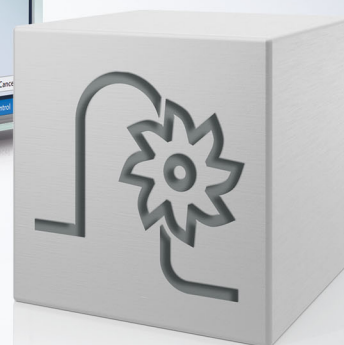
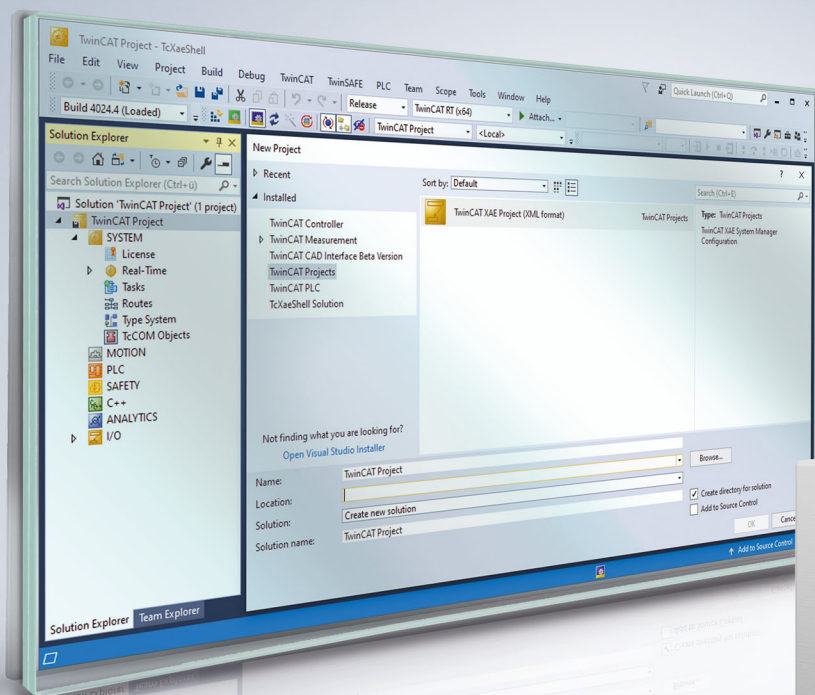


Funktionsbeschreibung | DE

TF5200 | TwinCAT 3 CNC

Achskompensationen



Hinweise zur Dokumentation

Diese Beschreibung wendet sich ausschließlich an ausgebildetes Fachpersonal der Steuerungs- und Automatisierungstechnik, das mit den geltenden nationalen Normen vertraut ist.

Zur Installation und Inbetriebnahme der Komponenten ist die Beachtung der Dokumentation und der nachfolgenden Hinweise und Erklärungen unbedingt notwendig.

Das Fachpersonal ist verpflichtet, für jede Installation und Inbetriebnahme die zu dem betreffenden Zeitpunkt veröffentlichte Dokumentation zu verwenden.

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

Disclaimer

Diese Dokumentation wurde sorgfältig erstellt. Die beschriebenen Produkte werden jedoch ständig weiter entwickelt.

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.

Marken

Beckhoff®, TwinCAT®, TwinCAT/BSD®, TC/BSD®, EtherCAT®, EtherCAT G®, EtherCAT G10®, EtherCAT P®, Safety over EtherCAT®, TwinSAFE®, XFC®, XTS® und XPlanar® sind eingetragene und lizenzierte Marken der Beckhoff Automation GmbH.

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

Patente

Die EtherCAT-Technologie ist patentrechtlich geschützt, insbesondere durch folgende Anmeldungen und Patente:

EP1590927, EP1789857, EP1456722, EP2137893, DE102015105702

mit den entsprechenden Anmeldungen und Eintragungen in verschiedenen anderen Ländern.

EtherCAT®

EtherCAT® ist eine eingetragene Marke und patentierte Technologie lizenziert durch die Beckhoff Automation GmbH, Deutschland

Copyright

© Beckhoff Automation GmbH & Co. KG, Deutschland.

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts sind verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet.

Zu widerhandlungen 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

1. 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!

HINWEIS

Einschränkung oder Fehler

Dieses Symbol beschreibt Einschränkungen oder warnt vor Fehlern.

Tipps und weitere Hinweise

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

Allgemeines Beispiel

Beispiel zu einem erklärten Sachverhalt.

NC-Programmierbeispiel

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

Spezifischer Versionshinweis

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

Inhaltsverzeichnis

Hinweise zur Dokumentation	3
Allgemeine- und Sicherheitshinweise.....	5
1 Übersicht.....	9
2 Losekompensation	10
2.1 Übersicht	10
2.2 Beschreibung	11
2.3 Parametrierung	13
2.3.1 Übersicht	13
2.3.2 Beschreibung	13
2.3.3 CNC-Objekte.....	13
2.4 Fehlermeldungen	15
2.5 Parametrierbeispiel	15
3 Temperaturkompensation	16
3.1 Übersicht.....	16
3.2 Parametrierung	18
3.2.1 Übersicht.....	22
3.2.2 Beschreibung	22
3.2.3 CNC-Objekte.....	24
3.3 Beispiel.....	26
4 Achskompensationen mit Korrekturwertlisten	27
4.1 Korrekturwertlisten	27
4.2 Spindelsteigungsfehlerkompensation	30
4.2.1 Parameter	32
4.2.2 Beispiel - Nicht äquidistante, doppelseitige SSFK	41
4.2.3 Fehlermeldungen	42
4.3 Kreuzkompensation	43
4.3.1 Parameter	45
4.3.2 Beispiel einer Korrekturwertliste.....	50
4.3.3 Fehlermeldungen	52
4.4 Flächenkompensation	53
4.4.1 Parameter	56
4.4.2 Beispiele von Korrekturwertlisten.....	65
4.4.3 Fehlermeldungen	67
4.5 Nickkompensation	68
4.5.1 Übersicht.....	69
4.5.2 Parametrierung	71
4.5.3 Beispiel einer Korrekturwertliste.....	74
4.5.4 Fehlermeldungen	74
5 Weitere Konfigurationsmöglichkeiten der Achskompensation	75
5.1 Ein-/Ausschalten von Achskompensationen im NC-Programm	75
5.2 Prüfen der Zustände der Achskompensation im NC-Programm	77
5.3 Überwachen der Wirksamkeit von Achskompensationen im Automatikbetrieb	78

6 Support und Service 80
 Stichwortverzeichnis 81

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 5 Achskompensationen unterschieden:

- Losekompensation
- Temperaturkompensation
- Spindelsteigungsfehlerkompensation
- Kreuzkompensation
- Flächenkompensation

Eigenschaften

Im Allgemeinen kann jede Achskompensation für alle:

- Achstypen aktiviert werden
- Antriebstoppen 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] parametriert werden.

2.2 Beschreibung

Mechanische Lose

Als mechanische Lose wird das Spiel zwischen

- Antrieb und einem bewegten Maschinenteil oder
- zwischen einem Geber und einem bewegten Maschinenteil bezeichnet.

Durch die mechanische Lose ergibt sich für ein bewegtes Maschinenteil eine Abweichung zwischen kommandierter Position und der tatsächlichen Istposition. Dies wirkt sich insbesondere bei der Bewegungsrichtungsumkehr aus.

Es wird bei der mechanischen Lose unterschieden zwischen:

- Positive Lose
- Negative Lose

Positive Lose

Die positive Lose tritt bei Systemen auf, bei denen

- das Messsystem direkt mit dem Antrieb verbunden ist und
- die Lose zwischen Antrieb und bewegtem Maschinenteil auftritt.

Bei einer Bewegungsrichtungsumkehr wird das Messsystem eine Positionsänderung detektieren, obwohl sich das Maschinenteil bedingt durch die Lose noch nicht bewegt. Dies führt dazu, dass das Maschinenteil nicht die kommandierte Position erreicht, sondern um den Betrag der Lose zu kurz verfährt, da der Geber, der indirekt die Position des Maschinenteils misst, der tatsächlichen Istposition des Maschinenteils **vorauseilt**.

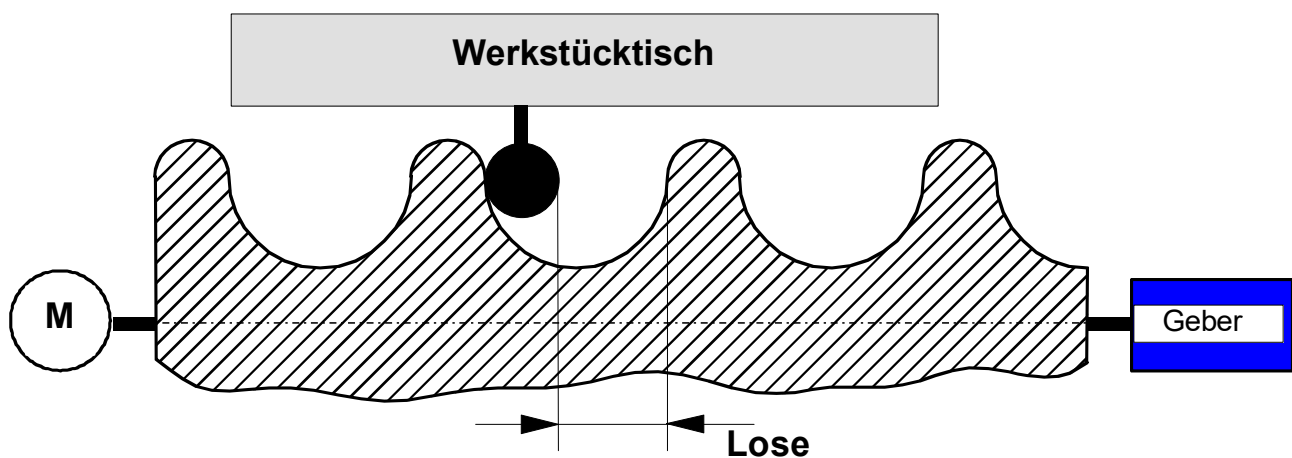


Abb. 1: Positive Lose

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 **nachheit**.

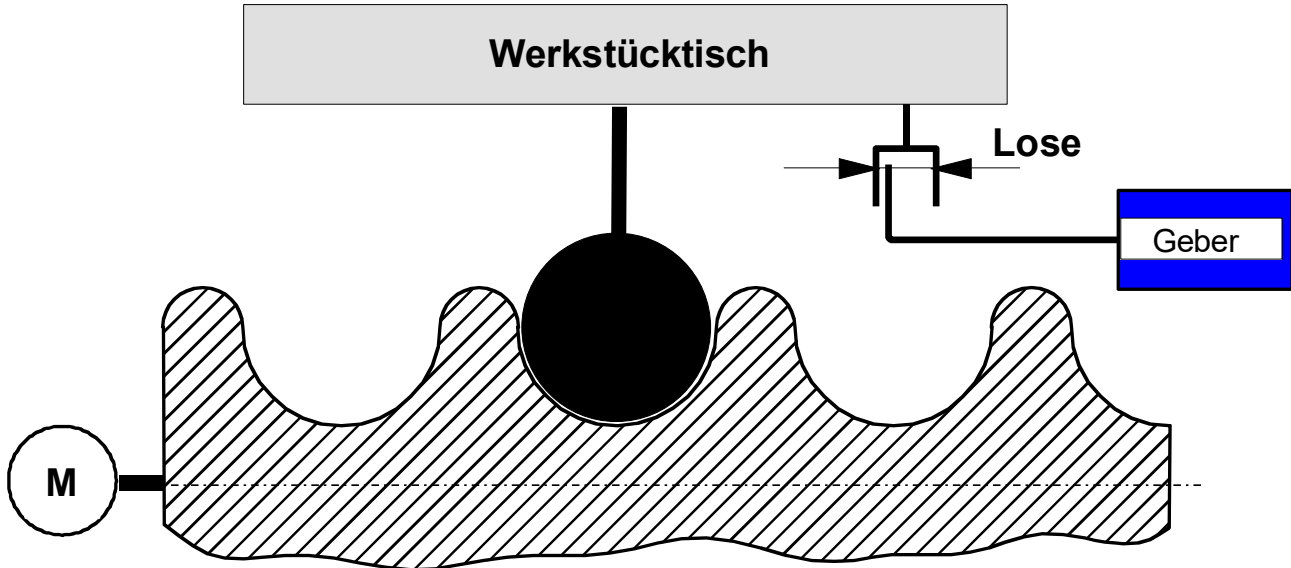


Abb. 2: Negative Lose

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.



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 Lagereglerzyklen 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	Mit diesem Objekt kann der aktuell wirksame Korrekturoffset der Losekompensation gelesen werden		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >0093
Datentyp	SGN32	Länge	4
Attribute	read	Einheit	[-]
Anmerkungen			

Name	BC::conf. backlash		
Beschreibung	Mit diesem Objekt kann der konfigurierte Wert für die Losekompensation gelesene werden. Dieser Wert kann über P-AXIS-00103 [► 13] 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	Mit diesem Objekt kann die Änderung des Korrekturwerts im aktuellen Takt der Losekompensation gelesen werden.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >0095
Datentyp	SGN32	Länge	4
Attribute	read	Einheit	[-]
Anmerkungen			

Name	BC::sum backlash		
Beschreibung	Mit diesem Objekt kann der Korrekturwert der Losekompensation an der aktuellen Position ohne Filter gelesen werden.		
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

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.

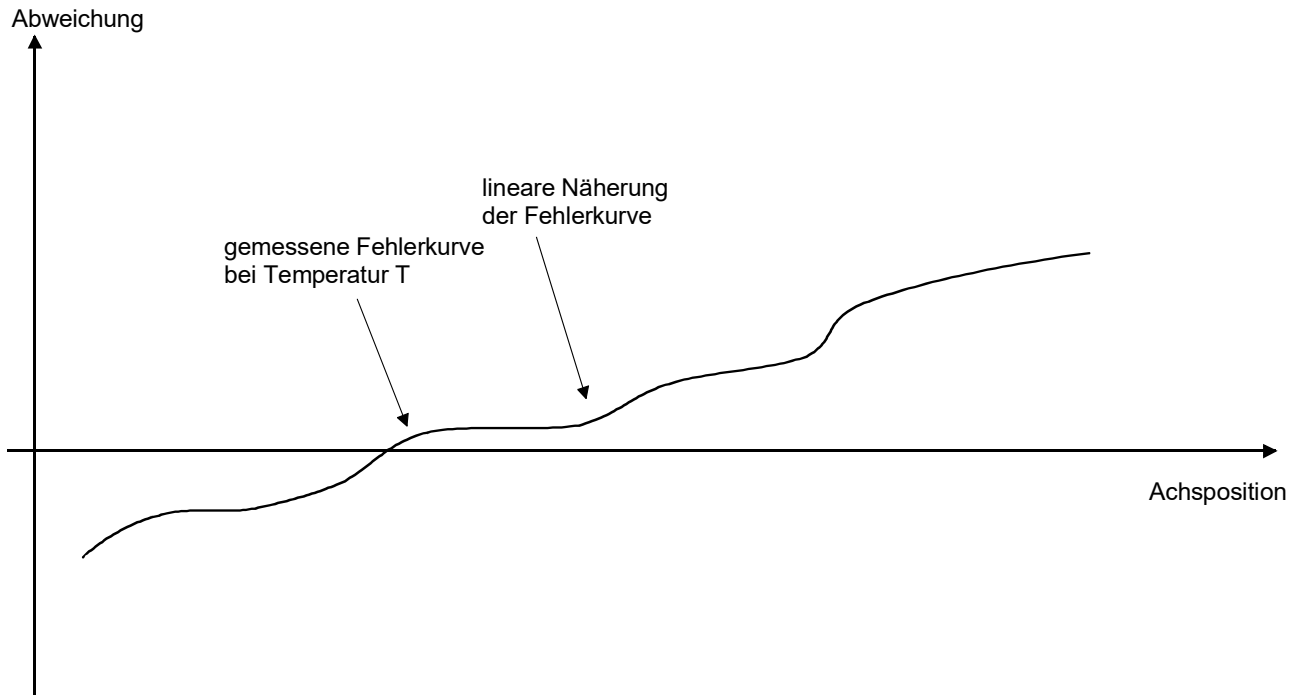


Abb. 3: Temperaturabhängige Verfälschung der Achsposition

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

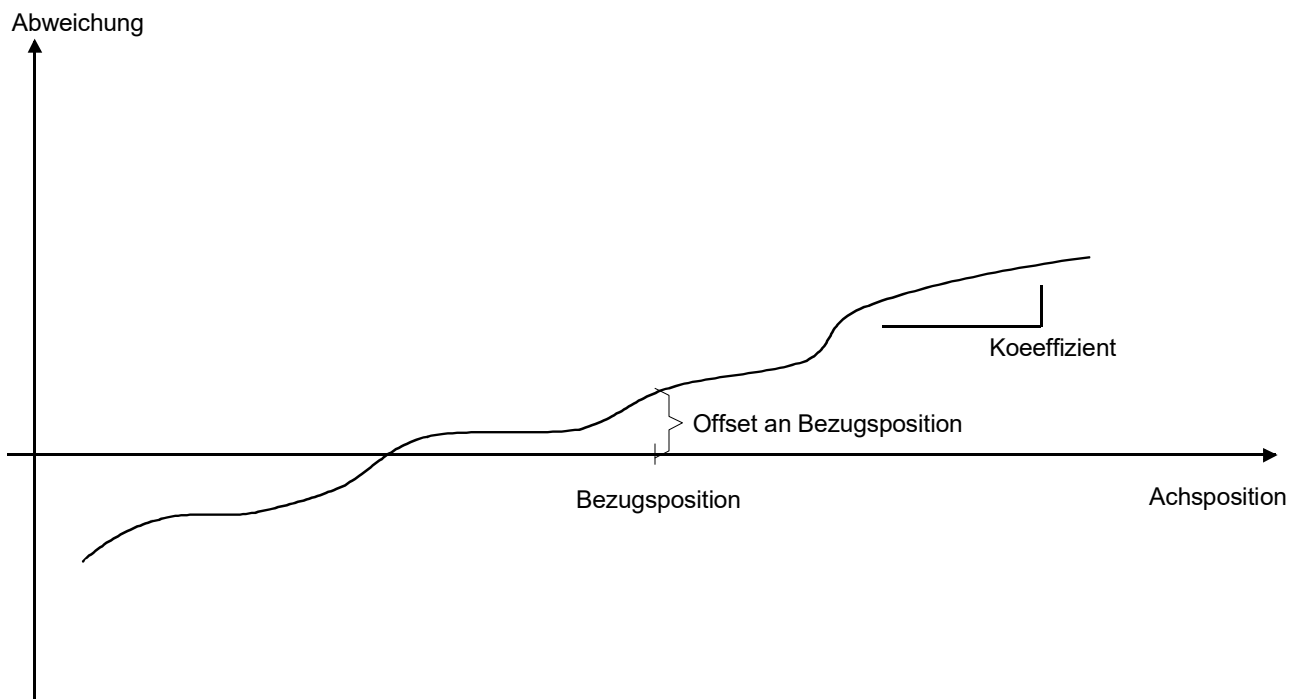


Abb. 4: Parameter der Temperaturkompensation für eine Temperatur T

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.

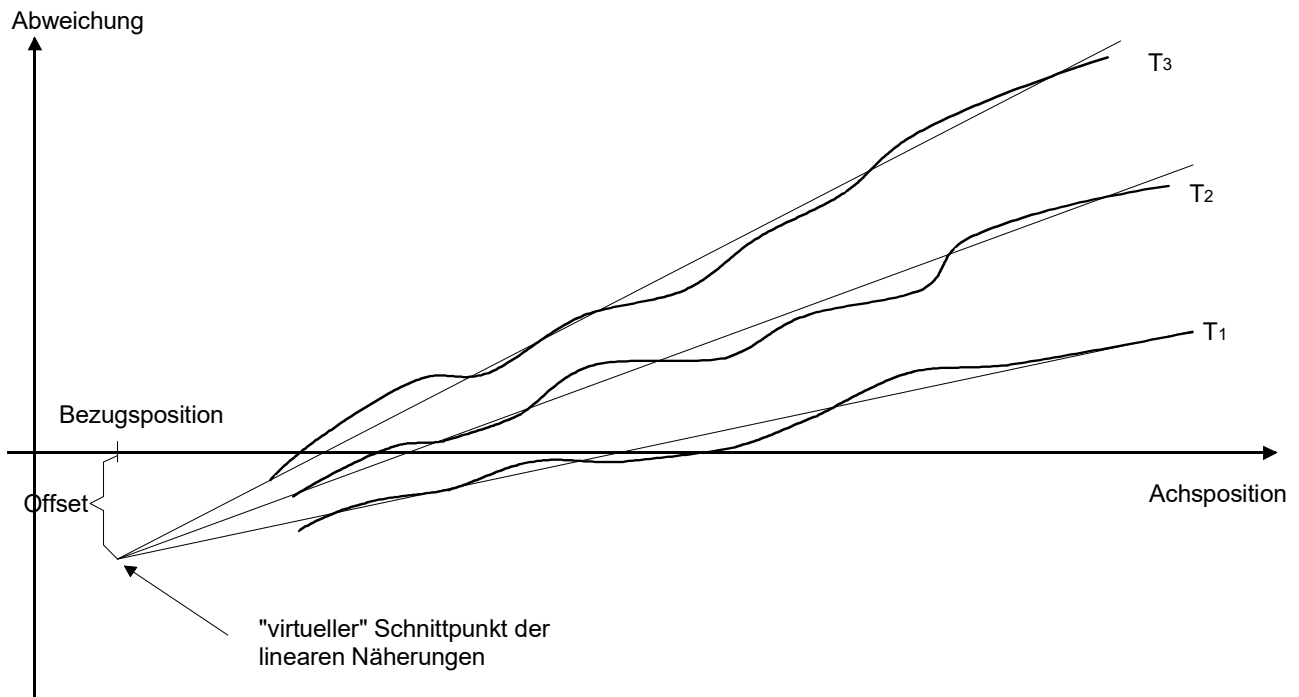


Abb. 5: Referenzmessung bei unterschiedlichen Temperaturen

Bestimmung der Parameter

Die Parameter Bezugsposition, Offset und Koeffizient können den Messkurven entnommen werden. Hieraus können die Werte bei einer gegebenen Temperatur später eingestellt werden. Nichtgemessene Temperaturen können aus den gemessenen Temperaturverläufen inter- bzw. extrapoliert werden.

Wird als Bezugsposition der virtuelle Schnittpunkt der angenäherten linearen Kurven gewählt, so ist der Offset temperaturunabhängig. Für die unterschiedlichen Temperaturen muss in diesem Falle nur der Koeffizient neu eingestellt werden.

Einfluss der Temperatur

Die einzelnen Parameter können durch die SPS in Abhängigkeit der aktuellen Temperatur eingestellt werden. Hierzu wird ein entsprechendes Temperatursignal (Sensor) an die SPS übertragen, woraus diese die Parameter ableitet.

Explizites Aktivieren im NC-Programm

```
lr_param.temp_comp_manual_activation      0
```

- 0 (Standard): Die CNC schaltet die Temperaturkompensation automatisch ein, sobald die notwendigen Voraussetzungen erfüllt sind (z.B. die Achse referenziert ist).
- 1: Die Temperaturkompensation muss manuell im NC-Programm über den COMP-Befehl eingeschaltet werden (s. Kapitel "[Ein- und Ausschalten von Achskompensationen im NC-Programm \[► 75\]](#)").

Die Kompensation wird wieder ausgeschaltet:

- Am Ende des NC-Programms
- bei CNC-Reset und
- bei Abgabe der Achse.

Parameter ändern

Die einzelnen Parameter können über einen Download der Achsliste geändert werden:

```
kopf.achs_nr          1
#
# temperature compensation on/off
lr_param.temp_comp    1
# reference position
lr_param.temp_comp_position_0  100 [0.1µm]
# reference offset
lr_param.temp_comp_offset_0    40 [0.1µm]
lr_param.temp_comp_coefficient 4000 [µm/m]
#
```

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:

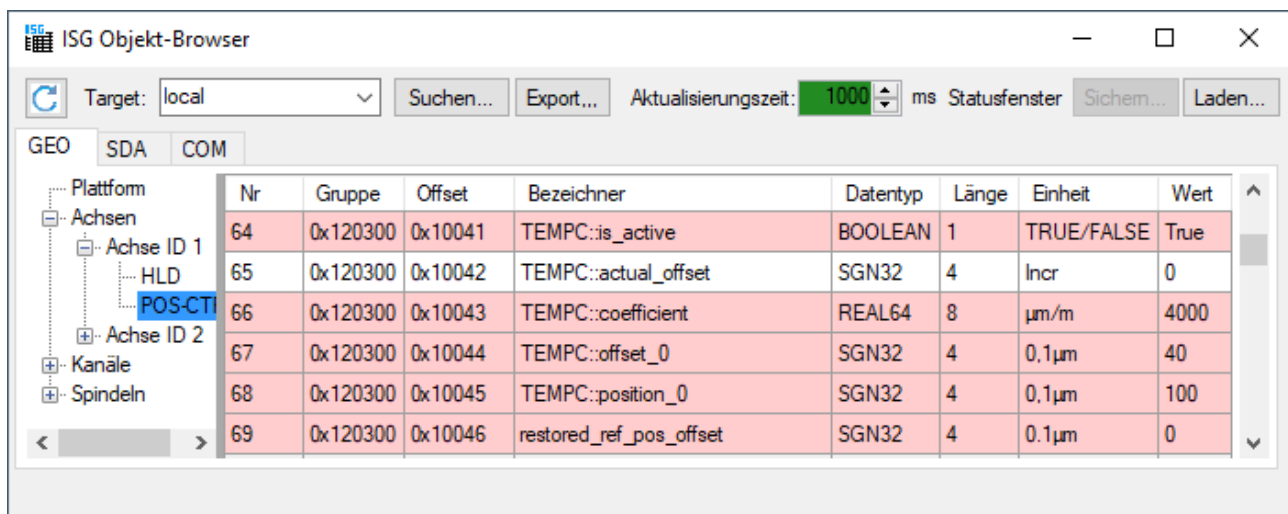


Abb. 6: Zugriff auf CNC Objekte der Temperaturkompensation

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

```

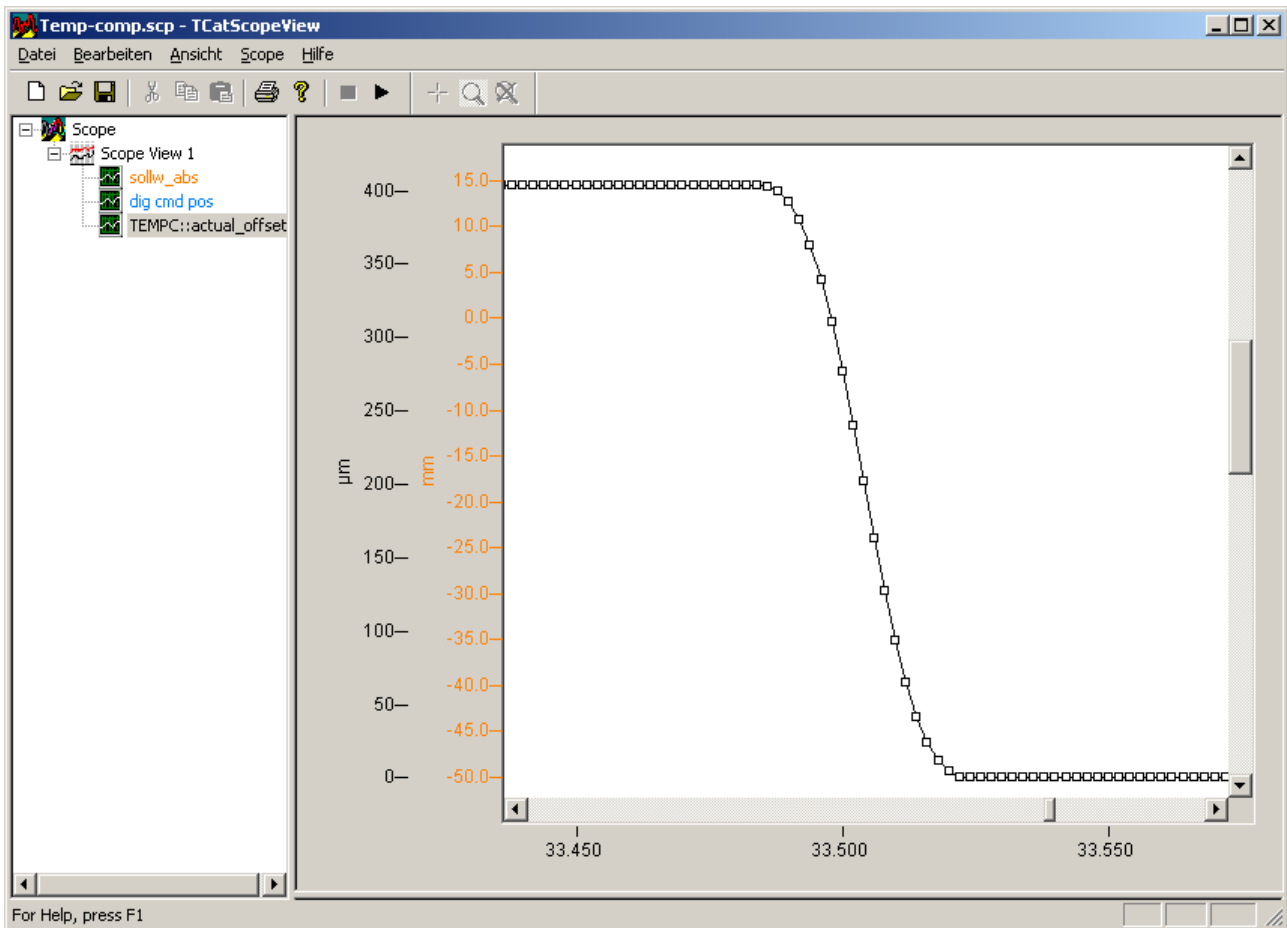


Abb. 7: Auskoppeln der Korrekturwerte mit einem sin²-Filter über 20 Takte beim kurzfristigen Ausschalten der Temperaturkompensation

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 ≤ temp_comp_coefficient ≤ 10000	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: µm/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 < 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	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. 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.	
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	Mit diesem Objekt kann gelesen werden, ob die Temperaturkompensation über <u>P-AXIS-00271</u> [► 22] aktiviert ist.		
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	Mit diesem Objekt kann gelesen werden, ob die Temperaturkompensation aktiv ist. 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} >01D8
Datentyp	BOOLEAN	Länge	1
Attribute	read	Einheit	[-]
Anmerkungen			

Name	TEMPC::actual_offset		
Beschreibung	Mit diesem Objekt kann der aktuelle Offset der Temperaturkompensation gelesen werden.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >0042
Datentyp	SGN32	Länge	4
Attribute	read	Einheit	[Incr.]
Anmerkungen			

Name	TEMPC::coefficient		
Beschreibung	Mit diesem Objekt kann bei der Temperaturkompensation die erforderliche Steigung gelesen und beschrieben. Siehe auch <u>P-AXIS-00274</u> [► 23] 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	Mit diesem Objekt kann bei der Temperaturkompensation der erforderliche Offset gelesen und beschrieben. Siehe auch <u>P-AXIS-00273</u> [► 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} >0044
Datentyp	SGN32	Länge	4
Attribute	read/ write	Einheit	[0.1 µm]
Anmerkungen			

Name	TEMPC::position_0		
Beschreibung	<p>Mit diesem Objekt kann bei der Temperaturkompensation die erforderliche Bezugsposition gelesen und beschrieben.</p> <p>Siehe auch P-AXIS-00272 [► 22]</p> <p>Die Kompensationswerte der Temperaturkompensation sind durch eine Gerade angenähert. Diese Gerade wird durch eine Position, den Offset an dieser Position und der Steigung bestimmt.</p>		
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
```

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
```

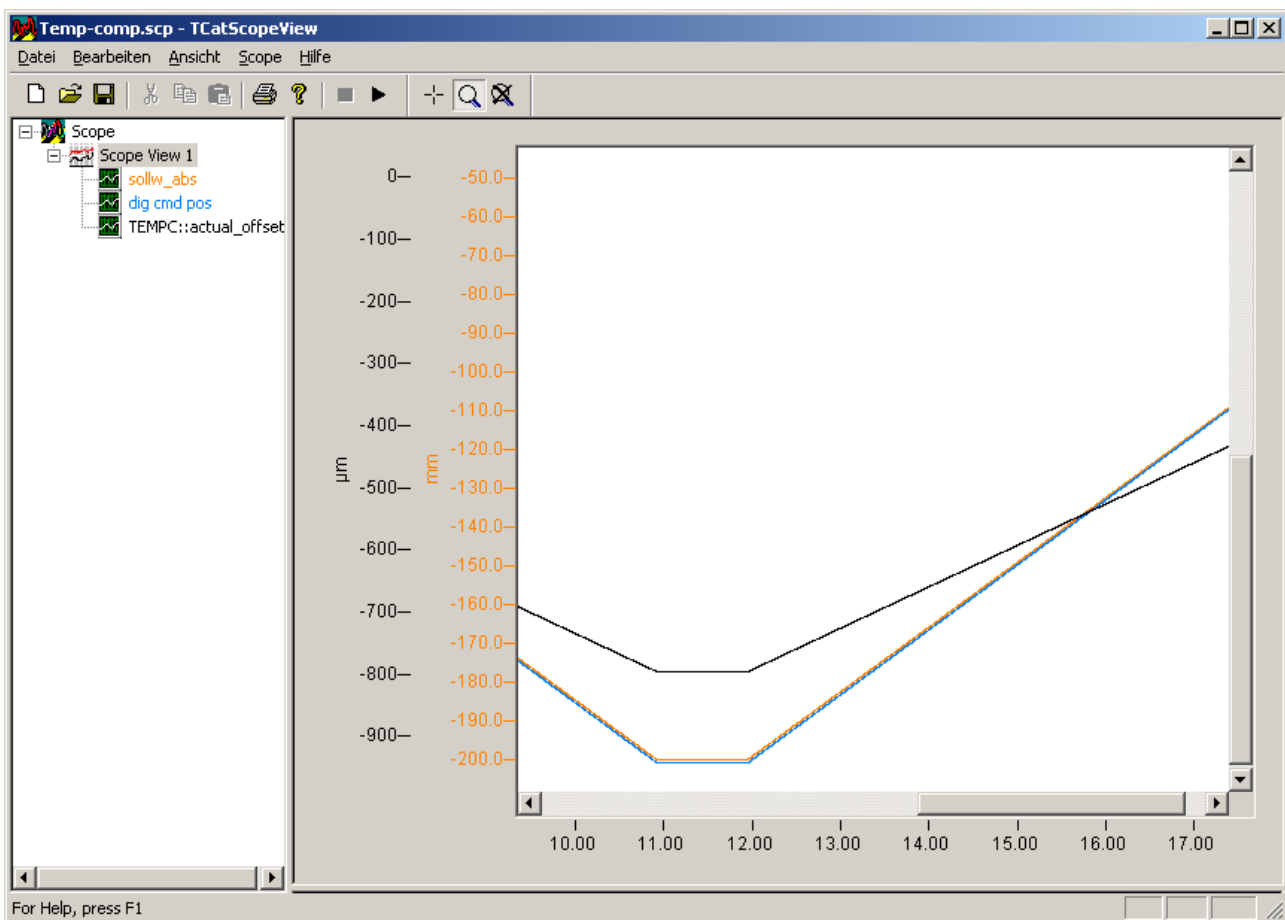


Abb. 8: Aufgezeichnete Korrekturwerte in Abhängigkeit der Achsposition

4 Achskompensationen mit Korrekturwertlisten

4.1 Korrekturwertlisten

Ablage der Korrekturwerte

Die Daten für die Kompensationsverfahren

- Spindelsteigungsfehlerkompensation
- Kreuzkompensation und
- Flächenkompensation

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.

i Es ist möglich, alle Kompensationsverfahren (Kreuz-, Flächen-, Spindelsteigungsfehler- und Temperaturkompensation) 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).

i **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.

HINWEIS

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

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

HINWEIS

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** gekennzeichnet. Sie enthält für die jeweiligen Kompensationsverfahren folgende Substrukturen:

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

Aktualisieren der Korrekturtable

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

HINWEIS

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 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 [► 10]“) ist daher nicht notwendig.

Bei doppelseitiger Spindelsteigungsfehlerkompensation kann mit dem [P-AXIS-00243 \[► 35\]](#) 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.

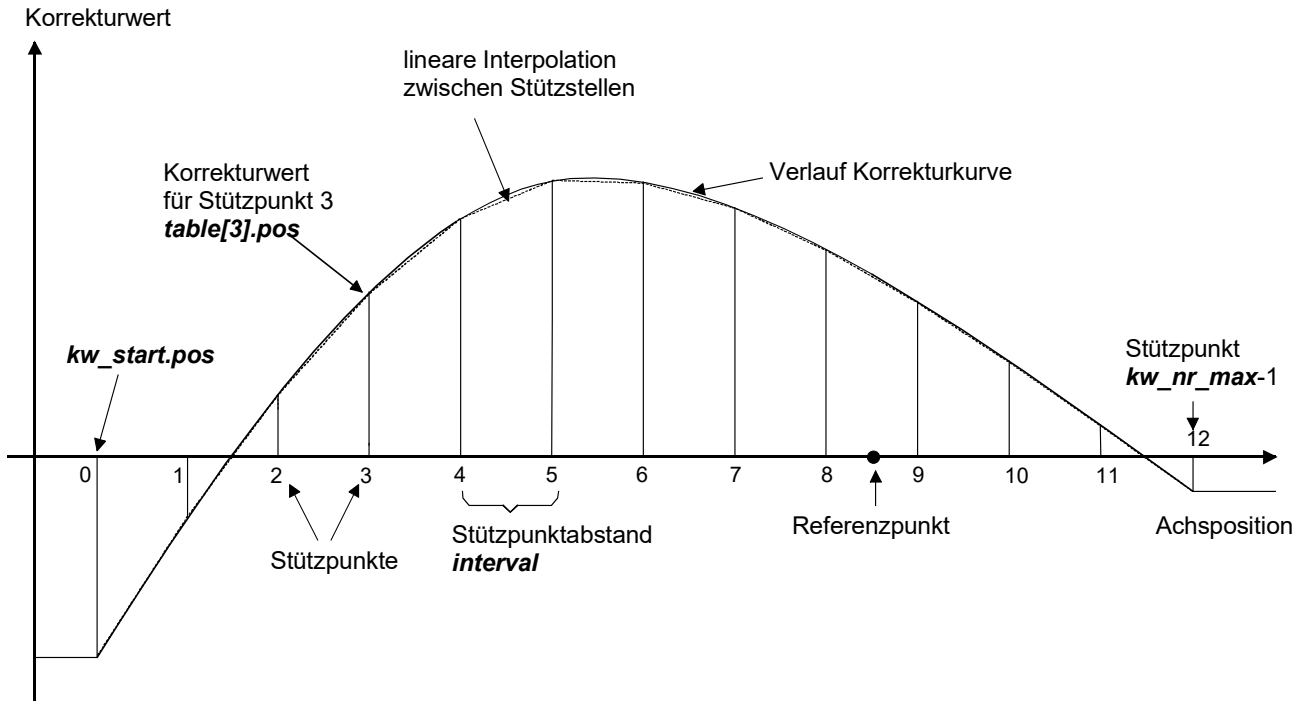


Abb. 9: Korrekturtable mit äquidistantem Stützpunktraster und einseitiger Kompensation

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 Achsenpositionen 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](#) [▶ 35] kann die maximale Anzahl der Tabelleneinträge festgelegt werden. Die tatsächliche Anzahl der verwendeten Einträge über [P-COMP-00020](#) [▶ 37]

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.

4.2.1 Parameter

4.2.1.1 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 [► 35] lr_param.n_backlash_cyc	UNS16	Anzahl Taktzyklen bei doppelseitiger Spindelsteigungsfehlerkompensation mit Richtungsumkehr

Auszug aus einer Achsparameterliste:

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


Verwaltungsdaten der SSKF-Tabelle

In den allgemeinen Daten des Listenrumpfes wird die Arbeitsweise der Kompensation, wie z.B. einseitig oder doppelseitig, parametrisiert. 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-Inkremente 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 <u>P-COMP-00059</u> [▶ 35] 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“) [▶ 75] 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. <u>P-COMP-00021</u> [▶ 32]) kann dies u.U. zu unerwünschtem Ausfahren der Lose kommen. Durch den Parameter <u>set_pos_without_comp</u> 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_{soll, i} i-ter Sollwert (Stützstelle der Korrekturtabelle)

s_{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 Korrekturtable für eine Modulo-Achse konfiguriert (**kw.ssfk.modulo = 1**), so findet beim Moduloübergang der Achsposition auch ein Moduloübergang in der Korrekturtable 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 Korrekturtable müssen gleich sein.
- Die Anzahl der Korrekturwerte ist auch hier gleich der Anzahl der Einträge in der Korrekturwerttable.

4.2.1.2 Beschreibung

P-AXIS-00175	Aktivierung der SSKF
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 sprunghaft 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	Mit diesem Parameter der Spindelsteigungsfehlerkompensation(FCT-C5 [► 30]) kann eingestellt werden, für wie viele Tabelleneinträge Speicher reserviert werden soll. 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`.

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 Liste n, 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. Um dieser Standardbelegung entgegen zu wirken kann bei einer Achse, die keine <u>Spindelsteigungsfehlerkompensation</u> [► 30] 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 ≤ interval < MAX(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	MIN(SGN32) ≤ kw_startpos < MAX(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 Korrekturtable.	
Parameter	kw.ssfk.kw_nr_max	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	$0 \leq kw_nr_max < P-COMP-00059 [\blacktriangleright 35]$	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: ----	R,S: ----
Standardwert	0	
Anmerkungen	P-COMP-00059 [\blacktriangleright 35] 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	$MIN(SGN32) \leq pos < MAX(SGN32)$	
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		

4.2.1.3 CNC-Objekte

Name	ssfk activated		
Beschreibung	Mit diesem Objekt kann gelesen werden, ob die Spindelsteigungsfehlerkompensation (SSFK) über P-AXIS-00175 [►_35] aktiviert ist.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >0038
Datentyp	BOOLEAN	Länge	1
Attribute	read	Einheit	[-]
Anmerkungen			

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

Name	LSEC::epsilon		
Beschreibung	Mit diesem Objekt kann die Änderung des Korrekturwerts der Spindelsteigungsfehlerkompensation im aktuellen Takt gelesen werden. Spindelsteigungsfehlerkompensation (SSFK) - (engl. landscrew error compensation - LSEC)		
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	Mit diesem Objekt kann bei der Spindelsteigungsfehlerkompensation der aktuelle Korrekturwert, also die Summe aller Korrekturwert, gelesen werden. 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			

4.2.2 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

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
    
```

4.2.3 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

4.3 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.



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

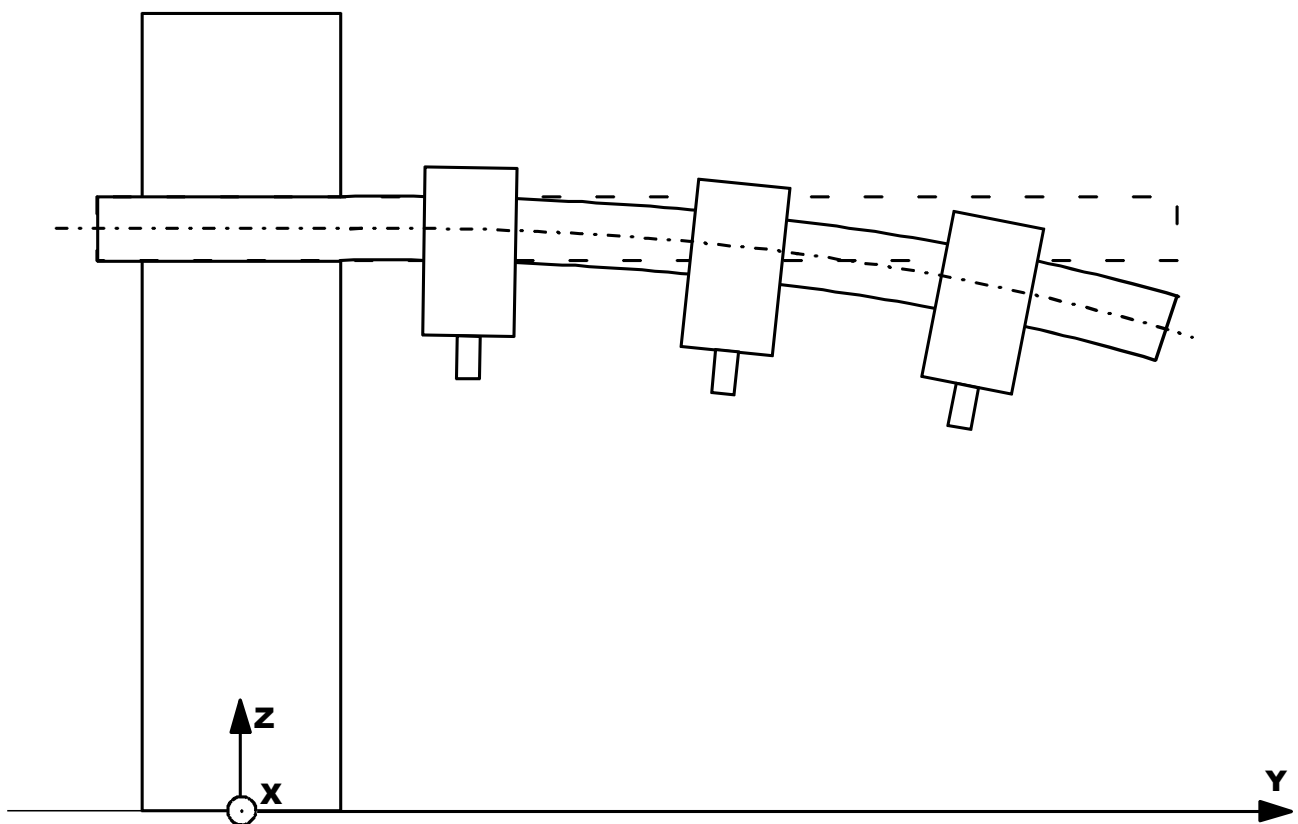


Abb. 10: Anwendungsbeispiel für die Kreuzkompensation (Y: Master, Z: Slave).

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](#) [► 47] kann die maximale Anzahl der Tabelleneinträge festgelegt werden. Die tatsächliche Anzahl der verwendeten Einträge über [P-COMP-00004](#) [► 47]

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.

4.3.1 Parameter

4.3.1.1 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

Auszug aus einer Achsparameterliste:

```

:
lr_param.crosscomp      1
:
    
```



Die Kreuzkompensation kann auch bei einem Gantry-Achsverbund eingesetzt werden. Hierbei wird in jeder Achse des Gantryverbunds (Slave der Kreuzkompensation) eine individuelle Korrekturwert-tabelle 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 [▶ 47] 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“) [▶ 75] 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 Korrekturtable statt. Damit an dieser Stelle im Korrekturwertverlauf der Slaveachse kein Sprung auftritt, muss in der Korrekturtable am Moduloübergang der gleiche Korrekturwert angegeben werden.

4.3.1.2 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 [▶ 43]) 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 [▶ 43] 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 [▶ 47]	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: ----	R,S: ----
Standardwert	0	
Anmerkungen	P-COMP-00060 [▶ 47] 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	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. 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.	
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		

4.3.1.3 CNC-Objekte

Name	CROSSC::f_is_active		
Beschreibung	Mit diesem Objekt kann gelesen werden, ob die Kreuzkompensation aktiv ist. 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 <u>P- AXIS-00047</u> [▶ 46] 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	Mit diesem Objekt kann der aktuell wirksame Offset der Kreuzkompensation gelesen werden.		
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	Mit diesem Objekt kann die Änderung des Korrekturwerts im aktuellen Takt der Kreuzkompensation gelesen werden.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >0034
Datentyp	SGN32	Länge	4
Attribute	read	Einheit	[Incr.]
Anmerkungen			

4.3.2 Beispiel einer Korrekturwertliste

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 table*/
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*/
```

4.3.3 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

4.4 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.



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

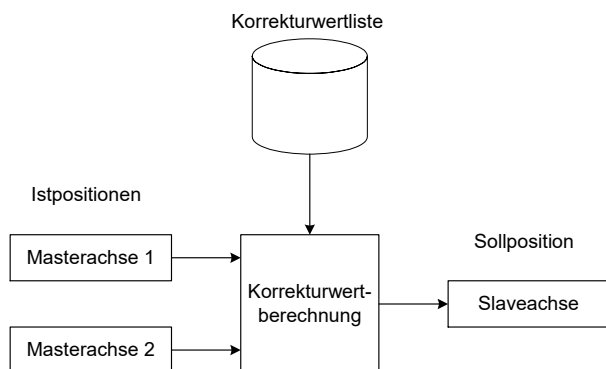


Abb. 11: Schematische Darstellung der Korrekturwertberechnung bei der Flächenkompensation

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](#) [▶ 59] kann die maximale Anzahl der Tabelleneinträge festgelegt werden. Die tatsächliche Anzahl der verwendeten Einträge über [P-COMP-00010](#) [▶ 61] und [P-COMP-00011](#) [▶ 61] festgelegt werden.

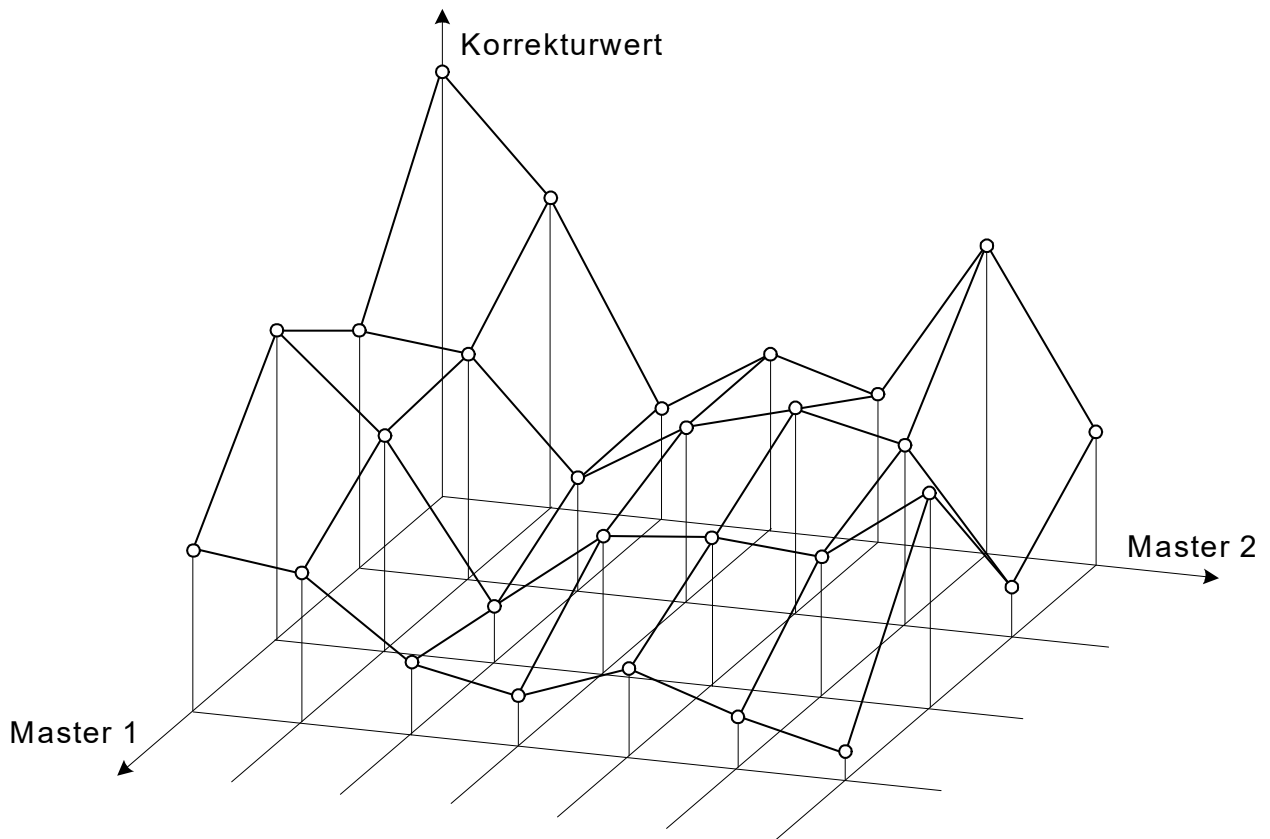


Abb. 12: Vorgabe der Korrekturwerte an den Stützpunkten

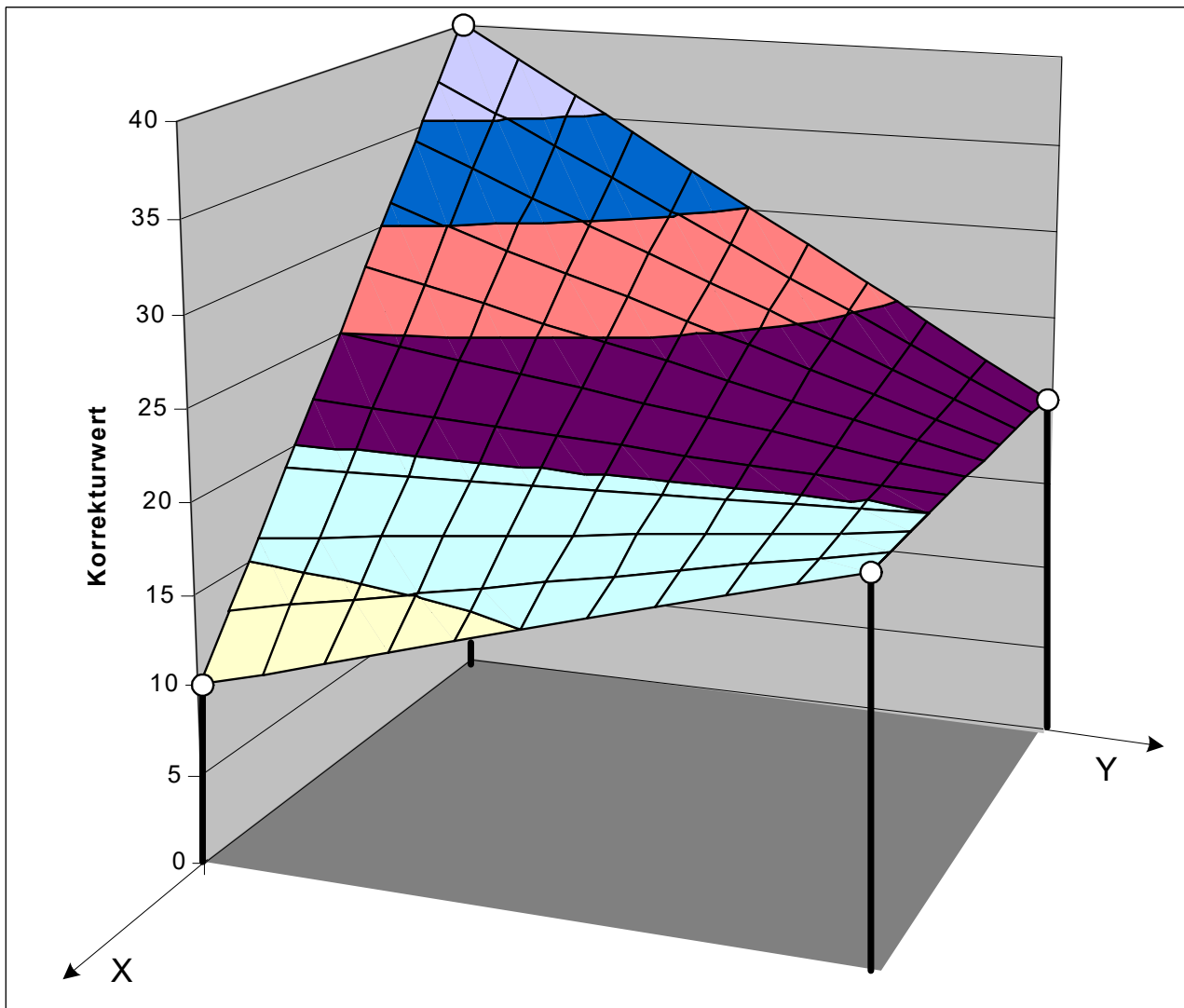


Abb. 13: Linearinterpolation zwischen den 4 Stützpunkten eines Quadrats

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.

4.4.1 Parameter

4.4.1.1 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

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](#) [► 62] (`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-Inkremente 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 <u>Grenzen der Kompensationstabelle [▶ 57]</u>). Die Tabelle beginnt immer mit Index 0
last_index_master2	SGN32	Letzter gültiger Index in der Tabelle für Masterachse 2 (siehe <u>Grenzen der Kompensationstabelle [▶ 57]</u>). 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 „ <u>Ein-/ Ausschalten von Achskompensationen im NC-Programm [▶ 75]</u> “) 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 [▶ 59] die maximal mögliche Anzahl der Tabelleneinträge festgelegt werden. In vorangegangenen Versionen wurden die Einträge „last_index_master1“ (P-COMP-00010 [▶ 61]) und „last_index_master2“ (P-COMP-00011 [▶ 61]) auf 100 Einträge beschränkt.

Diese starre Beschränkung entfällt. Zu beachten ist nur:

P-COMP-00010 [▶ 61] x P-COMP-00011 [▶ 61] <= P-COMP-00061 [▶ 59]

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.



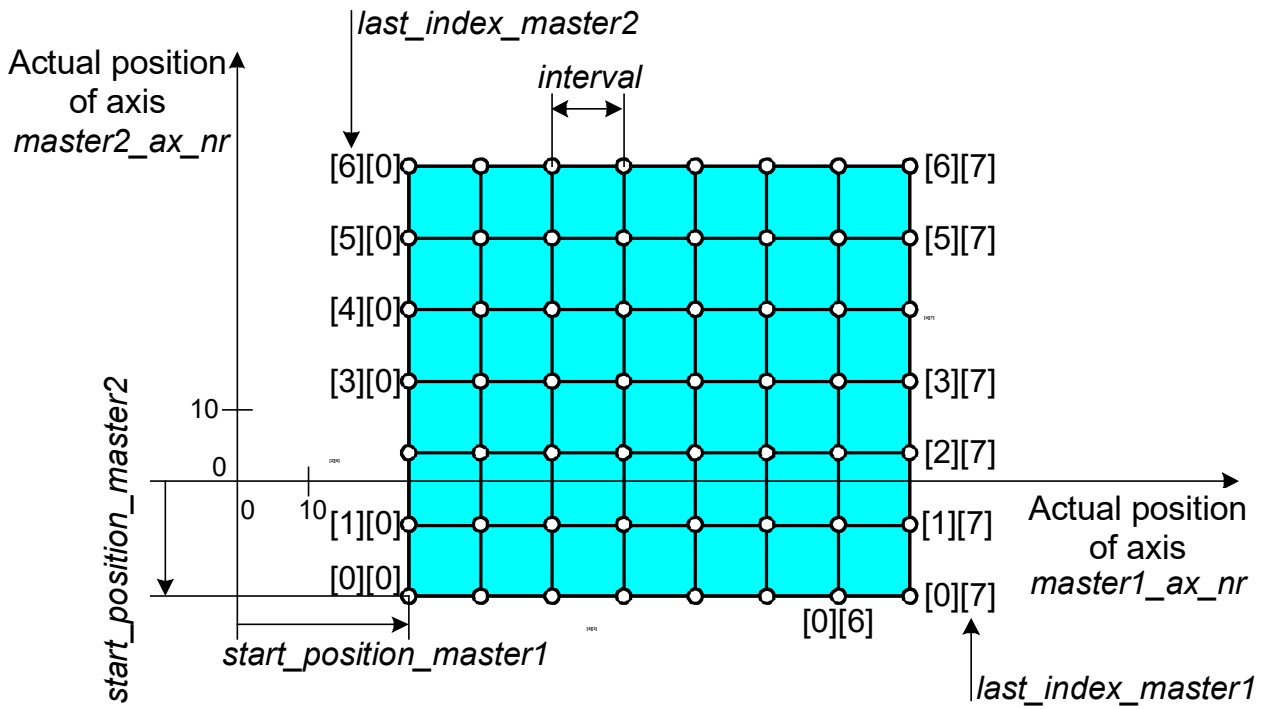
Bei der Indizierung der Stützpunkte in der Korrekturwerttabelle bezieht sich immer der **1.** Index j auf die **2.** Masterachse (siehe Bild unten).

Index j -> Masterachse 2

Index i -> Masterachse 1



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



```

kw.crosscomp2.interval          100000
kw.crosscomp2.last_index_master1 7
kw.crosscomp2.last_index_master2 6
kw.crosscomp2.start_position_master1 220000
kw.crosscomp2.start_position_master2 -160000
kw.crosscomp2.unit              1
kw.crosscomp2.master1_ax_nr     1
kw.crosscomp2.master2_ax_nr     2

kw.crosscomp2.table[0][0].correction 0
...
kw.crosscomp2.table[6][7].correction 324
    
```

Abb. 14: Parameter der Korrekturwertliste

4.4.1.2 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 [► 53]) 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. Um dieser Standardbelegung entgegen zu wirken kann bei einer Achse, die keine Flächenkompensation [► 53] 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 ≤ P-COMP-00010 ≤ 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 [► 59] eingehalten werden.</p> <p>$P-COMP-00010 * P-COMP-00011 [► 61] \leq P-COMP-00061 [► 59]$</p> <p>Achtung: Bei einer Neuinterpretation dieses Parameters müssen alle Werte der Korrekturwerttabelle (P-COMP-00016 [► 62]) 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 ≤ P-COMP-00011 ≤ 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 [► 59] eingehalten werden.</p> <p>$P-COMP-00010 [► 61] * P-COMP-00011 \leq P-COMP-00061 [► 59]$</p> <p>Achtung: Bei einer Neuinterpretation dieses Parameters müssen alle Werte der Korrekturwerttabelle (P-COMP-00016 [► 62]) neu eingelesen werden.</p>	

P-COMP-00012	Startposition der Masterachse 1	
Beschreibung	Der Parameter bestimmt die Position der Masterachse 1, bei der die Korrekturtable 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 ≤ master2_ax_nr ≤ 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	MIN(SGN32) ≤ correction < 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 ≤ 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-00030	Manuelles Einschalten	
Beschreibung	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. 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.	
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	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.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 zweite 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		

4.4.1.3 CNC-Objekte

Name	CROSSC::f_is_active		
Beschreibung	Mit diesem Objekt kann gelesen werden, ob die Kreuzkompensation aktiv ist. 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	Mit diesem Objekt kann die Änderung des Korrekturwerts im aktuellen Takt der Kreuzkompensation gelesen werden.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >0034
Datentyp	SGN32	Länge	4
Attribute	read	Einheit	[Incr.]
Anmerkungen			

Name	CC2::correction		
Beschreibung	Mit diesem Objekt kann der aktuell wirksame Offset der Flächenkompensation gelesen werden.		
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 <u>P</u> - <u>AXIS-00174</u> [► 59] aktiviert ist.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >01D7
Datentyp	BOOLEAN	Länge	1
Attribute	read	Einheit	[-]
Anmerkungen			

4.4.2 Beispiele von Korrekturwertlisten

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 Einträgen 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
```

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
```

4.4.3 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

4.5 Nickkompensation

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

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 Daten der Nickkompensation werden in der Korrekturwertliste der Slaveachse angegeben.

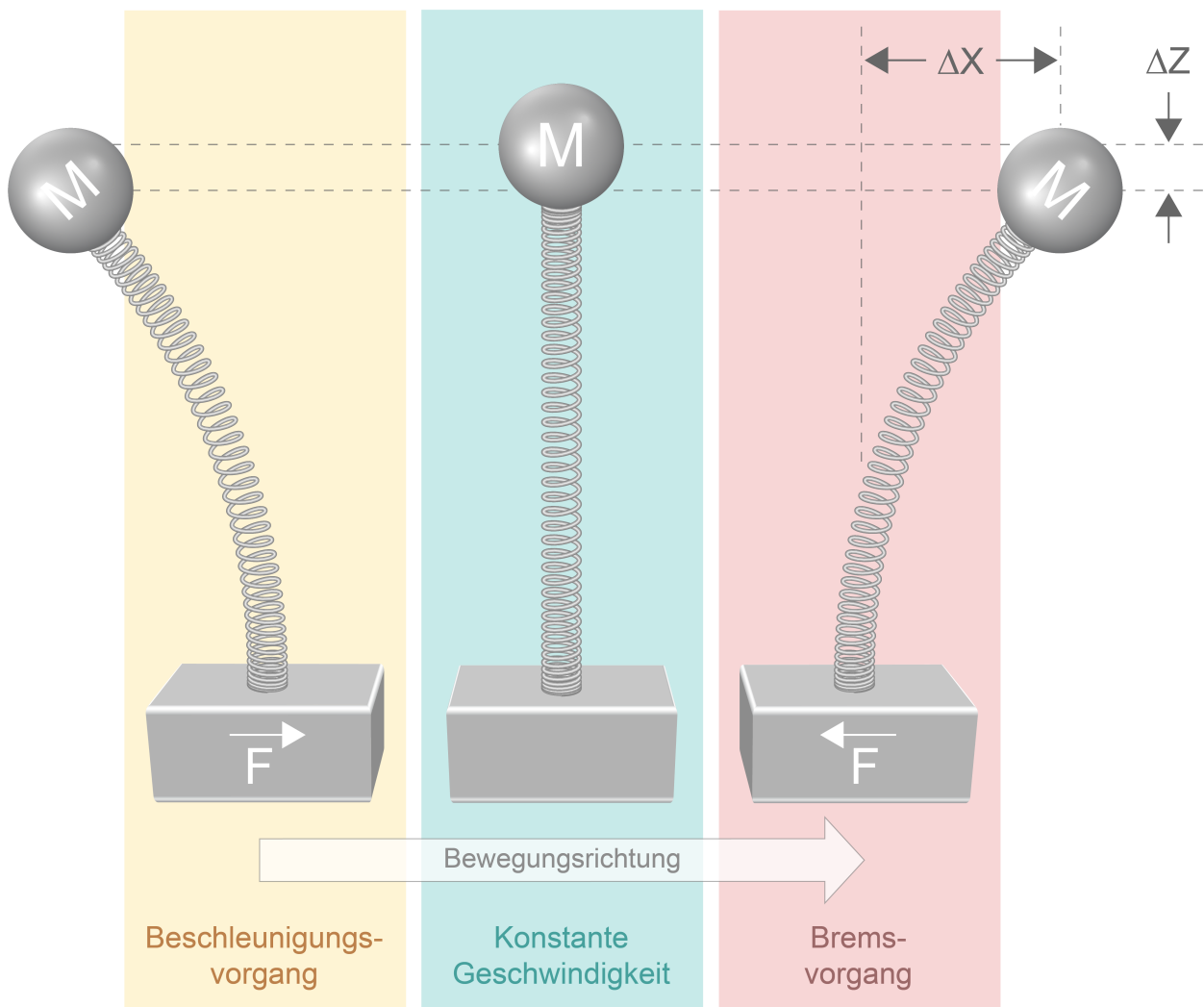


Abb. 15: Übersicht - Nickkompensation

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.

4.5.1 Übersicht

Aktivierung

Die Aktivierung der Nickkompensation erfolgt im Achsmaschinendatensatz der Slaveachse über [P-AXIS-00789](#) [► 71] (lr_param.crosstalk)

Auszug aus einer Achsparameterliste:

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

- **I** 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](#) [► 72] (n_cycles) geschaltet.

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
last_index	SGN32	Letzter gültiger Index in der Tabelle der Slaveachse.
master_ax_nr	UNS16	Logische Achsnummer der Masterachse, deren Beschleunigung als Eingangsgröße der Kompensationstabelle dient.
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.

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
table[i].acceleration	SGN32	Beschleunigung der Masterachse, bei dem die Slaveachse korrigiert werden muss.
table[i].correction	SGN32	Korrekturwert für die Slaveachse an Beschleunigung i

4.5.2 Parametrierung

4.5.2.1 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-00073	kw.crosstalk.manual_activation	Manuelles Einschalten der Nickkompensation

4.5.2.2 Beschreibung

Achsparameter

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_ax_nr
Datentyp	UNS16
Datenbereich	$1 \leq \text{P-COMP-00063} \leq \text{MAX (UNS16)}$
Achstypen	T, R, S
Dimension	T: ---- R,S: ----
Standardwert	0
Anmerkungen	Parameter verfügbar ab CNC-Version V3.1.3079.32

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	$0 \leq \text{P-COMP-00064} \leq 20$ (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-00065	Letzter Index der Korrekturwerttabelle
Beschreibung	Mit diesem Parameter kann der letzte gültige Index in der Tabelle der Masterachse bestimmt werden. Die Tabelle beginnt immer mit Index 0
Parameter	kw.crosstalk.last_index
Datentyp	SGN32
Datenbereich	$0 \leq \text{P-COMP-00065} < 5$
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 Beschleunigungen der Masterachse definiert werden, bei denen die Slaveachse korrigiert werden muss.
Parameter	kw.crosstalk.table[i].acceleration
Datentyp	SGN32
Datenbereich	$\text{MIN(SGN32)} \leq \text{P-COMP-00066} < \text{MAX(SGN32)}$
Achstypen	T
Dimension	T: mm/s ² R,S: ---
Standardwert	0
Anmerkungen	Parameter verfügbar ab CNC-Version V3.1.3079.32

P-COMP-00067	Korrekturwerte für die Slaveachse
Beschreibung	Mit diesem Parameter können die Korrekturwerte für die Slaveachse an den Beschleunigungen 'i' definiert werden.
Parameter	kw.crosstalk.table[i].correction

Datentyp	SGN32		
Datenbereich	MIN(SGN32) ≤ P-COMP-00067 < MAX(SGN32)		
Achstypen	T, R, S		
Dimension	T: 0.1µm	R,S: ---	
Standardwert	0		
Anmerkungen	Parameter verfügbar ab CNC-Version V3.1.3079.32		

P-COMP-00073	Manuelle Aktivierung Nickkompensation		
Beschreibung	<p>Die Nickkompensation wird durch die CNC automatisch eingeschaltet, falls sie in den Achsparametern angewählt ist (<u>P-AXIS-00789</u> [▶ 71]) und die notwendigen Voraussetzungen erfüllt sind.</p> <p>Wird der Parameter P-COMP-00073 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			
Dimension	T, R, S		
Standardwert	0		
Anmerkungen	Parameter verfügbar ab CNC-Version V3.1.3079.32		

4.5.2.3 CNC-Objekte

Name	CROSSTALK::activated		
Beschreibung	Mit diesem Objekt kann gelesen werden, ob die Nickkompensation über <u>P-AXIS-00789</u> [▶ 71] 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} >01/7
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		

4.5.3 Beispiel einer Korrekturwertliste

Parametrierung einer Korrekturwertliste für Nickkompensation

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

kopf.achs_nr                3
kopf.log_achs_name          Z
kw.crosstalk.last_index    2 /*Last valid index of the table*/
kw.crosstalk.master_ax_nr  1 /*Log. ax. number of the master axis*/
kw.crosstalk.n_cycles      20
#
kw.crosstalk.table[0].acceleration  -10000
kw.crosstalk.table[0].correction    -1000
kw.crosstalk.table[1].acceleration  10000
kw.crosstalk.table[1].correction    1000
```

4.5.4 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 70630
- ID 70631
- ID 70632

5 Weitere Konfigurationsmöglichkeiten der Achskompensation

5.1 Ein-/Ausschalten von Achskompensationen im NC-Programm



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 [ CROSS PLANE LEAD TEMP FRICT ] ] | 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
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

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.

Prüfen auf Initialisierung

V.A.Kompensationsname_INIT[Achsindex] oder

V.A.Kompensationsname_INIT.Achsname

Prüfen auf Aktivierung

V.A.Kompensationsname_ACTIVE[Achsindex] oder

V.A.Kompensationsname_ACTIVE.Achsname

Für Kompensationsname stehen folgende Kennungen zur Verfügung:

CROSS_COMP für Kreuzkompensation

PLANE_COMP für Flächenkompensation

LEAD_COMP für Spindelsteigungsfehlerkompensation

TEMP_COMP für Temperaturkompensation

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



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

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 Support und Service

Beckhoff und seine weltweiten Partnerfirmen bieten einen umfassenden Support und Service, der eine schnelle und kompetente Unterstützung bei allen Fragen zu Beckhoff Produkten und Systemlösungen zur Verfügung stellt.

Downloadfinder

Unser [Downloadfinder](#) beinhaltet alle Dateien, die wir Ihnen zum Herunterladen anbieten. Sie finden dort Applikationsberichte, technische Dokumentationen, technische Zeichnungen, Konfigurationsdateien und vieles mehr.

Die Downloads sind in verschiedenen Formaten erhältlich.

Beckhoff Niederlassungen und Vertretungen

Wenden Sie sich bitte an Ihre Beckhoff Niederlassung oder Ihre Vertretung für den [lokalen Support und Service](#) zu Beckhoff Produkten!

Die Adressen der weltweiten Beckhoff Niederlassungen und Vertretungen entnehmen Sie bitte unserer Internetseite: www.beckhoff.com

Dort finden Sie auch weitere Dokumentationen zu Beckhoff Komponenten.

Beckhoff Support

Der Support bietet Ihnen einen umfangreichen technischen Support, der Sie nicht nur bei dem Einsatz einzelner Beckhoff Produkte, sondern auch bei weiteren umfassenden Dienstleistungen unterstützt:

- Support
- Planung, Programmierung und Inbetriebnahme komplexer Automatisierungssysteme
- umfangreiches Schulungsprogramm für Beckhoff Systemkomponenten

Hotline: +49 5246 963-157
E-Mail: support@beckhoff.com

Beckhoff Service

Das Beckhoff Service-Center unterstützt Sie rund um den After-Sales-Service:

- Vor-Ort-Service
- Reparaturservice
- Ersatzteilservice
- Hotline-Service

Hotline: +49 5246 963-460
E-Mail: service@beckhoff.com

Beckhoff Unternehmenszentrale

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG

Hülshorstweg 20
33415 Verl
Deutschland

Telefon: +49 5246 963-0
E-Mail: info@beckhoff.com
Internet: www.beckhoff.com

Stichwortverzeichnis

L

Lose	
Kompensation	12
mechanische	11
negative	12
positive	11
Losekompensation	12

M

Mechanische Lose	11
------------------	----

N

Negative Lose	12
---------------	----

P

P-AXIS-00021	13
P-AXIS-00047	46
P-AXIS-00103	13
P-AXIS-00174	59
P-AXIS-00175	35
P-AXIS-00243	35
P-AXIS-00271	22
P-AXIS-00272	22
P-AXIS-00273	22
P-AXIS-00274	23
P-AXIS-00275	23
P-AXIS-00482	23
P-AXIS-00789	71
P-COMP-00003	47
P-COMP-00004	47
P-COMP-00005	48
P-COMP-00006	48
P-COMP-00007	49
P-COMP-00008	60
P-COMP-00009	60
P-COMP-00010	61
P-COMP-00011	61
P-COMP-00012	61
P-COMP-00013	62
P-COMP-00014	62
P-COMP-00015	62
P-COMP-00016	62
P-COMP-00017	36
P-COMP-00018	36
P-COMP-00019	36
P-COMP-00020	37
P-COMP-00021	37
P-COMP-00022	37
P-COMP-00023	37
P-COMP-00024	37
P-COMP-00025	38
P-COMP-00026	48
P-COMP-00027	62
P-COMP-00028	38
P-COMP-00029	48
P-COMP-00030	63

P-COMP-00032	63
P-COMP-00033	63
P-COMP-00057	38
P-COMP-00059	35
P-COMP-00060	47
P-COMP-00061	59
P-COMP-00063	72
P-COMP-00064	72
P-COMP-00065	72
P-COMP-00066	72
P-COMP-00067	72
P-COMP-00073	73
Positive Lose	11

Mehr Informationen:
www.beckhoff.de/TF5200

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG
Hülshorstweg 20
33415 Verl
Deutschland
Telefon: +49 5246 9630
info@beckhoff.com
www.beckhoff.com

