



DOKUMENTATION ISG-kernel

Funktionsbeschreibung Abstandsregelung

Kurzbezeichnung:
FCT-M3

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

Dokumentation Version: 1.46
04.06.2025

Vorwort

Rechtliche Hinweise

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

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

Qualifikation des Personals

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

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

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

Weiterführende Informationen

Unter den Links (DE)

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

bzw. (EN)

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

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

Haftungsausschluss

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

Marken und Patente

ISG®, ISG kernel®, ISG virtuos®, ISG dirigent® und TwinStore® sowie die entsprechenden Logos sind eingetragene und lizenzierte Marken der ISG Industrielle Steuerungstechnik GmbH.

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

Copyright

© ISG Industrielle Steuerungstechnik GmbH, Stuttgart, Deutschland.

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

Allgemeine und Sicherheitshinweise

Verwendete Symbole und ihre Bedeutung

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

Symbole im Erklärtext

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



⚠ GEFAHR

Akute Verletzungsgefahr!

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



⚠ VORSICHT

Schädigung von Personen und Maschinen!

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



Achtung

Einschränkung oder Fehler

Dieses Symbol beschreibt Einschränkungen oder warnt vor Fehlern.



Hinweis

Tipps und weitere Hinweise

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



Beispiel

Allgemeines Beispiel

Beispiel zu einem erklärten Sachverhalt.



Programmierbeispiel

NC-Programmierbeispiel

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



Versionshinweis

Spezifischer Versionshinweis

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

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	2
Allgemeine und Sicherheitshinweise	3
1 Übersicht	8
2 Beschreibung	9
3 Regelung	16
4 Glättung der Sensorwerte	17
4.1 Gleitender Mittelwertfilter	19
4.2 Exponentiell gewichteter Mittelwertfilter	20
4.2.1 Einfluss der Parameter	20
4.3 Tiefpassfilter	21
4.4 Kalman-Filter mit Mittelwertfilter-Modell	22
4.4.1 Einfluss der Parameter:	22
4.5 Kalman-Filter mit exponentiellem Modell	24
4.5.1 Einfluss der Parameter:	24
5 Funktionsweise der Abstandsregelung	27
5.1 Vorgabe der Werkstückoberfläche (SET_POS, surface).....	28
5.2 Vorgabe des Abstands (SET_DIST, distance).....	34
6 Programmierung	37
7 Verschiedene Optionen der Abstandsregelung	41
7.1 Option: Verwendung des Abstandssensors und Motorgebers.....	41
7.2 Option: Gewichtung der Beschleunigung in Abhängigkeit des Abstandsfehlers.....	43
7.3 Option: Totzeitreduktion	44
7.4 Option: Dynamikgewichtung der Senkbewegung	45
7.5 Anzeige der Parameter	47
7.6 Ändern der Parameter.....	48
8 SPS-Schnittstelle	49
8.1 Zustände und Transitionen der Abstandsregelung	49
8.2 Steuerkommandos für die Abstandsregelung	52
9 Parameter	56
9.1 Übersicht	56
9.2 Beschreibung	58
9.3 Beispiel Abstandsachse	76
9.4 CNC-Objekte der achsspezifischen Abstandsregelung	77
10 Testbeispiel mit Antriebssimulation	85
11 Fehlermeldungen	91
12 3D-Abstandsregelung	92
12.1 Übersicht Funktionalität.....	93
12.1.1 Mindestabstand.....	93

12.1.2	Konstanter Werkzeugeingriff.....	94
12.1.3	Ausgleich bei realer Werkstückoberfläche.....	95
12.2	Programmierung	98
12.3	Aufgaben CNC und SPS.....	102
12.4	Eigenschaften, Funktion.....	103
12.4.1	Werkzeugeingriffspunkt und Ausgleichsbewegung	103
12.4.2	Überwachung des Mindestabstands mit Kinematik ID 98.....	104
12.4.2.1	Beispiel: Neigung des Werkzeugs über CA-Kinematik.....	106
12.4.2.2	Beispiel: Überwachung des Minimalabstand bei verschiedenen Ausrichtungen in der Ebene	107
12.4.3	Ausgleich reale Werkstückoberfläche.....	108
12.4.3.1	Beispiel: Ausgleich in Werkzeugrichtung.....	110
12.4.3.2	Beispiel: Ausgleich orthogonal zur Oberfläche	111
12.4.3.3	Beispiel: Roboter	112
12.4.4	Ein-/Ausschalten, Verhalten bei Reset, Programmende.....	113
12.4.5	Einschränkungen- Kompatibilität mit anderen Funktionen.....	114
12.5	SPS-Schnittstelle (Statusinformationen eines Kanals)	115
12.6	CNC-Objekte für 3D-Abstandsregelung.....	117
12.7	Fehlermeldungen	126
12.8	Parameter	127
12.8.1	Übersicht.....	127
12.8.2	Beschreibung	129
12.8.3	Parametrierbeispiel	140
12.8.4	Beispielkonfiguration der Sensorvariablen.....	142
12.9	Anwendungsbeispiele	143
12.10	Diagnose	145
13	Anhang	147
13.1	Anregungen, Korrekturen und neueste Dokumentation.....	147
	Stichwortverzeichnis.....	148

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Vorgabe der idealen Werkstückoberfläche bei der Höhenregelung	9
Abb. 2:	Vorgabe des Abstands zum Werkstück bei der Höhenregelung	10
Abb. 3:	Struktur der Abstandsregelung in Verbindung mit sonstigen Kompensationen	12
Abb. 4:	Ertasten der Werkstückoberfläche	13
Abb. 5:	Konfigurationsbeispiel TwinCAT für SERCOS (Ident S-0-0053)	14
Abb. 6:	Konfigurationsbeispiel TwinCAT für CANopen DS402 (PDO 0x60E4, Subindex 1)	14
Abb. 7:	Konfigurationsbeispiel TwinCAT für ProfiDrive (G1_XIST2)	15
Abb. 8:	Versuchsaufbau für die Bestimmung der Filterwirkung	17
Abb. 9:	Ungefilterte Sensordaten beim Überfahren eines Hindernisses	18
Abb. 10:	Unterschiedliche Filterwirkung bei Variierung von n_cycles	19
Abb. 11:	Unterschiedliche Filterwirkung durch Glättungsfaktor	20
Abb. 12:	Unterschiedliche Filterwirkung bei Variierung von n_cycles	21
Abb. 13:	Unterschiedliche Filterwirkung bei Variierung von n_cycles	22
Abb. 14:	Unterschiedliche Filterwirkung bei Variierung von sigma	23
Abb. 15:	Unterschiedliche Filterwirkung bei Variierung von n_cycles	24
Abb. 16:	Unterschiedliche Filterwirkung bei Variierung des Glättungsfaktors	25
Abb. 17:	Unterschiedliche Filterwirkung bei Variierung von sigma	26
Abb. 18:	Ertasten der Werkstückoberfläche	27
Abb. 19:	Vorgabe der idealen Werkstückoberfläche bei Höhenregelung	28
Abb. 20:	Blockschaltbild der Abstandsregelung	28
Abb. 21:	Ideales Werkstück	30
Abb. 22:	Reales Werkstück ohne Abstandsregelung	31
Abb. 23:	Reales Werkstück mit Abstandsregelung	32
Abb. 24:	Konstante Werkstückoberfläche mit geändertem Werkzeugabstand	33
Abb. 25:	Vorgabe des Abstands zum Werkstück bei der Höhenregelung	34
Abb. 26:	Profilierte Werkstückoberfläche mit konstantem Werkzeugabstand	35
Abb. 27:	Vorgabe des Abstands: distance	36
Abb. 28:	Blockschaltbild der Abstandsregelung mit Vorgabe des Abstands	36
Abb. 29:	Blockschaltbild der Abstandsregelung mit Abstandssensor	41
Abb. 30:	Blockschaltbild mit Abstandssensor und Motorgeber	42
Abb. 31:	Distanzabhängige Gewichtung der Beschleunigung	43
Abb. 32:	Reduktion der Geschwindigkeit durch Dynamikgewichtung der Senkbewegung	45
Abb. 33:	Reduktion der Beschleunigung durch Dynamikgewichtung der Senkbewegung	45
Abb. 34:	Achsspezifische CNC-Objekte im Lageregelkreis	47
Abb. 35:	Zustandsgraph und Transitionen der Abstandsregelung	49
Abb. 36:	Ansicht Option Adaptive Beschleunigungsgewichtung	64
Abb. 37:	Mindestabstand des Werkzeugs	93
Abb. 38:	Konstanter Werkzeugeingriffspunkt	94
Abb. 39:	Reale Werkstückoberfläche	95
Abb. 40:	Ausgleich der Abweichung in Werkzeugrichtung	96
Abb. 41:	Ausgleich der Abweichung orthogonal zur Oberfläche	97
Abb. 42:	Aufgaben- CNC und SPS	102
Abb. 43:	Abstand zur Werkstückoberfläche	103

Abb. 44:	Überwachung des Mindestabstands	104
Abb. 45:	Neigung des Werkzeugs über CA-Kinematik	106
Abb. 46:	Überwachung Minimalabstand	107
Abb. 47:	Ausgleich bei idealer Werkstückoberfläche	108
Abb. 48:	Ausgleich in Werkzeugrichtung	110
Abb. 49:	Ausgleich orthogonal zur Oberfläche	111
Abb. 50:	Roboterbeispiel.....	112
Abb. 51:	Unterschiedliche Optionen beim Ausschalten	113
Abb. 52:	Anbindung an SPS	115
Abb. 53:	CNC-Objekte im Lageregelkreis bei 3D-Abstandsregelung	117
Abb. 54:	Übersicht Diagnose	145
Abb. 55:	Diagnosedaten- Verifizierung der Aktivierung	145
Abb. 56:	Diagnosedaten- Daten der 3D-Abstandsregelung.....	146

1 Übersicht

Aufgabe

Die Abstandsregelung hat die Aufgabe, den Abstand von Werkzeugen zu Werkstücken zu regeln. Diese erfolgt über zusätzliche elektronische Tastsysteme oder Sensoren, die den tatsächlichen Abstand erfassen und diese der Steuerung bereitstellen.

Die Abstandsregelung soll beispielsweise Dickentoleranzen von Werkstücken ausgleichen oder Berührungen des Werkzeugs bei Oberflächenwelligkeit mit dem Werkstück verhindern.

Eigenschaften

Es gibt zwei Arten der Abstandsregelung:

1. Achsspezifische Variante, auch Höhenregelung, die für eine Achse konfiguriert wird
2. Kanalspezifische Variante, auch 3D Abstandsregelung [▶ 92]

Parametrierung

Die Parametrierung der jeweiligen Variante erfolgt entweder

- In den Parametern der jeweiligen Achsliste [▶ 56] bei der achsspezifischen Variante
- oder in den Parametern im Kanal [▶ 127] für die 3D Abstandsregelung

Programmierung

Die Programmierung der jeweiligen Variante erfolgt entweder:

- für die achsspezifische Variante über den NC-Befehl <Achurname> [DIST_CTRL ...] [▶ 37] oder die SPS
- für die kanalspezifische Variante über den NC-Befehl #DIST CRL[...] [▶ 98]

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.

2 Beschreibung

Aufgabe

Durch elektronische Tastsysteme oder Sensoren werden Bewegungen erzeugt, die die programmierten Positionen der Achsen während der Interpolation eines NC-Programms überlagern sollen.

Dadurch ist es mit der Steuerung möglich,

- eine Abstandsregelung (z.B. Berühren einer gekrümmten Oberfläche einer Platte) oder
- Höhenregelung (z.B. Ausgleich von Dickentoleranzen des Werkstückes) zu implementieren.

Abb. 1: Vorgabe der idealen Werkstückoberfläche bei der Höhenregelung

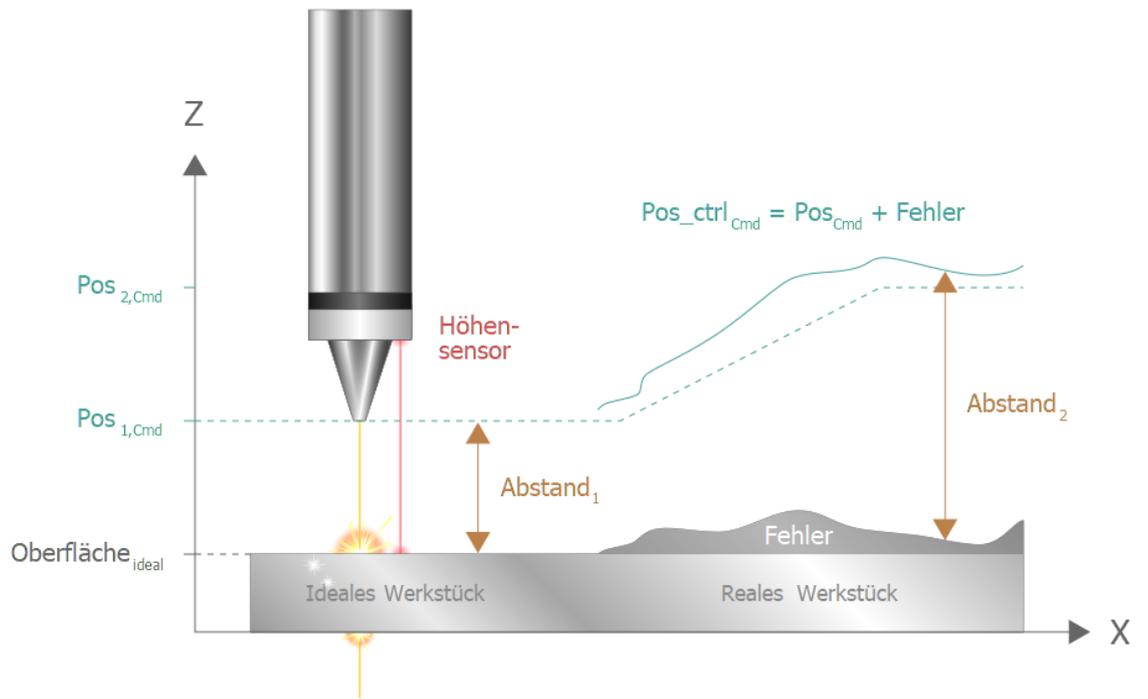


Abb. 2: Vorgabe des Abstands zum Werkstück bei der Höhenregelung

Eigenschaften

Über eine parametrierbare Sensorquelle wird ein zweites Messsystem an die Steuerung angeschlossen. Über dieses Messsystem können achsspezifische Korrekturwerte zusätzlich zum interpolierten Sollwert auf eine Achse ausgegeben und damit die tatsächliche Position der Achse korrigiert werden.

Die Abstandsregelung wird im

- NC-Programm oder
- über die SPS ein- bzw. ausgeschaltet.

Über die Achsmaschinendaten können die für die Abstandsregelung relevanten Größen parametrierbar werden.

Die Abstandsregelung arbeitet im Interpolationstakt der Steuerung (Task GEO).



Hinweis

Die Abstandsregelung steht nur für SERCOS-, PROFIdrive- oder CANopen-Antriebe zur Verfügung.

Übersicht über die Parametrierung

Die über die Abstandsregelung erzeugte Bewegung kann über Maschinendaten beeinflusst werden.

- Aktivierung eines glättenden Filters
- Maximal zulässiger Korrekturwert
- Maximale additive Geschwindigkeit der Achse
- Maximal zulässiger Istwertsprung des Tastsystems
- Maximale obere Achsposition
- Minimale untere Achsposition
- Toleranzwert
- Dynamikgewichtung in Abhängigkeit des Abstands
(ab CNC-Version V2.11.2804.02)
- Dynamikgewichtung der Senkbewegung
(ab CNC-Version V2.11.2807.13)

Die Aktivierung bzw. Deaktivierung erfolgt wahlweise über das NC-Programm oder die SPS.



Abb. 3: Struktur der Abstandsregelung in Verbindung mit sonstigen Kompensationen

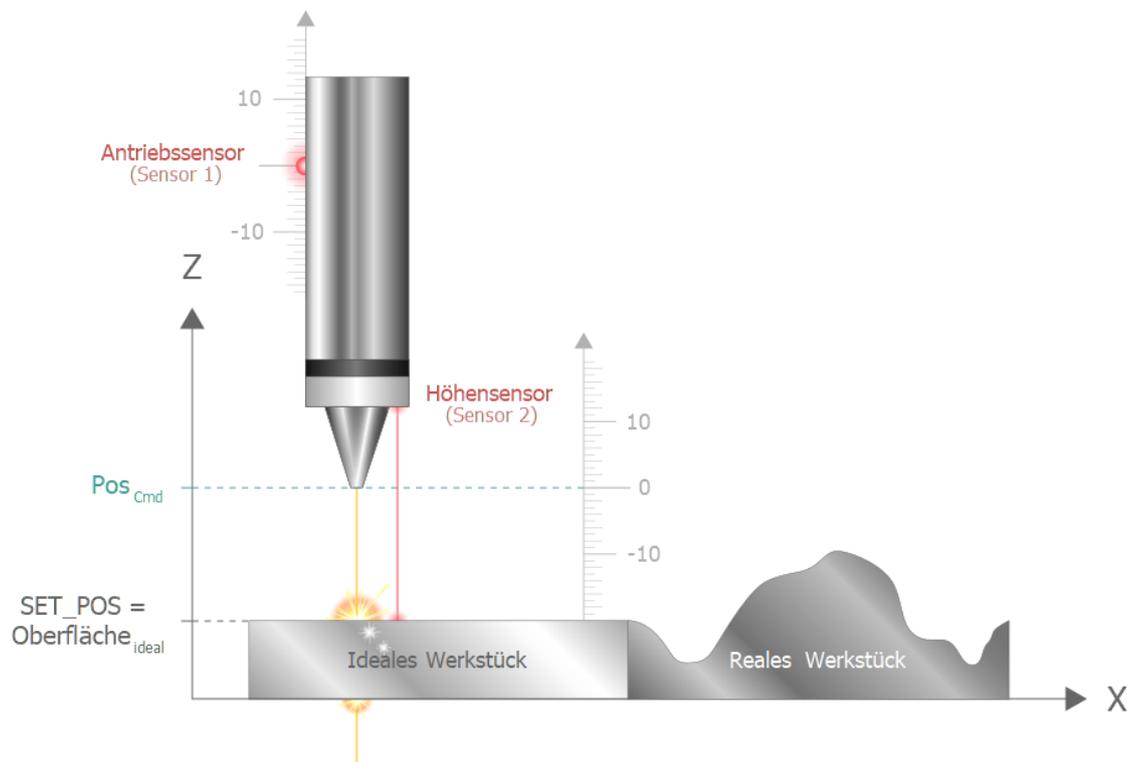


Abb. 4: Ertasten der Werkstückoberfläche

Korrektur der Sollposition

Die tatsächliche Werkstückoberfläche ergibt einen Höhenoffset:

$$\text{Offset} = \text{Surface}_{\text{real}} - \text{Surface}_{\text{ideal}}$$

mit

$$\text{Surface}_{\text{real}} = \text{Drivesensor} + \text{Heightsensor}$$

$$\text{Surface}_{\text{ideal}} = \text{Set}_{\text{pos}}$$

Hieraus ergibt sich eine Korrektur der programmierten Sollposition Pos_{cmd} des Werkzeugs wie folgt:

$$\text{Pos}'_{\text{cmd}} = \text{Pos}_{\text{cmd}} + \text{Offset}$$

$$\text{Pos}'_{\text{cmd}} = \text{Pos}_{\text{cmd}} + \text{Drivesensor} + \text{Heightsensor} - \text{Set}_{\text{pos}}$$

Übersicht über die Konfigurierung

Der Geber des elektronischen Tastsystems wird als Istwertgeber 2 an die zu regelnde Achse angeschlossen. Es ist zu beachten, dass der 1. konfigurierte Geber für die Lageregelung der Achse verwendet wird, der 2. Geber für die Abstandsregelung.

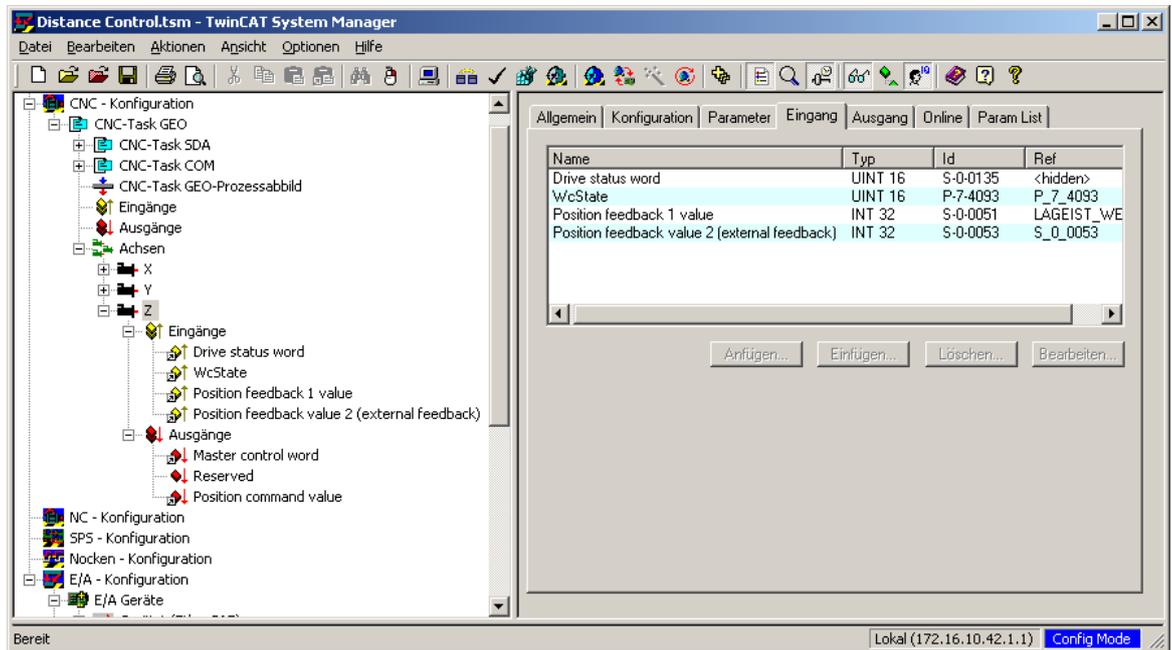


Abb. 5: Konfigurationsbeispiel TwinCAT für SERCOS (Ident S-0-0053)

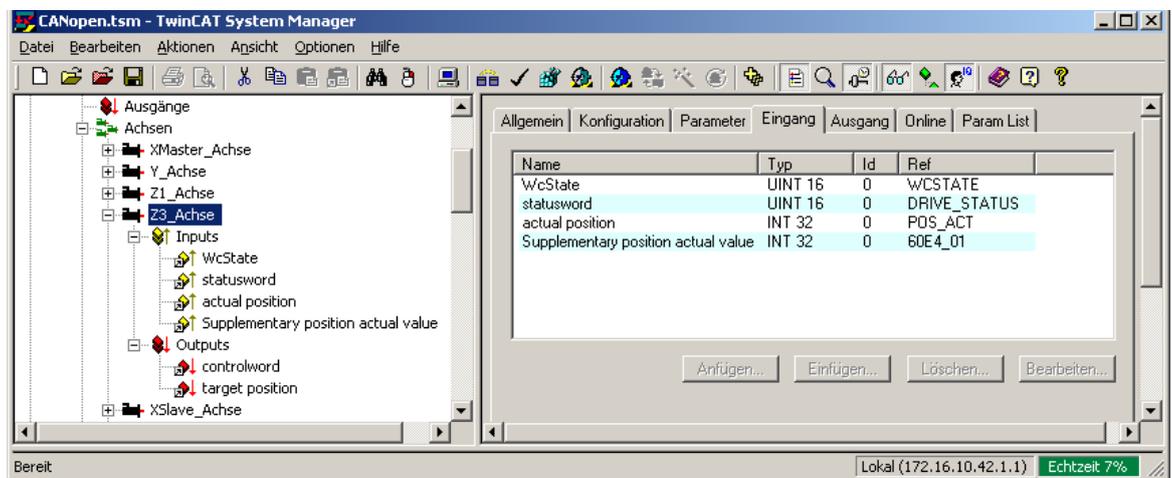


Abb. 6: Konfigurationsbeispiel TwinCAT für CANopen DS402 (PDO 0x60E4, Subindex 1)

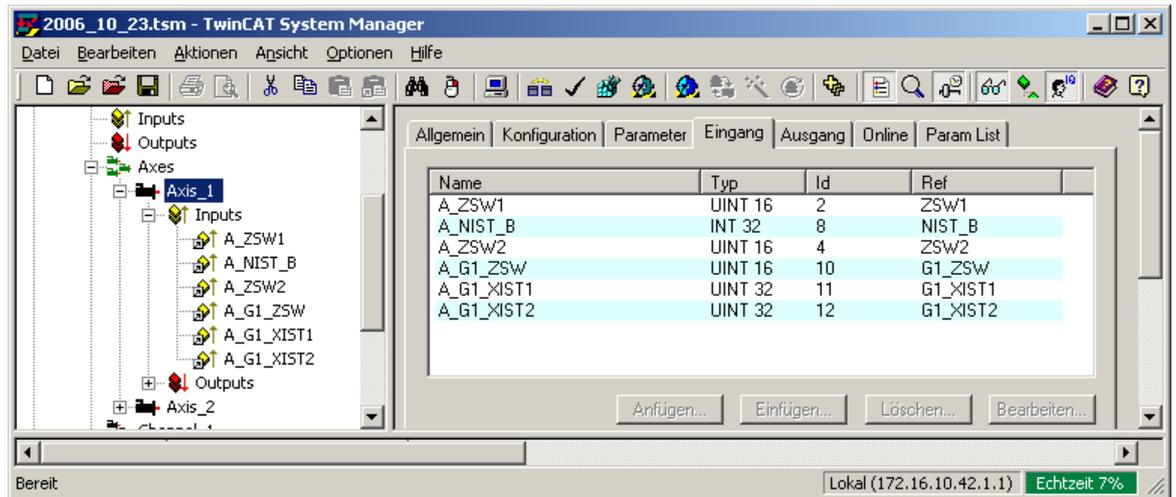


Abb. 7: Konfigurationsbeispiel TwinCAT für ProfiDrive (G1_XIST2)



Achtung

Der achsspezifische Vorschubverride und die achsspezifische Vorschubfreigabe (Feedhold) wirken auf die Abstandsregelung (siehe [HLI// Steuerkommandos einer Achse]).

Bei gesetztem Vorschubstopp oder Override 0 ist die Abstandsregelung nicht mehr aktiv, der aktuelle Wert ist eingefroren.

3 Regelung

Die Abstandsregelung kann optional mit P-, PI-, PD- oder PID-Regler verwendet werden. Dadurch können die Vorteile der einzelnen Regler passend miteinander kombiniert werden. Falls die Abstandsregelung mit reinem P-Regler nicht schnell genug arbeitet, oder Probleme mit Überschwingen auftreten, wird empfohlen die Regelung als PD-Regler auszuführen. Der I-Anteil sollte nur bei bleibenden Regelabweichungen berücksichtigt werden.

Eigenschaften der einzelnen Regler für die Abstandsregelung:

P-Regler	Gewichtet den Ausgabewert und beeinflusst dadurch die Dynamik der Abstandsregelung. Einstellbar über P-AXIS-00759 [▶ 71].
I-Regler	Bleibende Regelabweichungen werden nach bestimmter Zeit komplett ausgeregelt. Wenn keine bleibende Regelabweichung vorhanden ist, wird empfohlen, den I-Anteil über P-AXIS-00764 [▶ 72] = 0 zu deaktivieren um die Dynamik der Abstandsregelung nicht negativ zu beeinflussen.
D-Regler	Je schneller sich die Abstandswerte ändern, desto stärker die Reaktion des D-Reglers. Dadurch lassen sich Überschwinger verringern. Einstellbar über P-AXIS-00765 [▶ 73].

Schrittweise und iterative Parametrierung der Regler:

1. Einstellen des Proportionalanteils über P-AXIS-00759 [▶ 71]:
Zunächst wird der Regler rein als P-Regler eingestellt. Das heißt der I-, sowie der D-Regler werden über P-AXIS-00764 [▶ 72]=0 und P-AXIS-00765 [▶ 73]=0 deaktiviert. Um Instabilität des Reglers zu vermeiden, wird mit einem geringen K_p -Faktor begonnen. Ein guter Startwert liegt üblicherweise bei $K_p=0.2$. Anschließend wird das Verhalten des Regelkreises auf einen definierten Eingangssprung, das heißt auf eine Abstandsänderung, betrachtet. Der K_p -Faktor kann schrittweise erhöht werden, bis ein erkennbares, aber schnell abklingendes Überschwingen auftritt.
2. Einstellen des Integralanteils über P-AXIS-00764 [▶ 72]:
Der Integralanteil sorgt dafür, dass bleibende Regelabweichungen nach einer bestimmten Zeit komplett ausgeregelt werden. Wenn keine bleibende Regelabweichung vorhanden ist, sollte der Integralanteil ausgeschaltet bleiben.
3. Der Regler wird nun als PI-Regler betrieben. Um Instabilität zu vermeiden, wird mit einem hohen Wert für die Nachstellzeit T_n begonnen. Ein guter Startwert liegt üblicherweise bei $T_n=5$. Analog zu Punkt 1 wird auch hier die Antwort des Regelkreises auf eine definierte Abstandsänderung betrachtet und T_n schrittweise verringert. Ein guter Wert für T_n ist erreicht, wenn die Regelabweichung innerhalb der gewünschten Zeit ausgeregelt wird, ohne ungewollte Schwingungen zu verursachen.
4. Einstellen des Differentialanteils über P-AXIS-00765 [▶ 73]:
Der Regler wird nun als PID- oder als PD-Regler verwendet. Wieder wird mit einem passiven Wert für die Vorhaltezeit T_v gestartet. Ein guter Startwert liegt üblicherweise bei $T_v=0.01$. Wie zuvor wird auch der Differentialanteil schrittweise erhöht und die Sprungantwort betrachtet. Ziel ist es, Überschwinger so gut wie möglich einzudämmen ohne die Dynamik des Regelkreises negativ zu beeinflussen.
5. Nachjustieren:
Für ein optimales Verhalten des Reglers, können die Parameter zuletzt nochmals nachjustiert werden. Beispielsweise kann durch die Verwendung des D-Anteils, der P-Anteil nach oben korrigiert werden.

4 Glättung der Sensorwerte

Die Geberwerte sind unter Umständen verrauscht. Dies kann dazu führen, dass die Abstandsregelung das System mit Schwingungen anregt. Filter können helfen, das Eingangssignal zu glätten und die Performance der Abstandsregelung zu verbessern.

In den folgenden Kapiteln ist die Wirkung der Filter, sowie der Einfluss der einzelnen Parameter auf die Filterwirkung anhand des gleichen Versuchs beschrieben. Für den Versuch wurde ein Millimeter hohes Hindernis in einer Höhe von ca. 2,8mm mit einem Sensor überfahren. Die Abstandsregelung ist für diesen Versuch deaktiviert um die Wirkung der Filter ohne Rückkopplung der Abstandsregelung veranschaulichen zu können.

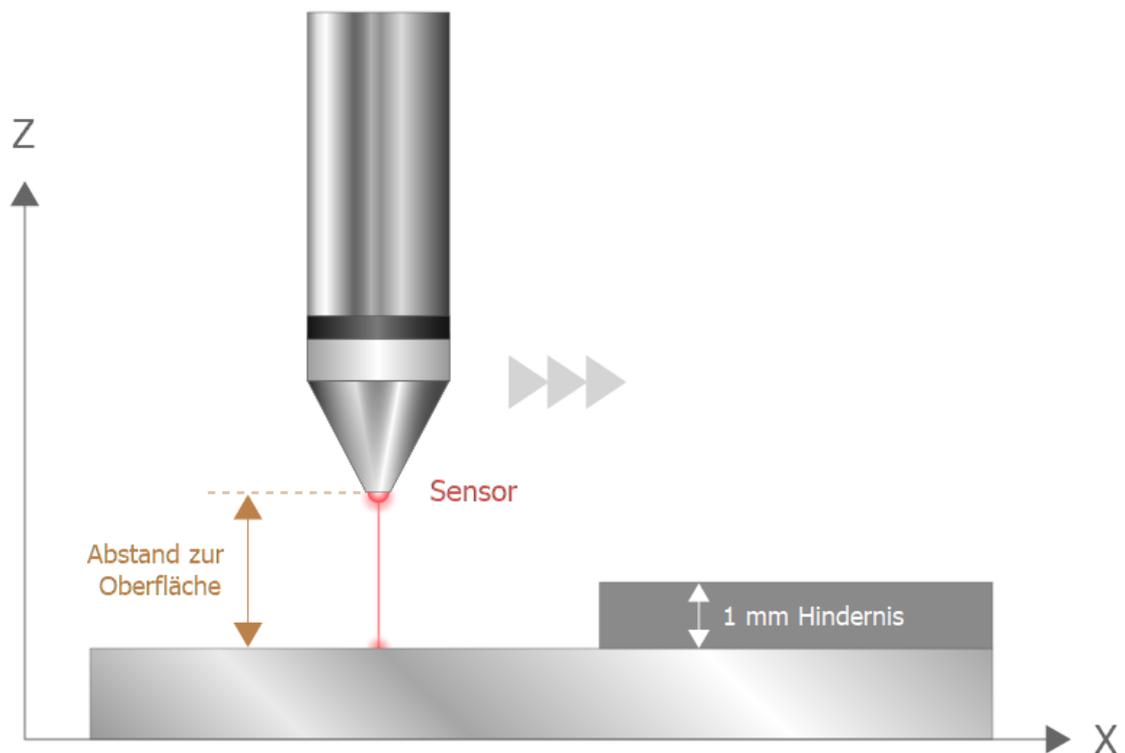


Abb. 8: Versuchsaufbau für die Bestimmung der Filterwirkung

Nachfolgende Abbildung zeigt die aufgenommenen, ungefilterten Sensordaten.

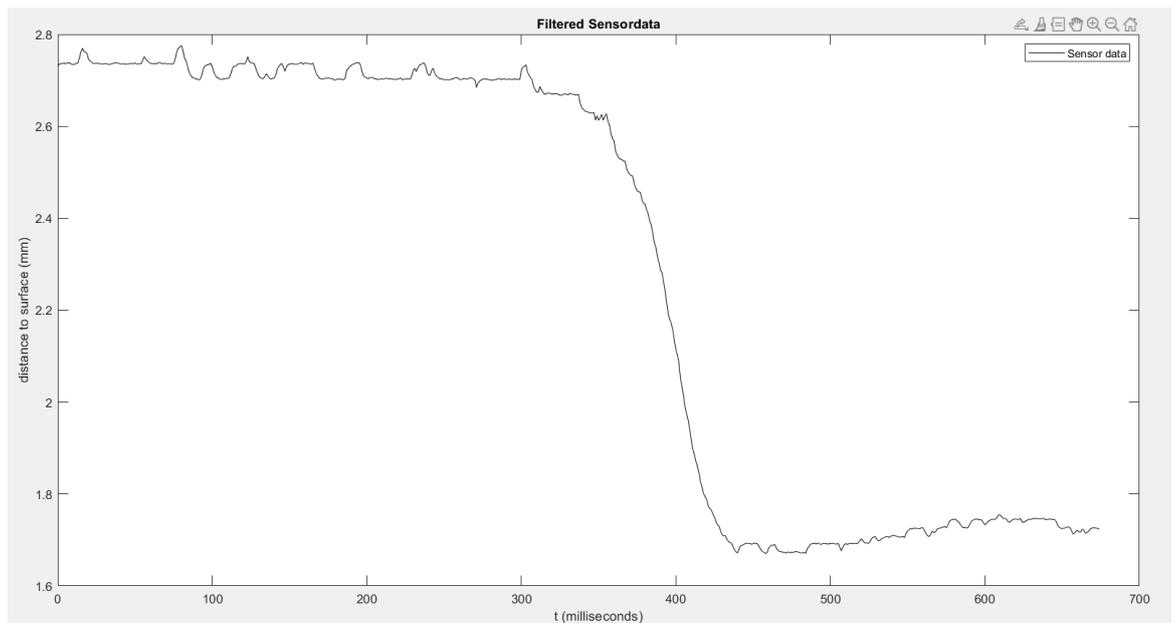


Abb. 9: Ungefilterte Sensordaten beim Überfahren eines Hindernisses

Bei der Auswahl eines geeigneten Filters muss berücksichtigt werden, dass Filter eine Totzeit in das System bringen. Für die Abstandsregelung bedeutet das eine langsamere Reaktion auf Änderungen des Abstandes. Bei der Konfiguration des Filters muss dem entsprechend ein Kompromiss zwischen Filterwirkung und Filterverzögerung gefunden werden.

Ziel der Filterparametrierung ist eine möglichst gute Glättung der Messwerte beim Fahren auf der glatten Ebene und gleichzeitig eine möglichst geringe Verzögerung beim Reagieren auf das Hindernis.



Hinweis

Um die Performance der Abstandsregelung zu optimieren, kann zusammen mit der Konfiguration eines passenden Filters auch der PID-Regler entsprechend nachgezogen werden.



⚠️ WARNUNG

Bei der Parametrierung der Filter ist zu beachten, dass eine aktivierte Abstandsregelung automatisch eine Rückkopplung auf den Filter verursacht. Dies kann zu unerwünschtem Verhalten der Abstandsregelung bis hin zum Aufschwingen der Achse führen.

4.1 Gleitender Mittelwertfilter

Der gleitende Mittelwertfilter ist die Folge der arithmetischen Mittelwerte über eine Anzahl P-AXIS-00413 [▶ 58] an Messwerten.

Einfluss des Parameters:

Durch den gleitenden Mittelwertfilter kann eine gute Glättung der Sensordaten erreicht werden. Die Glättung der Sensordaten verursacht jedoch eine relativ große Verzögerung im System. Hierbei gilt: Je mehr Messwerte über P-AXIS-00413 [▶ 58] in den Filter einbezogen werden, desto besser die Glättung aber desto größer auch die eingebrachte Reaktionsverzögerung.

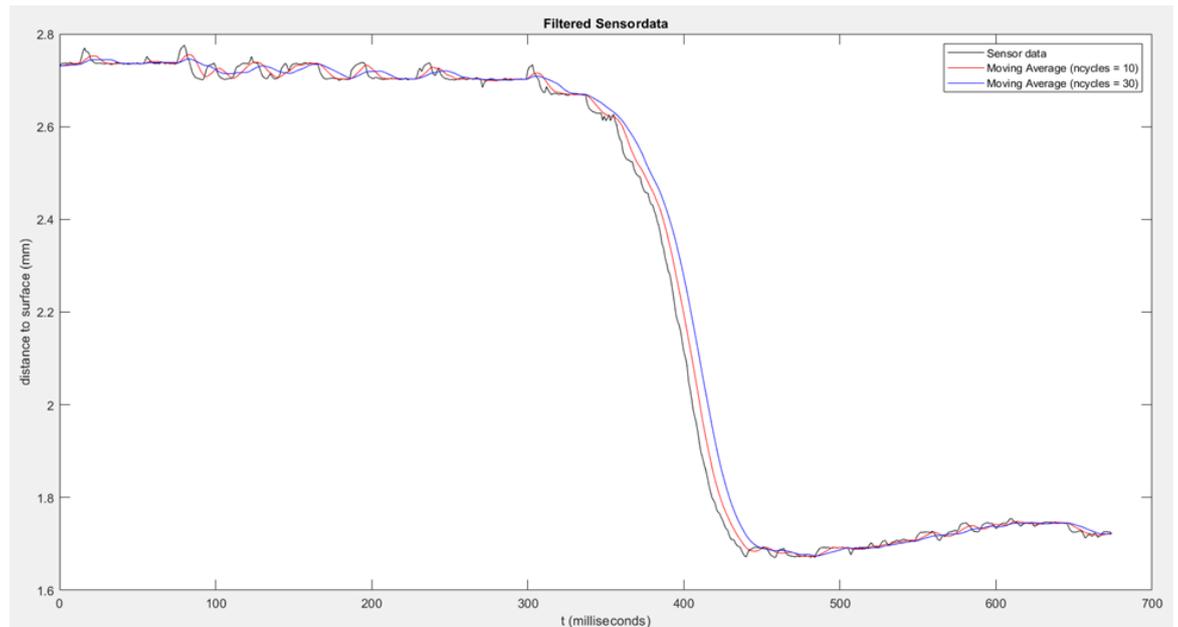


Abb. 10: Unterschiedliche Filterwirkung bei Variierung von n_cycles



Beispiel

Parameterbeispiel: Gleitender Mittelwertfilter

```

kenngr.distc.filter_type MOVING_AVERAGE # Filtertyp
kenngr.distc.n_cycles    20             # Anzahl der einbezogenen Mess-
werte
  
```

4.2 Exponentiell gewichteter Mittelwertfilter

Der exponentiell gewichtete Mittelwertfilter erweitert den gleitenden Mittelwertfilter um eine exponentielle Gewichtung der einbezogenen Sensordaten. Hierbei werden aktuelle Messwerte stärker gewichtet als ältere Messwerte. Die Gewichtung der einzelnen Messwerte wird ausgehend von einem Glättungsfaktor (P-AXIS-00784) errechnet. Der Glättungsfaktor gibt hierbei die prozentuale Gewichtung des aktuellen Messwertes an.

4.2.1 Einfluss der Parameter

Glättungsfaktor (P-AXIS-00784):

Je größer die Gewichtung des aktuellen Messwertes, desto geringer die Filterwirkung aber desto schneller die Reaktion auf Änderungen des Abstandes.

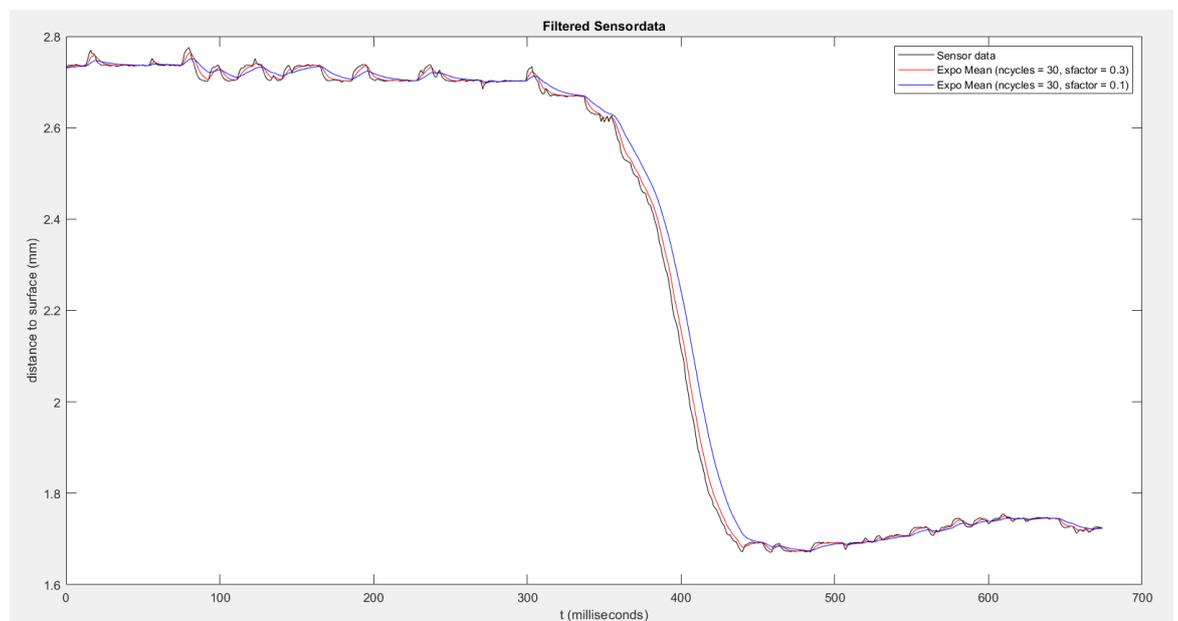


Abb. 11: Unterschiedliche Filterwirkung durch Glättungsfaktor

Anzahl der einbezogenen Messwerte - `n_cycles` (P-AXIS-00413):

Je mehr Messwerte über P-AXIS-00413 [► 58] in den Filter einbezogen werden, desto besser die Glättung, aber desto größer auch die eingebrachte Reaktionsverzögerung. Je größer der Glättungsfaktor, desto geringer ist der Einfluss von P-AXIS-00413. Auch nimmt der Einfluss von P-AXIS-00413 mit zunehmender Anzahl, aufgrund der exponentiellen Gewichtung, stetig ab.

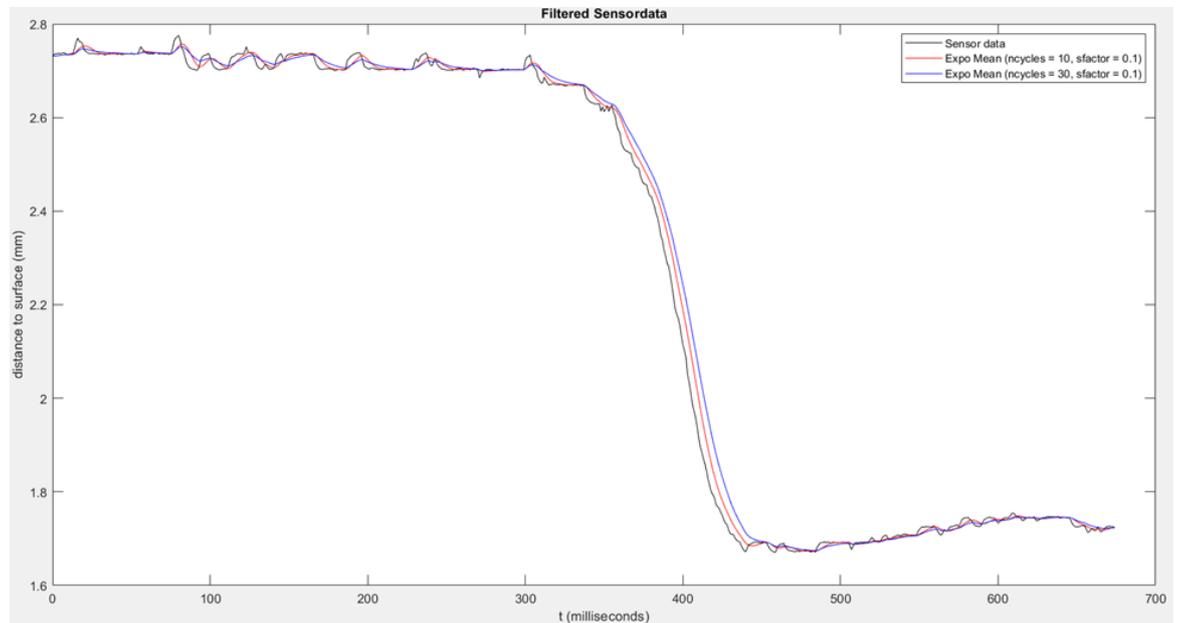


Abb. 12: Unterschiedliche Filterwirkung bei Variierung von `n_cycles`



Beispiel

Parameterbeispiel: Exponentiell gewichteter Mittelwertfilter

```
kenngr.distc.filter_type      EXPO_MEAN # Filtertyp
kenngr.distc.n_cycles        30           # Anzahl der einbezogenen Mess-
wertes
kenngr.distc.smoothing_factor 0.3         # Glättungsfaktor
```

4.3

Tiefpassfilter

Durch den Einsatz eines Tiefpassfilters kann bei stark verrauschtem Sensorsignal die Schwingungsneigung evtl. besser unterdrückt werden.



Beispiel

Parameterbeispiel

```
kenngr.distc.filter_type      LOWPASS # Tiefpassfilter
kenngr.distc.low_pass_filter_order 2   # Tiefpassfilter
kenngr.distc.low_pass_filter_fg_f0 30  # Frequenz 30 HZ
```

4.4 Kalman-Filter mit Mittelwertfilter-Modell

Der Kalman-Filter versucht die nächsten Messwerte des Sensors auf Grundlage eines Vorhersagemodells zu schätzen. Der Filter bildet zunächst die Vorhersage, um diese anschließend durch die angegebene Unsicherheit der gemessenen Werte zu verfeinern. Die Grundlage der Vorhersage bildet der gleitende Mittelwertfilter [▶ 19].

4.4.1 Einfluss der Parameter:

Anzahl der Messwerte - n_cycles (P-AXIS-00413):

Über den Parameter P-AXIS-00413 [▶ 58] wird die Anzahl der Messwerte angegeben, die in das Vorhersagemodell des gleitenden Mittelwertfilters einbezogen werden. Dem entsprechend bedeutet eine größere Anzahl an einbezogenen Messwerten eine bessere Glättungswirkung. Durch die Vorhersageeigenschaft des Kalman-Filters wird die Totzeit, im Vergleich zu einem herkömmlichen gleitenden Mittelwertfilter, reduziert. Beachtet werden muss jedoch, dass die Totzeit des Vorhersagemodells zu einem Überschwinger bei großen Änderungen des Abstands führt. Dieser wächst mit zunehmender Anzahl der einbezogenen Messwerte (P-AXIS-00413).

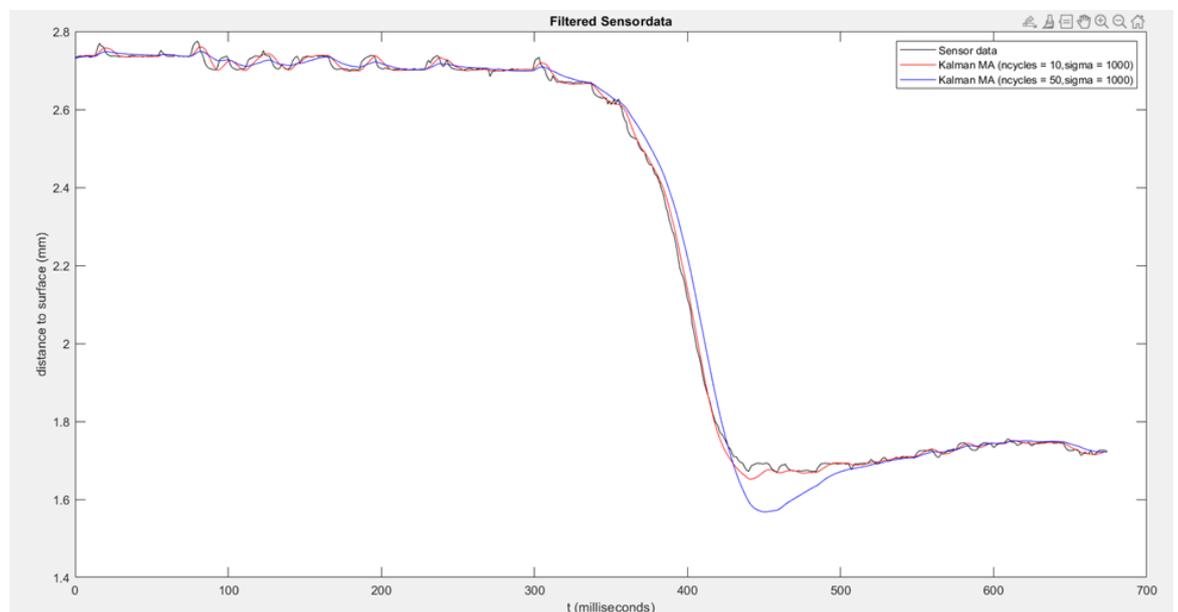


Abb. 13: Unterschiedliche Filterwirkung bei Variierung von n_cycles

Grad der Unsicherheit - Sigma (P-AXIS-00783):

Der Parameter P-AXIS-00783 [▶ 75] gibt den Grad der Unsicherheit der aufgenommenen Messwerte an. Je geringer die angegebene Unsicherheit der Messwerte, desto mehr wird die Vorhersage aus dem gleitenden Mittelwertfilter an die tatsächlichen Messwerte angenähert.

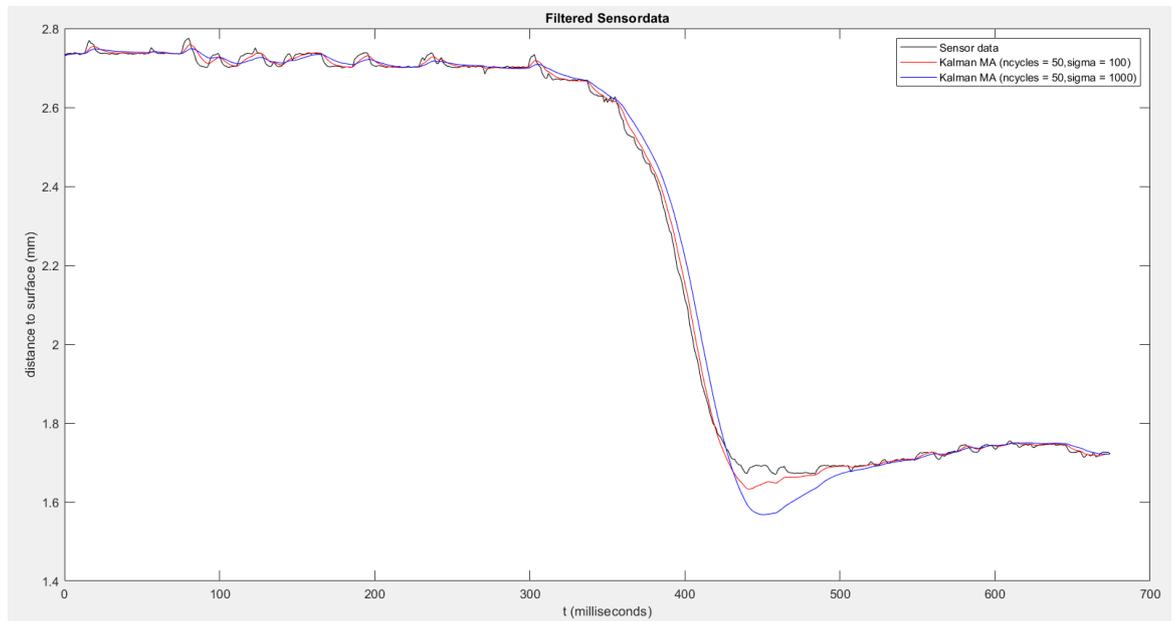


Abb. 14: Unterschiedliche Filterwirkung bei Variierung von sigma



Beispiel

Parameterbeispiel: Kalman-Filter mit Mittelwertfilter Modell

```

kenngr.distc.filter_type    KALMAN_MA    #Filtertyp
kenngr.distc.n_cycles      30        #Anzahl der einbezogenen Messwerte
kenngr.distc.kalman_sigma  1000     #Unsicherheit der Messwerte
    
```

4.5 Kalman-Filter mit exponentiellem Modell

Der Kalman-Filter versucht die nächsten Messwerte des Sensors auf Grundlage eines Vorhersagemodells zu schätzen. Der Filter bildet zunächst die Vorhersage, um diese anschließend durch die Unsicherheit der gemessenen Werte zu verfeinern. Die Grundlage der Vorhersage bildet der exponentiell gewichtete Mittelwertfilter [► 20].

4.5.1 Einfluss der Parameter:

Anzahl der Messwerte – n_{cycles} (P-AXIS-00413):

Über den Parameter P-AXIS-00413 wird die Anzahl der Messwerte angegeben, die in das Vorhersagemodell des exponentiell gewichteten Mittelwertfilters einbezogen werden. Dem entsprechend bedeutet eine größere Anzahl an einbezogenen Messwerten eine bessere Glättungswirkung. Durch die Vorhersageeigenschaft des Kalman-Filters wird die Totzeit im Vergleich zu einem herkömmlichen exponentiellen Mittelwertfilters reduziert. Beachtet werden muss jedoch, dass die Totzeit des Mittelwertfilters zu einem Überschwinger bei großen Änderungen des Abstands führt. Dieser wächst mit zunehmender Anzahl der einbezogenen Messwerte (P-AXIS-00413).

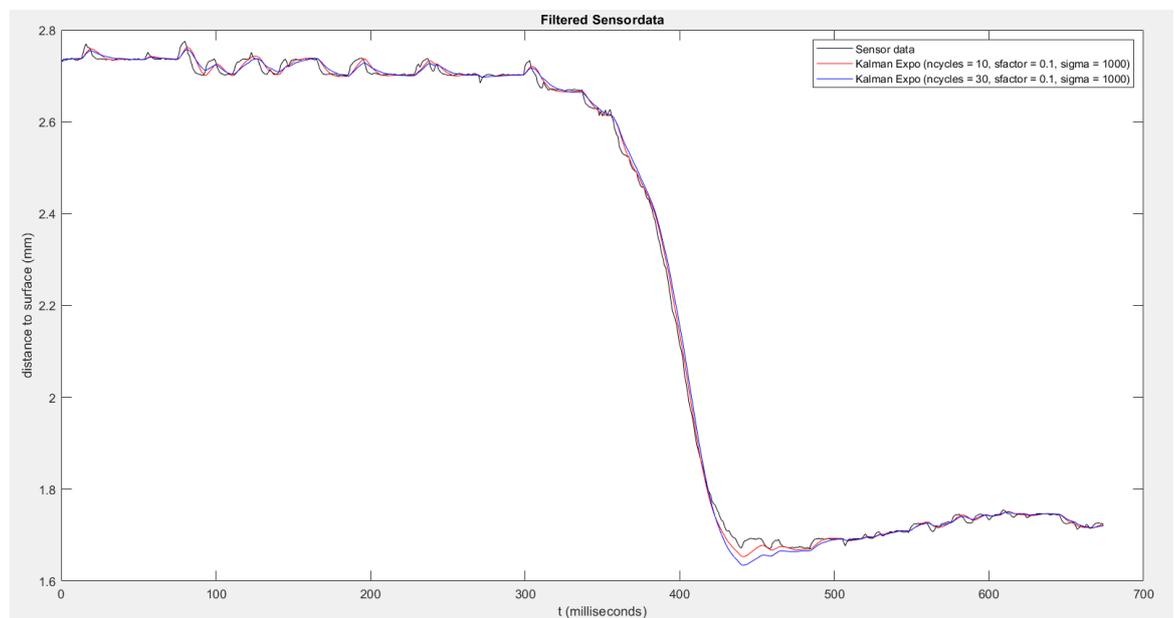


Abb. 15: Unterschiedliche Filterwirkung bei Variierung von n_{cycles}

Glättungsfaktor (P-AXIS-00784)

Im Kapitel Exponentiell gewichteter Mittelwertfilter [► 20] ist der Einfluss des Glättungsfaktors auf den exponentiell gewichteten Mittelwertfilter beschrieben. Durch eine höhere Gewichtung des aktuellen Messwertes kann besonders der, durch die Totzeit des Filters verursachte, Überschwinger verbessert werden. Gleichzeitig wird jedoch die Glättungswirkung reduziert.

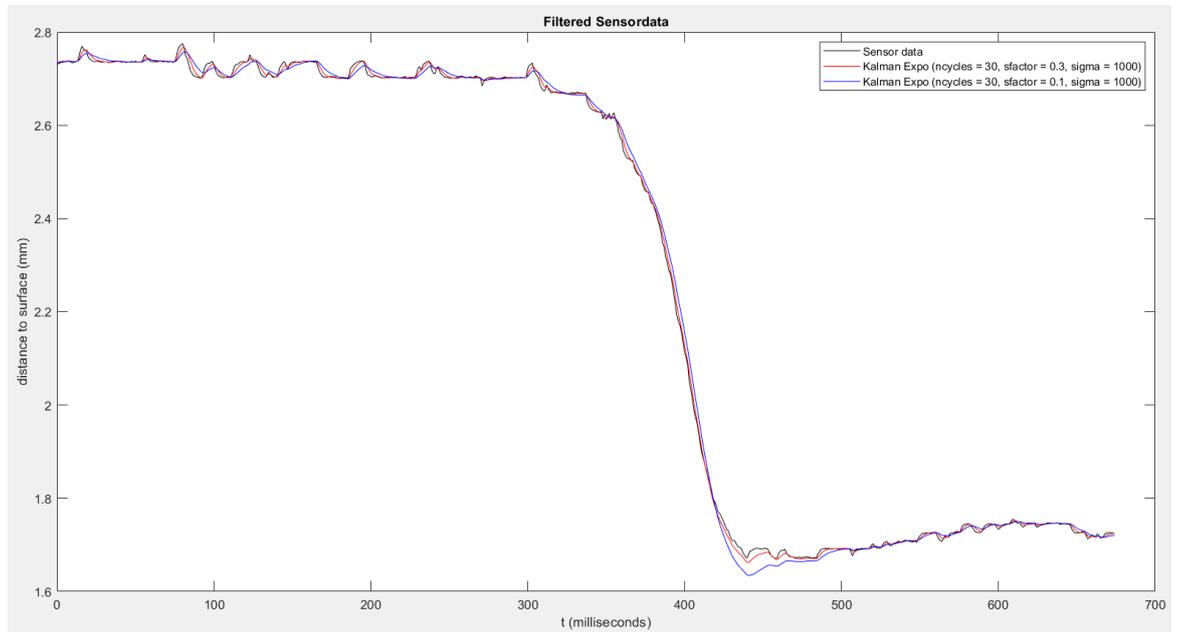


Abb. 16: Unterschiedliche Filterwirkung bei Variierung des Glättungsfaktors

Grad der Unsicherheit - Sigma (P-AXIS-00783):

Der Parameter P-AXIS-00783 gibt den Grad der Unsicherheit der aufgenommenen Messwerte an. Je geringer die angegebene Unsicherheit der Messwerte, desto mehr wird die Vorhersage aus dem gleitenden Mittelwertfilter an die tatsächlichen Messwerte angenähert.

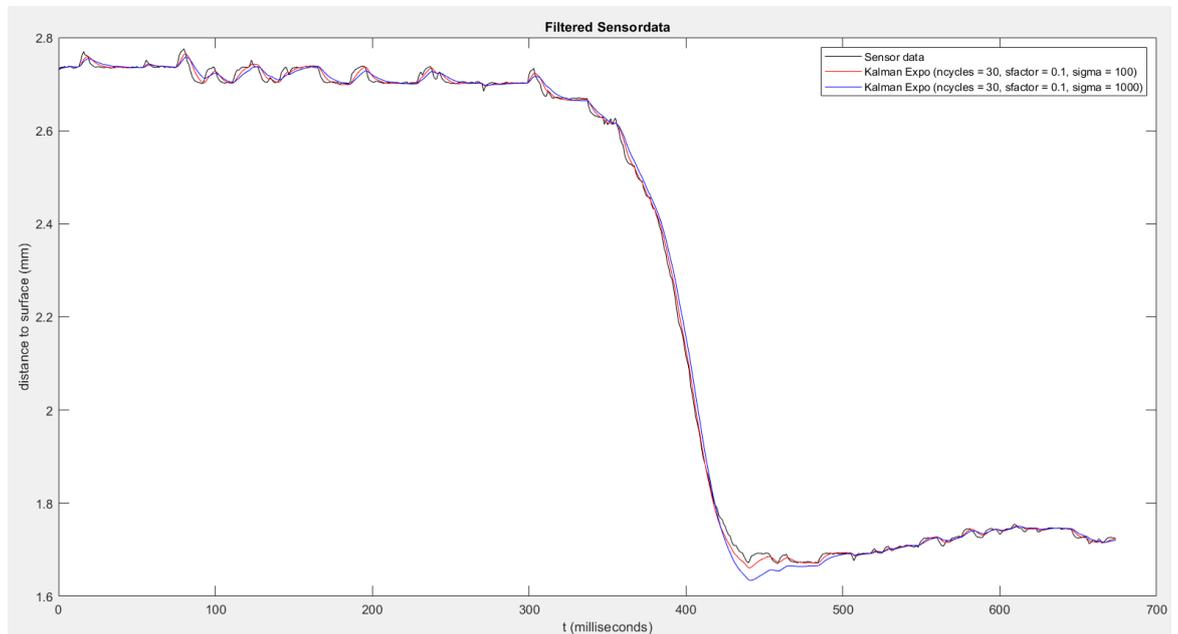


Abb. 17: Unterschiedliche Filterwirkung bei Variierung von sigma



Beispiel

Parameterbeispiel: Kalman-Filter mit exponentiellem Modell

```

kenngr.distc.filter_type      KALMAN_EXPO #Filtertyp
kenngr.distc.n_cycles        30           #Anzahl der einbezogenen Mess-
werte
kenngr.distc.kalman_sigma    1000        #Unsicherheit der Messwerte
kenngr.distc.smoothing_factor 0.3        #Glättungsfaktor
    
```

5 Funktionsweise der Abstandsregelung

Die Abstandsregelung ist nach der Interpolation integriert und überlagert die programmierte Bewegung. Die Abstandsregelung wirkt unabhängig vom aktuellen Zustand des Interpolators, d.h. auch beim Warten auf Quittierungen (z.B. M-Funktionen) ist die Abstandsregelung aktiv.

Die Abstandsregelung ermittelt die tatsächliche Absolutposition der Werkstückoberfläche mit Hilfe des Motorgebers der Achse und eines zusätzlichen Sensorgebers. Die beiden Geber sind miteinander gekoppelt, d.h. beim Bewegen der Achse ändern sich die Werte der beiden Geber immer entgegengesetzt zueinander.

Der achsspezifische Vorschuboverride und Vorschubstopp (Feedhold) wirken auch für die Abstandsregelung (siehe [HLI//Steuerkommandos einer Achse]). Bei aktiviertem Vorschubstopp oder Override = 0 ist der aktuelle Wert der Abstandsregelung eingefroren.

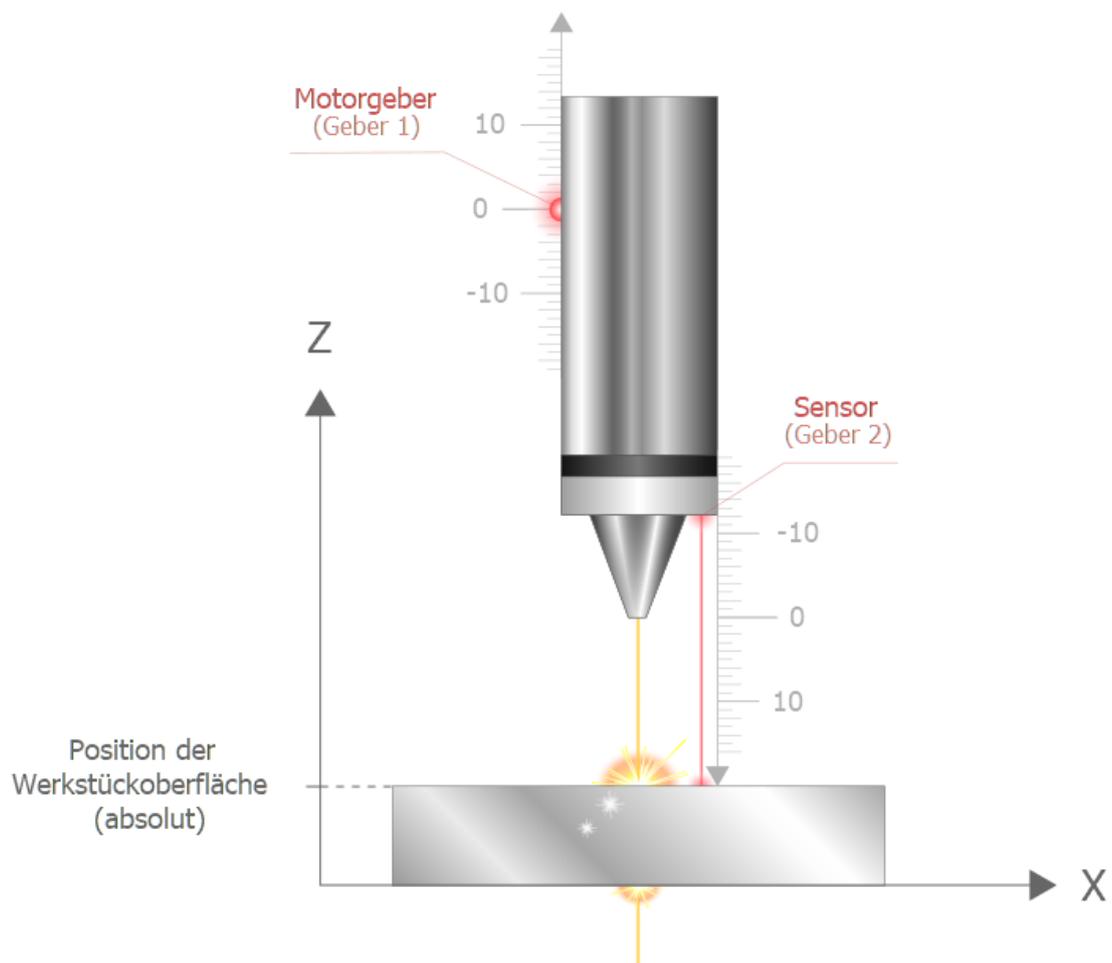


Abb. 18: Ertasten der Werkstückoberfläche



Hinweis

Die Geberposition des Motors und die Sensorposition müssen sich beim Heben bzw. Senken der Z-Achse gegenläufig verhalten.

Falls die Z-Achse nach oben fährt und der Geberwert des Motors größere Werte annimmt, muss der Geberwert des Sensors kleiner werden. Bei Bedarf kann die Bewegungsrichtung des Sensors mit dem Parameter P-AXIS-00230 gedreht werden.

5.1 Vorgabe der Werkstückoberfläche (SET_POS, surface)

Berechnung der Abweichung

Mit Hilfe der elektronischen Tastung wird in jedem Takt die Abweichung der realen Werkstückoberfläche zur vorgegebenen Sollposition (SET_POS) ermittelt. Sie ergibt sich durch:

$$\begin{aligned} \text{Abweichung} &= \text{Motorgeber} + \text{Sensorgeber} - \text{Sollposition (SET_POS)} \\ &= \text{Istposition Werkstückoberfläche} - \text{Sollposition (SET_POS)} \end{aligned}$$

Um die Abweichung der Werkstückoberfläche auszugleichen, wird die Antriebsposition zusätzlich um den berechneten Offset der Abstandsregelung verschoben:

$$\text{Sollwert Antrieb} = \text{Programmierter Sollwert (PCS)} + \text{Offset Abstandsregelung}$$

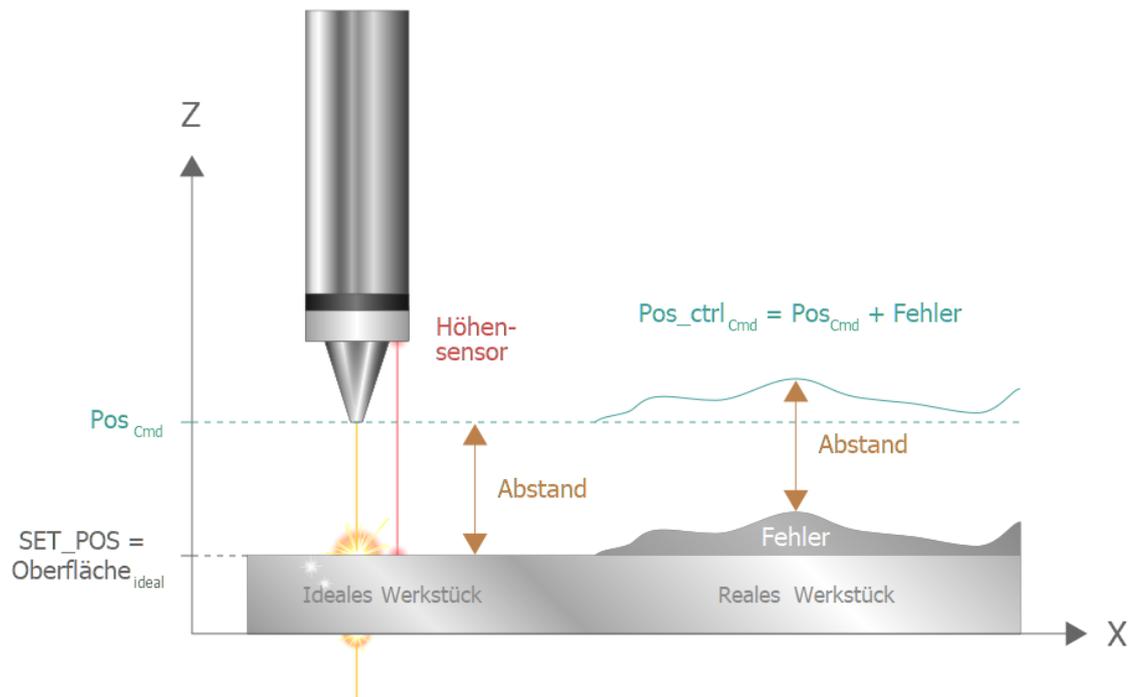


Abb. 19: Vorgabe der idealen Werkstückoberfläche bei Höhenregelung

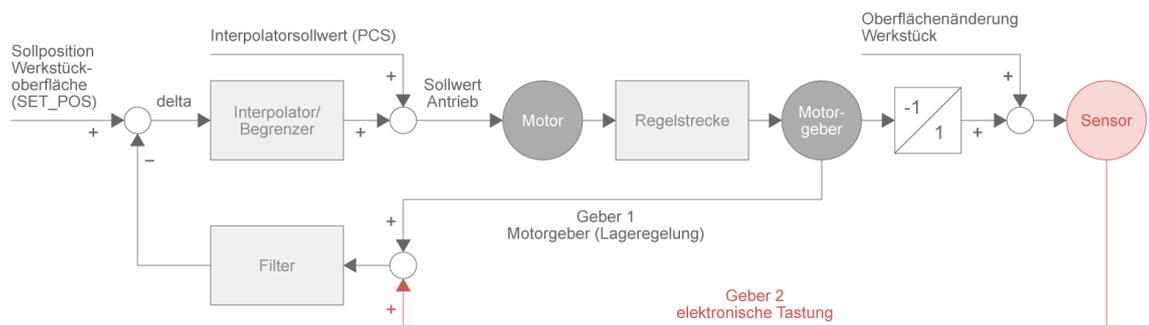


Abb. 20: Blockschaftbild der Abstandsregelung

An- und Abwahl über das NC-Programm

Über das NC-Programm wird die Abstandsregelung ein- bzw. ausgeschaltet oder auch der aktuelle Korrekturwert eingefroren. Beispiel:

```
N10 Z[DIST_CTRL SET_POS=30] Position setzen
Nxx Z[DIST_CTRL ON] Anwahl
...
Nxx Z[DIST_CTRL OFF] Abwahl
N999 M30
```

Die vollständige CNC-Syntax ist im Kapitel Programmierung [▶ 37] beschrieben.

Typischer Ablauf

Typischer Ablauf bei der Aktivierung der Abstandsregelung:

1. Das Werkzeug wird eingewechselt.
2. Die X- und Y-Achsen fahren auf Bearbeitungsposition.
3. Die Abstandsregelung wird eingeschaltet und die Sollposition des Werkstücks wird gesetzt. Die Z-Achse muss sich dabei im Erfassungsbereich des Abstandssensors befinden.
4. Sensor oder Tastring meldet Abstand, die Abstandsregelung korrigiert Höhenfehler.
5. Die Z-Achse fährt nach unten.
6. Abstandsregelung ist aktiv, Dickentoleranzen oder Lagedifferenzen werden ausgeglichen.

Deaktivierung der Abstandsregelung:

1. Ausschalten der Abstandsregelung über das NC-Programm
2. Abstandsregelung ist inaktiv, Dickentoleranzen oder Lagedifferenzen werden nicht mehr ausgeglichen, der aktuelle Offset bleibt bis zur nächsten Positionsanforderung aktiv.

Wirkungsweise

Mit der Abstandsregelung können Abweichungen der Position der Werkstückoberfläche (Istposition) zu einer vorgegeben Sollposition automatisch korrigiert werden:

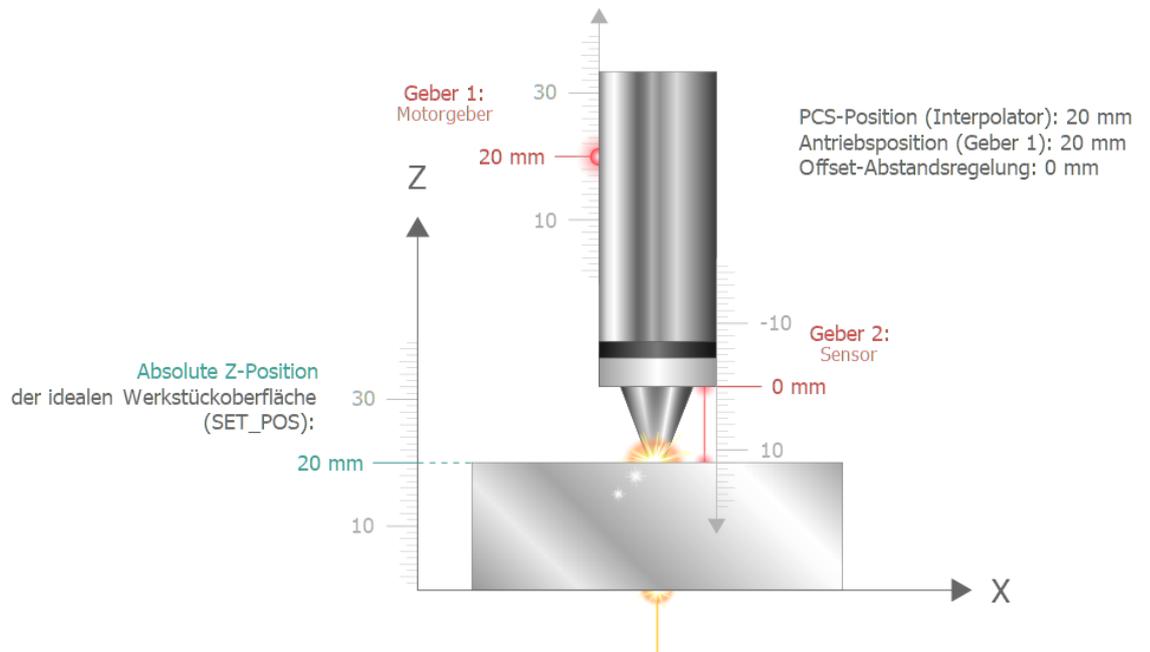


Abb. 21: Ideales Werkstück

Abweichung

Eine Abweichung von der idealen Werkstückoberfläche (z.B. bei dünnerem Werkstück) wird durch den Sensor (Geber 2) detektiert:

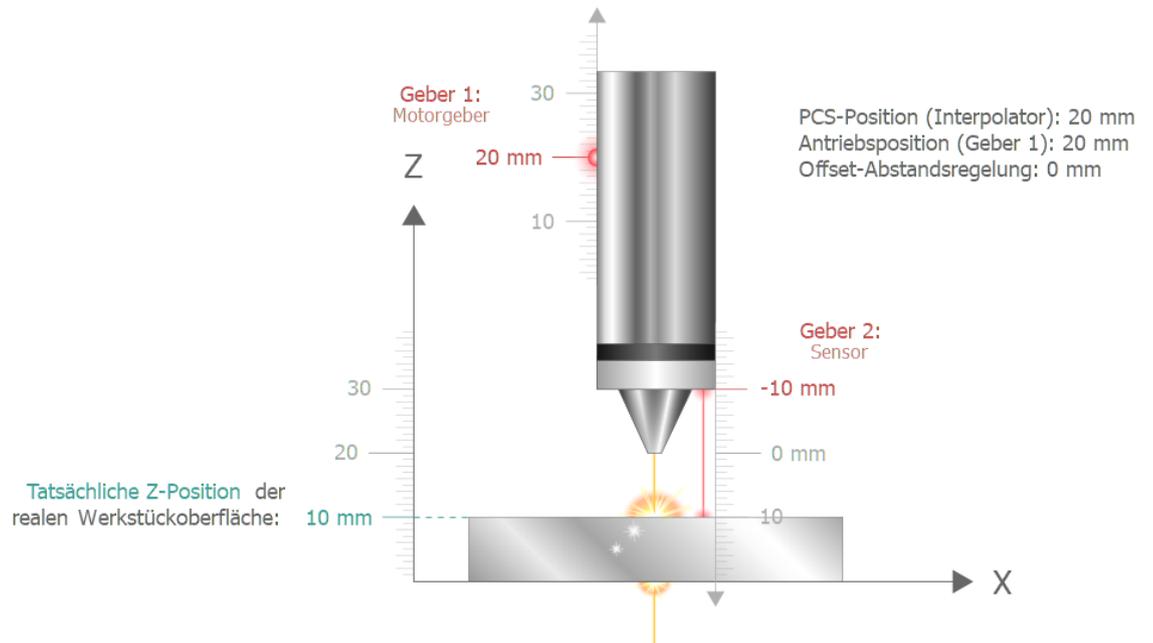


Abb. 22: Reales Werkstück ohne Abstandsregelung

Kompensation des Versatzes

Nach Einschalten der Abstandsregelung mit SET_POS=20 mm (erwartete Werkstückhöhe) wird der Versatz durch die Abstandsregelung kompensiert. Ein Anpassen des NC-Programms (PCS-Position) ist dadurch nicht notwendig. Im NC-Programm kann von einer konstanten Werkstückoberfläche bei Z=20mm ausgegangen werden.

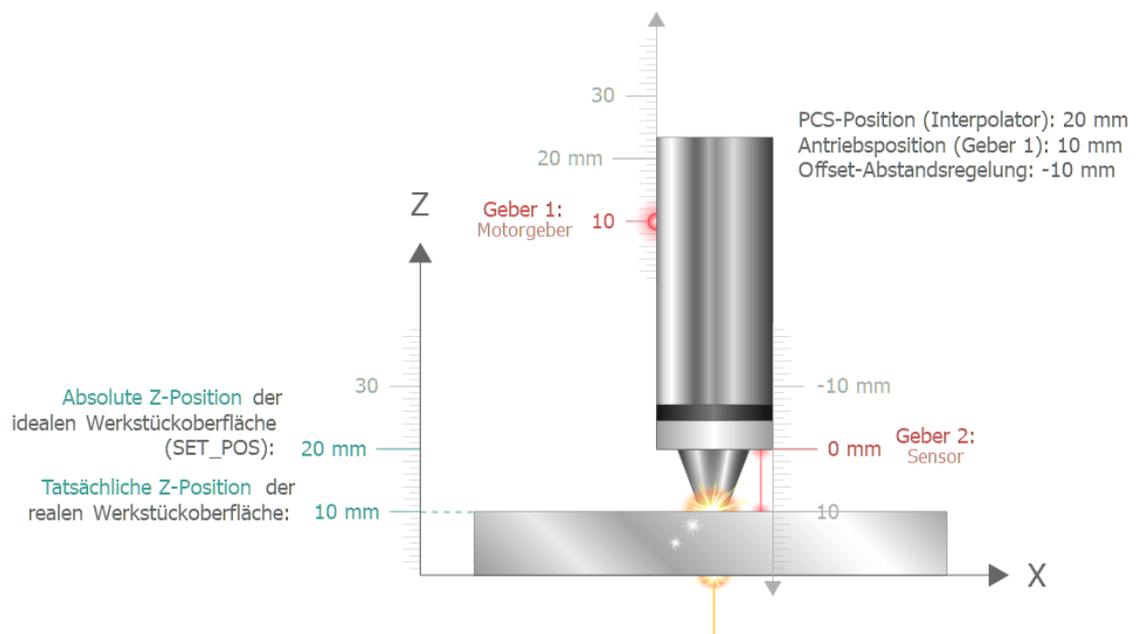


Abb. 23: Reales Werkstück mit Abstandsregelung



Hinweis

Die Abstandskontrolle wird bei einem Achsfehler oder CNC-Reset automatisch ausgeschaltet. Am Programmende bleibt die Abstandsregelung weiterhin aktiv.

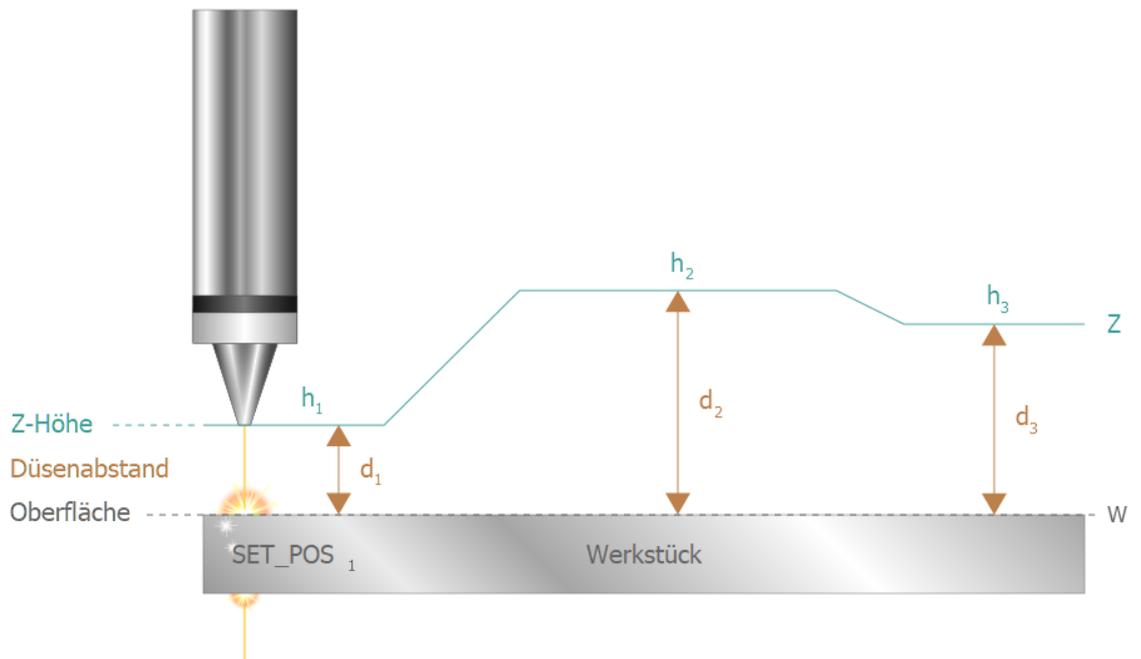


Abb. 24: Konstante Werkstückoberfläche mit geändertem Werkzeugabstand

Höhenänderungen

Änderungen der Werkstückoberfläche werden durch die Abstandsregelung korrigiert. Im NC-Programm kann daher von einem ebenen Werkstück ausgegangen werden. Höhenänderungen zur Werkstückoberfläche können durch Programmieren der Achse vorgenommen werden. Bei $Z=\text{SET_POS}$ berührt die TCP-Spitze die Werkstückoberfläche.

5.2 Vorgabe des Abstands (SET_DIST, distance)



Versionshinweis

Die Vorgabe des Sollabstands für die Abstandsregelung ist erst ab der CNC-Version V2.11.2800.28 verfügbar.

Abstand

Neben der Vorgabe der Werkstückoberfläche bei gegebener Werkzeughöhe (s. *voriges Kapitel*) kann ab der CNC-Version V2.11.2800.28 auch direkt der Abstand zwischen Werkzeug und Werkstück im NC-Programm oder über die SPS vorgegeben werden.

Bei Beauftragen des Abstands über die SPS-Schnittstelle kann der Sollabstand in jedem Zyklus neu vorgegeben werden.

Die Werkzeughöhe wird in diesem Fall nicht mehr durch das NC-Programm geändert, sondern rein über die Abstandsregelung. Dies ist insbesondere von Vorteil, wenn ein konstanter Abstand zu einer beliebig gekrümmten Werkstückoberfläche gehalten werden soll.

Bei großen Änderungen der Werkstückoberfläche wird durch zusätzliches Programmieren der Z-Achse die Abstandsregelung unterstützt.

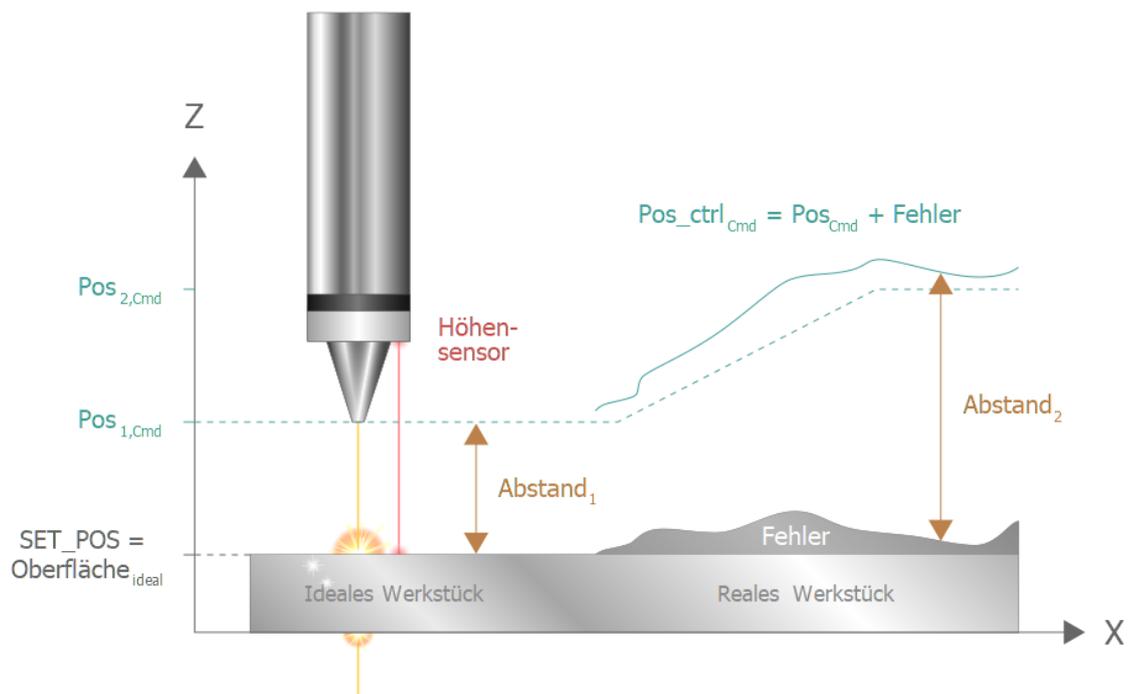


Abb. 25: Vorgabe des Abstands zum Werkstück bei der Höhenregelung



Achtung

Falls die Abstandsregelung im Modus „konstanter Abstand“ eingeschaltet ist, können für diese Achse durch das NC-Programm keine Abstandsänderungen zum Werkstück mehr durch explizite Programmierung der Z-Achse vorgegeben werden.

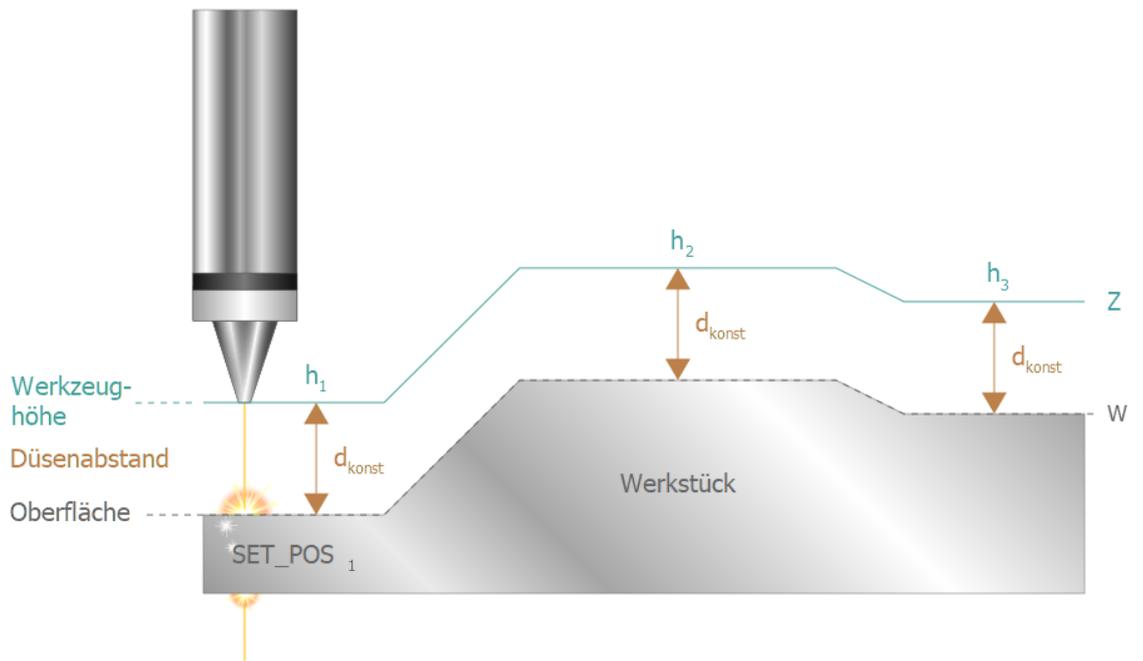


Abb. 26: Profilierte Werkstückoberfläche mit konstantem Werkzeugabstand

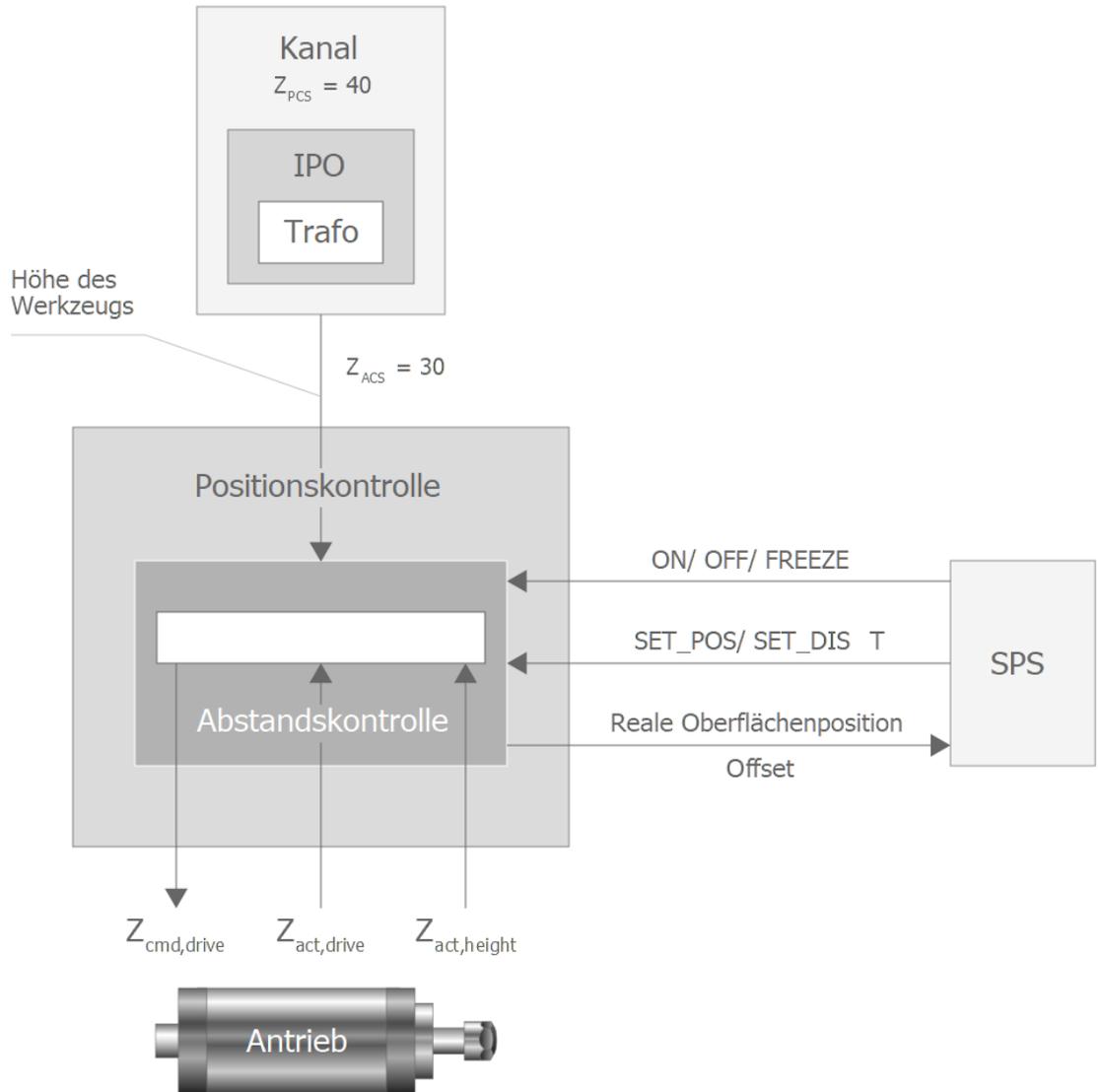


Abb. 27: Vorgabe des Abstands: distance



Hinweis

Beim Lifting der Z-Achse muss die Abstandsregelung eingefroren (FREEZE) oder ausgeschaltet (OFF) werden, da ansonsten die Abstandsregelung das Heben/Senken verhindert.

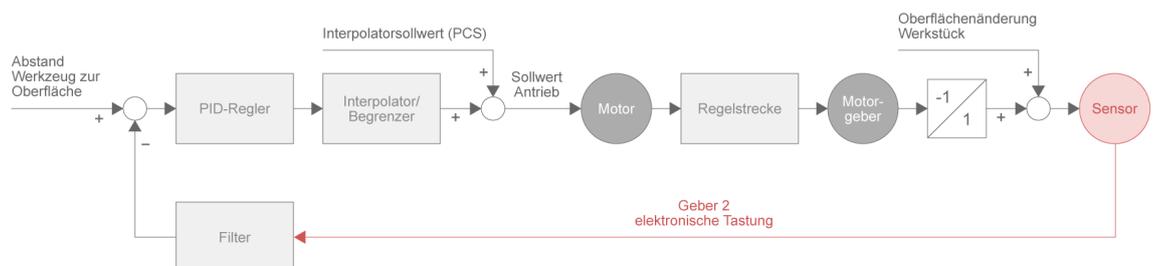


Abb. 28: Blockschaltbild der Abstandsregelung mit Vorgabe des Abstands

6 Programmierung

Syntax Anwahl mit Angabe der Position der Werkstückoberfläche:

```
<Achsname> [DIST_CTRL ON | DRYRUN [ SET_POS=.. ]]
```

Syntax Anwahl mit Angabe konstanter Abstand zur Werkstückoberfläche:

```
<Achsname> [DIST_CTRL ON | DRYRUN CONST_DIST [ SET_DIST=.. ]]
```

Syntax Abwahl oder Offset einfrieren:

```
<Achsname> [DIST_CTRL [ OFF [ NO_MOVE ] ] | FREEZE ]
```

Syntax Sensor prüfen oder referenzieren:

```
<Achsname> [DIST_CTRL CHECK_POS | REF ]
```

Die folgenden Parameter können optional auch in Kombination mit der An-/Abwahl programmiert werden:

Syntax zusätzliche Parametrierung Sensor:

```
<Achsname> [DIST_CTRL [SENSOR_SOURCE=<ident> SENSOR_VAR=..] [ VAL1=.. - VAL5=.. ] { \ } ]
```

Syntax zusätzliche Parametrierung für die Regelung:

```
<Achsname> [DIST_CTRL [ KP=.. ] [ I_TN=.. ] [ D_TV=.. ] { \ } ]
```

Syntax zusätzliche Parametrierung für die Signalglättung des Sensors:

```
<Achsname> [DIST_CTRL [ FILTER_TYPE=.. ] [ N_CYCLES=.. ] [ FG_F0=.. ] [ ORDER=.. ] [ SMOOTH_FACT=.. ] [ KALMAN_SIGMA=.. ] { \ } ]
```

<Achsname>	Name der werkzeugtragenden Achse.
DIST_CTRL	Kennung für die Funktionalität "Getastete Spindeln". Muss immer als <u>erstes</u> Schlüsselwort programmiert sein.
ON	Abstandsregelung einschalten bei Vorgabe der Position der Werkstückoberfläche. Beim Einschalten muss eine Sollposition mit SET_POS gesetzt sein.
SET_POS=..	Vorgabe der Position der Werkstückoberfläche in [mm, inch] (Absolutposition). Bei Reset oder Programmende wird die Vorgabe zurückgesetzt, d.h. vor dem Wiedereinschalten der Abstandsregelung muss eine neue Vorgabe vorgegeben werden.
CONST_DIST	In Verbindung mit ON Abstandsregelung einschalten bei Vorgabe eines konstanten Abstandes zur Werkstückoberfläche. Beim Einschalten muss ein Abstand mit SET_DIST gesetzt sein. [ab V2.11.2804.03]
SET_DIST=..	Sollvorgabe des konstanten Abstandes zur Werkstückoberfläche in [mm, inch]. Bei Reset oder Programmende wird der Abstand zurückgesetzt, d.h. vor dem Wiedereinschalten der Abstandsregelung muss ein neuer Abstand vorgegeben werden.
DRYRUN	In Verbindung mit ON wird im Modus DRYRUN die Achse bei Änderungen der Werkstückoberfläche nicht nachgeführt! Dies ermöglicht die Auswertung von Daten (Bsp. Filterwirkung) ohne Rückkopplung der Regelung. [ab V3.1.3079.23]
	Beim Einschalten der Abstandsregelung mit Angabe der Position der Werkstückoberfläche muss eine Sollposition mit SET_POS gesetzt sein.
	Beim Einschalten der Abstandsregelung mit Vorgabe eines konstanten Abstandes zur Werkstückoberfläche muss ein Sollabstand mit SET_DIST gesetzt sein.

OFF	Abstandsregelung ausschalten.
NO_MOVE	Standardmäßig wird beim Ausschalten der Abstandsregelung der entstandene Korrekturoffset ausgefahren. Durch Angabe von NO_MOVE in Kombination mit OFF 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.
FREEZE	Einfrieren des ausgeregelten Abstandes über Werkstück. Die Achsposition bzw. der ausgegebene Korrekturwert wird gehalten. Die Nachführung der Achse wird unterbrochen.
CHECK_POS	Prüfen, ob Position im Toleranzfenster ist.
REF	Messsystem (Sensor) referenzieren (nur wenn kein Absolutmesssystem vorhanden ist).
SENSOR_SOURCE=</i> </i>	Angabe der Quelle für das Sensorsignal [ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.45] . Folgende Quellen können für die achsspezifische Abstandsregelung eingestellt werden. Gültige Kennungen: DEFAULT: Ist als Sensorquelle „DEFAULT“ ausgewählt, stellt die CNC intern automatisch auf Sensorquelle „SECOND_ENCODER“ VARIABLE: Die Übergabe des Sensorsignals an die CNC erfolgt über eine V.E.-Variable. Zusätzlich muss hierfür der Name der V.E.-Variablen über den Parameter „SENSOR_VAR“ angegeben werden. SECOND_ENCODER: Es ist zu beachten, dass der 1. konfigurierte Geber (P-AXIS-00823) für die Lageregelung der Achse verwendet wird, der 2. Geber (P-AXIS-00824) für die Abstandsregelung.
SENSOR_VAR=..	Name der V.E.-Variablen über die das Sensorsignal an die CNC übermittelt wird. [ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.45]
VAL1=..-VAL5=..	Fünf frei belegbare Werte im Realformat.
KP=..	Gewichten des Ausgabewertes der Abstandsregelung. Die Parametrierung kann analog zu P-AXIS-00759 [▶ 71] durchgeführt werden. Der Wertebereich ist auf $0.0 < KP \leq 2.0$ beschränkt. Bei KP-Werten kleiner 1.0 wird die Dynamik der Abstandsregelung reduziert, bei KP-Werten größer als 1.0 wird die Dynamik erhöht. Durch einen KP-Faktor kleiner 1 kann ein mögliches Überschwingen der Abstandsregelung reduziert und bei kleinen Abstandsfehlern die Regelung beruhigt werden. [ab V2.11.2809.06 bzw. V3.1.3079.06]
I_TN=..	Nachstellzeit des Integral-Anteils des PID-Reglers in [s]. Die Nachstellzeit gibt an, nach welcher Zeit der P- und I-Anteil der Stellgröße gleich groß sind. Die Parametrierung kann nach Vorbild von P-AXIS-00764 [▶ 72] durchgeführt werden. Der Wertebereich ist auf $0.0 \leq I_TN \leq 50.0$ beschränkt. Eine große Nachstellzeit führt zu einer robusteren Regelung. Je kleiner die Nachstellzeit, desto stärker der I-Anteil und desto schneller die Regelung. Eine kleine Nachstellzeit regt Überschwingen stärker an. [ab V2.11.2809.06 bzw. V3.1.3079.06]
D_TV=..	Vorhaltezeit des Differential-Anteils des PID-Reglers in [s]. Die Vorhaltezeit gibt an, nach welcher Zeit der P- und D-Anteil der Stellgröße gleich groß sind. Die Parametrierung kann nach Vorbild von P-AXIS-00765 [▶ 73] durchgeführt werden. Der Wertebereich ist auf $0.0 \leq D_TV \leq 2.0$ beschränkt. Je größer die Vorhaltezeit, desto stärker der D-Anteil. [ab V2.11.2809.06 bzw. V3.1.3079.06]
FILTER_TYPE=..	Filtertyp für die Filterung der Geberwerte gemäß P-AXIS-00782 [▶ 74]. [ab V3.1.3079.23]
N_CYCLES=..	Anzahl der Messwerte, die für die Filterung verwendet werden gemäß P-AXIS-00413 [▶ 58]. [ab V3.1.3079.23]
FG_F0=..	Grenzfrequenz für den Tiefpassfilter in [Hz] gemäß P-AXIS-00508. [ab V3.1.3079.23]
ORDER=..	Ordnung des Tiefpassfilters gemäß P-AXIS-00507. [ab V3.1.3079.23]
SMOOTH_FACT=..	Glättungsfaktor des exponentiellen Mittelwertfilters gemäß P-AXIS-00784. Gibt die Gewichtung des aktuellen Messwertes an.
KALMAN_SIGMA=..	Unsicherheit der aufgenommenen Messwerte gemäß P-AXIS-00783 [▶ 75]. [ab V3.1.3079.23]
\	Trennzeichen ("Backslash") für übersichtliche Programmierung des Befehls über mehrere Zeilen.



Hinweis

Eine bei Programmende noch aktive Abstandsregelung wird nicht automatisch abgewählt.
Bei Reset oder Achsfehler wird eine aktive Abstandsregelung immer automatisch ausgeschaltet.



Hinweis

Die Parameter des PID-Reglers werden nach Programmende nicht zurückgesetzt.



Programmierbeispiel

Programmierbeispiele zur Abstandsregelung

```

%DIST_1
;Erwartete Position der Werkstückoberfläche setzen
N10 Z[DIST_CTRL SET_POS=30]
N20 Z[DIST_CTRL ON]           ;Anwahl
; ...
Nxx Z[DIST_CTRL OFF]         ;Abwahl
N999 M30

%DIST_2
;Anwahl + erwartete Position der Werkstückoberfläche setzen
N10 Z[DIST_CTRL ON SET_POS=30]
; ...
Nxx Z[DIST_CTRL FREEZE]      ;Position halten
; ...
Nxx Z[DIST_CTRL OFF]         ;Abwahl
N999 M30

%DIST_3
;Anwahl + erwartete Position der Werkstückoberfläche setzen
N10 Z[DIST_CTRL ON SET_POS=50]

;Abstandsregelung ausschalten, die Z-Achse bewegt sich dabei nicht
Nxx Z[DIST_CTRL OFF NO_MOVE]
;Der entstandene Korrekturoffset wird beim Fahren auf die Zielposition
;100 mit berücksichtigt
Nxx G0 Z100
N999 M30

%DIST_4
;Setzen der Abstandsparameter
N10 Z[DIST_CTRL SET_POS=30]
;Anwahl bei Vorgabe der Position der Werkstückoberfläche (SET_POS)
N20 Z[DIST_CTRL ON]
; ...
Nxx Z[DIST_CTRL OFF]         ;Abwahl
  
```

```

; ...
;Anwahl bei Vorgabe der Werkstückoberfläche (SET_DIST)
Nxx Z[DIST_CTRL SET_DIST=10]
Nxx Z[DIST_CTRL ON CONST_DIST]
; ...
Nxx Z[DIST_CTRL OFF]           ;Abwahl
N999 M30

%DIST_5
;Auswahl des Filtertyps
N10Z[DIST_CTRL FILTER_TYPE=KALMAN_MA]
;Parametrierung des Filters
N20 Z[DIST_CTRL N_CYCLES=30 KALMAN_SIGMA=1000]
;Überprüfen der Filterwirkung auf das Sensorsignal
N30 Z[DIST_CTRL DRYRUN]
;...
;Parametrieren des PID-Reglers
Nxx Z[DIST_CTRL KP=0.3 I_TN=0 D_TV=0.01]
;Aktivieren der Abstandsregelung
Nxx Z[DIST_CTRL ON CONST_DIST SET_DIST=1]
; ...
;Wechsel des Filters
Nxx Z[DIST_CTRL FILTER_TYPE=KALMAN_EXPO SMOOTH_FACT=0.3]
; ...
Nxx Z[DIST_CTRL OFF]           ;Abwahl
N999 M30

```

7 Verschiedene Optionen der Abstandsregelung

7.1 Option: Verwendung des Abstandssensors und Motorgebers



Versionshinweis

Diese Option steht ab der CNC-Version V2.11.2804.02 zur Verfügung.

Abstandssensor

Normalerweise wird der Abstand rein aus dem Abstandssensor ermittelt. Die Istposition der Z-Achse fließt hier nicht ein.

Abweichung = Sollabstand - Sensorwert

$$\Delta d = d_{\text{Soll}} - d_{\text{Ist}} \quad (\text{Regler}_{\text{DistCtrl}}: Z_{\text{Offset},i} = Z_{\text{Offset},i-1} + \Delta d)$$

$$d_{\text{Ist}} = \text{Filter}(d'_{\text{Ist}})$$

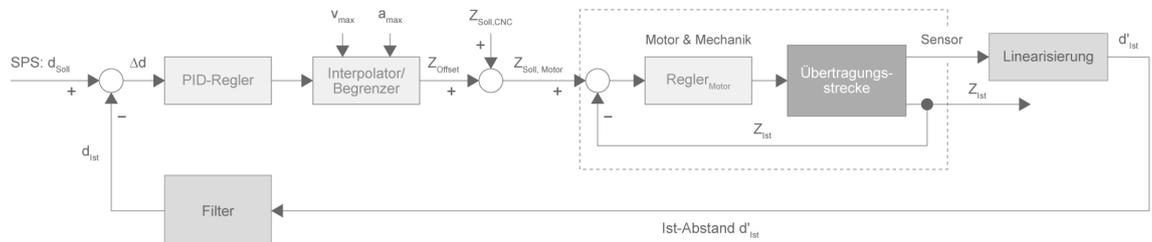


Abb. 29: Blockschaltbild der Abstandsregelung mit Abstandssensor

Abstandssensor und Motorgeber

Als Erweiterung kann sowohl der Abstandssensor als auch der Z-Istwert Sensor herangezogen werden. Die inverse Kopplung der beiden Geber (Motor, Abstand) führt im Allgemeinen zu einer Reduzierung der Schwingungsneigung.

Abweichung = Sollabstand - Sensorwert

$$\Delta d = d_{\text{Soll}} - d_{\text{Ist}} \quad (Z_{\text{Offset},i} = Z_{\text{Offset},i-1} + d\varepsilon)$$

$$d'_{\text{Ist}} = \text{Filter}(d'_{\text{Ist}} + Z_{\text{Ist}} - Z_{\text{Soll}}) = \text{Filter}(d'_{\text{Ist}} - \Delta Z)$$

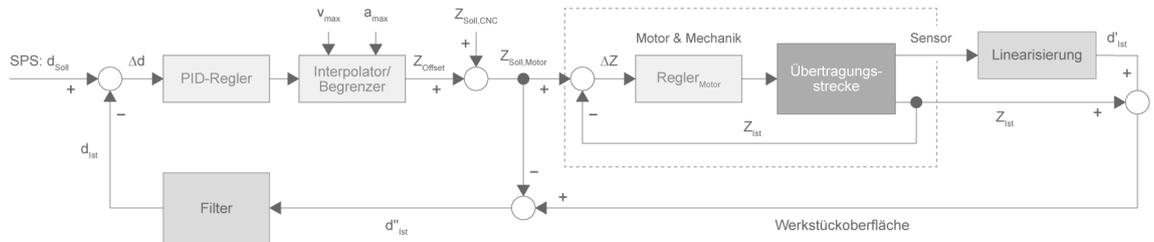


Abb. 30: Blockschnittbild mit Abstandssensor und Motorgeber



Beispiel

Parameterbeispiel

```
kenngr.distc.mode_dist_use_both_encoder 1 # Motor & Abstandsgeber aktiv
```

7.2 Option: Gewichtung der Beschleunigung in Abhängigkeit des Abstandsfehlers



Versionshinweis

Diese Option steht ab der CNC-Version V2.11.2804.02 zur Verfügung.

Beschleunigungsgewichtung

Um die Schwingungsanregung bei kleinen Abweichungen zu verringern, kann die Beschleunigung in Abhängigkeit der Abweichung reduziert werden.

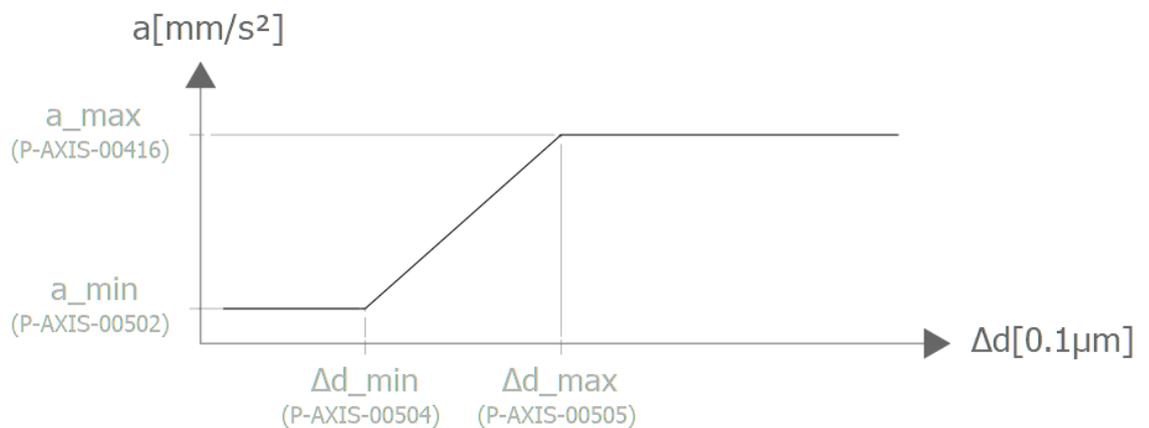


Abb. 31: Distanzabhängige Gewichtung der Beschleunigung



Beispiel

Parameterbeispiel

kenngr.distc.use_adaptive_acceleration	1	# adaptive Beschleunigung aktiv
kenngr.distc.a_min	1000	# [mm/s*s] Min. Beschleunigung
kenngr.distc.a_max	10000	# [mm/s*s] Max. Beschleunigung
kenngr.distc.dist_error_a_min	250	# [0.1 μm] Min. Abstandsfehler
kenngr.distc.dist_error_a_max	500	# [0.1 μm] Max. Abstandsfehler

7.3 Option: Totzeitreduktion



Versionshinweis

Diese Option steht ab der CNC-Version V2.11.2804.02 zur Verfügung.

Totzeitreduktion

Durch ein geändertes Scheduling in der CNC kann die Ausgabe der Abstandsregelung um einen CNC-Takt verbessert werden. Diese Einstellung wird generell empfohlen.



Beispiel

Parameterbeispiel

```
kenngr.distc.optimized_scheduling 1 # Scheduling aktiv
```

7.4 Option: Dynamikgewichtung der Senkbewegung



Versionshinweis

Diese Option steht ab der CNC-Version V2.11.2807.13 zur Verfügung.

Dynamikgewichtung der Senkbewegung

Mit der Option „Dynamikgewichtung der Senkbewegung“ kann für die Senkbewegung (in Richtung Werkstück) die verwendete Geschwindigkeit und Beschleunigung reduziert werden. Für die Hebebewegung wird i.A. eine hohe Dynamik verwendet, um Hindernissen oder Erhebungen schnell ausweichen zu können. Mit der Gewichtung kann die Dynamik der Senkbewegung gegenüber der Hebebewegung reduziert werden, um die Annäherung an das Werkstück langsamer durchzuführen.

Diese Option kann auch mit der Option „Gewichtung der Beschleunigung in Abhängigkeit des Abstandsfehlers“ kombiniert werden.

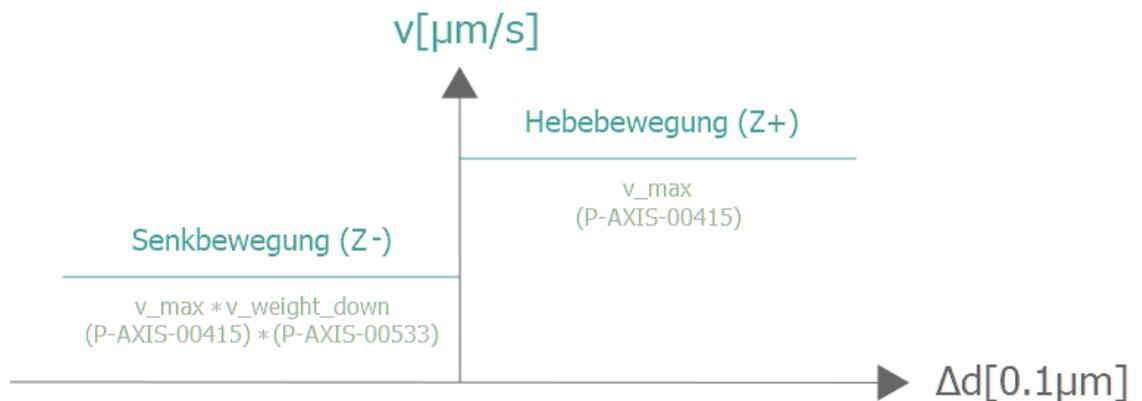


Abb. 32: Reduktion der Geschwindigkeit durch Dynamikgewichtung der Senkbewegung

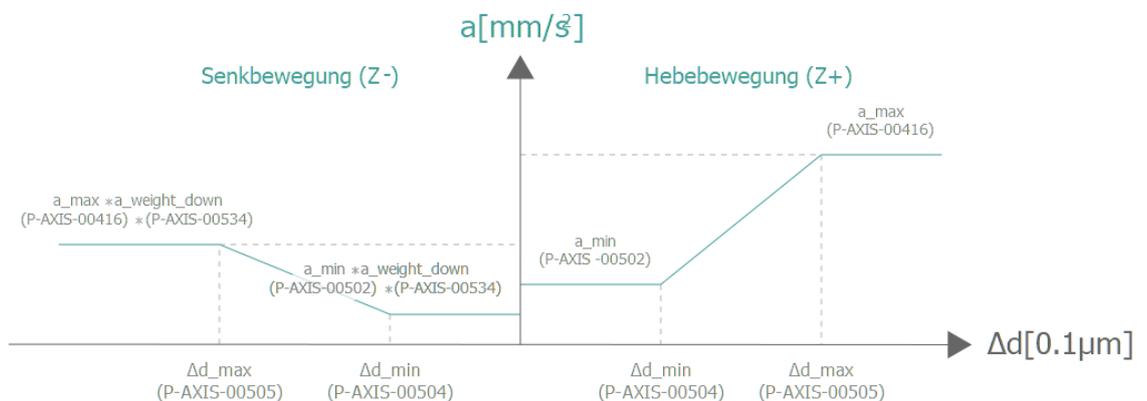


Abb. 33: Reduktion der Beschleunigung durch Dynamikgewichtung der Senkbewegung



Beispiel

Parameterbeispiel

```
kenngr.distc.v_weight_down      500      # Senkbewegung mit 50% Geschwindigkeit  
                                von P-AXIS-00415  
kenngr.distc.a_weight_down      300      # Senkbewegung mit 30% Beschleunigung  
                                von P-AXIS-00416
```

7.5 Anzeige der Parameter

Für die Inbetriebnahme der Abstandsregelung ist es sinnvoll einige Werte beispielsweise mithilfe des ISG-Objektbrowsers aufzuzeichnen.

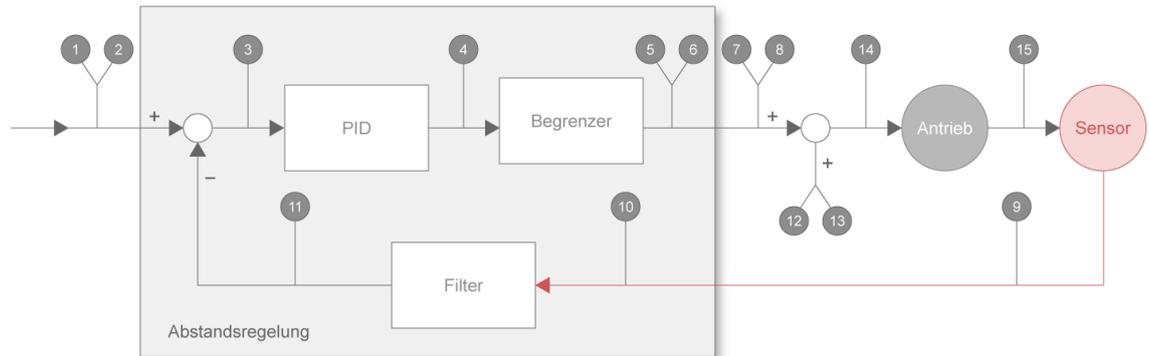


Abb. 34: Achsspezifische CNC-Objekte im Lageregelkreis

Nummer	Bezeichnung des CNC-Objekts
1	DIST_CTRL::set_pos [▶ 78]
2	DIST_CTRL::set_distance [▶ 78]
3	DIST_CTRL::target_deviation [▶ 82]
4	DIST_CTRL::delta_deviation_pre_limiter [▶ 82]
5	DIST_CTRL::m_actual_offset [▶ 77]
6	DIST_CTRL_IFC::sloped_delta_deviation [▶ 77]
7	DIST_CTRL_IFC::actual_offset [▶ 84]
8	DIST_CTRL_IFC::delta_offset [▶ 84]
9	DIST_CTRL::sensor_value [▶ 83]
10	DIST_CTRL::feedback_value [▶ 82]
11	DIST_CTRL>::filtered_feedback [▶ 81]
12	m_sollw_absolut (Achsspezifisch)
13	sollw_absolut (Achsspezifisch)
14	dig cmd pos high_res (Achsspezifisch)
15	dig act pos (Achsspezifisch)

Die bisherigen achsspezifischen CNC-Objekte sind weiterhin verfügbar.

7.6 Ändern der Parameter

Einige Parameter der Abstandsregelung können auch über CNC-Objekte geändert werden.

Die dafür vorgesehenen Objekte sind in der Task GEO und lauten:

Name	Typ	Einheit	Index-Group	Index-Offset
DIST_CTRL_PARAM[0]::v_max [▶ 83]	SGN32	µm/s	0x120300	0x13500 (*)
DIST_CTRL_PARAM[0]::a_max [▶ 83]	SGN32	mm/s ²	0x120300	0x13501 (*)
DIST_CTRL::kp [▶ 79]	REAL64	-	0x120300	0x13106(*)
DIST_CTRL::i_tn [▶ 79]	REAL64	s	0x120300	0x13107(*)
DIST_CTRL::d_tv [▶ 79]	REAL64	s	0x20300	0x13108(*)

(*) für die erste Achse, ansonsten + 0x10000 * achs_index (z.B. 0x30152 für die 3. Achse)



Hinweis

Zu beachten ist dabei, dass die neuen Werte aus Sicherheitsgründen nur bei den folgenden Transitionen in die internen Arbeitsdaten der Abstandregelung übernommen und wirksam werden:

1. vom Zustand INACTIVE nach ACTIVE oder
2. vom Zustand FREEZE nach ACTIVE

Die Parameter können direkt aus dem ISG Objekt-Browser geändert werden. Alle schreibfähigen Parameter sind farbig unterlegt

Nr	Gruppe	Offset	Bezeichner	Datentyp	Länge	Einheit	Wert
529	0x120300	0x33000	DIST_CTRL_IFC::a_max_int	REAL64	8	0.1 µm/s ²	1000000...
530	0x120300	0x33001	DIST_CTRL_IFC::slope_delta_abweichung	SGN64	8	0.01 nm	0
531	0x120300	0x33100	DIST_CTRL::actual_offset	SGN64	8	Incr.	0
532	0x120300	0x33102	DIST_CTRL::v_max_int	REAL64	8	0.1 µm/s	50000000
533	0x120300	0x33103	DIST_CTRL::set_distance	SGN64	8	0.01 nm	0
534	0x120300	0x33104	DIST_CTRL::set_pos	SGN64	8	0.01 nm	0
535	0x120300	0x33105	DIST_CTRL::state	UNS32	4	-	0
536	0x120300	0x33106	DIST_CTRL::kp	REAL64	8	-	0.3
537	0x120300	0x33107	DIST_CTRL::i_tn	REAL64	8	s	0
538	0x120300	0x33108	DIST_CTRL::d_tv	REAL64	8	s	0.01
539	0x120300	0x33109	DIST_CTRL::smoothing_fact	REAL64	8	-	0,05
540	0x120300	0x3310A	DIST_CTRL::kaiman_sigma	REAL64	8	-	2000
541	0x120300	0x3310B	DIST_CTRL::n_cycles	SGN32	4	-	20
542	0x120300	0x3310C	DIST_CTRL::skip_dist_ctrl	BOOLEAN	1	-	False
543	0x120300	0x3310D	DIST_CTRL::filter_type	STRING	30	-	'MOVIN...
544	0x120300	0x3310E	DIST_CTRL::max_dist_change	REAL64	8	0.1 µm	1000
545	0x120300	0x3310F	DIST_CTRL::istw_filt	SGN64	8	Incr.	0
546	0x120300	0x33110	DIST_CTRL::sensor_data	SGN64	8	Incr.	0
547	0x120300	0x33111	DIST_CTRL::deviation	SGN64	8	0.01 nm	0
548	0x120300	0x33112	DIST_CTRL::delta_abweichung_pre_slope	SGN64	8	0.01 nm	0
549	0x120300	0x33500	DIST_CTRL_PARAM[0]::v_max	SGN32	4	µm/s	500000
550	0x120300	0x33501	DIST_CTRL_PARAM[0]::a_max	SGN32	4	mm/s ²	100000

8 SPS-Schnittstelle

8.1 Zustände und Transitionen der Abstandsregelung

Alternative Beauftragung über SPS-Schnittstelle

Grundsätzliche Voraussetzung: Abstandsregelung für die Achse ist freigeschaltet (s. P-Axis-00328).

Zusätzlich zum NC-Programm kann die Abstandsregelung auch über die SPS-Schnittstelle (s. [HLI//Abstandsregelung]) beauftragt werden, in dem über die Control-Unit DistanceControl die gewünschten Zustandstransitionen (z.B. Ein- oder Ausschalten) und Sollpositionen vorgegeben werden.

Der aktuelle Zustand der Abstandsregelung kann im Status der Control-Unit DistanceControl abgelesen werden. Zusätzlich sind im Status der Control-Unit auch die aktuelle Istposition der Werkstückoberfläche, der aktuelle Abstand, die aktive Quelle der Beauftragung (0=NC-Programm, 1=SPS) und der gerade ausgegebene Positionsoffset enthalten.

Erläuterung zur Abbildung:

Die Abstandsregelung verfügt über 6 interne Zustände, die in folgender Abbildung zusammen mit den zulässigen Transitionen dargestellt sind. Transitionen, wie z.B. ein Übergang in den Fehlerzustand, erfolgen automatisch und können nicht kommandiert werden.

Ein Wechsel der Zustände „Active“ und „Active constant Distance“ ist nur über die Zustände „Freeze“ oder „Inactive“ erlaubt.

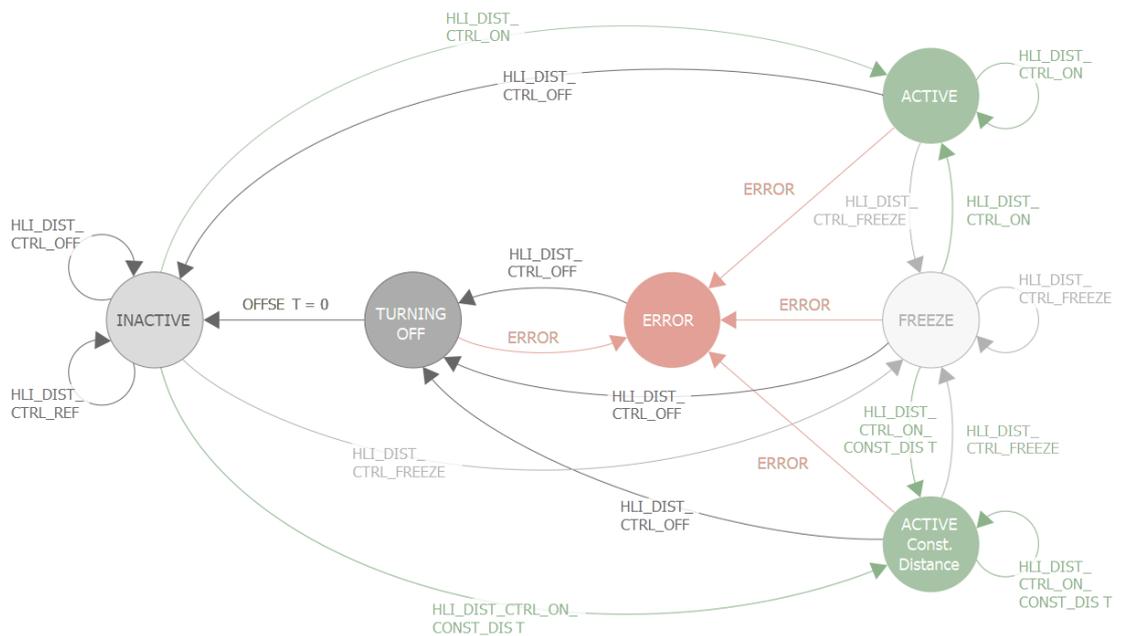


Abb. 35: Zustandsgraph und Transitionen der Abstandsregelung

Definierte Zustände der Abstandsregelung

Zustand	Wert	Bedeutung
HLI_DIST_CTRL_STATE_INACTIVE	0	Die Abstandsregelung ist deaktiviert. Der ausgegebene Offset („actual_offset“) ist Null.
HLI_DIST_CTRL_STATE_ACTIVE	1	Die Abstandsregelung ist aktiv und führt die Achse der Werkstückoberfläche nach.
HLI_DIST_CTRL_STATE_FREEZE	2	Die Abstandsregelung ist aktiv. Der Offset („actual_offset“) ist eingefroren d.h. ein nachführen der Achse an die Werkstückoberfläche erfolgt nicht.
HLI_DIST_CTRL_STATE_TURNING_OFF	3	Die Abstandsregelung wurde ausgeschaltet. Der aktuell wirksame Offset („actual_offset“) wird ausgefahren. Sobald er Null ist, wird automatisch in den Zustand INACTIVE gewechselt.
HLI_DIST_CTRL_STATE_ACTIVE_CONST_DIST	4	Die Abstandsregelung ist aktiv und führt die Achse der realen Werkstückoberfläche nach. Kontinuierliche Vorgabe des Sollabstandes des Werkzeugs zur Werkstückoberfläche.
HLI_DIST_CTRL_STATE_ERROR	5	Die Abstandsregelung befindet sich im Fehlerzustand z.B. auf Grund einer fehlerhaften Zustandstransition oder durch einen Fehler im Lageregler. Aus diesem Zustand ist nur eine Transition nach TURNING OFF möglich.
HLI_DIST_CTRL_STATE_DRYRUN_CONST_DIST	6	Die Abstandsregelung ist aktiv, die Achse wird jedoch nicht der Werkstückoberfläche nachgeführt. Dies ermöglicht das Auswerten von Daten, wie zum Beispiel der Filterwirkung, ohne Rückkopplung durch die Regelung. Kontinuierliche Vorgabe des Sollabstandes des Werkzeugs zur Werkstückoberfläche.
HLI_DIST_CTRL_STATE_DRYRUN_SETPOS	7	Die Abstandsregelung ist aktiv, die Achse wird jedoch nicht der Werkstückoberfläche nachgeführt. Dies ermöglicht das Auswerten von Daten, wie zum Beispiel der Filterwirkung, ohne Rückkopplung durch die Regelung.

Zulässige Transitionen zur Kommandierung der Abstandsregelung

Transition	Wert	Bedeutung
HLI_DIST_CTRL_OFF	0	Ausschalten der Abstandsregelung. Es wird in den Zustand TURNING OFF gewechselt, in dem der Positionsoffset ausgefahren wird. Anschließend wird automatisch in den Zustand INACTIVE umgeschaltet.
HLI_DIST_CTRL_ON	1	Einschalten der Abstandsregelung. Beim Einschalten muss eine Sollposition für die Werkstückoberfläche im Datum „position“ übergeben werden. Falls kein Absolutgeber verwendet wird, muss die Abstandsregelung vorab referenziert werden.
HLI_DIST_CTRL_FREEZE	2	Einfrieren des aktuellen Positionsoffsets. Das Nachführen der Achse an die tatsächliche Werkstückoberfläche wird beendet.
HLI_DIST_CTRL_REF	3	Referenzieren der Abstandsregelung, falls kein Absolutgeber verwendet wird. Ein Referenzieren ist nur im Zustand INACTIVE erlaubt. Bei dieser Transition muss zusätzlich eine Referenzposition im Datum „position“ mit übergeben werden.
HLI_DIST_CTRL_ON_CONST_DIST	4	Einschalten der Abstandsregelung mit kontinuierlicher Vorgabe des Abstandes. Beim Einschalten muss ein Sollabstand vorgegeben werden. Falls der Abstandssensor keine Absolutwerte liefert, muss die Abstandsregelung vorab referenziert werden.
HLI_DIST_CTRL_DRYRUN	5	Einschalten der Abstandsregelung für die reine Auswertung von Daten. Kein Nachführen der Achse bei Änderungen der Werkstückoberfläche! Beim Einschalten muss eine Sollposition für die Werkstückoberfläche im Datum „position“ übergeben werden. Falls kein Absolutgeber verwendet wird, muss die Abstandsregelung vorab referenziert werden.
HLI_DIST_CTRL_CONST_DIST	6	Einschalten der Abstandsregelung für die reine Auswertung von Daten. Kein Nachführen der Achse bei Änderungen der Werkstückoberfläche! Beim Einschalten muss ein Sollabstand vorgegeben werden. Falls der Abstandssensor keine Absolutwerte liefert, muss die Abstandsregelung vorab referenziert werden.

8.2 Steuerkommandos für die Abstandsregelung

Beauftragung der Abstandsregelung	
Beschreibung	Über diese Control Unit kann die Abstandsregelung der Achse beeinflusst werden. Voraussetzung ist, dass die Funktionalität der Abstandskontrolle in den Achsparametern angewählt ist (s. P-AXIS-00328).
Datentyp	MC_CONTROL_DISTANCE_CONTROL, s. Beschreibung Control Unit mit Verbrauchskontrolle
Zugriff	PLC liest state_r und schreibt command_w + enable_w
ST-Pfad	gpAx[axis_idx]^..lr_mc_control.distance_control
Flusskontrolle der kommandierten Werte	
ST-Element	.command_semaphore_rw
Signalfluss	PLC → CNC
Datentyp	BOOL
Besonderheiten	Verbrauchsdatum
Zugriff	CNC übernimmt die kommandierten Werte, wenn dieses Element den Wert TRUE besitzt. Nach erfolgreicher Übernahme setzt die CNC diesen Wert auf FALSE. PLC setzt dieses Element auf TRUE, wenn die kommandierten Werte zur Übernahme durch die CNC freigegeben werden. Eine Aktualisierung der kommandierten Werte durch die PLC kann nur dann erfolgen, wenn dieses Element den Wert FALSE besitzt.
Kommandierte Werte	
ST-Element	.command_w
Signalfluss	PLC → CNC
Datentyp	HLI_DISTANCE_CONTROL_COMMAND
Zugriff	PLC schreibt
Zustand der Abstandsregelung	
ST-Element	.state_r
Signalfluss	CNC → PLC
Datentyp	HLI_DISTANCE_CONTROL_STATE
Zugriff	PLC liest
Umleitung	
ST-Element	.enable_w

Status der Abstandsregelung	
Beschreibung	In diesem Eintrag kann der Zustand der Abstandsregelung gelesen werden.
Signalfluss	PLC → CNC
Datentyp	HLI_DISTANCE_CONTROL_STATE
ST-Pfad	gpAx[axis_idx]^^.lr_mc_control.distance_control.state_r
Zugriff	PLC liest
Elemente des Datentyps	
Element	.actual_state
Datentyp	UDINT
Zugriff	PLC liest
Wertebereich/ Beschreibung	Siehe Tabelle: Zustände und Transitionen der Abstandsregelung [▶ 49]
Element	.actual_position
Datentyp	DINT
Einheit	0,1 µm bzw. 0,0001°
Zugriff	PLC liest
Beschreibung	Dieses Datum zeigt die aktuelle Istposition der Werkstückoberfläche an, die die Abtastregelung ermittelt hat.
Besonderheiten	Dieses Datum wird nur versorgt, falls in den Achsparametern die Abstandsregelung aktiviert ist (s. P-AXIS-00328).
Element	.actual_offset
Datentyp	DINT
Einheit	0,1 µm bzw. 0,0001°
Zugriff	PLC liest
Beschreibung	Dieses Datum zeigt den aktuellen Positionsoffset der Abstandsregelung, um den die Achse auf Grund von Abweichungen zwischen der tatsächlichen Werkstückoberfläche und der vorgegebenen Position (SET_POS) verschoben wurde. Im stationären Zustand (konstante Werkstückoberfläche und Positionsoffset komplett ausgefahren) gilt: Positionsoffset = SET_POS – actual_position
Besonderheiten	Dieses Datum wird nur versorgt, falls in den Achsparametern die Abstandsregelung aktiviert ist (s. P-AXIS-00328).

Kommando für die Abstandsregelung	
Beschreibung	In diesem Eintrag kann die Abstandsregelung beauftragt werden.
Signalfluss	PLC → CNC
Datentyp	HLI_DISTANCE_CONTROL_COMMAND
ST-Pfad	gpAx[axis_idx]^lr_mc_control.distance_control. command_w
Zugriff	PLC schreibt
Elemente des Datentyps	
ST-Element	.transition
Datentyp	UDINT
Wertebereich/ Beschreibung	Siehe Tabelle- Zulässige Transitionen zur Kommandierung der Abstandsregelung [► 51]
ST-Element	.position
Datentyp	DINT
Wertebereich	[DINT_MIN, DINT_MAX]
Beschreibung	Die Bedeutung ist abhängig von der kommandierten Transition: HLI_DIST_CTRL_ON: Sollposition der Werkstückoberfläche (SET_POS) HLI_DIST_CTRL_REF: Referenzposition der Werkstückoberfläche (REF_POS)

Zyklisches Kommando für die Abstandsregelung	
Beschreibung	In diesem Eintrag werden zyklische Sollwerte (Position Werkstückoberfläche oder Sollabstand) vorgegeben.
Signalfluss	PLC → CNC
Datentyp	HLIDistanceControlCyclicCommand
ST-Pfad	pAC[axis_idx]^^.addr^.McControlLr_Data.MCControl_DistanceControl. CyclicCommand
Zugriff	PLC schreibt
Elemente des Datentyps	
ST-Element	.D_Position
Datentyp	DINT
Wertebereich	[DINT_MIN, DINT_MAX]
Beschreibung	Die Bedeutung ist abhängig von der kommandierten Transition: HLI_DIST_CTRL_ON: Sollposition der Werkstückoberfläche (SET_POS) HLI_DIST_CTRL_REF: Referenzposition der Werkstückoberfläche (REF_POS)
ST-Element	.D_Distance
Datentyp	DINT
Wertebereich	[DINT_MIN, DINT_MAX]
Beschreibung	Vorgabe des Abstands zur Werkstückoberfläche nach Anwahl durch die Transition HLI_DIST_CTRL_ON_CONST_DIST.

9 Parameter

9.1 Übersicht

ID	Parameter	Beschreibung
P-AXIS-00328	lr_param.distance_control_on	Freischalten der Funktionalität Abstandsregelung
P-AXIS-00414	kenngr.distc.max_deviation	Maximal zulässiger Korrekturwert [0.1 µm]
P-AXIS-00415	kenngr.distc.v_max	Maximal zulässige Geschwindigkeit für die Abstandsregelung [µm/s]
P-AXIS-00416	kenngr.distc.a_max	Maximal zulässige Beschleunigung für die Abstandsregelung [mm/s ²]
P-AXIS-00417	kenngr.distc.max_act_value_change	Maximal zulässiger Sprung des Abtastsignals innerhalb eines Taktes [0.1 µm/Takt]
P-AXIS-00418	kenngr.distc.ref_offset	Offset zum Referenzpunkt
P-AXIS-00419	kenngr.distc.max_pos	Obere Grenze des Sensors
P-AXIS-00420	kenngr.distc.min_pos	Untere Grenze des Sensors
P-AXIS-00421	kenngr.distc.tolerance	Toleranzband
P-AXIS-00428	kenngr.distc.check_sw_limit_switch	Berücksichtigen des berechneten Offsets der Abstandsregelung in der Software-Endschalter-überwachung
P-AXIS-00500	kenngr.distc.mode_dist_use_both_encoder	Option Abstandssensor und Motorgeber
P-AXIS-00501	kenngr.distc.use_adaptive_acceleration	Option Gewichtung der Beschleunigung in Abhängigkeit des Abstandsfehlers
P-AXIS-00502	kenngr.distc.a_min	
P-AXIS-00416	kenngr.distc.a_max	
P-AXIS-00504	kenngr.distc.dist_error_a_min	
P-AXIS-00505	kenngr.distc.dist_error_a_max	
P-AXIS-00509	kenngr.distc.optimized_scheduling	Option Totzeitreduktion
P-AXIS-00533	kenngr.distc.v_weight_down	Option Dynamikgewichtung der Senkbewegung
P-AXIS-00534	kenngr.distc.a_weight_down	

ID	Parameter	Beschreibung
P-AXIS-00422	lr_hw[1].encoder_resolution_num	Wegauflösung des Sensormesssystems (Zähler) [Inkmente]
P-AXIS-00423	lr_hw[1].encoder_resolution_denom	Wegauflösung des Sensormesssystems (Nenner) [0.1 µm]
P-AXIS-00230	lr_hw[1].vz_istw	Vorzeichenumkehr der Sensoristwerte
P-AXIS-00424	lr_hw[1].mode_act_pos	Festlegen des Sensorwertebereichs: Linearer Maßstab oder Modulobehandlung der Sensorwerte

P-AXIS-00759	kenngr.distc.kp	Gewichten der Ausgabewerte der Abstandregelung
P-AXIS-00764	kenngr.distc.i_tn	Nachstellzeit des Integral-Anteils des PID-Reglers
P-AXIS-00765	kenngr.distc.d_tv	Vorhaltezeit des Differential-Anteils des PID-Reglers
P-AXIS-00782	kenngr.distc.filter_type	Glättung der Sensordaten
P-AXIS-00507	kenngr.distc.low_pass_filter_order	
P-AXIS-00508	kenngr.distc.low_pass_filter_fg_f0	
P-AXIS-00413	kenngr.distc.n_cycles	
P-AXIS-00783	kenngr.distc.kalman_sigma	
P-AXIS-00784	kenngr.distc.smoothing_factor	

9.2 Beschreibung

P-AXIS-00328	Freischaltung der Abstandsregelung (Getastete Spindel)	
Beschreibung	Der Parameter ermöglicht die Freischaltung der Abstandsregelung für eine getastete Spindel. Die Aktivierung erfolgt über einen speziellen Befehl im NC-Programm [PROG//Kapitel 'Getastete Spindeln'].	
Parameter	lr_param.distance_control_on	
Datentyp	BOOLEAN	
Datenbereich	0/1	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: ----	R: ----
Standardwert	0	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen		

P-AXIS-00413	Filterung der Geberwerte	
Beschreibung	Die Geberwerte sind unter Umständen verrauscht. Um die Anregung der Maschine niedrig zu halten, können die Sollwerte zur Abstandsregelung über einen Filter geglättet werden. Der Parameter gibt die Anzahl der Werte an, über die gefiltert wird.	
Parameter	kenngr.dist_ctrl[i].n_cycles (mit i=0)	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	$0 \leq n_cycles < 100$	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: ----	R: ----
Standardwert	4	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44 Aus Kompatibilitätsgründen ist auch der Parameter kenngr.distc.n_cycles weiterhin verfügbar.	

P-AXIS-00414	Maximaler Positionsoffset	
Beschreibung	Der Korrekturwert der Achse, der über die Abstandsregelung berechnet wurde, darf dieses Maschinendatum nicht überschreiten. Wird dieser Wert überschritten, wird eine Fehlermeldung ausgegeben. Der Korrekturwert wird begrenzt.	
Parameter	kenngr.dist_ctrl[i].max_deviation (mit i=0)	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	$0 \leq \text{max_deviation} < \text{MAX}(\text{SGN32})$	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: 0.1µm	R: 0.0001°
Standardwert	50000	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44 Aus Kompatibilitätsgründen ist auch der Parameter <code>kenngr.distc.max_deviation</code> weiterhin verfügbar.	

P-AXIS-00415	Maximale Geschwindigkeit	
Beschreibung	Der Parameter definiert die maximale Geschwindigkeit, mit der ein Positionsoffset ausgefahren wird. Die Korrektur des Abstandes wird dynamisch bzgl. der maximalen Geschwindigkeit begrenzt, um die resultierende Anregung zu begrenzen.	
Parameter	kenngr.dist_ctrl[i].v_max (mit i=0)	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	$0 \leq \text{v_max} < \text{MAX}(\text{SGN32})$	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: 0.001 mm/s	R: 0.001°/s
Standardwert	5000	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44 Aus Kompatibilitätsgründen ist auch der Parameter <code>kenngr.distc.v_max</code> weiterhin verfügbar.	

P-AXIS-00416	Maximale Beschleunigung	
Beschreibung	Der Parameter definiert die maximale Beschleunigung, mit der ein Positionsoffset ausgefahren wird. Die Korrektur des Abstandes wird dynamisch bzgl. der maximalen Beschleunigung begrenzt, um die resultierende Anregung zu begrenzen. Falls keine Beschleunigung angegeben ist, wird automatisch die maximale Achsbeschleunigung verwendet (siehe P-AXIS-00008).	
Parameter	kenngr.dist_ctrl[i].a_max (mit i=0)	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	$0 \leq a_max < \text{MAX}(\text{SGN32})$	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: 1 mm/s ²	R: 1°/s ²
Standardwert	0	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen	<p>Wenn der Parameter den Wert 0 hat wird die maximale Achsbeschleunigung P-AXIS-00008 verwendet.</p> <p>Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44 Aus Kompatibilitätsgründen ist auch der Parameter <code>kenngr.distc.a_max</code> weiterhin verfügbar.</p>	

P-AXIS-00417	Maximale Änderungsgeschwindigkeit des gemessenen Abstandes	
Beschreibung	Der Parameter definiert die maximal zulässige Änderungsgeschwindigkeit des gemessenen Abstandes. Nach Einschalten der Abstandsregelung werden die Istwerte des Sensors bzgl. ihrer Änderungsgeschwindigkeit überwacht. Bei Überschreiten der maximal zulässigen Änderungsgeschwindigkeit wird die Fehlermeldung ID 70329 ausgegeben. Dadurch können Probleme bei der Istwerterfassung detektiert werden.	
Parameter	kenngr.dist_ctrl[i].max_act_value_change (mit i=0)	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	$0 \leq \text{max_act_value_change} < \text{MAX}(\text{SGN32})$	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: µm/s	R: 0.0001°/s
Standardwert	5000	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen	<p>Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44 Aus Kompatibilitätsgründen ist auch der Parameter <code>kenngr.distc.max_act_value_change</code> weiterhin verfügbar.</p>	

P-AXIS-00418	Referenzpunktoffset für Messsystem	
Beschreibung	Der Wertebereich des Sensor-Messsystems kann über dieses Maschinendatum um einen Offset verschoben werden. Dies ist z.B. bei Absolutgebern notwendig, um den Referenzpunkt festzulegen d.h. die Sensorposition, die sich einstellt, falls die Spindel die ideale Werkstückoberfläche berührt.	
Parameter	kenng _r .dist_ctrl[i].ref_offset (mit i=0)	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	MIN(SGN32) ≤ ref_offset < MAX(SGN32)	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: 0.1µm	R: 0.0001°
Standardwert	0 (No offset)	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44 Aus Kompatibilitätsgründen ist auch der Parameter kenng _r .distc.ref_offset weiterhin verfügbar.	

P-AXIS-00419	Obere Grenze für Messsystem	
Beschreibung	Der Parameter definiert die obere Grenze des Sensorgebers. Wird diese bei aktiver Abstandsregelung überschritten, wird eine Fehlermeldung ausgegeben.	
Parameter	kenng _r .dist_ctrl[i].max_pos (mit i=0)	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	0 ≤ max_pos < MAX(SGN32)	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: 0.1µm	R: 0.0001°
Standardwert	50000	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44 Aus Kompatibilitätsgründen ist auch der Parameter kenng _r .distc.max_pos weiterhin verfügbar.	

P-AXIS-00420	Untere Grenze für Messsystem	
Beschreibung	Der Parameter definiert die untere Grenze des Sensorgebers. Wird diese bei aktiver Abstandsregelung unterschritten, wird eine Fehlermeldung ausgegeben.	
Parameter	kenngr.dist_ctrl[i].min_pos (mit i=0)	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	$0 \leq \text{min_pos} < \text{MAX}(\text{SGN32})$	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: 0.1µm	R: 0.0001°
Standardwert	-50000	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44 Aus Kompatibilitätsgründen ist auch der Parameter <code>kenngr.distc.min_pos</code> weiterhin verfügbar.	

P-AXIS-00421	Toleranzband für Grenzwerte	
Beschreibung	Mit diesem Parameter wird ein Mindestabstand zur minimalen und maximalen Sensorposition festgelegt. Wird der gültige Abstand verlassen, so gibt die CNC die Fehlermeldungen ID 70330 oder ID 70576 aus. Falls das Toleranzband mit null angegeben wird wirken die Begrenzungen der minimalen und maximalen Sensorposition aus den Achsparameter P-AXIS-00419 und P-AXIS-00420 direkt.	
Parameter	kenngr.dist_ctrl[i].tolerance (mit i=0)	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	$0 \leq \text{tolerance} < \text{MAX}(\text{SGN32})$	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: 0.1µm	R: 0.0001°
Standardwert	0	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44 Aus Kompatibilitätsgründen sind auch die Parameter <code>kenngr.distc.tolerance</code> und <code>kenngr.distc.toleranz</code> weiterhin verfügbar.	

P-AXIS-00428	Berücksichtigen des Offsets in Softwareendschalterüberwachung	
Beschreibung	Dieser Parameter legt fest, ob der berechnete Offset der Abstandsregelung in der Softwareendschalterüberwachung (s. [FCT-A2]) berücksichtigt wird.	
Parameter	kenng _r .dist_ctrl[i].check_sw_limit_switch (mit i=0)	
Datentyp	BOOLEAN	
Datenbereich	0: Offset der Abstandsregelung wird in Software-Endschalterüberwachung nicht berücksichtigt (Standard). 1: Offset der Abstandsregelung wird in Software-Endschalterüberwachung berücksichtigt.	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: ----	R,S: ----
Standardwert	0	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44 Aus Kompatibilitätsgründen ist auch der Parameter kenng _r .distc.check_sw_limit_switch weiterhin verfügbar.	

P-AXIS-00500	Option: Kopplung von Abstandssensor und Motorgeber	
Beschreibung	Als Erweiterung kann sowohl der Abstandssensor als auch der Z-Istwert Sensor herangezogen werden. Die inverse Kopplung der beiden Geber (Motor, Abstand) kann eine evtl. Schwingungsneigung reduzieren.	
Parameter	kenng _r .dist_ctrl[i].mode_dist_use_both_encoder (mit i=0)	
Datentyp	BOOLEAN	
Datenbereich	0: Keine Kopplung 1: Kopplung von Motorgeber und Abstandsgeber aktiv	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: ----	R: ----
Standardwert	0	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44 Aus Kompatibilitätsgründen ist auch der Parameter kenng _r .distc.mode_dist_use_both_encoder weiterhin verfügbar.	

P-AXIS-00501	Option: Adaptive Beschleunigungsgewichtung	
Beschreibung	Um die Schwingungsanregung bei kleinen Abweichungen zu verringern, kann die Beschleunigung in Abhängigkeit der Abweichung reduziert werden.	
Parameter	kenngr.dist_ctrl[i].use_adaptive_acceleration (mit i=0)	
Datentyp	BOOLEAN	
Datenbereich	0: Keine adaptive Beschleunigungsgewichtung 1: Adaptive Beschleunigungsgewichtung aktiv	
Achsstypen	T, R	
Dimension	T: ----	R: ----
Standardwert	0	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen	Weiterhin sind folgende Grenzwerte für Beschleunigung und Abstandsfehler erforderlich: P-AXIS-00502 bzw. P-AXIS-00416 und P-AXIS-00504 bzw. P-AXIS-00505 Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44 Aus Kompatibilitätsgründen ist auch der Parameter <code>kenngr.distc.use_adaptive_acceleration</code> weiterhin verfügbar.	

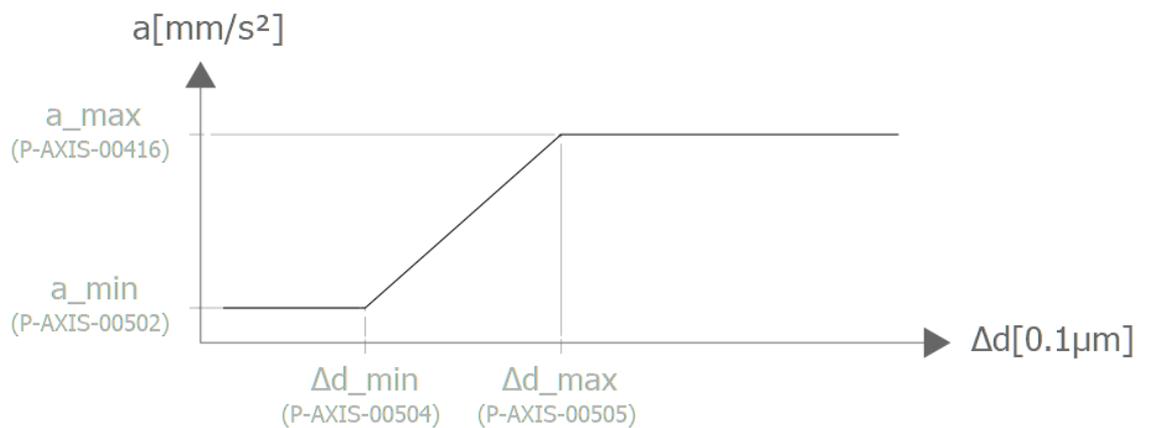


Abb. 36: Ansicht Option Adaptive Beschleunigungsgewichtung

P-AXIS-00502	Minimale Beschleunigung	
Beschreibung	Der Parameter definiert die minimale Beschleunigung bei der Abstandsregelung.	
Parameter	kenngr.dist_ctrl[i].a_min (mit i=0)	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	1 ... MAX (UNS32)	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: mm/s ²	R: mm/s ²
Standardwert	500	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44 Aus Kompatibilitätsgründen ist auch der Parameter kenngr.distc.a_min weiterhin verfügbar.	

P-AXIS-00504	Minimaler Abstandsfehler	
Beschreibung	Der Parameter definiert den minimalen Abstandsfehler für die Abstandsregelung, bis zu dem die minimale Beschleunigung (P-AXIS-00502) verwendet wird.	
Parameter	kenngr.dist_ctrl[j].dist_error_a_min (mit i=0)	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	0 ≤ P-AXIS-00504 < MAX(UNS32)	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: 0.1µm	R: 0.0001°
Standardwert	1000	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44 Aus Kompatibilitätsgründen ist auch der Parameter kenngr.distc.dist_error_a_min weiterhin verfügbar.	

P-AXIS-00505	Maximaler Abstandsfehler	
Beschreibung	Der Parameter definiert den maximalen Abstandsfehler für die Abstandsregelung, ab dem die maximale Beschleunigung (P-AXIS-00416) verwendet wird.	
Parameter	kenngr.dist_ctrl[i].dist_error_a_max (mit i=0)	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	$0 \leq \text{P-AXIS-00505} < \text{MAX(UNS32)}$	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: 0.1µm	R: 0.0001°
Standardwert	5000	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44 Aus Kompatibilitätsgründen ist auch der Parameter <code>kenngr.distc.dist_error_a_max</code> weiterhin verfügbar.	

P-AXIS-00507	Filterordnung	
Beschreibung	Die Ordnung des Filters beschreibt sein Verhalten bezüglich des Abfallens des Frequenz- ganges. Es gilt: Frequenzabfall = - P-AXIS-00507 · 20 dB/Dekade	
Parameter	kenngr.dist_ctrl[i].low_pass_filter_order (mit i=0)	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	0 ... 6	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: ----	R: ----
Standardwert	4	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44 Aus Kompatibilitätsgründen ist auch der Parameter <code>kenngr.distc.low_pass_filter_order</code> weiterhin verfügbar.	

P-AXIS-00508	Filtergrenzfrequenz	
Beschreibung	Der Parameter definiert den Wert der charakteristischen Frequenz des Filters.	
Parameter	kenngr.dist_ctrl[i].low_pass_filter_fg_f0 (mit i=0)	
Datentyp	REAL64	
Datenbereich	$0 \leq \text{low_pass_filter_fg_f0} < \text{MAX}(\text{REAL64})$	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: Hz	R: Hz
Standardwert	25	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44 Aus Kompatibilitätsgründen ist auch der Parameter kenngr.distc.low_pass_filter_fg_f0 weiterhin verfügbar.	

P-AXIS-00509	Option: Totzeitreduktion	
Beschreibung	Durch ein geändertes Scheduling in der CNC kann die Ausgabe der Abstandsregelung um einen CNC-Takt verbessert werden.	
Parameter	kenngr.dist_ctrl[i].optimized_scheduling (mit i=0)	
Datentyp	BOOLEAN	
Datenbereich	0: Ohne optimiertes Scheduling 1: Optimiertes Scheduling aktiv	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: ----	R: ----
Standardwert	0	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44 Aus Kompatibilitätsgründen ist auch der Parameter kenngr.distc.optimized_scheduling weiterhin verfügbar.	

P-AXIS-00533	Gewichtungsfaktor für die Geschwindigkeit der Senkbewegung	
Beschreibung	In diesem Parameter kann für die Senkbewegung (Richtung Werkstück) die verwendete Geschwindigkeit (siehe P-AXIS-00415) gewichtet werden. Dies kann hilfreich sein, da normalerweise die Hebebewegung mit einer großen Achsdynamik ausgeführt wird, um z.B. einem Hindernis bzw. einer Erhöhung schnell ausweichen zu können. Durch die Gewichtung kann die (Wieder-) Annäherung an das Werkstück mit einer reduzierten Geschwindigkeit durchgeführt werden.	
Parameter	kenngr.distc.dist_ctrl[i].v_weight_down (mit i=0)	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	$0 \leq v_weight_down < 2000$	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: 0.1%	R: 0.1%
Standardwert	0 *	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen	<p>* Die Gewichtung ist abgeschaltet d.h. für die Hebe- und Senkbewegung wird die gleiche Geschwindigkeit P-AXIS-00415 verwendet.</p> <p>Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44</p> <p>Aus Kompatibilitätsgründen ist auch der Parameter <code>kenngr.distc.v_weight_down</code> (ab V2.11.2807.13 verfügbar) weiterhin verfügbar.</p>	

P-AXIS-00534	Gewichtungsfaktor für die Beschleunigung der Senkbewegung	
Beschreibung	In diesem Parameter kann für die Senkbewegung (Richtung Werkstück) die verwendete Beschleunigung (siehe P-AXIS-00416) gewichtet werden. Dies kann hilfreich sein, da normalerweise die Hebebewegung mit einer großen Achsdynamik ausgeführt wird, um z.B. einem Hindernis bzw. einer Erhöhung schnell ausweichen zu können. Durch die Gewichtung kann die (Wieder-) Annäherung an das Werkstück mit einer reduzierten Beschleunigung durchgeführt werden.	
Parameter	kenngr.distc.a_weight_down	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	$0 \leq a_weight_down < 2000$	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: 0.1%	R: 0.1%
Standardwert	0 *	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen	<p>* Die Gewichtung ist abgeschaltet d.h. für die Hebe- und Senkbewegung wird die gleiche Beschleunigung P-AXIS-00416 verwendet.</p> <p>Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44</p> <p>Aus Kompatibilitätsgründen ist auch der Parameter <code>kenngr.distc.a_weight_down</code> (ab V2.11.2807.13) weiterhin verfügbar.</p>	

P-AXIS-00422	Zähler Wegauflösung des additiven Gebermesssystems	
Beschreibung	Die Wegauflösung des Gebermesssystems wird als Quotient P-AXIS-00422 / P-AXIS-00423 in der Dimension [Inkrement/0.1µm] für translatorische Achsen oder [Inkrement/10 ⁻⁴] für Rundachsen angegeben. In P-AXIS-00422 sind die Anzahl der Geberinkremente anzugeben.	
Parameter	lr_hw[i].encoder_resolution_num	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	$0 < encoder_resolution_num < MAX(UNS32)$	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: Inkremente	R,S: Inkremente
Standardwert	1	
Antriebstypen	----	
Anmerkungen	<p>Dieser Eintrag gilt für 'lr_hw[i].*' mit $i \geq 1$!</p> <p>Die Auflösung für den Motorgeber 'lr_hw[0].*' erfolgt in den Parametern P-AXIS-00233 und P-AXIS-00234.</p>	

P-AXIS-00423	Nenner Wegauflösung des additiven Gebermesssystems	
Beschreibung	Die Wegauflösung des Gebermesssystems wird als Quotient P-AXIS-00422 / P-AXIS-00423 in der Dimension [Inkrement/0.1µm] für translatorische Achsen oder [Inkrement/10 ⁻⁴] für Rundachsen angegeben. In diesem Parameter ist die Größe des Verfahrbereichs anzugeben.	
Parameter	lr_hw[i].encoder_resolution_denom	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	0 ≤ encoder_resolution_denom < MAX(UNS32)	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: 0.1µm	R,S: 0.0001°
Standardwert	1	
Antriebstypen	----	
Anmerkungen	Dieser Eintrag gilt für 'lr_hw[i].*' mit i ≥ 1! Die Auflösung für den Motorgeber 'lr_hw[0].*' erfolgt in den Parametern P-AXIS-00233 und P-AXIS-00234.	

P-AXIS-00230	Vorzeichenumkehr des Istwertes	
Beschreibung	Mit diesem Parameter kann das Vorzeichen des Geberistwertes invertiert werden.	
Parameter	lr_hw[i].vz_istw	
Datentyp	BOOLEAN	
Datenbereich	0/1	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: ----	R,S: ----
Standardwert	0	
Antriebstypen	----	
Anmerkungen	Dieser Eintrag wird beim Aktualisieren der Achsparameterliste nicht übernommen, zur Aktualisierung ist ein Neustart der Steuerung notwendig	

P-AXIS-00424	Behandlung der additiven Geberwerte	
Beschreibung	In diesem Parameter kann festgelegt werden, ob die Geberpositionen linear oder als Modulwerte betrachtet werden. Die Behandlung kann dabei standardmäßig passend zum Achstyp erfolgen, oder es kann eine individuelle Voreinstellung festgelegt werden. Bei Behandlung der Geberwerte in Abhängigkeit des eingestellten Achstyps (siehe P-AXIS-00018), wird für Achstyp TRANSLATOR eine lineare Betrachtung durchgeführt, während bei Achstyp ROTATOR eine Modulo-Behandlung verwendet wird.	
Parameter	lr_hw[i].mode_act_pos	
Datentyp	UNS16	
Datenbereich	0, 1, 2 mit: 0 : nach Achstyp (Standard) 1 : linear 2 : modulo	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: ----	R: ----
Standardwert	0	
Anriebstypen	----	
Anmerkungen	Dieser Eintrag gilt für 'lr_hw[i].*' mit $i \geq 1$! Die Festlegung des Geberwertebereiches für den Motorgeber 'lr_hw[0].*' erfolgt im Parameter P-AXIS-00122.	

P-AXIS-00759	Gewichten der Ausgabewerte der Abstandregelung	
Beschreibung	Der Parameter gewichtet den zyklischen Ausgabewert der Abstandsregelung. Dadurch kann die Dynamik der Abstandsregelung beeinflusst werden. Für k_p -Werte kleiner als 1.0 wird die Dynamik der Abstandsregelung reduziert, für k_p -Werte größer als 1.0 wird die Dynamik erhöht.	
Parameter	kenngr.dist_ctrl[i].kp (mit $i=0$)	
Datentyp	REAL64	
Datenbereich	$0.0 < k_p \leq 2.0$	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: ----	R: ----
Standardwert	1.0	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen	Durch einen k_p -Faktor kleiner eins kann ein mögliches Überschwingen der Abstandsregelung reduziert und bei kleinen Abstandsfehlern die Regelung beruhigt werden. Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44 Aus Kompatibilitätsgründen ist auch der Parameter kenngr.distc.kp (ab V2.11.2809.06 bzw. V3.1.3079.06 weiterhin verfügbar.	

P-AXIS-00764	Nachstellzeit des Integral(I)-Anteils des PID-Reglers	
Beschreibung	<p>Der Parameter gewichtet den I-Anteil des PID-Reglers. Die Nachstellzeit gibt an, nach welcher Zeit der P- und I-Anteil der Stellgröße gleich groß sind.</p> <p>Eine große Nachstellzeit führt zu einer robusteren Regelung. Je kleiner die Nachstellzeit, desto größer der I-Anteil und desto schneller die Regelung.</p> <p>Deaktivieren des I-Anteils über $i_tn = 0$.</p>	
Parameter	kenngr.dist_ctrl[i].i_tn (mit i=0)	
Datentyp	REAL64	
Datenbereich	0.0 ≤ i_tn ≤ 50.0	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: s	R: s
Standardwert	0.0	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen	<p>Um Instabilität des Regelkreises zu vermeiden, sollte für das Einstellen der Nachstellzeit zunächst ein großer Anfangswert gewählt werden (zum Beispiel 5). Anschließend kann die Nachstellzeit schrittweise bis zur gewünschten Wirkung verringert werden. Wenn keine bleibenden Regelabweichungen vorhanden sind, sollte der I-Anteil zunächst nicht verwendet werden.</p> <p>Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44</p> <p>Aus Kompatibilitätsgründen ist auch der Parameter <code>kenngr.distc.i_tn</code> (ab V2.11.2809.06 bzw. V3.1.3079.06) weiterhin verfügbar.</p>	

P-AXIS-00765	Vorhaltezeit des Differential(D)-Anteils des PID-Reglers	
Beschreibung	Der Parameter gewichtet den D-Anteil des PID-Reglers. Die Vorhaltezeit gibt an, nach welcher Zeit der P- und D-Anteil der Stellgröße gleich groß sind. Über die Vorhaltezeit kann das Verhalten des Reglers stabilisiert und Überschwingen verringert werden. Je größer die Vorhaltezeit, desto stärker der D-Anteil. Deaktivieren des D-Anteils über d_tv=0.	
Parameter	kenngr.dist_ctrl[i].d_tv (mit i=0)	
Datentyp	REAL64	
Datenbereich	0.0 <= d_tv <= 2.0	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: s	R: s
Standardwert	0.0	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen	<p>Um Instabilität des Regelkreises zu vermeiden, sollte für das Einstellen der Vorhaltezeit zunächst ein kleiner Anfangswert gewählt werden (Bsp.: 0.01). Anschließend kann die Vorhaltezeit schrittweise bis zur gewünschten Wirkung erhöht werden.</p> <p>Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44 Aus Kompatibilitätsgründen ist auch der Parameter kenngr.distc.d_tv (ab V2.11.2809.06 bzw. V3.1.3079.06) weiterhin verfügbar.</p>	

P-AXIS-00782	Filtertyp für die Glättung der Sensorwerte	
Beschreibung	<p>Die Geberwerte sind unter Umständen verrauscht. Durch den Einsatz eines entsprechenden Filters kann die Schwingungsneigung evtl. besser unterdrückt werden. Für die Abstandsregelung können folgende Filtertypen gewählt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DEFAULT: Gleitender Mittelwertfilter mit P-AXIS-00413 [▶ 58] = 4 • MOVING_AVERAGE: Gleitender Mittelwertfilter • LOWPASS: Tiefpassfilter • KALMAN_MA: Kalman-Filter mit Vorhersage aus Mittelwertfilter • EXPO_MEAN: Exponentiell gewichteter Mittelwertfilter • KALMAN_EXPO: Kalman-Filter mit Vorhersage aus exponentiell gewichtetem Mittelwertfilter 	
Parameter	kenngn.dist_ctrl[i].filter_type (mit i=0)	
Datentyp	STRING	
Datenbereich	DEFAULT MOVING_AVERAGE LOWPASS KALMAN_MA EXPO_MEAN KALMAN_EXPO	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: ----	R: ----
Standardwert	DEFAULT	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen	<p>Weiterhin sind folgende Filterparameter für die jeweiligen Filtertypen notwendig:</p> <ul style="list-style-type: none"> • MOVING_AVERAGE: P-AXIS-00413 [▶ 58] • LOWPASS: P-AXIS-00507 [▶ 66], P-AXIS-00508 [▶ 67] (Diese Einstellung ersetzt ab v3.1.3079.21 den Parameter P-AXIS-00506) • KALMAN_MA: P-AXIS-00413 [▶ 58], P-AXIS-00783 [▶ 75] • EXPO_MEAN: P-AXIS-00413 [▶ 58], P-AXIS-00784 [▶ 75] • KALMAN_EXPO: P-AXIS-00413 [▶ 58], P-AXIS-00784 [▶ 75], P-AXIS-00783 [▶ 75] <p>Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44 Aus Kompatibilitätsgründen ist auch der Parameter kenngn.distc.filter_type weiterhin verfügbar.</p>	

P-AXIS-00783	Unsicherheit der Messwerte	
Beschreibung	Der Parameter gibt den Grad der Abweichung der gemessenen Werte zu den tatsächlichen Werten an. Je höher dieser Wert, desto besser die Filterwirkung, allerdings werden mögliche Überschwinger verstärkt.	
Parameter	kenngr.dist_ctrl[i].kalman_sigma (mit i=0)	
Datentyp	REAL64	
Datenbereich	$1.0 \leq \text{P-AXIS-00783} \leq 10000.0$	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: ----	R: ----
Standardwert	4	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44 Aus Kompatibilitätsgründen ist auch der Parameter <code>kenngr.distc.kalman_sigma</code> weiterhin verfügbar.	

P-AXIS-00784	Glättungsfaktor	
Beschreibung	Der Parameter gibt die Gewichtung des aktuellen Messwertes an. Beispiel: Bei einem Glättungsfaktor von 0,5 fließt der aktuelle Wert mit einem Anteil von 50% in den Mittelwert ein.	
Parameter	kenngr.dist_ctrl[i].smoothing_factor (mit i=0)	
Datentyp	REAL64	
Datenbereich	$0 < \text{P-AXIS-00784} \leq 1.0$	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: ----	R: ----
Standardwert	0.7	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44 Aus Kompatibilitätsgründen ist auch der Parameter <code>kenngr.distc.smoothing_factor</code> weiterhin verfügbar.	

9.3 Beispiel Abstandsachse



Beispiel Parameterbeispiel

```
# ----- Abstandsregelung -----
lr_param.distance_control_on      1      Freischalten der Funktion Abstandsregelung

kenngr.dist_ctrl[0].max_abweichung 20000000 # [0.1µm] Max. zulaessige Abweichung
kenngr.dist_ctrl[0].v_max          50000  # [µm/s] Max. Geschw. der Abstandsregelung

kenngr.dist_ctrl[0].a_max          10000  # [mm/s*s] Max. Beschleunigung
kenngr.dist_ctrl[0].max_istw_sprung 100000000 # Max. Istwertsprung / Zyklus

kenngr.dist_ctrl[0].ref_offset     0      # Offset Referenzpunkt
kenngr.dist_ctrl[0].max_pos        1500000 # [0.1µm] Max. Position
kenngr.dist_ctrl[0].min_pos        -1500000 # [0.1µm] Min. Position
kenngr.dist_ctrl[0].toleranz       50000  # [0.1µm] Toleranzwert der Tasttiefe
kenngr.dist_ctrl[0].check_sw_li-   1      # Offset der Abstandsregelung ueberwachen
mit_switch

kenngr.dist_ctrl[0].optimized_scheduling 1 # Opt. Scheduling aktiv

kenngr.dist_ctrl[0].mode_dist_use_both_encoder 1 # Motor und Abstandsgeber aktiv

#kenngr.dist_ctrl[0].use_adaptive_acceleration 1 # Adaptive Beschleunigung aktiv

kenngr.dist_ctrl[0].a_min          1000  # [mm/s*s] Min. Beschleunigung
kenngr.dist_ctrl[0].a_max          10000 # [mm/s*s] Max. Beschleunigung
kenngr.dist_ctrl[0].dist_error_a_min 250 # [0.1 µm] Min. Abstand
kenngr.dist_ctrl[0].dist_error_a_max 500 # [0.1 µm] Max. Abstand

kenngr.dist_ctrl[0].filter_type    KALMAN_MA # Kalman-Filter aktiv
kenngr.dist_ctrl[0].n_cycles       20      # Anzahl Messwerte für Filterung
kenngr.dist_ctrl[0].sigma          1000  # Unsicherheit der Messwerte
```

9.4 CNC-Objekte der achsspezifischen Abstandsregelung

Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44

Name	DIST_CTRL_IFC::a_max_int		
Beschreibung	Maximale Beschleunigung des linearen Slopes.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	$0x < A_{ID} > 3000$
Datentyp	REAL64	Länge	8
Attribute	read	Einheit	$[0.1 \mu\text{m/s}^2]$
Anmerkungen			

Name	DIST_CTRL_IFC::sloped_delta_deviation		
Beschreibung	In diesem Takt auszufahrende Abweichung nach Beeinflussung durch den Slope.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	$0x < A_{ID} > 3001$
Datentyp	SGN64	Länge	8
Attribute	read	Einheit	$[0.01 \text{ nm}]$
Anmerkungen			

Name	DIST_CTRL::m_actual_offset		
Beschreibung	Aktuell von der Abstandsregelung vorgegebener Offset zur interpolierten Sollposition des Antriebs.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	$0x < A_{ID} > 3100$
Datentyp	SGN64	Länge	8
Attribute	read	Einheit	$[0.01 \text{ nm}]$
Anmerkungen			

Name	DIST_CTRL::v_max_int		
Beschreibung	Maximal zulässige Geschwindigkeit der Achse.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	$0x < A_{ID} > 3102$
Datentyp	REAL64	Länge	8
Attribute	read	Einheit	$[0.1 \mu\text{m/s}]$
Anmerkungen			

Name	DIST_CTRL::set_distance		
Beschreibung	Eingestellter Sollabstand des Werkzeugs zur Oberfläche.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >3103
Datentyp	SGN64	Länge	8
Attribute	read	Einheit	[0.01 nm]
Anmerkungen	Nur Wirksam im Modus „SET_DIST“		

Name	DIST_CTRL::set_pos		
Beschreibung	Eingestellte Sollvorgabe der Werkstückoberfläche.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >3104
Datentyp	SGN64	Länge	8
Attribute	read	Einheit	[0.01 nm]
Anmerkungen	Nur Wirksam im Modus „SET_POS“		

Name	DIST_CTRL::state		
Beschreibung	Aktueller interner Zustand der Abstandsregelung 0: INACTIVE 2: ACTIVE 3: FREEZE 4: OFF 5: OFF_NO_MOVE 6-12: ERROR 15: DRYRUN		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >3105
Datentyp	UNS32	Länge	4
Attribute	read	Einheit	[-]
Anmerkungen			

Name	DIST_CTRL::kp		
Beschreibung	<p>Gewichten des Ausgabewertes der Abstandsregelung. Die Parametrierung kann analog zu P-AXIS-00759 [▶ 71] durchgeführt werden. Der Wertebereich ist auf $0.0 < KP \leq 2.0$ beschränkt. Bei KP-Werten kleiner 1.0 wird die Dynamik der Abstandsregelung reduziert, bei KP-Werten größer als 1.0 wird die Dynamik erhöht.</p> <p>Durch einen KP-Faktor kleiner 1 kann ein mögliches Überschwingen der Abstandsregelung reduziert und bei kleinen Abstandsfehlern die Regelung beruhigt werden. [ab V2.11.2809.06 bzw. V3.1.3079.06]</p>		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	$0x < A_{ID} > 3106$
Datentyp	REAL64	Länge	8
Attribute	read/ write	Einheit	[-]
Anmerkungen			

Name	DIST_CTRL::i_tn		
Beschreibung	<p>Nachstellzeit des Integral-Anteils des PID-Reglers in [s]. Die Nachstellzeit gibt an, nach welcher Zeit der P- und I-Anteil der Stellgröße gleich groß sind. Die Parametrierung kann analog zu P-AXIS-00764 [▶ 72] durchgeführt werden. Der Wertebereich ist auf $0.0 \leq I_{TN} \leq 50.0$ beschränkt. Eine große Nachstellzeit führt zu einer robusteren Regelung. Je kleiner die Nachstellzeit, desto stärker der I-Anteil und desto schneller die Regelung. Eine kleine Nachstellzeit regt Überschwingen stärker an. [ab V2.11.2809.06 bzw. V3.1.3079.06]</p>		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	$0x < A_{ID} > 3107$
Datentyp	REAL64	Länge	8
Attribute	read/ write	Einheit	[s]
Anmerkungen			

Name	DIST_CTRL::d_tv		
Beschreibung	<p>Vorhaltezeit des Differential-Anteils des PID-Reglers in [s]. Die Vorhaltezeit gibt an, nach welcher Zeit der P- und D-Anteil der Stellgröße gleich groß sind. Die Parametrierung kann analog zu P-AXIS-00765 [▶ 73] durchgeführt werden. Der Wertebereich ist auf $0.0 \leq D_{TV} \leq 2.0$ beschränkt. Je größer die Vorhaltezeit, desto stärker der D-Anteil. [ab V2.11.2809.06 bzw. V3.1.3079.06]</p>		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	$0x < A_{ID} > 3108$
Datentyp	REAL64	Länge	8
Attribute	read/ write	Einheit	[s]
Anmerkungen			

Name	DIST_CTRL::smoothing_fact		
Beschreibung	Aktuell eingestellter Glättungsfaktor des exponentiellen Mittelwertfilters analog zu P-AXIS-00784 [▶ 75]. Gibt die Gewichtung des aktuellen Messwertes an.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >3109
Datentyp	REAL64	Länge	8
Attribute	read	Einheit	[-]
Anmerkungen			

Name	DIST_CTRL::kalman_sigma		
Beschreibung	Aktuell eingestellte Unsicherheit der aufgenommenen Messwerte analog zu P-AXIS-00783 [▶ 75]. [ab V3.1.3079.23]		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >310A
Datentyp	REAL64	Länge	8
Attribute	read	Einheit	[-]
Anmerkungen			

Name	DIST_CTRL::n_cycles		
Beschreibung	Aktuell eingestellte Anzahl der Messwerte, die für die Filterung verwendet werden analog zu P-AXIS-00413 [▶ 58]. [ab V3.1.3079.23]		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >310B
Datentyp	SGN32	Länge	4
Attribute	read	Einheit	[-]
Anmerkungen			

Name	DIST_CTRL::skip_dist_ctrl		
Beschreibung	Nicht verwendet- in Vorbereitung		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >310C
Datentyp	BOOLEAN	Länge	1
Attribute	read	Einheit	[-]
Anmerkungen			

Name	DIST_CTRL::filter_type		
Beschreibung	Aktiver Filtertyp zur Glättung der Sensorwerte. Filtertypen für die Glättung der Sensorwerte siehe P-AXIS-00782 [► 74].		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >310D
Datentyp	STRING	Länge	30
Attribute	read	Einheit	[-]
Anmerkungen			

Name	DIST_CTRL::max_dist_change		
Beschreibung	Maximale Änderung der Sensorwerte pro Takt. Wird für den Filter „Kalman_DYN“ benötigt.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >310E
Datentyp	REAL64	Länge	8
Attribute	read	Einheit	[0.1 µm]
Anmerkungen	Filter ist noch nicht verfügbar.		

Name	DIST_CTRL:: filtered_feedback		
Beschreibung	Gefilterte Rückführgröße.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >310F
Datentyp	SGN64	Länge	8
Attribute	read	Einheit	[0.01 nm]
Anmerkungen			

Name	DIST_CTRL::feedback_value		
Beschreibung	Berechnete Rückführgröße der Abstandsregelung: Modus SET_DIST: Gemessener Istabstand zwischen der interpolierten Sollposition des Antriebs und der Oberfläche. Modus SET_DIST (use_both_encoder) und SET_POS: Gemessene Position der realen Oberfläche im ausgewählten Koordinatensystem		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >3110
Datentyp	SGN64	Länge	8
Attribute	read	Einheit	[0.01 nm]
Anmerkungen			

Name	DIST_CTRL::target_deviation		
Beschreibung	Modus SET_DIST: Aktuelle Differenz zwischen interpolierter Sollposition des Antriebs und eingestelltem Sollabstand zur Oberfläche. Modus SET_POS: Aktuelle Differenz zwischen der gemessenen realen Oberfläche und vorgegebener Solloberfläche		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >3111
Datentyp	SGN64	Länge	8
Attribute	read	Einheit	[0.01 nm] I
Anmerkungen	In diesen Wert fließen gefilterte Sensorwerte ein.		

Name	DIST_CTRL::delta_deviation_pre_limiter		
Beschreibung	In diesem Takt auszufahrender Abstand vor der Beeinflussung durch den Begrenzer. Beeinflusst durch PID-Regler.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >3112
Datentyp	SGN64	Länge	8
Attribute	read	Einheit	[0.01 nm]
Anmerkungen	SET_DIST: Für kp=1 ist dies der verbleibende Abstand zwischen Istposition des Werkzeugs und dem eingestellten Sollabstand zur Oberfläche. SET_POS: Für kp=1 ist dies der verbleibende auszufahrende Abstand, um die Differenz zwischen Istposition des Werkzeugs und der realen Oberfläche auszugleichen.		

Name	DIST_CTRL::sensor_value		
Beschreibung	Rückgabewert des Sensors.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	$0x < A_{ID} > 3113$
Datentyp	SGN64	Länge	8
Attribute	read	Einheit	[0.01 nm]
Anmerkungen			

Name	DIST_CTRL_PARAM[0]::v_max		
Beschreibung	Durch P-AXIS-00415 [► 59] eingestellte maximale Geschwindigkeit mit der ein Positionsoffset ausgefahren wird.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	$0x < A_{ID} > 3500$
Datentyp	SGN32	Länge	4
Attribute	read/ write	Einheit	[µm/s]
Anmerkungen	Die neuen Werte werden aus Sicherheitsgründen nur bei den folgenden Transitionen wirksam: 1. Vom Zustand INACTIVE nach ACTIVE 2. Vom Zustand FREEZE nach ACTIVE		

Name	DIST_CTRL_PARAM[0]::a_max		
Beschreibung	Durch P-AXIS-00416 [► 60] eingestellte maximale Beschleunigung mit der ein Positionsoffset ausgefahren wird.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	$0x < A_{ID} > 3501$
Datentyp	SGN32	Länge	4
Attribute	read/ write	Einheit	[mm/s ²]
Anmerkungen	Die neuen Werte werden aus Sicherheitsgründen nur bei den folgenden Transitionen wirksam: 1. Vom Zustand INACTIVE nach ACTIVE 2. Vom Zustand FREEZE nach ACTIVE		

Name	DIST_CTRL_IFC::actual_offset		
Beschreibung	Aktuell von der Abstandsregelung an den Antrieb ausgegebener Offset zur interpolierten Sollposition des Antriebs.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >3900
Datentyp	SGN32	Länge	4
Attribute	read	Einheit	[Incr.]
Anmerkungen	In diese Größe fließt die Antriebsauflösung, sowie Getriebeübersetzung mit ein.		

Name	DIST_CTRL_IFC::delta_offset		
Beschreibung	Aktuell an den Antrieb ausgegebenes Delta, welches in diesem Takt auszufahren ist.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x120300	Indexoffset	0x<A _{ID} >3901
Datentyp	SGN32	Länge	4
Attribute	read	Einheit	[Incr.]
Anmerkungen	In diese Größe fließt die Antriebsauflösung, sowie Getriebeübersetzung mit ein.		

10 Testbeispiel mit Antriebssimulation

PLC Testumgebung

Konfiguration einer Z-Achse gemäß CANopen DS402 Antrieb mit einem zusätzlichen Abstands-sensor (0x60E4_01).

Konfiguration des CAN-Antriebs

General Configuration Parameter **Input** Output Online Param List

Name	Type	Id	Ref
WcState	UINT 16	0	WCSTATE
statusword	UINT 16	0	DRIVE_STATUS
actual position	INT 32	0	POS_ACT
Supplementary position actual value	INT 32	0	60E4_01

Append... Insert... Delete... Edit...

Ready Local (172.16.10.22.1.1) RTime 2%

General Configuration Parameter Input **Output** Online Param List

Name	Type	Id	Ref
controlword	UINT 16	0	DRIVE_CTRL
target position	INT 32	0	POS_NOM

Append... Insert... Delete... Edit...

Ready Local (172.16.10.22.1.1) RTime 2%

Simulation in SPS

Simulation des CAN-PDOs über SPS-Ein-/Ausgänge

Name	Online	Addr...	Type	Size	>Addr...	In/Out	U
DRIVE_ENCODER...	X	0x000493E0 (300000)	DINT	4.0	0.0	Output	0
SENSOR_ENCOD...	X	0xFFFFB6C21 (-2999...)	DINT	4.0	4.0	Output	0
DRIVE_STATUS...	X	0x0037 (55)	UINT	2.0	8.0	Output	0
WC_STATE	X	0x0000 (0)	UINT	2.0	12.0	Output	0

Der Encoder des Antriebs sowie der Abstandssensor sind in der SPS zusätzlich mit einem kleinen Zufallswert verrauscht.

Einschalten der Antriebe

Nach Setzen der Antriebsfreigaben (Antrieb ein, Drehmoment, Feedhold aus) kann der Antrieb verfahren werden.

Anfahren einer Sollposition

The screenshot shows the 'CANopen DistCtrl Simu - TwinCAT System Manager' interface. On the left is a tree view of the system configuration, including CNC-Task GEO, SDA, COM, and axes (X, Y, Z). The main area displays two tables of axis data and a control panel.

Axis Parameters Table:

Name	Actual Velo	Setp. Velo	Override	Set No.	Tool
Kanal_1	0.0	0.0	100.0	(none)	0

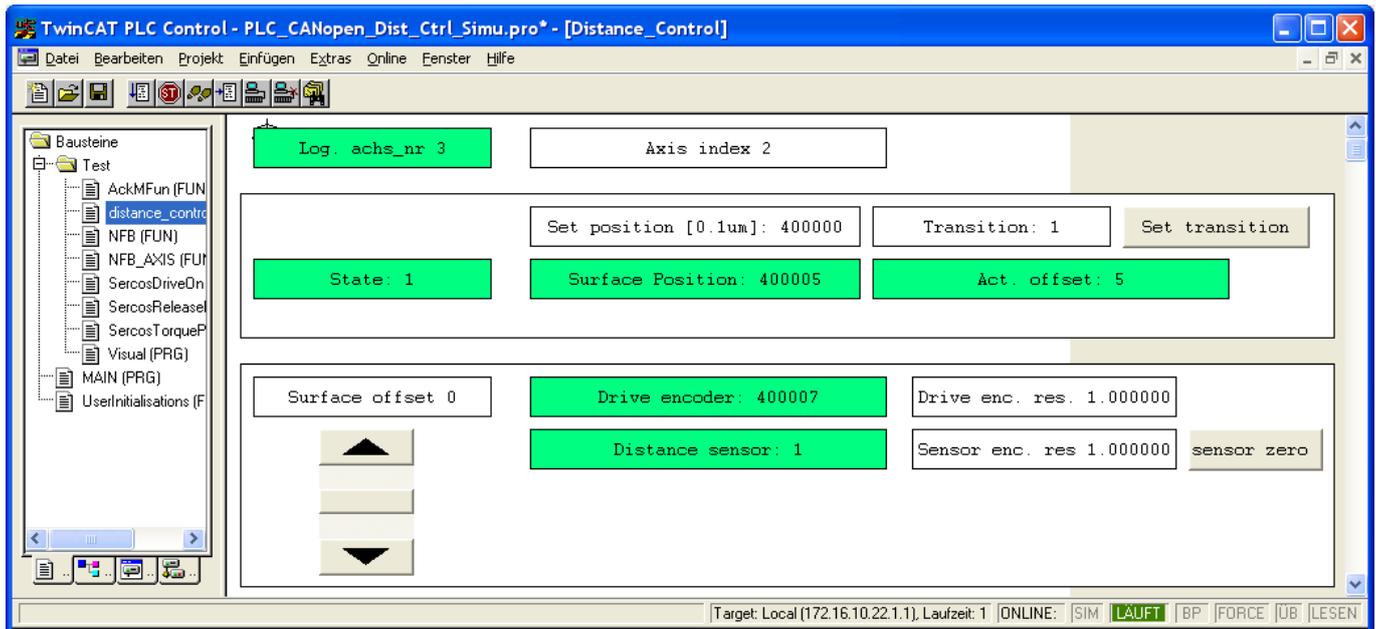
Axis Position and State Table:

Name	Actual Pos.	Lag Dist.	Target Pos.	Actual Velo	State
X (X)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0	Ready
Y (Y)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0	Ready
Z (Z)	40.0000	-0.0001	39.9999	300.0	Ready

Control Panel:

- Single Step: MDI / Selected (Interp Empty)
- Block Ignore:
- Mode buttons: Manual, Automatic, MDI
- Program/MDI: Z40
- Function keys: F1, F2, F3, F4, F5 (highlighted), F6, F8

Bottom status bar: Ready Local (172.16.10.22.1.1) RTime 2%

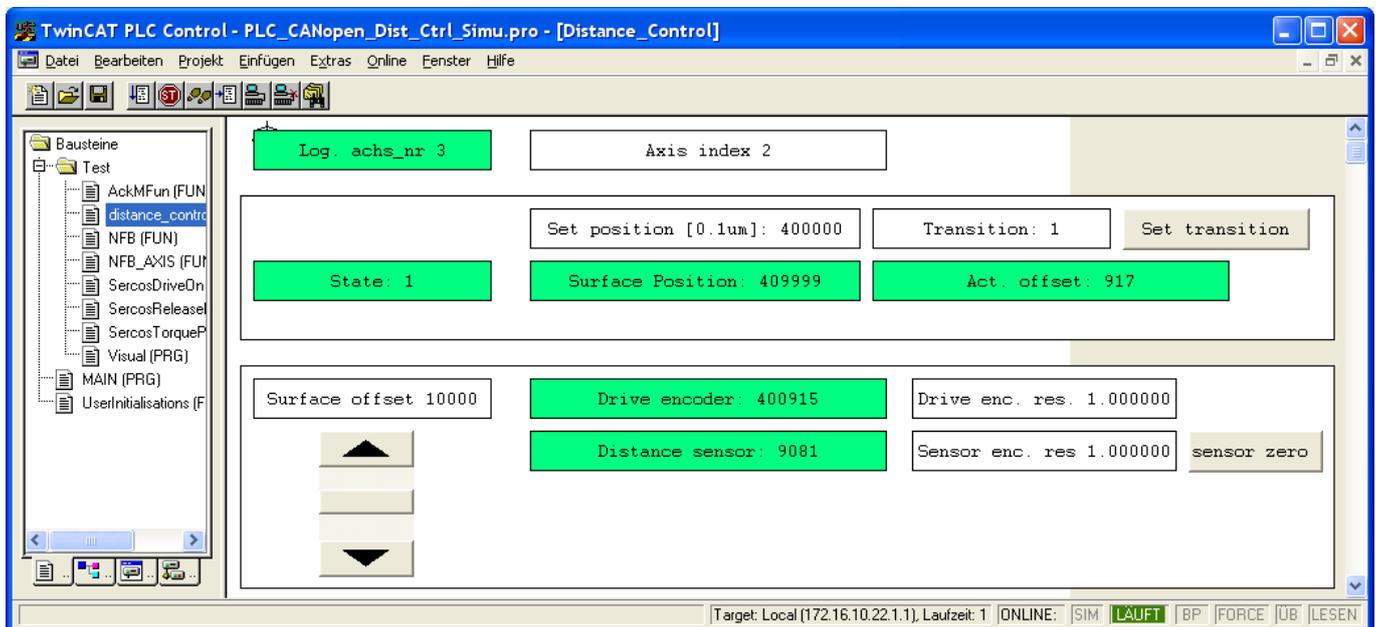


1. Referenzieren des Sensor „sensor zero“, 2. Eintragen der Nennposition, 3. Position=400000, 4. Einschalten der Abstandsregelung, 5. Transition=1 (ON)

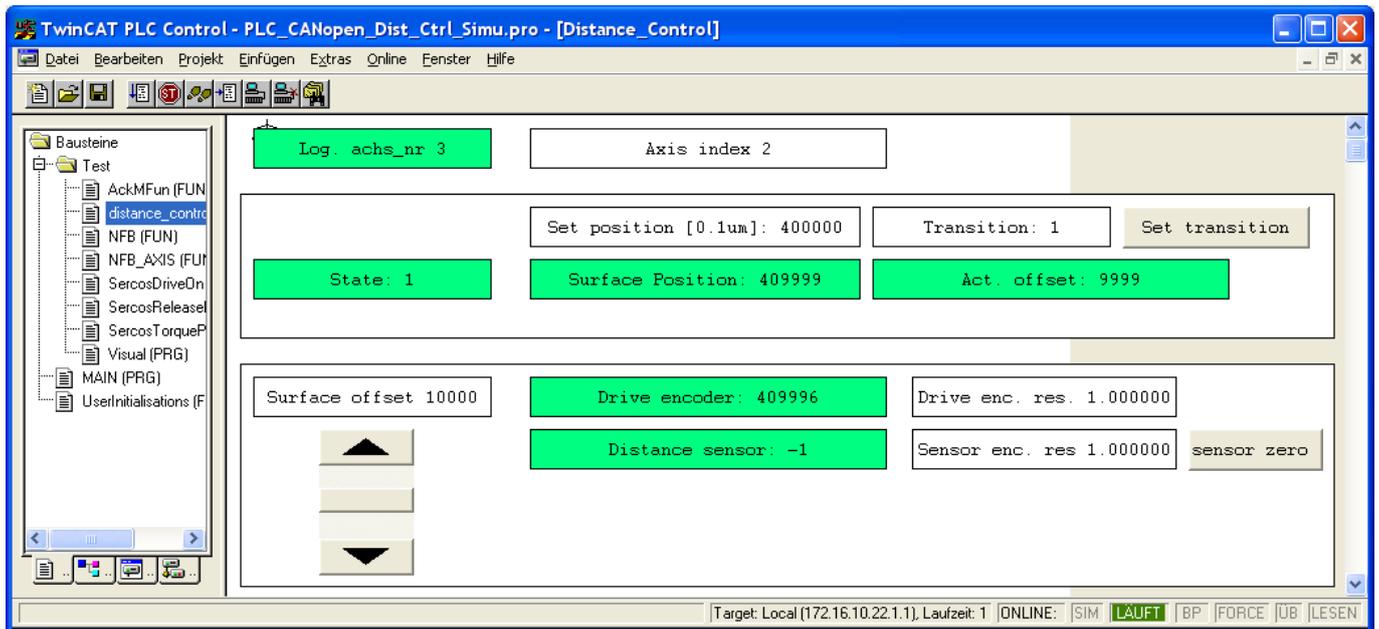
Bei der übergebenen Nennposition (SET_POS) liefert der Abstandssensor den Wert = 0.

Verändern der Oberflächenposition „Surface offset“

Die geänderte Oberflächenposition ergibt eine Änderung des gemessenen Abstandssensors.

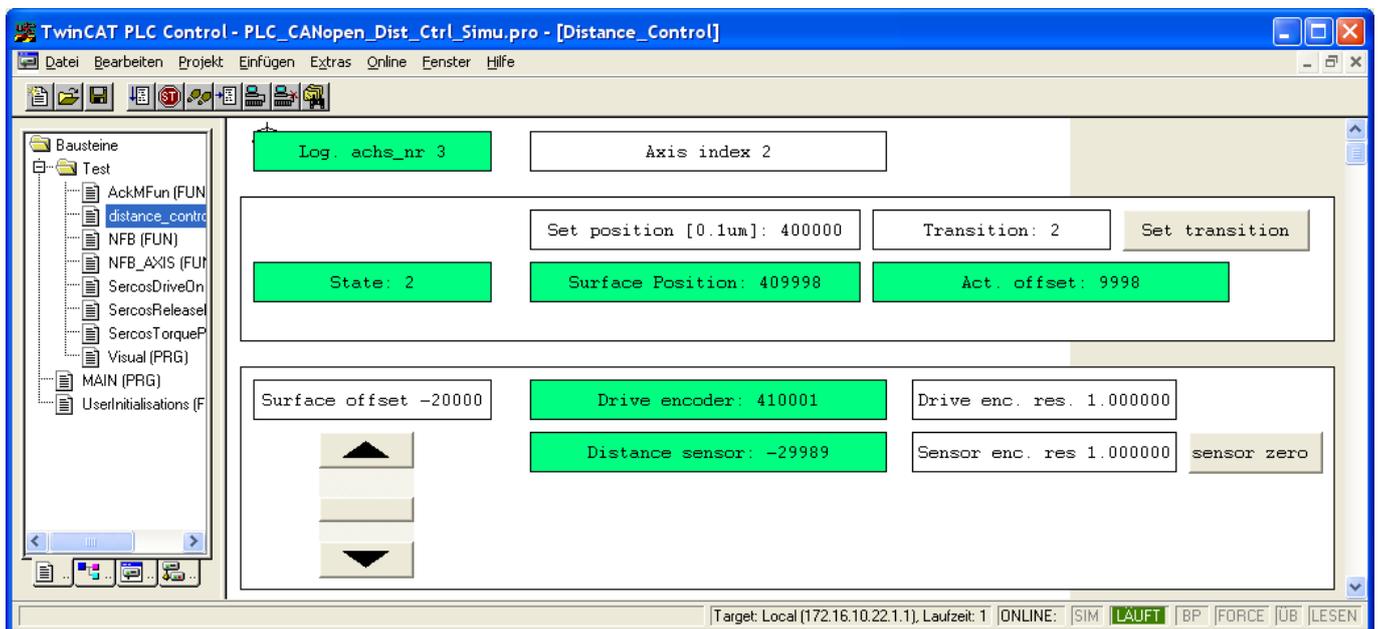


Dieser führt zum Nachregeln der tatsächlichen Achsposition, bis der Abstandssensor wieder den Wert = 0 aufweist. D.h. in diesem Falle wäre wieder der gewünschte Abstand zur Oberfläche erreicht.



„Einfrieren“ der aktuellen Höhe, Transition=2 (FREEZE)

Wird die Abstandsregelung unterbrochen (Transition = FREEZE = 2), so hat in dieser Zeit ein geänderter Sensorwert (-20000) keinen Einfluss auf die Achskorrektur.

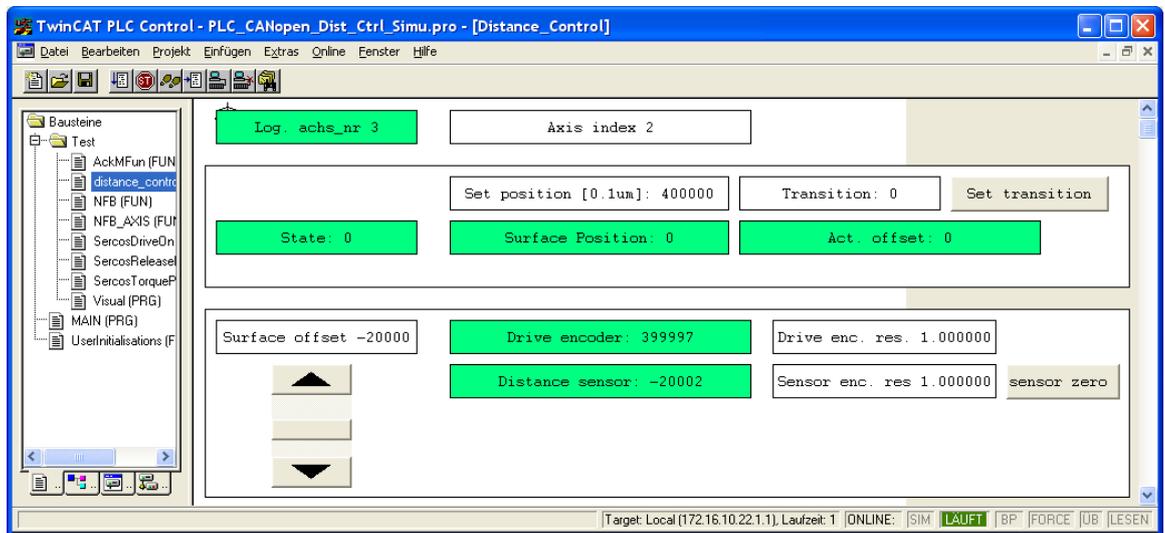


Nach Reaktivierung der Regelung wird auf den aktuellen Sensorwert ausgeregelt.

Ausschalten

Transition=0 (OFF)

Nach Ausschalten der Abstandsregelung (Transition = OFF = 0) wird der Lageoffset, verursacht durch den Abstandssensor, wieder rückgängig gemacht.



11 Fehlermeldungen

Bei aktiver Abstandsregelung können folgende Fehlermeldungen auftreten:

ID 70329	Istwertsprung des Sensorsignales größer als Grenzwert
ID 70330	Sensor ganz ausgefahren
ID 70331	Tastabweichung zu groß
ID 70332	Abstandsregelung bei Programmende noch aktiv
ID 70333	Abstandsregelung für Achse aktiv, die abgegeben werden soll
ID 70334	Bei erneuter Anwahl Abwahl der Abstandsregelung noch nicht fertig
ID 70335	Anwahl Abstandsregelung ohne programmierte Position
ID 70336	Funktionalität steht nicht zur Verfügung

12 3D-Abstandsregelung

Für die Verwendung der 3D-Abstandsregelung ist die Lizenz für die Option „Schneiden“ erforderlich.



Versionshinweis

Funktionalität verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44



Hinweis

Diese Funktionalität ist eine lizenzpflichtige Zusatzoption.

Wird der NC-Befehl #DIST CTRL [► 98] für die 3D-Abstandsregelung ohne vorhandene Lizenz programmiert, so wird das NC-Programm abgebrochen und der Fehler ID 21837 ausgegeben.

Für eine Orientierung des Werkzeugs wird grundsätzlich die kinematische Transformation mit entsprechender Lizenz vorausgesetzt.

Ab V3.01.3081.7, V3.1.3115.0 bzw. V4.19.0.0 kann auch eine TcCOM-Transformation mit Orientierung verwendet werden.



Hinweis

**Transformationen sind eine lizenzpflichtige Zusatzoption.
Die 3D-Abstandsregelung ist mit nachfolgenden Kinematiktypen kompatibel.**

Kinematiktypen:

- Typ 6-10 und 25
- Sechssachs-Gelenkarmroboter (Typ 45)
- Palettierroboter (Typ 96 und 213)
- Universal-Kinematik (Typ 91)
- Koppelkinematik (Typ 210)

Weitere Kinematiken können über TcCOM-Transformationen angebunden werden.



Hinweis

Die Anzahl der gleichzeitig möglichen 3D-Abstandsregelungen in einem NC-Kanal ist auf eine beschränkt.

12.1 Übersicht Funktionalität

Voraussetzung für die Nutzung der 3D-Abstandsregelung ist die Aktivierung über P-CHAN-00500 [► 129].

```
configuration.decoder.function FCT_3D_DIST_CTRL
```

Zusätzlich wird für das Konstanthalten des TCPs bei Drehung des Werkzeugs, für die Überwachung des Mindestabstands, sowie für das Regeln in Werkzeugrichtung die kinematische Transformation ID98 benötigt.

[KITRA// KIN_TYP_98- Transformation für Überwachung des Mindestabstands]

12.1.1 Mindestabstand

Je nach Werkzeugkopfgeometrie kann es beim Neigen des Werkzeugs zu einer Kollision des Werkzeugkopfes mit der Oberfläche kommen. Aus diesem Grund kann es gewünscht sein, dass ein Mindestabstand (maximale Neigung) des Werkzeugkopfes nicht unterschritten wird. Wird der Mindestabstand erreicht, so wird beim weiteren Neigen das Werkzeug virtuell verlängert, so dass der Werkzeugkopf auf einer konstanten Höhe bleibt und der vorgegebene Neigungswinkel trotzdem eingenommen werden kann.

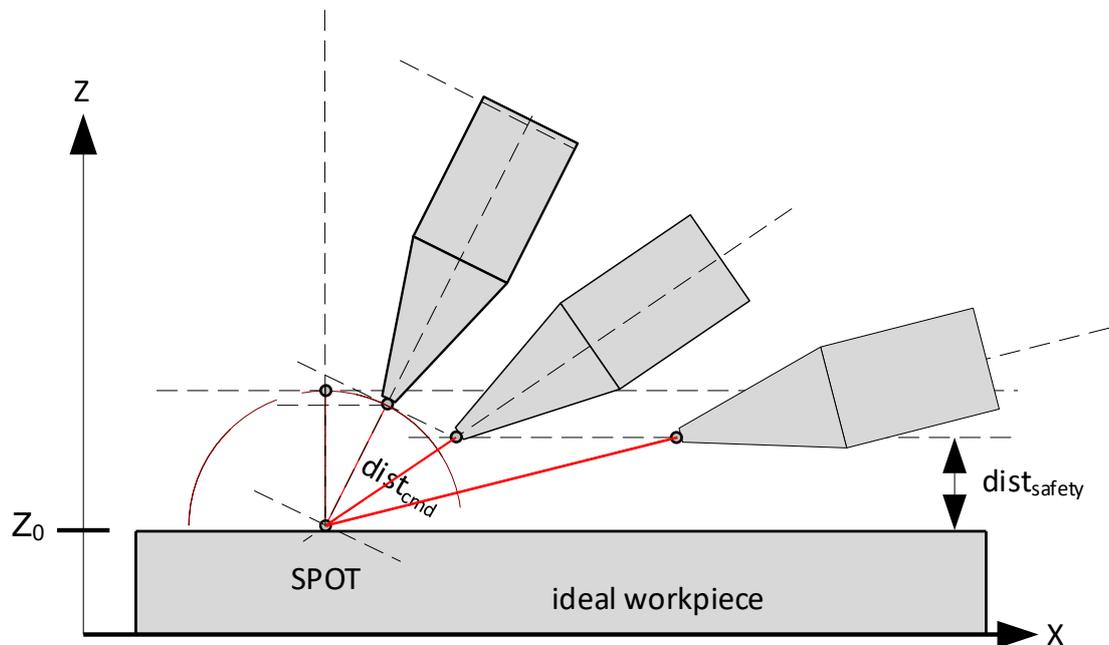


Abb. 37: Mindestabstand des Werkzeugs

Durch die Überwachung des Mindestabstands kommt es quasi zu einer automatischen Verlängerung des Werkzeugs. Deswegen eignet sich dieses Verfahren insbesondere für Strahlbearbeitungen (Laser, Wasserstrahl, Plasma-/Autogenschneiden). Die geänderte Werkzeuglänge wird auf der SPS-Schnittstelle (Virtuelle Werkzeuglänge [► 116]) angezeigt, um damit evtl. den Prozess (z.B. Laserfokuspunkt) entsprechend anpassen zu können.

12.1.2 Konstanter Werkzeugeingriff

Der programmierte Werkzeugeingriffspunkt (TCP=ToolCenterPoint) wird beim Neigen des Werkzeugs durch die kinematische Transformation konstant gehalten. Die dabei resultierende Verringerung des orthogonalen Abstands zur Werkzeugoberfläche wird dabei automatisch in der 3D-Abstandsregelung berücksichtigt.

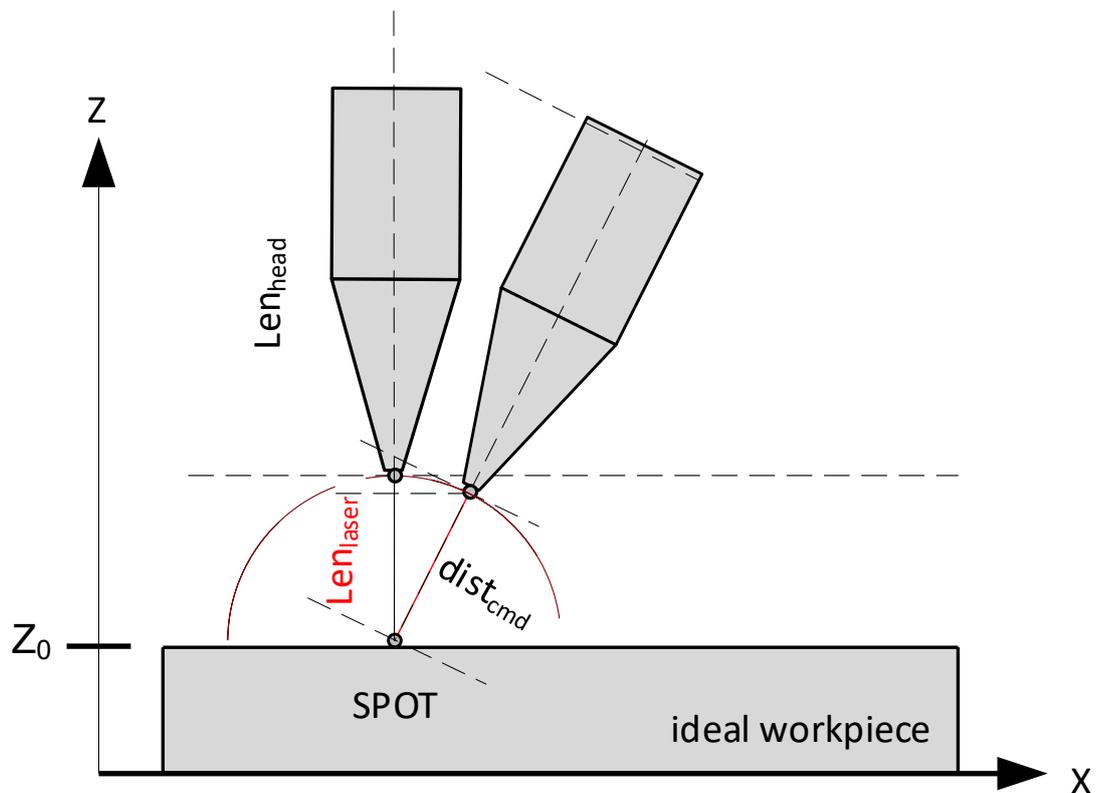


Abb. 38: Konstanter Werkzeugeingriffspunkt

Das Ein- und Ausschalten der Abstandsregelung erfolgt im NC-Programm.



Hinweis

Der Sollabstand der Abstandregelung und die Werkzeuglänge für die kinematische Transformation müssen identisch sein.

Werkzeuglänge = Sollabstand

Die kinematische Transformation kann somit alle Bewegungen innerhalb der dynamischen Randbedingungen planen. Jegliche Abweichung davon, z.B. durch Höhenanpassung, führt zu zusätzlicher dynamischer Beanspruchung. Im Allgemeinen kann eine Anpassung der Abstandsregelung zwar online über die SPS-Schnittstelle erfolgen, jedoch kann auf diese Weise die kinematische Transformation nicht berücksichtigt werden.

12.1.3

Ausgleich bei realer Werkstückoberfläche

Weicht die tatsächliche Werkstückoberfläche von der angenommenen, theoretisch idealen Oberflächenposition ab, so wird dies durch die Abstandsregelung ausgeglichen.

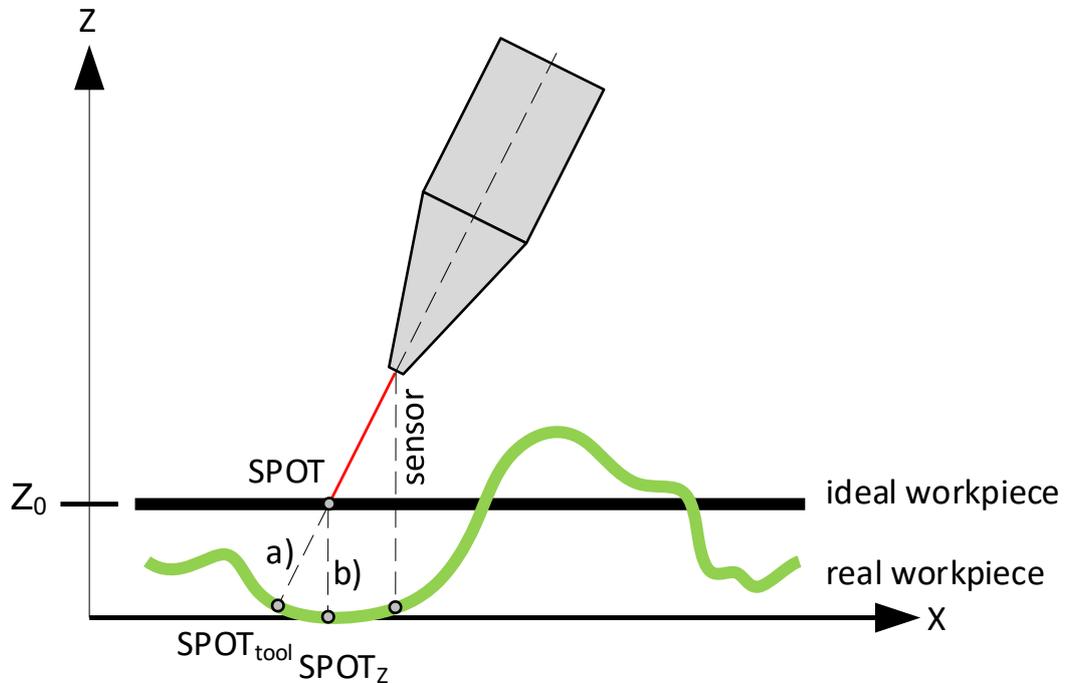


Abb. 39: Reale Werkstückoberfläche

Der Ausgleich der Abweichung kann grundsätzlich in zwei Arten erfolgen:

1. in Werkzeugrichtung
2. orthogonal zur Oberfläche

Ausgleich in Werkzeugrichtung

In diesem Modus wird trotz Höhenversatz die Ausrichtung der Schnittkurve beibehalten, was z.B. bei einer (Rohr-) Durchdringung wesentlich ist.

Height compensation in tool direction

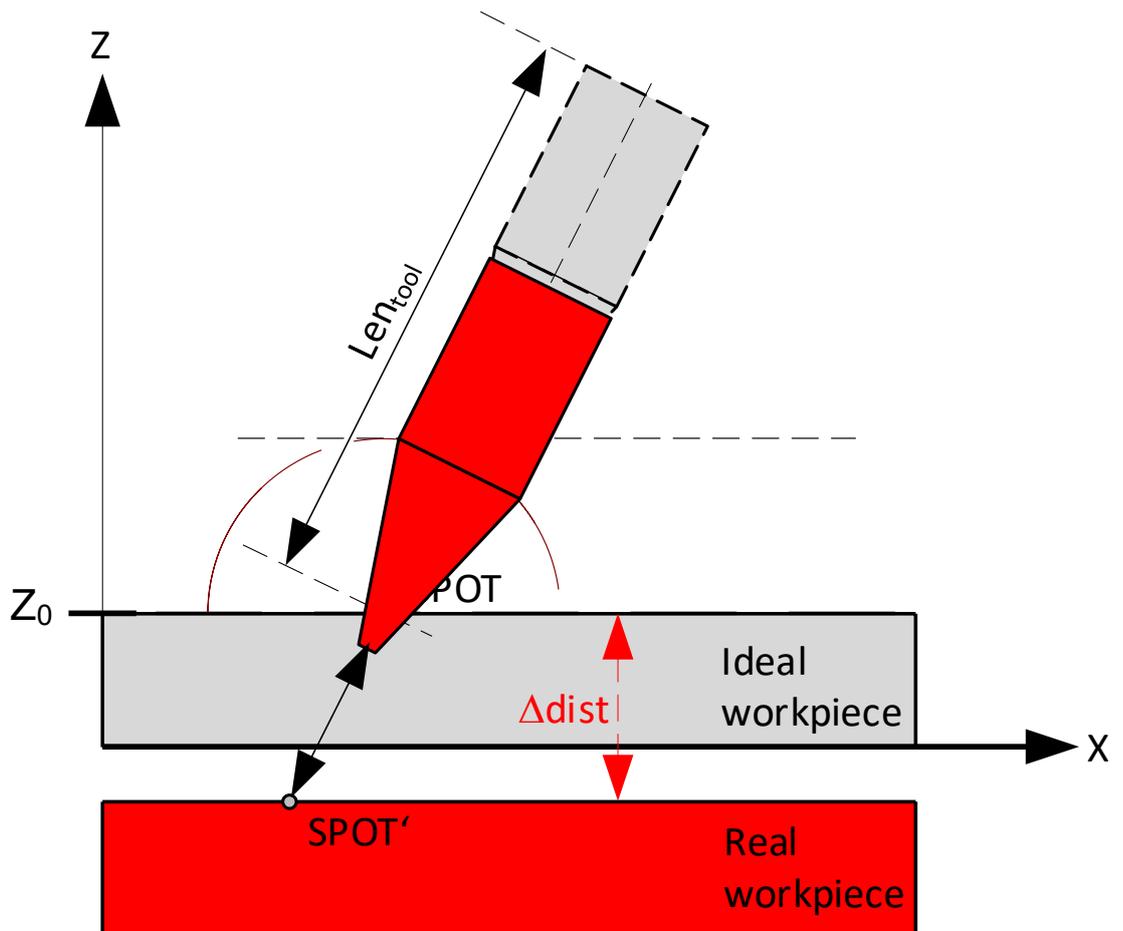


Abb. 40: Ausgleich der Abweichung in Werkzeugrichtung

Ausgleich orthogonal zur Oberfläche

In diesem Modus bleibt die Projektion (Draufsicht) der Bearbeitung identisch, d.h. die Form wird nicht verzerrt, sondern nur in der Höhe versetzt. Die Projektion in X/Y bleibt trotz Korrektur ortsfest.

Height compensation in Z-direction

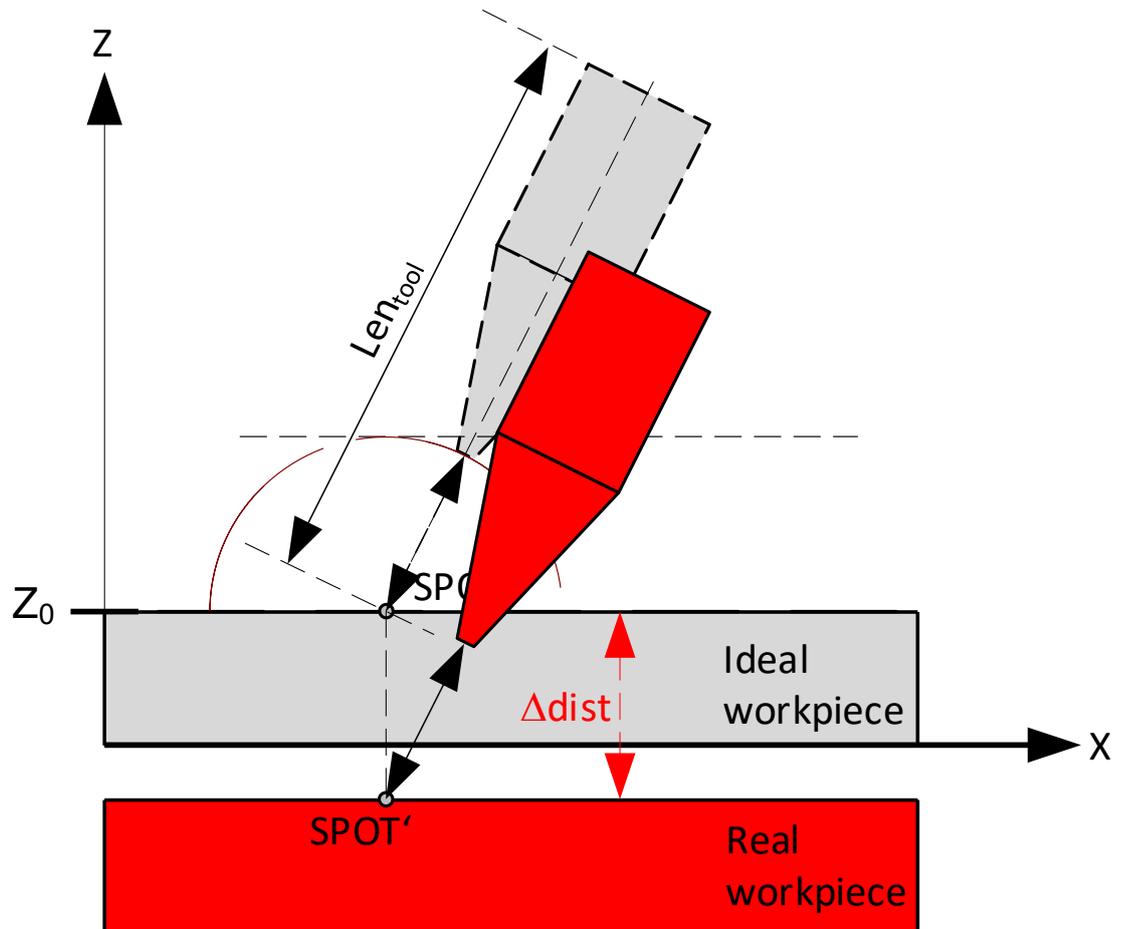


Abb. 41: Ausgleich der Abweichung orthogonal zur Oberfläche

12.2 Programmierung

Syntax Anwahl mit Angabe der Position der Werkstückoberfläche:

```
#DIST CTRL [ WAIT ] ON | DRYRUN [ SURFACE [ SET_POS=.. ] ]
```

Syntax Anwahl mit Angabe konstanter Abstand zur Werkstückoberfläche:

```
#DIST CTRL [ WAIT ] ON | DRYRUN [ CONST_DIST [ SET_DIST=.. ] ]
```

Syntax Abwahl:

```
#DIST CTRL [ WAIT ] OFF [ NO_MOVE ]
```

Syntax Offset einfrieren:

```
#DIST CTRL [ WAIT ] FREEZE
```

Syntax Sensor prüfen oder referenzieren:

```
#DIST CTRL [ WAIT ] CHECK_POS | REF
```

Syntax zusätzliche Parametrierung (kann optional auch in Kombination mit der An-/Abwahl programmiert werden):

```
#DIST CTRL [ [ MODE=<ident> ] [ DIRECTION=<Achname> ] [ KP=.. ] [ I_TN=.. ] [ D_TV=.. ]
  [ FILTER_TYPE=.. FILTER_TIME=.. ] [ N_CYCLES=.. ] [ FG_F0=.. ] [ ORDER=.. ]
  [ SMOOTH_FACT=.. ] [ KALMAN_SIGMA=.. ] [ SENSOR_SOURCE=<ident> ]
  [ SENSOR_VAR=.. ] [ VAL1=.. - VAL5=.. ] { \ } ]
```

WAIT	Mit der Option WAIT wird beim Ausführen des Befehls solange gewartet, bis die Abstandsregelung vollständig ein oder ausgeschaltet ist, bevor der nächste NC-Befehl ausgeführt wird.
ON	Abstandsregelung einschalten.
SURFACE	In Verbindung mit ON Abstandsregelung einschalten bei Vorgabe der Position der Werkstückoberfläche. Beim Einschalten muss eine Sollposition mit SET_POS gesetzt sein.
SET_POS=..	Sollvorgabe der Werkstückoberfläche in [mm, inch] (Absolutposition). Bei Reset oder Programmende wird die Sollposition zurückgesetzt, d.h. vor dem Wiedereinschalten der Abstandsregelung muss eine neue Sollposition vorgegeben werden.
CONST_DIST	In Verbindung mit ON Abstandsregelung einschalten bei Vorgabe eines konstanten Abstandes zur Werkstückoberfläche. Beim Einschalten muss ein Abstand mit SET_DIST gesetzt sein.
SET_DIST=..	Sollvorgabe des konstanten Abstandes zur Werkstückoberfläche in [mm, inch]. Bei Reset oder Programmende wird der Abstand zurückgesetzt, d.h. vor dem Wiedereinschalten der Abstandsregelung muss ein neuer Abstand vorgegeben werden.
DRYRUN	Im Modus DRYRUN wird die Achse bei Änderungen der Werkstückoberfläche nicht nachgeführt! Dies ermöglicht die Auswertung von Daten (Bsp. Filterwirkung) ohne Rückkopplung der Regelung. [ab V3.1.3079.23]
	In Verbindung mit SURFACE muss eine Sollposition mit SET_POS gesetzt sein.
	In Verbindung mit CONST_DIST muss ein Sollabstand mit SET_DIST gesetzt sein.
OFF	Abstandsregelung ausschalten.

CHECK_POS	Prüfen, ob Position im Toleranzfenster ist.
FREEZE	Einfrieren des ausgeregelten Abstandes über Werkstück. Die Achsposition bzw. der ausgegebene Korrekturwert werden gehalten. Die Nachführung der Achse wird unterbrochen.
REF	Messsystem (Sensor) referenzieren (nur wenn kein Absolutmesssystem vorhanden ist).
MODE=<ident>	Die Überlagerung der Offsets der Abstandsregelung findet auf der entsprechenden Ebene statt. Gültige Kennungen: PCS : Programmierten Koordinate MCS : Im Maschinenkoordinatensystem (kartesisches Grundsystem) ECS : In Werkzeugrichtung ACS : Auf physikalischer Achsebene OFF : Keine Überlagerung (STANDARD) Hinweis: Für eine Ausgleichsbewegung in ECS wird eine aktive Kinematik ID98 benötigt. (#KIN ID[98], #TRAFO ON)
DIRECTION=<Achname>	Name der Achse, in welcher die PCS/MCS/ACS-Kompensation beaufschlagt wird. Aktuell wird DIRECTION = Z unterstützt (DIRECTION=X/Y sind in Vorbereitung.)
KP=..	Gewichten des Ausgabewertes der Abstandsregelung. Die Parametrierung kann analog zu P-CHAN-00821 [▶ 136] durchgeführt werden. Der Wertebereich ist auf $0.0 < KP \leq 2.0$ beschränkt. Bei KP-Werten kleiner 1.0 wird die Dynamik der Abstandsregelung reduziert, bei KP-Werten größer als 1.0 wird die Dynamik erhöht. Durch einen KP-Faktor kleiner 1 kann ein mögliches Überschwingen der Abstandsregelung reduziert und bei kleinen Abstandsfehlern die Regelung beruhigt werden.
I_TN=..	Nachstellzeit des Integral-Anteils des PID-Reglers in [s]. Die Nachstellzeit gibt an, nach welcher Zeit der P- und I-Anteil der Stellgröße gleich groß sind. Die Parametrierung kann nach Vorbild von P-CHAN-00822 [▶ 136] durchgeführt werden. Der Wertebereich ist auf $0.0 \leq I_TN \leq 50.0$ beschränkt. Eine große Nachstellzeit führt zu einer robusteren Regelung. Je kleiner die Nachstellzeit, desto stärker der I-Anteil und desto schneller die Regelung. Eine kleine Nachstellzeit regt Überschwingen stärker an.
D_TV=..	Vorhaltezeit des Differential-Anteils des PID-Reglers in [s]. Die Vorhaltezeit gibt an, nach welcher Zeit der P- und D-Anteil der Stellgröße gleich groß sind. Die Parametrierung kann nach Vorbild von P-CHAN-00823 [▶ 137] durchgeführt werden. Der Wertebereich ist auf $0.0 \leq D_TV \leq 2.0$ beschränkt. Je größer die Vorhaltezeit, desto stärker der D-Anteil.
FILTER_TYPE=..	Filtertyp für die Filterung der Geberwerte gemäß P-CHAN-00825 [▶ 138].
FILTER_TIME=..	Wird ein Werte > 0 angegeben, so wird das Ein-/Ausschalten der Abstandsregelung über einen \sin^2 Filter geglättet. Die Angabe der Filterzeit erfolgt in Interpolator-Takten.
N_CYCLES=..	Anzahl der Messwerte, die für die Filterung verwendet werden gemäß P-CHAN-00800 [▶ 129].
FG_F0=..	Grenzfrequenz für den Tiefpassfilter in [Hz] gemäß P-CHAN-00817 [▶ 135].
ORDER=..	Ordnung des Tiefpassfilters gemäß P-CHAN-00816 [▶ 134].
SMOOTH_FACT=..	Glättungsfaktor des exponentiellen Mittelwertfilters gemäß P-CHAN-00827 [▶ 139]. Gibt die Gewichtung des aktuellen Messwertes an.
KALMAN_SIGMA=..	Unsicherheit der aufgenommenen Messwerte gemäß P-CHAN-00826 [▶ 138].
SENSOR_SOURCE=<ident>	Angabe der Quelle für das Sensorsignal. Folgende Quellen können für die kanalspezifische Abstandsregelung eingestellt werden: DEFAULT : Ist als Sensorquelle „DEFAULT“ ausgewählt, stellt die CNC intern automatisch auf Sensorquelle „VARIABLE“ VARIABLE : Die Übergabe des Sensorsignals an die CNC erfolgt über eine V.E.-Variable. Zusätzlich muss hierfür der Name der V.E.-Variablen über den Parameter „SENSOR_VAR“ angegeben werden.

SENSOR_VAR=..	Name der V.E.-Variablen über die das Sensorsignal an die CNC übermittelt wird.
NO_MOVE	Standardmäßig wird beim Ausschalten der Abstandsregelung der entstandene Korrekturoffset ausgefahren. Durch Angabe von NO_MOVE in Kombination mit OFF 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.
VAL1=..-VAL5=..	Fünf frei belegbare Werte im Realformat.
\	Trennzeichen ("Backslash") für übersichtliche Programmierung des Befehls über mehrere Zeilen.



Programmierbeispiel

Abstandsregelung- achsspezifische Verwendung und mit geneigtem Werkzeug

Beispiel 1- Verhalten wie bei achsspezifischer Abstandsregelung

```

N010 G0 Z10
;Setzen der Sensoreingangsquelle
N020 #DIST CTRL [SENSOR_SOURCE=VARIABLE SENSOR_VAR=V.E.SENSOR]
;Abstandsregelung aktivieren
N030 #DIST CTRL ON [CONST_DIST SET_DIST=1 MODE=ACS DIRECTION=Z]
;...
;Abstandsregelung ausschalten ohne warten. Nächster Satz wird sofort
ausgeführt.
N900 #DIST CTRL OFF
N910 G0 Z0
N999 M30
  
```

Beispiel 2- Abstandsregelung mit geneigtem Werkzeug und Kinematik ID 98

```

; Parametrierung der Kinematik 98
: -----
; HD1: Werkzeugversatz (100mm)
; HD2: Start-Grenzwinkel (Neigung zur Senkrechten): Start der WZ-Verlän-
gerung (30°)
; HD3: Ende-Grenzwinkel (Neigung zur Senkrechten) : Ende der WZ-Verlän-
gerung (60°)
; HD4: maximale Neigung -> Fehlermeldung (91°)
N010 V.G.KIN_STEP[1].ID[98].PARAM[0] = 100000
N020 V.G.KIN_STEP[1].ID[98].PARAM[1] = 30000
N030 V.G.KIN_STEP[1].ID[98].PARAM[2] = 60000
N040 V.G.KIN_STEP[1].ID[98].PARAM[3] = 91000
; Werkzeuglänge (80mm)
N050 V.G.WZ_AKT.L = 80

; Aktivierung der Kinematischen Transformationen ID9 und ID98.
N060 #KIN ID[9,98]
N070 #TRAFO ON
N080 G0 Z10
N090 G90 A=-45
; Setzen der Sensoreingangsquelle
N100 #DIST CTRL [SENSOR_SOURCE=VARIABLE SEN-SOR_VAR=V.E.SENSOR]
; Einschalten der Abstandsregelung in Werkzeugrichtung (Oberfläche 1mm)
N110 #DIST CTRL ON [SURFACE SET_POS=1 MODE=ECS DIRECTION=Z]
;...
; Abstandsregelung ausschalten und warten bis der Ausschalt-prozess ab-
geschlossen ist.
  
```

```
N120 #DIST CTRL WAIT OFF  
N130 G0 Z0  
N140 M30
```

12.3 Aufgaben CNC und SPS

Im NC-Programm werden die unterschiedlichen Funktionen ein- und ausgeschaltet:

- kinematische Transformation
- Überwachung des Mindestabstands zur Kollisionsvermeidung
- Aktivierung/ Deaktivierung der Abstandsregelung mit dem Sollabstand $\text{dist}_{\text{beam}}$

Die SPS übernimmt die Bereitstellung des idealisierten Sensorwertes. Hierzu wird der tatsächliche Sensorwert entsprechend normalisiert.

Nicht-linearen Abhängigkeiten des Sensorwerts müssen durch die SPS herausgerechnet werden. Z.B. Abhängigkeiten

- vom Neigungswinkel
- der Werkzeugkopfgeometrie
- Temperatur-
- oder Materialabhängigkeiten.

Die SPS stellt den tatsächlichen orthogonalen Abstand des Werkzeugeinspannpunkts (Laseraustrittspunkt) von der Oberfläche als Sensorwert bereit.

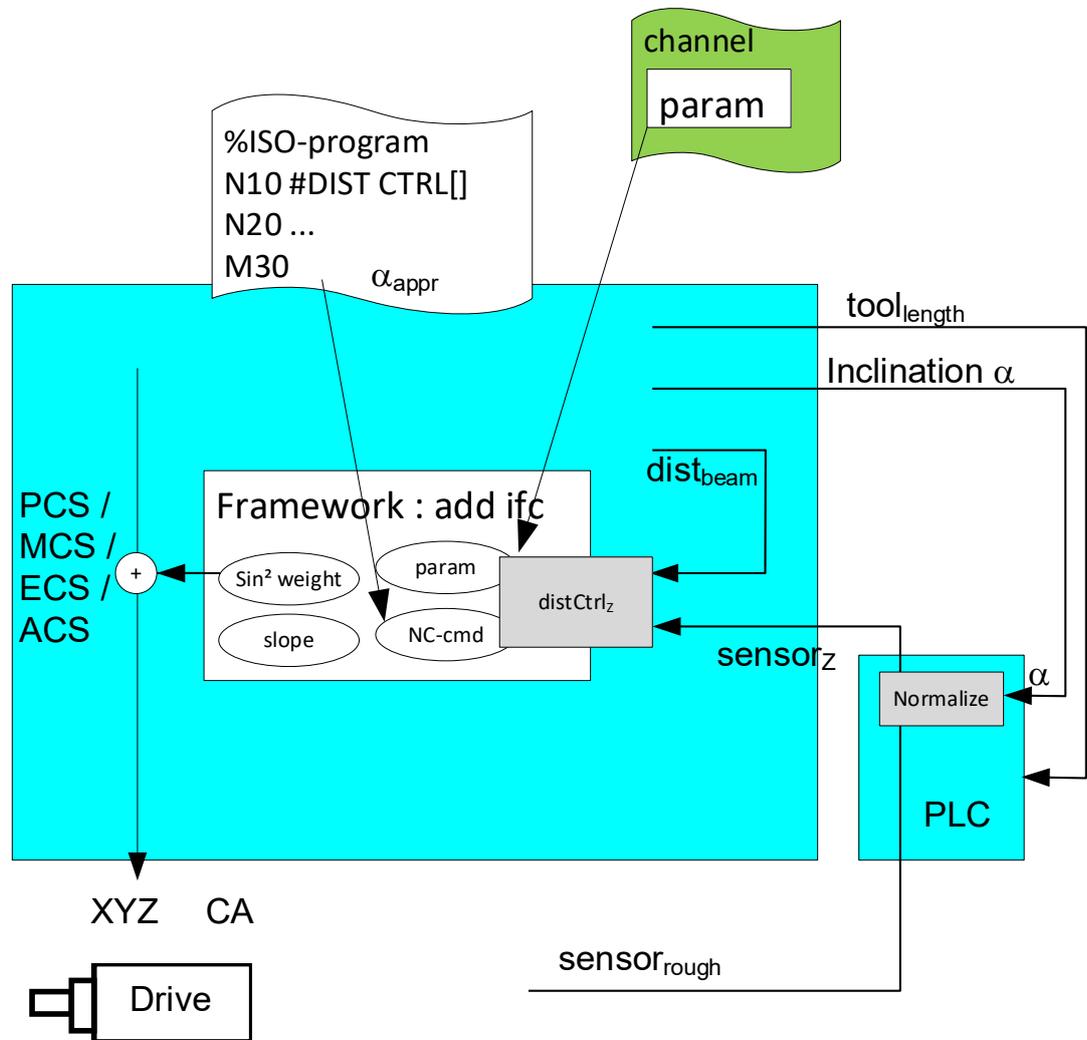


Abb. 42: Aufgaben- CNC und SPS

12.4 Eigenschaften, Funktion

12.4.1 Werkzeugeingriffspunkt und Ausgleichsbewegung

Die kinematische Transformation hält den Werkzeugeingriffspunkt bei Werkzeugneigung konstant auf der Oberfläche. Notwendig Ausgleichsbewegungen werden automatisch durch die CNC durchgeführt. Die dynamischen Grenzwerte der Achsen werden hierbei berücksichtigt.

Für das ursprünglichen nicht geneigte Werkzeug gilt:

Werkzeuglänge = Laserlänge = Werkzeugabstand

Die Verringerung des orthogonalen Abstands des Werkzeugkopfes durch die Neigung wird dabei entsprechend in der Abstandsregelung berücksichtigt. Der kapazitive Sensor gibt den orthogonalen Abstand des Werkzeugkopfes (Werkzeugeinspannpunkt) zur Oberfläche an.

Je nach Geometrie des Werkzeugkopfes kann es sein, dass bei entsprechender Neigung des Werkzeugs nicht der Werkzeugeinspannpunkt, sondern ein anderer Punkt näher am Werkstück ist. Die SPS gibt jedoch den Abstand des Werkzeugeinspannpunkts (Laseraustritt) als idealisierten Sensorwert an.

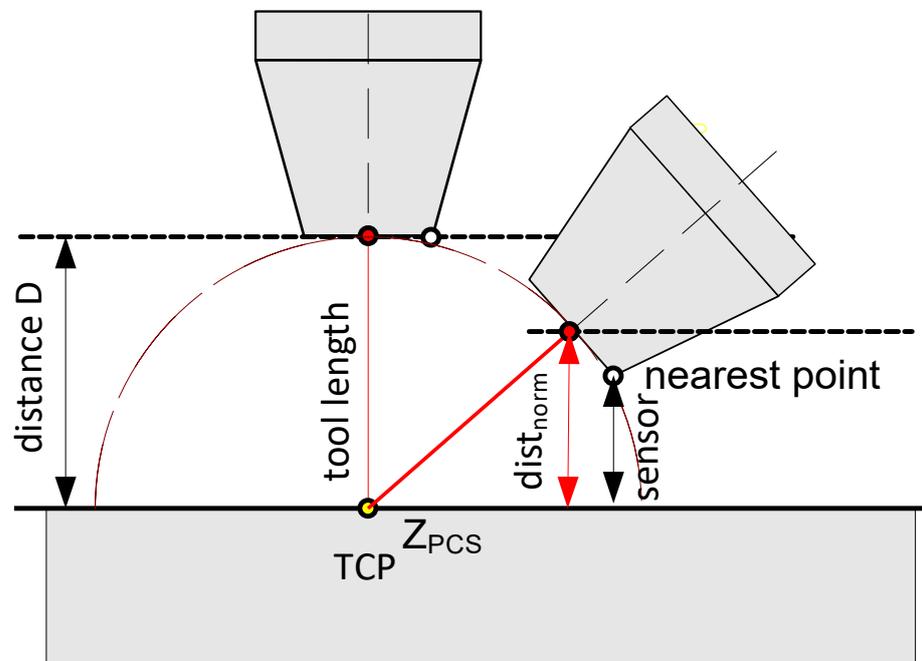


Abb. 43: Abstand zur Werkstückoberfläche

12.4.2 Überwachung des Mindestabstands mit Kinematik ID 98

Je nach Geometrie des Werkzeugkopfes kann es beim Neigen des Werkzeugs zu einem Unterschreiten eines Mindestabstandes oder gar einer Kollision des Werkzeugkopfes mit der Oberfläche kommen.

Aus diesem Grund kann es gewünscht sein, dass ein minimaler Sicherheitsabstand des Kopfes nicht unterschritten wird. Wird der Mindestabstand erreicht, so wird beim weiteren Neigen das Werkzeug virtuell für die kinematische Transformation verlängert, so dass der Werkzeugkopf auf einer konstanten Höhe bleibt (Phase 2). Die Überwachung des Mindestabstands wird hierbei durch eine vorgeschaltete kinematische Transformation ID 98 durchgeführt (s. a. Dokumentation mehrstufige kinematische Transformationen). Die erforderlichen Grenzwinkel können als Parameter der kinematischen Transformation angegeben werden.

Phase 1: Solange der Mindestabstand noch nicht erreicht ist, wird beim Neigen die Werkzeuglänge (Werkzeugeinspannpunkt - Werkzeugeintrittspunkt = Laserstrahlänge) konstant gehalten.

Phase 2: Beim Erreichen des minimalen Sicherheitsabstands wird die Höhe des Werkzeugeinspannpunkts konstant gehalten. Dies entspricht einer Verlängerung des Werkzeugs, was normalerweise nur bei einer Strahlbearbeitung automatisch möglich ist. Zur Anpassung des Prozesses (z.B. Laserfokuspunkt) wird die tatsächlich wirksame Werkzeuglänge auf der SPS-Schnittstelle angezeigt.

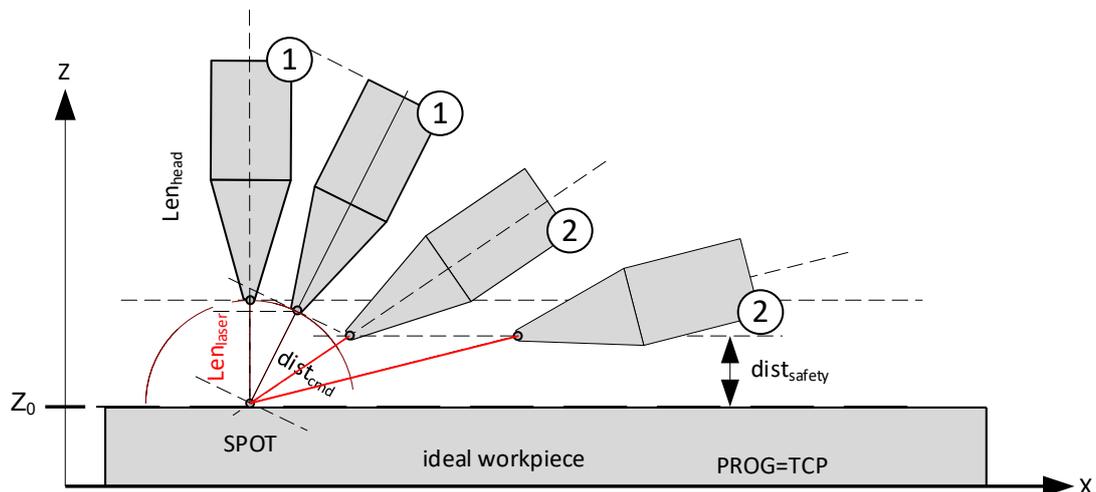


Abb. 44: Überwachung des Mindestabstands

Bei Aktivierung der Neigungskompensation im NC-Programm können hierzu unterschiedliche Winkel definiert werden. Diese Parameter werden als Parameter der Kinematik 98 gesetzt

- Maximaler Neigungswinkel, ab dem das Werkzeug virtuell verlängert wird.
- Winkel, ab dem die Werkzeugverlängerung wieder ausgeschaltet wird.
- Maximaler Neigungswinkel. Eine weitere Neigung führt zu einer Fehlermeldung mit Programmabbruch.

Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Versatz Werkzeugeinspannpunkt bis Bezugspunkt des Werkzeugkopfes	1.0 E-4 mm
HD2	1	Neigungswinkel, ab dem der Abstand des Werkzeugkopfes zur Oberfläche konstant gehalten wird.	1.0 E-4°
HD3	2	Maximaler Neigungswinkel, bis zu dem der Abstand des Werkzeugkopfes zu Oberfläche konstant gehalten wird.	1.0 E-4°
HD4	3	Maximaler Neigungswinkel. Bei Überschreiten erfolgt eine Fehlermeldung mit Abbruch der Bearbeitung.	1.0 E-4°

12.4.2.1 Beispiel: Neigung des Werkzeugs über CA-Kinematik

In nachfolgendem Beispiel wird die Wirkung der Höhenüberwachung bei einer Neigung des Werkzeugkopfes um 90° aufgezeigt. Die rote Fläche visualisiert das ursprüngliche „Eindringen des Laserstrahls“ in das Werkstück. Die blaue Linie beschreibt die Höhe des Werkzeugkopfes (Laseraustrittspunkt) beim Neigen des Werkzeugs.

Ohne Korrektur: Hier erfolgt keine Höhenkorrektur des Werkzeugkopfes.

Mit Korrektur: ab dem vorgegebenen Winkel wird der Werkzeugkopf auf konstanter Höhe gehalten.

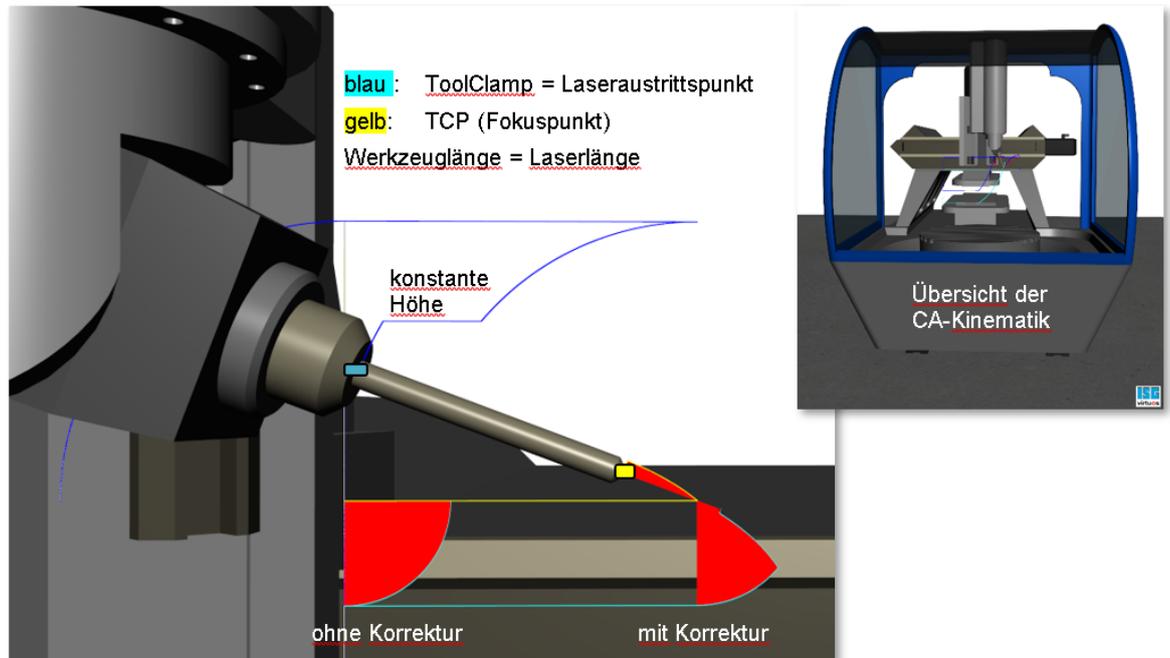


Abb. 45: Neigung des Werkzeugs über CA-Kinematik

Die erforderliche Parametrierung der Abstandsüberwachung (Kinematik ID 98) erfolgt über das NC-Programm:

```

;DistCtrl-OnOff.nc
; 80 mm Werkzeuglänge
N100 V.G.WZ_AKT.L = 80

; HD1 geometrischer Werkzeugkopfversatz
N200 V.G.KIN_STEP[1].ID[98].PARAM[0] = 100000
; Neigungswinkel, ab dem konstant gehalten wird
N210 V.G.KIN_STEP[1].ID[98].PARAM[1] = 500000
; max. Neigungswinkel, bis zu welchem der Abstand konstant
; gehalten wird
N210 V.G.KIN_STEP[1].ID[98].PARAM[2] = 700000
; max. Neigungswinkel, ab dem ein Fehler ausgegeben wird
N210 V.G.KIN_STEP[1].ID[98].PARAM[3] = 910000

N220 #TRAFO [ 9, 98]
N240 G01 A90 F10
    
```

12.4.2.2

Beispiel: Überwachung des Minimalabstand bei verschiedenen Ausrichtungen in der Ebene

Die Überwachung des Mindestabstands ist hierbei nicht abhängig von der Orientierung in der Ebene (C-Achsorientierung). Dies wird an nachfolgendem Beispiel durch diverse Drehungen in der Ebene mit nachfolgender Werkzeugneigung aufgezeigt.

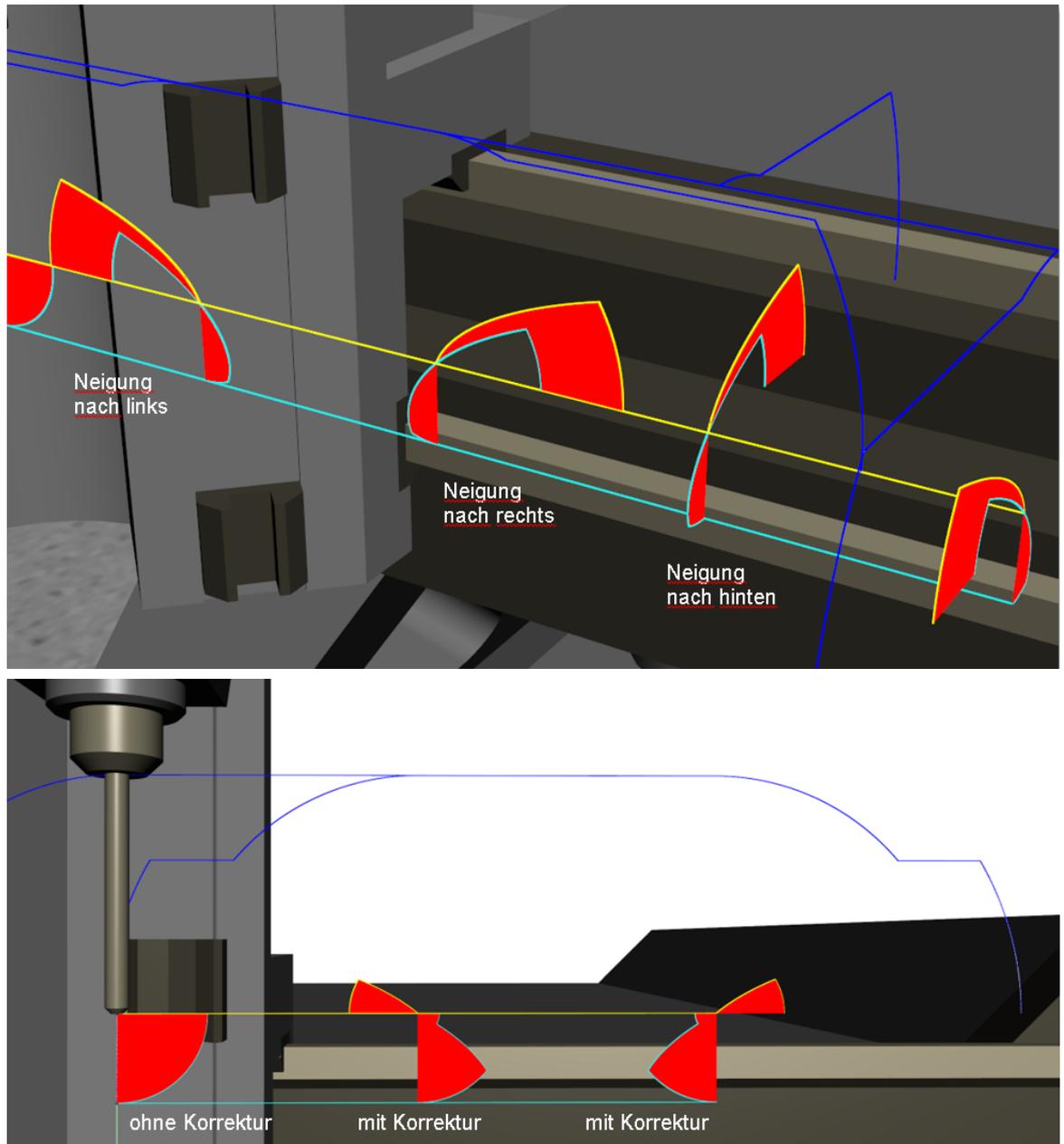


Abb. 46: Überwachung Minimalabstand

12.4.3 Ausgleich reale Werkstückoberfläche

Die Abstandsregelung gleicht Abweichungen der tatsächlichen Werkstückoberfläche von der theoretisch angenommenen Oberfläche aus.

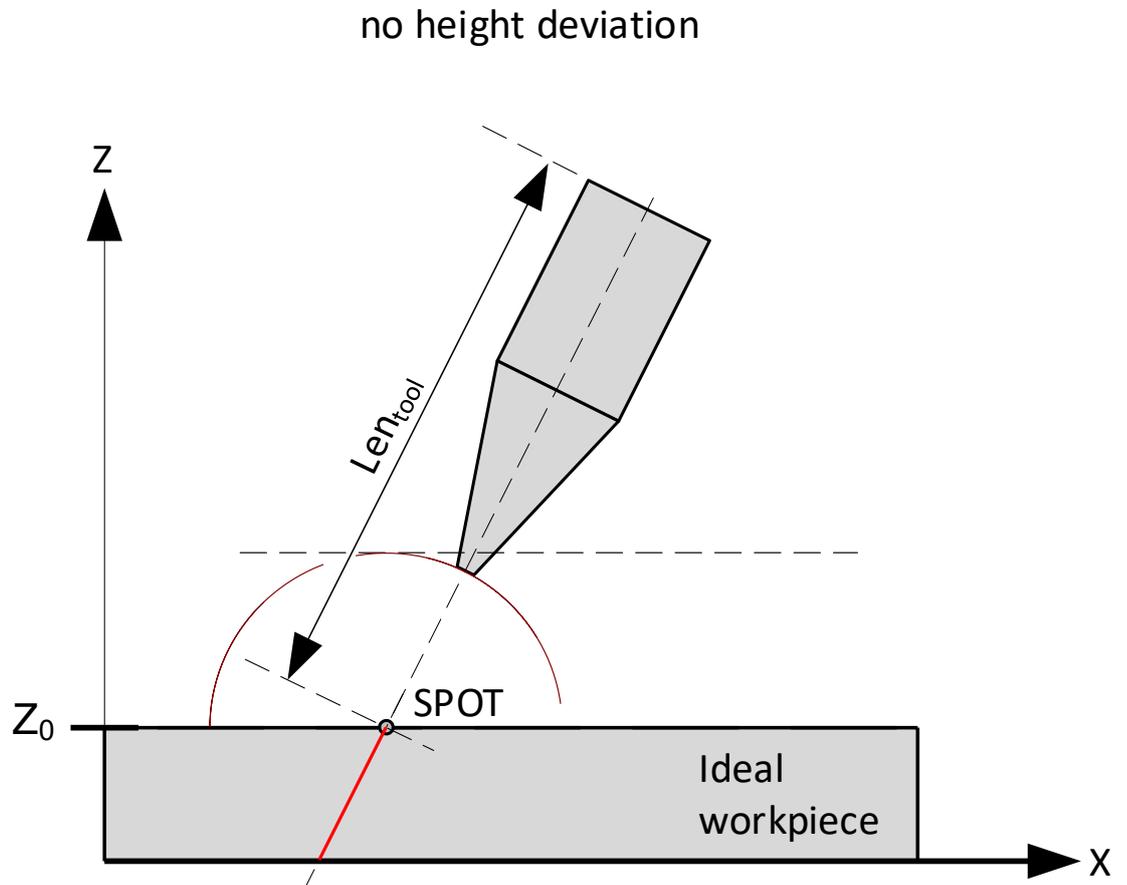
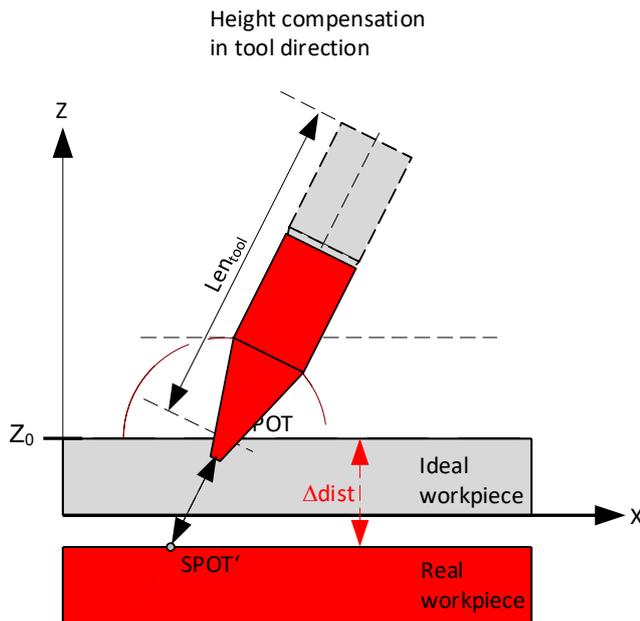


Abb. 47: Ausgleich bei idealer Werkstückoberfläche

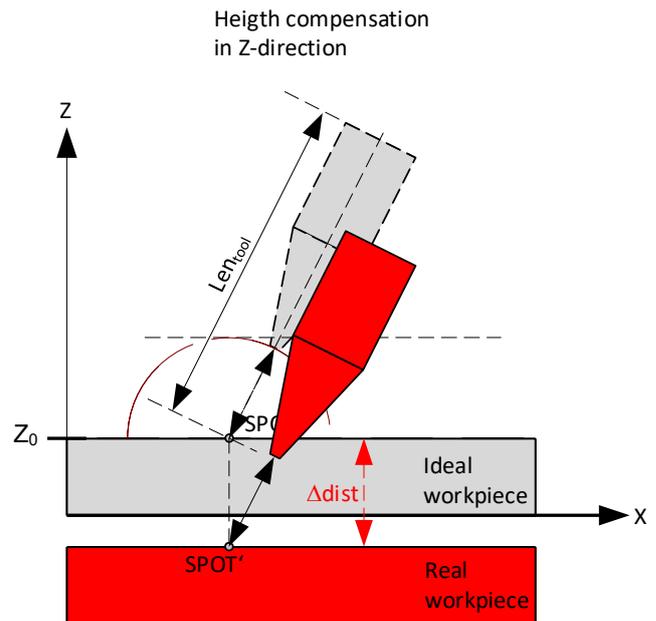
Für den Ausgleich bestehen zwei unterschiedliche Möglichkeiten, die je nach Anwendungsfall im NC-Programm bei Aktivierung der Abstandsregelung ausgewählt werden können.

1. In Werkzeugrichtung (Modus = ECS): Die Höhenabweichung wird durch Nachführen des Werkzeugkopfes in Werkzeugrichtung ausgeglichen. Bei dieser Art des Ausgleichs bleibt trotz Höhenversatz die Ausrichtung der Schnittkurve beibehalten, was z.B. bei einer (Rohr-) Durchdringung wesentlich ist.
2. Orthogonal zur Werkzeugoberfläche (Modus = MCS): Die Höhenabweichung wird durch Nachführen des Werkzeugkopfes orthogonal zur Oberfläche ausgeglichen. Bei dieser Art bleibt die Projektion (Draufsicht) der Bearbeitung identisch, d.h. die Form wird nicht verzerrt, sondern nur in der Höhe versetzt.

Werkzeugrichtung



Orthogonal zur Werkzeugoberfläche



12.4.3.1

Beispiel: Ausgleich in Werkzeugrichtung

In nachfolgendem Beispiel wird auf die Originalkontur ein statischer Offset durch die 3D-Abstandsregelung aufgebracht, welcher in Werkzeugrichtung ausgeglichen wird. Die aufgenommene Fläche zeigt das Eindringen des Strahls in das Werkstück.

- **Grün** : programmierte Kontur
- **Rot** : Kontur mit Offset

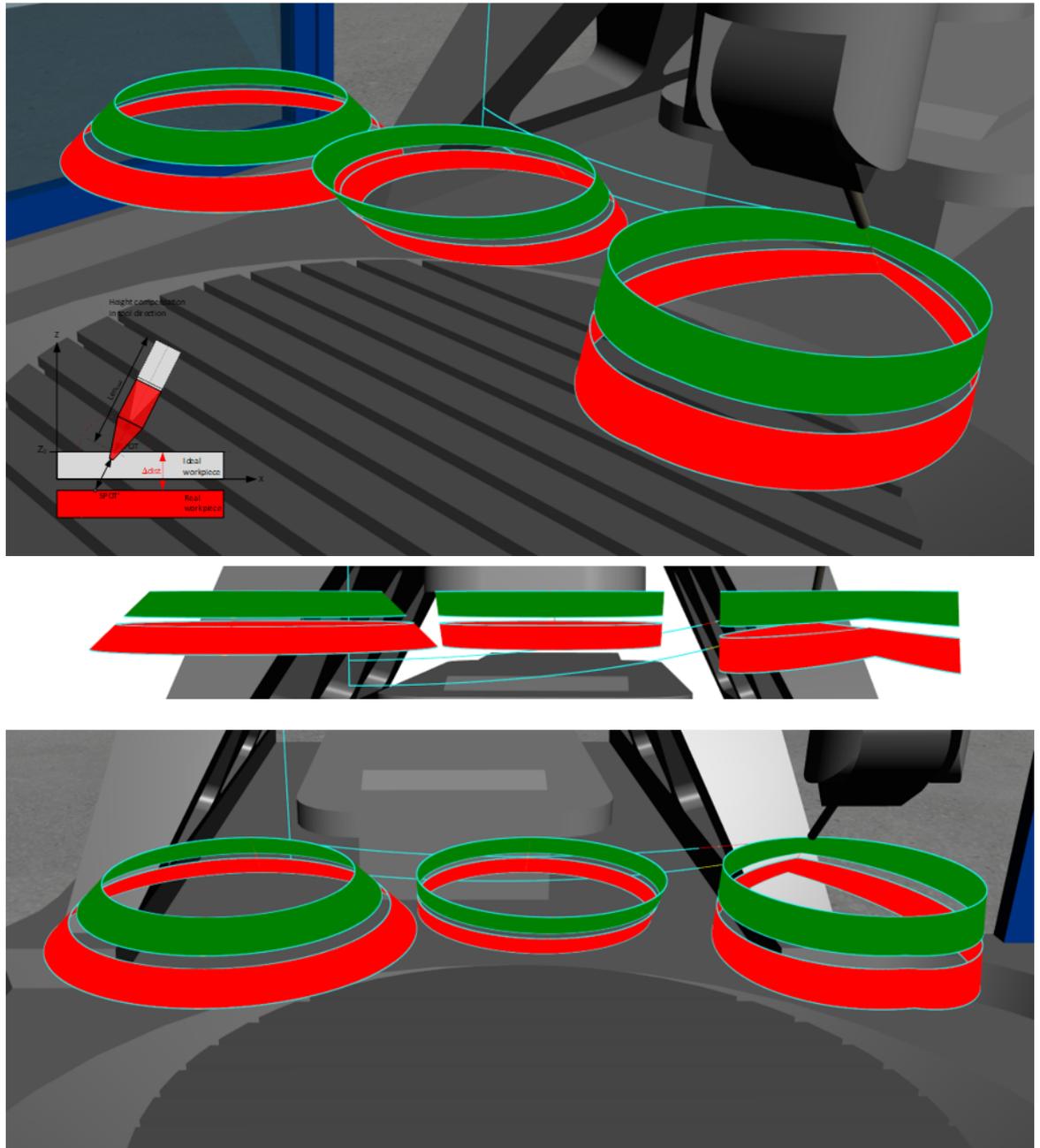


Abb. 48: Ausgleich in Werkzeugrichtung

12.4.3.2

Beispiel: Ausgleich orthogonal zur Oberfläche

Das Beispiel zeigt den Ausgleich des Höhenoffset orthogonal zur Werkstückoberfläche, d.h. in Z-Richtung.

- **Grün** : programmierte Kontur
- **Rot** : Kontur mit Offset

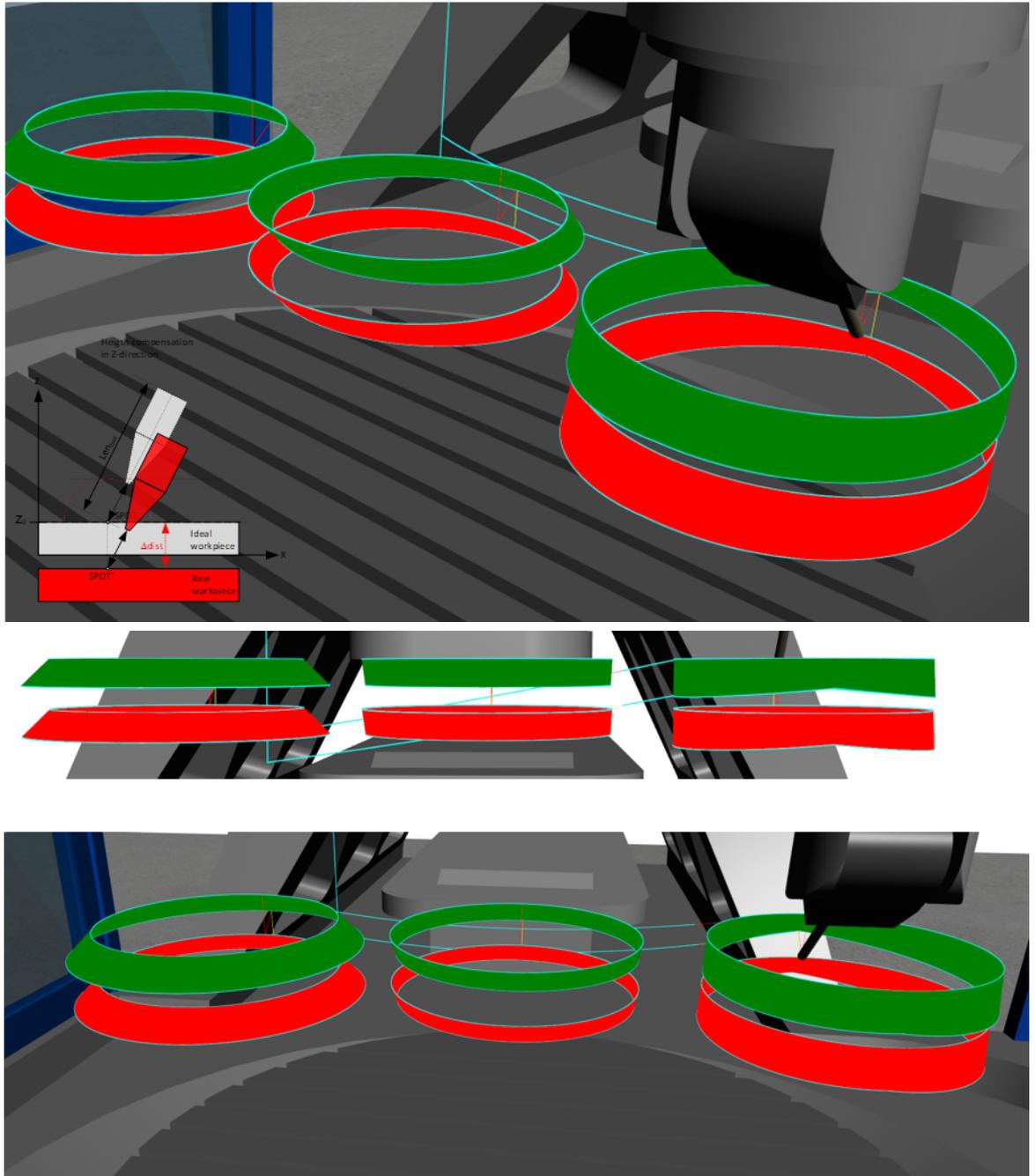


Abb. 49: Ausgleich orthogonal zur Oberfläche

12.4.4 Ein-/Ausschalten, Verhalten bei Reset, Programmende

Sind beim Ausschalten der Abstandsregelung noch Offsetwerte vorhanden, so kann festgelegt werden, wie mit diesen verfahren wird:

- Die Werte bleiben als statischer Offset vorhanden. Die nächste Verfahrbewegung beginnt ab dieser geänderten Position.
- Die Offsetwerte werden zunächst auf NULL zurückgefahren. Die nächste Verfahrbewegung beginnt ab der ursprünglichen, nicht veränderten Position. Vor dem Weiterfahren kann gewartet werden, ob die Offsetwerte komplett zurückgenommen wurden (Option = WAIT) oder ob die Offsetwerte beim Weiterfahren „fliegend“ abgebaut werden.

Bei einem Reset der Steuerung wird innerhalb der dynamischen Grenzen angehalten. Der seitherige Offset durch die Abstandsregelung wird beibehalten. D.h. weitere Sensoränderungen werden nicht mehr ausgefahren.

Auch bei Programmende wird, wie bei Reset, der seitherige Offset beibehalten. Weitere Sensoränderungen sind nach Programmende ohne Wirkung.

Beim Ausschalten im NC-Programm über den Befehl `#DIST CTRL [OFF]`, kann angegeben werden, ob der aktuelle Offset beibehalten (`NO_MOVE`) oder auf Null zurückgefahren wird (Standard).



Beispiel

Ein-/Ausschalten der Abstandsregelung

```

;DistCtrl-OnOff.nc
;----- NO_MOVE
N200 Y40
...
N220 #DIST CTRL WAIT [ON SET_POS=10]
N230 Y60
#TIME 71
N240 #DIST CTRL WAIT [OFF NO_MOVE]
N250 Y70
...
;----- MOVE
N420 #DIST CTRL WAIT [ON SET_POS=10]
N430 Y160
#TIME 71
N440 #DIST CTRL WAIT [OFF]
    
```

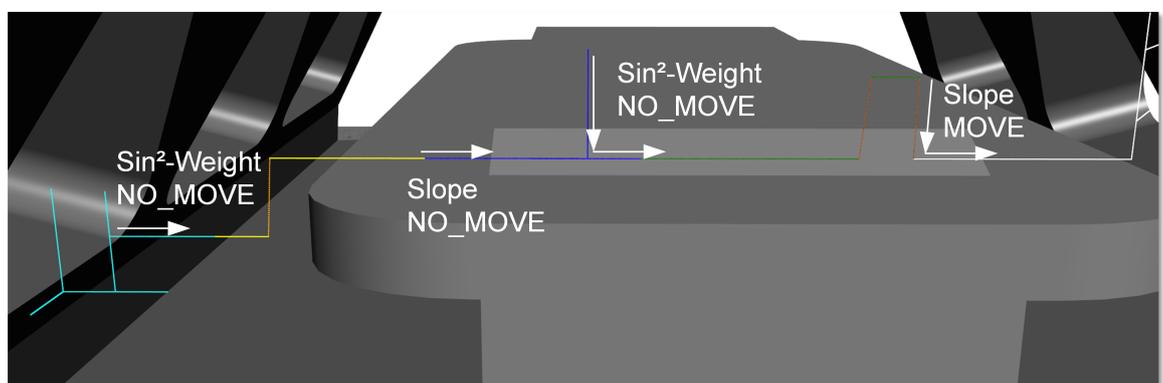


Abb. 51: Unterschiedliche Optionen beim Ausschalten

12.4.5 Einschränkungen- Kompatibilität mit anderen Funktionen

Eine Neuinitialisierung der Kanalposition ist nur bei inaktiver 3D-Abstandsregelung möglich. D.h. vor Verwendung von Funktionen, die zu einer Aktualisierung der Kanalposition führen, muss die 3D-Abstandsregelung deaktiviert sein.

Beispiele betroffener Funktionalitäten:

- #CS - Änderung kartesischer Transformation
- #TRAFO – Änderung der kinematischen Transformation
- #CHANNEL INIT - expliziter Positionssynchronisation

Bei Nichtberücksichtigung wird der Fehler ID 51062 ausgegeben und die NC-Programmbearbeitung wird abgebrochen.

12.5

SPS-Schnittstelle (Statusinformationen eines Kanals)

Für die Steuerung der 3D-Abstandsregelung existiert aktuell keine kanalspezifische Control Unit, da die Steuerung derzeit über das NC-Programm erfolgt.

Damit die SPS evtl. den Fokuspunkt anpassen und den Sensor normalisieren kann, werden auf dem HLI (SPS-Schnittstelle) folgende Werte angezeigt:

- Neigungswinkel α des Werkzeugs
- aktuelle (virtuell verlängerte) Werkzeuglänge, dies bedeutet z.B. der Abstand zwischen Laseraus- und Laserauftrittspunkt

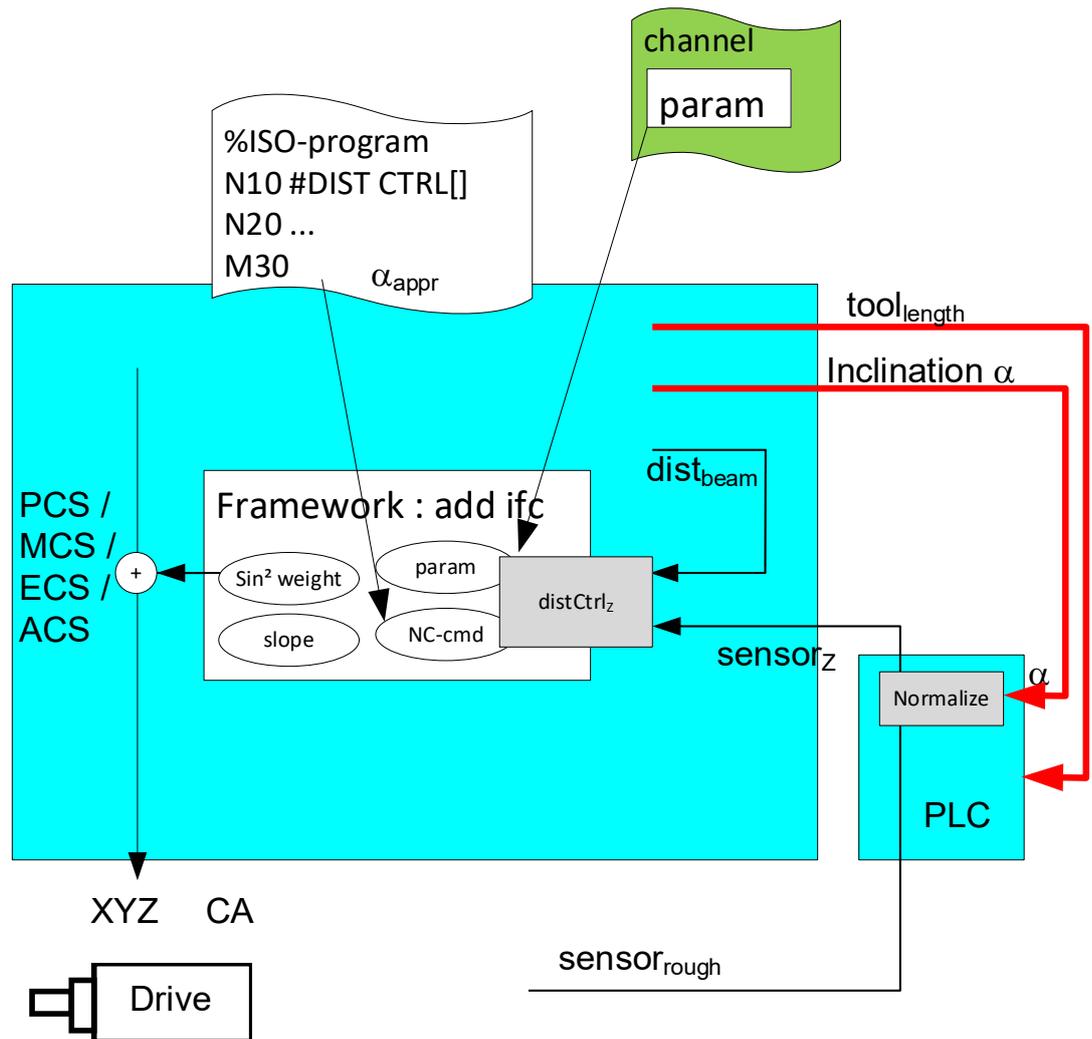


Abb. 52: Anbindung an SPS

Virtuelle Werkzeuglänge	
Beschreibung	<p>Virtuelle Länge des Werkzeugs.</p> <p>Diese Länge beinhaltet die eigentliche Länge des Werkzeugs und die Verlängerung, hervorgerufen durch die Überwachung des Neigungswinkels.</p>
Signalfluss	CNC → PLC
ST-Pfad	<code>gpCh[channel_idx]^bahn_state.virt_tool_length_r</code>
Datentyp	DINT
Einheit	0.1 µm
Zugriff	PLC liest
Besonderheit	<p>Wird zusätzlich zur kinematischen Transformation die Kollisionsvermeidung über die 2. Kinematikstufe 98 aktiviert, so wird die adaptierte Werkzeuglänge (virtuelle Werkzeuglänge) angezeigt. Hierdurch kann eine weitere Annäherung des Werkzeugkopfes an das Werkstück vermieden werden. Diese Länge entspricht dem tatsächlichen Abstand von Laseraustritt zum Laserauftreffpunkt auf das Werkstück.</p>

Werkzeugneigungswinkel	
Beschreibung	Aktueller Neigungswinkel des Werkzeugs.
Signalfluss	CNC → PLC
ST-Pfad	<code>gpCh[channel_idx]^bahn_state.inclination_r</code>
Datentyp	DINT
Einheit	0.0001 °
Zugriff	PLC liest
Besonderheit	<p>Wird zusätzlich zur kinematischen Transformation die Kollisionsvermeidung über die 2. Kinematikstufe 98 aktiviert, so wird der aktuelle Neigungswinkel angezeigt.</p>

12.6 CNC-Objekte für 3D-Abstandsregelung

Für die Inbetriebnahme der 3D-Abstandsregelung ist es sinnvoll einige Werte beispielsweise mit Hilfe des ISG-Objektbrowsers aufzuzeichnen.

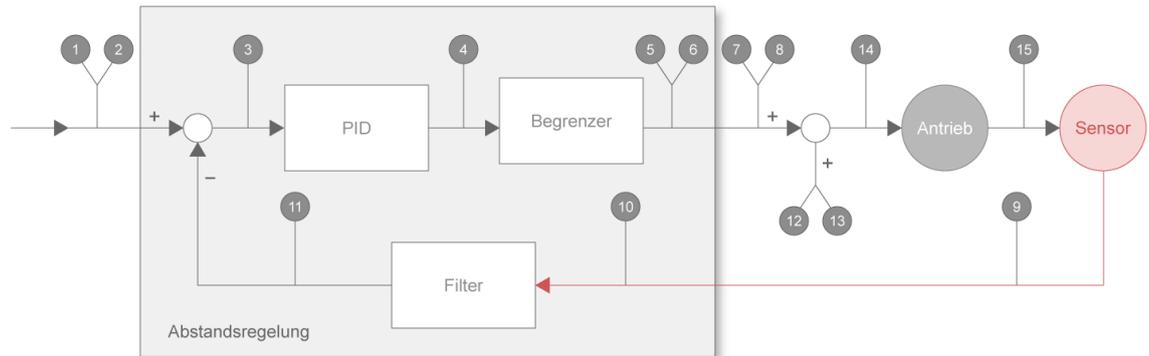


Abb. 53: CNC-Objekte im Lageregelkreis bei 3D-Abstandsregelung

Nummer	Bezeichnung des CNC-Objekts
1	DIST_CTRL[0]::set_pos [▶ 119]
2	DIST_CTRL[0]::set_distance [▶ 119]
3	DIST_CTRL[0]::target_deviation [▶ 123]
4	DIST_CTRL[0]::delta_deviation_pre_limiter [▶ 123]
5	DIST_CTRL[0]::m_actual_offset [▶ 118]
6	DIST_CTRL_IFC[0]::sloped_delta_deviation [▶ 118]
7	DIST_CTRL_IFC[0]::actual_offset [▶ 125]
8	DIST_CTRL_IFC[0]::delta_offset [▶ 125]
9	DIST_CTRL[0]::sensor_value [▶ 124]
10	DIST_CTRL[0]::feedback_value [▶ 123]
11	DIST_CTRL[0]::filtered_feedback [▶ 122]
12	m_sollw_absolut (Achsspezifisch für alle Achsen)
13	sollw_absolut (Achsspezifisch für alle Achsen)
14	dig cmd pos high_res (Achsspezifisch für alle Achsen)
15	dig act pos (Achsspezifisch für alle Achsen)

Kanalspezifische Abstandsregelung, auch 3D-Abstandsregelung

Die Anzahl der gleichzeitig im NC-Kanal möglichen 3D-Abstandsregelungen ist auf eine Abstandsregelung begrenzt. Somit ist nur ein Zugriff auf die Objekte mit DSTCTRL[0] möglich.

Verfügbar ab CNC-Version V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44

Die nachfolgenden kanalspezifischen CNC-Objekte für die Abstandsregelung sind erst dann verfügbar, wenn diese über Beschreibung [▶ 129] konfiguriert ist.

```
configuration.decoder.function FCT_3D_DIST_CTRL
```

Name	DIST_CTRL_IFC[0]::a_max_int		
Beschreibung	Maximale Beschleunigung des linearen Slopes.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x12130<C _{ID} >	Indexoffset	0x3000
Datentyp	REAL64	Länge	8
Attribute	read	Einheit	[0.1 µm/s ²]
Anmerkungen			

Name	DIST_CTRL_IFC[0]::sloped_delta_deviation		
Beschreibung	In diesem Takt auszufahrende Abweichung nach Beeinflussung durch den Slope.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x12130<C _{ID} >	Indexoffset	0x3001
Datentyp	SGN64	Länge	8
Attribute	read	Einheit	[0.01 nm]
Anmerkungen			

Name	DIST_CTRL[0]::m_actual_offset		
Beschreibung	Aktuell von der Abstandsregelung vorgegebener Offset zur interpolierten Sollposition.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x12130<C _{ID} >	Indexoffset	0x3100
Datentyp	SGN64	Länge	8
Attribute	read	Einheit	[0.01 nm]
Anmerkungen			

Name	DIST_CTRL[0]::v_max_int		
Beschreibung	Maximal zulässige Geschwindigkeit.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x12130<C _{ID} >	Indexoffset	0x3102
Datentyp	REAL64	Länge	8
Attribute	read	Einheit	[0.1 µm/s]
Anmerkungen			

Name	DIST_CTRL[0]::set_distance		
Beschreibung	Eingestellter Sollabstand des Werkzeugs zur Oberfläche.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x12130<C _{ID} >	Indexoffset	0x3103
Datentyp	SGN64	Länge	8
Attribute	read	Einheit	[0.01 nm]
Anmerkungen	Nur Wirksam im Modus „SET_DIST“		

Name	DIST_CTRL[0]::set_pos		
Beschreibung	Eingestellte Sollvorgabe der Werkstückoberfläche.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x12130<C _{ID} >	Indexoffset	0x3104
Datentyp	SGN64	Länge	8
Attribute	read	Einheit	[0.01 nm]
Anmerkungen	Nur Wirksam im Modus „SET_POS“		

Name	DIST_CTRL[0]::state		
Beschreibung	Aktuelle interner Status der 3D-Abstandsregelung. 0: INACTIVE 2: ACTIVE 3: FREEZE 4: OFF 5: OFF_NO_MOVE 6-12: ERROR 15: DRYRUN		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x12130<C _{ID} >	Indexoffset	0x<3105
Datentyp	UNS32	Länge	4
Attribute	read	Einheit	[-]
Anmerkungen			

Name	DIST_CTRL[0]::kp		
Beschreibung	<p>Gewichten des Ausgabewertes der Abstandsregelung. Die Parametrierung kann analog zu P-CHAN-00821 [► 136] durchgeführt werden. Der Wertebereich ist auf $0.0 < KP \leq 2.0$ beschränkt. Bei KP-Werten kleiner 1.0 wird die Dynamik der Abstandsregelung reduziert, bei KP-Werten größer als 1.0 wird die Dynamik erhöht.</p> <p>Durch einen KP-Faktor kleiner 1 kann ein mögliches Überschwingen der Abstandsregelung reduziert und bei kleinen Abstandsfehlern die Regelung beruhigt werden. [ab V2.11.2809.06 bzw. V3.1.3079.06]</p>		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x12130<C _{ID} >	Indexoffset	0x3106
Datentyp	REAL64	Länge	8
Attribute	read/ write	Einheit	[-]
Anmerkungen			

Name	DIST_CTRL[0]::i_tn		
Beschreibung	<p>Nachstellzeit des Integral-Anteils des PID-Reglers in [s]. Die Nachstellzeit gibt an, nach welcher Zeit der P- und I-Anteil der Stellgröße gleich groß sind. Die Parametrierung kann analog zu P-CHAN-00822 [► 136] durchgeführt werden. Der Wertebereich ist auf $0.0 \leq I_TN \leq 50.0$ beschränkt. Eine große Nachstellzeit führt zu einer robusteren Regelung. Je kleiner die Nachstellzeit, desto stärker der I-Anteil und desto schneller die Regelung. Eine kleine Nachstellzeit regt Überschwingen stärker an. [ab V2.11.2809.06 bzw. V3.1.3079.06]</p>		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x12130<C _{ID} >	Indexoffset	0x3107
Datentyp	REAL64	Länge	8
Attribute	read/ write	Einheit	[s]
Anmerkungen			

Name	DIST_CTRL[0]::d_tv		
Beschreibung	<p>Vorhaltezeit des Differential-Anteils des PID-Reglers in [s]. Die Vorhaltezeit gibt an, nach welcher Zeit der P- und D-Anteil der Stellgröße gleich groß sind. Die Parametrierung kann analog zu P-CHAN-00823 [► 137] durchgeführt werden. Der Wertebereich ist auf $0.0 \leq D_TV \leq 2.0$ beschränkt. Je größer die Vorhaltezeit, desto stärker der D-Anteil. [ab V2.11.2809.06 bzw. V3.1.3079.06]</p>		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x12130<C _{ID} >	Indexoffset	0x3108
Datentyp	REAL64	Länge	8
Attribute	read/ write	Einheit	[s]
Anmerkungen			

Name	DIST_CTRL[0]::smoothing_fact		
Beschreibung	Aktuell eingestellter Glättungsfaktor des exponentiellen Mittelwertfilters analog zu P-CHAN-00827. Gibt die Gewichtung des aktuellen Messwertes an.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x12130<C _{ID} >	Indexoffset	0x3109
Datentyp	REAL64	Länge	8
Attribute	read	Einheit	[-]
Anmerkungen			

Name	DIST_CTRL[0]::kalman_sigma		
Beschreibung	Aktuell eingestellte Unsicherheit der aufgenommenen Messwerte analog zu P-CHAN-00826 [► 138]. [ab V3.1.3079.23]		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x12130<C _{ID} >	Indexoffset	0x310A
Datentyp	REAL64	Länge	8
Attribute	read	Einheit	[-]
Anmerkungen			

Name	DIST_CTRL[0]::n_cycles		
Beschreibung	Aktuell eingestellte Anzahl der Messwerte, die für die Filterung verwendet werden analog zu P-CHAN-00800 [► 129]. [ab V3.1.3079.23]		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x12130<C _{ID} >	Indexoffset	0x310B
Datentyp	SGN32	Länge	4
Attribute	read	Einheit	[-]
Anmerkungen			

Name	DIST_CTRL[0]::skip_dist_ctrl		
Beschreibung	Nicht verwendet- in Vorbereitung		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x12130<C _{ID} >	Indexoffset	0x310C
Datentyp	BOOLEAN	Länge	1
Attribute	read	Einheit	[-]
Anmerkungen			

Name	DIST_CTRL[0]::filter_type		
Beschreibung	Aktiver Filtertyp zur Glättung der Sensorwerte. Filtertypen für die Glättung der Sensorwerte siehe P-CHAN-00825 [► 138].		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x12130<C _{ID} >	Indexoffset	0x310D
Datentyp	STRING	Länge	30
Attribute	read	Einheit	[-]
Anmerkungen			

Name	DIST_CTRL[0]::max_dist_change		
Beschreibung	Maximale Änderung der Sensorwerte pro Takt. Wird für den Filter „Kalman_DYN“ benötigt.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x12130<C _{ID} >	Indexoffset	0x310E
Datentyp	REAL64	Länge	8
Attribute	read	Einheit	[0.1 µm]
Anmerkungen	Filter ist noch nicht verfügbar.		

Name	DIST_CTRL[0]::filtered_feedback		
Beschreibung	Gefilterte Rückführgröße.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x12130<C _{ID} >	Indexoffset	0x310F
Datentyp	SGN64	Länge	8
Attribute	read	Einheit	[0.01 nm]
Anmerkungen			

Name	DIST_CTRL[0]::feedback_value		
Beschreibung	Berechnete Rückführgröße der Abstandsregelung: Modus SET_DIST: Gemessener Istabstand zwischen der interpolierten Sollposition des TCPs und der Oberfläche. Modus SET_DIST (use_both_encoder) und SET_POS: Gemessene Position der realen Oberfläche im ausgewählten Koordinatensystem		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x12130<C _{ID} >	Indexoffset	0x3110
Datentyp	SGN64	Länge	8
Attribute	read	Einheit	[0.01 nm]
Anmerkungen			

Name	DIST_CTRL[0]::target_deviation		
Beschreibung	Modus SET_DIST: Aktuelle Differenz zwischen interpolierter Sollposition des TCPs und eingestelltem Sollabstand zur Oberfläche. Modus SET_POS: Aktuelle Differenz zwischen der gemessenen realen Oberfläche und vorgegebener Solloberfläche		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x12130<C _{ID} >	Indexoffset	0x3111
Datentyp	SGN64	Länge	8
Attribute	read	Einheit	[0.01 nm]
Anmerkungen	In diesen Wert fließen gefilterte Sensorwerte ein.		

Name	DIST_CTRL[0]::delta_deviation_pre_limiter		
Beschreibung	In diesem Takt auszufahrender Abstand vor der Beeinflussung durch den Begrenzer. Beeinflusst durch PID-Regler.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x12130<C _{ID} >	Indexoffset	0x3112
Datentyp	SGN64	Länge	8
Attribute	read	Einheit	[0.01 nm]
Anmerkungen	SET_DIST: Für kp=1 ist dies der verbleibende Abstand zwischen Istposition des Werkzeugs und dem eingestellten Sollabstand zur Oberfläche. SET_POS: Für kp=1 ist dies der verbleibende auszufahrende Abstand, um die Differenz zwischen Istposition des Werkzeugs und der realen Oberfläche auszugleichen.		

Name	DIST_CTRL[0]::sensor_value		
Beschreibung	Rückgabewert des Sensors.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x12130<C _{ID} >	Indexoffset	0x3113
Datentyp	SGN64	Länge	8
Attribute	read	Einheit	[0.01 nm]
Anmerkungen			

Name	DIST_CTRL_PARAM[0]::v_max		
Beschreibung	Durch P-CHAN-00802 [► 130] eingestellte maximale Geschwindigkeit mit der ein Positions- offset ausgefahren wird.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x12130<C _{ID} >	Indexoffset	0x3500
Datentyp	SGN32	Länge	4
Attribute	read/ write	Einheit	[µm/s]
Anmerkungen	Die neuen Werte werden aus Sicherheitsgründen nur bei den folgenden Transitionen wirk- sam: 1. Vom Zustand INACTIVE nach ACTIVE 2. Vom Zustand FREEZE nach ACTIVE		

Name	DIST_CTRL_PARAM[0]::a_max		
Beschreibung	Durch P-CHAN-00803 [► 130] eingestellte maximale Beschleunigung mit der ein Positions- offset ausgefahren wird.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x12130<C _{ID} >	Indexoffset	0x3501
Datentyp	SGN32	Länge	4
Attribute	read/ write	Einheit	[mm/s ²]
Anmerkungen	Die neuen Werte werden aus Sicherheitsgründen nur bei den folgenden Transitionen wirk- sam: 1. Vom Zustand INACTIVE nach ACTIVE 2. Vom Zustand FREEZE nach ACTIVE		

Name	DIST_CTRL_IFC[0]::actual_offset		
Beschreibung	Aktuell von der Abstandsregelung ausgegebener Offset zur interpolierten Sollposition des TCPs.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x12130<C _{ID} >	Indexoffset	0x3900
Datentyp	SGN32	Länge	4
Attribute	read	Einheit	[Incr.]
Anmerkungen			

Name	DIST_CTRL_IFC[0]::delta_offset		
Beschreibung	Aktuell ausgegebenes Delta, welches in diesem Takt auszufahren ist.		
Task	GEO (Port 551)		
Indexgruppe	0x12130<C _{ID} >	Indexoffset	0x3901
Datentyp	SGN32	Länge	4
Attribute	read	Einheit	[Incr.]
Anmerkungen			

12.7 Fehlermeldungen

Bei der kanalspezifischen Abstandsregelung können grundsätzlich die gleichen Fehlermeldungen, wie bei der achsspezifischen Regelung auftreten. Diese sind:

Fehler ID	Fehlertext
ID 70329 / ID 310018	Istwertsprung des Sensorsignales größer als Grenzwert
ID 70330 / ID 310019	Sensor ganz ausgefahren
ID 70331 / ID 310017	Tastabweichung zu groß
ID 70332 / ID 310021	Abstandsregelung bei Programmende noch aktiv
ID 70333 / ID 310022	Abstandsregelung für Achse aktiv, die abgegeben werden soll
ID 70334 / ID 310023	Bei erneuter Anwahl Abwahl der Abstandsregelung noch nicht fertig
ID 70335 / ID 310026	Anwahl Abstandsregelung ohne programmierte Position
ID 70336 / ID 310015	Funktionalität steht nicht zur Verfügung
ID 310027	Abstandsregelung ohne gültige Sensorvariable eingeschalten
ID 310028	Wechsel der Sensorquelle bei aktiver Abstandsregelung

Bei der kanalspezifische Abstandsregelung können zusätzlich folgende Fehler auftreten.

Fehler ID	Fehlertext
ID 51061	Abstandsregelung wurde nicht konfiguriert.
ID 51062	Initialisierung der Achspositionen bei aktiver Abstandsregelung nicht erlaubt.
ID 51064	Modusanwahl nur bei inaktiver 3D-Abstandsregelung erlaubt.



Hinweis

Bei Programmierung des NC-Befehls #DIST CTRL [] ohne Freischaltung der Funktionalität 3D-Abstandsregelung wird der Fehler ID 20209 (Unbekannter NC-Befehl) ausgegeben.

12.8 Parameter

12.8.1 Übersicht

ID	Parameter	Beschreibung
P-CHAN-00500	configuration.decoder.function	Funktionsfreischaltung Dekoder
P-CHAN-00801	dist_ctrl[i].max_deviation	Maximal zulässiger Korrekturwert [0.1 µm]
P-CHAN-00802	dist_ctrl[i].v_max	Maximal zulässige Geschwindigkeit für die Abstandsregelung [µm/s]
P-CHAN-00803	dist_ctrl[i].a_max	Maximal zulässige Beschleunigung für die Abstandsregelung [mm/s ²]
P-CHAN-00804	dist_ctrl[i].max_act_value_change	Maximal zulässiger Sprung des Abtastsignals innerhalb eines Taktes [0.1 µm/Takt]
P-CHAN-00805	dist_ctrl[i].ref_offset	Offset zum Referenzpunkt
P-CHAN-00806	dist_ctrl[i].max_pos	Obere Grenze des Sensors
P-CHAN-00807	dist_ctrl[i].min_pos	Untere Grenze des Sensors
P-CHAN-00808	dist_ctrl[i].tolerance	Toleranzband
P-CHAN-00810	dist_ctrl[i].mode_dist_use_both_encoder	Option Abstandssensor und Motorgeber
P-CHAN-00811	dist_ctrl[i].use_adaptive_acceleration	Option Gewichtung der Beschleunigung in Abhängigkeit des Abstandsfehlers
P-CHAN-00812	dist_ctrl[i].a_min	
P-CHAN-00803	dist_ctrl[i].a_max	
P-CHAN-00813	dist_ctrl[i].dist_error_a_min	
P-CHAN-00814	dist_ctrl[i].dist_error_a_max	
P-CHAN-00819	dist_ctrl[i].v_weight_dow	Option Dynamikgewichtung der Senkbewegung
P-CHAN-00820	dist_ctrl[i].a_weight_dow	

P-CHAN-00821	dist_ctrl[i].kp	Gewichten der Ausgabewerte der Abstandregelung
P-CHAN-00822	dist_ctrl[i].i_tn	Nachstellzeit des Integral-Anteils des PID-Reglers
P-CHAN-00823	dist_ctrl[i].d_tv	Vorhaltezeit des Differential-Anteils des PID-Reglers
P-CHAN-00825	dist_ctrl[i].filter_type	Glättung der Sensordaten
P-CHAN-00816	dist_ctrl[i].low_pass_filter_order	
P-CHAN-00817	dist_ctrl[i].low_pass_filter_fg_f0	
P-CHAN-00800	dist_ctrl[i].n_cycles	
P-CHAN-00826	dist_ctrl[i].kalman_sigma	
P-CHAN-00827	dist_ctrl[i].smoothing_factor	Glättungsfaktor

Die Anzahl der gleichzeitig im NC-Kanal möglichen 3D-Abstandsregelungen ist auf eine Abstandsregelung begrenzt. Somit kann i nur den Wert 0 haben.

12.8.2 Beschreibung

Kanalparameter

P-CHAN-00500	Festlegung der Funktionalitäten für den Decoder
Beschreibung	Der Parameter legt einzelne Funktionalitäten für die Decodierung fest. Hierdurch können einzelne Funktionen zum Test deaktiviert oder auch aus Performancegründen ausgeschaltet werden.
Parameter	configuration.decoder.function
Datentyp	STRING
Datenbereich	FCT_USE_CACHED_FILES: Freischaltung File Caching FCT_VOL_COMP_COMPUTATION: Berechnungen zur Maschinenkalibrierung FCT_3D_DIST_CTRL: Freischaltung 3D-Abstandsregelung (ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44) -: Keine Funktionalitäten festgelegt.
Dimension	----
Standardwert	*
Anmerkungen	Parameter ist ab folgenden Versionen verfügbar V2.11.2040.04 ; V2.11.2810.02 ; V3.1.3079.17 ; V3.1.3107.10 Parametrierbeispiel: Laden von maximal 4 Dateien mit jeweils maximal 4096 Bytes. <i>configuration.decoder.function FCT_USE_CACHED_FILES</i> <i>configuration.decoder.max_cache_number 4</i> <i>configuration.decoder.max_cache_size 4096</i> * Hinweis: Der Standardwert der Variablen ist ein Leerstring. Über P-CHAN-00507 und P-CHAN-00508 besteht die Möglichkeit, abhängig vom Bearbeitungsmodus, Funktionen festzulegen.

P-CHAN-00800	Filterung der Geberwerte
Beschreibung	Die Geberwerte sind unter Umständen verrauscht. Um die Anregung der Maschine niedrig zu halten, können die Sollwerte zur Abstandsregelung über einen Filter geglättet werden. Der Parameter gibt die Anzahl der Werte an, über die gefiltert wird.
Parameter	dist_ctrl[i].n_cycles (mit i=0)
Datentyp	SGN32
Datenbereich	$0 \leq n_cycles < 100$
Dimension	[-]
Standardwert	4
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44

P-CHAN-00801	Maximaler Positionsoffset
Beschreibung	Der Korrekturwert, der über die Abstandsregelung berechnet wurde, darf dieses Maschinen-datum nicht überschreiten. Wird dieser Wert überschritten, wird eine Fehlermeldung ausgegeben. Der Korrekturwert wird begrenzt.
Parameter	dist_ctrl[i].max_deviation (mit i=0)
Datentyp	SGN32
Datenbereich	$0 \leq \text{max_deviation} < \text{MAX}(\text{SGN32})$
Dimension	[$0.1 \cdot 10^{-3}$ mm bzw. \emptyset]
Standardwert	50000
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44

P-CHAN-00802	Maximale Geschwindigkeit
Beschreibung	Der Parameter definiert die maximale Geschwindigkeit, mit der ein Positionsoffset ausgefah-ren wird. Die Korrektur des Abstandes wird dynamisch bzgl. der maximalen Geschwindigkeit begrenzt, um die resultierende Anregung zu begrenzen.
Parameter	dist_ctrl[i].v_max (mit i=0)
Datentyp	SGN32
Datenbereich	$0 \leq v_max < \text{MAX}(\text{SGN32})$
Dimension	[$1 \mu\text{m/s}$ bzw. $0.001^\circ/\text{s}$]
Standardwert	5000
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44

P-CHAN-00803	Maximale Beschleunigung
Beschreibung	Der Parameter definiert die maximale Beschleunigung, mit der ein Positionsoffset ausgefah-ren wird. Die Korrektur des Abstandes wird dynamisch bzgl. der maximalen Beschleunigung begrenzt, um die resultierende Anregung zu begrenzen. Dieser Parameter muss zwingend belegt werden. Ist dies nicht der Fall, wird der Fehler ID 315001 ausgegeben.
Parameter	dist_ctrl[i].a_max (mit i=0)
Datentyp	SGN32
Datenbereich	$0 < a_max < \text{MAX}(\text{SGN32})$
Dimension	[mm/s^2 bzw. $^\circ/\text{s}^2$]
Standardwert	0
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44

P-CHAN-00804	Maximal zulässige Änderungsgeschwindigkeit des gemessenen Abstandes
Beschreibung	Der Parameter definiert die maximal zulässige Änderungsgeschwindigkeit des gemessenen Abstandes. Nach Einschalten der Abstandsregelung werden die Istwerte des Sensors bzgl. ihrer Änderungsgeschwindigkeit überwacht. Bei Überschreiten der maximal zulässigen Änderungsgeschwindigkeit wird die Fehlermeldung ID 310018 oder ID 70329 ausgegeben. Dadurch können Probleme bei der Istwerterfassung detektiert werden.
Parameter	dist_ctrl[i].max_act_value_change (mit i=0)
Datentyp	SGN32
Datenbereich	0 <= max_act_value_change < MAX(SGN32)
Dimension	[1µm/s bzw. 0.001°/s]
Standardwert	5000
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44

P-CHAN-00805	Referenzpunktoffset für Messsystem
Beschreibung	Der Wertebereich des Sensor-Messsystems kann über dieses Maschinendatum um einen Offset verschoben werden. Dies ist z.B. bei Absolutgebern notwendig, um den Referenzpunkt festzulegen d.h. die Sensorposition, die sich einstellt, falls die Spindel die ideale Werkstückoberfläche berührt.
Parameter	dist_ctrl[i].ref_offset (mit i=0)
Datentyp	SGN32
Datenbereich	MIN(SGN32) <=ref_offset < MAX(SGN32)
Dimension	[0.1 10 ⁻³ mm bzw. ø]
Standardwert	0
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44

P-CHAN-00806	Obere Grenze für Messsystem
Beschreibung	Der Parameter definiert die obere Grenze des Sensorgebers. Wird diese bei aktiver Abstandsregelung überschritten, wird eine Fehlermeldung ausgegeben.
Parameter	dist_ctrl[i].max_pos (mit i=0)
Datentyp	SGN32
Datenbereich	0 <= max_pos < MAX(SGN32)
Dimension	[0.1 10 ⁻³ mm bzw. ø]
Standardwert	50000
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44

P-CHAN-00807	Untere Grenze für Messsystem
Beschreibung	Der Parameter definiert die untere Grenze des Sensorgebers. Wird diese bei aktiver Abstandsregelung überschritten, wird eine Fehlermeldung ausgegeben.
Parameter	dist_ctrl[i].min_pos (mit i=0)
Datentyp	SGN32
Datenbereich	$0 \leq \text{min_pos} < \text{MAX}(\text{SGN32})$
Dimension	$[0.1 \cdot 10^{-3} \text{ mm bzw. } \emptyset]$
Standardwert	-50000
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44

P-CHAN-00808	Toleranzband für Grenzwerte
Beschreibung	<p>Mit diesem Parameter wird ein Mindestabstand zur minimalen und maximalen Sensorposition festgelegt.</p> <p>Wird der gültige Abstand verlassen, so gibt die CNC die Fehlermeldungen ID 310019 oder ID 310020 (bzw. ID 70330 oder ID 70576 aus. Falls das Toleranzband mit null angegeben wird wirken die Begrenzungen der minimalen und maximalen Sensorposition aus den Parameter P-CHAN-00806 [▶ 131] und P-CHAN-00807 [▶ 132] direkt.</p>
Parameter	dist_ctrl[i].tolerance (mit i=0)
Datentyp	SGN32
Datenbereich	$0 \leq \text{P-CHAN-00808} < \text{MAX}(\text{SGN32})$
Dimension	$[0.1 \cdot 10^{-3} \text{ mm bzw. } \emptyset]$
Standardwert	0
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44

P-CHAN-00810	Option: Kopplung von Abstandssensor und Motorgeber.
Beschreibung	Als Erweiterung kann sowohl der Abstandssensor als auch der Z-Istwert Sensor herangezogen werden. Die inverse Kopplung der beiden Geber (Motor, Abstand) kann eine evtl. Schwingungsneigung reduzieren.
Parameter	dist_ctrl[i].mode_dist_use_both_encoder (mit i=0)
Datentyp	BOOLEAN
Datenbereich	0: Keine Kopplung 1: Kopplung von Motorgeber und Abstandsgeber aktiv
Dimension	[-]
Standardwert	0
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44

P-CHAN-00811	Option: Adaptive Beschleunigungsgewichtung
Beschreibung	Um die Schwingungsanregung bei kleinen Abweichungen zu verringern, kann die Beschleunigung in Abhängigkeit der Abweichung reduziert werden.
Parameter	dist_ctrl[i].use_adaptive_acceleration (mit i=0)
Datentyp	BOOLEAN
Datenbereich	0: Keine adaptive Beschleunigungsgewichtung 1: Adaptive Beschleunigungsgewichtung aktiv
Dimension	[-]
Standardwert	0
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44 Weiterhin sind folgende Grenzwerte für Beschleunigung und Abstandsfehler erforderlich: P-CHAN-00812 bzw. P-CHAN-00803 und P-CHAN-00813 bzw. P-CHAN-00814

P-CHAN-00812	Minimale Beschleunigung
Beschreibung	Der Parameter definiert die minimale Beschleunigung bei der Abstandsregelung.
Parameter	dist_ctrl[i].a_min (mit i=0)
Datentyp	UNS32
Datenbereich	1 ... MAX (UNS32)
Dimension	[mm/s ²]
Standardwert	500
Anmerkungen	Verfügbar ab v3.1.3107.44

P-CHAN-00813	Minimaler Abstandsfehler
Beschreibung	Der Parameter definiert den minimalen Abstandsfehler für die Abstandsregelung, bis zu dem die minimale Beschleunigung (P-CHAN-00812) verwendet wird.
Parameter	dist_ctrl[i].dist_error_a_min (mit i=0)
Datentyp	UNS32
Datenbereich	$0 \leq \text{dist_error_a_min} < \text{MAX}(\text{UNS32})$
Dimension	[0.1 μm bzw. 0.0001°]
Standardwert	1000
Anmerkungen	Verfügbar ab v3.1.3107.44

P-CHAN-00814	Maximaler Abstandsfehler
Beschreibung	Der Parameter definiert den maximalen Abstandsfehler für die Abstandsregelung, ab dem die maximale Beschleunigung (P-CHAN-00803) verwendet wird.
Parameter	dist_ctrl[i].dist_error_a_max (mit i=0)
Datentyp	UNS32
Datenbereich	$0 \leq \text{dist_error_a_max} < \text{MAX}(\text{UNS32})$
Dimension	[0.1 μm bzw. 0.0001°]
Standardwert	5000
Anmerkungen	Verfügbar ab v3.1.3107.44

P-CHAN-00815	Tiefpassfilter
Beschreibung	Durch den Einsatz eines Tiefpassfilters kann die Schwingungsneigung evtl. besser unterdrückt werden. Weitere Informationen zum Tiefpassfilter siehe [FCT-A7].
Parameter	dist_ctrl[i].low_pass_filter_enable (mit i=0)
Datentyp	BOOLEAN
Datenbereich	0: Ohne Tiefpassfilter 1: Tiefpassfilter aktiv
Dimension	[-]
Standardwert	0
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44 Weiterhin sind folgende Filterparameter für Ordnung und Grenzfrequenz erforderlich: P-CHAN-00816 und P-CHAN-00817

P-CHAN-00816	Filterordnung
Beschreibung	Die Ordnung des Filters beschreibt sein Verhalten bezüglich des Abfallens des Frequenzganges. Es gilt: Frequenzabfall = - P-CHAN-00816 * 20 dB/Dekade
Parameter	dist_ctrl[i].low_pass_filter_order (mit i=0)
Datentyp	UNS32
Datenbereich	0 ... 6
Dimension	[-]
Standardwert	4
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44

P-CHAN-00817	Filtergrenzfrequenz
Beschreibung	Der Parameter definiert den Wert der charakteristischen Frequenz des Filters.
Parameter	dist_ctrl[i].low_pass_filter_fg_f0 (mit i=0)
Datentyp	REAL64
Datenbereich	$0 \leq \text{low_pass_filter_fg_f0} < \text{MAX}(\text{REAL64})$
Dimension	[Hz]
Standardwert	25
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44

P-CHAN-00819	Gewichtungsfaktor für die Geschwindigkeit der Senkbewegung
Beschreibung	In diesem Parameter kann für die Senkbewegung (Richtung Werkstück) die verwendete Geschwindigkeit (siehe P-CHAN-00802) gewichtet werden. Dies kann hilfreich sein, da normalerweise die Hebebewegung mit einer großen Achsdynamik ausgeführt wird, um z.B. einem Hindernis bzw. einer Erhöhung schnell ausweichen zu können. Durch die Gewichtung kann die (Wieder-) Annäherung an das Werkstück mit einer reduzierten Geschwindigkeit durchgeführt werden.
Parameter	dist_ctrl[i].v_weight_down (mit i=0)
Datentyp	UNS32
Datenbereich	$0 \leq \text{v_weight_down} < 2000$
Dimension	[0.1 %]
Standardwert	0
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44 * Die Gewichtung ist abgeschaltet d.h. für die Hebe- und Senkbewegung wird die gleiche Geschwindigkeit P-CHAN-00802 verwendet.

P-CHAN-00820	Gewichtungsfaktor für die Beschleunigung der Senkbewegung
Beschreibung	In diesem Parameter kann für die Senkbewegung (Richtung Werkstück) die verwendete Beschleunigung (siehe P-CHAN-00803) gewichtet werden. Dies kann hilfreich sein, da normalerweise die Hebebewegung mit einer großen Achsdynamik ausgeführt wird, um z.B. einem Hindernis bzw. einer Erhöhung schnell ausweichen zu können. Durch die Gewichtung kann die (Wieder-) Annäherung an das Werkstück mit einer reduzierten Beschleunigung durchgeführt werden.
Parameter	dist_ctrl[i].a_weight_down (mit i=0)
Datentyp	UNS32
Datenbereich	$0 \leq \text{a_weight_down} < 2000$
Dimension	[0.1 %]
Standardwert	0
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44 * Die Gewichtung ist abgeschaltet d.h. für die Hebe- und Senkbewegung wird die gleiche Beschleunigung P-CHAN-00803 verwendet.

P-CHAN-00821	Gewichten der Ausgabewerte der Abstandregelung
Beschreibung	Der Parameter gewichtet den zyklischen Ausgabewert der Abstandregelung. Dadurch kann die Dynamik der Abstandregelung beeinflusst werden. Für k_p -Werte kleiner als 1.0 wird die Dynamik der Abstandregelung reduziert, für k_p -Werte größer als 1.0 wird die Dynamik erhöht.
Parameter	dist_ctrl[i].kp (mit i=0)
Datentyp	REAL64
Datenbereich	$0.0 < k_p \leq 2.0$
Dimension	[-]
Standardwert	1.0
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44 Durch einen k_p -Faktor kleiner eins kann ein mögliches Überschwingen der Abstandregelung reduziert und bei kleinen Abstandsfehlern die Regelung beruhigt werden.

P-CHAN-00822	Nachstellzeit des Integral(I)-Anteils des PID-Reglers
Beschreibung	Der Parameter gewichtet den I-Anteil des PID-Reglers. Die Nachstellzeit gibt an, nach welcher Zeit der P- und I-Anteil der Stellgröße gleich groß sind. Eine große Nachstellzeit führt zu einer robusteren Regelung. Je kleiner die Nachstellzeit, desto größer der I-Anteil und desto schneller die Regelung. Deaktivieren des I-Anteils über $i_tn = 0$.
Parameter	dist_ctrl[i].i_tn (mit i=0)
Datentyp	REAL64
Datenbereich	$0.0 \leq i_tn \leq 50.0$
Dimension	[s]
Standardwert	0.0
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44 Um Instabilität des Regelkreises zu vermeiden, sollte für das Einstellen der Nachstellzeit zunächst ein großer Anfangswert gewählt werden (zum Beispiel 5). Anschließend kann die Nachstellzeit schrittweise bis zur gewünschten Wirkung verringert werden. Wenn keine bleibenden Regelabweichungen vorhanden sind, sollte der I-Anteil zunächst nicht verwendet werden.

P-CHAN-00823	Vorhaltezeit des Differential(D)-Anteils des PID-Reglers
Beschreibung	Der Parameter gewichtet den D-Anteil des PID-Reglers. Die Vorhaltezeit gibt an, nach welcher Zeit der P- und D-Anteil der Stellgröße gleich groß sind. Über die Vorhaltezeit kann das Verhalten des Reglers stabilisiert und Überschwingen verringert werden. Je größer die Vorhaltezeit, desto stärker der D-Anteil. Deaktivieren des D-Anteils über $d_tv=0$.
Parameter	dist_ctrl[i].d_tv (mit i=0)
Datentyp	REAL64
Datenbereich	$0.0 \leq d_tv \leq 2.0$
Dimension	[s]
Standardwert	0.0
Anmerkungen	<p>Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44</p> <p>Um Instabilität des Regelkreises zu vermeiden, sollte für das Einstellen der Vorhaltezeit zunächst ein kleiner Anfangswert gewählt werden (Bsp.: 0.01). Anschließend kann die Vorhaltezeit schrittweise bis zur gewünschten Wirkung erhöht werden.</p>

P-CHAN-00825	Filtertyp für die Glättung der Sensorwerte
Beschreibung	<p>Die Geberwerte sind unter Umständen verrauscht. Durch den Einsatz eines entsprechenden Filters kann die Schwingungsneigung evtl. besser unterdrückt werden. Für die Abstandsregelung können folgende Filtertypen gewählt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DEFAULT: Gleitender Mittelwertfilter mit P-CHAN-00800 = 4 • MOVING_AVERAGE: Gleitender Mittelwertfilter • LOWPASS: Tiefpassfilter • KALMAN_MA: Kalman-Filter mit Vorhersage aus Mittelwertfilter • EXPO_MEAN: Exponentiell gewichteter Mittelwertfilter • KALMAN_EXPO: Kalman-Filter mit Vorhersage aus exponentiell gewichtetem Mittelwertfilter
Parameter	dist_ctrl[i].filter_type (mit i=0)
Datentyp	STRING
Datenbereich	DEFAULT MOVING_AVERAGE LOWPASS KALMAN_MA EXPO_MEAN KALMAN_EXPO
Dimension	[-]
Standardwert	DEFAULT
Anmerkungen	<p>Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44</p> <p>Weiterhin sind folgende Filterparameter für die jeweiligen Filtertypen notwendig:</p> <ul style="list-style-type: none"> • MOVING_AVERAGE: P-CHAN-00800 • LOWPASS: P-CHAN-00816, P-CHAN-00817 • KALMAN_MA: P-CHAN-00800, P-CHAN-00826 • EXPO_MEAN: P-CHAN-00800, P-CHAN-00827 • KALMAN_EXPO: P-CHAN-00800, P-CHAN-00827, P-CHAN-00826

P-CHAN-00826	Unsicherheit der Messwerte
Beschreibung	<p>Der Parameter gibt den Grad der Abweichung der gemessenen Werte zu den tatsächlichen Werten an.</p> <p>Je höher dieser Wert, desto besser die Filterwirkung, allerdings werden mögliche Überschwinger verstärkt.</p>
Parameter	dist_ctrl[i].kalman_sigma (mit i=0)
Datentyp	REAL64
Datenbereich	$1.0 \leq \text{P-CHAN-00826} \leq 10000.0$
Dimension	[-]
Standardwert	4
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44

P-CHAN-00827	Glättungsfaktor
Beschreibung	Der Parameter gibt die Gewichtung des aktuellen Messwertes an. Beispiel: Bei einem Glättungsfaktor von 0,5 fließt der aktuelle Wert mit einem Anteil von 50% in den Mittelwert ein.
Parameter	dist_ctrl[i].smoothing_factor (mit i=0)
Datentyp	REAL64
Datenbereich	$0 < \text{P-CHAN-00827} \leq 1.0$
Dimension	[-]
Standardwert	0.7
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44

Hochlaufparameter

P-STUP-00175	32-Bit Kompatibilitätsmodus für Anzeigedaten der CNC
Beschreibung	Ab CNC-Build 2807 und CNC-Build 3039.06 werden im Lageregler der Steuerung für Soll- und Istwerte höher aufgelöste 64-Bit Integervariablen verwendet. Aus Gründen der Abwärtskompatibilität werden diese Daten in den CNC-Objekten für die Anzeigedaten herunterskaliert und weiterhin als 32-Bit Wert bereitgestellt. Durch Setzen des Parameters ads_32_bit_comp_mode auf den Wert 0 kann die Konvertierung abgestellt werden. Die hochaufgelösten Lagereglervariablen werden dann über die CNC-Objekte als 64-Bit Integerwerte übertragen.
Parameter	ads_32_bit_comp_mode
Datentyp	BOOLEAN
Datenbereich	0: Keine Konvertierung, hochaufgelöste 64-Bit-Variable. 1: Abwärtskompatibilität, Konvertierung und Bereitstellen als 32-Bit Variablen.
Dimension	----
Standardwert	1
Anmerkungen	Dieser Parameter ist ab den CNC-Versionen V2.11.2807.00 bzw. V3.1.3039.06 verfügbar

12.8.3 Parametrierbeispiel

Exemplarische Parametrierung in einer Kanalliste.

```
# P-CHAN-00500: Activate functionality
configuration.decoder.function      FCT_3D_DIST_CTRL
## Dynamic parameters
# P-CHAN-00801: Max. permissible deviation [0.1um]
dist_ctrl[0].max_deviation        10000000
# P-CHAN-00802: Max. velocity [um/s]
dist_ctrl[0].v_max                 10000
# P-CHAN-00803: Max. acceleration [mm/s*s]
dist_ctrl[0].a_max                 100
# P-CHAN-00804: Max. speed of sensor values change per cycle [um/s]
dist_ctrl[0].max_act_value_change 10000000
# P-CHAN-00819: Lowering movement with 0.1% velocity
# of P-CHAN-00802 v_max
dist_ctrl[0].v_weight_down        0
# P-CHAN-00820: Lowering movement with 0.1% acceleration
# of P-CHAN-00804 a_max
dist_ctrl[0].a_weight_down        0

# P-CHAN-00805: Offset reference of sensor [0.1um]
dist_ctrl[0].ref_offset           0
# P-CHAN-00806: Upper limit of sensor [0.1um]
dist_ctrl[0].max_pos              1500000
# P-CHAN-00807: Lower limit of sensor [0.1um]
dist_ctrl[0].min_pos              -1500000
# P-CHAN-00808: Tolerance to sensor limits P-CHAN-00806/00807 [0.1um]
dist_ctrl[0].tolerance            0

## PID-Controller
# P-CHAN-00821: weighting of output values
dist_ctrl[0].kp                   0.3
# P-CHAN-00822: integral time
dist_ctrl[0].i_tn                 0.0
# P-CHAN-00823: derivative time
dist_ctrl[0].d_tv                 0.01

## Filter
# P-CHAN-00800: Number of cycles used for filter calculation
dist_ctrl[0].n_cycles             20
# P-CHAN-00825: Filtertype to smooth sensor values
dist_ctrl[0].filter_type          MOVING_AVERAGE
# P-CHAN-00827: Weighting of the actual sensor value (Expo filters)
dist_ctrl[0].smoothing_factor     0.05
# P-CHAN-00826: uncertainty of measured values (Kalman filters)
dist_ctrl[0].kalman_sigma         2000
# P-CHAN-00816: Order of low pass filter
dist_ctrl[0].low_pass_filter_order 3
# P-CHAN-00817: Frequency of low pass filter [Hz]
dist_ctrl[0].low_pass_filter_fg_f0 50
```

```

## Adaptive acceleration
# P-CHAN-00811: Adaptive acceleration active
dist_ctrl[0].use_adaptive_acceleration 0
# P-CHAN-00812: Min. acceleration [mm/s*s]
dist_ctrl[0].a_min 1
# P-CHAN-00813: Min. distance [0.1 um] to use a_min for
# adaptive acceleration
dist_ctrl[0].dist_error_a_min 400
# P-CHAN-00814: Max. distance [0.1 um] to use a_max for
# adaptive acceleration
dist_ctrl[0].dist_error_a_max 2500

# Kinematic parameters
# First step of kinematic chain:
kin_step[0].trafo[0].id 9
# HD1 : 10 E-4 mm : Z axis offset from tool holding device
# to rotation point A axis (swivel axis)
kin_step[0].trafo[0].param[0] 10000
# HD2 : 10 E-4 mm : Z axis offset rotary axis A to tool
# head reference point
kin_step[0].trafo[0].param[1] 10000
# HD3 : 10 E-4° : Rotary angular offset A axis
kin_step[0].trafo[0].param[2] 10000
# HD4 : 10 E-4° : Rotary angular offset C axis
kin_step[0].trafo[0].param[3] 10000
# HD5 : 10 E-4 mm : Y axis offset rotation point C axis
kin_step[0].trafo[0].param[4] 10000
# HD6 : 10 E-4 mm : X axis offset rotation point C axis
kin_step[0].trafo[0].param[5] 10000
# HD7 : 10 E-4 mm : Static head offset in X
kin_step[0].trafo[0].param[6] 10000
# HD8 : 10 E-4 mm : Static head offset in Y
kin_step[0].trafo[0].param[7] 10000
# HD9 : 10 E-4 mm : Y axis offset torch axis to rotation
# point A axis
kin_step[0].trafo[0].param[8] 10000
#
# Second step of kinematic chain:
kin_step[1].trafo[0].id 98
# geometric offset of tool clamping point (100 mm)
kin_step[1].trafo[0].param[0] 1000000
# start of the tool extension (30°)
kin_step[1].trafo[0].param[1] 300000
# stop of the tool extension (60°)
kin_step[1].trafo[0].param[2] 600000
# maximum inclination -> error (91°)
kin_step[1].trafo[0].param[3] 910000

```

12.8.4 Beispielkonfiguration der Sensorvariablen

Das Sensorsignal für die 3D-Abstandsregelung soll über eine externe Variable (V.E.) durch die SPS vorgegeben werden. (s [EXTV].



Hinweis

Der Synchronisationstyp der V.E.-Variable zur Übertragung des Sensorsignals kann sowohl synchron als auch asynchron definiert werden. Die Abstandsregelung greift immer im Kontext der GEO-Tasks synchron auf den Speicher der Variablen zu und aktualisiert die Werte.

Es wird empfohlen, die Variable wenn möglich als synchron zu definieren. Dadurch stimmt beim Zugriff auf die Variable aus dem NC-Programm, z.B. Auslesen des aktuellen Sensorwertes, der zeitliche Kontext mit der Abstandsregelung überein.



Beispiel

Konfiguration und Verwendung der Sensorvariablen.

Konfiguration einer Sensorvariablen in der Konfigurationsliste der externen Variablen

```
number_used_variables      1
#
var[0].name                SENSOR
var[0].type                REAL64
var[0].scope               CHANNEL
var[0].synchronisation     TRUE
var[0].access_rights       READ_ONLY
```

Aktivierung des Sensoreingangs für die 3D-Abstandsregelung im NC-Programm:

```
#DIST CTRL [SENSOR_SOURCE=VARIABLE  SENSOR_VAR=V.E.SENSOR]
```

Bei Verwendung der achsspezifischen Abstandsregelung lautet der NC-Befehl:

```
<Achsname> [DIST_CTRL  SENSOR_SOURCE=VARIABLE  SENSOR_VAR=V.E.SENSOR]
```

Die Verknüpfung der V.E.SENSOR Variablen, kann nach Vorbild des Beispiels aus (FCT-C22// Beispiel Abstandsregelung) durchgeführt werden

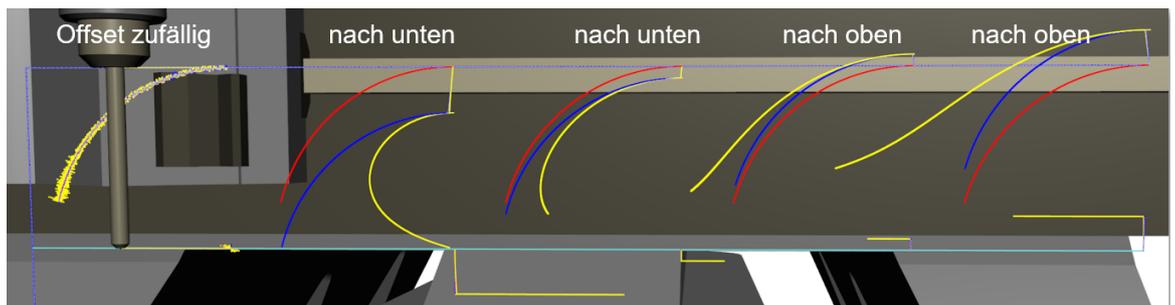
12.9 Anwendungsbeispiele

In nachfolgenden Beispielen soll die Wirkungsweise der Abstandregelung und der Höhenüberwachung beim Neigen des Werkzeugkopfes visualisiert werden.

- Verlauf des Kopfes (Werkzeugeinspannpunkt = Laseraustritt) bei ursprünglicher Kontur
- mit definiertem Höhenversatz und Kompensation orthogonal zur Oberfläche
- mit definiertem Höhenversatz und Kompensation in Werkzeugrichtung

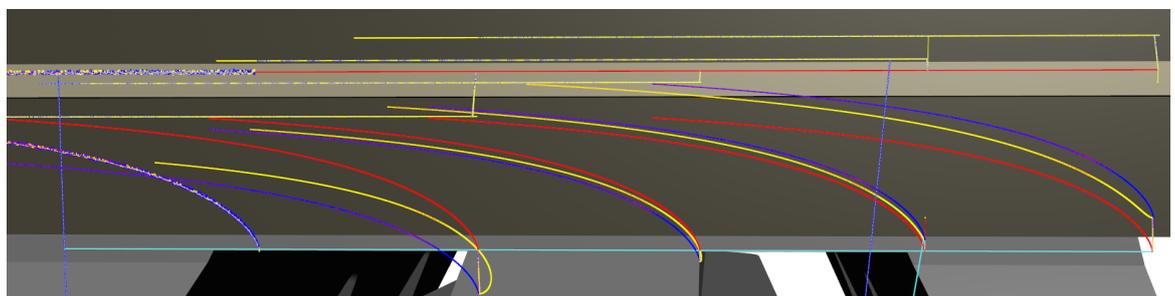
Beispiel 1: Überwachung Mindesthöhe im Bereich [90°; -]

Während der kompletten Neigung von 0° auf 90° wird keine Höhenüberwachung durchgeführt.



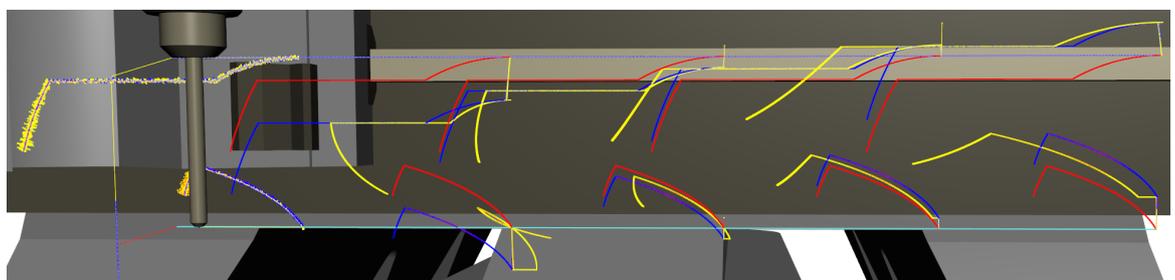
Beispiel 2: Überwachung Mindesthöhe im Bereich [0°; -]

Es wird sofort ab Start der Neigung die Höhe des Werkzeugkopfes konstant gehalten.



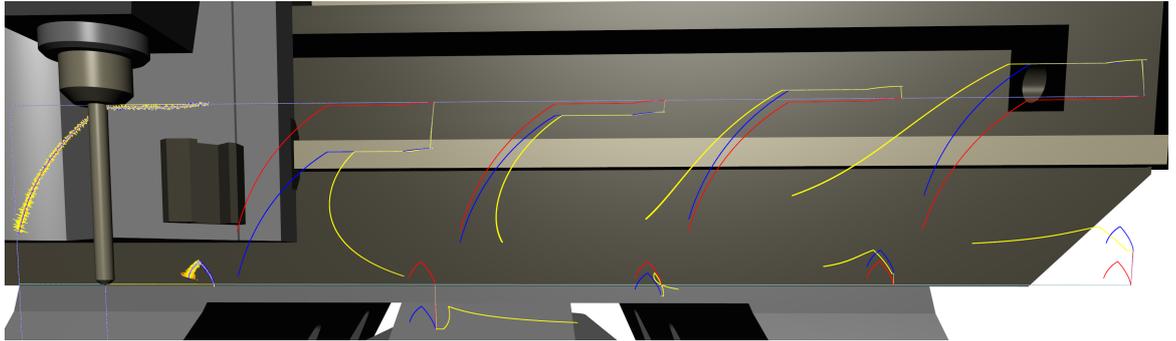
Beispiel 3: Überwachung Mindesthöhe im Bereich [30°; 60°]

Es wird bei einer Neigung zwischen 30° und 60° die Höhe des Werkzeugkopfes konstant gehalten.



Beispiel 4: Überwachung Mindesthöhe [10°; 31°]

In diesem Anwendungsbeispiel wird bei einer Neigung zwischen 10° und 31° die Höhe des Werkzeugkopfes konstant gehalten.



12.10

Diagnose

Ergänzungen der Diagnosedaten für die kanalspezifische Abstandsregelung.

Informationen zum Erstellen bzw. Auslesen der Diagnosedaten siehe [FCT-M9// Diagnose-Upload].

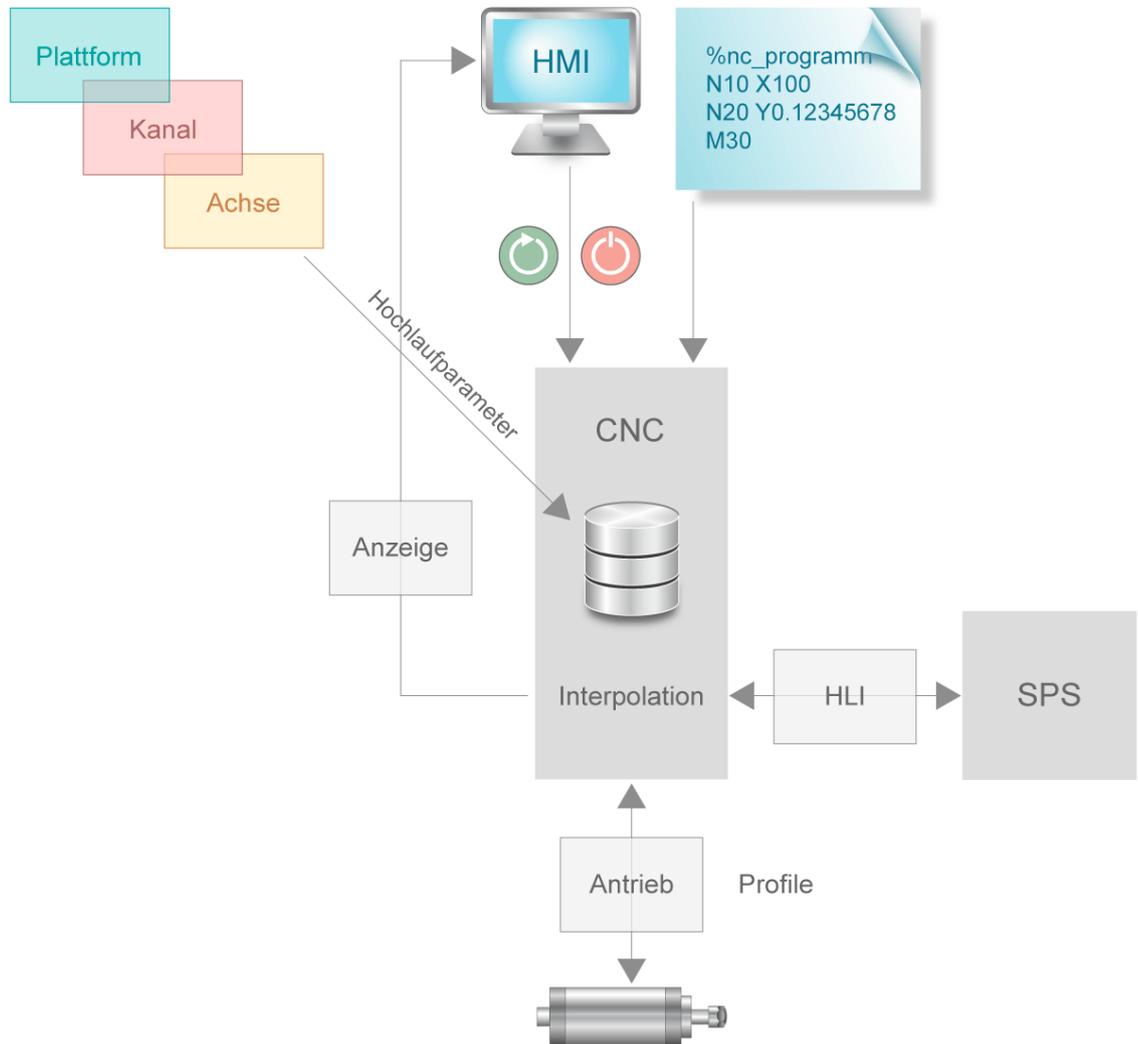


Abb. 54: Übersicht Diagnose

Die Aktivierung der 3D-Abstandsregelung kann wie in nachfolgender Abbildung verifiziert werden.

```

DiagData Analyse [diag_data.txt -- 10.08.2023 11:08:10:147] # ++ \r\n replaced by <\r>\n
Datei - Export - Einstellungen - ?
Auswertungen
  Navigieren Suchen Lesezeichen
  Kanal 1
    BF Status
    Messages (#MSG DIAG)
    Fehlermeldungen
    Decoder
      Konfiguration
      Diagnosedaten
      Achstausch
      Trace
      Verschlüsselung
      Programmstart
      Look Ahead
      InqHistrv
  Kanal 1>Decoder>Konfiguration
  Z 5287 Sp 74

DECODER : CONFIGURATION CHANNEL-NO.: 1
=====
configuration.decoder.bf_function          FCT_3D_DIST_CTRL # P-STUP-00500
configuration.decoder.log_entry_number    0 # P-CHAN-00501
configuration.decoder.log_level          0 # P-CHAN-00502
configuration.decoder.fct_enable[0]      FCT_3D_DIST_CTRL # P-CHAN-00507.0
configuration.decoder.fct_condition[0]   ISG_STANDARD # P-CHAN-00508.0
configuration.decoder.fct_enable[1]      FCT_DEFAULT # P-CHAN-00507.1
configuration.decoder.fct_condition[1]   ISG_STANDARD # P-CHAN-00508.1
configuration.decoder.max cache number    0 # P-CHAN-00503
    
```

Abb. 55: Diagnosedaten- Verifizierung der Aktivierung

Die weiteren Diagnosedaten der 3D-Abstandsregelung sind wie folgt zu finden.

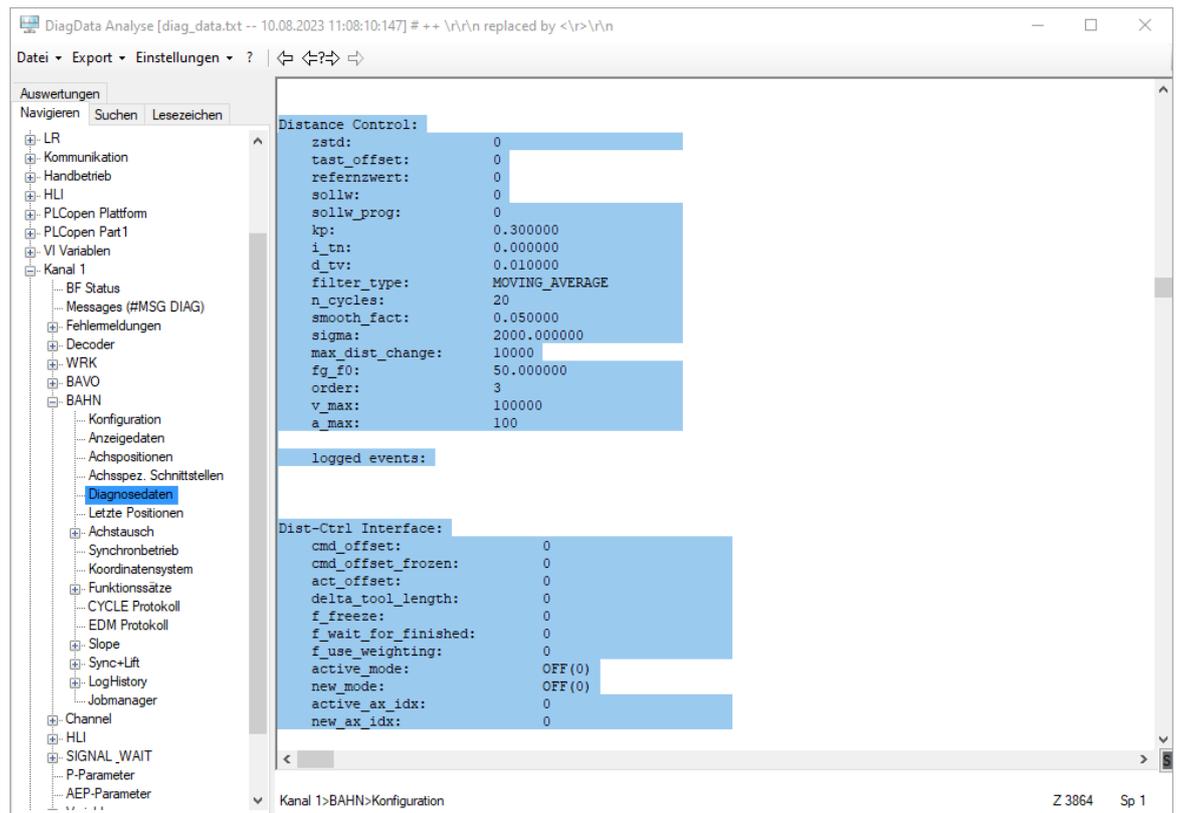


Abb. 56: Diagnosedaten- Daten der 3D-Abstandsregelung

13 Anhang

13.1 Anregungen, Korrekturen und neueste Dokumentation

Sie haben einen Fehler gefunden, Anregungen oder konstruktive Kritik? Gerne können Sie uns unter documentation@isg-stuttgart.de kontaktieren.

Die aktuellste Dokumentation finden Sie in unserer Onlinehilfe (DE/EN):



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

Der o.g. Link ist eine Weiterleitung zu:

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



Hinweis

Mögliche Änderung von Favoritenlinks im Browser:

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

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

PDFs zum Download:

DE:

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

EN:

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

E-Mail: documentation@isg-stuttgart.de

Stichwortverzeichnis

A		P-CHAN-00813.....	133
<hr/>		P-CHAN-00814.....	134
Abstandsregelung		P-CHAN-00815.....	134
Achse		P-CHAN-00816.....	134
Beauftragung.....	52	P-CHAN-00817.....	135
Kommando.....	54	P-CHAN-00819.....	135
Status.....	53	P-CHAN-00820.....	135
zyklisches Kommando.....	55	P-CHAN-00821.....	136
Abstandsregelung: zyklisches Kommando.....	55	P-CHAN-00822.....	136
Abstandsregelung:Beauftragung.....	52	P-CHAN-00823.....	137
Abstandsregelung:Kommando.....	54	P-CHAN-00825.....	138
Abstandsregelung:Status.....	53	P-CHAN-00826.....	138
 		P-CHAN-00827.....	139
P		P-STUP-00175.....	139
<hr/>		W	
P-AXIS-00230.....	70	Werkzeug-Neigungswinkel.....	116
P-AXIS-00328.....	58	Werkzeug	
P-AXIS-00413.....	58	virtuelleLänge.....	116
P-AXIS-00414.....	59		
P-AXIS-00415.....	59		
P-AXIS-00416.....	60		
P-AXIS-00417.....	60		
P-AXIS-00418.....	61		
P-AXIS-00419.....	61		
P-AXIS-00420.....	62		
P-AXIS-00421.....	62		
P-AXIS-00422.....	69		
P-AXIS-00423.....	70		
P-AXIS-00424.....	71		
P-AXIS-00428.....	63		
P-AXIS-00500.....	63		
P-AXIS-00501.....	64		
P-AXIS-00502.....	65		
P-AXIS-00504.....	65		
P-AXIS-00505.....	66		
P-AXIS-00507.....	66		
P-AXIS-00508.....	67		
P-AXIS-00509.....	67		
P-AXIS-00533.....	68		
P-AXIS-00534.....	69		
P-AXIS-00759.....	71		
P-AXIS-00764.....	72		
P-AXIS-00765.....	73		
P-AXIS-00782.....	74		
P-AXIS-00783.....	75		
P-AXIS-00784.....	75		
P-CHAN-00500.....	129		
P-CHAN-00800.....	129		
P-CHAN-00801.....	130		
P-CHAN-00802.....	130		
P-CHAN-00803.....	130		
P-CHAN-00804.....	131		
P-CHAN-00805.....	131		
P-CHAN-00806.....	131		
P-CHAN-00807.....	132		
P-CHAN-00808.....	132		
P-CHAN-00810.....	132		
P-CHAN-00811.....	133		
P-CHAN-00812.....	133		



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

