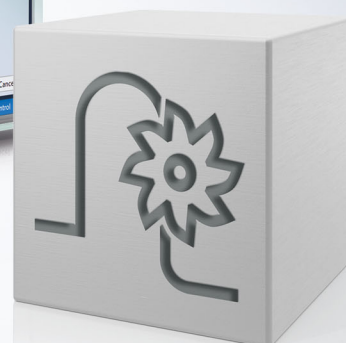
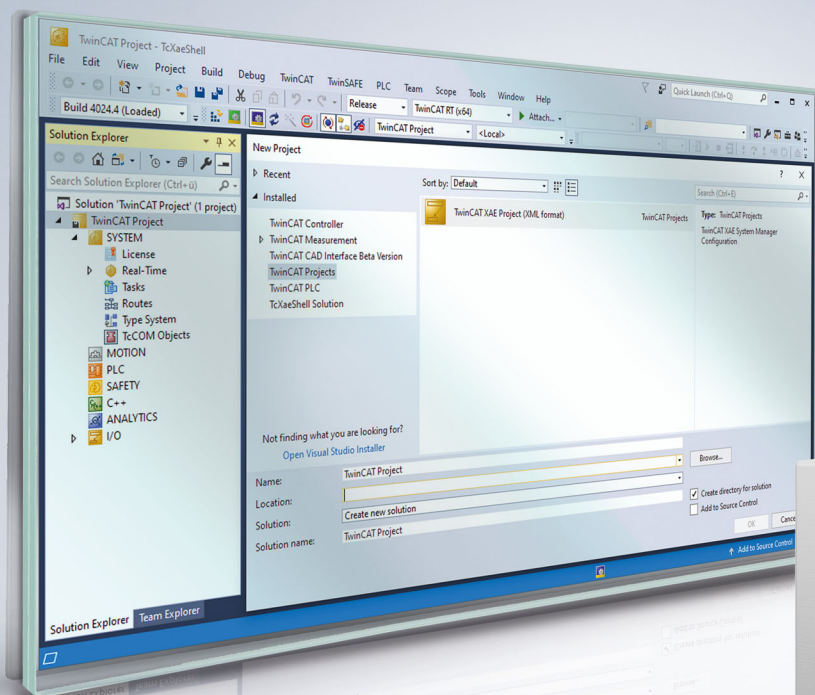


Funktionsbeschreibung | DE

TF5250 | TwinCAT 3 CNC

HSC Pack



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® 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 Nennt eine spezifische Versionsnummer, ab der eine neue oder erweiterte Funktionalität zur Verfügung steht. Die Verfügbarkeit hängt von der genauen Version und ggf. auch Lizenz ab.

Inhaltsverzeichnis

Hinweise zur Dokumentation	3
Allgemeine und Sicherheitshinweise	5
1 Übersicht.....	8
2 Beschreibung der verschiedenen Glättungsverfahren	9
2.1 Contour-Mode (für einfache Programme)	9
2.1.1 Begriffsdefinitionen.....	10
2.1.2 Allgemeine Eigenschaften Contour-Mode.....	12
2.1.3 Überschleifverfahren im NC-Programm	20
2.1.4 Beispiele.....	35
2.1.5 Anmerkungen	37
2.2 Oberflächenbearbeitung mit Surface	38
2.3 Besäumen einer Kontur mit B-Spline	42
2.4 Profilgenerator (Slope)	45
2.4.1 Wahl des Betriebsmodus (#SLOPE, #SLOPE DEFAULT)	46
2.4.2 Beeinflussung der dynamischen Kenngrößen	48
2.4.3 FAQ Geschwindigkeitsschwankungen	48
2.5 Filterprogrammierung (#FILTER)	50
2.6 Weitere HSC-Verfahren mit Akima-Spline, OP1 und OP2	52
3 Anwendungen mit Programmierbeispielen	53
3.1 2.5D Bearbeitung	53
3.1.1 Surface und 2.5D Bearbeitung.....	53
3.2 Beispiele Fünfachsbearbeitung	55
3.2.1 SURFACE und Fünfachsbearbeitung	55
4 Parameter.....	58
4.1 Übersicht	58
4.2 Beschreibung	59
4.2.1 Achsparameter.....	59
4.2.2 Kanalparameter.....	66
5 Support und Service	70
Stichwortverzeichnis	71

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Annäherung einer kontinuierlichen Werkzeugbahn durch Linearsätze innerhalb eines Toleranzschlauchs	9
Abb. 2	Abstand der geglätteten Kontur zur programmierten Bahn.....	9
Abb. 3	Definition des Eckenabstands.....	10
Abb. 4	Definition der Eckenabweichung.....	10
Abb. 5	Kontur der Programmierung von G61 – G261/G260	11
Abb. 6	Auslassen eines kurzen Satzes N05 beim Überschleifen.....	13
Abb. 7	Einzelne Sätze (N20, N30 und N40) sind zu kurz, jedoch liegt die Zielposition außerhalb der Mindestsatzlänge	14
Abb. 8	Einzelne Sätze (N20, N30 und N40) sind zu kurz, jedoch überschreitet die Summe aller Sätze die Mindestsatzlänge	15
Abb. 9	Mehrere Sätze (N10, N20 und N30) sind zu kurz, jedoch überschreitet die Summe aller Sätze die systemgegebene Mindestsatzlänge.....	16
Abb. 10	Einzelne Sätze (N20, N30 und N40) sind zu kurz, jedoch wurde das Überschleifen bereits ab Satz N20 abgewählt.	16
Abb. 11	Synchronisation mit nicht konturrelevanten Aktionen während dem Überschleifen.....	17
Abb. 12	Synchronisation mit nicht konturrelevanten Aktionen nach dem Überschleifen.....	17
Abb. 13	Verhalten im Überschleifbereich	19
Abb. 14	Überschleifen mit Eckenabweichung	22
Abb. 15	Eckabstand-Überschleifen	24
Abb. 16	Überschleifen mit Zwischenpunkt	26
Abb. 17	Maximaler Eckenabstand des Satzes N20 unabhängig von den Satzlengthen von N10 und N20 (DIST_WEIGHT = 0 %).....	28
Abb. 18	Maximaler Eckenabstand des Satzes N20 unterteilt im Verhältnis der Satzlengthen von N10 und N30 (DIST_WEIGHT = 100 %)	29
Abb. 19	Überschleifen mit Eckenabweichung (PATH_DEV) und Eckabstand (PATH_DIST).....	30
Abb. 20	Dyn. optimiertes Überschleifen der gesamten Kontur mit Angabe der Eckenabweichung	34
Abb. 21	Probleme in der Werkstückqualität aufgrund unregelmäßiger Punkteverteilung durch CAM-System.	38
Abb. 22	Vorschub und Beschleunigung in Programmen aus langen Sätzen	45
Abb. 23	Vorschub und Beschleunigung in Programmen aus vielen kurzen Sätzen.....	46
Abb. 24	Geschwindigkeitsverlauf auf der programmierten Bahn.	48
Abb. 25	Bahnvorschub bei Interpolation der Sekantenkontur (64 Stützpunkte).....	54
Abb. 26	Bahnvorschub bei Interpolation der Splinekurven (64 Stützpunkte)	54
Abb. 27	Bahngeschwindigkeit bei Linearsätzen mit senkrecht orientiertem Werkzeug	56
Abb. 28	Bahngeschwindigkeit bei Splinekurve mit senkrecht orientiertem Werkzeug	57

1 Übersicht

Aufgabe

NC-Programme beschreiben die Bewegungen von Werkzeugen mit Linearsätzen und Kreisbögen. Um solche Konturen ohne Halt durchfahren zu können, sind Glättungsverfahren notwendig. Je nach Anwendung und Hardware stehen dafür verschiedene Varianten mit passenden Generatoren für Vorschubprofile zur Auswahl. Zusätzlich lassen sich die Achssollwerte symmetrisch filtern [FCT-C37] bzw. FIR-Filter [► 50].

i Teile dieser Funktionalitäten sind lizenzpflichtige Zusatzoptionen.

Einsatzmöglichkeiten

- Für Programme mit langen Bewegungssätzen bieten sich Contour-Mode-Verfahren an, die jede Knickstelle einzeln abrunden. Dies wird häufig als Polynomüberschleifen [► 9] bezeichnet.
- Bei Freiformflächen mit vielen kurzen Sätzen eignen sich HSC-Verfahren, da sie die Kontur übergreifend verarbeiten. Dabei stellt die Surface-Option ein hochwertiges und robustes Verfahren dar.
- Das B-Spline-Verfahren [► 42] stellt geringere Anforderungen an die Hardware und eignet sich für Programme mit gleichmäßig erzeugten Linearsätzen.

Parametrierung

- Bei allen Glättungsverfahren wird die Abweichung zwischen geglätteter und programmierter Kontur durch den Parameter PATH_DEV begrenzt. Für mitgeschleppte Achsen gibt man zusätzlich TRACK_DEV an.
- Die höherwertigen HSC-Verfahren sind lizenzierte Erweiterungen, die sich beim Hochlauf der Steuerung aktivieren lassen [P-CHAN-00605].
- Um auch Übergänge mit Kreisbögen zu glätten, sind die CIR_MODE-Option bzw. der Kanalparameter P-CHAN-00239 notwendig. Wird eine Kinematik verwendet, kann die automatische Segmentierung der NC-Programme sinnvoll sein.

Programmierung

Glättungsverfahren lassen sich mit folgenden Befehlen einstellen und anwählen:

- #CONTOUR MODE [PATH_DEV=..], Anwahl mit G261 und G260 für Abwahl
- #HSC ON [SURFACE PATH_DEV=] und #HSC OFF
- #SLOPE [TYPE= TRAPEZ, STEP oder HSC]

Verweise

- [PROG] G-Funktionen \ Wegbedingungen sowie
- [PROG] Zusatzfunktionen \ Ruckbegrenzender Slope und Surface [► 38]

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 der verschiedenen Glättungsverfahren

In CAD/CAM Systemen wird das originale Flächenmodell durch einen Algorithmus mit Fehlertoleranz abgetastet. Die Aufgabe der NC besteht darin, diesem Stützpunktverlauf mit hoher Geschwindigkeit zu folgen. Bei Verwendung von CAD/CAM Systemen wird das NC Programm über das Abtasten der vom Anwender generierten ursprünglichen Kontur erzeugt. Abhängig vom CAD/CAM System werden dann Linear- und Zirkularsätze generiert. Es entstehen dabei häufig kurze Sätze im Bereich von wenigen mm bis hinunter zu 1/1000 mm.

Die untere Abbildung zeigt beispielhaft den Linienzug einer Werkzeugspur: Jeder Stützpunkt repräsentiert einen NC-Satz.

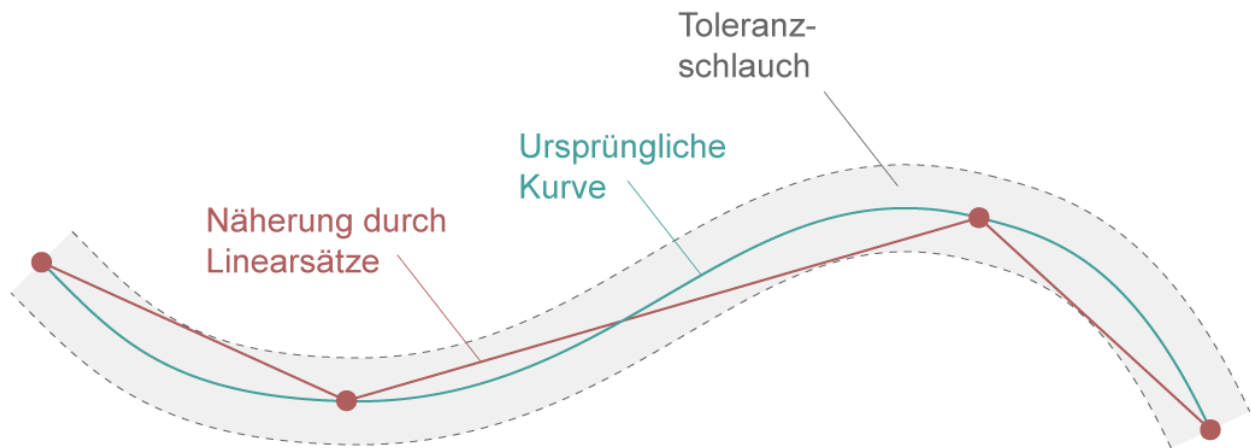


Abb. 1: Annäherung einer kontinuierlichen Werkzeugbahn durch Linearsätze innerhalb eines Toleranzschlauchs

Abhängig von der Werkstückart beschreibt die Kontur dabei entweder einen relativ harmonischen Verlauf (nicht prismatisch), oder die Kontur enthält Ecken oder Kanten, die als solche auch im Werkstück erhalten und erkennbar sein müssen.

Nur bei harmonischem Stützpunktverlauf des generierten NC-Programms lässt sich eine ausreichend hohe Bahngeschwindigkeit erreichen. Große Schwankungen der Satzfahrwege können zu stark schwankende Vorschubprofile führen. Dies kann sich auch negativ auf die Bearbeitungsgenauigkeit auswirken.

Unregelmäßige Verteilungen von Stützpunkten werden am besten über ein stark glättendes Verfahren wie das Surface-Verfahren interpoliert. Besser ist jedoch der Einsatz einer geeigneten Filterfunktion im CAD/CAM-System, da nur dieses System Informationen über die Urkontur besitzt.

In allen Verfahren zur Konturglättung wird die Fehlertoleranz für Hauptachsen, welche die Vorschubgruppe bilden, mit dem Schlüsselwort **PATH_DEV** in Millimetern festgelegt. Bei mehr als 3 Achsen gibt man zusätzlich die Toleranz der Winkelachsen in Grad nach dem Schlüsselwort **TRACK_DEV** an.

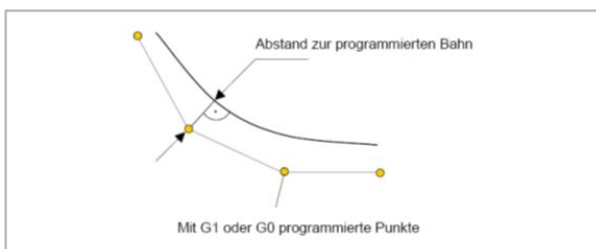


Abb. 2: Abstand der geglätteten Kontur zur programmierten Bahn

2.1 Contour-Mode (für einfache Programme)

Syntax:

G61	Polynomüberschleifen (am Satzende)	nicht modal
... oder bei Polynomüberschleifen über mehrere Sätze:		
G261	Anwahl Polynomüberschleifen (am Satzende)	modal
G260	Abwahl Polynomüberschleifen	modal

2.1.1 Begriffsdefinitionen

Polynomüberschleifen: Krümmungs- und richtungsstetige Verbindung zweier Bewegungssätze.

Überschleifkurve: Die am Eckpunkt eingefügte Überschleifkurve.

Satzlänge: Die Bahnlänge der dem Bewegungssatz entsprechenden Kurve.

Eckenabstand: Abstand des Beginns/des Endes der Überschleifkurve vom programmierten Zielpunkt/Startpunkt eines Bewegungssatzes (siehe folgende Abbildung). Der Eckenabstand wird stets auf die halbe Satzlänge begrenzt.

Bei einem Zirkularsatz versteht man unter dem Eckenabstand die Bogenlänge vom Startpunkt der Überschleifkurve bis zum programmierten Endpunkt des Kreisbogens.

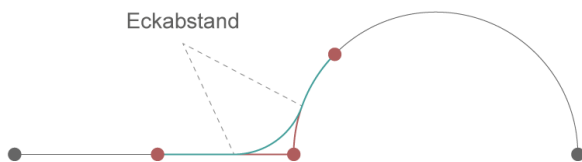


Abb. 3: Definition des Eckenabstands

Vorsatz: Der Bewegungssatz vor der Überschleifkurve

Nachsatz: Der Bewegungssatz nach der Überschleifkurve

Vorabstand: Der Eckenabstand des Vorsatzes

Nachabstand: Der Eckenabstand des Nachsatzes

Zwischenpunkt: Punkt, an dem die beiden Teilkurven der Überschleifkurve aneinandergrenzen.

:

Eckenabweichung: Der Abstand zwischen dem programmierten Eckpunkt und dem Zwischenpunkt der Überschleifkurve (siehe folgende Abbildung).

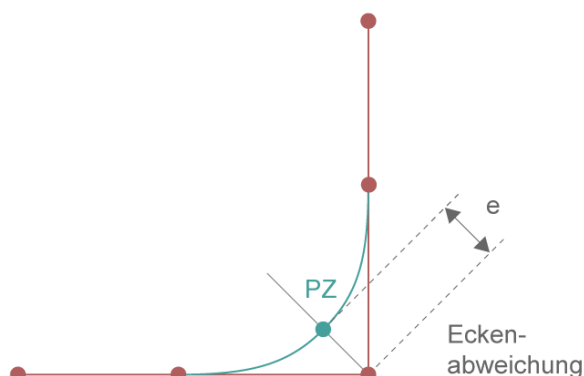


Abb. 4: Definition der Eckenabweichung

Vergleich der Programmierung von G61 – G261/G260

Die drei NC-Programme erzeugen alle die gleiche im Bild dargestellte Kontur.

%poly_G61					%poly_G261_1					%poly_G261_2				
N10	X0	Y0	G01	F1000	N10	X0	Y0	G01	F1000	N10	X0	Y0	G01	F1000
N20	X20	Y100			N20	X20	Y100			N20	X20	Y100		
N30	G61	X40	Y100		N30	G261	X40	Y100		N25	G261			
N40	G61	X60	Y20		N40	X60	Y20			N30	X40	Y100		
N50	G61	X80	Y20		N50	X80	Y20			N40	X60	Y20		
N60	G61	X100	Y100		N60	X100	Y100			N50	X80	Y20		
N70	X120	Y100			N70	G260	X120	Y100		N60	X100	Y100		
N80	X140	Y20			N80	X140	Y20			N70	X120	Y100		
N90	X160	Y20			N90	X160	Y20			N75	G260			
N100	M30				N100	M30				N80	X140	Y20		

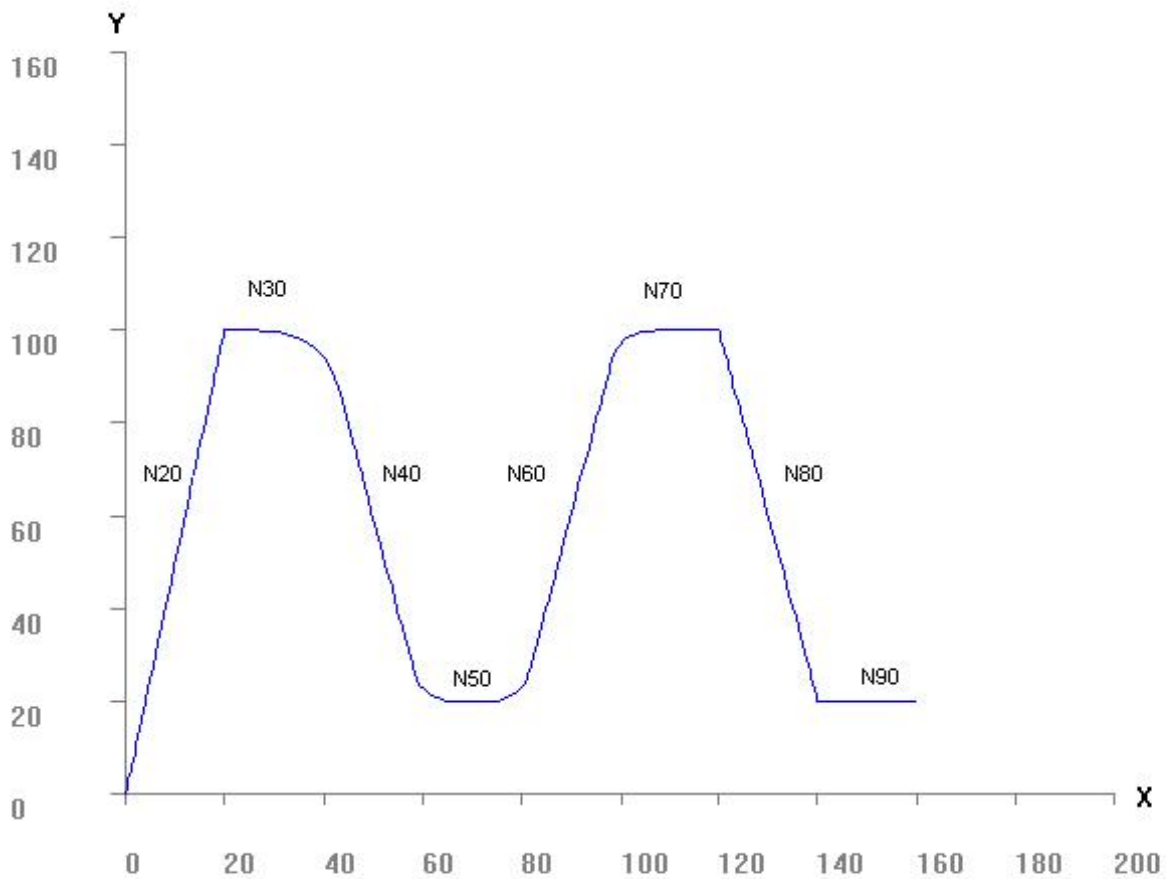


Abb. 5: Kontur der Programmierung von G61 – G261/G260

2.1.2 Allgemeine Eigenschaften Contour-Mode

Das Verfahren des Polynomüberschleifens berechnet sich nach der geometrischen Bahnkontur der Hauptachsen im Raum. Mit den vorgegebenen Randbedingungen, z.B. Eckenabweichung oder prozentuale Bahngeschwindigkeit, ergibt sich eine Position, auf der ursprünglichen Kontur, ab welcher diese verändert bzw. durch eine Überschleifkurve (Polynom) ersetzt werden kann. D.h. der Start- bzw. Endpunkt der Überschleifkurve auf der ursprünglichen Bahnkurve ist somit bekannt.

Aus dem ermittelten Start- und Zielpunkt des gemäß den Randbedingungen ermittelten Polynoms der Hauptachsen lässt sich ebenso die Position der Mitschleppachsen angeben, ab welcher ihre ursprüngliche Kontur durch ein Polynom ersetzt werden kann.

Bei den Mitschleppachsen wird, ebenso wie bei den Hauptachsen, zwischen den Eckenabständen des Vor- und Nachsatzes ein krümmungs- und richtungsstetiges Polynom unter Berücksichtigung der max. Beschleunigung dieser Achse eingefügt. Die evtl. ursprünglich angegebene Eckenabweichung bezieht sich jedoch nur auf die Abweichung der Hauptachse im Raum, sodass falls gewünscht für die maximale Abweichung der Mitschleppachsen ein zusätzlicher Grenzwert angegeben werden kann. Ein theoretisches Überschreiten dieser Abweichung durch die Mitschleppachse führt zur Reduktion der Überschleifkurve (Verkleinern des Eckenabstandes).

Das Polynomüberschleifen wird in Abhängigkeit des Übergangs zwischen dem Vor- und Nachsatz automatisch unterdrückt falls:

- Der Übergang aller Achsen tangential bzw. direkt gespiegelt ist.
- Der Übergang der Hauptachsen tangential ist und keine maximale Abweichung (Wert = 0) für die Mitschleppachsen angegeben wurde.
- Nach der G61-Programmierung das Programmende ohne Folgesatz erreicht wird.

Maximaler Eckenabstand, verbleibende Mindestsatzlänge

Um gleichmäßige Übergänge zu erzeugen, gelten zusätzlich folgende Einschränkungen:

- Der Eckenabstand kann maximal 50% der ursprünglichen Satzlänge annehmen. Wurde dieser größer gewählt, so wird der Abstand des Vor- bzw. Nachsatzes entsprechend begrenzt. Beträgt der Eckenabstand am Satzanfang und am Satzende jeweils 50% der ursprünglichen Satzlänge, so entfällt der Satz vollständig.
- Bei der Parametrierung des Überschleifens kann die minimal verbleibende Satzlänge zwischen 0% und 100% eingestellt werden. Dies entspricht einem variablen maximalen Eckenabstand von 50% bis 0%. Bei jedem Programmstart ist die minimal verbleibende Satzlänge zunächst auf 0% gesetzt (Satz kann vollständig überschleift werden). Wird die minimal verbleibende Satzlänge z.B. mit 10% vorgegeben, so können die Eckenabstände dieses Satzes maximal $(100\% - 10\%) / 2 = 45\%$ der ursprünglichen Satzlänge annehmen.
- Des Weiteren wird bei Zirkularsätzen der maximale Eckenabstand (zurückgelegte Strecke auf Kreis) so beschränkt, dass der dadurch überstrichene Winkel 90° nicht überschreitet.

2.1.2.1 Relevante Satzlänge

Ist die programmierte relevante Satzlänge, die über **RELEVANT_PATH** festgelegt wird, kleiner als die definierte Mindestlänge von 32µm, so wird der Satz auf diese Mindestlänge begrenzt.

Darüber hinaus kann die Bahnkontur sehr kleine Ausgleichssätze enthalten, welche durch ein Programmiersystem (CAD/CAM) oder eine Werkzeugradiuskorrektur eingefügt wurden, damit die Bahn auch nach der Korrektur einen stetigen Verlauf beibehält.

Um einen Abbruch des Überschleifens durch diese kurzen Sätze zu verhindern, kann eine minimale Satzlänge angegeben werden: Sätze, welche kürzer sind, werden bei angewähltem Überschleifen ausgelassen, d.h. es wird in den darauffolgenden Satz überschleift.

Hierbei kann sowohl eine Grenze für den Raumfahrweg der Hauptachsen wie auch eine Grenze für den Fahrweg der Mitschleppachsen angegeben werden. Erst wenn sowohl der Raumfahrweg der Hauptachse wie auch der Fahrweg jeder einzelnen Mitschleppachse unterhalb der angegebenen Grenze liegt, wird der Satz ausgelassen. Das Polynomüberschleifen verbindet den vorgehenden und nachfolgenden Satz richtungs- und krümmungsstetig, wobei die Ausgangssätze nicht angrenzend sein müssen (Kontur muss nicht stetig sein).

Wird ein Satz ausgelassen, so werden die maximale Eckenabweichung der Hauptachsen und Mitschleppachsen nur näherungsweise betrachtet. D.h. es wird angenommen, dass die ausgelassenen Sätze bezüglich der Abweichung des Überschleifens vernachlässigt werden können.

Relevante Satzlänge

```
#CONTOUR MODE [DEV, PATH_DEV 5, RELEVANT_PATH 2]
N03 G01 X0 Y0 Z0 C0 F4
N907090 G04 X0.1
N04 X5 G261
N05 Y1
N09 X10 Y3 G260
N907091 Y0
```

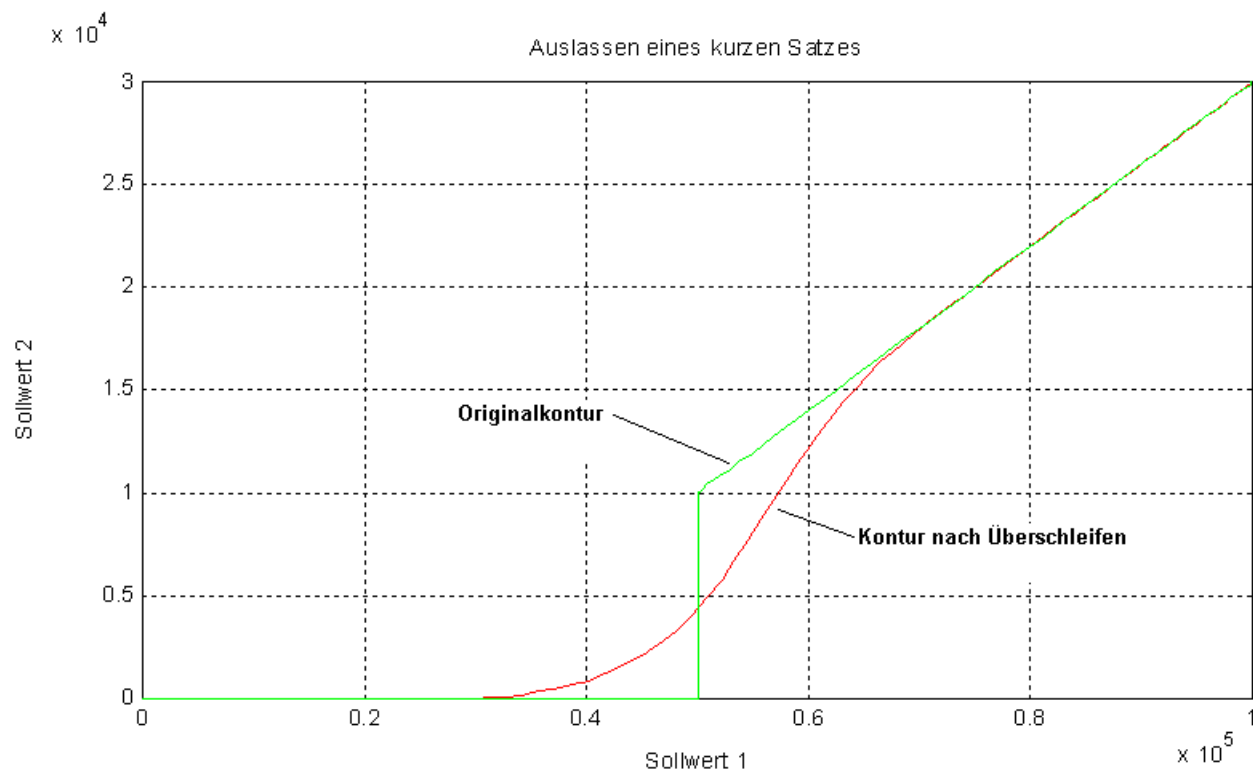


Abb. 6: Auslassen eines kurzen Satzes N05 beim Überschleifen

Sonderfall 1: Mehrere kurze Sätze in Folge nach dem Satzübergang

Sind mehrere nacheinander folgende Sätze (N20, N30, N40) kleiner als der angegebene Mindestfahrweg, so werden diese ausgelassen, solange der Abstand der Zielposition von der letzten noch relevanten Endposition (N10) kleiner als der angegebene Mindestfahrweg ist. Liegt die Zielposition des ausgelassenen Satzes außerhalb dieser Hüllkugel, so wird dieser Satz (N40) für die Berechnung der Überschiefkurve herangezogen, auch wenn er selbst kürzer als die angegebene Mindestlänge ist. Hierdurch erhält man selbst bei mehreren in Folge ausgelassenen Sätzen eine geringe Abweichung von der Originalkontur.

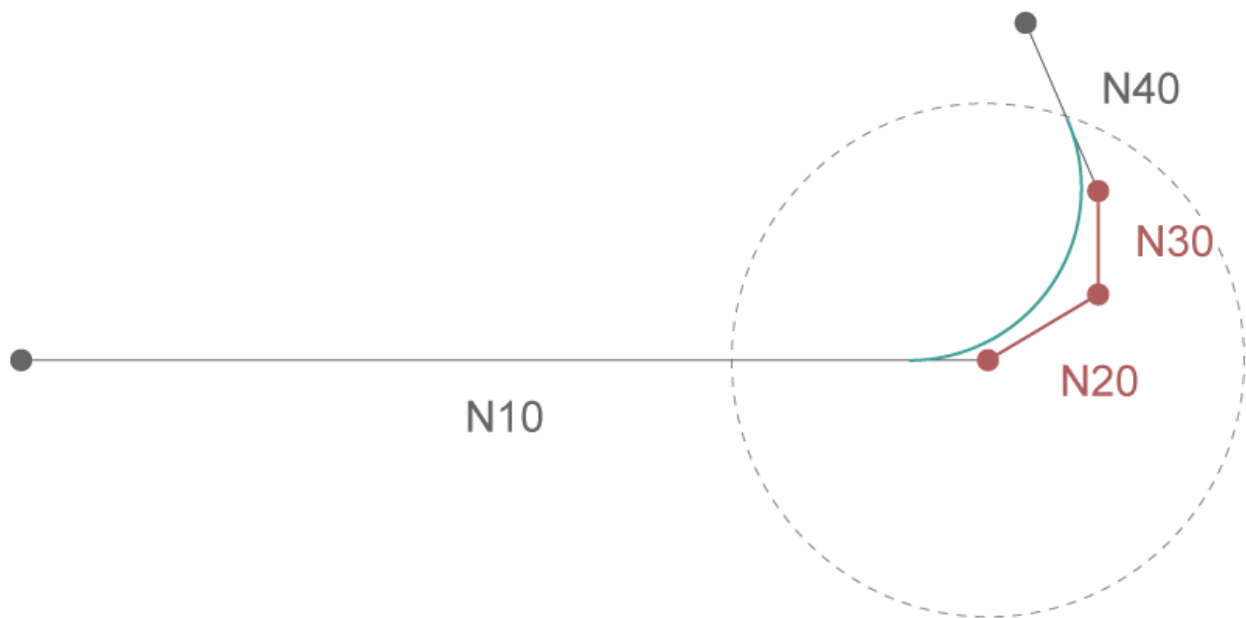


Abb. 7: Einzelne Sätze (N20, N30 und N40) sind zu kurz, jedoch liegt die Zielposition außerhalb der Mindestsatzlänge

Sonderfall 2: Mehrere kurze Sätze in Folge nach Satzübergang, letzter Satz sehr kurz

Im Ausnahmefall kann der Satz N40 selbst kürzer als die für das Überschiefen erforderliche Systemmindestlänge (ca. 16 µm.) sein. In diesem Falle wird die letzte Endposition mit der neuen Zielposition durch einen Linearsatz verbunden. Dieser neue Linearsatz N20' wird dann für die Berechnung der Überschiefkurven herangezogen.

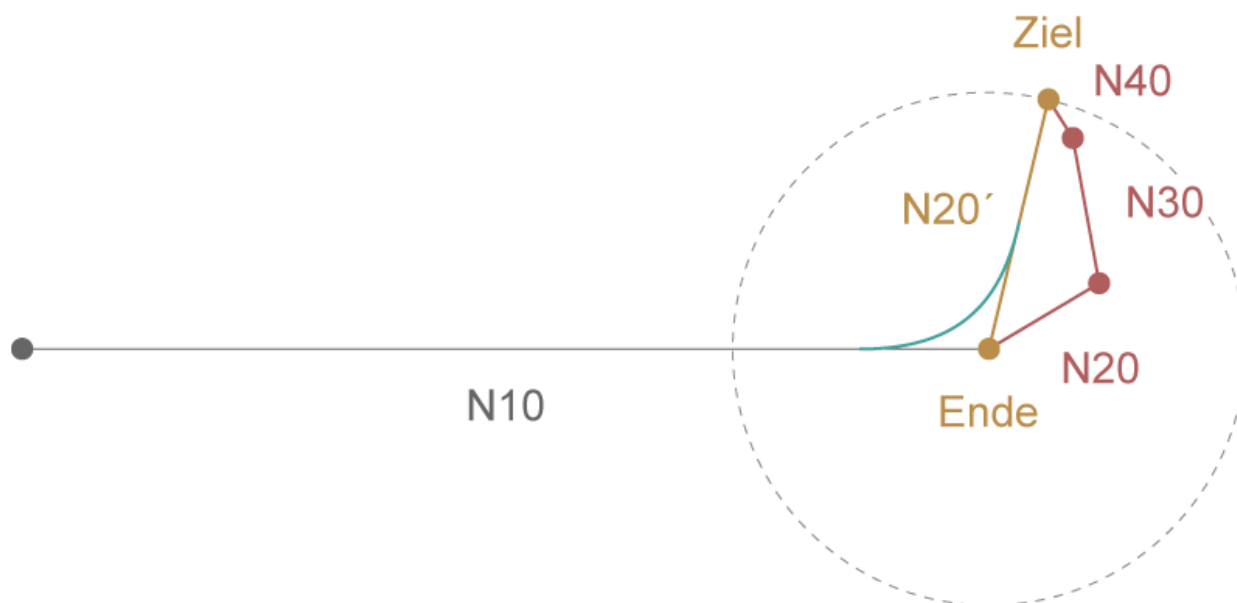


Abb. 8: Einzelne Sätze (N20, N30 und N40) sind zu kurz, jedoch überschreitet die Summe aller Sätze die Mindestsatzlänge

Sonderfall 3: Kurze Sätze vor dem Satzübergang

Sind die Sätze bei Beginn des Überschleifens (vor dem Satzübergang) bereits kürzer als die durch das Verfahren gegebene Mindestlänge, so werden diese Sätze ausgelassen. Die Sätze werden solange ausgelassen, bis der Abstand zwischen letzter gültiger Position und aktueller Zielposition die Mindestsatzlänge überschreitet. Ist dies der Fall, so wird die letzte Endposition und die aktuelle Zielposition durch einen Linearsatz N10' verbunden, welcher dann als Startsatz für das Überschleifen verwendet wird.

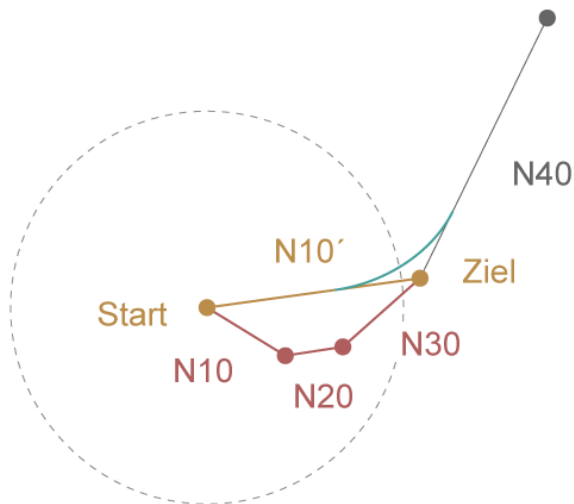


Abb. 9: Mehrere Sätze (N10, N20 und N30) sind zu kurz, jedoch überschreitet die Summe aller Sätze die systemgegebene Mindestsatzlänge.

Sonderfall 4: Abwahl des Überschleifens oder Ändern der Parametrierung

Wird während des Auslassens von Sätzen das Überschleifen abgewählt oder werden die Randbedingungen für das Überschleifen geändert, so darf das aktuelle Überschleifen nur bis zur Abwahl / Parameteränderung durchgeführt werden. Danach kann das Überschleifen evtl. mit den neuen Parametern fortgesetzt werden.

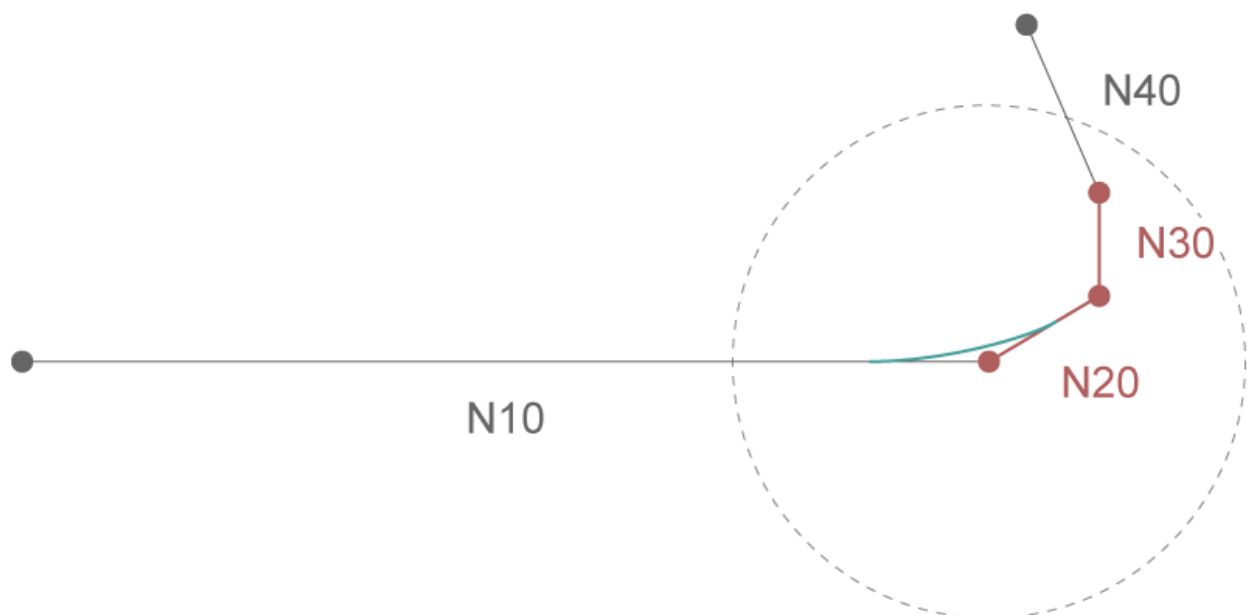


Abb. 10: Einzelne Sätze (N20, N30 und N40) sind zu kurz, jedoch wurde das Überschleifen bereits ab Satz N20 abgewählt.

2.1.2.2 Abarbeitung von zusätzlichen Sätzen

Wird zusätzlich zu den Bewegungssätzen an der Satzgrenze (N10 – N20) ein Befehl ohne Konturinformation (z.B. quittierungspflichtige M-Funktion mit Ausgabe vor Satz und Synchronisation nach Satz, MVS_SNS) programmiert, so kann dieser wahlweise vor, während oder nach der Überschleifkurve ausgeführt werden.

Abarbeitung von zusätzlichen Sätzen

```
N100 #CONTOUR MODE [DEV, PATH_DEV 4, RELEVANT_PATH 0.1, INTER_ACTION]
N110 X100 G61 M25
N120 Y100
```

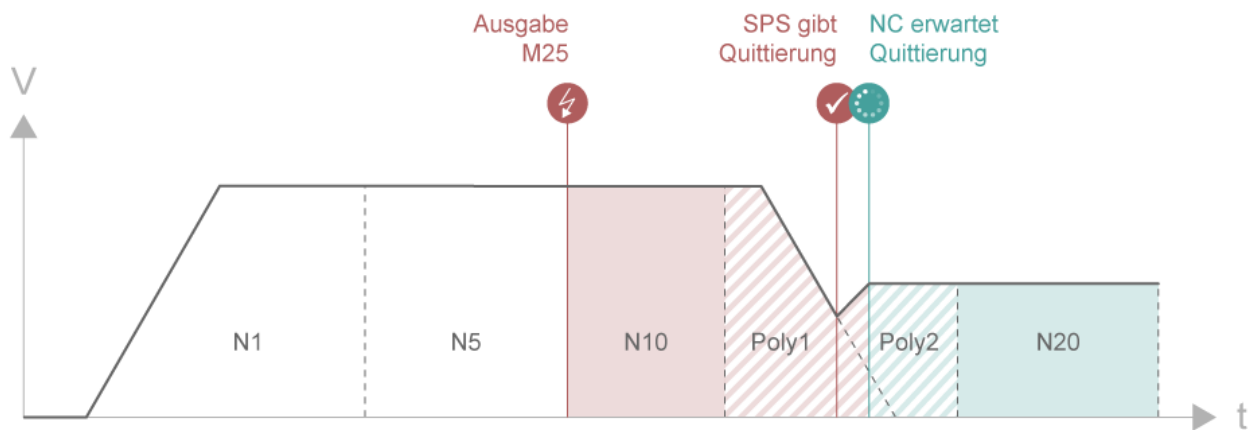


Abb. 11: Synchronisation mit nicht konturrelevanten Aktionen während dem Überschleifen

```
N100 #CONTOUR MODE [DEV, PATH_DEV 4, RELEVANT_PATH 0.1, POST_ACTION]
```

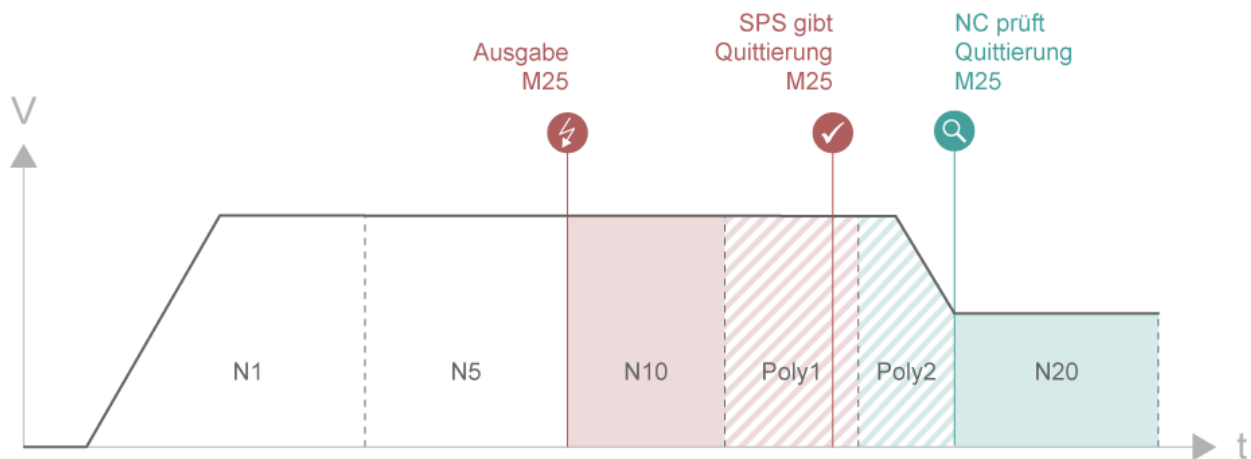


Abb. 12: Synchronisation mit nicht konturrelevanten Aktionen nach dem Überschleifen

Für die Ausführung dieser Befehle existieren folgende 3 Möglichkeiten:

1. Direkt nach Vorsatz (N10) und vor dem 1. Überschleifpolynom
2. Zwischen 1. und 2. Überschleifpolynom
3. Nach dem 2. Überschleifpolynom und vor dem Nachsatz (N20)

2.1.2.3 Ruck innerhalb des Polynoms

Durch die Krümmung des Polynoms ergibt sich ein Ruck quer zur Bahn für die Achsen. Dieser Ruck wird normalerweise mit den maximalen Dynamikparametern der Achse überwacht (P-AXIS-00199). Ist der Ruck zu groß, so wird die Bahngeschwindigkeit entsprechend reduziert. Bei einzelnen Anwendungsfällen kann diese Geschwindigkeitsreduktion aufgrund des maximalen Rucks nicht gewünscht sein. Das lässt sich durch entsprechende Steuerkommandos im NC-Befehle #CONTOUR MODE spezifisch einstellen. Die Steuerkommandos überschreiben die Voreinstellung der Kanalparameterliste P-CHAN-00110 und sind modal bis zum Programmende gültig.

Im nachfolgenden Beispiel wird der Satzübergang von N6 nach N7 durch Polynome überschliffen, bei welchen der Ruck berücksichtigt wird. Der Übergang N7 nach N8 wird ebenso überschliffen, jedoch ohne Berücksichtigung des Rucks auf der Bahnkontur.

Ruck innerhalb des Polynoms

```
%poly_jerk.nc
(Standardeinstellung in der Kanalparameterliste:(check_jerk_on_poly_path)

#SLOPE[TYPE=TRAPEZ]
#CONTOUR MODE [ DEV, PATH_DEV 4, RELEVANT_PATH 0.1]
N0003 G1 X0 Y100 Z0 F4

N0004 G261
N0005 G1 G91 X100
N0006 Y-50
N0007 #CONTOUR MODE [CHECK_JERK=1]
N0008 X100
N0009 #CONTOUR MODE [CHECK_JERK=0]
N0010 Y-50
N0009 G260
N0055 M30
```

2.1.2.4 Geschwindigkeitsverlauf im Überschleifbereich

Abhängig von der Achsparametrierung und Anwendung kann es erforderlich sein, den Geschwindigkeitsverlauf im Überschleifbereich zu beeinflussen. In der Defaulteinstellung wird der Überschleifbereich mit maximal zulässiger Bahngeschwindigkeit durchfahren. Bei stark unterschiedlicher Achsdynamik der beteiligten Achsen kann dies zu einer unzulässig hohen Schwingungsanregung der Maschine führen, da die Bahngeschwindigkeit im Überschleifbereich angepasst wird.

Das Verhalten im Überschleifbereich lässt sich durch entsprechende Steuerkommandos im NC-Befehle #CONTOUR MODE einstellen.

Im nachfolgenden Beispiel wird der Satzübergang von N6 nach N7 durch Polynome überschleift, bei dem im Überschleifbereich mit maximaler Geschwindigkeit durchfahren wird, d.h. bei unterschiedlicher Achsdynamik erfolgt hier die Geschwindigkeitsanpassung. Der Übergang N9 nach N10 wird ebenso überschleift, jedoch ohne Geschwindigkeitsanpassung im Überschleifbereich, d.h. die Bahngeschwindigkeit ist im Überschleifbereich konstant.

Geschwindigkeitsverlauf im Überschleifbereich angleichen

Im rechten Teil der Grafik ist der Geschwindigkeitsverlauf ausgeglichen.

```
%poly_const_speed
N0003 #SLOPE[TYPE=TRAPEZ]
N0004 G1 X0 Y0 Z0 F8000
N0005 #CONTOUR MODE [CONST_VEL=0]
N0006 X100 G61
N0007 Y100
N0008 #CONTOUR MODE [CONST_VEL=1]
N0009 X0 G61
N0010 Y0
N0020 M30
```

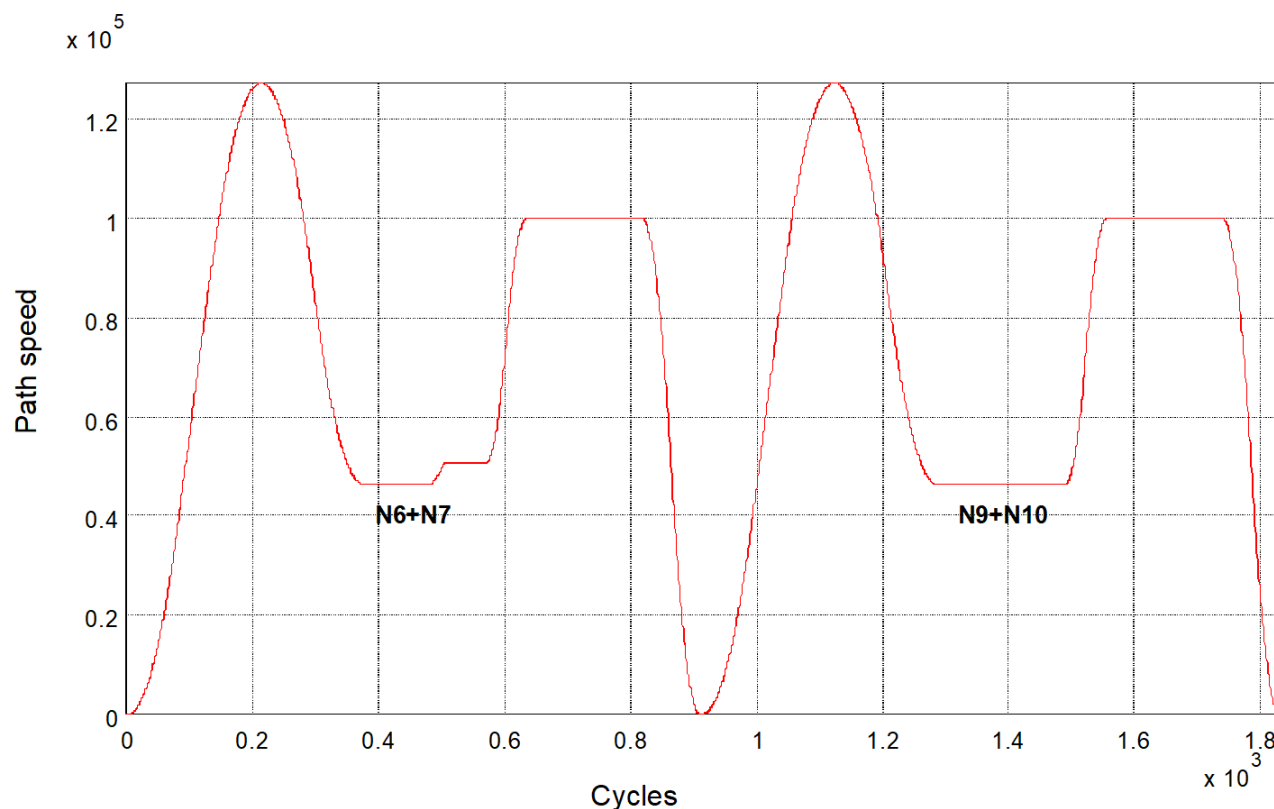


Abb. 13: Verhalten im Überschleifbereich

2.1.3 Überschleifverfahren im NC-Programm

Die Aktivierung des Überschleifens erfolgt nach der Parametrierung des entsprechenden Überschleifverfahrens durch die G-Funktion G61 (satzweise) bzw. G261 (modal).

Aktivierung der Überschleifverfahren im NC-Programm

```
%Contour_on_off
N10 G90 G01 X0 Y0 Z0 A0 C0 F60
N20 #CONTOUR MODE ON [DEV PATH_DEV=1.0]      ;Parametrierung und
                                              ;Aktivierung (= G261)
N30 X100
N40 Y100
N50 X0
N60 Y0
N70 #CONTOUR MODE OFF                        ;Deaktivierung (= G260)
N80 M30
```

Parametrierung der Überschleifverfahren im NC-Programm

Die einzelnen Optionen werden über den NC-Befehl **#CONTOUR MODE** vor dem eigentlichen Aktivieren des Überschleifens (G61/G261) parametriert.

Abhängig vom Überschleifverfahren stehen bestimmte Schlüsselworte zur Parametrierung zur Verfügung. Der Befehl besitzt folgenden syntaktischen Aufbau:

#CONTOUR MODE [*<Ueberschleifverfahren>* *<Parameter>* *<action>*]

<Ueberschleifverfahren>	DEV	Überschleifen mit Eckenabweichung (Default)
	DIST	Überschleifen mit Eckenabstand
	POS	Überschleifen mit Zwischenpunkt
	DIST_SOFT	Dynamisch optimiertes Überschleifen
	DIST_MASTER	Dynamisch optimiertes Überschleifen mit Leitachse
	PTP	Dynamisch optimiertes Überschleifen der gesamten Kontur

<Parameter>	PATH_DEV	Achtung: Die Parameter für Abweichungen und Toleranzen werden in [mm, inch] oder [°] angegeben! Für die Angabe in [inch] bitte Hinweis auf P-CHAN-00439 beachten.
	TRACK_DEV	
	...	

<action>	PRE_ACTION	M/H-Aktionen bei Beginn der Überschleifkurve ausführen.
	INTER_ACTION	M/H-Aktionen im Zentrum der Überschleifkurve.
	POST_ACTION	M/H-Aktionen nach der Überschleifkurve.

2.1.3.1 Überschleifen mit Eckenabweichung



Die Standardparametrierung dieser Überschleifart ist nach Programmstart wirksam.

Die Eckenabstände, um welche die angrenzenden Verfahrssätze verkürzt werden, werden nach rein geometrischen Betrachtungen automatisch so bestimmt, dass eine vom Anwender vorgegebene Eckenabweichung nicht überschritten wird.

Die Eckenabstände werden gemäß der vorgegebenen verbleibenden minimalen Satzlänge jeweils begrenzt, wobei beide Abstände symmetrisch begrenzt werden. Die programmierte Bahngeschwindigkeit hat hier auf die Überschleifkontur keinen Einfluss.

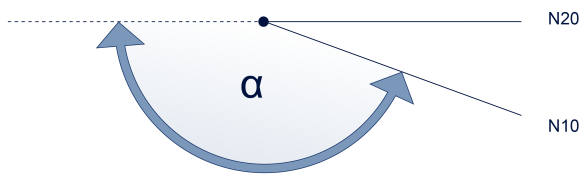
Für optimales Überschleifen sollte der Parameter RELEVANT_PATH verwendet werden. Es wird empfohlen, den Wert der maximalen Eckenabweichung PATH_DEV zu übernehmen.

Syntax zur Parametrierung:

```
#CONTOUR MODE [ DEV [PATH_DEV=..] [RELEVANT_PATH=..] [TRACK_DEV=..]
[RELEVANT_TRACK=..]
[REMAIN_PART=..] [<action>] [CHECK_JERK=..] [MAX_ANGLE=..]
[CONST_VEL=..]
```

DEV	Überschleifen mit maximaler Eckenabweichung
PATH_DEV=..	Maximale Abweichung von der programmierten Kontur in [mm, inch *] Standardwert: 1 mm * bei aktivem P-CHAN-00439
RELEVANT_PATH=..	Minimale Bahnlänge relevanter Sätze in [mm, inch *]. Standardwert: 0 mm * bei aktivem P-CHAN-00439
TRACK_DEV=..	Maximale Abweichung der Mitschleppachsen in [°] Standardwert: 0°
RELEVANT_TRACK=..	Mindestweg der Mitschleppachsen für relevante Sätze in [°] Standardwert: 0°
REMAIN_PART=..	Verbleibender Anteil in [0%-100%] des Originalsatzes Standardwert: 0 %
<action>	Kennung für den Ausführungszeitpunkt zusätzlicher Aktionen (M/H): PRE_ACTION: Aktionen vor der Überschleifkurve. INTER_ACTION: Aktionen in der Überschleifkurve (Standard). POST_ACTION: Aktionen nach der Überschleifkurve.
CHECK_JERK=..	Überwachung des Rucks, hervorgerufen durch die Krümmung des Polynoms (vgl. P-CHAN-00110) mit: 0: Ohne Rucküberwachung (Standard). 1: Rucküberwachung basierend auf der geom. Rampenzeit (P-AXIS-00199). Evtl. wird hierdurch die Bahngeschwindigkeit reduziert. 2: Rucküberwachung basierend auf den Rampenzeiten P-AXIS-00195 bis P-AXIS-00198 des nichtlinearen Geschwindigkeitsprofils.

MAX_ANGLE=.. Maximaler Konturknickwinkel in [°] für Übergänge zwischen zwei Linearsätzen, bis zu dem überschleift wird.
 Standardwert: 178° (d.h. gesamte Kontur wird überschleift)



CONST_VEL=.. Konstante Bahngeschwindigkeit im Überschleifbereich mit:
 0: Ohne konstante Bahngeschwindigkeit (Standard).
 1: Mit konstanter Bahngeschwindigkeit.

Überschleifen mit Eckenabweichung

```
...
N100 #CONTOUR MODE [DEV PATH_DEV=5]
N110 G01 X100 G61
N120 G01 Y100
...
```

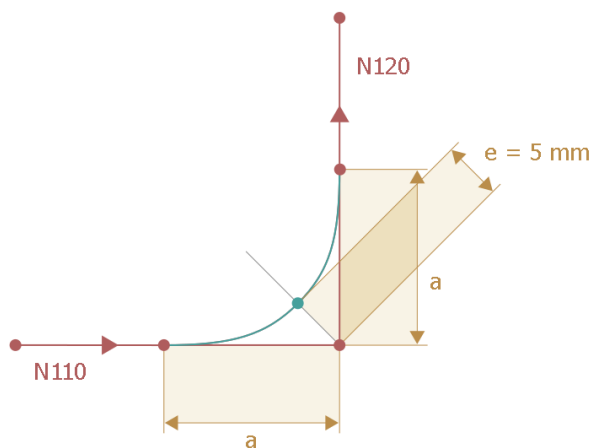


Abb. 14: Überschleifen mit Eckenabweichung

2.1.3.2 Überschleifen mit Eckenabstand

Falls der Punkt, ab dem die Originalkontur verlassen werden darf, bekannt ist, kann der Anwender die Eckenabstände des Vor- und Nachsatzes, um welche die angrenzenden Bewegungssätze verkürzt werden sollen, direkt angeben.

Die Eckenabstände werden so beschränkt, dass die vorgegebene minimal verbleibende Satzlänge nicht unterschritten wird.

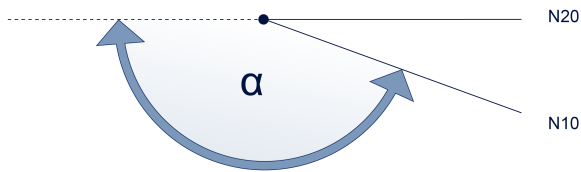
Werden die Eckenabstände a und b identisch angegeben, so wird bei einer Begrenzung eines Eckenabstands auf die minimal verbleibende Mindestsatzlänge auch der andere Eckenabstand symmetrisch begrenzt.

Werden die Eckenabstände a und b verschieden angegeben, wird bei einer Begrenzung nur der entsprechend zu große Abstand verkleinert. Dies kann bei ungleichen Satzlängen zu einem „Ausholen“ der Kontur führen, was aber evtl. erwünscht ist.

Syntax zur Parametrierung:

```
#CONTOUR MODE [ DIST [PRE_DIST=..] [POST_DIST=..] [RELEVANT_PATH=..]
                [RELEVANT_TRACK=..] [TRACK_DEV=..] [REMAIN_PART=..]
                [<action>] [CHECK_JERK=..] [MAX_ANGLE=..] [CONST_VEL=..] ]
```

DIST	Überschleifen mit Angabe des Eckenabstands
PRE_DIST=..	Eckenabstand in [mm, inch *], ab dem von der Originalkontur abgewichen wird. Standardwert: 1 mm *bei aktivem P-CHAN-00439
POST_DIST=..	Eckenabstand in [mm, inch *], bei dem auf die Originalkontur zurückgekehrt wird. Standardwert: 1 mm *bei aktivem P-CHAN-00439
RELEVANT_PATH=..	Minimale Bahnlänge relevanter Nachsätze in [mm, inch *] Standardwert: 0 mm
RELEVANT_TRACK=..	Mindestweg der Mitschleppachsen für relevante Nachsätze in [°]. Standardwert: 0°
TRACK_DEV=..	Maximale Abweichung der Mitschleppachsen in [°] Standardwert: 0°
REMAIN_PART=..	Verbleibender Anteil in [0%-100%] des Originalsatzes Standardwert: 0 %
<action>	Kennung für den Ausführungszeitpunkt zusätzlicher Aktionen (M/H): PRE_ACTION: Aktionen vor der Überschleifkurve. INTER_ACTION: Aktionen in der Überschleifkurve (Standard). POST_ACTION: Aktionen nach der Überschleifkurve.
CHECK_JERK=..	Überwachung des Rucks, hervorgerufen durch die Krümmung des Polynoms (vgl. P-CHAN-00110) mit: 0: Ohne Rucküberwachung (Standard). 1: Rucküberwachung basierend auf der geom. Rampenzeit (P-AXIS-00199). Evtl. wird hierdurch die Bahngeschwindigkeit reduziert. 2: Rucküberwachung basierend auf den Rampenzeiten P-AXIS-00195 bis P-AXIS-00198 des nichtlinearen Geschwindigkeitsprofils.
MAX_ANGLE=..	Maximaler Konturknickwinkel in [°] für Übergänge zwischen zwei Linearsätzen, bis zu dem überschleift wird. Standardwert: 178° (d.h. gesamte Kontur wird überschleift)



CONST_VEL=.. Konstante Bahngeschwindigkeit im Überschleifbereich mit:
 0: Ohne konstante Bahngeschwindigkeit (Standard).
 1: Mit konstanter Bahngeschwindigkeit.

Überschleifen mit Eckenabstand

```
...
N100 #CONTOUR MODE [DIST PRE_DIST=10 POST_DIST=5]
N110 G01 X100 G61
N120 G01 Y100
...
```

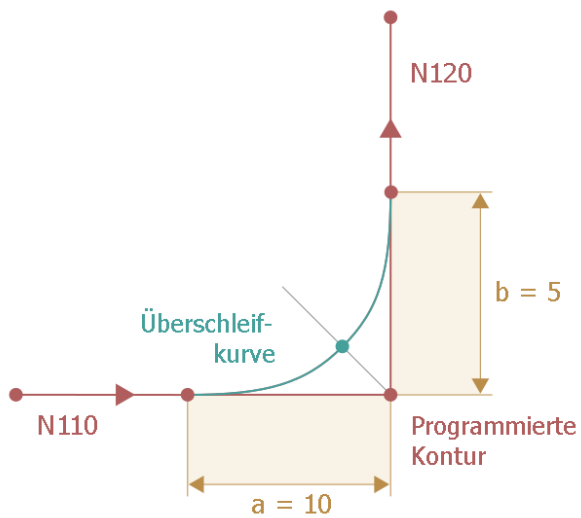


Abb. 15: Eckabstand-Überschleifen

2.1.3.3 Überschleifen mit Zwischenpunkt

Der Anwender gibt hier sowohl die Eckenabstände als auch einen Zwischenpunkt P vor, an den die beiden Polynomkurven angrenzen (Expertenmodus). Mit diesem Verfahren ist es z.B. möglich, durch Vorgabe des Eckenabstandes Null die programmierte Kontur beizubehalten und die Dynamik dennoch voll auszunutzen. D.h., die Eckenabstände müssen hier nicht unbedingt symmetrisch sein.

Syntax der Parametrierung:

```
#CONTOUR MODE [ POS [PRE_DIST=..] [POST_DIST=..] [X..] [Y..] [Z..] [<action>]
                [CHECK_JERK=..] [CONST_VEL=..] ]
```

POS	Überschleifen mit Angabe des Zwischenpunktes
PRE_DIST=..	Eckenabstand in [mm, inch *], ab dem von der Originalkontur abgewichen wird. Die Angabe von 0 mm ist hier möglich. Standardwert: 1 mm *bei aktivem P-CHAN-00439
POST_DIST=..	Eckenabstand in [mm, inch *], bei dem auf die Originalkontur zurückgekehrt wird. Die Angabe von 0 mm ist hier möglich. Standardwert: 1 mm *bei aktivem P-CHAN-00439
X..	Position des Zwischenpunkts in der ersten Hauptachse in [mm, inch]
Y..	Position des Zwischenpunkts in der zweiten Hauptachse in [mm, inch]
Z..	Position des Zwischenpunkts in der dritten Hauptachse in [mm, inch]
<action>	Kennung für Ausführungszeitpunkt zusätzlicher Aktionen (M/H): PRE_ACTION: Aktionen vor der Überschleifkurve. INTER_ACTION: Aktionen während der Überschleifkurve (Standard). POST_ACTION: Aktionen nach der Überschleifkurve.
CHECK_JERK=..	Überwachung des Rucks, hervorgerufen durch die Krümmung des Polynoms (vgl. P-CHAN-00110) mit: 0: Ohne Rucküberwachung (Standard). 1: Rucküberwachung basierend auf der geom. Rampenzeit (P-AXIS-00199). Evtl. wird hierdurch die Bahngeschwindigkeit reduziert 2: Rucküberwachung basierend auf den Rampenzeiten P-AXIS-00195 bis P-AXIS-00198 des nichtlinearen Geschwindigkeitsprofils
CONST_VEL=..	Konstante Bahngeschwindigkeit im Überschleifbereich mit: 0: Ohne konstante Bahngeschwindigkeit (Standard). 1: Mit konstanter Bahngeschwindigkeit.

Überschleifen mit Zwischenpunkt

```
...  
N100 #CONTOUR MODE [POS PRE_DIST=2 POST_DIST=3 X110 Y-10 Z0]  
N110 G01 X100 G61  
N120 G01 Y100  
...
```

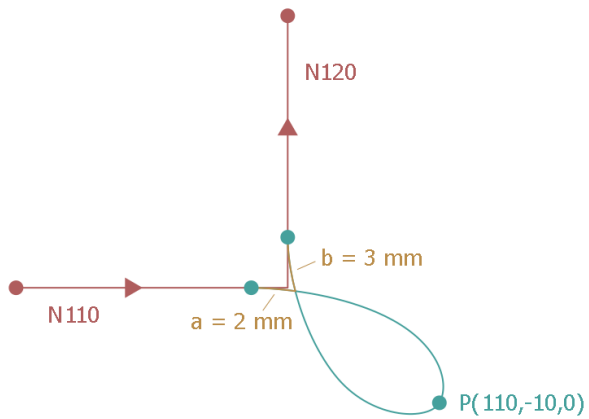


Abb. 16: Überschleifen mit Zwischenpunkt

2.1.3.4 Dynamisch optimiertes Überschleifen

Die Überschleifarten mit Eckenabweichung und Zwischenpunkt legen die Überschleifkurve durch eine richtungs- und krümmungsstetige Verbindung zweier Bewegungssätze fest. Diese Überschleifkurve führt auf die Achsen bezogen evtl. zu einer Schwankung der Beschleunigung.

Bei der achsbezogenen Betrachtung der möglichen Dynamikdaten (Beschleunigung, Ruck) wird die Überschleifkurve unter einer möglichst **gleichmäßigen Beschleunigung** (ruckminimal) der beteiligten Achsen bestimmt. Unter Ausnutzung einer maximalen Beschleunigung der Achsen wird zusätzlich die **Zeitdauer** des Überschleifvorgangs reduziert.

Syntax der Parametrierung:

```
#CONTOUR MODE [ DIST_SOFT [PATH_DIST=..] [TRACK_DIST=..] [ACC_MAX=..] [ACC_MIN=..]
               [RAMP_TIME=..] [DIST_WEIGHT=..] ]
```

DIST_SOFT	Dynamisch optimiertes Überschleifen
PATH_DIST=..	Eckenabstand zum Vor- und Nachsatz (symmetrisch) in [mm, inch *], ab dem von der Originalkontur abgewichen werden darf. Die Angabe bezieht sich auf den Fahrweg der Vorschubachsen. Standardwert : 1 mm Überwachung aus: -1 mm *bei aktivem P-CHAN-00439
TRACK_DIST=..	Eckenabstand zum Vor- und Nachsatz in [°], ab dem die Nicht-Vorschubachsen (Mitschleppachsen) von der Originalkontur abweichen dürfen. Standardwert: Wert wird automatisch von PATH_DIST übernommen, solange dieser noch nicht (seit Programmstart) explizit angegeben wurde. Überwachung aus: -1°
ACC_MAX=..	Prozentualer Anteil in [0%-100%] der maximalen Achsbeschleunigung (Maschinendatum), die durch den Konturverlauf genutzt werden darf. Standardwert : 100 %
ACC_MIN=..	Prozentualer Anteil in [0%-100%] der maximalen Achsbeschleunigung (Maschinendatum), die durch den Konturverlauf genutzt werden soll. Wird hierbei der vorgegebene Eckenabstand (s. PATH_DIST) nicht eingehalten, so wird die Beschleunigung bis zu Maximalwert (ACC_MAX) erhöht. Standardwert : 50 %
RAMP_TIME=..	Prozentuale Gewichtung der Rampenzeit in [0%-10000%]. Standardwert : 100 %
DIST_WEIGHT=..	Beeinflusst die Aufteilung verschliffener Linearsätze in [0%-100%]: In der Voreinstellung 0% werden alle Sätze halbiert, bei 100% entspricht das Teilungsverhältnis den Längen der benachbarten Sätze. Durch den Wert lassen sich beide Methoden prozentual vermischen. Standardwert : 0 %

Einschränkungen:

- Wird beim Überschleifen ein Zirkularsatz verwendet, so wird die Überschleifkurve ohne dynamische Optimierung mit Eckenabstand berechnet.
- Für die Berechnung wird nur eine Rampenzeit (Maximalwert der vier individuellen Rampenzeiten) verwendet.
- Keine Behandlung von kinematischen Transformationen. In diesem Fall wird ohne dynamische Optimierung mit Eckenabstand gerechnet.
- Die Gewichtung der Eckenabstände in Abhängigkeit des vorhergehenden bzw. nachfolgenden Satzes durch den Parameter DIST_WEIGHT ergibt in vielen Fällen eine bessere Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Satzlänge.

Beim Verfahren des achsbezogenen Überschleifens sind die Eckenabstände des Vor- und Nachsatzes grundsätzlich gleich (symmetrisch). Werden die maximalen Eckenabstände zusätzlich auf den halben Satzfahrweg begrenzt, so ergibt sich bei längeren Fahrwegen aufgrund eines vorhergehenden/ nachfolgenden kurzen Fahrwegs ein geringerer Verschleißbereich und somit eine kleinere Überschleifgeschwindigkeit.

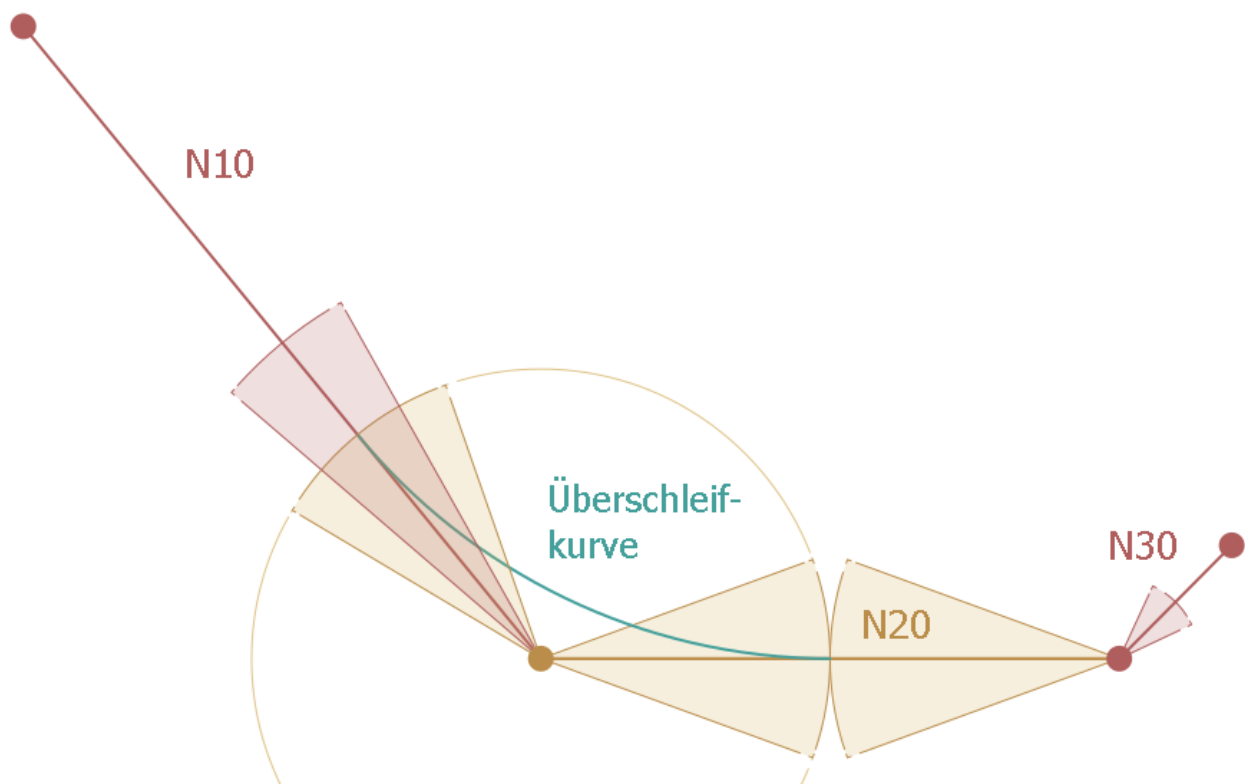


Abb. 17: Maximaler Eckenabstand des Satzes N20 unabhängig von den Satzlängen von N10 und N20 (DIST_WEIGHT = 0 %)

Werden die Länge des vorhergehenden und nachfolgenden Satzes für die Ermittlung der maximalen Eckenabstände mitberücksichtigt, so kann der Verschleißbereich erhöht werden.

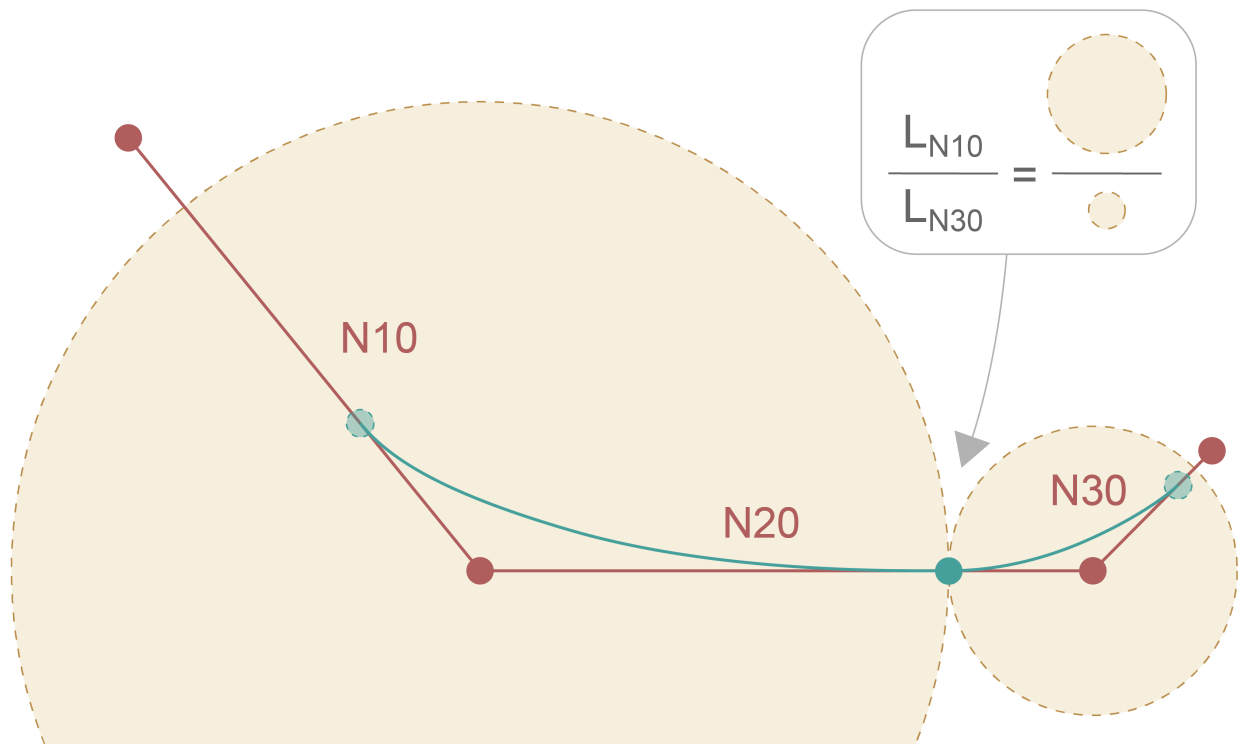


Abb. 18: Maximaler Eckenabstand des Satzes N20 unterteilt im Verhältnis der Satzlängen von N10 und N30 (DIST_WEIGHT = 100 %)

Dynamisch optimiertes Überschleifen

Vergleich des Überschleifens einer 90° Ecke mit den Methoden:

Dynamisch optimiertes Überschleifen (DIST_SOFT):

```
N010 #CONTOUR MODE [DIST_SOFT PATH_DIST=12]
N020 G0 X0 Y0
N030 G261
N040 G01 X80 Y0 F2.5
N050 G01 X80 Y80
N060 G260
N070 M30
```

Überschleifen mit Eckenabweichung (DEV):

```
N010 #CONTOUR MODE [DEV PATH_DEV=0.2]
N020 G0 X0 Y0
N030 G261
N040 G01 X80 Y0 F2.5
N050 G01 X80 Y80
N060 G260
N070 M30
```

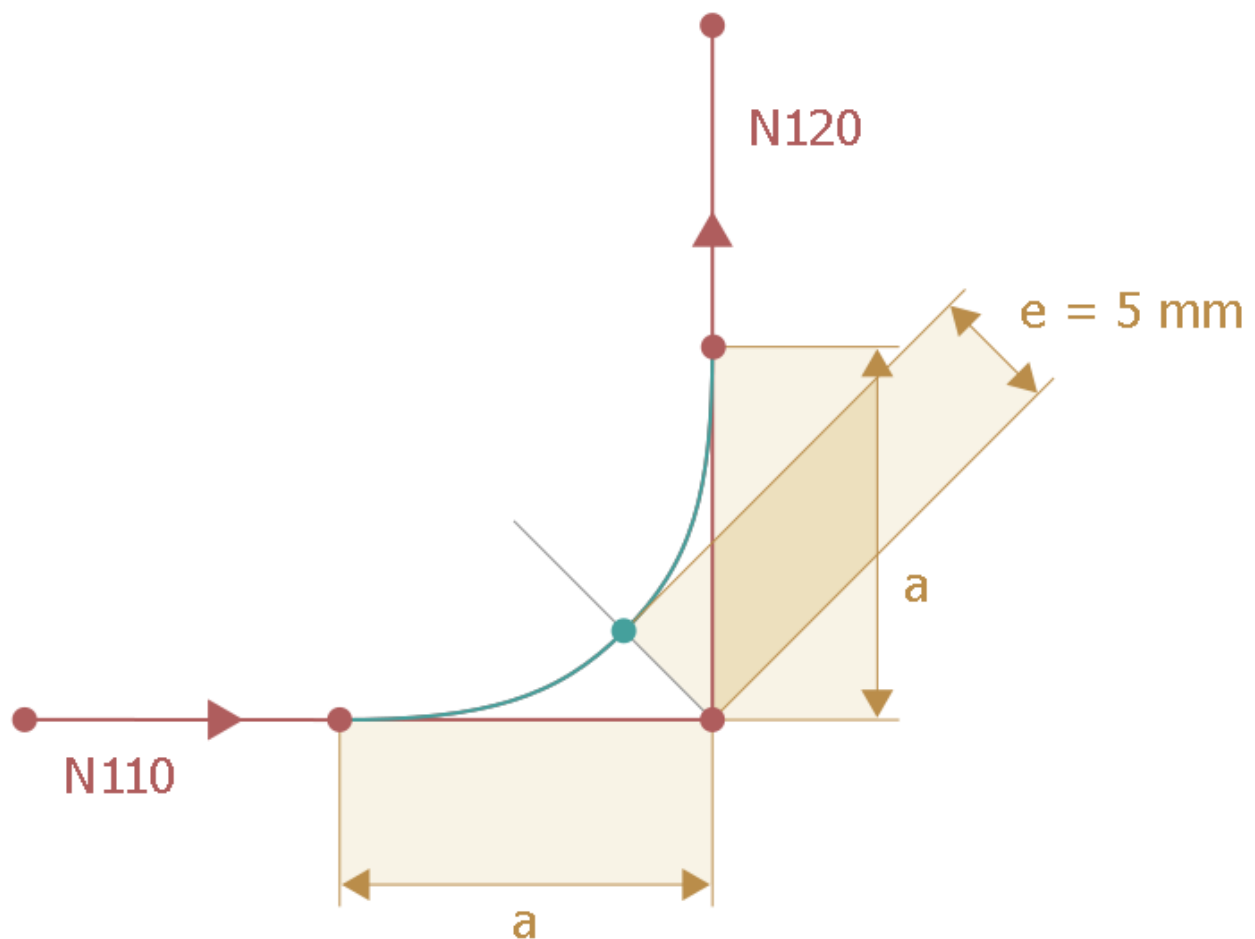


Abb. 19: Überschleifen mit Eckenabweichung (PATH_DEV) und Eckabstand (PATH_DIST)

2.1.3.5 Dynamisch optimiertes Überschleifen mit Leitachse

In dieser Variante des dynamisch optimierten Überschleifens wird eine Vorschubleitachse verwendet. Dadurch ergibt sich im Allgemeinen ein günstigeres Geschwindigkeitsprofil.

Die Vorschubleitachse ist in der Achsparameterliste über einen Eintrag in P-AXIS-00015 gekennzeichnet und in der Kanalparameterliste als alleinige Vorschubachse markiert (P-CHAN-00011).

Weitere Eigenschaften und Einschränkungen entsprechen dem dynamisch optimierten Überschleifverfahren.

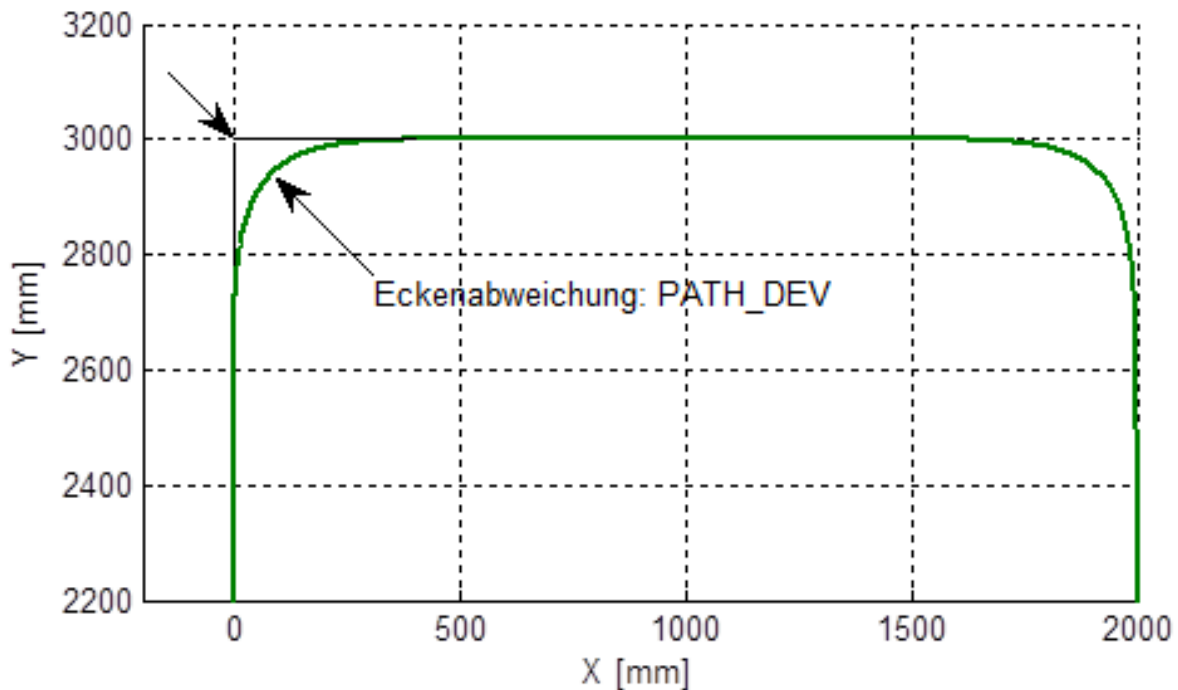
Syntax der Parametrierung:

```
#CONTOUR MODE [ DIST_MASTER [SYM_DIST=..] [ACC_MAX=..] [ACC_MIN=..]
               [RAMP_TIME=..] [DIST_WEIGHT=..] ]
```

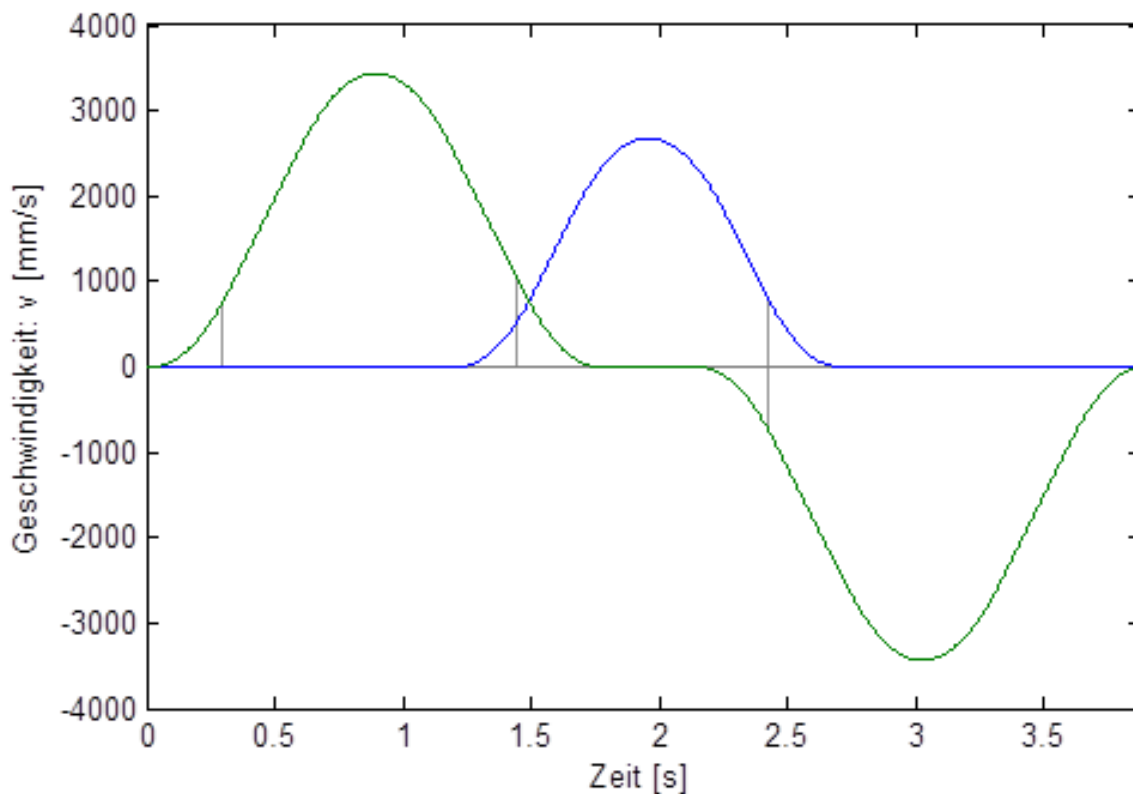
DIST_MASTER	Dynamisch optimiertes Überschleifen mit Vorschubleitachse
SYM_DIST=..	Eckenabstand zum Vor- und Nachsatz (symmetrisch) in [mm, inch *], ab dem von der Originalkontur abgewichen werden darf. Standardwert : 1 mm Überwachung aus: -1 mm *bei aktivem P-CHAN-00439
ACC_MAX=..	Prozentualer Anteil in [0%-100%] der maximalen Achsbeschleunigung (Maschinendatum), die durch den Konturverlauf genutzt werden darf. Standardwert : 100 %
ACC_MIN=..	Prozentualer Anteil in [0%-100%] der maximalen Achsbeschleunigung (Maschinendatum), die durch den Konturverlauf genutzt werden soll. Wird hierbei der vorgegebene Eckenabstand (s. SYM_DIST) nicht eingehalten, so wird die Beschleunigung bis zu Maximalwert (ACC_MAX) erhöht. Standardwert : 50 %
RAMP_TIME=..	Prozentuale Gewichtung der Rampenzeit in [0%-10000%]. Standardwert : 100 %
DIST_WEIGHT=..	Prozentuale Gewichtung der Eckenabstände im Verhältnis zum vorhergehenden / nachfolgenden Satz in [0%-100%]. Standardwert : 0 %

2.1.3.6 Dynamisch optimiertes Überschleifen der gesamten Kontur

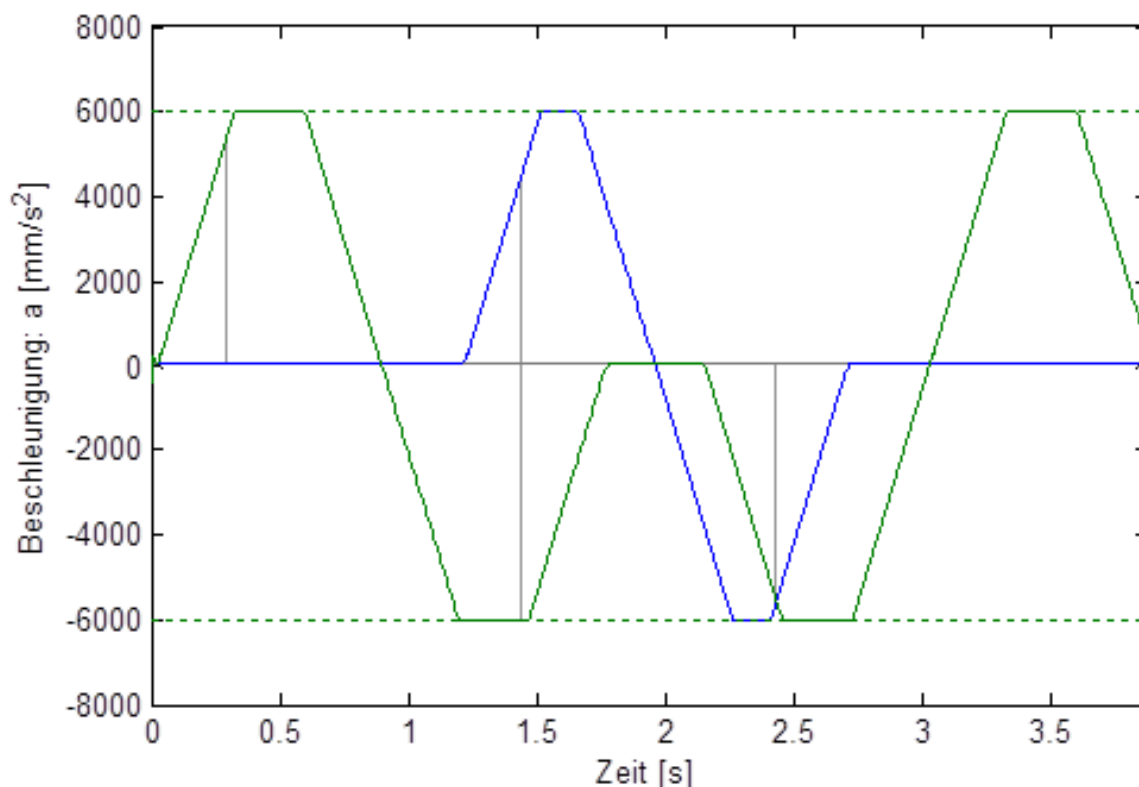
Dieses Verfahren ist für Handhabungsaufgaben geeignet, bei denen der Vorschub in der verrundeten Kontur nicht konstant sein muss. Die Überschleifkurve wird so gewählt, dass mindestens eine beteiligte Achse die zur Verfügung stehende Dynamik ausnutzt. Im Gegensatz zum dynamisch optimierten Überschleifen (DIST_SOFT) wird bei diesem Verfahren die ganze Kontur einbezogen. Folgende Abbildung zeigt eine typische Anwendung:



Die übergreifende Planung vermeidet unnötige Beschleunigungsnullstellen an den Satzgrenzen und berechnet somit gleichförmige Geschwindigkeitsprofile wie in der Abbildung unten dargestellt.



Um weitere Anregungen zu reduzieren, ändern sich Beschleunigungen mit konstantem Ruck. Dabei setzen die Beschleunigungsphasen bereits in den Geradenstücken vor und nach der verrundeten Kontur ein:



Die Eckenabweichung definiert den Abstand der verrundeten Kontur zum programmierten Eckpunkt.

Falls der Punkt, ab dem die Originalkontur verlassen werden darf, bekannt ist, kann der Anwender alternativ auch die Eckenabstände des Vor- und Nachsatzes, um welche die angrenzenden Bewegungssätze verkürzt werden sollen, direkt angeben. Die Eckenabstände werden so beschränkt, dass die vorgegebene minimal verbleibende Satzlänge nicht unterschritten wird.

Syntax der Parametrierung:

#CONTOUR MODE [PTP [PATH_DEV=..] [PATH_DIST=..] [MERGE=..] [<action>]]

PTP	Achsspezifisches Überschießen mit Angabe des Eckenabstandes [ab V3.1.3052.01]
PATH_DEV=..	Maximale Eckenabweichung von der programmierten Kontur in [mm, inch *]. Standardwert: 1 mm *bei aktivem P-CHAN-00439
PATH_DIST=..	Eckenabstand zum Vor- und Nachsatz (symmetrisch) in [mm, inch *], ab dem von der Originalkontur abgewichen werden darf. Die Angabe bezieht sich auf den Fahrweg der Vorschubachsen [ab V3.1.3079.16] . Standardwert : 1 mm *bei aktivem P-CHAN-00439
MERGE=..	Zusammenfassen tangentialer Sätze [ab V3.1.3079.16] mit. 0: Kein Zusammenfassen 1: Zusammenfassen (Standard)
<action>	Kennung für Ausführungszeitpunkt zusätzlicher Aktionen (M/H) mit: PRE_ACTION: Aktionen vor der Überschiefkurve. INTER_ACTION: Aktionen in der Überschiefkurve (Standard). POST_ACTION: Aktionen nach der Überschiefkurve.

HINWEIS**Das Verfahren ist nicht geeignet für:**

- Programme mit vielen kurzen Verfahrbewegungen (siehe auch HSC).
- Programme mit **Kreissätzen**, da eine automatische Abwahl des Verfahrens erfolgt.

HINWEIS

Voraussetzung für die Nutzung dieser Funktionalität ist die Parametrierung des Hochlaufparameters für jeden Kanal, in dem die Funktion verwendet werden soll.

Beispiel für die Einstellung in der Hochlaufliste :

```
configuration.channel[].path_preparation.function FCT_DEFAULT|FCT_PTP
```

Dynamisch optimiertes Überschleifen der gesamten Kontur

```
...
N100 #CONTOUR MODE [PTP PATH_DEV=5]
N110 G01 X100 G61
N120 G01 Y100
...
```

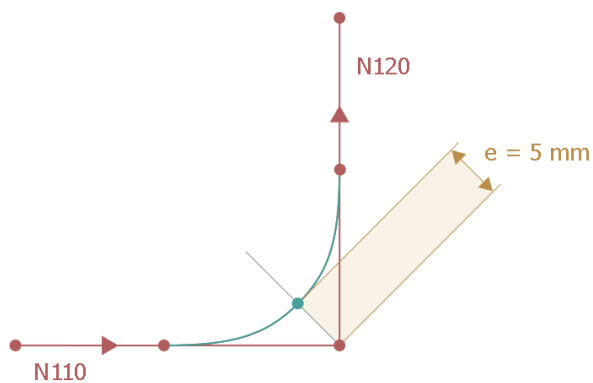


Abb. 20: Dyn. optimiertes Überschleifen der gesamten Kontur mit Angabe der Eckenabweichung

2.1.4 Beispiele

In nachfolgenden Beispielen soll der Einfluss der unterschiedlichen Ausgabe von M-Funktionen während des Überschleifens aufgezeigt werden.

```
N10 X0 Y0
N20 G91 G01 F6000
N30 #CONTOUR MODE [DEV PATH_DEV=10 POST_ACTION]

N40 X100 G61 M25      (MVS_SNS)
N50 Y100 F3000
N60 X100 G61 F6000
N70 G04 X2
N80 Y100
N90 X0 Y0

N100 X100 G61
N110 Y100 M26        (MVS_SVS)

N120 G04 X1
```

Ändern des Grenzwinkels während des Überschleifens:

```
#CONTOUR MODE [DEV PATH_DEV=0.50 RELEVANT_PATH=0.1 TRACK_DEV=2 RELEVANT_TRACK=0.2]
F10000

G261
N5 #CONTOUR MODE [MAX_ANGLE=3]
N10 G01 X0 Y0 Z0 G61
N15 #CONTOUR MODE [MAX_ANGLE=4]
N20 G01 X100 Y0 Z0
N25 #CONTOUR MODE [MAX_ANGLE=5]
N30 G01 X100 Y100 Z0
N35 #CONTOUR MODE [MAX_ANGLE=6]
N40 G01 X0 Y0 Z0 G61
G260
```

Ergebnis:

Überschleifen des Satzes N<i> findet immer mit dem Grenzwinkel des vorhergehenden Satzes N<i-5> statt.

Variation der Konturwinkel bei konstantem Grenzwinkel:

```
#CONTOUR MODE [DEV PATH_DEV=0.50 RELEVANT_PATH=0.1 TRACK_DEV=2 RELEVANT_TRACK=0.2]
#CONTOUR MODE [RELEVANT_TRACK=0.3]
P100 = 50
F10000

#CONTOUR MODE [MAX_ANGLE=73]
N10 G01 X-P100 Y0 Z0 C0 A0

$FOR P123 = 0, 90, 7.5
  N2 G01 X0 Y0 Z0 C0 A0 G61
  P1 = COS[P123]*P100
  P2 = SIN[P123]*P100
  NP123 XP1 YP2
  N100 G01 X-P100 Y0 Z0 C0 A0
$ENDFOR

$FOR P123 = 270, 370, 7.5
  N120 G01 X0 Y0 Z0 C0 A0 G61
  P1 = COS[P123]*P100
  P2 = SIN[P123]*P100
  NP123 XP1 YP2
  N400 G01 X-P100 Y0 Z0 C0 A0
$ENDFOR

M30
```

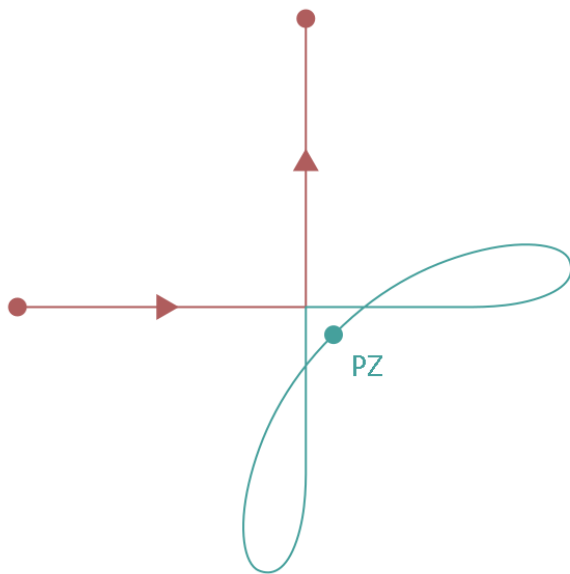
2.1.5 Anmerkungen

Werden nach Programmierung von G61 bzw. G261 (Überschleifen am Satzende) Achsen abgegeben oder geholt, so kann der Überschleifvorgang nicht ausgeführt werden.

Überschleifvorgang wird nicht ausgeführt

```
N10 G01 X100 Y0 Z0 F1000  
N20 G01 X50 Y50 G61  
N30 #PUT AX [Z] (Überschleifvorgang wird nicht ausgeführt)  
N40 G01 X100  
N50 M30
```

Der Kurvenverlauf beim Zwischenpunkt-Überschleifen hängt von der Wahl des Zwischenpunkts ab. Auch folgender Kurvenverlauf ist möglich:



2.2 Oberflächenbearbeitung mit Surface

Der HSC Surface Optimizer wurde entwickelt um gleichmäßige Bearbeitungsergebnisse unabhängig von der Punkteverteilung durch das CAM-System zu erreichen. Insbesondere die Dichte von Stützpunkten auf benachbarten Bearbeitungsbahnen kann bei einigen CAM-Systemen schwanken, was zu einem unregelmäßigen Bearbeitungsergebnis führen würde. In der nachfolgenden Abbildung ist ein solches Bearbeitungsergebnis dargestellt. Die beiden rot markierten Punkte fehlen auf einer der benachbarten Bearbeitungsbahnen. Dadurch entsteht bei einem nicht optimierten Glättungsverfahren eine andere Werkzeugbahn (blau) im Gegensatz zu den benachbarten Bahnen.

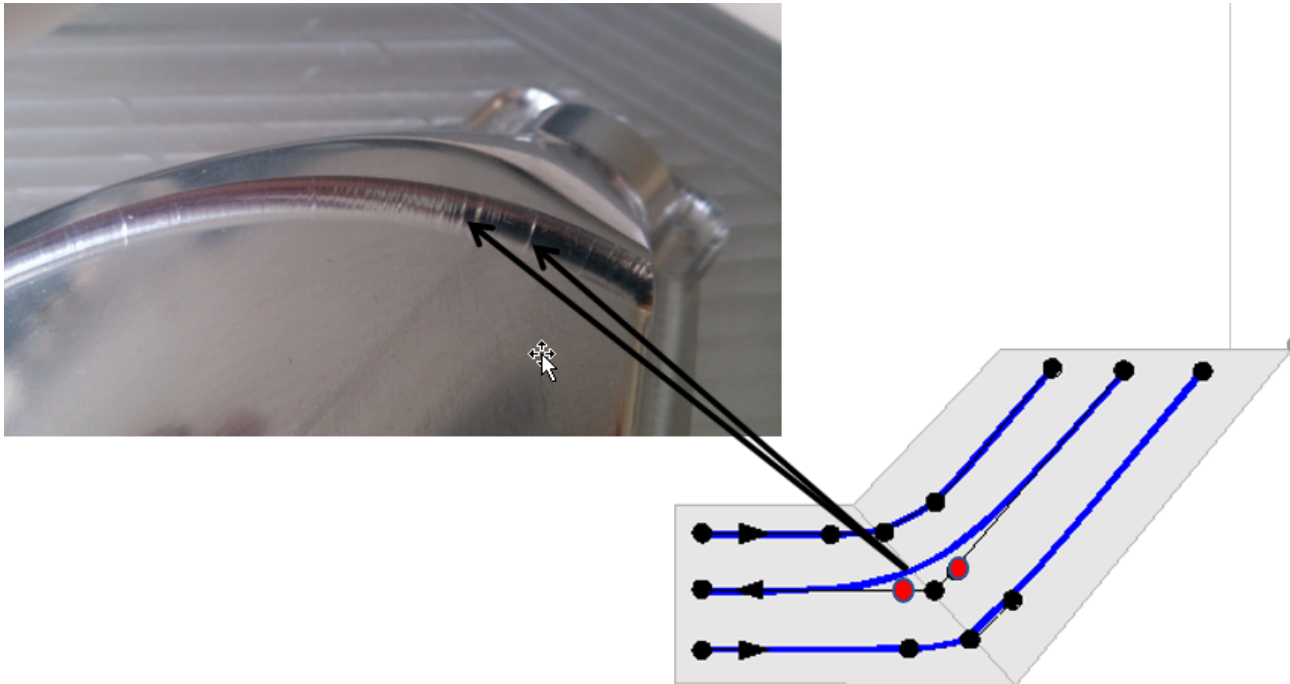


Abb. 21: Probleme in der Werkstückqualität aufgrund unregelmäßiger Punkteverteilung durch CAM-System.

Der HSC Surface Optimizer sorgt zusätzlich zu gleichmäßigen Bearbeitungsbahnen für eine hohen und möglichst konstanten Vorschub. Aufgrund der notwendigen Berechnungen erfordert die Verwendung des Surface Optimizers eine möglichst performante Steuerungshardware.

Programmierung

Syntax:

```
#HSC [ON | OFF] [[ SURFACE [PATH_DEV=..] [PATH_DEV_G00=..] [TRACK_DEV=..]
[TRACK_DEV_G00=..]
[ MAX_ANGLE=..] [CHECK_JERK=..] [AUTO_OFF_G00=..] [CIR_MODE=..]
[CIR_MIN_ANGLE=..] [CIR_MIN_RADIUS=..] [MERGE=..] [LENGTH_LONG_CIR=..] ] ]
```

ON	HSC-Bearbeitung aktivieren.
OFF	HSC-Bearbeitung deaktivieren.
SURFACE	Kennwort für die HSC-Bearbeitung mit Surface Optimizer. Muss immer als erstes Schlüsselwort programmiert sein!
PATH_DEV=..	Festlegung des maximalen Konturfehlers. > 0.0: Maximale Bahnabweichung in [mm, inch *] Standardwert: 0.2 mm



Erfahrungsgemäß sollte der Fehler auf das 2 bis 3-fache des bei der Erzeugung des NC-Programms im CAM-System festgelegten Sehnenfehlers eingestellt werden.

Während G0-Bewegungen befindet sich das Werkzeug nicht im Eingriff. Deshalb kann die Toleranz deutlich größer als PATH_DEV gewählt werden, ohne die Werkstückgenauigkeit zu verändern.

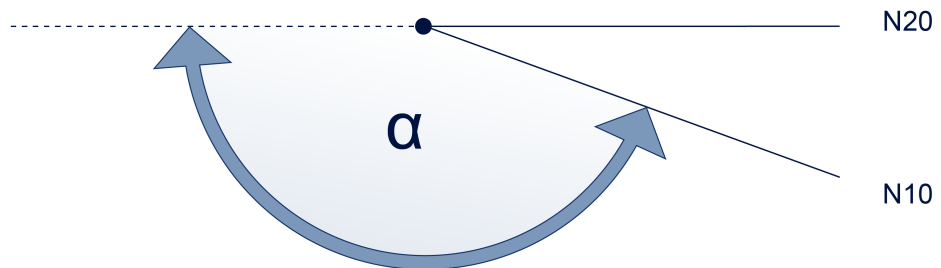
PATH_DEV_G00=..	Festlegung des maximalen Konturfehlers bei G0-G0-Übergängen. > 0.0: Maximale Bahnabweichung in [mm, inch *] Standardwert: Es gilt der Wert von PATH_DEV
TRACK_DEV=..	Festlegung des maximalen Orientierungsfehlers. >= 0.0: Maximale Bahnabweichung in [°] Standardwert: 2°
TRACK_DEV_G00=..	Festlegung des maximalen Orientierungsfehlers bei G0-G0-Übergängen. >= 0.0: Maximale Bahnabweichung in [°] Standardwert: Es gilt der Wert von TRACK_DEV



Wird ein Kugelfräser verwendet, kann der eingestellte Wert deutlich größer als PATH_DEV eingestellt werden (z.B. 10-fach).

Während G0-Bewegungen befindet sich das Werkzeug nicht im Eingriff. Deshalb kann die Toleranz deutlich größer als TRACK_DEV gewählt werden, ohne die Werkstückgenauigkeit zu verändern.

MAX_ANGLE=..	Festlegung des maximalen Konturknickwinkels in Grad für Übergänge zwischen zwei Linearsätzen bis zu dem das Verfahren angewendet wird. Ist der Winkel zwischen den beiden Linearsätzen größer, so erfolgt eine interne Abwahl des Verfahrens. >= 0.0: Maximaler Knickwinkel in [°] Standardwert: 160°
--------------	---



CHECK_JERK=..	Überwachung des Rucks, hervorgerufen durch die Krümmung des Polynoms (vgl. P-CHAN-00110). Dieser Parameter überschreibt die in der Kanalparameterliste durch P-CHAN-00110 (check_jerk_on_poly_path) vorgenommene Grundeinstellung. 0: Ohne Rucküberwachung 1: Rucküberwachung basierend auf der geom. Rampenzeit P-AXIS-00199. Evtl. wird hierdurch die Bahngeschwindigkeit reduziert. 2: Rucküberwachung basierend auf den Rampenzeiten P-AXIS-00195, P-AXIS-00198 des nichtlinearen Geschwindigkeitsprofils.
AUTO_OFF_G00=..	Automatische Abwahl der Optimierung bei G00-Sätzen 0: Keine implizite Abwahl aufgrund eines Eilgangsatzes (Standard) 1: Implizite Abwahl aufgrund eines Eilgangsatzes
CIR_MODE=..	Festlegung Überschleifen von Kreisbewegungen: 0: Kein Überschleifen von Kreissätzen G02/G03. 1: Überschleifen von Kreissätzen. (Standard) 2: Überschleifen von Kreissätzen und Optimierung von langen Kreissätzen

Verfügbar ab V3.1.3075.01

CIR_MIN_ANGLE=.. Festlegung des minimalen Kreisminkels
 Gültige Werte: ≥ 0.0 : Minimaler Kreisminkel in Grad
 Der minimale Kreisminkel bestimmt, ab welchem Kreisminkel Zirkularbewegungen durch das Verfahren mittels exakter Interpolation abgefahren werden. Kreissätze mit kleinerem überstrichenem Winkel werden durch eine Splinekurve für die schnellere Bearbeitung approximiert. (Standardwert = 30°)

CIR_MIN_RADIUS=.. Festlegung des minimalen Kreisradius
 Gültige Werte: ≥ 0.0 : Minimaler Kreisradius in [mm, inch *]
 Der minimale Kreisradius bestimmt, ab welchem Kreisradius Zirkularbewegungen durch das Verfahren mittels exakter Interpolation abgefahren werden. Kreissätze mit kleinerem Radius oder in der Größenordnung von PATH_DEV werden durch eine Splinekurve approximiert.

Verfügbar ab V3.1.3075.01

MERGE=.. Zusammenfassen der Sätze. Die max. Abweichung wird entsprechend der Werte aus PATH_DEV und TRACK_DEV bestimmt.
 0: Kein Zusammenfassen von Sätzen (Standard)
 1: Zusammenfassen von Sätzen

LENGTH_LONG_CIR=.. Mindestlänge der Kreissegmente für lange Kreissätze bei Verwendung von CIR_MODE= 2 in [mm, inch *]
 (Standardwert = 2)
 Verfügbar ab V3.1.3075.01
 *bei aktivem P-CHAN-00439

Standardwerte der Freiformflächenbearbeitung

PATH_DEV	0.2mm (Standardwert von PATH_DEV)
TRACK_DEV	2° (Standardwert von TRACK_DEV)
PATH_DEV_G00	PATH_DEV
TRACK_DEV_G00	TRACK_DEV
CIR_MODE	1
MAX_ANGLE	160°
CHECK_JERK	Es gilt der Kanalparameter P-CHAN-00110 (check_jerk_on_poly_path, Standardwert = 1)
AUTO_OFF_G00	0
CIR_MIN_ANGLE	30°
CIR_MIN_RADIUS	0.0
LENGTH_LONG_CIR	2mm



Die Parameter können auch in mehreren Schritten angegeben werden. Z.B. ist es möglich, zunächst die maximale Abweichung von der Kontur ("PATH_DEV ") anzugeben und in einem 2ten Befehl dann die Rücküberwachung ("CHECK_JERK") und die Anwahl der HSC-Surfaceinterpolation ("ON") festzulegen.



Bei Verwendung von #HSC[SURFACE] wird empfohlen, gleichzeitig für die Bahngeschwindigkeitsplanung den #SLOPE[TYPE=HSC] zu nutzen.

HINWEIS

Die Parametrierung kann während aktiver Glättung nicht geändert werden.

Voraussetzung für die Nutzung dieser Funktionalität ist die Parametrierung in der Hochlaufliste für jeden Kanal, in dem die Funktion verwendet werden soll.

Oberflächenbearbeitung mit Surface Optimizer

Beispiel für die Einstellung in der Hochlaufliste: configuration.channel[].path_preparation.function
FCT_DEFAULT|FCT_SURFACE

```
N20 G00 X0 Y0 Z0 F10000
;Parametrierung + Anwahl
N30 #HSC ON [SURFACE PATH_DEV=0.02 CHECK_JERK=0]
N40 X3 Y25
N50 15 Y15
N60 23 Y12
N70 X25 Y25
N80 X30 Y35
N90 X50 Y37.5
N100 X55 Y32.5
N110 X58 Y12
N120 X70 Y12
N130 X77.5 Y10
N140 X90 Y35
N150 X100 Y37.5
N160 #HSC OFF
N170 M30
```

Alternative Programmierung:

```
N20 G00 X0 Y0 Z0 F10000
N25 #HSC [SURFACE PATH_DEV=0.02 CHECK_JERK=0] ;Parametrierung
N30 #HSC ON ;Anwahl
N40 X3 Y25
N50 15 Y15
N60 23 Y12
N70 X25 Y25
N80 X30 Y35
N90 X50 Y37.5
N100 X55 Y32.5
N110 X58 Y12
N120 X70 Y12
N130 X77.5 Y10
N140 X90 Y35
N150 X100 Y37.5
N160 #HSC OFF
N170 M30
```

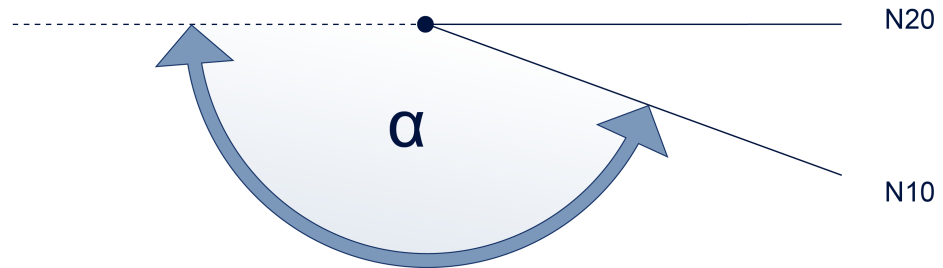
2.3 Besäumen einer Kontur mit B-Spline

Syntax:

```
#HSC [ON | OFF] [ BSPLINE [PATH_DEV=..] [TRACK_DEV=..] [MERGE=..] [AUTO_OFF_PATH=..]
[AUTO_OFF_TRACK=..] [AUTO_OFF_G00=..] [AUTO_OFF_G60=..]
[MAX_PATH_LENGTH=..] [MAX_ANGLE=..] ] ]
```

ON	HSC-Bearbeitung aktivieren.
OFF	HSC-Bearbeitung deaktivieren.
BSPLINE	Kennwort für die HSC-Bearbeitung mit BSPLINE. Muss immer als erstes Schlüsselwort programmiert sein!
PATH_DEV=..	Maximale Abweichung des B-Splines von der programmierten Bahnkontur in [mm, inch *]. Wird diese Abweichung überschritten, so wird der Spline automatisch abgewählt. Wird als maximale Abweichung 0 angegeben, so findet keine Überwachung der Bahnabweichung statt. Standardwert: 0.2 mm *bei aktivem P-CHAN-00439
TRACK_DEV=..	Maximale Abweichung der Mitschleppachsen in [°]. Wird als maximale Abweichung 0 angegeben, so findet keine Überwachung der Mitschleppachsen statt. Standardwert: 5°
MERGE=..	Zusammenfassen der Sätze. Die max. Abweichung wird entsprechend der Werte aus PATH_DEV und TRACK_DEV bestimmt. 0: Kein Zusammenfassen von Sätzen (Standard) 1: Zusammenfassen von Sätzen
AUTO_OFF_PATH=..	Automatische Satzunterteilung bei Überschreiten der programmierten B-Splineabweichung der Hauptachsen (PATH_DEV). 0: Keine Abwahl bei zu großer Abweichung (Standard), Satz wird unterteilt 1: Abwahl bei zu großer Abweichung
AUTO_OFF_TRACK=..	Automatische Satzunterteilung bei Überschreiten der programmierten B-Splineabweichung der Mitschleppachsen (TRACK_DEV). 0: Keine Abwahl bei zu großer Abweichung (Standard), Satz wird unterteilt 1: Abwahl bei zu großer Abweichung
AUTO_OFF_G00=..	Automatische Abwahl der B-Splineinterpolation bei G00-Sätzen. 0: Keine implizite Abwahl aufgrund eines Eilgangsatzes (Standard) 1: Implizite Abwahl aufgrund eines Eilgangsatzes
AUTO_OFF_G60=..	Automatische Abwahl der B-Splineinterpolation bei programmiertem Genauhalt G60 oder G360. 0: Keine implizite Abwahl aufgrund von Genauhalt (Standard) 1: Implizite Abwahl aufgrund von Genauhalt
MAX_PATH_LENGTH =..	Maximale Bahnlänge relevanter Sätze in [mm, inch *]. Sind Sätze länger als die angegebene Länge, so wird der B-Spline implizit abgewählt. Standardwert: 0 mm (implizite Abwahl aufgrund der Satzlänge findet nicht statt) *bei aktivem P-CHAN-00439

MAX_ANGLE=.. Maximaler Konturknickwinkel in [°] für Übergänge zwischen zwei Linearsätzen bis zu dem ein B-Spline eingefügt wird. Ist der Winkel zwischen den beiden Linearsätzen größer, so erfolgt eine interne Abwahl des B-Splines.
Standardwert: 160°



Die Programmierung der Kontrollpunkte erfolgt mit Linearsätzen (G00 und G01), deren Zielpunkte als Kontrollpunkte dienen. Es ist zu beachten, dass die Kurve nur am Anfang und am Ende sicher durch die Kontrollpunkte hindurch verläuft.



Die Parameter können auch in mehreren Schritten angegeben werden. Das heißt, es ist z.B. möglich, zunächst die maximale Abweichung von der Kontur ("PATH_DEV ") anzugeben und in einem zweiten Befehl dann die maximale Bahnlänge ("MAX_PATH_LENGTH ") und die Anzahl der B-Splineinterpolation ("ON") festzulegen.

HINWEIS

Die Parametrierung kann während aktiver B-Splineinterpolation nicht geändert werden.

Besäumen einer Kontur

Die Splinekurve basiert auf den Kontrollpunkten N40 - N155, wobei die Splinekurve nur bei N20 und N150 direkt hindurch verläuft.

```
N20 G00 X0 Y0 Z0 F10000
N30 #HSC ON [BSPLINE PATH_DEV=0.2 MERGE=1 ...] Parametrierung + Anwahl
N40 X3 Y25
N50 X15 Y15
N60 X23 Y12
N70 X25 Y25
N80 X30 Y35
N90 X50 Y37.5
N100 X55 Y32.5
N110 X58 Y12
N120 X70 Y12
N130 X77.5 Y10
N140 X90 Y35
N150 X100 Y37.5
N160 #HSC OFF
N170 M30
```

... oder auch

```
N20 G00 X0 Y0 Z0 F10000
N25 #HSC [BSPLINE PATH_DEV=0.2 MERGE=1 ...] Parametrierung
N30 #HSC ON Anwahl
N40 X3 Y25
N50 X15 Y15
N60 X23 Y12
N70 X25 Y25
N80 X30 Y35
N90 X50 Y37.5
N100 X55 Y32.5
N110 X58 Y12
N120 X70 Y12
N130 X77.5 Y10
N140 X90 Y35
N150 X100 Y37.5
N160 #HSC OFF Abwahl
N170 M30
```

2.4 Profilgenerator (Slope)

Bei NC-Programmen aus längeren Bewegungssätzen, für die sich #CONTOUR MODE-Verfahren eignen, bieten sich die Generatoren mit TRAPEZ- oder SIN2-förmigen Beschleunigungsprofilen an. Sehr steife Maschinen lassen sich gegebenenfalls mit STEP-Profilen betreiben.

Für NC-Programme aus vielen kurzen Sätzen, welche mit den HSC-Verfahren Surface und B-Spline geglättet werden, eignet sich der HSC-Profilgenerator, der Beschleunigungen über mehrere Sätze hinweg gleichmäßig auf- und abbaut, wie in den unteren Abbildungen. Die Anzahl der gepufferten Sätze im Profilgenerator lässt sich mit P-STUP-00071 einstellen. Falls es die Hardware zulässt, wird empfohlen die Ruck-Ausnutzung zu optimieren, mittels der NO_OPT-Option Null [► 46] [PROG] oder beim Hochlauf über FCT_LOOK_AHEAD_OPT [MDS-CHAN].

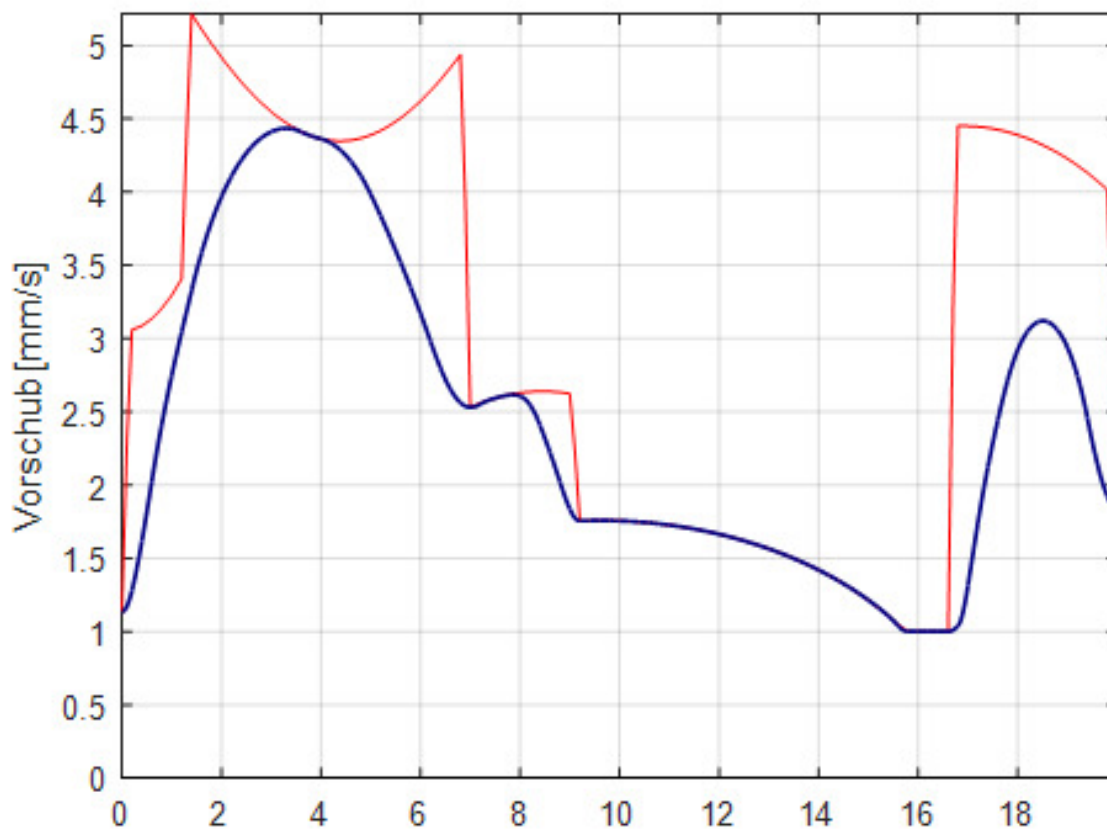


Abb. 22: Vorschub und Beschleunigung in Programmen aus langen Sätzen

Blau: Bahngeschwindigkeit, rot: Maximal erlaubte Bahngeschwindigkeit

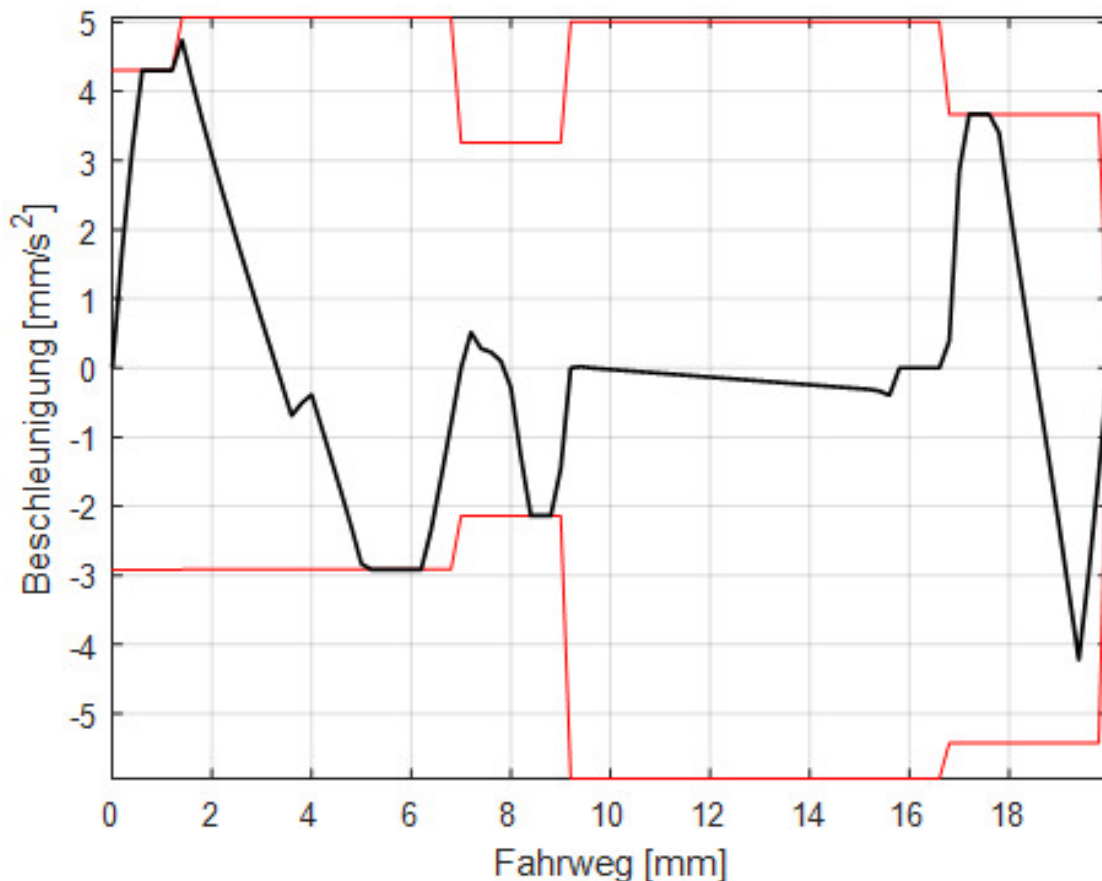


Abb. 23: Vorschub und Beschleunigung in Programmen aus vielen kurzen Sätzen

Schwarz: Bahnbeschleunigung, rot: Grenzwert der Bahnbeschleunigung

2.4.1 Wahl des Betriebsmodus (#SLOPE, #SLOPE DEFAULT)



Ab Version **V2.11.2010.02** ersetzt der Befehl **#SLOPE [...]** den Befehl **#SET SLOPE PROFIL [...]**. Dieser ist aus Kompatibilitätsgründen weiterhin verfügbar, es wird aber empfohlen, diesen in neuen NC-Programmen nicht mehr zu verwenden.

Syntax:

```
#SLOPE [ TYPE=<ident> [ NO_OPT=.. ] ]
```

TYPE<ident>

Art des Beschleunigungsprofils. Zulässige Kennungen:

STEP: sprungförmiges Beschleunigungsprofil (Grundzustand, lineares Profil)

TRAPEZ: trapezförmiges Beschleunigungsprofil

SIN2: sinusquadratförmiges Beschleunigungsprofil

HSC: HSC-Slope, empfohlen für "Erweiterte HSC-Programmierung" *

NO_OPT=..

Schalten der optimierten Ruckausnutzung:

0: Optimierte Ruckausnutzung ist wirksam. Dadurch kann die Bearbeitungszeit verkürzt werden, es ist jedoch ein höherer Rechenaufwand erforderlich. Es muss geprüft werden, ob die vorhandene Steuerungshardware geeignet ist.

1: Optimierte Ruckausnutzung ist **nicht** wirksam (Grundzustand).



* Die Nutzung dieser Funktionalität zur Anwahl des Profiltyps HSC-Slope erfordert die Lizenzierung des Erweiterungspaketes "HSC". Sie ist nicht im Umfang der Standardlizenz enthalten.



Die spezifische Anpassung der Gewichtungswirkung von Rampenzeit (G132/G133) bzw. Beschleunigung (G130/G131) wird durch #SLOPE [...] nicht mehr unterstützt. Die Gewichtungen wirken immer auf alle Rampenzeiten bzw. Beschleunigungen (Grundzustand).

Syntax:

#SLOPE DEFAULT

Die Programmierung von #SLOPE DEFAULT stellt den Grundzustand (wie nach Hochlauf) wieder her, d.h. es wird der Slopetyp aus dem Kanalparametersatz P-CHAN-00071 gesetzt.

Der Grundzustand wird bei jedem Programmstart und bei jedem Handsatz hergestellt.

Wahl des Betriebsmodus

```

N10 G01 X50 Y10 Z0 F1000      (sprungförmiges Beschl.profil, Default)
N20 #SLOPE [TYPE=TRAPEZ]      (trapezförmiges Beschl.profil)
N30 X10 Y30
N40 #SLOPE [TYPE=SIN2]        (sinusquadratförmiges Beschl.profil)
N50 X15
N60 Y50
N70 M30

```

Auf der programmierten Bahn ergibt sich folgender Geschwindigkeitsverlauf:

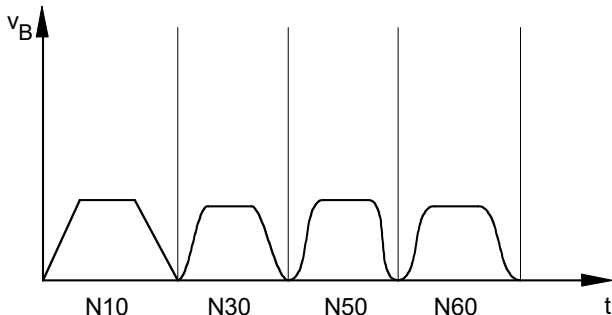


Abb. 24: Geschwindigkeitsverlauf auf der programmierten Bahn.

2.4.2 Beeinflussung der dynamischen Kenngrößen

Bei Bedarf können die achsspezifischen Kenngrößen zu kleineren und größeren Werten hin bis zur maximal zulässigen Beschleunigung beeinflusst werden. Es können auch die von der NC berechneten Bahnkenngrößen über NC-Programmierung zu kleineren Werten hin verändert werden. Dadurch können kritische Beschleunigungsvorgänge innerhalb des NC-Programms, die Einfluss auf die Konturgenauigkeit haben, vermieden werden.

Beispiele für Gewichtungen von Achsbeschleunigungen und Rampenzeiten im NC-Program:

```

N10 G130 X50 Y75 Z75
N20 G132 X75 Y75 Z75

```

N10: Die verwendete Achsbeschleunigung der X Achse wird auf 50 % reduziert, Y und Z Achse auf 75%.
 N20: Die verwendete Rampenzeit von X, Y, Z-Achse wird auf 75 % reduziert.

Sollen alle Achsen gewichtet werden, können auch die G Funktionen G131 und G133 verwendet werden.

```

N10 G131 50
N20 G133 50

```

N10: Die verwendete Achsbeschleunigung aller Achsen wird auf 50 % reduziert.
 N20: Die verwendete Rampenzeit aller Achsen wird auf 50 % reduziert.

Die vom Look-Ahead berechneten Bahnbeschleunigungen oder Geschwindigkeiten lassen sich über die Befehle #VECTOR LIMIT ON [ACC..] und #VECTOR LIMIT ON [VEL..] begrenzen, wobei die Grenzwerte entweder explizit programmiert oder der kanalspezifischen Liste entnommen werden.

2.4.3 FAQ Geschwindigkeitsschwankungen

Einflussfaktoren

Generell hängen Bearbeitungsgeschwindigkeiten und damit Fertigungszeiten von folgenden Faktoren ab:

- Datendurchsatz abhängig von Zykluszeiten der Prozesse in der NC-Steuerung
- Fahrweg der Bewegungssätze
- Maximale Geschwindigkeiten und Beschleunigungen der Achsen
- Typ des Profil-Generators (Slope)
- Konturverlauf: Krümmungen und harmonische Verteilung der programmierten Positionen.

- Kartesische Transformationen im Werkzeug-Koordinatensystem sowie Kinematik

Dynamik

Es kann generell gesagt werden, dass sich hohe zulässige Beschleunigungen und kleine Rampenzeiten günstig auf die maximal mögliche Bahngeschwindigkeit auswirken. Eine Liste mit den durch die CNC verwendeten dynamischen Kenngrößen ist im Kapitel [Parameter](#) [► 58] dargestellt.

Datendurchsatz

Damit eine programmierte Bahngeschwindigkeit gefahren werden kann, sind zusätzlich folgende Einflussgrößen zu prüfen:

- Buffergröße Interpolator
- Benötigte Satzanzahl/Zyklus

Die Buffergröße legt den Bremsweg und damit die theoretisch maximal erreichbare Geschwindigkeit fest. Bei der nichtlinearen Slope-Funktion ist der Bremsweg grundsätzlich länger, daher wird hier für das Erreichen der gleichen Bahngeschwindigkeit ein größerer Buffer und Sätze pro Zyklus benötigt.

Die im eingeschwungenen Fall benötigte Satzanzahl/Zyklus kann aus der Vorschubgeschwindigkeit und der Zykluszeit abgeschätzt werden. Z.B. werden bei $F=10\text{m/min}$ und einer Zykluszeit von 5ms pro Zyklus mindestens Fahrwege von 0.84mm pro Abtastintervall benötigt.

Diese Parameter sind durch den Maschinenhersteller vorgegeben und können durch den Anwender nicht beeinflusst werden.

Konturverlauf und Krümmung

Durch die Genauigkeitsanforderungen an das Werkstück sind die Parameter durch das CAD/CAM-System vorgegeben. Ein Werkstück mit starker Konturkrümmung führt generell zu relativ kurzen Bewegungssätzen und niedriger Geschwindigkeit. Bei stark wechselnder Konturkrümmung lassen sich Geschwindigkeitsschwankungen bei hoch programmiertem Bahnvorschub nicht vermeiden.

Wichtig ist, dass der Stützpunktverlauf besonders bei kurzen NC-Sätzen harmonisch ist, d.h. die Schwankungsbreite der Relativfahrwege der einzelnen Achsen bezogen auf den Raumfahrweg aufeinanderfolgender Sätze möglichst klein ist (Abtasten durch CAD/CAM System). Ansonsten kann nicht mit konstanter Bahngeschwindigkeit gefahren werden, da aufgrund der sich ergebenden Krümmungen und Krümmungsänderungen eine Reduzierung der Bahngeschwindigkeit durch die CNC erfolgt.

Durch den B-Spline kann man eine gewisse Glättung von „verrauschten“ Stützpunkten erreichen.

Dennoch sind die sich ergebenden Bahngeschwindigkeitsprofile nicht optimal und die Achsgeschwindigkeiten schwanken abhängig von den Bewegungsanteilen der Einzelachsen stark. Hier empfiehlt sich der Einsatz eines geeigneten Glättungsalgorithmus im CAD/CAM- System.

2.5 Filterprogrammierung (#FILTER)



Die Verfügbarkeit dieser Funktionalität ist von der Konfiguration und dem Versionsumfang abhängig.

Um bei der Freiformflächenbearbeitung eine gute Oberflächengüte zu erreichen, muss die Anregung von Maschinenschwingungen so weit wie möglich vermieden werden.

FIR-Achsfiler (Finite-Impulse-Response-Filter) bieten dem Anwender die Möglichkeit, die Achssollwerte für die Antriebe zusätzlich zu glätten und somit Anregungen der Maschine weiter zu minimieren.

Voraussetzung für die Nutzung eines FIR-Filters über den #FILTER Befehl ist ein konfigurierter Filtertyp (P-AXIS-00586) der entsprechenden Achsen.



Diese Funktionalität ist Bestandteil einer lizenzpflichtigen Zusatzoption.

Syntax:

```
#FILTER [ON | OFF] [ORDER=.. ORDER_TIME=.. SHARE=.. AX_DEV=.. FCUT=.. ACC_FACT=.. QUALITY=.. ]
```

ON	FIR-Filter aktivieren.
OFF	FIR-Filter deaktivieren.
ORDER=..	Angabe der Filterordnung.
ORDER_TIME=..	Angabe der Filterordnung über der Zeit in [µs]
SHARE=..	Festlegen des Wirkungsgrads (analog zu P-AXIS-00590) des Filters in [%] Wertebereich 0 – 100 Standardwert = 100
AX_DEV=..	Angabe der Toleranz für Toleranzüberwachung in [mm, inch *]. Standardwert = 0 (keine Toleranzüberwachung). *bei aktivem P-CHAN-00439
FCUT=..	Angabe der Grenzfrequenz (analog zu(P-AXIS-00585) des Filters in [Hz] Standardwert = 30
ACC_FACT=..	Erhöhen der Bahngeschwindigkeit an Satzübergängen bei aktivem FIR-Filter. Je größer der Wert eingestellt wird, desto weniger wird die Geschwindigkeit am Satzübergang reduziert. Voraussetzung ist eine gültige Einstellung von P-AXIS-00013 (a_trans_weight) der Achsen Wertebereich = 1.0 – 10.0 Standardwert =: 1.0
QUALITY=..	Filtergüte- Angabe zur Breite der Filterkern-Kurve Wertebereich: 0 < QUALITY <= 1 Standardwert = 1.0 Parameter verfügbar ab V3.1.3075.04



Mit dem Befehl #FILTER ON/OFF werden alle FIR-Filter der im Kanal vorhandenen Achsen aktiviert bzw. deaktiviert.

Es ist möglich, FIR-Filter auf allen Achsen zu nutzen. Durch die achsspezifische Konfiguration über die Achslisten ist es außerdem möglich, unterschiedliche Filter je Achse zu verwenden.

Die FIR-Filter können über das NC-Programm während der Bearbeitung global über alle Achsen an- und ausgeschaltet sowie umparametriert werden (siehe Programmierbeispiel).



Die Toleranzüberwachung kann nur im NC-Programm konfiguriert und aktiviert werden.

Mit dem Parameter AX_DEV wird die Toleranzüberwachung programmiert. Sie stellt sicher, dass jede Achse innerhalb der vorgegebenen Toleranz [mm, inch] bleibt.

Die Toleranzüberwachung überwacht immer alle Achsen und kann daher nur global über das NC-Programm gesteuert werden.

Die Toleranzüberwachung ist nur aktiv wenn AX_DEV mit einer entsprechenden Toleranz vorgegeben ist.

Weitere Informationen unter [FCT-C37//Beschreibung]

Dieser Befehl ersetzt den bisher verfügbaren #FILTER ON [HSC] Befehl.

2.6 Weitere HSC-Verfahren mit Akima-Spline, OP1 und OP2

Neben den empfohlenen Standard-Verfahren gibt es eine Reihe weiterer Methoden, wie die

- Interpolation mit dem Akima-Spline [PROG],
- die direkte Programmierung von B-Spline-Kontrollpunkten [PROG] durch Linearsätze und
- ältere HSC-Funktionen mit OP1 und OP2 [PROG].

3 Anwendungen mit Programmierbeispielen

Folgende dynamische Kenngrößen / Parameter liegen den Beispielen zugrunde:

	a (G01)	Max. Beschleunigung	Max. Geschwindigkeit	Rampenzeit
translatorische Achsen	2000 mm/s ²	6000 mm/s ²	1000 mm/s	150ms
rotatorische Achsen	2000 mm/s ²	2000 mm/s ²	120 mm/s	60ms
Zykluszeit		4ms		
Slope Profiltyp		HSC		

3.1 2.5D Bearbeitung

3.1.1 Surface und 2.5D Bearbeitung

Surface

Im nachfolgenden Testprogramm wird ein Kreis mit Radius 80 mm über 64 Stützpunkte angenähert. Im 1. Durchlauf wird die Splinefunktion deaktiviert und die Linearsätze interpoliert. Beim 2. Durchlauf wird die Splinefunktion aktiviert. Die An- und Abfahrfsätze sind so programmiert, dass jeweils tangential in die abgetastete ideale Kreiskontur eingefahren wird.

```
%L uprg_secant
N01 #AKIMA TRANS[START=TANGENTIAL END=TANGENTIAL]
N01 P5 = 80          ( Radius )
N02 P3 = 64          ( Anzahl Stützpunkte )
N03 P4 = 360/P3      ( Winkelstufung )
N04 G01 X-P5 F20
N05 X0
N06 G151             ( Anwahl Spline )
N07 $FOR P1=1, P3, 1
N08 P2=P1*P4 F20
N09 X=P5*SIN[P2] Y=P5*[1.0-COS[P2]] ( Berechnung Sekantenstützpunkte )
N10 $ENDFOR
N11 G150             ( Abwahl Spline )
N12 XP5
M29

%L uprg_cir
N01 P5 = 80          ( Radius )
N02 G01 X-P5 Y0 F20
N03 X0
N04 G03 JP5
N05 G01 XP5
M29

%Main
N100 LL uprg_secant
N200 LL uprg_cir
M30
```

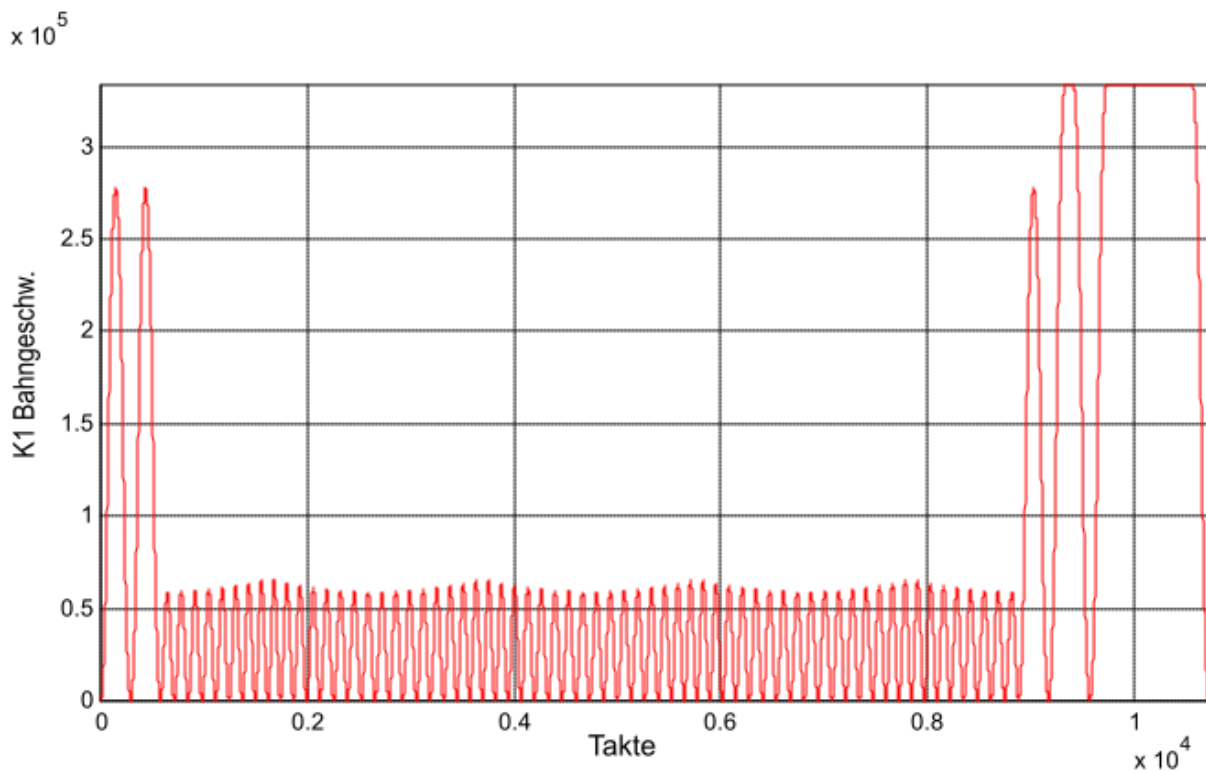


Abb. 25: Bahnvorschub bei Interpolation der Sekantenkontur (64 Stützpunkte)

Der Bahnvorschub schwankt relativ stark, da der nichtlineare Slope an den Knickstellen der Linearsätze die Geschwindigkeit auf 0 reduziert.

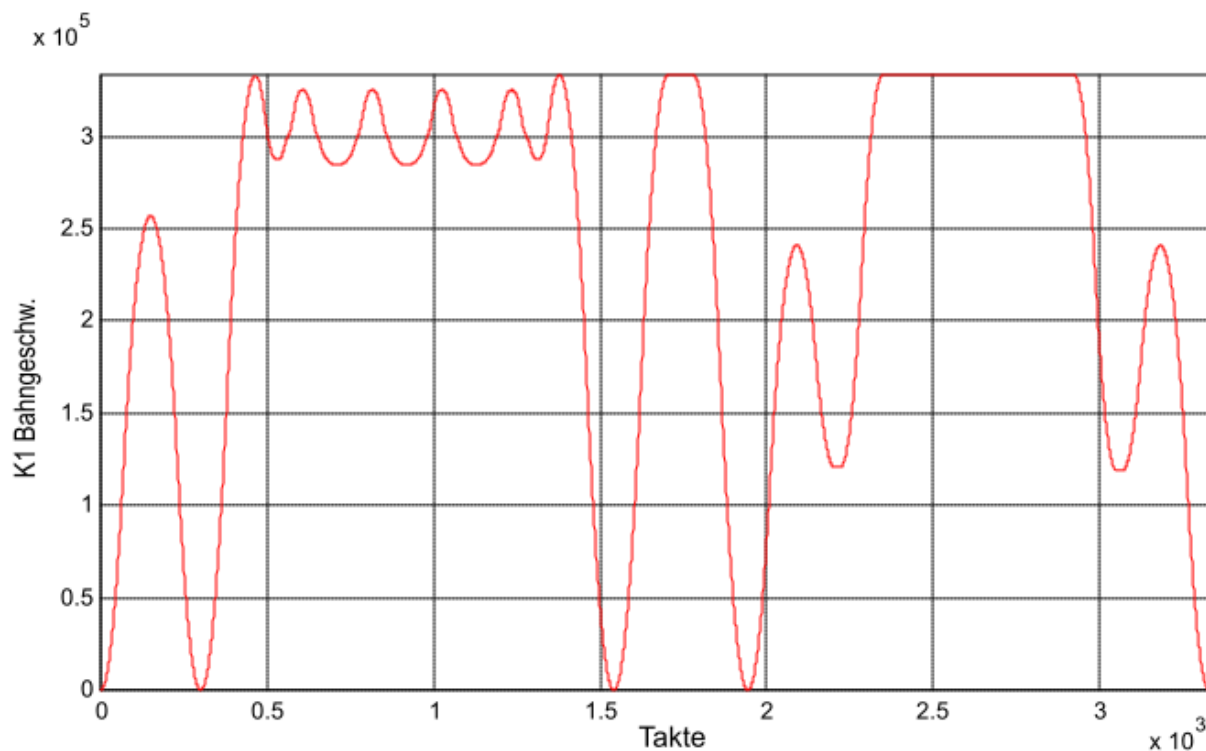


Abb. 26: Bahnvorschub bei Interpolation der Splinekurven (64 Stützpunkte)

Bei Verwendung der Splinefunktion sinkt die Interpolationszeit in dem angenäherten Kreis etwa auf 1/10 des Wertes bei linearer Interpolation; der programmierte Bahnvorschub wird erreicht.

3.2 Beispiele Fünfachsbearbeitung

3.2.1 SURFACE und Fünfachsbearbeitung

Surface

Zusätzlich zur Bewegung in der x-y Ebene wird im folgenden Programm das Werkzeug eines 5-Achskopfes normal zu einer Kreissekantenkontur geführt.

```
%L uprg_secant
N010 #HSC ON[SURFACE PATH_DEV 0.1]
N020 #SLOPE [TYPE=HSC]
N030 P5 = 80 ( Radius )
N040 P3 = 64 ( Anzahl Stützpunkte )
N050 P4 = 360/P3 ( Winkelstufung )
N060 G01 X-P5 F20
N070 X0
N080 $FOR P1=1, P3, 1
N090 P2=P1*P4 F20
N100 X=P5*SIN[P2] Y=P5*[1.0-COS[P2]] C[-90+P2]
N110 $ENDFOR
N120 XP5
N130 M29

%Main
N140 #KIN ID[9]
N150 #TRAFO ON
N160 A90 C-90
N170 LL uprg_secant
N180 #TRAFO OFF
N190 M30
```

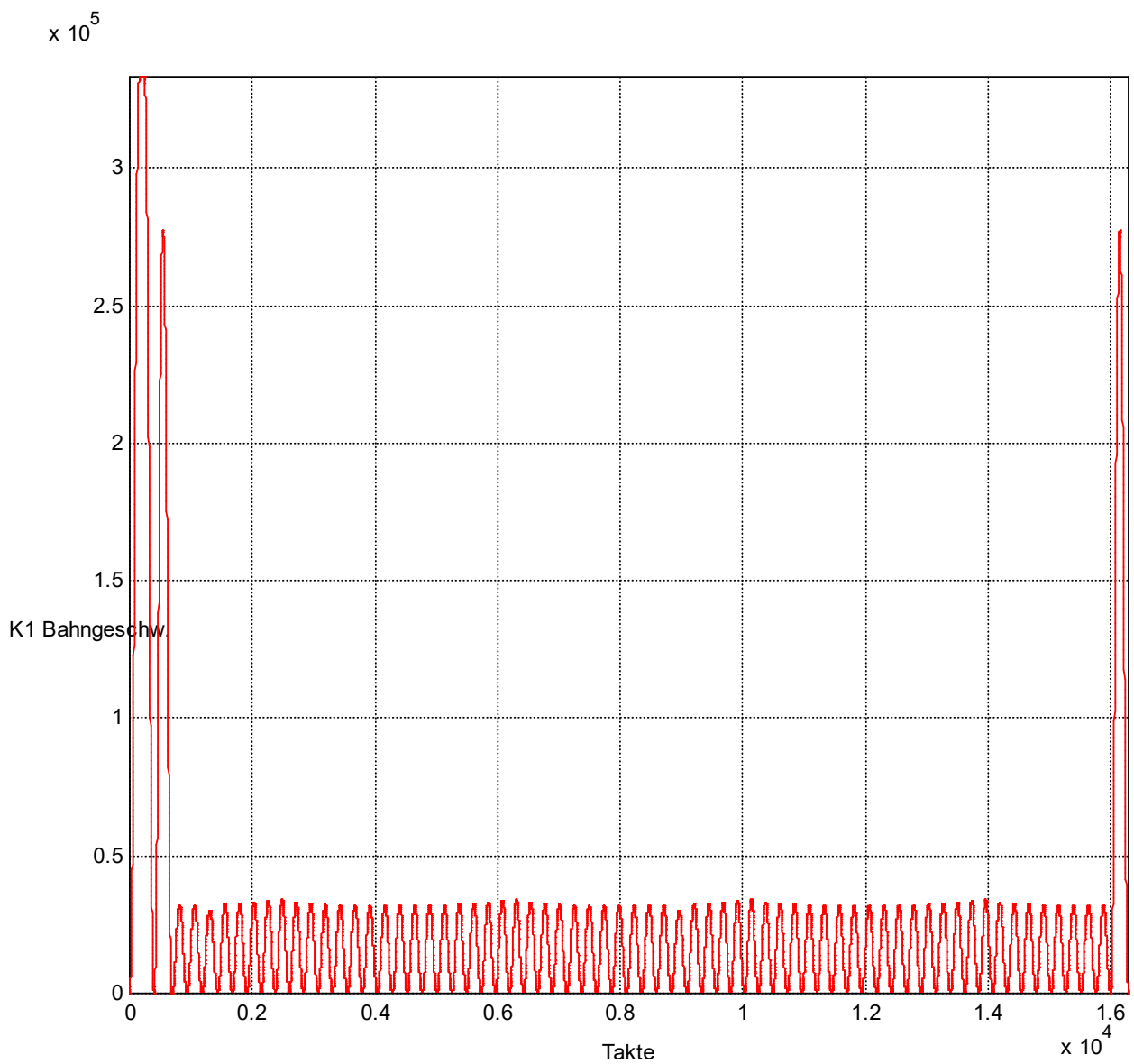


Abb. 27: Bahngeschwindigkeit bei Linearsätzen mit senkrecht orientiertem Werkzeug

Der Vorschub schwankt aufgrund der Unstetigkeit in der rotatorischen Achse sehr stark.

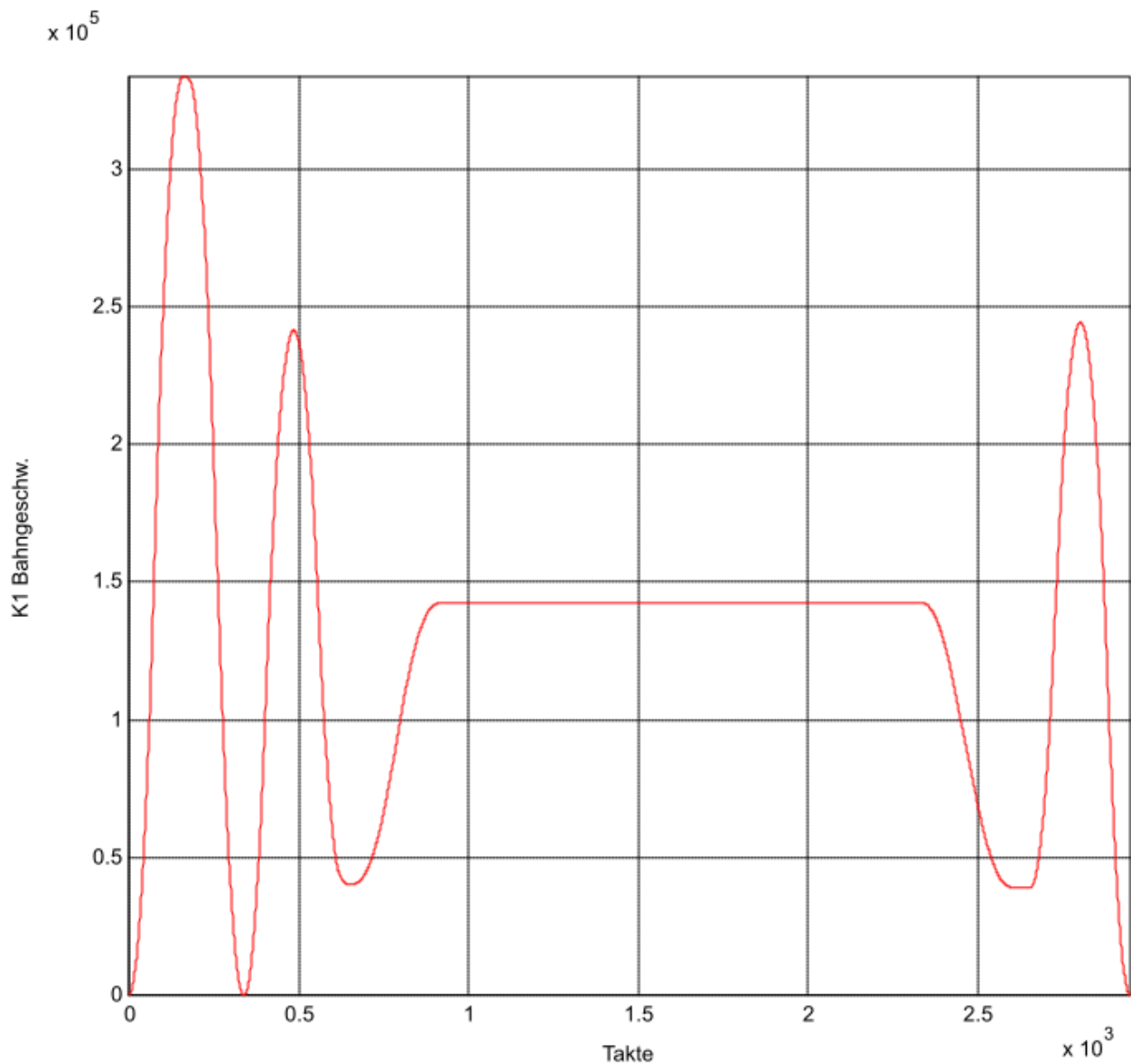


Abb. 28: Bahngeschwindigkeit bei Splinekurve mit senkrecht orientiertem Werkzeug

Bei aktiver Splinefunktion ist die Bahngeschwindigkeit konstant. Die programmierte Bahngeschwindigkeit kann aufgrund der begrenzten Rotationsgeschwindigkeit der Orientierungsachse nicht erreicht werden. Da sich zusätzlich dazu der Bewegungsanteil der Rotationsachse aufgrund der konstanten Konturkrümmung nicht ändert, kann auch das Geschwindigkeitsniveau auf der Bahn konstant gehalten werden.

4 Parameter

4.1 Übersicht

Allgemeine dynamische Kenngrößen

ID	Parameter	Beschreibung
P-AXIS-00008	a_max	Maximal zulässige Achsbeschleunigung
P-AXIS-00209	vb_eilgang	Eilganggeschwindigkeit
P-AXIS-00212	vb_max	Maximal zulässige Achsgeschwindigkeit

Kenngrößen und Steuerflags für nichtlineare Slopefunktion

ID	Parameter	Beschreibung
P-AXIS-00001	a_beschl	a bei Beschleunigung
P-AXIS-00002	a_brems	a beim Bremsen
P-AXIS-00004	a_grenz	Eilgangbeschleunigung
P-AXIS-00013	a_trans_weight	Gewichtung Beschleunigung am Satzübergang
P-AXIS-00154	r_trans_weight	Gewichtung Ruck am Satzübergang
P-AXIS-00195	tr_beschl_ab	Rampenzeit beim Abbau der Beschleunigung
P-AXIS-00196	tr_beschl_zu	Rampenzeit beim Aufbau der Beschleunigung
P-AXIS-00197	tr_brems_ab	Rampenzeit beim Abbau Bremsen
P-AXIS-00198	tr_brems_zu	Rampenzeit beim Aufbau Bremsen
P-AXIS-00199	tr_geom	Rampenzeit für gekrümmte Konturen
P-AXIS-00200	tr_grenz	Eilgangrampenzeit

ID	Parameter	Beschreibung
P-CHAN-00009	corr_v_trans_jerk	Aktivierung Ruckbegrenzung an tangentialen Satzübergängen

Kenngrößen für lineare Slopefunktion

ID	Parameter	Beschreibung
P-AXIS-00005	a_grenz_stufe_1	Eilgangbeschleunigung Stufe 1
P-AXIS-00006	a_grenz_stufe_2	Eilgangbeschleunigung Stufe 2
P-AXIS-00011	a_stufe_1	Beschleunigung Stufe 1
P-AXIS-00012	a_stufe_2	Beschleunigung Stufe 2
P-AXIS-00211	vb_grenz_stufe_1_2	Eilgangumschaltgeschwindigkeit Stufe 1 -> Stufe 2
P-AXIS-00221	vb_stufe_1_2	Umschaltgeschwindigkeit Stufe 1 -> Stufe 2

Vorbelegung bahnspezifischer Kenngrößen (Option)

Die folgenden Parameter sind in Verbindung mit den bahnspezifischen Befehlen wirksam.

ID	Parameter	Beschreibung
P-CHAN-00002	acceleration	Maximal zulässige Raumbeschleunigung
P-CHAN-00090	velocity	Maximal zulässige Raumgeschwindigkeit

Wirkung des Override

ID	Parameter	Beschreibung
P-CHAN-00066	override_weight_prog_feed	Steuerflag für Wirkungsweise des Override

Standardbelegung Beschleunigungsprofil

ID	Parameter	Beschreibung
P-CHAN-00071	profile	Slopetyp 0: Sprungförmiges Beschleunigungsprofil (Default) 1: Trapezförmiges Beschleunigungsprofil 2: Sinusquadratförmiges Beschleunigungsprofil 3: Trapezförmiges HSC-Beschleunigungsprofil

Polynomen bei interner B-Splineabwahl

ID	Parameter	Beschreibung
P-CHAN-00239	hsc.bspline.auto_contour_mode	Automatisches Einfügen von Polynomen bei interner B-Splineabwahl

Aktivierung von Funktionalitäten beim Hochlauf

ID	Parameter	Beschreibung
P-CHAN-00605	configuration.path_preparation.fct_enable	Bedingte Aktivierung der Funktionalitäten

4.2 Beschreibung

4.2.1 Achsparameter

P-AXIS-00001	Beschleunigung bei Bearbeitungsvorschub (Nichtlinearer Slope)	
Beschreibung	Der Parameter stellt die Achsbeschleunigung bei konstanter Geschwindigkeitszunahme dar.	
Parameter	getriebe[i].slope_profil.a_beschl	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	$1 \leq a_beschl \leq P-AXIS-00008$	
Achstypen	T, R	
Dimension	T: mm/s ²	R,S: °/s ²
Standardwert	1000	
Antriebstypen	----	
Anmerkungen	Die Beschleunigungsrampen können im NC-Programm verändert werden. Die entsprechenden NC-Befehle sind in [PROG//G130/G131] näher beschrieben.	

P-AXIS-00002	Verzögerung bei Bearbeitungsvorschub (Nichtlinearer Slope)	
Beschreibung	Der Parameter stellt die Achsbeschleunigung bei konstanter Geschwindigkeitsabnahme dar.	
Parameter	getriebe[i].slope_profil.a_brems	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	$1 \leq a_brems \leq P-AXIS-00008$	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: mm/s ²	R,S: °/s ²
Standardwert	1000	
Antriebstypen	----	
Anmerkungen	Die Beschleunigungsrampen können im NC-Programm verändert werden. Die entsprechenden NC-Befehle sind in [PROG//G130/G131] näher beschrieben.	

P-AXIS-00004	Beschleunigung im Eilgang (Nichtlinearer Slope)	
Beschreibung	Dieser Beschleunigungsparameter ist bei Eilgangbewegungen (G00) beim Bremsen und Beschleunigen wirksam.	
Parameter	getriebe[i].slope_profil.a_grenz	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	$1 \leq a_grenz \leq P-AXIS-00008$	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: mm/s ²	R,S: °/s ²
Standardwert	1000	
Antriebstypen	----	
Anmerkungen	Die Beschleunigungsrampen können im NC-Programm verändert werden. Die entsprechenden NC-Befehle sind in [PROG//G231] näher beschrieben.	

P-AXIS-00005	Beschleunigung der Stufe 1 im Eilgang (Linearer Slope)	
Beschreibung	Der Parameter definiert die Beschleunigung der Stufe 1 im Eilgang (G00). Für die Positionierung im Eilgang (G00) werden häufig steilere Rampen als für die Werkstückbearbeitung (z.B. G01, G02, G03) gewählt.	
Parameter	getriebe[i].lslope_profil.a_grenz_stufe_1	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	$1 \leq a_grenz_stufe_1 \leq P-AXIS-00008$	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: mm/s ²	R,S: °/s ²
Standardwert	1000	
Antriebstypen	----	
Anmerkungen	Diese Grenzbeschleunigung wird in der Regel nahe der Stromgrenze eingestellt, um schnelles Positionieren und schnelle Bremsverzögerungen zu erreichen. Die Beschleunigungsrampen können im NC-Programm verändert werden. Die entsprechenden NC-Befehle sind in [PROG//G231] näher beschrieben.	

P-AXIS-00006	Beschleunigung der Stufe 2 im Eilgang (Linearer Slope)	
Beschreibung	Der Parameter definiert die Beschleunigung der Stufe 2 im Eilgang (G00). Für die Positionierung im Eilgang (G00) werden häufig steilere Rampen als für die Werkstückbearbeitung (z.B. G01, G02, G03) gewählt.	
Parameter	getriebe[i].lslope_profil.a_grenz_stufe_2	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	$1 \leq a_grenz_stufe_2 \leq P-AXIS-00008$	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: mm/s ²	R,S: °/s ²
Standardwert	1000	
Antriebstypen	----	
Anmerkungen	Diese Grenzbeschleunigung wird in der Regel nahe der Stromgrenze eingestellt, um schnelles Positionieren und schnelle Bremsverzögerungen zu erreichen. Die Beschleunigungsrampen können im NC-Programm verändert werden. Die entsprechenden NC-Befehle sind in [PROG//G231] näher beschrieben.	

P-AXIS-00008	Maximal zulässige Achsbeschleunigung	
Beschreibung	Über den Parameter wird die maximal zulässige Achsbeschleunigung eingestellt.	
Parameter	getriebe[i].dynamik.a_max	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	$1 \leq a_max \leq 100000000$ (Vorgabe der maximalen Achsbeschleunigung, Plausibilitätsgrenze, applikationsspezifisch)	

Achstypen	T, R, S
Dimension	T: mm/s ² R,S: °/s ²
Standardwert	1000
Antriebstypen	----
Anmerkungen	

P-AXIS-00011	Beschleunigung der Stufe 1 (Linearer Slope)
Beschreibung	Der Parameter ist während der Beschleunigungsphasen aktiv. Er definiert die Beschleunigung in der Stufe 1.
Parameter	getriebe[i].lslope_profil.a_stufe_1
Datentyp	UNS32
Datenbereich	$1 \leq a_stufe_1 \leq P\text{-}AXIS\text{-}00008$
Achstypen	T, R, S
Dimension	T: mm/s ² R: °/s ²
Standardwert	1000
Antriebstypen	----
Anmerkungen	Die Beschleunigungsrampen können im NC-Programm verändert werden. Die entsprechenden NC-Befehle sind in [PROG//G130, G131] näher beschrieben. Für Spindeln ist dieser Parameter wirkungslos.

P-AXIS-00012	Beschleunigung der Stufe 2 (Linearer Slope)
Beschreibung	Der Parameter ist während der Beschleunigungsphasen aktiv. Er definiert die Beschleunigung in der Stufe 2.
Parameter	getriebe[i].lslope_profil.a_stufe_2
Datentyp	UNS32
Datenbereich	$1 \leq a_stufe_2 \leq P\text{-}AXIS\text{-}00008$
Achstypen	T, R, S
Dimension	T: mm/s ² R,S: °/s ²
Standardwert	1000
Antriebstypen	----
Anmerkungen	Die Beschleunigungsrampen können im NC-Programm verändert werden. Die entsprechenden NC-Befehle sind in [PROG//G130, G131] näher beschrieben.

P-AXIS-00013	Gewichtung der Beschleunigung am Satzübergang
Beschreibung	Über den Parameter wird die zulässige Beschleunigung am Satzübergang gewichtet. Ist der Wert 0 oder nicht in der Parameterliste angegeben, so gilt die die Gewichtung der zulässigen Beschleunigung mit dem Faktor von Zykluszeit / Rampenzeit (Standardeinstellung).
Parameter	getriebe[i].dynamik.a_trans_weight
Datentyp	UNS32
Datenbereich	$1 \leq a_trans_weight \leq 1000$
Achstypen	T, R, S
Dimension	T: 0.1% R,S: 0.1%
Standardwert	0
Antriebstypen	----
Anmerkungen	Der Parameter wird nur bei Verwendung des nichtlinearen Slopes berücksichtigt und wirkt sobald die Kontur einen Knickwinkel aufweist. Festlegen des Slope-Typs siehe: • P-CHAN-00071 [► 67] • Programmierbefehl #SLOPE [TYPE [► 46]=...]

P-AXIS-00154	Gewichtung des Rucks am Satzübergang	
Beschreibung	Am Satzübergang von Linear zu Zirkularsatz und umgekehrt tritt ein Sprung in der Beschleunigung auf, auch wenn der Übergang tangential ist. Mit dem Parameter kann der zulässige Ruck an solchen Satzübergängen gewichtet werden. Voraussetzung für die Betrachtung des Rucks ist, dass <u>P-CHAN-00009</u> [► 66] gesetzt ist. Wird P-AXIS-00154 nicht in der Parameterliste angegeben, so wird die Geschwindigkeit soweit vermindert, dass der zulässige Ruck am Satzübergang eingehalten wird.	
Parameter	getriebe[i].dynamik.r_trans_weight	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	$0 \leq r_trans_weight \leq 1000$	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: 0.1%	R,S: 0.1%
Standardwert	1000	
Antriebstypen	----	
Anmerkungen	Der Parameter wird nur bei Verwendung des nichtlinearen Slopes berücksichtigt sowie bei Zirkular - Linear, Zirkular - Zirkular oder Linear - Zirkularübergängen. Festlegen des Slope-Typs siehe: • <u>P-CHAN-00071</u> [► 67] • Programmierbefehl <u>#SLOPE [TYPE [► 46]=...]</u>	

P-AXIS-00195	Rampenzeit für Beschleunigungsabbau (Nichtlinearer Slope)	
Beschreibung	Der Parameter definiert die Beschleunigungsrampenzeit für den Abbau der Beschleunigung P-AXIS-00001.	
Parameter	getriebe[i].slope_profil.tr_beschl_ab	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	$P-AXIS-00201 \leq tr_beschl_ab \leq MAX(UNS32)$	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: μs	R,S: μs
Standardwert	50000	
Antriebstypen	----	
Anmerkungen	Die Rampenzeit kann im NC-Programm verändert werden. Die entsprechenden NC-Befehle sind in [PROG//Rampenzeitgewichtung (G132/G133/G134/G232/G233/G338/G339)] näher beschrieben.	

P-AXIS-00196	Rampenzeit für Beschleunigungsaufbau (Nichtlinearer Slope)	
Beschreibung	Der Parameter definiert die Beschleunigungsrampenzeit für den Aufbau der Beschleunigung P-AXIS-00001.	
Parameter	getriebe[i].slope_profil.tr_beschl_zu	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	$P-AXIS-00201 \leq tr_beschl_zu \leq MAX(UNS32)$	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: μs	R,S: μs
Standardwert	50000	
Antriebstypen	----	
Anmerkungen	Die Rampenzeit kann im NC-Programm verändert werden. Die entsprechenden NC-Befehle sind in [PROG//Rampenzeitgewichtung (G132/G133/G134/G232/G233/G338/G339)] näher beschrieben. Der Standardwert für die Rampenzeitgewichtung kann mit P-CHAN-00073 festgelegt werden.	

P-AXIS-00197	Rampenzeit für Verzögerungsabbau (Nichtlinearer Slope)	
Beschreibung	Der Parameter definiert die Beschleunigungsrampenzeit für den Abbau der Verzögerung P-AXIS-00002.	
Parameter	getriebe[i].slope_profil.tr_brems_ab	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	$P\text{-}AXIS\text{-}00201 \leq tr_brems_ab \leq MAX(UNS32)$	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: μs	R,S: μs
Standardwert	50000	
Antriebstypen	----	
Anmerkungen	Die Rampenzeit kann im NC-Programm verändert werden. Die entsprechenden NC-Befehle sind in [PROG//Rampenzeitgewichtung (G132/G133/G134/G232/G233/G338/G339)] näher beschrieben.	

P-AXIS-00198	Rampenzeit für Verzögerungsaufbau (Nichtlinearer Slope)	
Beschreibung	Der Parameter definiert die Beschleunigungsrampenzeit für den Aufbau der Verzögerung P-AXIS-00002.	
Parameter	getriebe[i].slope_profil.tr_brems_zu	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	$P\text{-}AXIS\text{-}00201 \leq tr_brems_zu \leq MAX(UNS32)$	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: μs	R,S: μs
Standardwert	50000	
Antriebstypen	----	
Anmerkungen	Die Rampenzeit kann im NC-Programm verändert werden. Die entsprechenden NC-Befehle sind in [PROG//Rampenzeitgewichtung (G132/G133/G134/G232/G233/G338/G339)] näher beschrieben.	

P-AXIS-00199	Geometrische Rampenzeit	
Beschreibung	Über den Parameter wird die zulässige geometrische Rampenzeit definiert. Dieser Parameter begrenzt den Achsruck, der durch die programmierte Kontur entsteht.	
Parameter	getriebe[i].dynamik.tr_geom	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	$0 \text{ (Vorgabe der minimalen Rampenzeit, applikationsspezifisch)} \leq tr_geom \leq MAX(UNS32)$	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: μs	R,S: μs
Standardwert	10000	
Antriebstypen	----	
Anmerkungen	Die Rampenzeit kann im NC-Programm verändert werden. Die entsprechenden NC-Befehle sind in [PROG//Rampenzeitgewichtung (G132/G133/G134/G232/G233/G338/G339)] näher beschrieben.	

P-AXIS-00200	Rampenzeit im Eilgang (Nichtlinearer Slope)	
Beschreibung	Dieser Rampenzeitparameter ist bei Eilgangbewegungen (G00) beim Beschleunigen und Bremsen wirksam. Er ersetzt in diesem Fall die 2 Rampenzeiten beim Beschleunigen (P-AXIS-00195, P-AXIS-00196) bzw. die 2 Rampenzeiten beim Verzögern (P-AXIS-00197, P-AXIS-00198).	
Parameter	getriebe[i].slope_profil.tr_grenz	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	$P\text{-}AXIS\text{-}00201 \leq tr_grenz \leq MAX(UNS32)$	
Achstypen	T, R, S	

Dimension	T: μs	R,S: μs
Standardwert	10000	
Antriebstypen	----	
Anmerkungen	Die Rampenzeit kann im NC-Programm verändert werden. Die entsprechenden NC-Befehle sind in [PROG//G232/G233] näher beschrieben.	

P-AXIS-00209	Eilganggeschwindigkeit	
Beschreibung	Für die Positionierung im Eilgang (G00) wird die Eilgang-Geschwindigkeit vorgegeben.	
Parameter	getriebe[i].vb_eilgang	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	$1 \leq \text{vb_eilgang} \leq \text{P-AXIS-00212}$	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: $\mu\text{m/s}$	R,S: $0.001^\circ/\text{s}$
Standardwert	166666	
Antriebstypen	----	
Anmerkungen		

P-AXIS-00211	Umschaltgeschwindigkeit im Eilgang (Linearer Slope)	
Beschreibung	Für die Positionierung im Eilgang (G00) werden häufig steilere Rampen als für die Werkstückbearbeitung (z.B. G01, G02, G03) gewählt. Der Parameter wird für diese Fälle während der Beschleunigungs- und Verzögerungsphasen aktiv. Hiermit wird die Umschaltgeschwindigkeit zwischen Stufe 1 und Stufe 2 angegeben (P-AXIS-00005 und P-AXIS-00006 bzw. P-AXIS-00281 und P-AXIS-00280).	
Parameter	getriebe[i].lslope_profil.vb_grenz_stufe_1_2	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	$1 \leq \text{vb_grenz_stufe_1_2} \leq \text{P-AXIS-00212}$	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: $\mu\text{m/s}$	R,S: $0.001^\circ/\text{s}$
Standardwert	100000	
Antriebstypen	----	
Anmerkungen		

P-AXIS-00212	Maximal zulässige Achsgeschwindigkeit	
Beschreibung	Über den Parameter wird die maximal zulässige Achsgeschwindigkeit eingestellt.	
Parameter	getriebe[i].dynamik.vb_max	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	$1 \leq \text{vb_max} \leq 2000000000$ (Vorgabe der maximalen Achsgeschwindigkeit, Plausibilitätsgrenze, applikationsspezifisch)	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: $\mu\text{m/s}$	R,S: $0.001^\circ/\text{s}$
Standardwert	200000	
Antriebstypen	----	

Anmerkungen	Bei Achsen des Typs 'ACHSTYP_TRANSLATOR' und 'ACHSTYP_ROTATOR' wird davon ausgegangen, dass bei Einstellung der maximal zulässigen Achsgeschwindigkeit auch die Auflösungsgrenzen des Messsystems berücksichtigt werden. Bei Achsen des Typs 'ACHSTYP_SPINDEL', die von einem Spindelinterpolator betrieben werden, wird die Grenze, ab welcher das Messsystem keine gültigen Werte mehr liefert, mit dem Parameter P-AXIS-00220 eingestellt. Beispiele: Spindeldrehzahl mit 10000 U/Min Wert = $10000 * 6 * 1000 = 60000000$ (Einheit 0.001 °/s) Mit Einheiten $(10000 \text{ [U/Min]} * 360 \text{ [°/U]} * 1000 \text{ [0.001 °/°]}) / 60 \text{ [s/Min]}$ $= 60000000 \text{ [0.001 °/s]}$ Translator mit 1000 mm/Min Wert = $1000 * 1000 / 60 = 16666$ (Einheit 0.001 µm/s) Mit Einheiten $(1000 \text{ [mm/Min]} * 1000 \text{ [0.001 µm/mm]}) / 60 \text{ [s/Min]}$ $= 16666 \text{ [0.001 µm/s]}$
-------------	---

P-AXIS-00221	Umschaltgeschwindigkeit (Linearer Slope)	
Beschreibung	Der Parameter ist während der Beschleunigungs- und Verzögerungsphasen aktiv. Hiermit wird die Umschaltgeschwindigkeit zwischen Stufe 1 und Stufe 2 angegeben (P-AXIS-00011 und P-AXIS-00012 bzw. P-AXIS-00283 und P-AXIS-00282).	
Parameter	getriebe[i].lslope_profil.vb_stufe_1_2	
Datentyp	UNS32	
Datenbereich	$1 \leq vb_stufe_1_2 \leq P-AXIS-00212$	
Achstypen	T, R, S	
Dimension	T: µm/s	R,S: 0.001°/s
Standardwert	100000	
Antriebstypen	----	
Anmerkungen		

4.2.2 Kanalparameter

P-CHAN-00002	Grenzwert für Bahnbeschleunigung
Beschreibung	Sofern keine Änderung der Parameterwerte durch NC Programmierung erfolgt ist, wird nach Aktivierung im NC Programm die Bahnbeschleunigung durch diesen Wert begrenzt.
Parameter	vector.acceleration
Datentyp	REAL64
Datenbereich	0 ... Max. Beschleunigung, applikationsspezifisch
Dimension	mm/min ² oder mm/s ² *
Standardwert	100000000
Anmerkungen	* Die verwendete Dimension hängt von P-CHAN-00351 ab! Parametrierbeispiel: <pre>vector.acceleration 1800000</pre> Der angegebene Standardwert ist in mm/min².

P-CHAN-00009	Reduktion der tangentialen Übergangsgeschwindigkeit zwischen Kreisen
Beschreibung	Tangentiale Satzübergänge zwischen Kreisen mit unterschiedlichen Radien, Kreisen und Linearsätzen und umgekehrt führen zu einem Rucksprung abhängig vom Kreistradius. Um Schwingungsanregungen an der Maschine bei aktiven nichtlinearen Geschwindigkeitsprofilen zu reduzieren, kann der entstehende Ruck durch die Aktivierung dieser Funktion reduziert werden. An tangentialen Satzübergängen wird die Geschwindigkeit abhängig vom zulässigen Ruck reduziert. Die Berechnung erfolgt auf Basis der achsspezifischen Ruckparameter für die nichtlinearen Geschwindigkeitsprofile (siehe auch Dokumentation [AXIS]). Andererseits ist die Reduzierung der Übergangsgeschwindigkeit an tangentialen Satzübergängen bei bestimmten Bearbeitungstechnologien nicht zu akzeptieren, da der Bearbeitungsprozess sehr empfindlich auf eine Geschwindigkeitsabnahme reagiert.
Parameter	corr_v_trans_jerk
Datentyp	BOOLEAN
Datenbereich	0: Keine Berücksichtigung des Rucks an tangentialen Satzübergängen. 1: Berücksichtigung des Rucks an tangentialen Satzübergängen.
Dimension	----
Standardwert	0
Anmerkungen	

P-CHAN-00066	Einfluss des Override auf Vorschub
Beschreibung	Über diesen Eintrag kann festgelegt werden wie der Vorschub in Verbindung mit Bahnvorschuboverride berechnet wird. D.h. es kann z.B. eingestellt werden ob sich die Bandbreite des Override auf den programmierten Vorschub bezieht oder auf das Minimum aus programmiertem Vorschub und des maximal im Satz zulässigen Vorschubs (v_{max}). Diesen Vorschub berechnet die CNC auf Basis der zulässigen Dynamik der Achsen. Folgende Geschwindigkeiten haben Einfluss: v_{max}: Berechnete Maximalgeschwindigkeit der CNC ohne Berücksichtigung von reduzierter Geschwindigkeit v_{red}: Berechnete reduzierte Geschwindigkeit der CNC; aus vb_max_red (P-AXIS-00214) der Achsen v_{prog}: programmierte Geschwindigkeit des Bedieners (F Wort) Wert 0 für P-CHAN-00066: $v = \text{MIN} (v_{prog}, v_{max}) * \text{Override}$

	Wird der Parameter auf 0 gesetzt, bewirkt eine Overrideänderung immer auch eine Geschwindigkeitsänderung der Maschine (linearer Zusammenhang). Wert 1 für P-CHAN-00066: $v = \text{MIN} (v_{\text{prog}} * \text{Override}, v_{\text{max}})$ Wird der Parameter auf 1 gesetzt, bezieht sich der Override immer auf den programmierten Wert. Ist der maximale Vorschub im Satz kleiner als der programmierte Vorschub multipliziert mit dem aktuellen Override, ändert sich bei einer Overrideänderung der aktuelle Bahnvorschub nicht. Wert 2 für P-CHAN-00066: Die Berechnung erfolgt • wie bei Wert 0, wenn keine Funktionen aktiv sind, die die Geschwindigkeit reduzieren. Wie z.B. REDUCED_SPEED, REDUCED_SPEED_ZONE, IPO_ACTIVATE_TCP_VEL_LIMIT • wie bei Wert 1, wenn Funktionen aktiv sind, die die Geschwindigkeit reduzieren Sind aufgrund der Technologie Geschwindigkeitseinbrüche nicht erwünscht, so muss der Eintrag auf 1 gesetzt werden.
Parameter	override_weight_prog_feed
Datentyp	UNS16
Datenbereich	0: Overrideänderung bewirkt Geschwindigkeitsänderung 1: Overrideänderung bewirkt nur Geschwindigkeitsänderung, wenn programmierter Vorschub * Override < maximal im Satz zulässige Geschwindigkeit 2: Wirkung Override in Verbindung mit reduzierter Geschwindigkeit (verfügbar ab V3.1.3079.42)
Dimension	----
Standardwert	0
Anmerkungen	Wertebeispiel: v_{max}: 50m/min v_{prog}: 80m/min v_{red}: 5m/min Override: 50% P-CHAN-00066=0 a) aktive reduzierte Geschwindigkeit $v_{\text{soll}} = 2.5\text{m/min}$ b) inaktive reduzierte Geschwindigkeit $v_{\text{soll}} = 25\text{m/min}$ P-CHAN-00066=1 a) aktive reduzierte Geschwindigkeit $v_{\text{soll}} = 5\text{m/min}$ b) inaktive reduzierte Geschwindigkeit $v_{\text{soll}} = 40\text{m/min}$ P-CHAN-00066=2 a) aktive reduzierte Geschwindigkeit $v_{\text{soll}} = 5\text{m/min}$ b) inaktive reduzierte Geschwindigkeit $v_{\text{soll}} = 25\text{m/min}$
P-CHAN-00071	Standard Beschleunigungsprofil bei Programmstart
Beschreibung	Standardwert für die Art des angewählten Beschleunigungsprofils bei Bahnbewegungen und Bewegungen von Pendelachsen.
Parameter	prog_start.slope.profile
Datentyp	SGN16

Datenbereich	0: Sprungförmiges Beschleunigungsprofil (Standard, lineares Profil) 1: Trapezförmiges Beschleunigungsprofil 2: Sinusquadratförmiges Beschleunigungsprofil 3: Trapezförmiges HSC-Beschleunigungsprofil (satzübergreifend)
Dimension	----
Standardwert	0
Anmerkungen	Das Beschleunigungsprofil und die zugehörige Beschleunigungs- und Rampenzeitgewichtung kann im NC-Programm mit dem Befehl #SLOPE [TYPE..] programmiert werden [PROG [► 46]]. Beim trapezförmigen HSC-Beschleunigungsprofil wirkt immer das Maximum der gewichteten Rampenzeiten P-AXIS-00195.. P-AXIS-00198. Für jede unabhängige Achse kann das Beschleunigungsprofil auch im NC-Befehl spezifisch mit dem Schlüsselwort SLOPE_TYPE programmiert werden [PROG [► 46]].

P-CHAN-00090	Grenzwert für Bahngeschwindigkeit
Beschreibung	Sofern keine Änderung der Parameterwerte durch NC Programmierung erfolgt ist, wird nach Aktivierung im NC Programm die Bahngeschwindigkeit durch diesen Wert begrenzt.
Parameter	vector.velocity
Datentyp	REAL64
Datenbereich	0 ... Max. Geschwindigkeit, applikationsspezifisch
Dimension	mm/min
Standardwert	2000000000
Anmerkungen	Parametrierbeispiel: <i>vector.velocity 1500</i>

P-CHAN-00239	Automatisches Einfügen von Polynomen bei interner B-Splineabwahl
Beschreibung	Der Parameter sorgt dafür, dass bei Abwahl des B-Splines automatisch das Polynomüberschleifen (G261, #CONTOUR MODE [...]) angewählt wird. Dabei werden folgende Parameter vom B-Spline #HSC[BSPLINE PATH_DEV=X TRACK_DEV=Y] für das Polynomüberschleifen übernommen: #CONTOUR MODE[DEV PATH_DEV=X TRACK_DEV=Y RELEVANT_PATH=X RELEVANT_TRACK=Y] Das genaue Verhalten der Parameter ist in [PROG//Kapitel Polynomüberschleifen (G260/G261)] beschrieben.
Parameter	hsc.bspline.auto_contour_mode
Datentyp	UNS32
Datenbereich	0: Deaktiviert (Standard) 1: Generelles Einfügen von Überschleifpolynomen bei interner Abwahl des B-Splines. 2: Einfügen von Überschleifpolynomen nur bei den Übergängen Gerade/Kreis, Kreis/Kreis, Kreis/Gerade (Empfohlener Modus)
Dimension	----
Standardwert	0
Anmerkungen	

P-CHAN-00605	Bedingte Aktivierung der Funktionalitäten
---------------------	--

Beschreibung	Mit diesem Parameter können Funktionen der CNC im Kanal konfiguriert werden, die in Abhängigkeit des Programmstartmodus aktiviert werden. Es besteht die Möglichkeit mehrere Einstellungen vorzudefinieren, die aktiviert werden sobald ein NC-Programm mit dem unter der Bedingung P-CHAN-00606 aufgeführten Bearbeitungsmodus gestartet wird.
Parameter	configuration.path_preparation.fct_enable[<idx>] mit idx 0, 1
Datentyp	STRING
Datenbereich	Siehe Funktionstabelle Bahnvorbereitung
Dimension	----
Standardwert	FCT_DEFAULT
Anmerkungen	Parameter ist ab folgenden Versionen verfügbar V2.11.2040.04 ; V2.11.2810.02 ; V3.1.3079.17 ; V3.1.3107.10 Wird bei Programmstart kein individueller Bearbeitungsmodus festgelegt, so entspricht dies der Einstellung ISG_STANDARD. Es werden die Standardeinstellungen unter dem Index 0 („fct_enable[0]“) verwendet. Wegen Abwärtskompatibilität entspricht P-CHAN-00605 „fct_enable[0]“ dem bisherigen Parameter „function“ P-CHAN-00600. Beide Schreibweisen bzw. Parameter können alternativ verwendet werden.

5 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

P

P-AXIS-00001	59
P-AXIS-00002	59
P-AXIS-00004	60
P-AXIS-00005	60
P-AXIS-00006	60
P-AXIS-00008	60
P-AXIS-00011	61
P-AXIS-00012	61
P-AXIS-00013	61
P-AXIS-00154	62
P-AXIS-00195	62
P-AXIS-00196	62
P-AXIS-00197	63
P-AXIS-00198	63
P-AXIS-00199	63
P-AXIS-00200	63
P-AXIS-00209	64
P-AXIS-00211	64
P-AXIS-00212	64
P-AXIS-00221	65
P-CHAN-00002	66
P-CHAN-00009	66
P-CHAN-00066	66
P-CHAN-00071	67
P-CHAN-00090	68
P-CHAN-00239	68
P-CHAN-00605	68

Mehr Informationen:
www.beckhoff.de/TF5250

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

