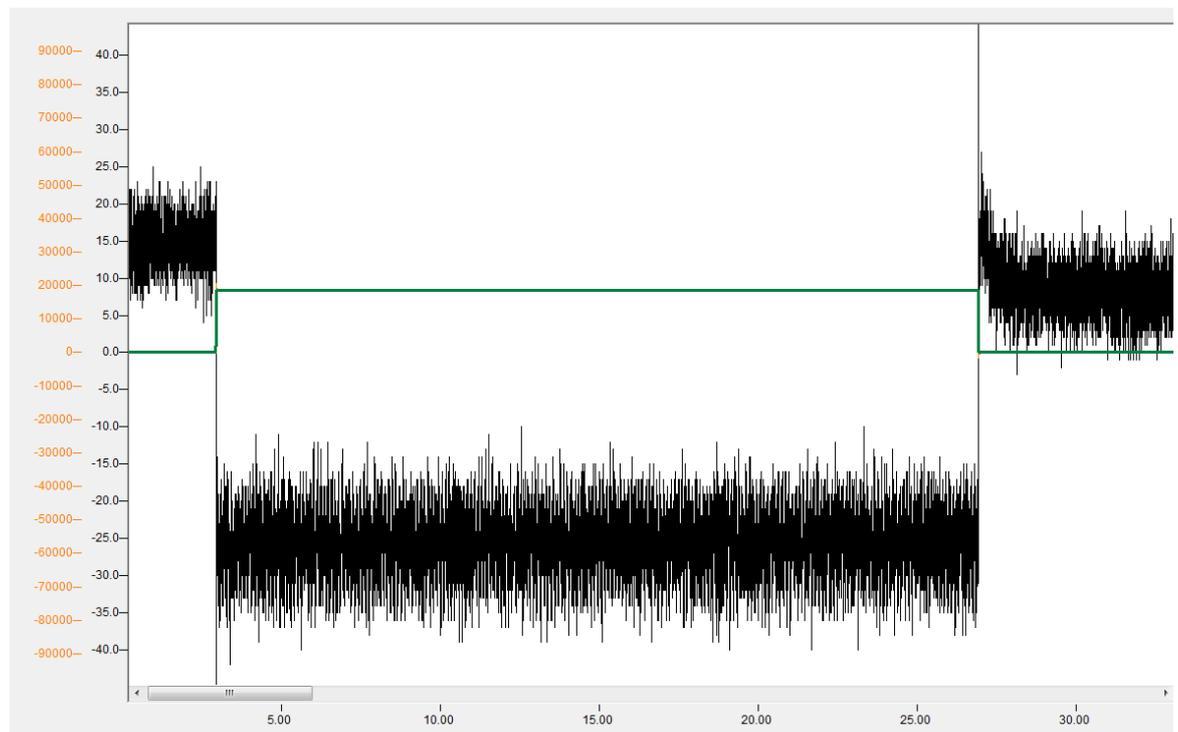


Abb. 21: Konstante Geschwindigkeit (grün) und zugehöriger Strom (schwarz)

4.5.3 Wirkung der Reibungskompensation

Die Reibungskompensation verringert den Schleppfehler und das Umkehrspiel der Achsen. Dadurch erhöht sich die Genauigkeit. Weiterhin wird der Drehzahlregler entlastet, wodurch die Dynamikparameter stärker angezogen werden können ohne das Bearbeitungsergebnis zu verschlechtern.

Unten stehende Abbildung zeigt das Ergebnis eines Kreisformtests mit ein- und ausgeschalteter Kompensation. Ohne Kompensation (blau) sind an den Quadrantenübergängen deutliche Peaks sichtbar, die durch die Kompensation (rot) verringert werden.

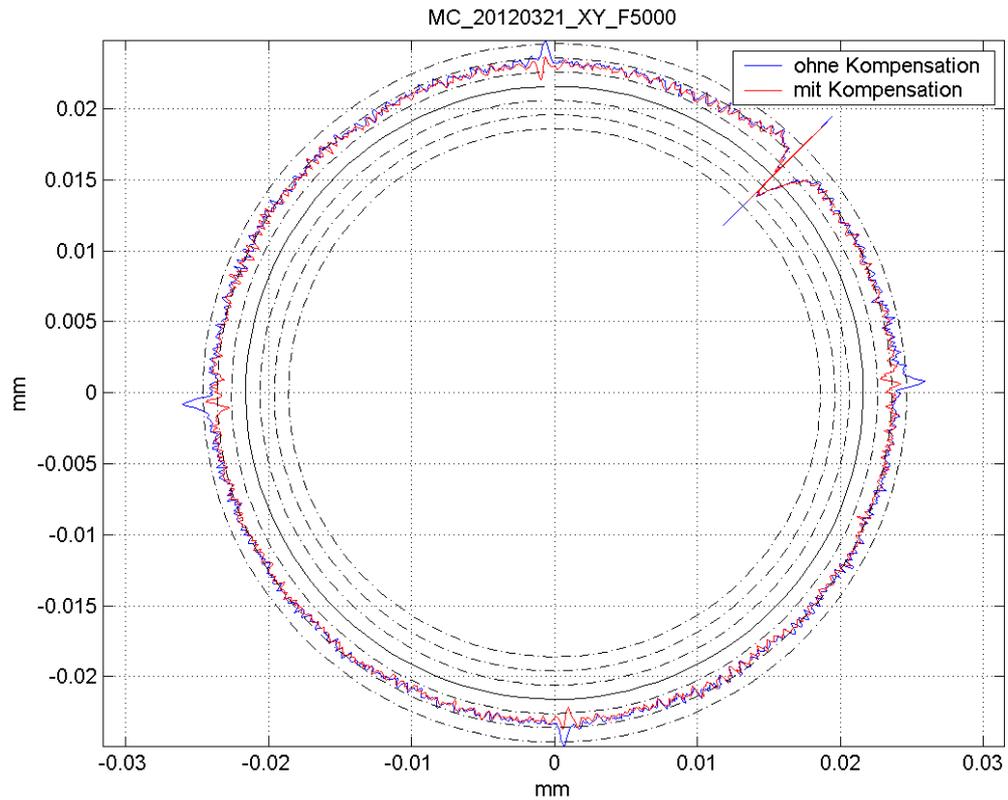


Abb. 22: Kreisformtest mit und ohne Reibungskompensation

4.5.4 Parameter

4.5.4.1 Übersicht

4.5.4.1.1 Achsparameter

ID	Parameter	Beschreibung
P-AXIS-00522	lr_param.frict_comp	Ein- und Ausschalten der Reibungskompensation

4.5.4.1.2 Korrekturwerte

ID	Parameter	Beschreibung
P-COMP-00041	frict_comp.mode	Modus der Reibungskompensation
P-COMP-00042	frict_comp.table_entries	Anzahl der Elemente in der Korrekturwerttabelle. Maximal 20
P-COMP-00043	frict_comp.position_delay	Verfahrweg, über den beim Anfahren der Motorstrom aufgebaut wird.
P-COMP-00044	frict_comp.reversal_lookahead	Anzahl der Takte, über die der Motorstrom vor einer Bewegungsumkehr abgebaut wird.
P-COMP-00045	frict_comp.scaling_factor	Skalierungsfaktor für die Einträge in der Kompensationsliste
P-COMP-00046	frict_comp.table[i].in	Geschwindigkeit
P-COMP-00047	frict_comp.table[i].out	Gemessene Reibung (Motorstrom)
P-COMP-00058	frict_comp.delay_cycles	Verzögerung der Korrekturwerte nach Umkehrpunkt in Takten
P-COMP-00062	frict_comp.max_points	Anzahl maximal möglicher Tabelleneinträge

4.5.4.2 Beschreibung

4.5.4.2.1 Achsparameter

P-AXIS-00522	Aktivierung der Reibungskompensation	
Beschreibung	Mit dem Parameter wird die Reibungskompensation aktiviert.	
Parameter	lr_param.frict_comp	
Datentyp	BOOLEAN	
Datenbereich	0/1	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: ----	R: ----
Standardwert	0	
Antriebstypen	SERCOS, CANopen	
Anmerkungen	Wenn die Reibungskompensation mit dem COMP-Befehl aktiviert werden soll, sie aber mit P-AXIS-00522 nicht eingeschaltet ist, tritt die Fehlermeldung P-ERR-70495 auf.	

4.5.4.2.2 Korrekturwerte

P-COMP-00041	Modus der Reibungskompensation	
Beschreibung	Der Parameter definiert, in welchem Modus die Reibungskompensation betrieben wird. Wird der Modus mit dem Wert 0 belegt, so ist die Reibungskompensation deaktiviert.	
Parameter	frict_comp.mode	
Datentyp	UNS16	
Datenbereich	0: Deaktivieren der Reibungskompensation 3: Kompensation mit additivem Strom unter Berücksichtigung der kommandierten Geschwindigkeit	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: ----	R,S: ----
Standardwert	0	
Anmerkungen	Für die Aktivierung der Reibungskompensation müssen der Modus und P-AXIS-00522 gesetzt sein.	

P-COMP-00042	Anzahl der Elemente in der Korrekturwerttabelle	
Beschreibung	Der Parameter definiert die Anzahl der Einträge in die Korrekturwerttabelle.	
Parameter	frict_comp.table_entries	
Datentyp	UNS16	
Datenbereich	$0 \leq \text{table_entries} \leq \text{P-COMP-00062} [\triangleright 91]$	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: ----	R,S: ----
Standardwert	0	
Anmerkungen	P-COMP-00062 [\triangleright 91] ab V3.1.3079.06 verfügbar, die Standardobergrenze beträgt 20.	

P-COMP-00043	Verzögerungswert für den Stromaufbau	
Beschreibung	Der Parameter definiert den Verzögerungswert für den Stromaufbau beim Anfahren. Er dient zur Vermeidung sprungförmiger Änderungen. Der Strom wird linear aufgebaut.	
Parameter	frict_comp.position_delay	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	$0 \leq \text{position_delay} \leq 10$	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: 0.1 μm	R,S: 0.0001°
Standardwert	0	
Anmerkungen		

P-COMP-00044	Lookahead der Umkehr	
Beschreibung	Der Parameter definiert die Anzahl der Takte, über die vor einer Bewegungsumkehr der Motorstrom abgebaut wird.	
Parameter	frict_comp.reversal_lookahead	
Datentyp	UNS16	
Datenbereich	$0 \leq \text{reversal_lookahead} \leq 4$	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: Takte	R,S: Takte
Standardwert	0	
Anmerkungen		

P-COMP-00045	Skalierungsfaktor für die Kompensationswerte	
Beschreibung	Der Parameter definiert die Skalierung aller Kompensationswerte der Liste.	
Parameter	frict_comp.scaling_factor	
Datentyp	SGN16	
Datenbereich	MIN(SGN16) < scaling_factor < MAX(SGN16)	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: 0.1%	R,S: 0.1%
Standardwert	1000	
Anmerkungen		

P-COMP-00046	Geschwindigkeit - Eingangsgröße	
Beschreibung	Der Parameter definiert die Geschwindigkeiten, für die die in P-COMP-00047 vorgegebenen zusätzlichen Motorströme auf der additiven Stromschnittstelle ausgegeben werden sollen. Die Werte müssen aufsteigend eingegeben werden!	
Parameter	frict_comp.table[i].in mit i= P-COMP-00042	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	0 < table[i].in < MAX(SGN32)	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: [$\mu\text{m/s}$]	R,S: [$0.001^\circ/\text{s}$]
Standardwert	0	
Anmerkungen		

P-COMP-00047	Gemessene Reibung (Motorstrom) - Ausgabegröße	
Beschreibung	Der Parameter definiert den Strom, der an der additiven Stromschnittstelle zusätzlich ausgegeben werden soll.	
Parameter	frict_comp.table[i].out mit i= P-COMP-00042	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	MIN(SGN32) < table[i].out < MAX(SGN32)	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: *	R,S: *
Standardwert	0	
Anmerkungen	* Die Dimension des Motorstroms ist von den internen Daten des entsprechenden Antriebs abhängig. Bei CANopen und SERCOS entspricht dieser Wert dem Inhalt des CNC-Objektes <i>dig_drv.act_torque</i> .	

P-COMP-00058	Verzögerungszeit für die Kompensationswerte	
Beschreibung	Der Parameter definiert die Verzögerungszeit aller Kompensationswerte.	
Parameter	frict_comp.delay_cycles	
Datentyp	SGN16	
Datenbereich	0 ≤ delay_cycles < 249	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: Takte	R,S: Takte
Standardwert	0	
Anmerkungen		

P-COMP-00062	Maximale Anzahl von Tabelleneinträgen für Reibungskompensation	
Beschreibung	<p>Mit diesem Parameter der Reibungskompensation (FCT-C25) kann eingestellt werden, für wie viele Tabelleneinträge Speicher reserviert werden soll.</p> <p>Die Größe der tatsächlich verwendeten Kompensationstabelle wird durch `table_entries` (P-COMP-00042) festgelegt und `table_entries` muss kleiner sein als `max_points`.</p>	
Parameter	frict_comp.max_points	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	0 ≤ P-COMP-00062	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: ----	R,S: ----
Standardwert	20	
Anmerkungen	<p>Der Wert des Parameters darf nach dem Hochlauf, etwa durch Nachladen von Listen, nicht mehr geändert werden. Ansonsten wird der Fehler mit ID 110641 ausgegeben.</p> <p>Falls P-COMP-00062 (oder mit 0) angegeben wird, dann wird P-COMP-00062 aus Gründen der Abwärtskompatibilität mit dem Standardwert belegt.</p> <p>Um dieser Standardbelegung entgegen zu wirken kann bei einer Achse, die keine Reibungskompensation verwendet, durch Belegen von P-COMP-00062 mit dem Wert 1 Speicher eingespart werden.</p> <p>Der Parameter ist verfügbar ab CNC-Version V3.3079.06</p>	

4.6 Nickkompensation

Die Nickkompensation ermöglicht die Korrektur von Positionsfehlern die aufgrund einer Beschleunigung in einer anderen Achse auftreten.



Versionshinweis

Funktionalität verfügbar ab CNC-Version V3.1.3081.2 bzw. V3.1.3108.4

Korrekturverfahren

Die Nickkompensation ermöglicht die Korrektur einer Achsposition in Abhängigkeit der Beschleunigung einer anderen Achse.

Die Achse, deren Beschleunigung den Korrekturwert beeinflusst, heißt Masterachse. Die Achse, bei der die Korrektur wirksam wird, heißt Slaveachse.

Eine Masterachse kann auch die Slaveachse einer anderen Masterachse sein.

Die Achse, deren Position den Korrekturwert beeinflusst, heißt Adaptionssachse. Es können bis zu zwei Adaptionssachsen angegeben werden.

Die Kompensation kann richtungsabhängig konfiguriert werden



Hinweis

Die Daten der Nickkompensation werden in der Korrekturwertliste der Slaveachse angegeben.

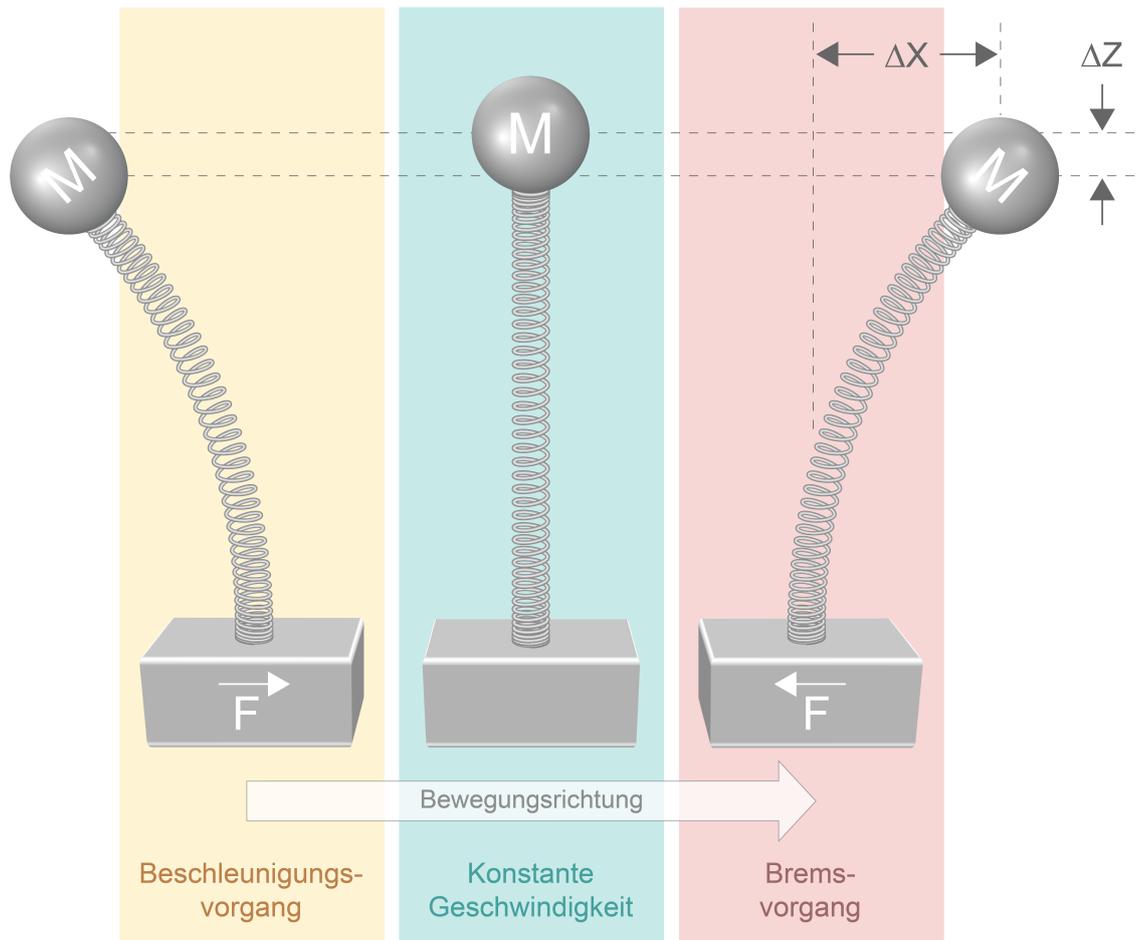


Abb. 23: Übersicht - Nickkompensation

Eigenschaften

- Eine Masterachse besitzt eine oder mehrere Slaveachsen.
- Eine Slaveachse besitzt genau eine Masterachse.
- Die Nickkompensation kann auch für Master- und Slaveachsen eines Gantryverbunds eingesetzt werden.
- Für jede Beschleunigung kann ein Korrekturwert vorgegeben werden.
- Zwischen den Beschleunigungen wird linear interpoliert.
- Die Nickkompensation ist für alle Antriebstypen verfügbar.
- Die Korrekturen sind nur in den direkt auf den Antrieb ausgegebenen Beschleunigungen einzusehen (nicht in den normalen Anzeigedaten), da die Kompensation außerhalb der normalen Berechnung erfolgt.

Wirksamkeit

Die Nickkompensation ist nur dann wirksam, wenn alle nachfolgenden Bedingungen erfüllt sind:

- Die Funktion wurde für die Slaveachse aktiviert.
- Die Korrekturwerttabelle wurde bereitgestellt.
- Master- und Slaveachsen sind Linearachsen, rotatorische Achsen oder Spindeln.

4.6.1 Übersicht

Aktivierung

Die Aktivierung der Nickkompensation erfolgt im Achsmaschinendatensatz der Slaveachse über P-AXIS-00789 [► 99] (lr_param.crosstalk)



Programmierbeispiel

Auszug aus einer Achsparameterliste:

```
:  
lr_param.crosstalk      1  
:
```



Hinweis

Die Nickkompensation kann auch bei einem Gantry-Achsverbund eingesetzt werden. Hierbei wird in jeder Achse des Gantryverbunds (Slave der Nickkompensation) eine individuelle Korrekturwerttabelle angegeben.

Diese Korrekturwerttabellen können für jede Gantryachse unterschiedlich eingestellt werden.

Ein-/Auskoppeln

Die Nickkompensation (EIN, falls Kompensation aktiviert ist) kann jederzeit bei Stillstand der Slaveachse ein- bzw. ausgeschaltet werden. Dabei werden die angezeigten Sollpositionen der Slaveachse mit den Korrekturwerten verrechnet.

Filter

Diese Korrekturwerte können über einen Sinusquadrat-Filter geglättet werden. Die Ordnung des Filters und damit seine Aktivierung wird über den Parameter P-COMP-00064 [► 100] (n_cycles) geschaltet.

Richtungsabhängigkeit der Kompensation

Sind die Positionsfehler abhängig von der Verfahrrichtung, kann die Kompensation über den Parameter P-COMP-00084 [► 103] richtungsabhängig konfiguriert werden.

Modi der Nickkompensation

Es stehen drei Modi für die Nickkompensation zur Verfügung.

Modus 1

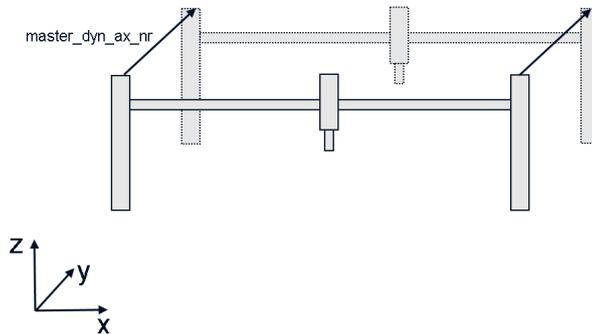


Abb. 24: Nickkompensation - Modus1

Es wird eine Beschleunigung und eine dazugehöriger Korrekturwert angegeben. Bei Beschleunigungen kleiner als die angegebene, wird der Korrekturwert linear interpoliert.

Modus 2

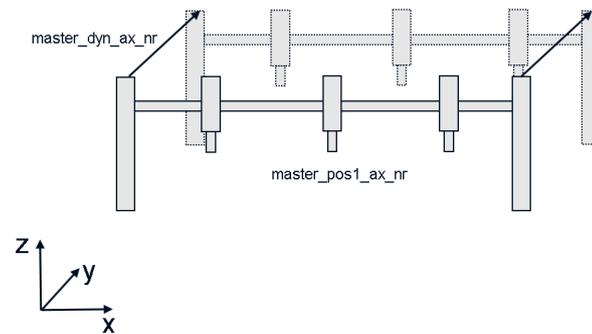


Abb. 25: Nickkompensation - Modus 2

Die Kompensation wird mit Hilfe einer Adaptionssachse berechnet. Hierfür müssen vom Anwender drei Messversuche durchgeführt werden. Die Messversuche werden an verschiedenen Positionen der Adaptionssachse durchgeführt. Mit Hilfe der Position der Adaptionssachse und der aktuellen Beschleunigung wird die Kompensation berechnet.

Modus 3

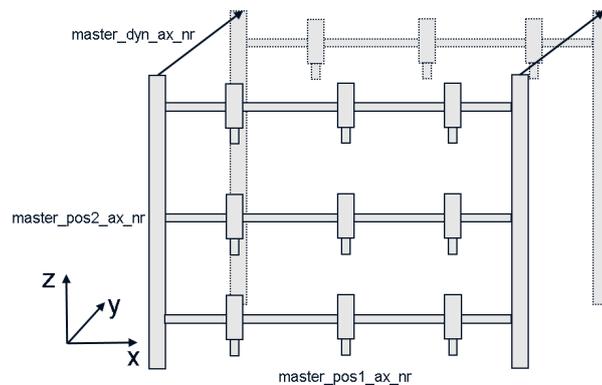


Abb. 26: Nickkompensation – Modus 3

Es können zwei Adaptionssachsen angegeben werden. Es können vom Anwender bis zu 15 Messversuche in die Korrekturwertliste eingetragen werden. Die Nickkompensation berechnet mit Hilfe einer Flächeninterpolation die Kompensationswerte.

Hierbei ist zu beachten, dass die Messungen den kompletten Arbeitsraum abdecken müssen. Ist dies nicht der Fall, können bei Positionen außerhalb des angegebenen Messbereiches falsche Kompensationswerte auftreten.

Verwaltungsdaten der Nickkompensationstabelle

Die allgemeinen Daten des Listenrumpfes werden unter der Struktur `kw.crosstalk.*` eingetragen. Sie enthält folgende Elemente:

Elemente der Verwaltungsdaten

Variablenname	Typ	Bedeutung
mode	UNS08	Modus der Kompensation.
master_dyn_ax_nr	UNS16	Logische Achsnummer der Masterachse, deren Beschleunigung als Eingangsgröße der Kompensationstabelle dient.
master_pos1_ax_nr	UNS16	Logische Achsnummer der ersten Adaptionssachse.
master_pos2_ax_nr	UNS16	Logische Achsnummer der zweiten Adaptionssachse.
n_cycles	UNS16	Anzahl der Zyklen des Sinusquadrat-Filters.
manual_activation	BOOLEAN	0: (Standard) Die CNC schaltet die Nickkompensation automatisch ein, sobald die Voraussetzungen erfüllt sind.
max_points	UNS32	Anzahl an Messversuchen in der Korrekturwerttabelle.
acceleration	SGN32	Beschleunigung [mm/s ²] bei Auslenkung der Achse.
deceleration	SGN32	Negative Beschleunigung [mm/s ²] bei Auslenkung der Achse.
velocity_dependent	BOOLEAN	Unterschiedliche Korrekturwerte bei unterschiedlichen Verfahrrichtungen.

Korrekturwerte der Nickkompensation

Für jede Beschleunigung wird in der Tabelle `kw.crosstalk.table[i].*` der entsprechende Korrekturwert der Slaveachse eingetragen. Die Kompensationstabelle gilt in positiver und in negativer Beschleunigungsrichtung.

Korrekturwerttabelle

Variablenname	Typ	Bedeutung
position[i].ax_1	SGN64	Position der ersten Adaptionssachse bei Beschleunigungsversuch i
position[i].ax_2	SGN64	Position der zweiten Adaptionssachse bei Beschleunigungsversuch i
position[i].correction_accelerate_dir_pos	SGN64	Korrekturwert bei Beschleunigung in positiver Verfahrrichtung
position[i].correction_decelerate_dir_pos	SGN64	Korrekturwert bei Bremsen in positiver Verfahrrichtung

position[i].correction_accelerate_dir_neg	SGN64	Korrekturwert bei Beschleunigung in negativer Verfahrrichtung
position[i].correction_decelerate_dir_neg	SGN64	Korrekturwert bei Bremsen in negativer Verfahrrichtung

4.6.2 Parameter

4.6.2.1 Übersicht

ID	Parameter	Beschreibung
P-AXIS-00789	lr_param.crosstalk	Aktivierung der Nickkompensation

ID	Parameter	Beschreibung
P-COMP-00063	kw.crosstalk.master_ax_nr	Logische Achsnummer der Masterachse
P-COMP-00064	kw.crosstalk.n_cycles	Anzahl der Zyklen für 'weiches Schalten'
P-COMP-00065	kw.crosstalk.last_index	Letzter Index der Korrekturwerttabelle
P-COMP-00066	kw.crosstalk.table[i].acceleration	Beschleunigungen der Masterachse
P-COMP-00067	kw.crosstalk.table[i].correction	Korrekturwerte für die Slaveachse
P-COMP-00080	kw.crosstalk.master_pos1_ax_nr	Logische Achsnummer der ersten Adaptionssachse
P-COMP-00081	kw.crosstalk.master_pos2_ax_nr	Logische Achsnummer der zweiten Adaptionssachse
P-COMP-00082	kw.crosstalk.mode	Modus der Nickkompensation
P-COMP-00083	kw.crosstalk.max_points	Anzahl an Messversuchen in der Korrekturwerttabelle
P-COMP-00084	kw.crosstalk.velocity_dependent	Unterschiedliche Korrekturwerte bei unterschiedlichen Verfahrrichtungen
P-COMP-00085	kw.crosstalk.position[i].ax_1	Position der ersten Adaptionssachse bei Beschleunigungsversuch i
P-COMP-00086	kw.crosstalk.position[i].ax_2	Position der zweiten Adaptionssachse bei Beschleunigungsversuch i
P-COMP-00087	kw.crosstalk.position[i].correction_accelerate_dir_pos	Korrekturwert bei Beschleunigung in positiver Verfahrrichtung
P-COMP-00088	kw.crosstalk.position[i].correction_accelerate_dir_neg	Korrekturwert bei Beschleunigung in negativer Verfahrrichtung
P-COMP-00089	kw.crosstalk.position[i].correction_decelerate_dir_pos	Korrekturwert bei Bremsen in positiver Verfahrrichtung
P-COMP-00090	kw.crosstalk.position[i].correction_decelerate_dir_neg	Korrekturwert bei Bremsen in negativer Verfahrrichtung

4.6.2.2 Beschreibung

Achsparemeter

P-AXIS-00789	Aktivierung der Nickkompensation	
Beschreibung	Mit dem Parameter kann die Nickkompensation aktiviert werden.	
Parameter	lr_param.crosstalk	
Datentyp	BOOLEAN	
Datenbereich	0/1	
Achstypen	T	
Dimension	T: ----	
Standardwert	0	
Antriebstypen		
Anmerkungen	Parameter verfügbar ab CNC-Version V3.1.3079.32	

Kompensationsparameter

P-COMP-00063	Logische Achsnummer der Masterachse	
Beschreibung	Mit diesem Parameter kann die logische Achsnummer der Masterachse bestimmt werden, deren Beschleunigung als Eingangsgröße der Kompensationstabelle für die Slaveachse dient.	
Parameter	kw.crosstalk.master_dyn_ax_nr	
Datentyp	UNS16	
Datenbereich	1 ≤ P-COMP-00063 ≤ MAX (UNS16)	
Achstypen	T	
Dimension	T: ----	R,S: -
Standardwert	0	
Anmerkungen	Parameter verfügbar ab CNC-Version V3.1.3081.2 bzw. V3.1.3108.4	

P-COMP-00064	Anzahl der Zyklen für 'weiches Schalten'	
Beschreibung	Der Parameter kann die Anzahl der Zyklen bestimmt werden, über welche die Nickkompensation weich ein- bzw. ausgekoppelt wird.	
Parameter	kw.crosstalk.n_cycles	
Datentyp	UNS16	
Datenbereich	0 ≤ P-COMP-00064 ≤ 20 (Maximale Taktzahl, über die ein-/ ausgekoppelt werden soll,	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: ----	R, S: -
Standardwert	0	
Anmerkungen	Parameter verfügbar ab CNC-Version V3.1.3079.32	

P-COMP-00066	Beschleunigungen der Masterachse	
Beschreibung	Mit diesem Parameter kann die Beschleunigung der Masterachse definiert werden, mit der die Slaveachse korrigiert werden muss.	
Parameter	kw.crosstalk.acceleration	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	0 < P-COMP-00066 < MAX(SGN32)	
Achstypen	T	
Dimension	T: [mm/s ²]	R,S: -
Standardwert	0	
Anmerkungen	Parameter verfügbar ab V3.1.3081.2 bzw. V3.1.3108.4	

P-COMP-00067	Negative Beschleunigung der Masterachse	
Beschreibung	Mit diesem Parameter kann die Beschleunigung der Masterachse definiert werden, mit der die Slaveachse korrigiert werden muss.	
Parameter	kw.crosstalk.acceleration	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	MIN(SGN32) ≤ P-COMP-00067 < 0	
Achstypen	T	
Dimension	T: [mm/s ²]	R,S: -
Standardwert	0	
Anmerkungen	Parameter verfügbar ab V3.1.3081.2 bzw. V3.1.3108.4	

P-COMP-00065	Manuelle Aktivierung Nickkompensation	
Beschreibung	<p>Die Nickkompensation wird durch die CNC automatisch eingeschaltet, falls sie in den Achsparametern angewählt ist (P-AXIS-00789 [► 99]) und die notwendigen Voraussetzungen erfüllt sind.</p> <p>Wird der Parameter P-COMP-00065 auf den Wert 1 gesetzt, muss die Nickkompensation explizit über einen NC-Befehl aktiviert werden. [PROG// Ein-/Ausschalten von Achskompensationen im NC-Programm (COMP)]</p> <p>Am Ende des NC-Programms, bei CNC-Reset und bei Abgabe der zu kompensierenden Achse wird die Kompensation wieder deaktiviert.</p>	
Parameter	kw.crosstalk.manual_activation	
Datentyp	BOOLEAN	
Datenbereich	0: Automatisches Aktivieren 1: Explizites Aktivieren im NC-Programm	
Achstypen	T	
Dimension	T: ----	R, S: -
Standardwert	0	
Anmerkungen	Parameter verfügbar ab CNC-Version V3.1.3081.2 bzw. V3.1.3108.4	

P-COMP-00080	Logische Achsnummer der ersten Adaptionssachse	
Beschreibung	Mit diesem Parameter kann die logische Achsnummer der ersten Adaptionssachse bestimmt werden. Die Position der Adaptionssachse beeinflusst die Kompensation in Modus 2 und 3 (P-COMP-00082 [▶ 102]).	
Parameter	kw.crosstalk.master_pos1_ax_nr	
Datentyp	UNS16	
Datenbereich	0 < P-COMP-00080 < MAX(UNS16)	
Achstypen	T	
Dimension	T: ----	R, S: -
Standardwert	0	
Anmerkungen	Parameter verfügbar ab V3.1.3081.2 bzw. V3.1.3108.4	

P-COMP-00081	Logische Achsnummer der zweiten Adaptionssachse	
Beschreibung	Mit diesem Parameter kann die logische Achsnummer der zweiten Adaptionssachse bestimmt werden. Die Position der Adaptionssachse beeinflusst die Kompensation in Modus 3 (P-COMP-00082 [▶ 102]).	
Parameter	kw.crosstalk.master_pos2_ax_nr	
Datentyp	UNS16	
Datenbereich	0 < P-COMP-00081 < MAX(UNS16)	
Achstypen	T	
Dimension	T: ----	R, S: -
Standardwert	0	
Anmerkungen	Parameter verfügbar ab V3.1.3081.2 bzw. V3.1.3108.4	

P-COMP-00082	Modus der Nickkompensation	
Beschreibung	Mit diesem Parameter wird der Modus der Kompensation angegeben	
Parameter	kw.crosstalk.mode	
Datentyp	UNS08	
Datenbereich	1 ...3	
Achstypen	T	
Dimension	T: ----	R, S: -
Standardwert	1	
Anmerkungen	Parameter verfügbar ab V3.1.3081.2 bzw. V3.1.3108.4	

P-COMP-00083	Anzahl an Messversuchen in der Korrekturwerttabelle	
Beschreibung	Mit diesem Parameter wird die Anzahl an Messversuchen, die in der Korrekturwertliste angegeben werden können, eingestellt.	
Parameter	kw.crosstalk.max_points	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	$0 \leq \text{P-COMP-00083} < 15$	
Achstypen	T	
Dimension	T: ----	R, S: -
Standardwert	0	
Anmerkungen	Parameter verfügbar ab V3.1.3081.2 bzw. V3.1.3108.4	

P-COMP-00084	Unterschiedliche Korrekturwerte bei unterschiedlichen Verfahrrichtungen	
Beschreibung	Mit diesem Parameter kann eingestellt werden, ob die Kompensation bei unterschiedlichen Verfahrrichtungen unterschiedliche Kompensationswerte nutzen soll.	
Parameter	kw.crosstalk.velocity_dependent	
Datentyp	BOOLEAN	
Datenbereich	0 / 1	
Achstypen	T	
Dimension	T: ----	R, S: -
Standardwert	0	
Anmerkungen	Parameter verfügbar ab V3.1.3081.2 bzw. V3.1.3108.4	

P-COMP-00085	Position der ersten Adpationsachse bei Beschleunigungsversuch	
Beschreibung	Mit diesem Parameter wird die Position der ersten Adpationsachse beim i-ten Beschleunigungsversuch angegeben.	
Parameter	kw.crosstalk.position[i].ax_1	
Datentyp	SGN64	
Datenbereich	$\text{MIN}(\text{SGN64}) \leq \text{P-COMP-00085} < \text{MAX}(\text{SGN64})$	
Achstypen	T	
Dimension	T: [0.1 µm]	R, S: -
Standardwert	0	
Anmerkungen	Parameter verfügbar ab V3.1.3081.2 bzw. V3.1.3108.4	

P-COMP-00086	Position der zweiten Adpationsachse bei Beschleunigungsversuch	
Beschreibung	Mit diesem Parameter wird die Position der zweiten Adpationsachse beim i-ten Beschleunigungsversuch angegeben.	
Parameter	kw.crosstalk.position[i].ax_2	
Datentyp	SGN64	
Datenbereich	MIN(SGN64) ≤ P-COMP-00086 < MAX(SGN64)	
Achstypen	T	
Dimension	T: [0.1 µm]	R, S: -
Standardwert	0	
Anmerkungen	Parameter verfügbar ab V3.1.3081.2 bzw. V3.1.3108.4	

P-COMP-00087	Korrekturwert bei Beschleunigung in positiver Verfahrrichtung	
Beschreibung	Korrekturwert an Position i bei Beschleunigung in positiver Verfahrrichtung.	
Parameter	kw.crosstalk.position[i].correction_accelerate_dir_pos	
Datentyp	SGN64	
Datenbereich	MIN(SGN64) ≤ P-COMP-00087 < MAX(SGN64)	
Achstypen	T-	
Dimension	T: [0.1 µm]	R, S: -
Standardwert	0	
Anmerkungen	Parameter verfügbar ab V3.1.3081.2 bzw. V3.1.3108.4	

P-COMP-00088	Korrekturwert bei Beschleunigung in negativer Verfahrrichtung	
Beschreibung	Korrekturwert an Position i bei Beschleunigung in negativer Verfahrrichtung..	
Parameter	kw.crosstalk.position[i].correction_accelerate_dir_neg	
Datentyp	SGN64	
Datenbereich	MIN(SGN64) ≤ P-COMP-00088 < MAX(SGN64)	
Achstypen	T	
Dimension	T: [0.1 µm]	R, S: -
Standardwert	0	
Anmerkungen	Parameter verfügbar ab V3.1.3081.2 bzw. V3.1.3108.4 Dieser Parameter wird nur wirksam, wenn P-COMP-00084 [▶ 103] aktiviert ist.	

P-COMP-00089	Korrekturwert bei Bremsen in positiver Verfahrrichtung		
Beschreibung	Korrekturwert an Position i bei Bremsen in positiver Verfahrrichtung.		
Parameter	kw.crosstalk.position[i].correction_decelerate_dir_pos		
Datentyp	Dieser Parameter wird nur wirksam, wenn P-COMP-00084 aktiviert ist.		
Datenbereich	MIN(SGN64) ≤ P-COMP-00089 < MAX(SGN64)		
Achstypen	T		
Dimension	T: [0.1 µm]	R, S: -	
Standardwert	0		
Anmerkungen	Parameter verfügbar ab V3.1.3081.2 bzw. V3.1.3108.4		

P-COMP-00090	Korrekturwert bei Bremsen in negativer Verfahrrichtung		
Beschreibung	Korrekturwert an Position i bei Bremsen in negativer Verfahrrichtung.		
Parameter	kw.crosstalk.position[i].correction_decelerate_dir_neg		
Datentyp	SGN64		
Datenbereich	MIN(SGN64) ≤ P-COMP-00090 < MAX(SGN64)		
Achstypen	T		
Dimension	T: [0.1 µm]	R, S: -	
Standardwert	0		
Anmerkungen	Parameter verfügbar ab V3.1.3081.2 bzw. V3.1.3108.4 Dieser Parameter wird nur wirksam, wenn P-COMP-00084 [► 103] aktiviert ist.		

4.6.2.3 CNC-Objekte

Name	CROSSTALK::activated		
Beschreibung	Mit diesem Objekt kann gelesen werden, ob die Nickkompensation über P-AXIS-00789 [► 99] aktiviert ist.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >01F4
Datentyp	BOOLEAN	Länge	1
Attribute	read	Einheit	[-]
Anmerkungen	Verfügbar ab CNC-Version V3.1.3079.32		

Name	CROSSTALK::actual_offset		
Beschreibung	Mit diesem Objekt kann der aktuell wirksame Offset der Nickkompensation gelesen werden.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >01F7
Datentyp	SGN32	Länge	4
Attribute	read	Einheit	[Incr.]
Anmerkungen	Verfügbar ab CNC-Version V3.1.3079.32		

Name	CROSSTALK::delta_offset		
Beschreibung	Mit diesem Objekt kann die Änderung des Korrekturwerts im aktuellen Takt der Nickkompensation gelesen werden.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >01F6
Datentyp	SGN32	Länge	4
Attribute	read	Einheit	[Incr.]
Anmerkungen	Verfügbar ab CNC-Version V3.1.3079.32		

Name	CROSSTALK::end_offset		
Beschreibung	Mit diesem Objekt kann der Korrekturwert der Nickkompensation an der aktuellen Position ohne Filter gelesen werden.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >01F8
Datentyp	SGN32	Länge	4
Attribute	read	Einheit	[Incr.]
Anmerkungen	Verfügbar ab CNC-Version V3.1.3079.32		

4.6.3 Beispiel einer Korrekturwertliste



Beispiel

Nickkompensation mit Modus 1

```
# *****
# Achskompensationsdaten Z-Achse
# *****

kopf.achs_nr           3
kopf.log_achs_name     Z
```

```
kw.crosstalk.mode                1

kw.crosstalk.master_dyn_ax_nr      1 /*Logische Achsnummer der Master-
achse */
kw.crosstalk.velocity_dependent    TRUE
#
kw.crosstalk.acceleration           10000 ( mm/s^2
kw.crosstalk.deceleration           -10000 ( mm/s^2
kw.crosstalk.position[0].correction_accelerate_dir_pos  25 (0.1 um
kw.crosstalk.position[0].correction_decelerate_dir_pos  25
kw.crosstalk.position[0].correction_accelerate_dir_neg  50
kw.crosstalk.position[0].correction_decelerate_dir_neg  50
```



Beispiel

Nickkompensation mit Modus 2

```
# *****
# Achskompensationsdaten Z-Achse
# *****

kopf.achs_nr                3
kopf.log_achs_name           Z
kw.crosstalk.mode          2

kw.crosstalk.master_dyn_ax_nr 1 /*Logische Achsnummer der Master-
achse */
kw.crosstalk.velocity_dependent TRUE
#
kw.crosstalk.acceleration     1000 ( mm/s^2
kw.crosstalk.deceleration     -1000 ( mm/s^2
kw.crosstalk.position[0].ax_1  0      (0.1 um
kw.crosstalk.position[0].correction_accelerate_dir_pos  50 (0.1 um
kw.crosstalk.position[0].correction_decelerate_dir_pos  50
kw.crosstalk.position[0].correction_accelerate_dir_neg  60
kw.crosstalk.position[0].correction_decelerate_dir_neg  60
kw.crosstalk.position[1].ax_1  1000   (0.1 um
kw.crosstalk.position[1].correction_accelerate_dir_pos  70 (0.1 um
kw.crosstalk.position[1].correction_decelerate_dir_pos  70
kw.crosstalk.position[1].correction_accelerate_dir_neg  80
kw.crosstalk.position[1].correction_decelerate_dir_neg  80
kw.crosstalk.position[2].ax_1  2000   ( 0.1 um
kw.crosstalk.position[2].correction_accelerate_dir_pos  50 (0.1 um
kw.crosstalk.position[2].correction_decelerate_dir_pos  50
kw.crosstalk.position[2].correction_accelerate_dir_neg  60
kw.crosstalk.position[2].correction_decelerate_dir_neg  60
```



Beispiel

Nickkompensation mit Modus 3 mit 9 Messpunkten

```
# *****
# Achskompensationsdaten Z-Achse
# *****

kopf.achs_nr           3
kopf.log_achs_name     Z
kw.crosstalk.mode    3

kw.crosstalk.master_dyn_ax_nr    2 ( Logische Achsnummer der Master-
achse )

kw.crosstalk.master_pos1_ax_nr    1 ( Logische Achsnummer der ersten
Adaptionsachse )
kw.crosstalk.master_pos2_ax_nr    3 ( Logische Achsnummer der erszwei-
ten Adaptionsachse )
kw.crosstalk.max_points           9 ( Anzahl der Messpunkte)
kw.crosstalk.velocity_dependent   TRUE
#
kw.crosstalk.acceleration_pos     1000 ( mm/s^2
kw.crosstalk.acceleration_neg     -1000 ( mm/s^2
kw.crosstalk.position[0].ax_1     0    ( 0.1 um
kw.crosstalk.position[0].ax_2     0    ( 0.1 um
kw.crosstalk.position[0].acc_pos_vel_pos_correction 60 ( 0.1 um
kw.crosstalk.position[0].acc_pos_vel_neg_correction 60
kw.crosstalk.position[0].acc_neg_vel_pos_correction 70
kw.crosstalk.position[0].acc_neg_vel_neg_correction 70
#...

#...
kw.crosstalk.position[8].ax_1     3000 ( 0.1 um
kw.crosstalk.position[8].ax_2     3000 ( 0.1 um
kw.crosstalk.position[8].acc_pos_vel_pos_correction 50 ( 0.1 um
kw.crosstalk.position[8].acc_pos_vel_neg_correction 50
kw.crosstalk.position[8].acc_neg_vel_pos_correction 60
kw.crosstalk.position[8].acc_neg_vel_neg_correction 60
```

4.6.4 Fehlermeldungen

Fehler in der Konfiguration der Nickkompensation führen zur Deaktivierung der Funktion für die betroffene Achse und zur Ausgabe einer Fehlermeldung bzw. Warnung.

Übersicht der Fehlermeldungen:

- ID 70622
- ID 70625
- ID 70626
- ID 70627
- ID 70629
- ID 70631
- ID 70632
- ID 70657
- ID 70658
- ID 70659
- ID 70660

5 Weitere Konfigurationsmöglichkeiten der Achskompensation

5.1 Ein-/Ausschalten von Achskompensationen im NC-Programm



Hinweis

Das Ausschalten der Achskompensationen über den COMP-Befehl wirkt NC-Programmübergreifend, d.h. bei Programmende werden die Kompensationen nicht automatisch reaktiviert. Sie müssen im folgenden NC-Programm explizit über den COMP-Befehl wieder eingeschalten werden.

Syntax:

```
<Achname> [ COMP [ [ ON | OFF [ BACKLASH CROSS PLANE LEAD TEMP FRICT CROSSTALK ] ] |
OFF_ALL ]
[ NO_MOVE ] { \ } ]
```

<Achname>	Name der Achse
COMP	Kennung für die An-/Abwahl von achsspezifischen Kompensationen. Muss immer als <u>erstes</u> Schlüsselwort programmiert sein.
ON	Programmierte Kompensation(en) einschalten
OFF	Programmierte Kompensation(en) ausschalten
BACKLASH	Schlüsselwort für Losekompensation [ab V3.1.3081.05]
CROSS	Schlüsselwort für Kreuzkompensation
PLANE	Schlüsselwort für Flächenkompensation
LEAD	Schlüsselwort für Spindelsteigungsfehlerkompensation
TEMP	Schlüsselwort für Temperaturkompensation
FRICT	Schlüsselwort für Reibungskompensation [ab V2.11.2022.05]
CROSSTALK	Schlüsselwort für Nickkompensation [ab V3.1.3079.32]
OFF_ALL	Alle Kompensationen ausschalten. Dem Schlüsselwort dürfen keine Kompensationsbezeichner folgen.
NO_MOVE	Standardmäßig wird der beim Ein-/Ausschalten von Achskompensationen entstehende Positionsoffset ausgefahren, bevor die Programmbearbeitung fortgesetzt wird. Durch Angabe des Schlüsselworts NO_MOVE kann diese Bewegung unterdrückt werden. Der Kanal wird mit den geänderten Achspositionen initialisiert. Das Ausfahren des Positionsoffsets erfolgt erst mit der nächsten, im NC-Programm programmierten Achsbewegung.
\	Trennzeichen ("Backslash") für übersichtliche Programmierung des Befehls über mehrere Zeilen



Programmierbeispiel

Achsspezifische Programmierung

```
;Ausschalten von Kreuz- und Flächenkompensation in der X-Achse
N10 X[COMP OFF CROSS PLANE
;Kompensationsprogrammierung mehrerer Achsen in einem NC-Satz
N50 X[COMP OFF CROSS] Y[COMP ON LEAD TEMP]
;Ausschalten aller Kompensationen in der Z-Achse
N100 Z[COMP OFF_ALL]
;Ausschalten aller Kompensationen der Y-Achse ohne Achsbewegung
```

N200 Y[COMP OFF_ALL NO_MOVE]

5.2 Prüfen der Zustände der Achskompensation im NC-Programm

V.A.-Variablen

Mit folgenden V.A.-Variablen lässt sich aus dem NC-Programm heraus prüfen, ob eine über den COMP-Befehl programmierbare Kompensation für eine bestimmte Achse initialisiert oder bereits aktiv ist und welchen Wert die Korrektur hat.



Hinweis

Ein lesender Zugriff auf die Variablen mit der Kennzeichnung L_{Flush} bewirkt ein Leeren des NC-Kanals.

Ein Leeren des NC-Kanals kann z.B. bei aktiver Werkzeugradiuskorrektur (G41/G42) zum Fehler ID 20651 führen.

Prüfen auf Initialisierung:

CROSS_COMP_INIT.X	Kreuzkompensation für die Achse initialisiert? Wenn ja, dann 1	Boolean	0 , 1	L_{Flush}
PLANE_COMP_INIT.X	Flächenkompensation für die Achse initialisiert? Wenn ja, dann 1	Boolean	0 , 1	L_{Flush}
LEAD_COMP_INIT.X	Spindelsteigungsfehlerkompensation für die Achse? Wenn ja, dann 1	Boolean	0 , 1	L_{Flush}
TEMP_COMP_INIT.X	Temperaturkompensation für die Achse initialisiert? Wenn ja, dann 1	Boolean	0 , 1	L_{Flush}
FRICT_COMP_INIT.X	Reibungskompensation für die Achse initialisiert? Wenn ja, dann 1	Boolean	0, 1	L_{Flush}
CROSSTALK_COMP_INIT.X	Nickkompensation für die Achse initialisiert? Wenn ja, dann 1	Boolean	0, 1	L_{Flush}

Prüfen auf Aktivierung:

CROSS_COMP_ACTIVE.X	Kreuzkompensation für die Achse aktiv? Wenn ja, dann 1	Boolean	0 , 1	L _{Flush}
PLANE_COMP_ACTIVE.X	Flächenkompensation für die Achse aktiv? Wenn ja, dann 1	Boolean	0 , 1	L _{Flush}
LEAD_COMP_ACTIVE.X	Spindelsteigungsfehlerkompensation für die Achse aktiv? Wenn ja, dann 1	Boolean	0 , 1	L _{Flush}
TEMP_COMP_ACTIVE.X	Temperaturkompensation für die Achse aktiv? Wenn ja, dann 1	Boolean	0 , 1	L _{Flush}
FRICT_COMP_ACTIVE.X	Reibungskompensation für die Achse aktiv? Wenn ja, dann 1	Boolean	0, 1	L _{Flush}
CROSSTALK_COMP_ACTIVE.X	Nickkompensation für die Achse aktiv? Wenn ja, dann 1	Boolean	0, 1	L _{Flush}
BACK-LASH_COMP_ACTIVE.X	Losekompensation für die Achse aktiv? Wenn ja, dann 1 [ab V3.1.3081.05]	Boolean	0, 1	L _{Flush}

Lesen aktueller Korrekturwerte:

Ab CNC-Version V2.11.2810 sind folgende V.A.-Variablen der aktuellen Korrekturwerte verfügbar.				
LEAD_COMP_CURR.X	Aktueller Korrekturwert der SSFK für die Achse	Real	[mm, inch]	L _{Flush}
CROSS_COMP_CURR.X	Aktueller Korrekturwert der Kreuzkompensation für die Achse	Real	[mm, inch]	L _{Flush}
PLANE_COMP_CURR.X	Aktueller Korrekturwert der Flächenkompensation für die Achse	Real	[mm, inch]	L _{Flush}
TEMP_COMP_CURR.X	Aktueller Korrekturwert der Temperaturkompensation für die Achse	Real	[mm, inch]	L _{Flush}
FRICT_COMP_CURR.X	Aktueller Korrekturwert der Reibungskompensation für die Achse	Real	[mm, inch]	L _{Flush}
CROSSTALK_COMP_CURR.X	Aktueller Korrekturwert der Nickkompensation für die Achse	Real	[mm, inch]	L _{Flush}
BACKLASH_COMP_CURR.X	Aktueller Korrekturwert der Losekompensation für die Achse [ab V3.1.3081.05]	Real	[mm, inch]	L _{Flush}


Programmierbeispiel
Prüfen der Zustände der Achskompensation

```

N010 G74 X1 Y2 Z3
N020 $IF V.A.CROSS_COMP_INIT.X != TRUE
N030 #MSG ["Cross_Comp for X not init."]
N040 $ENDIF
N050 $IF V.A.TEMP_COMP_INIT.X != TRUE
N060 #MSG ["Temp_Comp for X not init."]
N070 $ENDIF
N080 X [ COMP ON CROSS TEMP ]
N090 $IF V.A.CROSS_COMP_ACTIVE[0] != TRUE
N100 #MSG ["Cross_Comp for X not active"]
N110 $ENDIF
N120 $IF V.A.TEMP_COMP_ACTIVE[0] != TRUE
N130 #MSG ["Temp_Comp for X not active"]
N140 $ENDIF
N150 ...
    
```

5.3 Überwachen der Wirksamkeit von Achskompensationen im Automatikbetrieb

Für einige Achskompensationen müssen bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein damit sie aktiv sind. Um im Automatikbetrieb sicherzustellen, dass alle angewählten Achskompensationen auch wirksam sind, kann im Parameter „lr_param.prog_movement_requires_compensations“ (s. P-AXIS-00465) bitcodiert festgelegt werden, welche Kompensationen für die Programmbearbeitung benötigt werden.

Die CNC generiert die Fehlermeldung P-ERR-70435, falls im Automatik-Betrieb die Achse verfahren wird, ohne dass die entsprechenden Achskompensationen aktiv sind. Im Handbetrieb oder bei einer Referenzpunktfahrt [FCT-M1//Beschreibung] kann die Achse auch ohne Kompensationen verfahren werden.

Diese Überwachung kann zum Beispiel sinnvoll sein, um bei einer fehlerhaften Kompensationstabelle die Fertigung eines ungenauen Werkstücks zu verhindern.

Voraussetzungen

Für die Wirksamkeit von Achskompensationen existieren folgende Voraussetzungen:

1. Die Kompensationstabelle darf keine Fehler enthalten s. [COMP].
2. Für die Spindelsteigungsfehlerkompensation und Temperaturkompensation muss die Achse referenziert sein.
3. Für die Kreuz- und Flächenkompensation müssen die Masterachsen referenziert sein.
4. Für die Kreuz- und Flächenkompensation müssen vor NC-Programmstart die Antriebsfreigaben gesetzt werden.

Aktivierung der Überwachung in der Achsparameterliste

Variablenname	Typ	Bedeutung
lr_param.prog_movement_requires_compensations	UNS32	Bit-codierte Angabe der benötigten Kompensationen



Hinweis

Die CNC erzeugt nur Fehlermeldungen für Kompensationen, die auch in der Achsparameterliste angewählt sind.

Bitcodierung

Die folgende Tabelle enthält die Bitcodierung der Achskompensationen. Für die Angabe können auch die Bitbezeichner verwendet werden:

Bit	Bezeichner	Achskompensation
0x1	BACKLASH	Losekompensation
0x2	LEAD	Spindelsteigungsfehlerkompensation
0x4	TEMP	Temperaturkompensation
0x8	CROSS	Kreuzkompensation
0x10	PLANE	Flächenkompensation



Beispiel

Überwachen der Wirksamkeit von Achskompensationen im Automatikbetrieb

Um die Spindelsteigungsfehler- und die Kreuzkompensation zu überwachen, ist in der Achsparameterliste folgender Eintrag notwendig:

lr_param.prog_movement_requires_compensations LEAD | CROSS

Damit die CNC im Automatikbetrieb bei fehlenden Voraussetzungen eine Fehlermeldung ausgibt, müssen die beiden Kompensationen angewählt sein:

```
lr_param.ssfk          1
lr_param.crosscomp    1
```

6 Anhang

6.1 Anregungen, Korrekturen und neueste Dokumentation

Sie finden Fehler, haben Anregungen oder konstruktive Kritik? Gerne können Sie uns unter documentation@isg-stuttgart.de kontaktieren. Die aktuellste Dokumentation finden Sie in unserer Onlinehilfe (DE/EN):



QR-Code Link: <https://www.isg-stuttgart.de/documentation-kernel/>

Der o.g. Link ist eine Weiterleitung zu:

<https://www.isg-stuttgart.de/fileadmin/kernel/kernel-html/index.html>



Hinweis

Mögliche Änderung von Favoritenlinks im Browser:

Technische Änderungen der Webseitenstruktur betreffend der Ordnerpfade oder ein Wechsel des HTML-Frameworks und damit der Linkstruktur können nie ausgeschlossen werden.

Wir empfehlen, den o.g. „QR-Code Link“ als primären Favoritenlink zu speichern.

PDFs zum Download:

DE:

<https://www.isg-stuttgart.de/produkte/softwareprodukte/isg-kernel/dokumente-und-downloads>

EN:

<https://www.isg-stuttgart.de/en/products/softwareproducts/isg-kernel/documents-and-downloads>

E-Mail: documentation@isg-stuttgart.de

Stichwortverzeichnis

L	
<hr/>	
Losekompensation	10
Lose	
Kompensation	10
mechanische	9
negative	10
positive	9
M	
<hr/>	
Mechanische Lose	9
N	
<hr/>	
Negative Lose	10
P	
<hr/>	
P-AXIS-00021	11
P-AXIS-00047	35
P-AXIS-00103	11
P-AXIS-00174	48
P-AXIS-00175	65
P-AXIS-00243	65
P-AXIS-00271	20
P-AXIS-00272	21
P-AXIS-00273	21
P-AXIS-00274	22
P-AXIS-00275	22
P-AXIS-00482	23
P-AXIS-00522	88
P-AXIS-00789	99
P-COMP-00003	36
P-COMP-00004	36
P-COMP-00005	36
P-COMP-00006	38
P-COMP-00007	38
P-COMP-00008	50
P-COMP-00009	50
P-COMP-00010	51
P-COMP-00011	51
P-COMP-00012	52
P-COMP-00013	52
P-COMP-00014	52
P-COMP-00015	53
P-COMP-00016	53
P-COMP-00017	66
P-COMP-00018	67
P-COMP-00019	67
P-COMP-00020	67
P-COMP-00021	68
P-COMP-00022	68
P-COMP-00023	68
P-COMP-00024	69
P-COMP-00025	69
P-COMP-00026	37
P-COMP-00027	53
P-COMP-00028	70
P-COMP-00029	37
P-COMP-00030	54
P-COMP-00032	54
P-COMP-00033	55
P-COMP-00041	88
P-COMP-00042	89
P-COMP-00043	89
P-COMP-00044	89
P-COMP-00045	90
P-COMP-00046	90
P-COMP-00047	90
P-COMP-00057	70
P-COMP-00058	91
P-COMP-00059	66
P-COMP-00060	35
P-COMP-00061	49
P-COMP-00062	91
P-COMP-00063	100
P-COMP-00064	100
P-COMP-00065	101
P-COMP-00066	100
P-COMP-00067	101
P-COMP-00080	102
P-COMP-00081	102
P-COMP-00082	102
P-COMP-00083	103
P-COMP-00084	103
P-COMP-00085	103
P-COMP-00086	104
P-COMP-00087	104
P-COMP-00088	104
P-COMP-00089	105
P-COMP-00090	105
Positive Lose	9



© Copyright
ISG Industrielle Steuerungstechnik GmbH
STEP, Gropiusplatz 10
D-70563 Stuttgart
Alle Rechte vorbehalten
www.isg-stuttgart.de
support@isg-stuttgart.de

