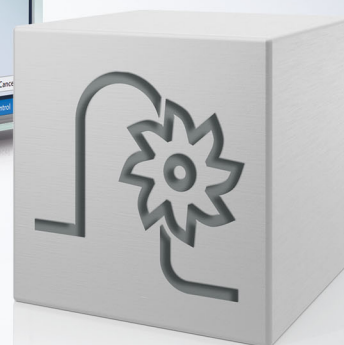
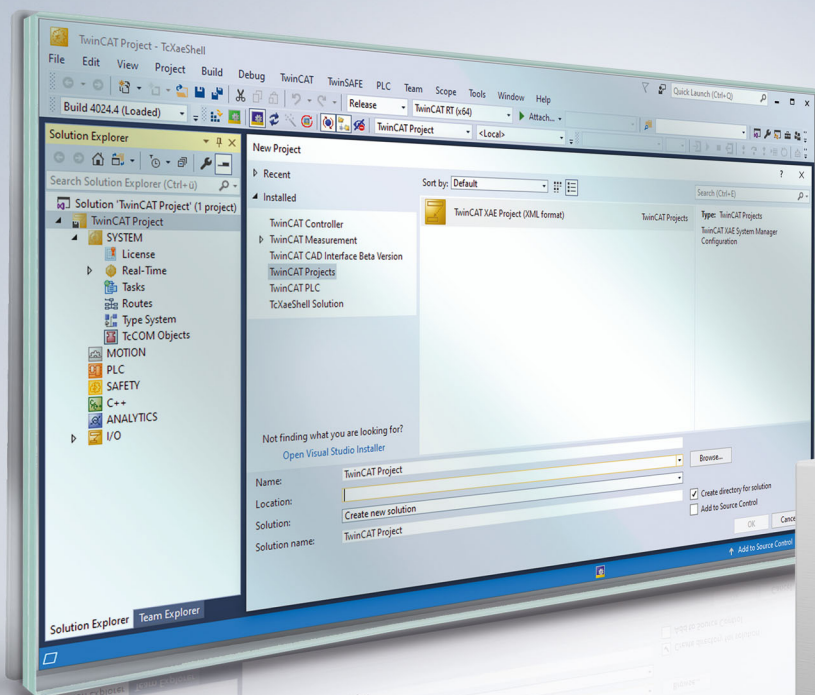


Funktionsbeschreibung | DE

TF5200 | TwinCAT 3 CNC

Abstandskontrolle



Hinweise zur Dokumentation

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

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

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

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

Disclaimer

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

Wir behalten uns das Recht vor, die Dokumentation jederzeit und ohne Ankündigung zu überarbeiten und zu ändern.

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

Marken

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

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

Patente

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

EP1590927, EP1789857, EP1456722, EP2137893, DE102015105702

mit den entsprechenden Anmeldungen und Eintragungen in verschiedenen anderen Ländern.

EtherCAT 

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

Copyright

© Beckhoff Automation GmbH & Co. KG, Deutschland.

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

Zu widerhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patent-, Gebrauchsmuster- oder Geschmacksmustereintragung vorbehalten.

Allgemeine- und Sicherheitshinweise

Verwendete Symbole und ihre Bedeutung

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

Symbole im Erklärtext

1. Gibt eine Aktion an.
⇒ Gibt eine Handlungsanweisung an.

GEFAHR

Akute Verletzungsgefahr!

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

VORSICHT

Schädigung von Personen und Maschinen!

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

HINWEIS

Einschränkung oder Fehler

Dieses Symbol beschreibt Einschränkungen oder warnt vor Fehlern.

Tipps und weitere Hinweise

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

Allgemeines Beispiel

Beispiel zu einem erklärten Sachverhalt.

NC-Programmierbeispiel

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

Spezifischer Versionshinweis

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

Inhaltsverzeichnis

Hinweise zur Dokumentation	3
Allgemeine- und Sicherheitshinweise	5
1 Übersicht	8
2 Beschreibung	9
3 Regelung	16
4 Glättung der Sensorwerte	17
4.1 Gleitender Mittelwertfilter	20
4.2 Exponentiell gewichteter Mittelwertfilter	21
4.2.1 Einfluss der Parameter.....	21
4.3 Tiefpassfilter	22
4.4 Kalman-Filter mit Mittelwertfilter-Modell	22
4.4.1 Einfluss der Parameter:.....	23
4.5 Kalman-Filter mit exponentiellem Modell	25
4.5.1 Einfluss der Parameter:.....	25
5 Funktionsweise der Abstandsregelung	28
5.1 Vorgabe der Werkstückoberfläche (SET_POS, surface).....	29
5.2 Vorgabe des Abstands (SET_DIST, distance).....	35
6 Programmierung	38
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 Ändern der Parameter	46
8 Parameter	47
8.1 Übersicht	47
8.2 Beschreibung	48
8.3 Beispiel Abstandsachse	59
9 SPS-Schnittstelle	60
9.1 Zustände und Transitionen der Abstandsregelung	60
9.2 Steuerkommandos für die Abstandsregelung	63
10 Fehlermeldungen	66
11 Support und Service	67
Stichwortverzeichnis	68

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	20
Abb. 11	Unterschiedliche Filterwirkung durch Glättungsfaktor.....	21
Abb. 12	Unterschiedliche Filterwirkung bei Variierung von n_cycles	22
Abb. 13	Unterschiedliche Filterwirkung bei Variierung von n_cycles	23
Abb. 14	Unterschiedliche Filterwirkung bei Variierung von sigma.....	24
Abb. 15	Unterschiedliche Filterwirkung bei Variierung von n_cycles	25
Abb. 16	Unterschiedliche Filterwirkung bei Variierung des Glättungsfaktors	26
Abb. 17	Unterschiedliche Filterwirkung bei Variierung von sigma.....	27
Abb. 18	Ertasten der Werkstückoberfläche	28
Abb. 19	Vorgabe der idealen Werkstückoberfläche bei Höhenregelung.....	29
Abb. 20	Blockschaltbild der Abstandsregelung	29
Abb. 21	Ideales Werkstück.....	31
Abb. 22	Reales Werkstück ohne Abstandsregelung	32
Abb. 23	Reales Werkstück mit Abstandsregelung	33
Abb. 24	Konstante Werkstückoberfläche mit geändertem Werkzeugabstand	33
Abb. 25	Vorgabe des Abstands zum Werkstück bei der Höhenregelung.....	35
Abb. 26	Profilierte Werkstückoberfläche mit konstantem Werkzeugabstand	36
Abb. 27	Vorgabe des Abstands: distance	37
Abb. 28	Blockschaltbild der Abstandsregelung mit Vorgabe des Abstands.....	37
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	Ansicht Option Adaptive Beschleunigungsgewichtung	52
Abb. 35	Zustandsgraph und Transitionen der Abstandsregelung	60

1 Übersicht

Aufgabe

Die Abstandsregelung (auch Höhenregelung) 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.

Eigenschaften

Die Abstandsregelung kann beispielsweise verwendet werden:

- um Dicktoleranzen von Werkstücken auszugleichen
- um das Berühren des Werkzeugs bei Oberflächenwelligkeit mit dem Werkstück zu verhindern

Parametrierung

Für die Abstandsregelung müssen umfangreiche Einstellungen in der Achsliste konfiguriert werden. Eine vollständige Aufstellung findet sich im Kapitel [Parameter](#) [► 47].

Programmierung

Die Aktivierung bzw. Deaktivierung der Abstandsregelung erfolgt wahlweise über das NC-Programm durch den achsspezifischen NC-Befehl `<Achsnamen> [DIST_CTRL ...]` [► 38] oder die SPS.

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

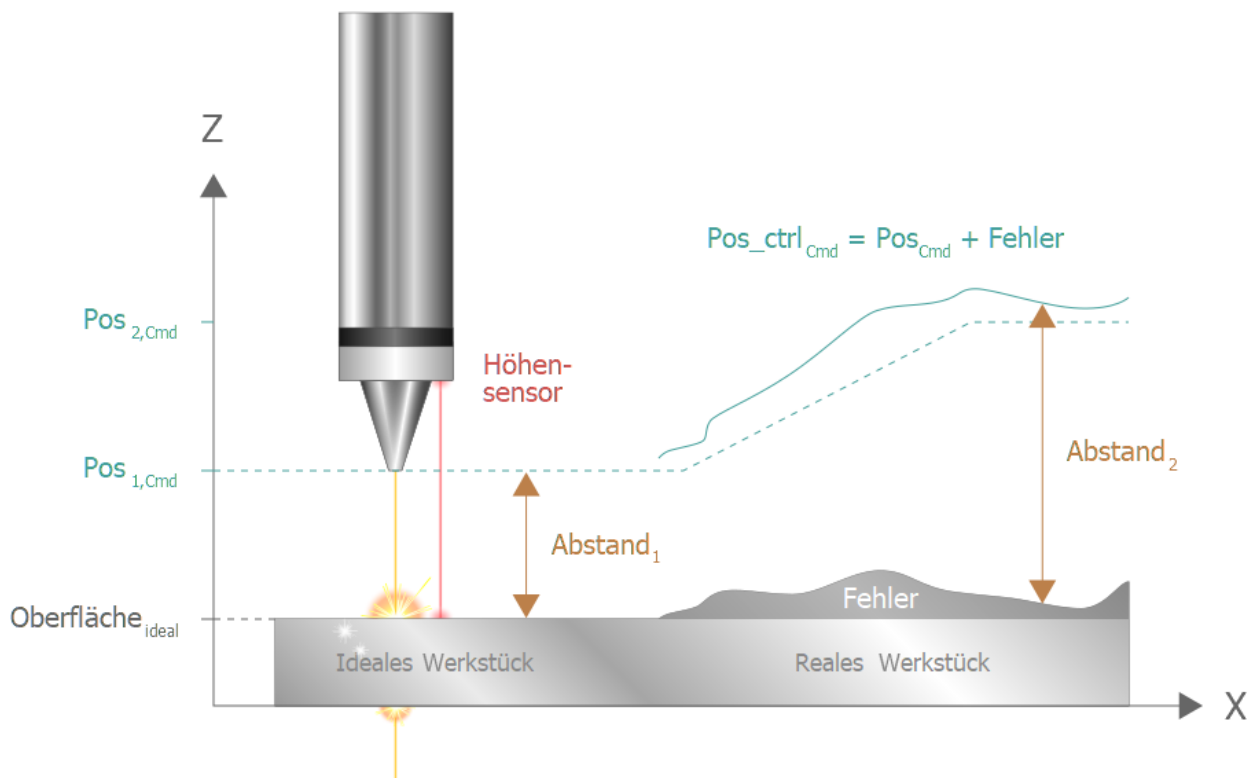


Abb. 2: Vorgabe des Abstands zum Werkstück bei der Höhenregelung

Eigenschaften

Über einen Geber 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).



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 Mittelwert- oder Tiefpassfilters
- 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

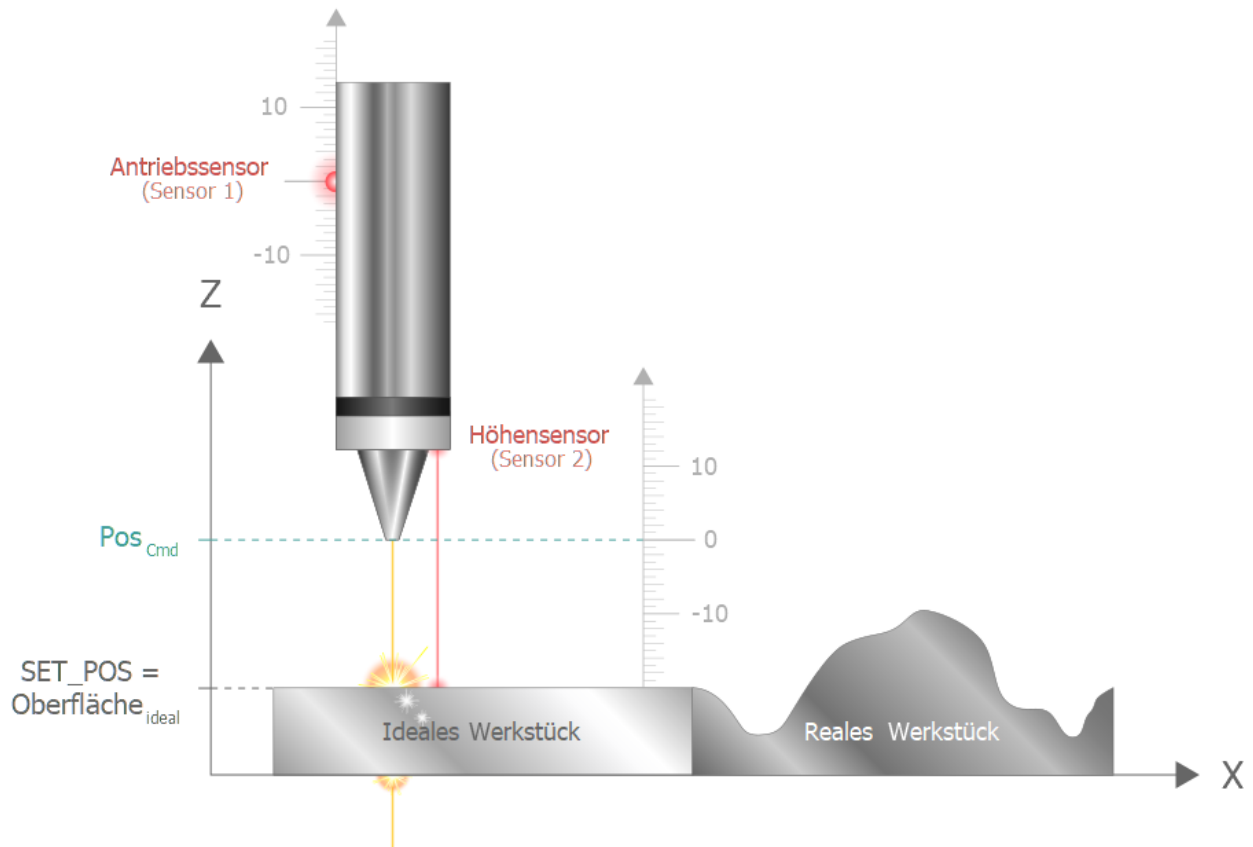


Abb. 4: Ertasten der Werkstückoberfläche

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 Konfiguration

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.

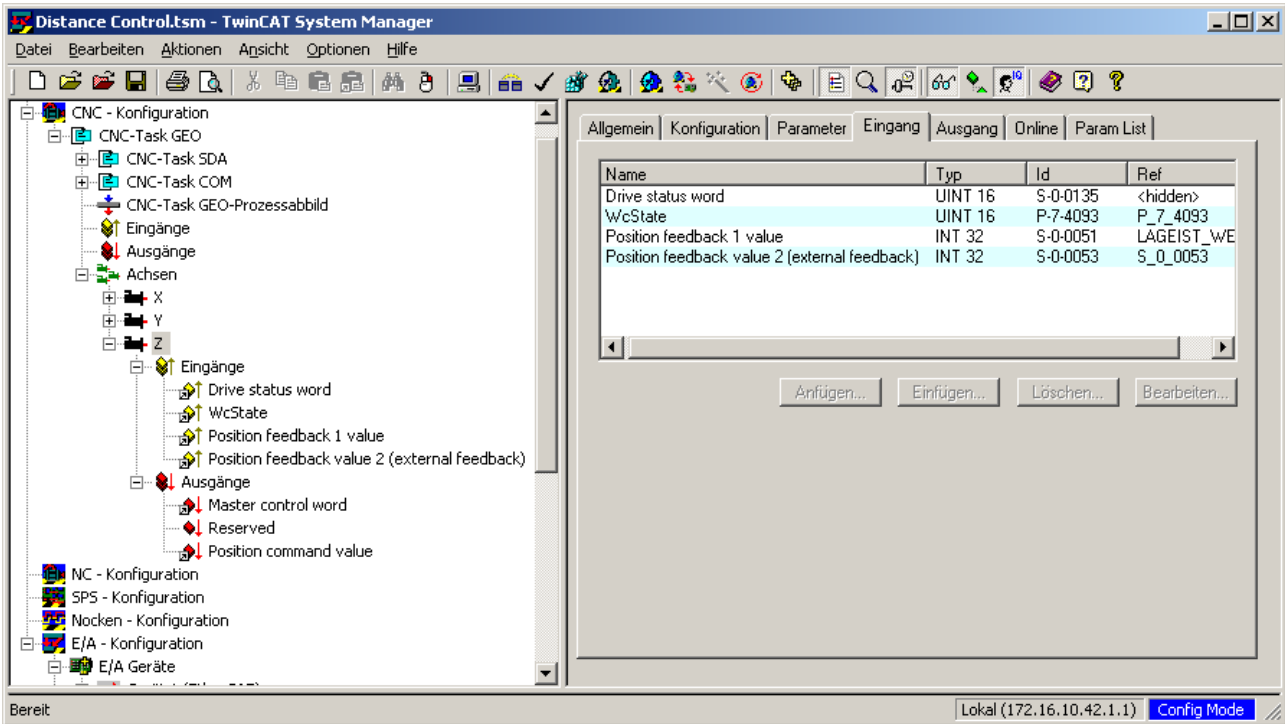


Abb. 5: Konfigurationsbeispiel TwinCAT für SERCOS (Ident S-0-0053)

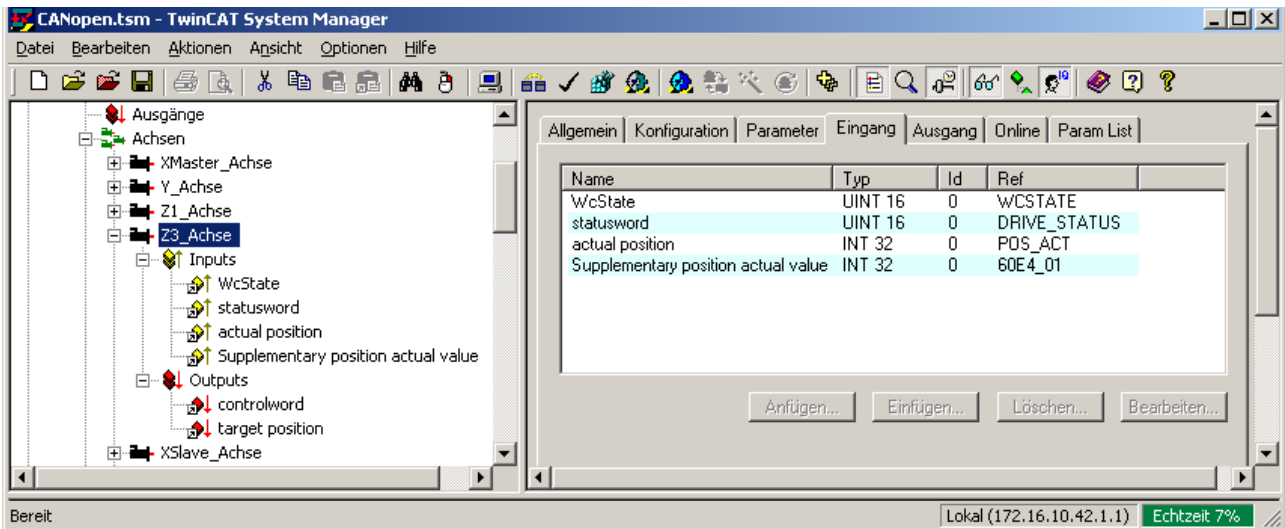


Abb. 6: Konfigurationsbeispiel TwinCAT für CANopen DS402 (PDO 0x60E4, Subindex 1)

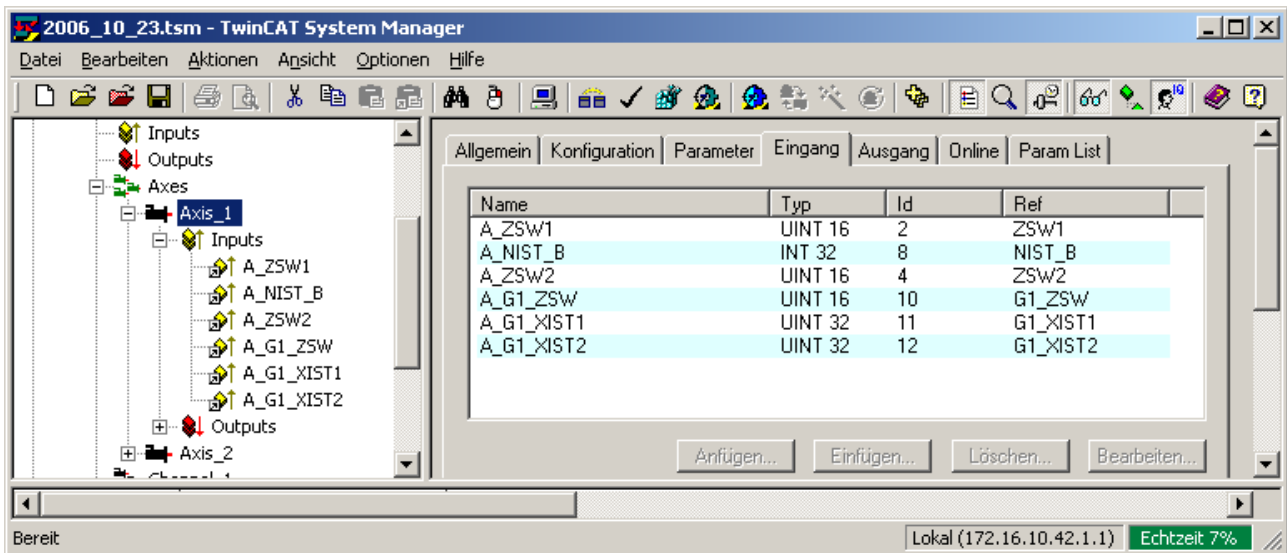


Abb. 7: Konfigurationsbeispiel TwinCAT für ProfiDrive (G1_XIST2)

HINWEIS

Der achsspezifische Vorschuboverride 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 [► 55].
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 [► 56] = 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 [► 56].

Schrittweise und iterative Parametrierung der Regler:

1. Einstellen des Proportionalanteils über [P-AXIS-00759](#) [► 55]:
Zunächst wird der Regler rein als P-Regler eingestellt. Das heißt der I-, sowie der D-Regler werden über [P-AXIS-00764](#) [► 56]=0 und [P-AXIS-00765](#) [► 56]=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](#) [► 56]:
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](#) [► 56]:
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.

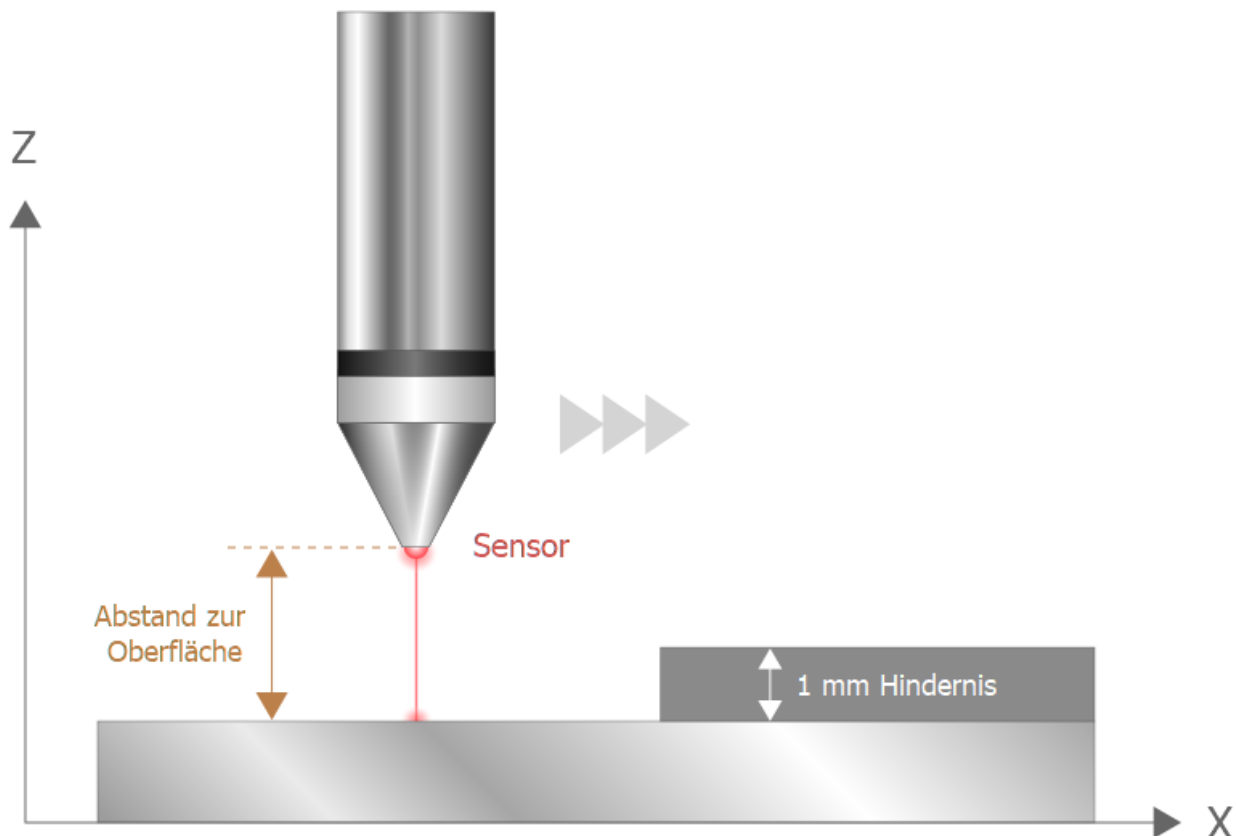


Abb. 8: Versuchsaufbau für die Bestimmung der Filterwirkung

Nachfolgende Abbildung zeigt die aufgenommenen, ungefilterten Sensordaten.

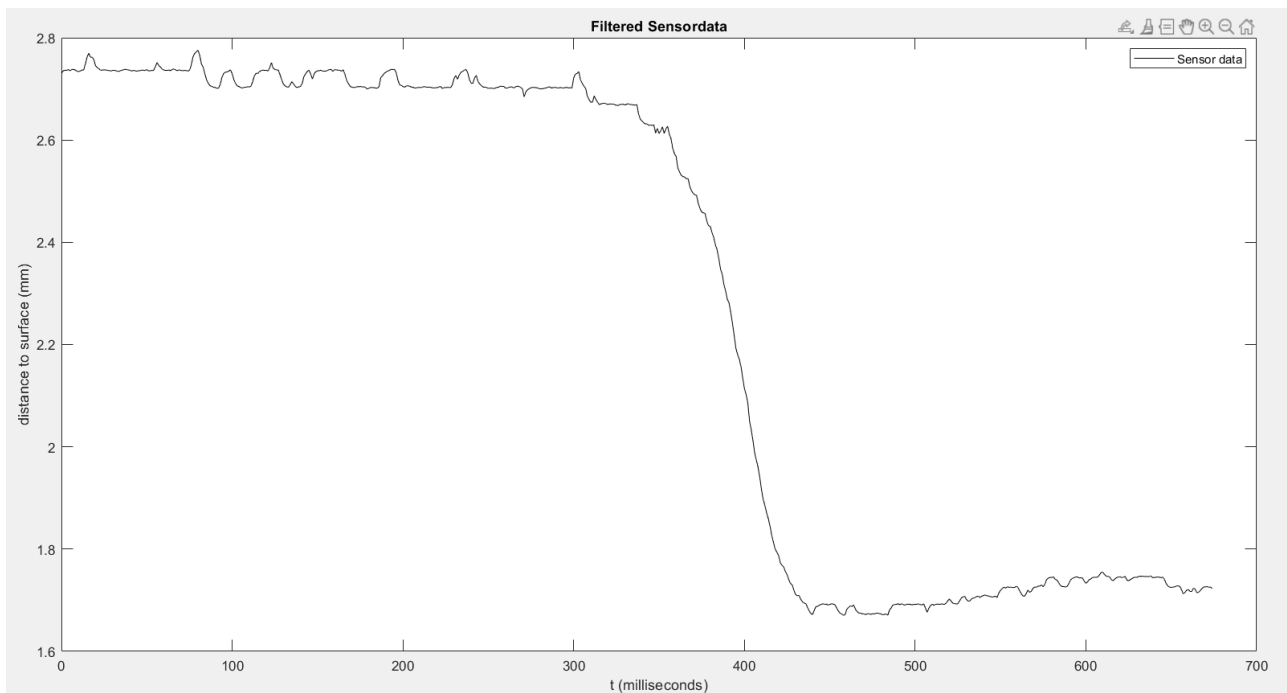


Abb. 9: Ungefilterte Sensordaten beim Überfahren eines Hindernisses

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.



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](#) [► 48] 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](#) [► 48] in den Filter einbezogen werden, desto besser die Glättung aber desto größer auch die eingebrachte Reaktionsverzögerung.

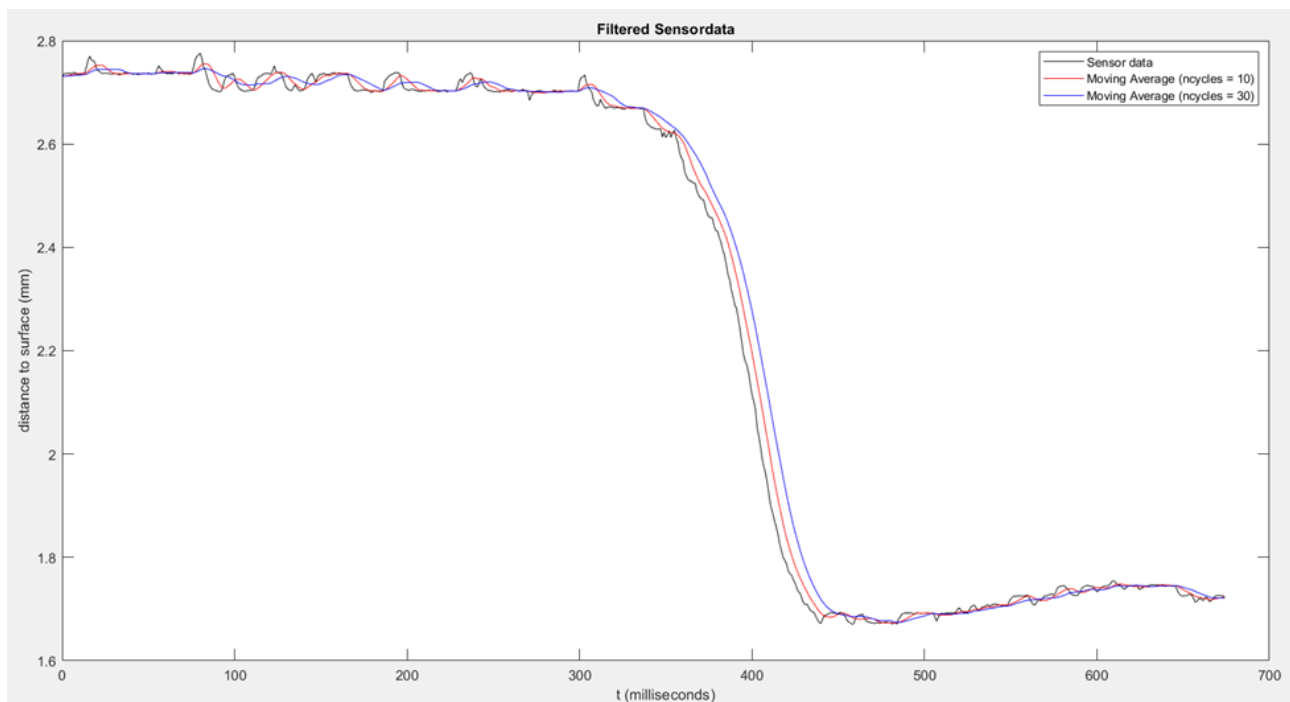


Abb. 10: Unterschiedliche Filterwirkung bei Variierung von `n_cycles`

Parameterbeispiel: Gleitender Mittelwertfilter

```
kenngr.distc.filter_type MOVING_AVERAGE #Filtertyp
# Anzahl der einbezogenen Messwerte
kenngr.distc.n_cycles 20
```

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.

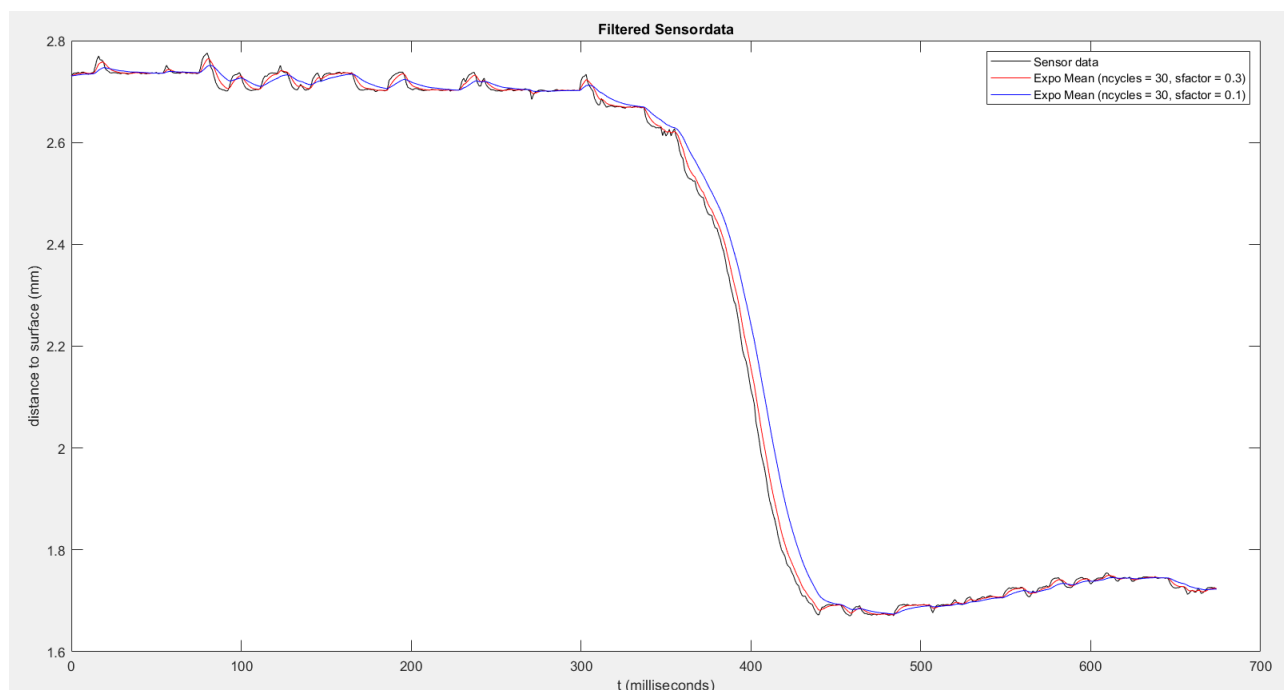


Abb. 11: Unterschiedliche Filterwirkung durch Glättungsfaktor

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

Je mehr Messwerte über P-AXIS-00413 [► 48] 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.

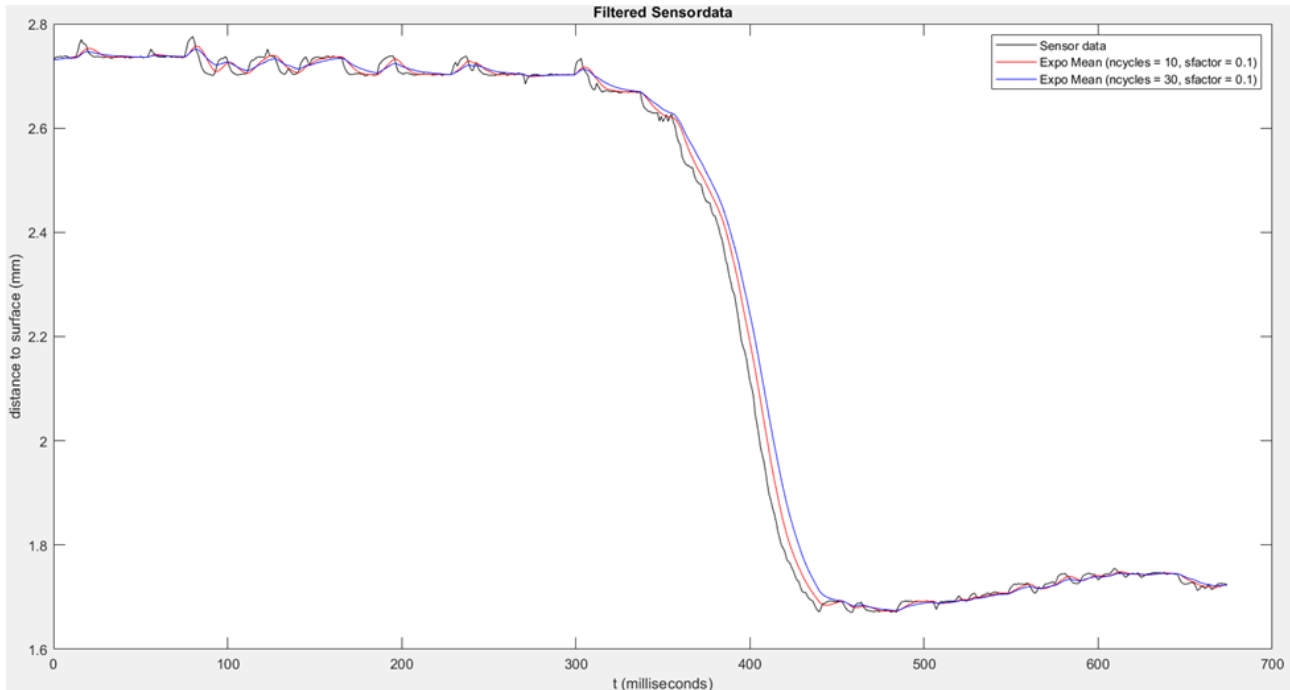


Abb. 12: Unterschiedliche Filterwirkung bei Variierung von n_cycles

Parameterbeispiel: Exponentiell gewichteter Mittelwertfilter

```
kenngr.distc.filter_type EXPO_MEAN #Filtertyp
kenngr.distc.n_cycles 30 #Anzahl der einbezogenen Messwerte
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.

Parameterbeispiel

```
kenngr.distc.filter_type LOWPASS # Tiefpassfilter
kenngr.distc.low_pass_filter_order 2 # Tiefpassfilter
kenngr.distc.low_pass_filter_fg_f0 30 # Tiefpassfilter Freq 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 [► 20].

4.4.1 Einfluss der Parameter:

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

Über den Parameter `P-AXIS-00413` [▶ 48] 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).

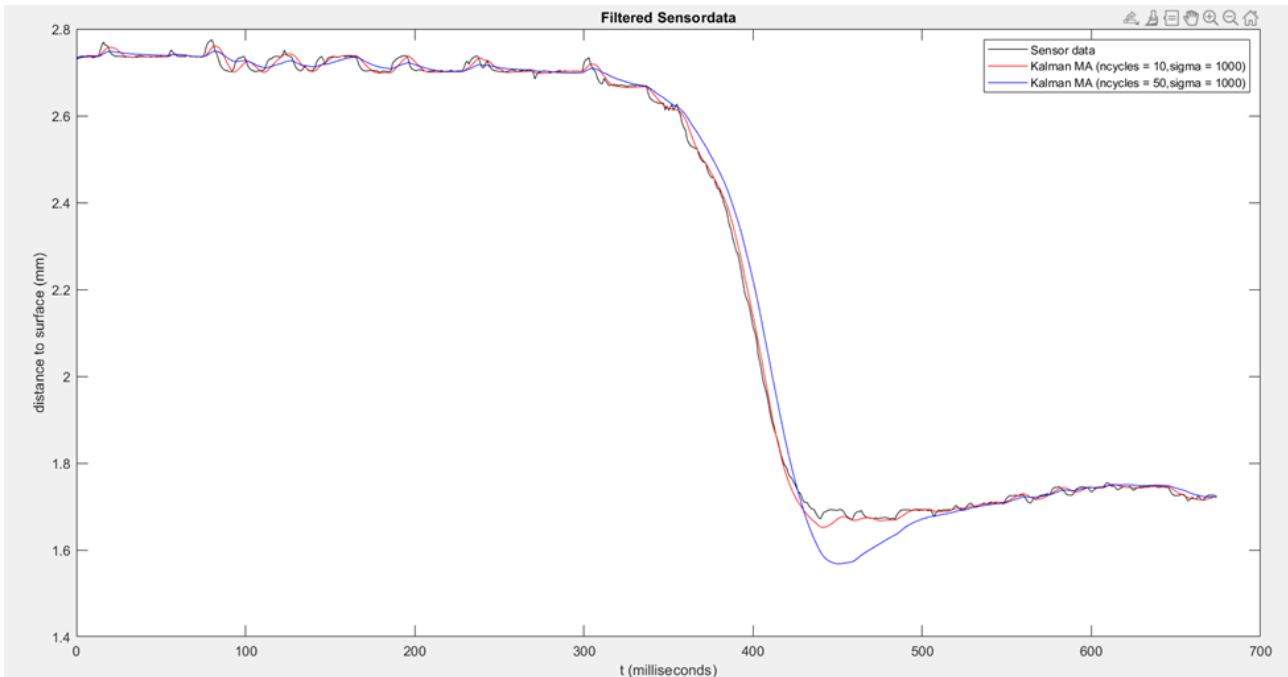


Abb. 13: Unterschiedliche Filterwirkung bei Variierung von n_cycles

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

Der Parameter P-AXIS-00783 [► 57] 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.

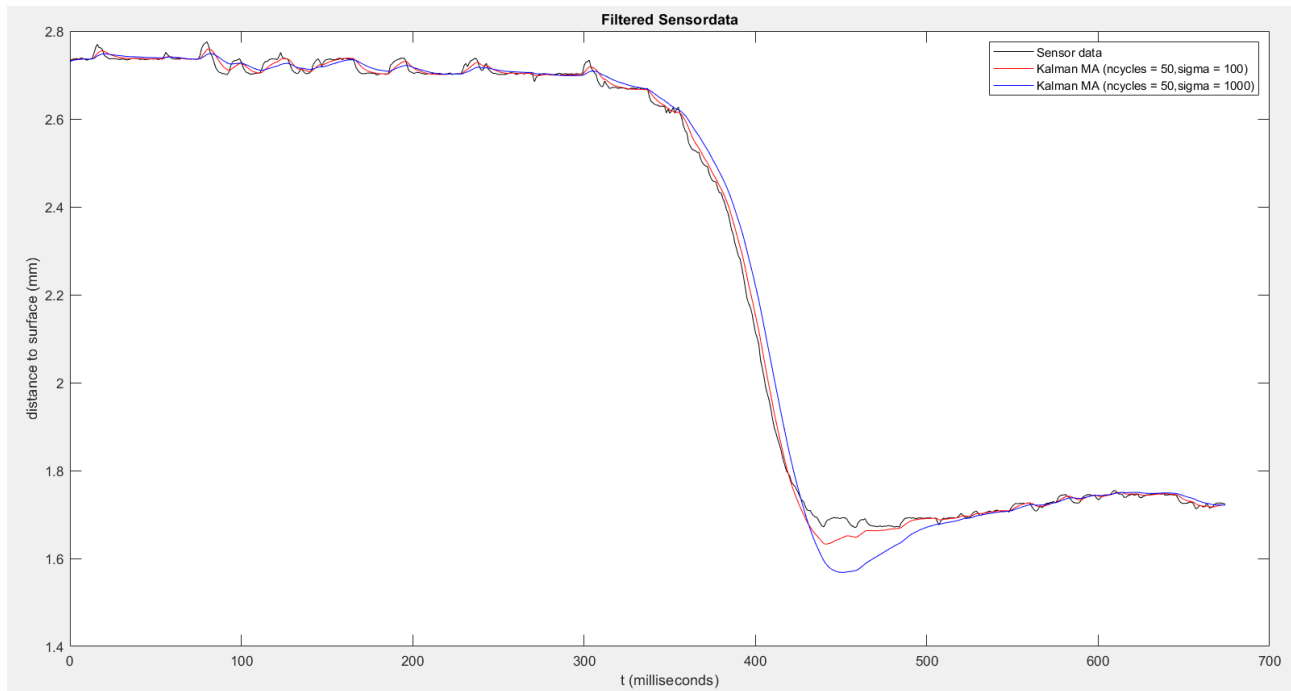


Abb. 14: Unterschiedliche Filterwirkung bei Variierung von sigma

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 [► 21].

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).

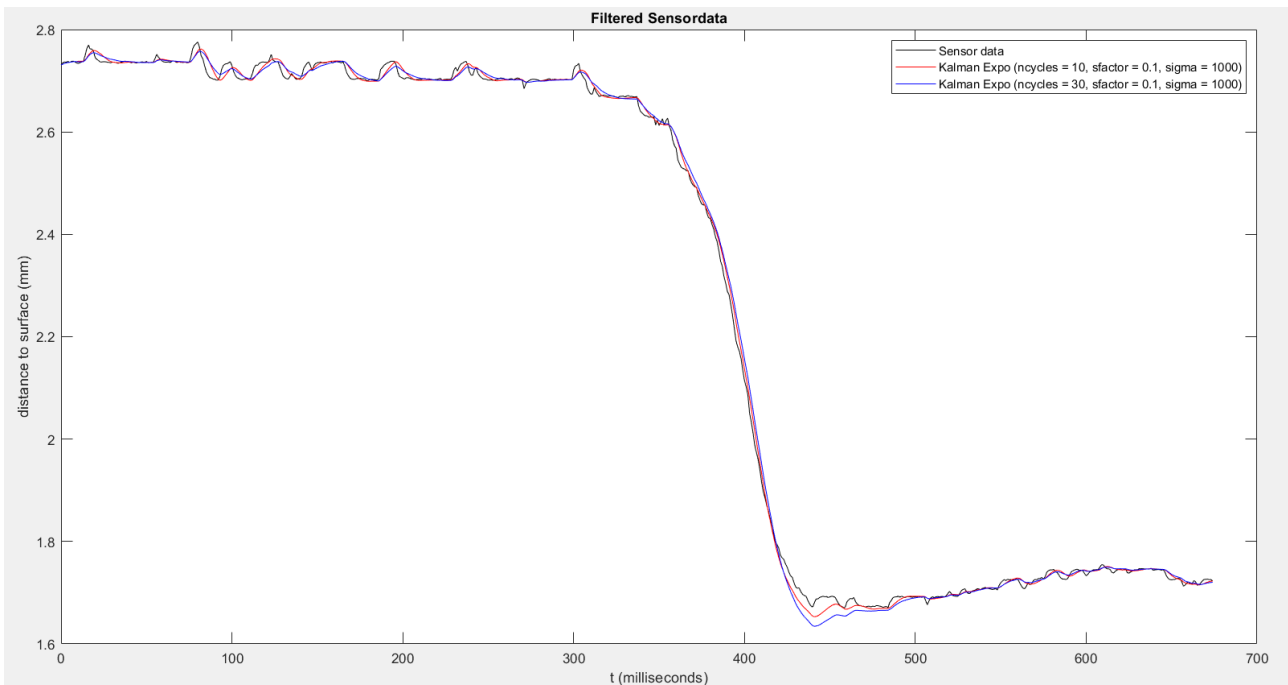


Abb. 15: Unterschiedliche Filterwirkung bei Variierung von `n_cycles`

Glättungsfaktor (P-AXIS-00784)

Im Kapitel [Exponentiell gewichteter Mittelwertfilter](#) [► 21] 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.

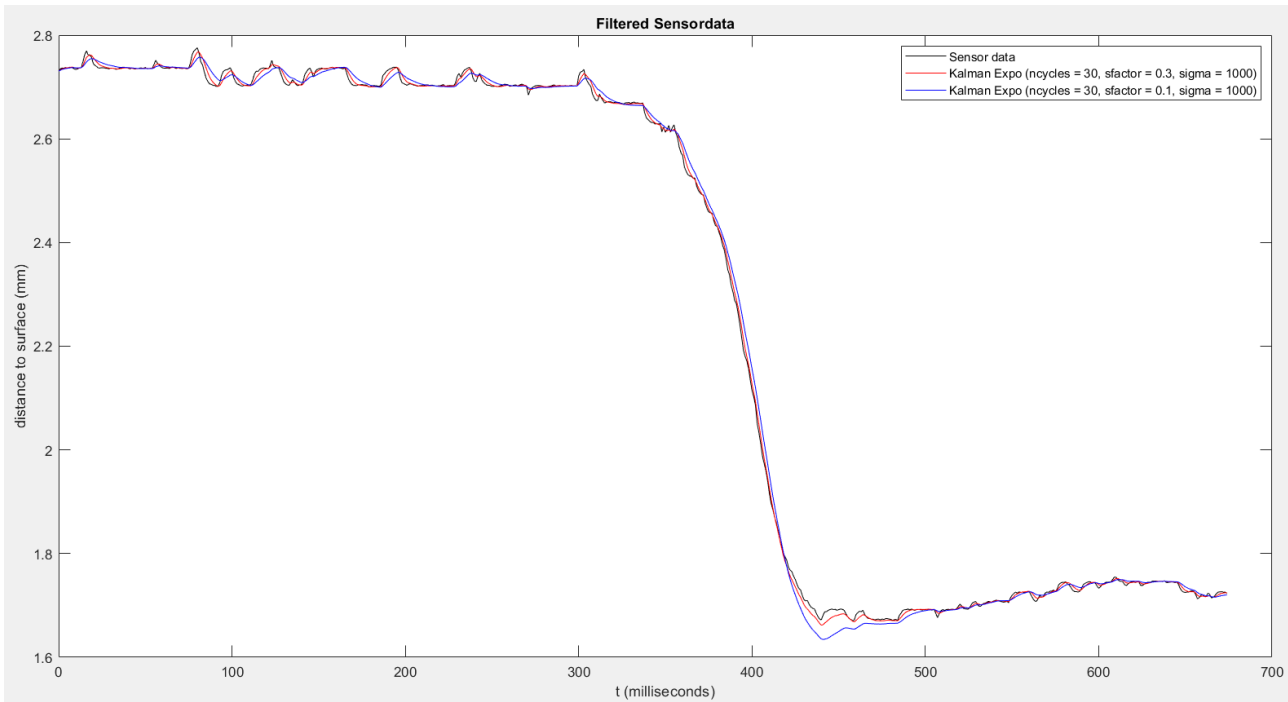


Abb. 16: Unterschiedliche Filterwirkung bei Variierung des Glättungsfaktors

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.

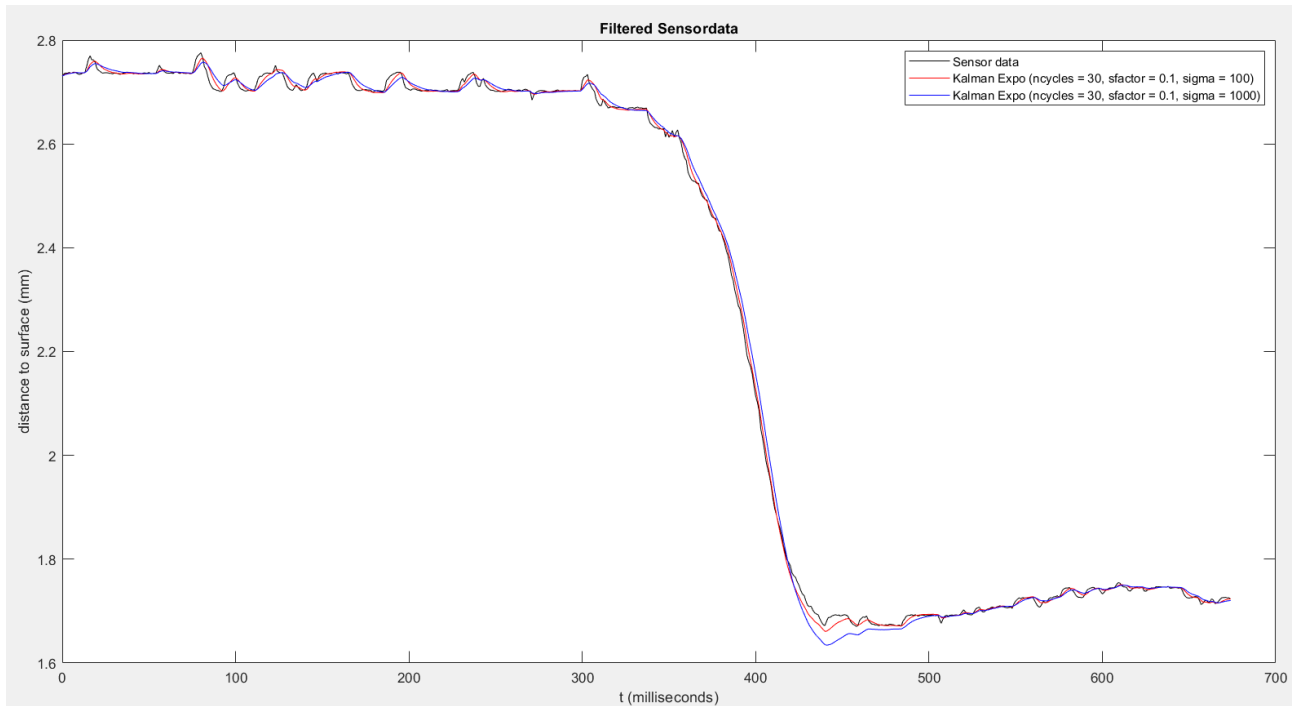


Abb. 17: Unterschiedliche Filterwirkung bei Variierung von sigma

Parameterbeispiel: Kalman-Filter mit exponentiellem Modell

```
kenngr.distc.filter_type    KALMAN_EXPO    #Filtertyp
kenngr.distc.n_cycles      30            #Anzahl der einbezogenen Messwerte
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 Vorschubverrider 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.

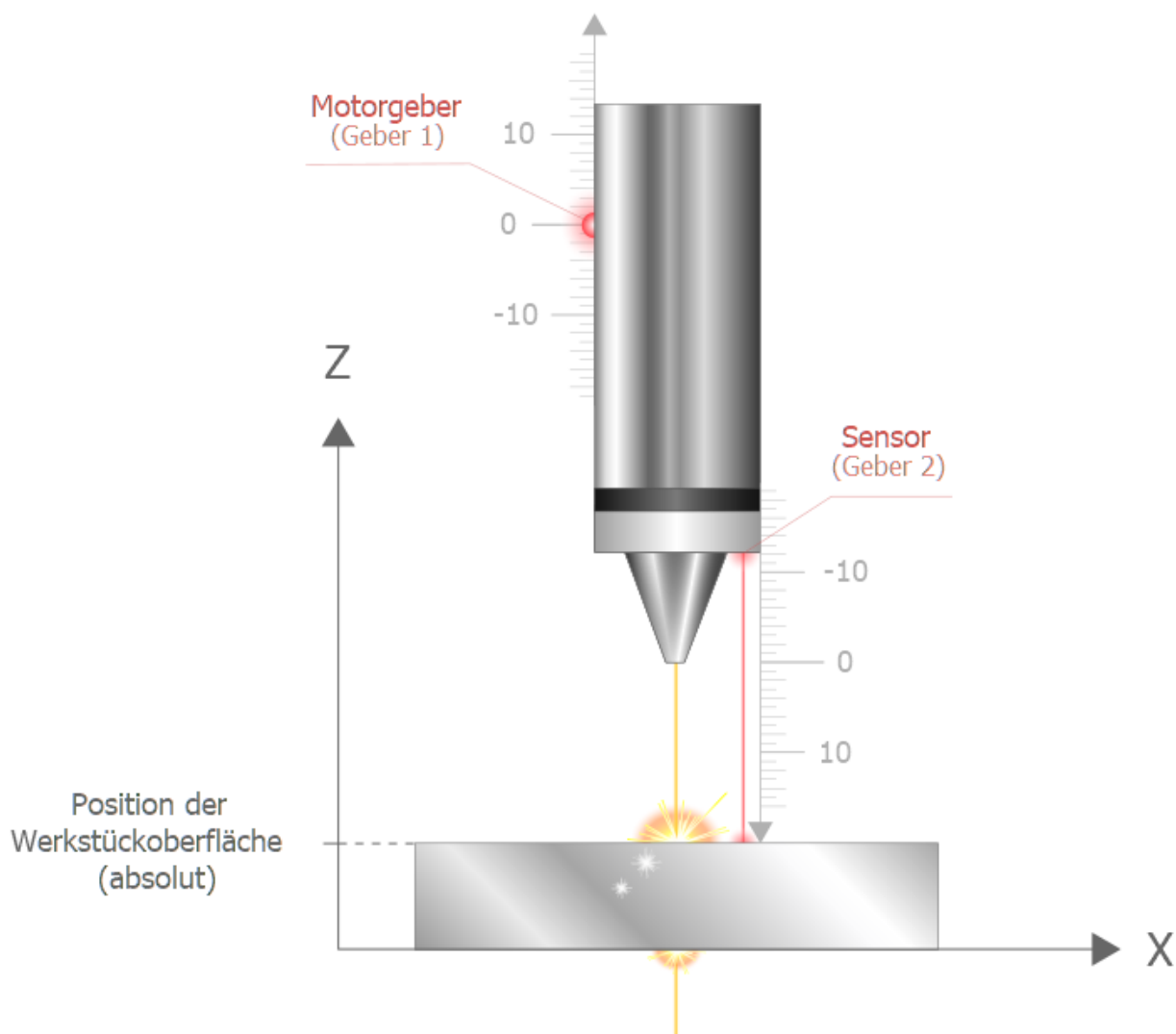


Abb. 18: Ertasten der Werkstückoberfläche



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:

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

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

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

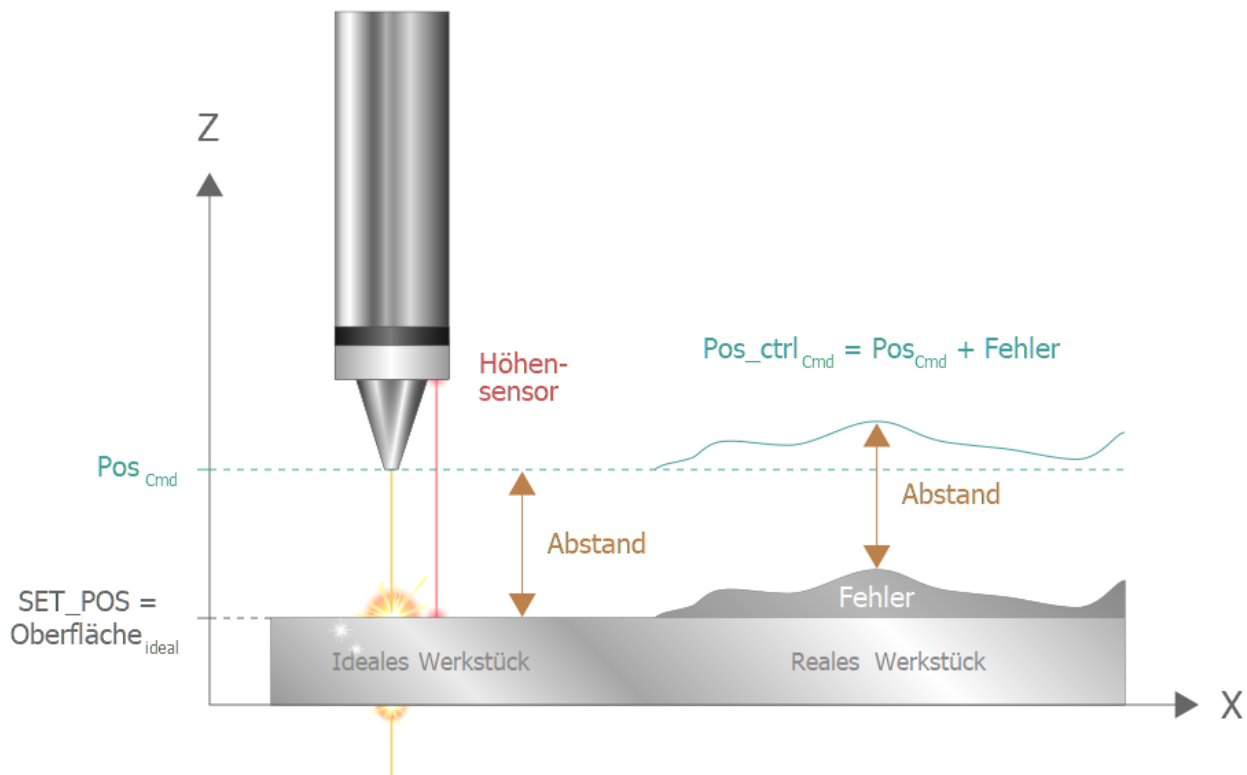


Abb. 19: Vorgabe der idealen Werkstückoberfläche bei Höhenregelung

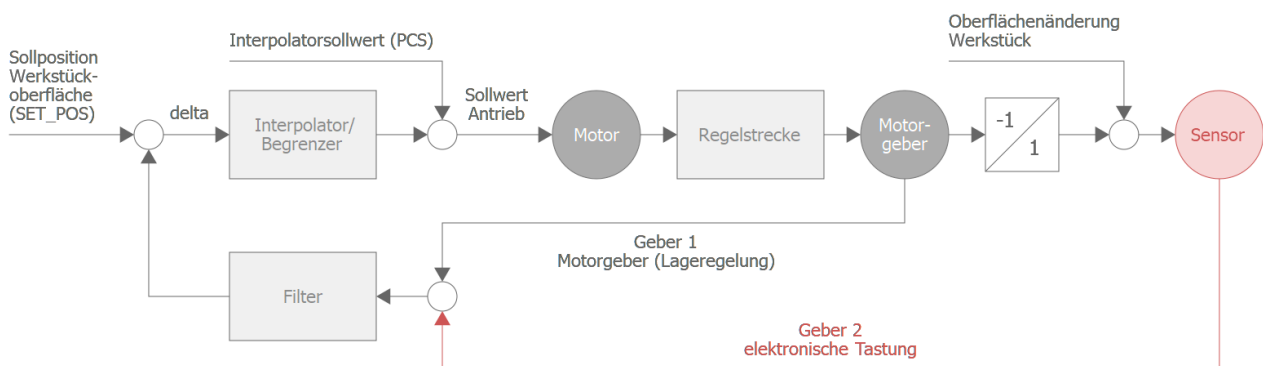


Abb. 20: Blockschaltbild der Abstandsregelung

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](#) [▶ 38] 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:

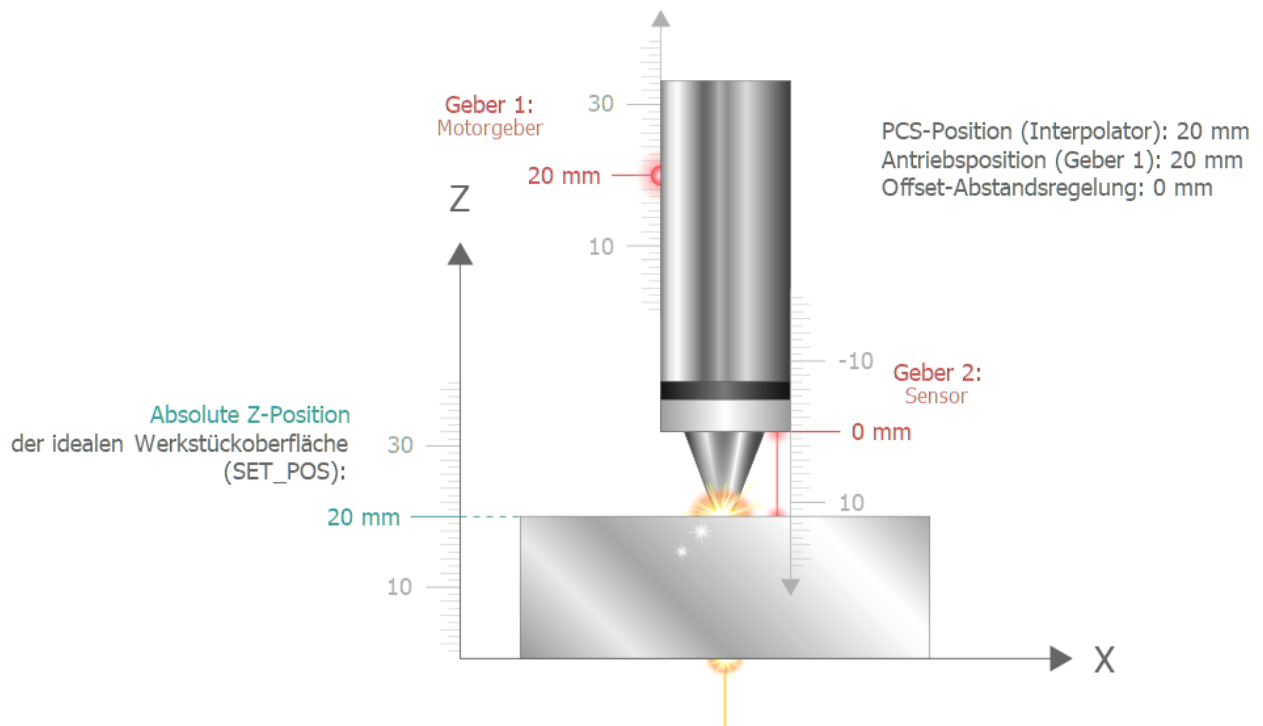


Abb. 21: Ideales Werkstück

Abweichung

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

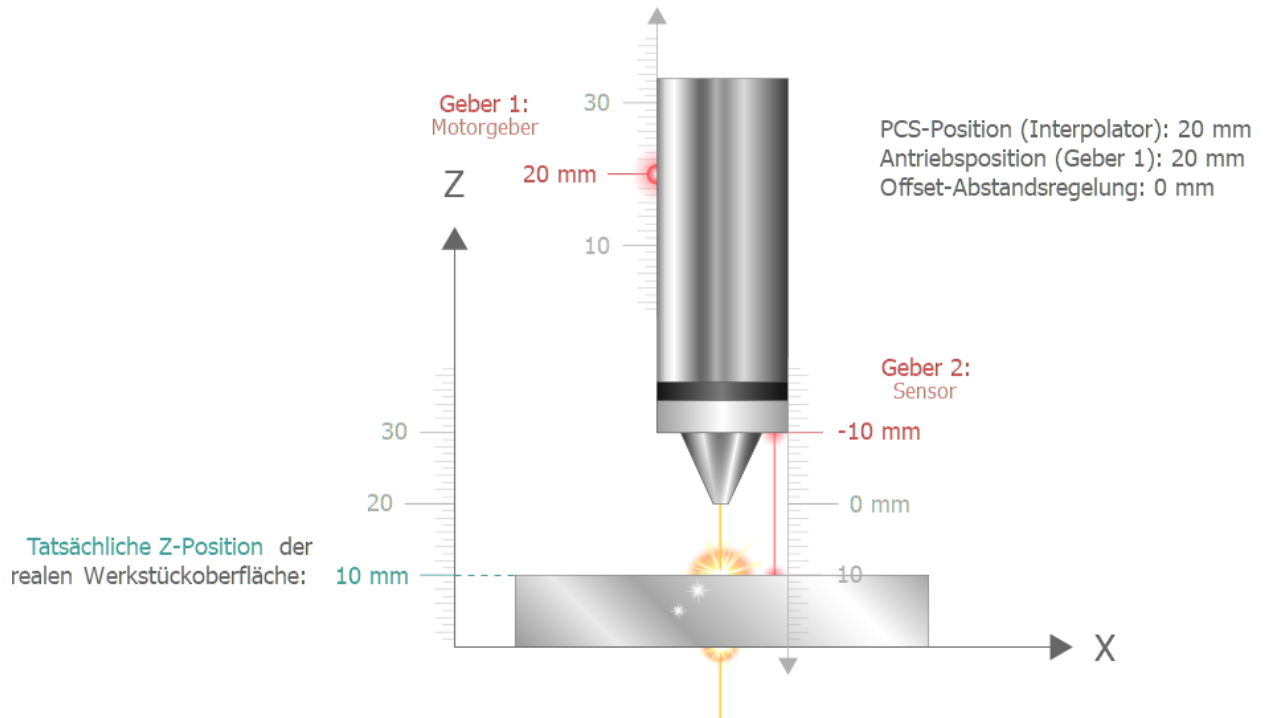


Abb. 22: Reales Werkstück ohne Abstandsregelung

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.

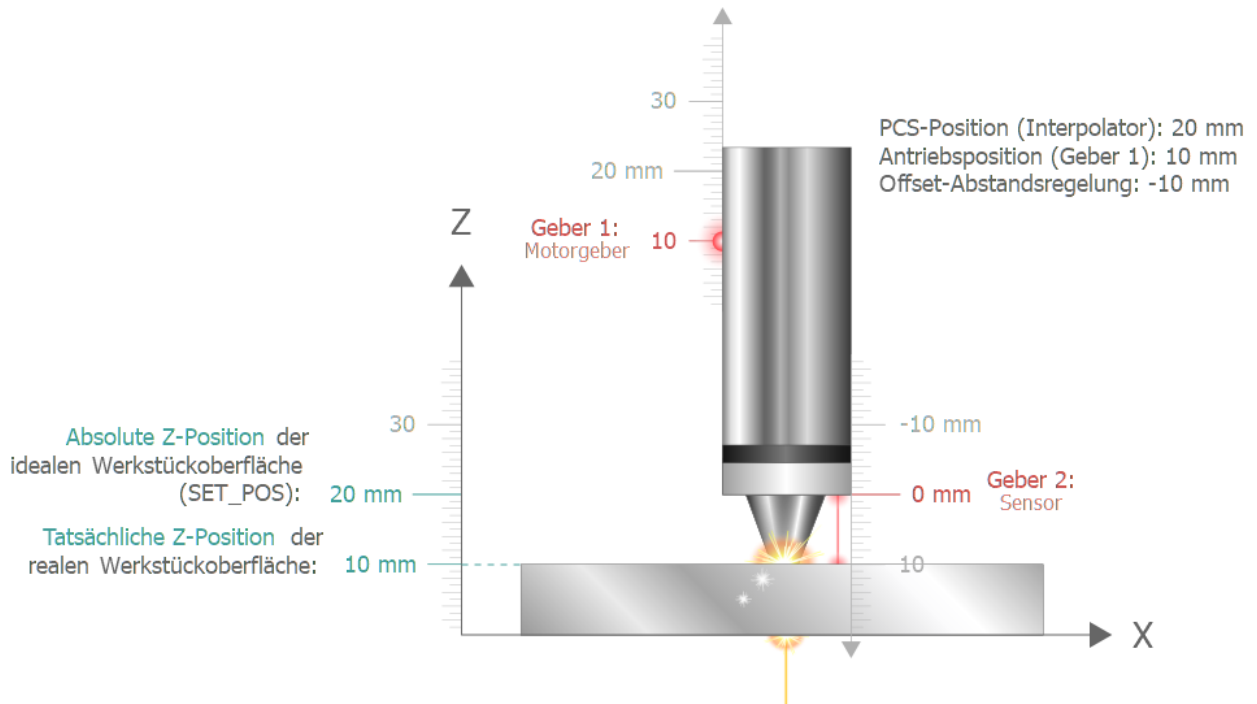


Abb. 23: Reales Werkstück mit Abstandsregelung

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

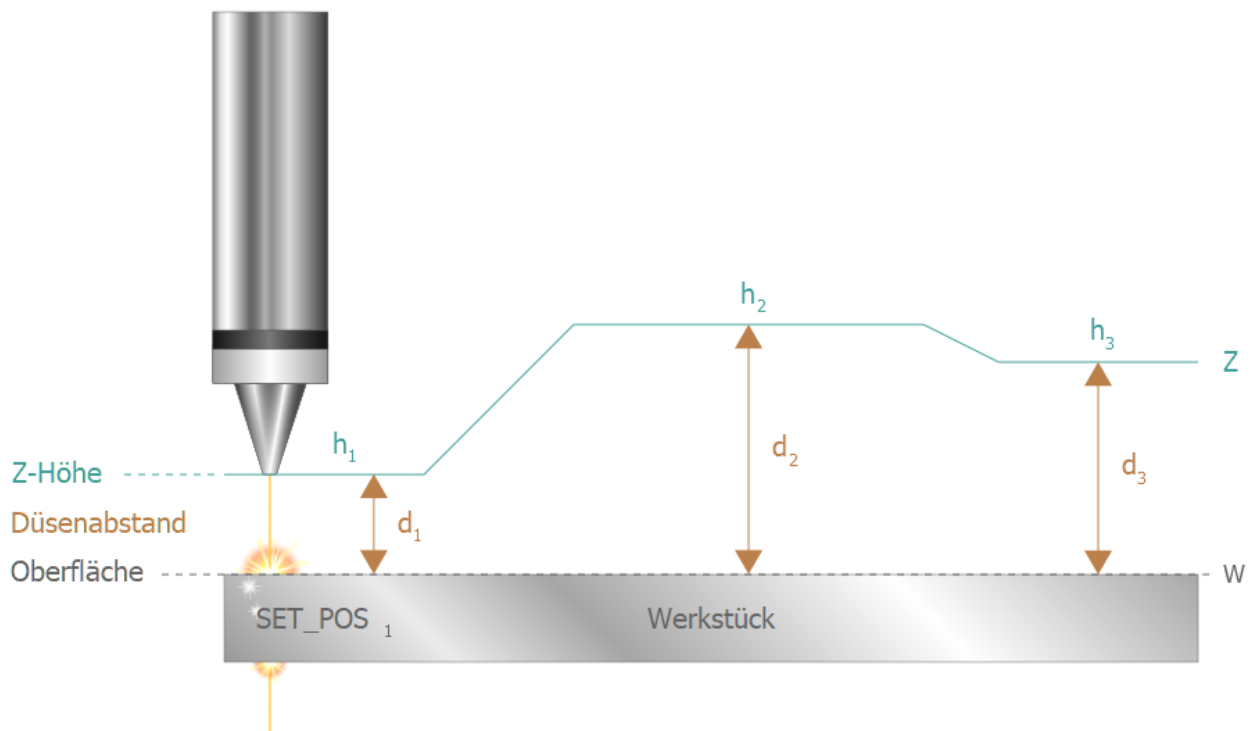


Abb. 24: Konstante Werkstückoberfläche mit geändertem Werkzeugabstand

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=SET_POS` berührt die TCP-Spitze die Werkstückoberfläche.

5.2 Vorgabe des Abstands (SET_DIST, distance)



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.

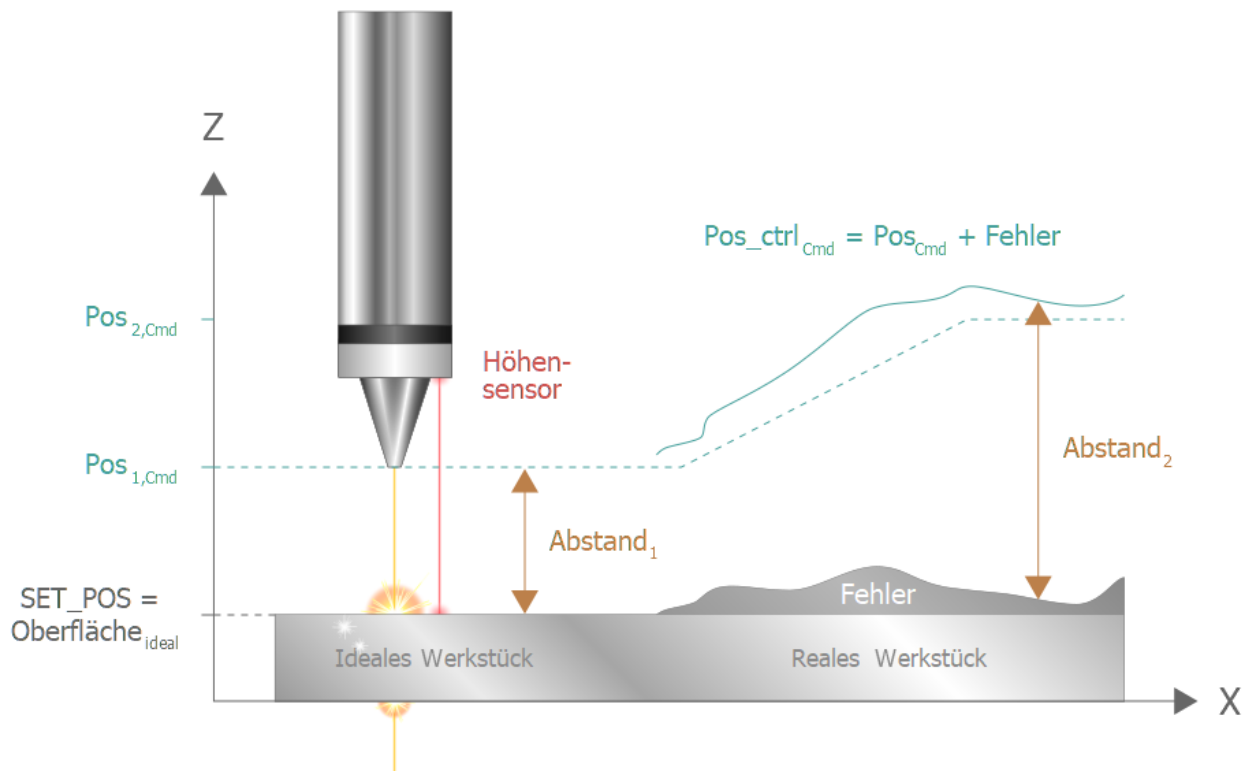


Abb. 25: Vorgabe des Abstands zum Werkstück bei der Höhenregelung

HINWEIS

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.

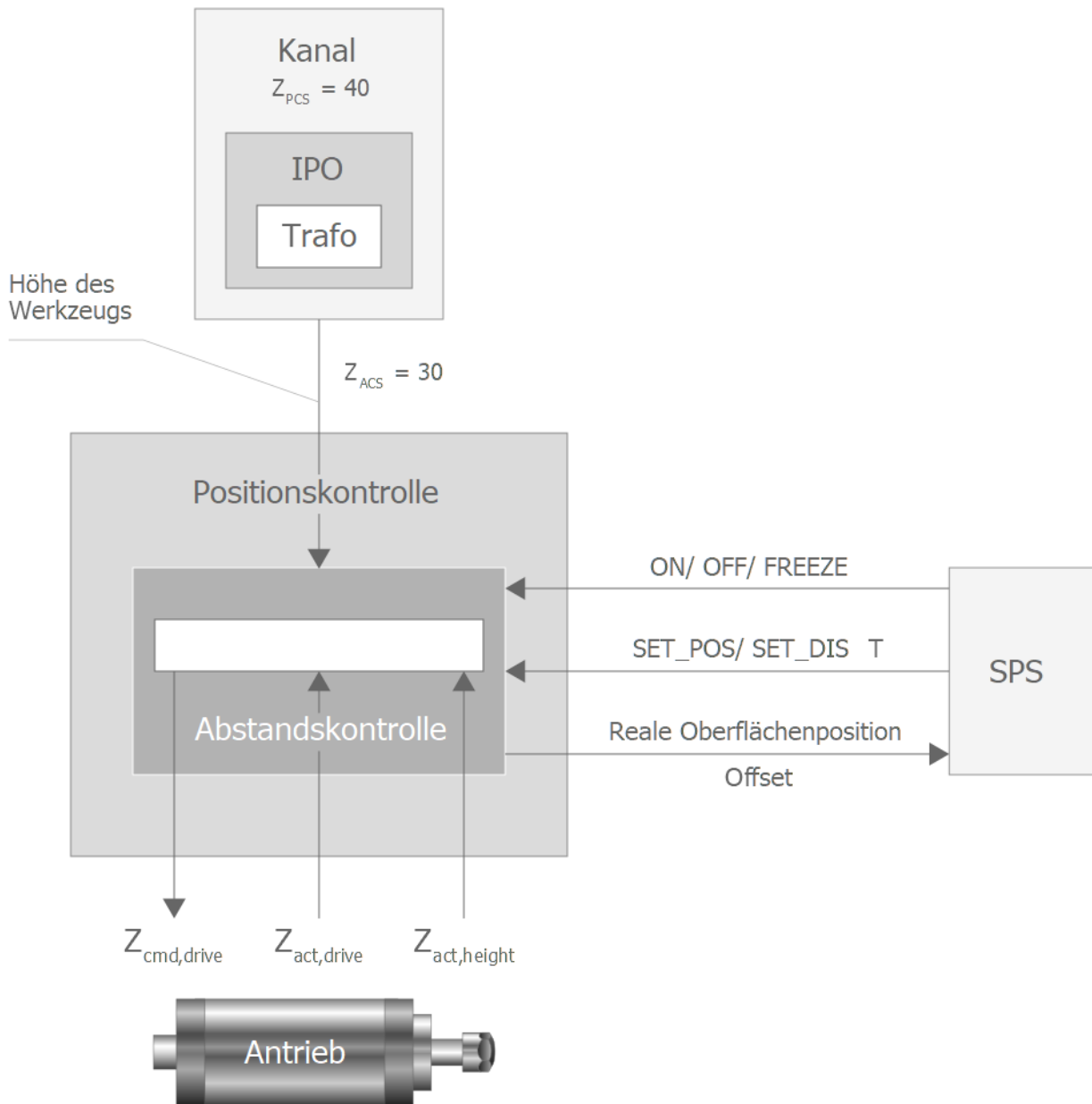


Abb. 27: Vorgabe des Abstands: distance



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

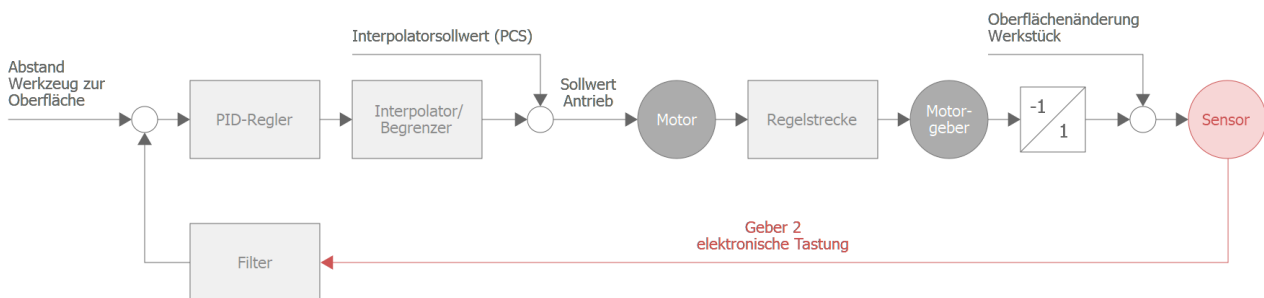


Abb. 28: Blockschaubild der Abstandsregelung mit Vorgabe des Abstands

6 Programmierung

Syntax:

```
<Achname> [DIST_CTRL [ON [ DRYRUN ] [ CONST_DIST ]] | [OFF | CHECK_POS | FREEZE | REF]
SET_POS=.. SET_DIST=.. [ KP=.. ] [ I_TN=.. ] [ D_TV=.. ] [ FILTER_TYPE=.. ]
[ N_CYCLES=.. ] [ FG_F0=.. ] [ ORDER=.. ] [ SMOOTH_FACT=.. ] [ KALMAN_SIGMA=.. ]
[ NO_MOVE ] [ VAL1=.. - VAL5=.. ] { \ }
```

<Achname>	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 Werkstückoberfläche. Beim Einschalten muss eine Sollposition mit SET_POS gesetzt sein.
CONST_DIST	Abstandsregelung einschalten (ON) bei Vorgabe eines konstanten Abstandes zur Werkstückoberfläche. Beim Einschalten muss ein Abstand mit SET_DIST gesetzt sein. [ab V2.11.2804.03]
OFF	Abstandsregelung ausschalten.
CHECK_POS	Prüfen, ob Position im Toleranzfenster ist.
FREEZE	Einfrieren des ausgeregelten Abstandes über Werkstück. Die Achsposition bzw. der ausgegebene Korrekturwert wird gehalten. Die Nachführung der Achse wird unterbrochen.
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 bei Vorgabe der Werkstückoberfläche muss eine Sollposition mit SET_POS gesetzt sein. Beim Einschalten der Abstandsregelung bei Vorgabe eines konstanten Abstandes zur Werkstückoberfläche muss ein Sollabstand mit SET_DIST gesetzt sein.
REF	Messsystem (Sensor) referenzieren (nur wenn kein Absolutmesssystem vorhanden ist).

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.
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.
KP=..	Gewichten des Ausgabewertes der Abstandsregelung. Die Parametrierung kann analog zu P-AXIS-00759 [► 55] 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 [► 56] 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 [► 56] 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 [► 56] . [ab V3.1.3079.23]
N_CYCLES=..	Anzahl der Messwerte, die für die Filterung verwendet werden gemäß P-AXIS-00413 [► 48] . [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 [► 57] . [ab V3.1.3079.23]
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.

Die Schlüsselworte ON/OFF, FREEZE, DRYRUN, CHECK_POS und REF schließen sich gegenseitig im gleichen Befehl aus.

Die Schlüsselworte SET_POS, SET_DIST und VAL1-VAL5 können immer in Kombination mit programmiert werden.



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



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

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

%DIST_5
N10 Z[DIST_CTRL FILTER_TYPE=KALMAN_MA] ;Auswahl des Filtertyps
; Parametrierung des Filters
N20 Z[DIST_CTRL N_CYCLES=30 KALMAN_SIGMA=1000]
; Aktivieren der Abstandsregelung
N30 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



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

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

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

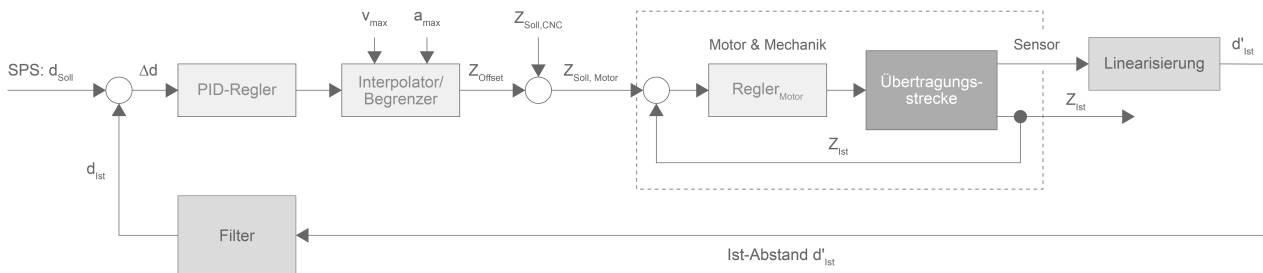


Abb. 29: Blockschaltbild der Abstandsregelung mit Abstandssensor

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

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

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

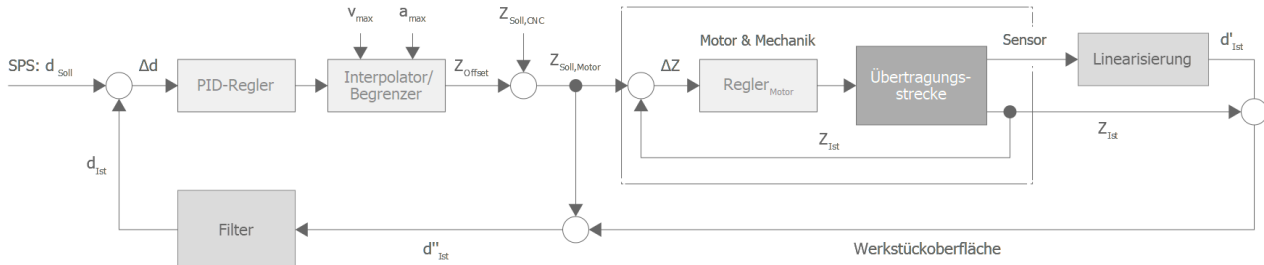


Abb. 30: Blockschaltbild mit Abstandssensor und Motorgeber

Parameterbeispiel

kenngr.distc.mode_dist_use_both_encoder

1 # Motor & Abstandsgeber aktiv

7.2 Option: Gewichtung der Beschleunigung in Abhängigkeit des Abstandsfehlers



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.

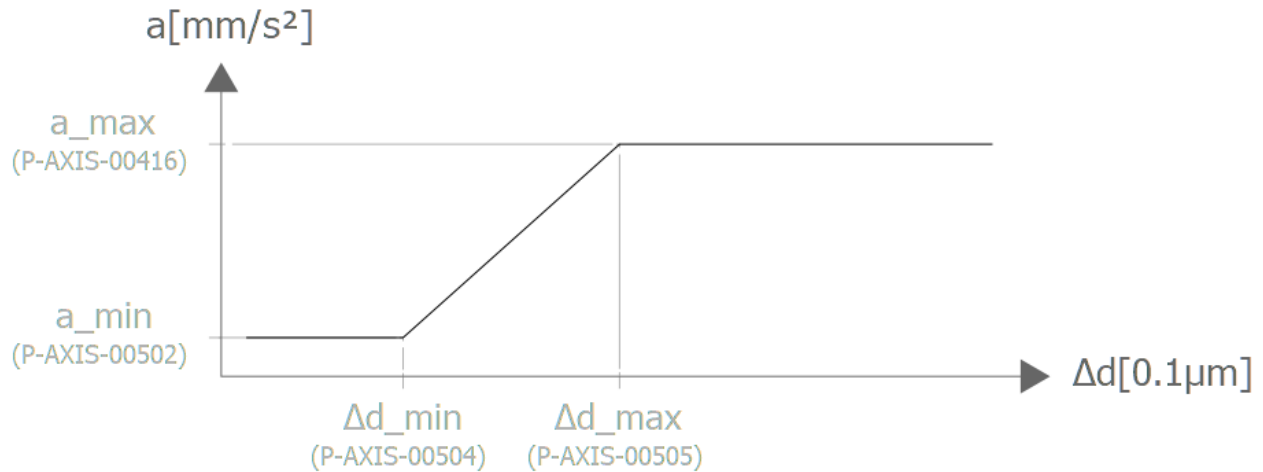


Abb. 31: Distanzabhängige Gewichtung der Beschleunigung

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



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.

Parameterbeispiel

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

7.4 Option: Dynamikgewichtung der Senkbewegung



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.

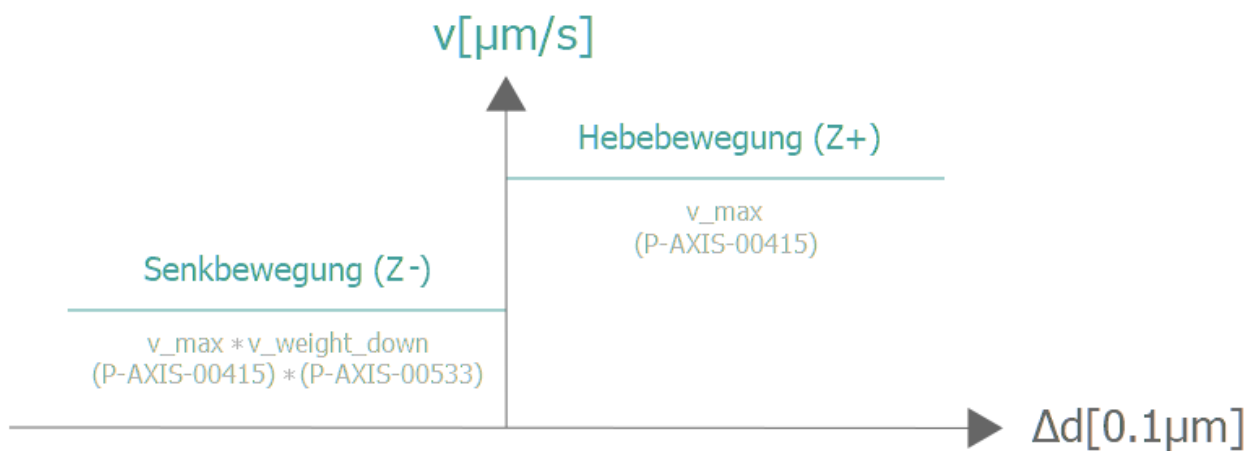


Abb. 32: Reduktion der Geschwindigkeit durch Dynamikgewichtung der Senkbewegung

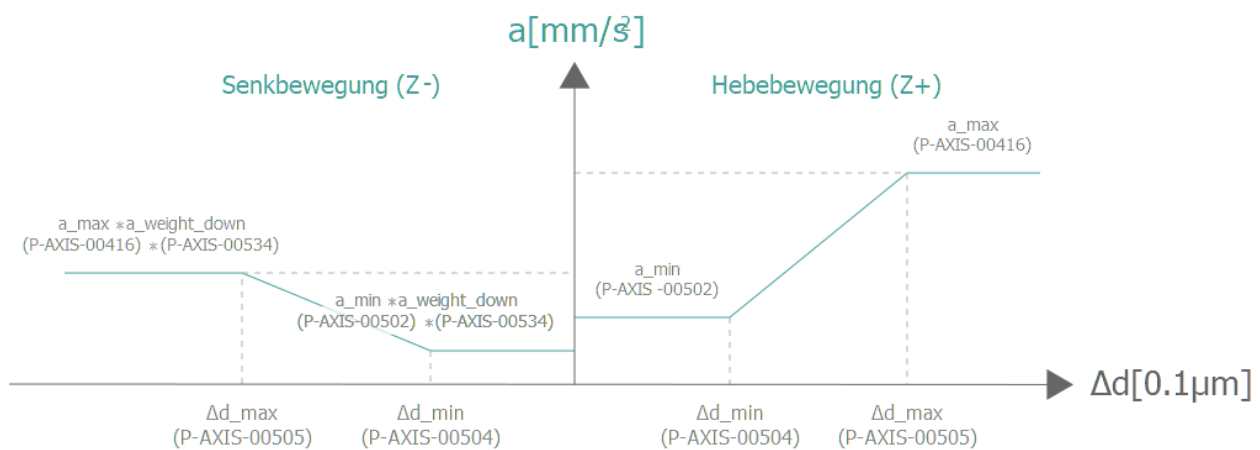


Abb. 33: Reduktion der Beschleunigung durch Dynamikgewichtung der Senkbewegung

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 Ändern der Parameter

Die Parameter kenngr.distc.v_max (P-AXIS-00415) und kenngr.distc.a_max (P-AXIS-00416) für die Geschwindigkeit und Beschleunigung mit der die Abweichungen durch die Abstandsregelung korrigiert werden, können auch über ISG Objekte geändert werden.

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

Name	Typ	Einheit	Index-Group	Index-Offset
DISTCTRL::v_max	SGN32	µm/s	0x20300	0x10152 (*)
DISTCTRL::a_max	SGN32	mm/s^2	0x20300	0x10153 (*)

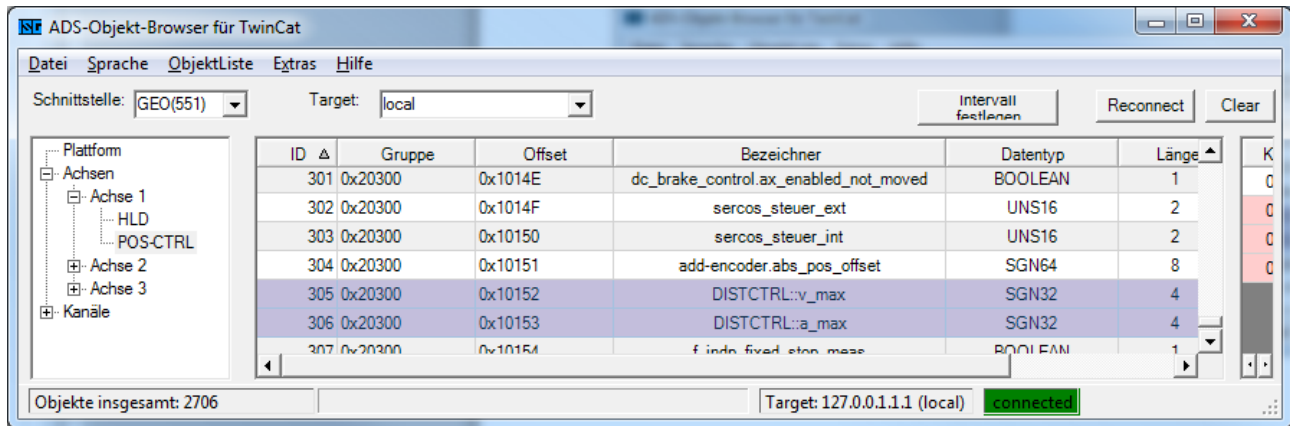
(*) für die erste Achse, ansonsten + 0x10000 * achs_index (z.B. 0x30152 für die 3. Achse)



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.



8 Parameter

8.1 Übersicht

ID	Parameter	Beschreibung
P-AXIS-00328	lr_param.distance_control_on	Freischalten der Funktionalität Abstandsregelung
P-AXIS-00414	kenngnr.distsc.max_deviation	Maximal zulässiger Korrekturwert [0.1 µm]
P-AXIS-00415	kenngnr.distsc.v_max	Maximal zulässige Geschwindigkeit für die Abstandsregelung [µm/s]
P-AXIS-00416	kenngnr.distsc.a_max	Maximal zulässige Beschleunigung für die Abstandsregelung [mm/s ²]
P-AXIS-00417	kenngnr.distsc.max_act_value_change	Maximal zulässiger Sprung des Abtastsignals innerhalb eines Taktes [0.1 µm/Takt]
P-AXIS-00418	kenngnr.distsc.ref_offset	Offset zum Referenzpunkt
P-AXIS-00419	kenngnr.distsc.max_pos	Obere Grenze des Sensors
P-AXIS-00420	kenngnr.distsc.min_pos	Untere Grenze des Sensors
P-AXIS-00421	kenngnr.distsc.tolerance	Toleranzband
P-AXIS-00428	kenngnr.distsc.check_switch_limit_switch	Berücksichtigen des berechneten Offsets der Abstandsregelung in der Software-Endschalter-überwachung
P-AXIS-00500	kenngnr.distsc.mode_dist_use_both_encoder	Option Abstandssensor und Motorgeber
P-AXIS-00501	kenngnr.distsc.use_adaptive_acceleration	Option Gewichtung der Beschleunigung in Abhängigkeit des Abstandsfehlers
P-AXIS-00502	kenngnr.distsc.a_min	
P-AXIS-00416	kenngnr.distsc.a_max	
P-AXIS-00504	kenngnr.distsc.dist_error_a_min	
P-AXIS-00505	kenngnr.distsc.dist_error_a_max	
P-AXIS-00509	kenngnr.distsc.optimized_scheduling	Option Totzeitreduktion
P-AXIS-00533	kenngnr.distsc.v_weight_down	Option Dynamikgewichtung der Senkbewegung
P-AXIS-00534	kenngnr.distsc.a_weight_down	
P-AXIS-00422	lr_hw[1].encoder_resolution_num	Wegauflösung des Sensormesssystems (Zähler) [Inkremente]
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	kenngnr.distsc.kp	Gewichten der Ausgabewerte der Abstandregelung
P-AXIS-00764	kenngnr.distsc.i_tn	Nachstellzeit des Integral-Anteils des PID-Reglers
P-AXIS-00765	kenngnr.distsc.d_tv	Vorhaltezeit des Differential-Anteils des PID-Reglers
P-AXIS-00782	kenngnr.distsc.filter_type	
P-AXIS-00507	kenngnr.distsc.low_pass_filter_order	

P-AXIS-00508	kenngr.distc.low_pass_filter_fg_f0	Glättung der Sensordaten
P-AXIS-00413	kenngr.distc.n_cycles	
P-AXIS-00783	kenngr.distc.kalman_sigma	
P-AXIS-00784	kenngr.distc.smoothing_factor	

8.2 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.distc.n_cycles	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	$0 \leq n_cycles < 100$	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: ----	R: ----
Standardwert	4	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen		

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.distc.max_deviation	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	$0 \leq max_deviation < MAX(SGN32)$	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: 0.1µm	R: 0.0001°
Standardwert	50000	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen		

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.distc.v_max	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	$0 \leq v_max < MAX(SGN32)$	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: 0.001 mm/s	R: 0.001°/s
Standardwert	5000	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen		

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.distc.a_max	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	$0 \leq a_max < MAX(SGN32)$	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: 1 mm/s ²	R: 1°/s ²
Standardwert	0	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen	Wenn der Parameter den Wert 0 hat wird die maximale Achsbeschleunigung P-AXIS-00008 verwendet.	

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.distc.max_act_value_change	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	$0 \leq max_act_value_change < MAX(SGN32)$	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: µm/s	R: 0.0001°/s
Standardwert	5000	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen		

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	kenngr.distc.ref_offset	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	$MIN(SGN32) \leq ref_offset < MAX(SGN32)$	

Achstypen	T, R	
Dimension	T: 0.1µm	R: 0.0001°
Standardwert	0 (No offset)	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen		

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	kenngr.distc.max_pos	
Datentyp	SGN32	
Datenbereich	$0 \leq \text{max_pos} < \text{MAX}(\text{SGN32})$	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: 0.1µm	R: 0.0001°
Standardwert	50000	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen		

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.distc.min_pos	
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		

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.distc.tolerance	
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		

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	kenngr.distc.check_sw_limit_switch	
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		

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	kenngn.distc.mode_dist_use_both_encoder	
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		

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	kenngn.distc.use_adaptive_acceleration	
Datentyp	BOOLEAN	
Datenbereich	0: Keine adaptive Beschleunigungsgewichtung 1: Adaptive Beschleunigungsgewichtung aktiv	
Achstypen	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	

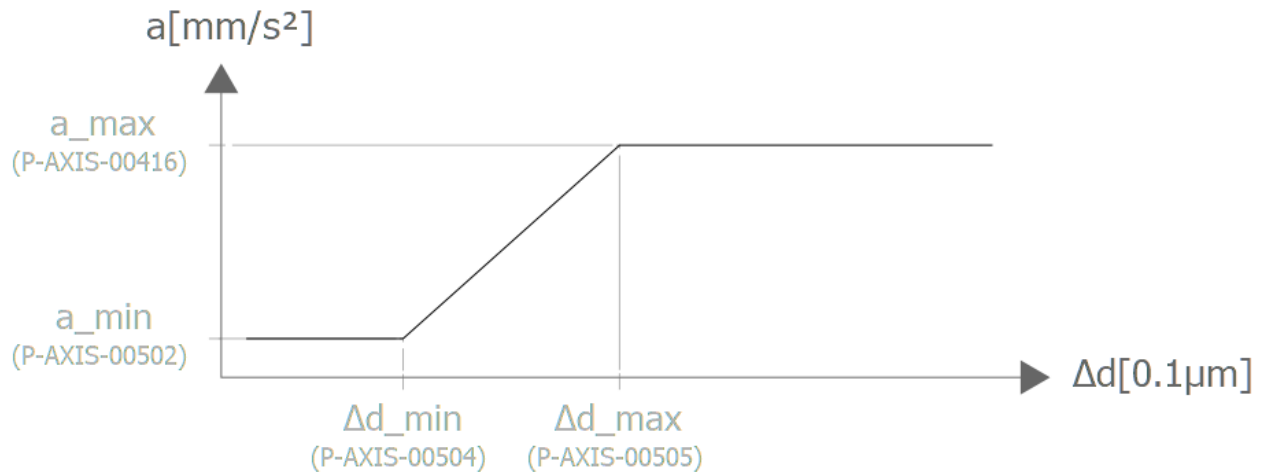


Abb. 34: Ansicht Option Adaptive Beschleunigungsgewichtung

P-AXIS-00502	Minimale Beschleunigung	
Beschreibung	Der Parameter definiert die minimale Beschleunigung bei der Abstandsregelung.	
Parameter	kenngr.distc.a_min	
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	.	

P-AXIS-00504	Minimaler Abstandsfehler	
Beschreibung	Der Parameter definiert den minimalen Abstandsfehler bei der Abstandsregelung, bis zu dem die minimale Beschleunigung (P-AXIS-00502) verwendet wird.	
Parameter	kenngr.distc.dist_error_a_min	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	$0 \leq \text{dist_error_a_min} < \text{MAX}(\text{UNS32})$	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: $0.1\mu\text{m}$	R: 0.0001°
Standardwert	1000	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen		

P-AXIS-00505	Maximaler Abstandsfehler	
Beschreibung	Der Parameter definiert den maximalen Abstandsfehler bei der Abstandsregelung, ab dem die maximale Beschleunigung (P-AXIS-00416) verwendet wird.	
Parameter	kenngr.distc.dist_error_a_max	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	$0 \leq \text{dist_error_a_max} < \text{MAX}(\text{UNS32})$	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: $0.1\mu\text{m}$	R: 0.0001°
Standardwert	5000	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen		

P-AXIS-00507	Filterordnung	
Beschreibung	Die Ordnung des Filters beschreibt sein Verhalten bezüglich des Abfallens des Frequenzganges. Es gilt: Frequenzabfall = - P-AXIS-00507 · 20 dB/Dekade	
Parameter	kenngr.distc.low_pass_filter_order	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	0 ... 6	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: ----	R: ----
Standardwert	4	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen		

P-AXIS-00508	Filtergrenzfrequenz	
Beschreibung	Der Parameter definiert den Wert der charakteristischen Frequenz des Filters.	
Parameter	kenngr.distc.low_pass_filter_fg_f0	
Datentyp	REAL64	
Datenbereich	0 ≤ low_pass_filter_fg_f0 < MAX(REAL64)	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: Hz	R: Hz
Standardwert	25	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen		

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.distc.optimized_scheduling	
Datentyp	BOOLEAN	
Datenbereich	0: Ohne optimiertes Scheduling 1: Optimiertes Scheduling aktiv	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: ----	R: ----
Standardwert	0	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen		

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.v_weight_down	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	0 ≤ v_weight_down < 2000	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: 0.1%	R: 0.1%
Standardwert	0 *	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	

Anmerkungen	* Die Gewichtung ist abgeschaltet d.h. für die Hebe- und Senkbewegung wird die gleiche Geschwindigkeit P-AXIS-00415 verwendet. Dieser Parameter ist ab der CNC-Version V2.11.2807.13 verfügbar.
-------------	--

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	kenng.disc.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	* Die Gewichtung ist abgeschaltet d.h. für die Hebe- und Senkbewegung wird die gleiche Beschleunigung P-AXIS-00416 verwendet. Dieser Parameter ist ab der CNC-Version V2.11.2807.13 verfügbar.

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	Dieser Eintrag gilt für 'lr_hw[i].*' mit $i \geq 1!$ Die Auflösung für den Motorgeber 'lr_hw[0].*' erfolgt in den Parametern P-AXIS-00233 und P-AXIS-00234.

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	$0 \leq encoder_resolution_denom < MAX(UNS32)$
Achstypen	T, R, S
Dimension	T: 0.1µm R,S: 0.0001°
Standardwert	1
Antriebstypen	----

Anmerkungen	Dieser Eintrag gilt für 'lr_hw[i].*' mit $i \geq 1$! 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
Antriebstypen	----
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 kp-Werte kleiner als 1.0 wird die Dynamik der Abstandsregelung reduziert, für kp-Werte größer als 1.0 wird die Dynamik erhöht.
Parameter	kenngr.distc.kp
Datentyp	REAL64
Datenbereich	$0.0 < kp \leq 2.0$
Achstypen	T, R
Dimension	T: ---- R: ----
Standardwert	1.0
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen

Anmerkungen	Durch einen kp-Faktor kleiner eins kann ein mögliches Überschwingen der Abstandsregelung reduziert und bei kleinen Abstandsfehlern die Regelung beruhigt werden. Dieser Parameter ist verfügbar ab CNC-Version V2.11.2809.06 bzw. V3.1.3079.06.
-------------	---

P-AXIS-00764	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	kenngr.distc.i_tn
Datentyp	REAL64
Datenbereich	$0.0 \leq i_tn \leq 50.0$
Achstypen	T, R
Dimension	T: s R: s
Standardwert	0.0
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen
Anmerkungen	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. Parameter ist verfügbar ab Version 2809.06 bzw. 3079.06.

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.distc.d_tv
Datentyp	REAL64
Datenbereich	$0.0 \leq d_tv \leq 2.0$
Achstypen	T, R
Dimension	T: s R: s
Standardwert	0.0
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen
Anmerkungen	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. Parameter ist verfügbar ab Version 2809.06 bzw. 3079.06.

P-AXIS-00782	Filtertyp für die Glättung der Sensorwerte
---------------------	---

Beschreibung	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: <ul style="list-style-type: none"> • DEFAULT: Gleitender Mittelwertfilter mit P-AXIS-00413 [▶ 48] = 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	kenng.disc.filter_type	
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	Weiterhin sind folgende Filterparameter für die jeweiligen Filtertypen notwendig: <ul style="list-style-type: none"> • MOVING_AVERAGE: P-AXIS-00413 [▶ 48] • LOWPASS: P-AXIS-00507 [▶ 53], P-AXIS-00508 [▶ 53] (Diese Einstellung ersetzt ab v3.1.3079.21 den Parameter P-AXIS-00506) • KALMAN_MA: P-AXIS-00413 [▶ 48], P-AXIS-00783 [▶ 57] • EXPO_MEAN: P-AXIS-00413 [▶ 48], P-AXIS-00784 [▶ 57] • KALMAN_EXPO: P-AXIS-00413 [▶ 48], P-AXIS-00784 [▶ 57], P-AXIS-00783 [▶ 57] 	

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	kenng.disc.kalman_sigma	
Datentyp	REAL64	
Datenbereich	1.0 ≤ P-AXIS-00783 ≤ 10000.0	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: ----	R: ----
Standardwert	4	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen		

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	kenngn.distc.smoothing_factor	
Datentyp	REAL64	
Datenbereich	$0 < P\text{-}AXIS\text{-}00784 \leq 1.0$	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: ----	R: ----
Standardwert	0.7	
Antriebstypen	SERCOS, Profidrive, CANopen	
Anmerkungen		

8.3 Beispiel Abstandsachse

Abstandsachse

# ----- Abstandsregelung -----		
lr_param.distance_control_on	1	Freischalten der Funktion Abstandsregelung
kenngr.distc.max_abweichung	20000000	# [0.1µm] Max. zulaessige Abweichung
kenngr.distc.v_max	50000	# [µm/s] Max. Geschw. der Abstandsregelung
kenngr.distc.a_max	10000	# [mm/s*s] Max. Beschleunigung
kenngr.distc.max_istw_sprung	100000000	# Max. Istwertsprung / Zyklus
kenngr.distc.ref_offset	0	# Offset Referenzpunkt
kenngr.distc.max_pos	1500000	# [0.1µm] Max. Position
kenngr.distc.min_pos	-1500000	# [0.1µm] Min. Position
kenngr.distc.toleranz	50000	# [0.1µm] Toleranzwert der Tasttiefe
kenngr.distc.check_sw_limit_switch	1	# Offset der Abstandsregelung ueberwachen
kenngr.distc.optimized_scheduling	1	# Opt. Scheduling aktiv
kenngr.distc.mode_dist_use_both_encoder	1	# Motor und Abstandsgeber aktiv
#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. Abstand
kenngr.distc.dist_error_a_max	500	# [0.1 µm] Max. Abstand
kenngr.distc.filter_type	KALMAN_MA	# Kalman-Filter aktiv
kenngr.distc.n_cycles	20	# Anzahl Messwerte für Filterung
kenngr.distc.sigma	1000	# Unsicherheit der Messwerte

9 SPS-Schnittstelle

9.1 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.

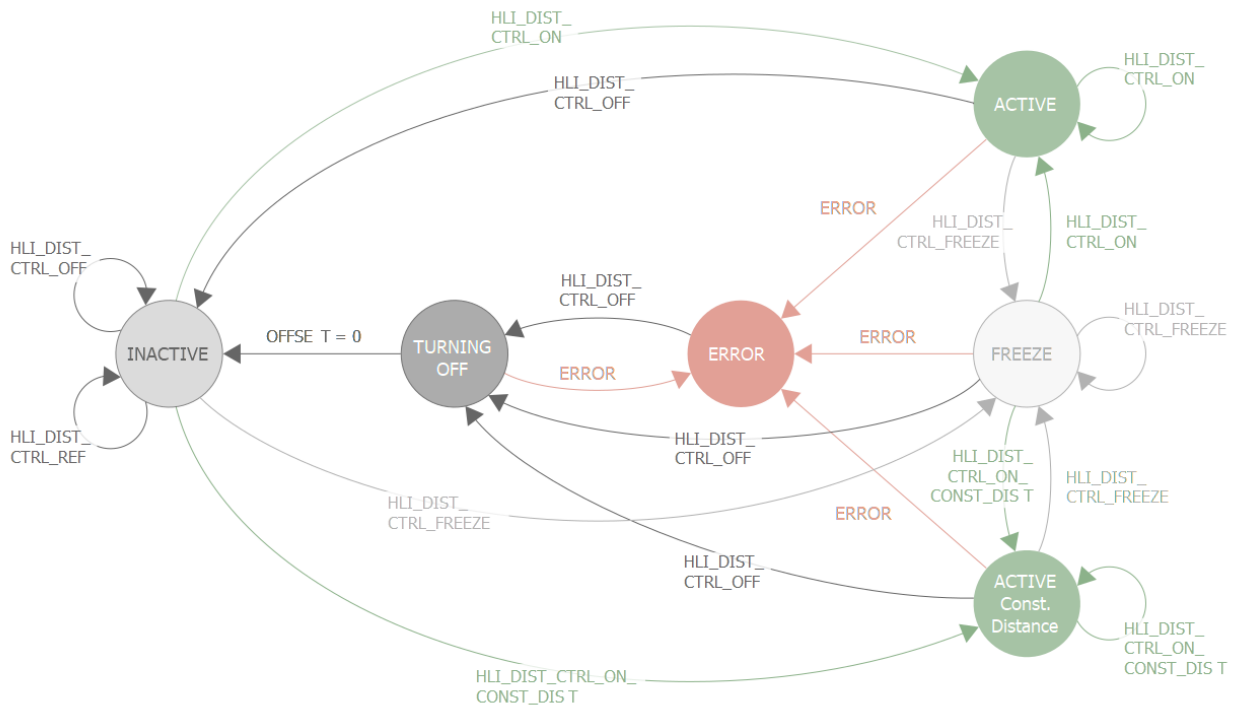


Abb. 35: Zustandsgraph und Transitionen der Abstandsregelung

Definierte Zustände der Abstandsregelung

Zustand	Wert	Bedeutung
HLI_DIST_CTRL_STATE_INACTIVE	0	Die Abstandregelung 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_F REEZE	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_T URNING_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_A CTIVE_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_E RRÖR	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_D RYRUN_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_D RYRUN_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_CONS T_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_D IST	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.

9.2 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 [► 60]
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 [▶ 62]
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.

10 Fehlermeldungen

Bei aktiver Abstandsregelung können folgende Fehlermeldungen auftreten:

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

11 Support und Service

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

Downloadfinder

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

Die Downloads sind in verschiedenen Formaten erhältlich.

Beckhoff Niederlassungen und Vertretungen

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

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

Dort finden Sie auch weitere Dokumentationen zu Beckhoff Komponenten.

Beckhoff Support

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

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

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

Beckhoff Service

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

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

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

Beckhoff Unternehmenszentrale

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG

Hülshorstweg 20
33415 Verl
Deutschland

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

Stichwortverzeichnis

A

Abstandsregelung	
Beauftragung	63
Kommando	64
Status	63
zyklisches Kommando	64
Achse	
Abstandsregelung: zyklisches Kommando	64
Abstandsregelung:Beauftragung	63
Abstandsregelung:Kommando	64
Abstandsregelung:Status	63

P

P-AXIS-00230	55
P-AXIS-00328	48
P-AXIS-00413	48
P-AXIS-00414	48
P-AXIS-00415	48
P-AXIS-00416	49
P-AXIS-00417	49
P-AXIS-00418	49
P-AXIS-00419	50
P-AXIS-00420	50
P-AXIS-00421	50
P-AXIS-00422	54
P-AXIS-00423	54
P-AXIS-00424	55
P-AXIS-00428	50
P-AXIS-00500	51
P-AXIS-00501	51
P-AXIS-00502	52
P-AXIS-00504	52
P-AXIS-00505	52
P-AXIS-00507	53
P-AXIS-00508	53
P-AXIS-00509	53
P-AXIS-00533	53
P-AXIS-00534	54
P-AXIS-00759	55
P-AXIS-00764	56
P-AXIS-00765	56
P-AXIS-00782	56
P-AXIS-00783	57
P-AXIS-00784	57

Mehr Informationen:
www.beckhoff.de/TF5200

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

