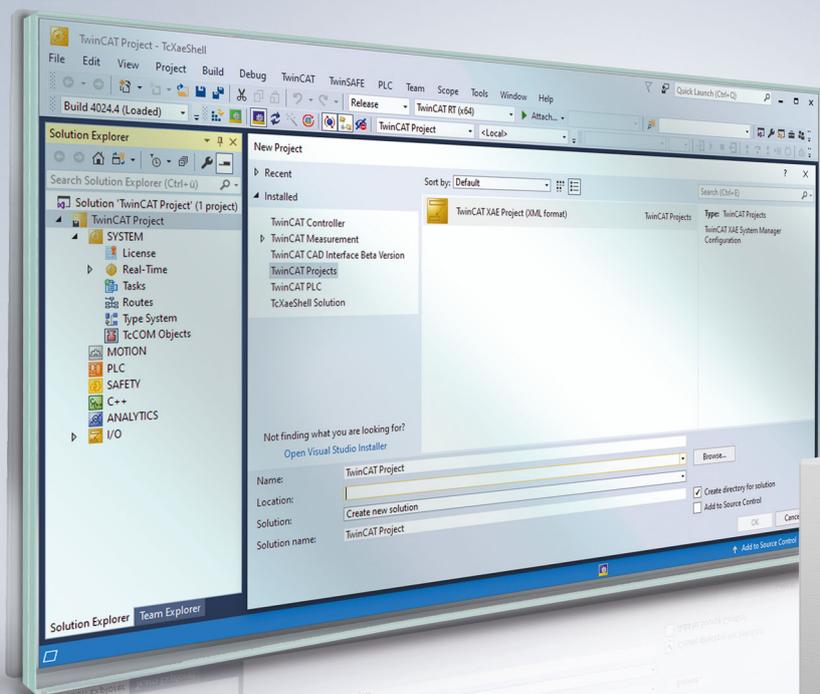


Funktionsbeschreibung | DE

TF5292 | TwinCAT 3 CNC

EDM Plus



Hinweise zur Dokumentation

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

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

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

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

Disclaimer

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

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

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

Marken

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

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

Patente

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

EP1590927, EP1789857, EP1456722, EP2137893, DE102015105702

mit den entsprechenden Anmeldungen und Eintragungen in verschiedenen anderen Ländern.

EtherCAT 

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

Copyright

© Beckhoff Automation GmbH & Co. KG, Deutschland.

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

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

Allgemeine- und Sicherheitshinweise

Verwendete Symbole und ihre Bedeutung

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

Symbole im Erklärtext

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

GEFAHR

Akute Verletzungsgefahr!

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

VORSICHT

Schädigung von Personen und Maschinen!

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

HINWEIS

Einschränkung oder Fehler

Dieses Symbol beschreibt Einschränkungen oder warnt vor Fehlern.

Tipps und weitere Hinweise

 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

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

Inhaltsverzeichnis

Hinweise zur Dokumentation	3
Allgemeine- und Sicherheitshinweise.....	5
1 Übersicht.....	11
1.1 Begriffsdefinitionen.....	12
2 Beschreibung	13
2.1 Senkkanal	22
2.1.1 Positionierung	23
2.1.2 Erodieren auf der Bahn	24
2.1.3 Planetäres Aufweiten	25
2.1.4 Bearbeitung beenden.....	25
2.1.5 Scheiben Verwaltung	26
2.2 Planetärkanal	27
2.2.1 Planetärgeometrien.....	28
2.2.2 Planetärgeometrien Grafikeispiele	35
2.3 Rückzugskanal.....	37
2.3.1 Erläuterungen der Rückzugsstrategien.....	39
2.3.2 Veränderung des Rückzugpunktes	45
2.4 Spülfunktionalität.....	46
2.4.1 Punktdefinitionen.....	48
2.4.2 Dynamikberechnung	51
2.5 Vorzeitiger Wechsel der Generatoreinstellungen.....	53
2.6 Anzeigedaten	55
2.6.1 Positionsdaten.....	55
2.6.2 Statussignale.....	58
2.7 Einsatz von Echtzeit-Schleifen	60
3 Programmierung	62
3.1 Allgemeine Kanalinitialisierung/-kopplung.....	62
3.2 Senkkanal Standard Programmstruktur	66
3.2.1 Kopplungsprogramme.....	68
3.2.2 Rückzugsstrategie.....	69
3.3 Planetärkanal Standard Programmstruktur	69
3.3.1 Schnelle Positionierung im Planetärkanal.....	71
3.4 Rückzugskanal.....	72
3.5 Anwendungsfälle	74
3.5.1 Asynchrones Planetäraufweiten.....	74
3.5.2 Sternförmiges Planetäraufweiten	77
3.5.3 Halbspährisches Planetäraufweiten.....	79
3.5.4 Alternierendes Planetäraufweiten	81
3.5.5 Überlagerung von Geometrie- und Rückzugsbewegung	82
3.6 Dynamikbeschränkung.....	86
3.7 Verwendung von Kinematiken beim Senkerodieren	88
3.8 Vorzeitiger Wechsel der Generatoreinstellungen.....	91
3.9 Rotationsachsen beim Erodieren auf der Bahn	93

3.10	Koordinatensysteme	95
3.10.1	Koordinatensysteme beim Erodieren auf der Bahn	95
3.10.2	Koordinatensystem beim planetären Aufweiten.....	96
3.11	Unterschiedliche Spaltabstände in radialer und axialer Richtung	97
3.12	Limitierungen, Fehler und Überprüfungen	98
3.13	Spezielle Senkerodier-Befehle.....	99
3.13.1	Kanalschnittstelle zum Schreiben öffnen	99
3.13.2	Kanalschnittstelle zum Lesen öffnen.....	102
3.13.3	Setzen funktionspezifischer Parameter im Kanal.....	103
3.13.4	Definition der Rückzugsgeometrie im Rückzugskanal.....	105
3.14	PLCopen-Group-Programmierung	106
3.14.1	Befehl #MC_MovePath	106
3.14.2	Befehl #MCV_GroupResetForced	108
3.14.3	Befehl #WAIT MC_Status	109
3.14.4	Befehl #MCV_WAIT_STATUS.....	109
4	SPS-Schnittstelle	111
4.1	Positionsanzeige	111
4.2	Statussignale Senkerodieren	111
4.2.1	Weitere Statussignale	114
4.3	Rückzugsbewegung (Spülvorgang)	116
4.3.1	Control Unit – Rückzugsbewegung (Spülvorgang).....	116
4.3.2	Nutzdaten.....	117
4.4	Einfügen von Stoppmarken.....	120
4.4.1	Control Unit – Einfügen von Stoppmarken (Insert Command).....	120
4.4.2	Nutzdaten.....	120
5	Parameter.....	123
5.1	Übersicht	123
5.2	Parameterbeschreibungen	124
5.3	Allgemein	129
5.4	Senkkanal	129
5.5	Planetärkanal	129
5.6	Rückzugskanal.....	129
	Stichwortverzeichnis	131
6	Support und Service	132

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Übersicht der beteiligten Komponenten beim Erodierprozess	13
Abb. 2	Die 4 Phasen des Erodierprozesses	14
Abb. 3	Programmierung des TCP = Bahnbewegung der Elektrode	15
Abb. 4	Aufteilung in Senk- und Planetärbewegung	16
Abb. 5	Die drei Kanäle des Senkerodierens	17
Abb. 6	NC-Programme der drei Kanäle beim Senkerodieren	18
Abb. 7	Steuerung der Erosionsmodi	19
Abb. 8	Alternierendes Planetäraufweiten	20
Abb. 9	Sternförmiges Planetäraufweiten	21
Abb. 10	Bearbeitungsphasen beim Senkerodieren	22
Abb. 11	Übersicht Senkkanal bei der Positionierung	23
Abb. 12	Kanalsicht bei Erodieren auf der Bahn	24
Abb. 13	Überblick über die Kanalkopplungen beim planetären Aufweiten	25
Abb. 14	Überwachen der Bearbeitungsqualität durch Einfügen von Scheiben über die SPS	26
Abb. 15	Anpassung der Planetärgeometrie abh. vom aktuellen Radius der Senkkanals	27
Abb. 16	Darstellung Kanalschnittstelle	28
Abb. 17	Zulässige Geometrieelemente im Modus „Skalierung“	30
Abb. 18	Zulässige Geometrieelemente im Modus Äquidistant	31
Abb. 19	Zulässige Geometrieform im Modus Äquidistant	31
Abb. 20	Zulässige Platzierungen des Ursprungs (0/0) im Modus Äquidistant	31
Abb. 21	Planetärdrehrichtung (rechtsdrehend)	32
Abb. 22	Nichttangente Übergänge mit zwei definierten linearen Elementen	32
Abb. 23	Tangentialer Kreisübergang	33
Abb. 24	Unzulässiger nicht tangentialer Übergang zu einem Kreis	33
Abb. 25	Überlagerungen ΔZ und ΔR aus dem Rückzugskanal	37
Abb. 26	Ebenenstrategie (Flat-Strategie)	39
Abb. 27	Winkelstrategie (Alpha-Strategie)	40
Abb. 28	Drei Varianten der Punktstrategie	41
Abb. 29	Unzulässige Platzierungen von Punkten	41
Abb. 30	Mögliche Pfade der Winkelhalbierenden-Strategie	42
Abb. 31	Sonderfall bei Winkelhalbierenden-Strategie	43
Abb. 32	Grenzgeometrien bei Winkelhalbierenden-Strategie	43
Abb. 33	Ebenen-Rückzug mit verändertem Rückzugspunkt	45
Abb. 34	Positions- und Signalverlauf bei einem Spülvorgang	47
Abb. 35	Platzierung Umkehrpunkt im Bereich des planetären Aufweitens	48
Abb. 36	Umkehrpunkt beim Erodieren auf der Bahn	49
Abb. 37	Position des Endpunkts des Spülens	50
Abb. 38	Dynamikeinteilung der Spülbewegung	51
Abb. 39	Wechsel von Bearbeitungsfolgen	53
Abb. 40	Sequenz eines Generatorwechsels	54
Abb. 41	Anzeigedaten für Positionen	55
Abb. 42	Darstellung von Anzeigemöglichkeiten	57
Abb. 43	Echtzeit-Schleife mit SPS-Kontrolle	60
Abb. 44	Kanalschnittstellen zwischen Senk- und Rückzugskanal im NC-Programm	63

Abb. 45	Kanalschnittstellen zwischen Senk- und Planetärkanal im NC-Programm	64
Abb. 46	Gesamtüberblick über die Kanalkopplungen bei einem Standard-Erodierprogramm	65
Abb. 47	Anwendungsfall- asynchrones Planetäraufweiten	74
Abb. 48	Anwendungsfall- sternförmiges Planetäraufweiten	77
Abb. 49	Anwendungsfall- Halbspährisches Planetäraufweiten	79
Abb. 50	Anwendungsfall- Alternierendes Planetäraufweiten.....	81
Abb. 51	Steuerung von Senk- und Rückzugsbewegung durch die SPS	82
Abb. 52	Anpassung des Rückzugspfad bei gleichzeitiger Positionsänderung des Senkkanals.....	83
Abb. 53	Anwendungsbeispiel- Überlagerte Rückzugsbewegung.....	84
Abb. 54	Geometrische Darstellung von überschlifffener Rückzugsbewegung.....	85
Abb. 55	Radiale, tangentielle und gesamte Geschwindigkeitsvektoren an beispielhaften Punkten im Planetär- und im Senkkanal.....	86
Abb. 56	C-Achsbewegung bei Transformation.....	88
Abb. 57	Verwenden einer Schraubenelektrode.....	93

1 Übersicht

Aufgabe

Das Erodieren ist ein Materialabtragverfahren für elektrisch leitende Materialien. Der Materialabtrag beruht auf einem Prozess elektrischer Entladung. Das Erodieren umfasst u.a. das Draht- wie auch das Senkerodieren. Beide Arten stellen eine Form der Funkenerosion dar.

Beim Senkerodieren besitzt die Elektrode meist eine „negativ-Form“, die dem zu entfernenden Materialvolumen und der zu erzielenden „positiv-Kontur“ entsprechen muss.

● **Die Funktionalität ist verfügbar ab CNC-Version V3.1.3108.5**



● **Diese Funktionalität ist eine lizenzpflichtige Zusatzoption.**



Wirksamkeit / Einsatzmöglichkeiten

Das Senkerodieren wird hauptsächlich bei Werkstoffen angewandt, die aufgrund ihrer Härte bei mechanischen Abtragsverfahren zu große Werkzeugkosten verursachen würden.

Parametrierung

Damit die Technologie Senkerodieren verwendet werden kann, muss die CNC mit mindestens 3 Kanälen konfiguriert werden.

Für jeden Kanal müssen [P-STUP-00033](#) [[▶ 124](#)] und bestimmte Kanalparameter konfiguriert werden.

Programmierung

Die umfang- und variantenreiche Programmierung ist im [Programmierkapitel](#) [[▶ 62](#)] zu finden.

Zusätzliche thematisch passende Funktionsbeschreibungen:

- [FCT-C40] Kontur-Look-Ahead
- [FCT-C41] Einfügen von STOP-Marken
- [FCT-C42] Echtzeit-Schleifen

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.

1.1 Begriffsdefinitionen

Begriff	Beschreibung/Erklärung
ACS (Axes Coordinate System)	Achskoordinatensystem
Senkkanal	Hauptkanal der die Erodierbearbeitung startet und den Bearbeitungsmodus definiert.
Rückzugskanal	Hilfskanal, der die Rückzugsbewegung der Elektrode mit einer definierten Rückzugsstrategie ausführt.
Spülen	Durch die SPS initiierte längere und schnelle Rückzugsbewegung der Elektrode zum Spülen des Erodierspalts.
HLI	Das High-Level-Interface (HLI) ist eine Schnittstelle zwischen SPS und CNC.
MCS (Machine Coordinate System)	Maschinenkoordinatensystem: Erstes 3-dimensionales kartesisches Koordinatensystem.
Planetärkanal	Hilfskanal, in der die Planetärbewegung der Elektrode in der XY-Ebene programmiert ist.
Planetärgeometrie	Geometrie des Werkstücks in der XY-Ebene, die beim Aufweiten in der YZ Ebene überlagert wird.
Planetärscheibe	Eine Planetärscheibe ergibt sich, wenn der Senkkanal auf einer bestimmten Höhe gestoppt wird (z.B. durch Einfügen einer Stopp-Marke) und der Planetärkanal sich weiter auf seiner Geometrie bewegt.
PCS (Programming Coordinate System)	Das Programmierkoordinatensystem ist das kartesische Koordinatensystem, in welchem die Positionen im NC-Programm angegeben werden.
RZ-Ebene	Ebene aus Radius und Z-Achse
TCP (Tool Center Point)	Werkzeugmittelpunkt
GEB	Geometrie zum Erodieren auf der Bahn
EDM (Electrical Discharge Machining)	Funkenerodieren

2 Beschreibung

Die Erodierbearbeitung unterscheidet sich von alternativen Bearbeitungsformen wie zum Beispiel Fräsen hauptsächlich in der Form des Materialabtrags. Statt eines mechanischen Abtrags werden beim Erodieren die Elektrode und das Werkstück unter Spannung gesetzt und mit einem Funken wird das Material geschmolzen und verdampft. Um ein gutes Bearbeitungsergebnis zu erreichen, ist es notwendig, dass der Spalt zwischen Werkstück und Elektrode kontinuierlich während des Prozesses geregelt wird.

Beim Senkerodieren wird das Werkstück mit einer Elektrode, die eine negative Form des zu erreichenden Werkstücks besitzt, gefertigt. Das Werkstück befindet sich dabei meist in einem Becken mit Dielektrikum. Um das abgetragene Material abzutransportieren wird die Elektrode schnell vom Werkstück weggezogen und somit wird das Material herausgespült. Dieses Dokument beschreibt, wie mit dem ISG-Kernel eine Maschine zur Senkerodierbearbeitung aufgebaut sein muss, und welche Funktionen der ISG-Kernel für die Senkerodierbearbeitung anbietet.

Nachfolgende Abbildung zeigt einen Überblick über die einzelnen an dem Erodierprozess zur Bewegungsführung beteiligten Komponenten:

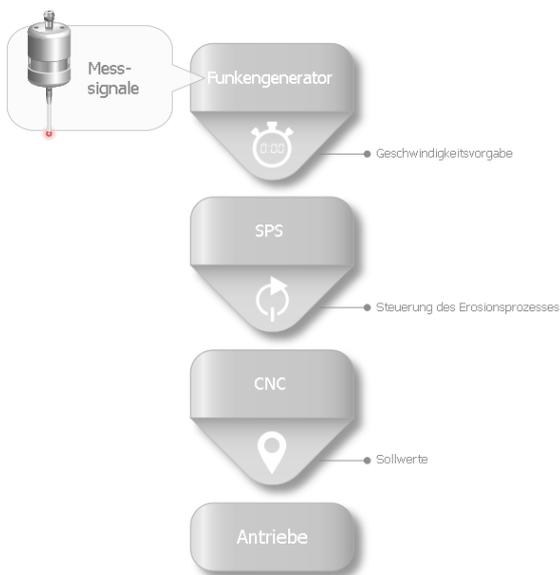


Abb. 1: Übersicht der beteiligten Komponenten beim Erodierprozess

Der Funkengenerator ist die Komponente, die aus den aktuellen Messwerten am Werkstück die Geschwindigkeitsvorgabe für die Spaltregelung gibt. Die SPS verwendet diese Vorgabe in Abhängigkeit vom aktuellen Erosionsmodus, um der CNC die notwendigen Informationen zur Bewegungsführung der Elektrode zu übergeben. Diese erzeugt die Sollwerte für die Antriebe unter Einhaltung der maximalen Dynamik für eine optimale Bewegungsführung und somit ein optimales Bearbeitungsergebnisses.

Phasen des Erodierprozesses

Für den Erodierprozess bietet die CNC 4 Bearbeitungsphasen an:

1. Positionierung ohne aktiven Erodierprozess
2. Erodieren auf der Bahn (Optional)
3. Erodieren mit Planetäraufweiten (Optional)
4. Rückzug der Elektrode nach der Bearbeitung

Bei der Positionierung erfolgt eine Bewegung der Elektrode auf einen Punkt oberhalb des Bearbeitungsbeginns.

Anschließend kann entschieden werden, wie das Werkstück gefertigt werden soll. Dabei wird unterschieden zwischen Erodieren auf der Bahn, Erodieren mit Planetäraufweiten oder zuerst einer Erosion auf der Bahn mit anschließender Erosion mit Planetäraufweiten.

Die Bearbeitungen unterscheiden sich in der Bewegungsführung der Elektrode. Beim Erodieren auf der Bahn bewegt sich die Elektrode auf einer programmierten Bahn vor und zurück.

Beim Erodieren mit planetärem Aufweiten entsteht die Bewegung der Elektrode aus zwei asynchron oder synchronen abinterpolierten 2D-Geometrien. Dabei wird die Rückzugsbewegung vom aktuellen Elektrodenpunkt abhängig von einer Rückzugsstrategie berechnet.

Nach der Bearbeitung kann die Elektrode wieder aus dem Werkstück entfernt werden.

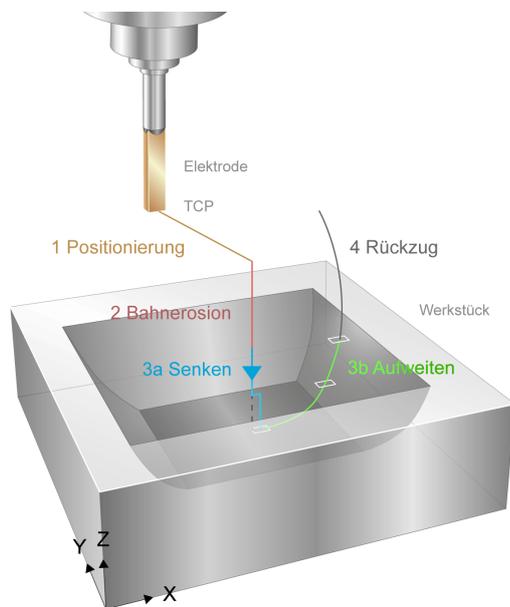


Abb. 2: Die 4 Phasen des Erodierprozesses

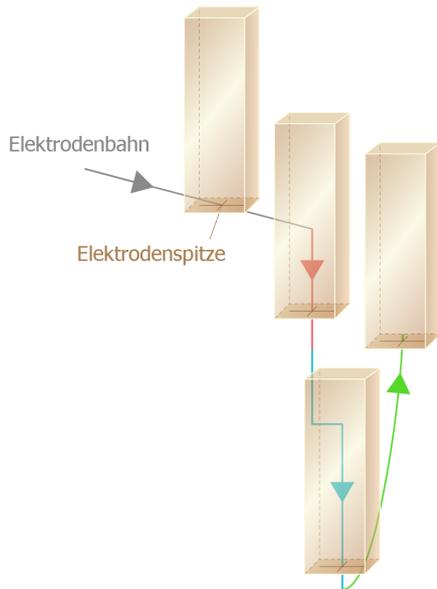
Bewegung der Elektrode beim planetärem Aufweiten

Abb. 3: Programmierung des TCP = Bahnbewegung der Elektrode

Die Elektrodenführung beim planetären Aufweiten wird in 2 Prozesse zerlegt:

1. Senken in der RZ-Ebene
2. Planetärbewegung in der X-Y-Ebene

Je nach Bearbeitungsart können diese Prozesse vollständig asynchron oder zum Teil synchronisiert zueinander verlaufen.

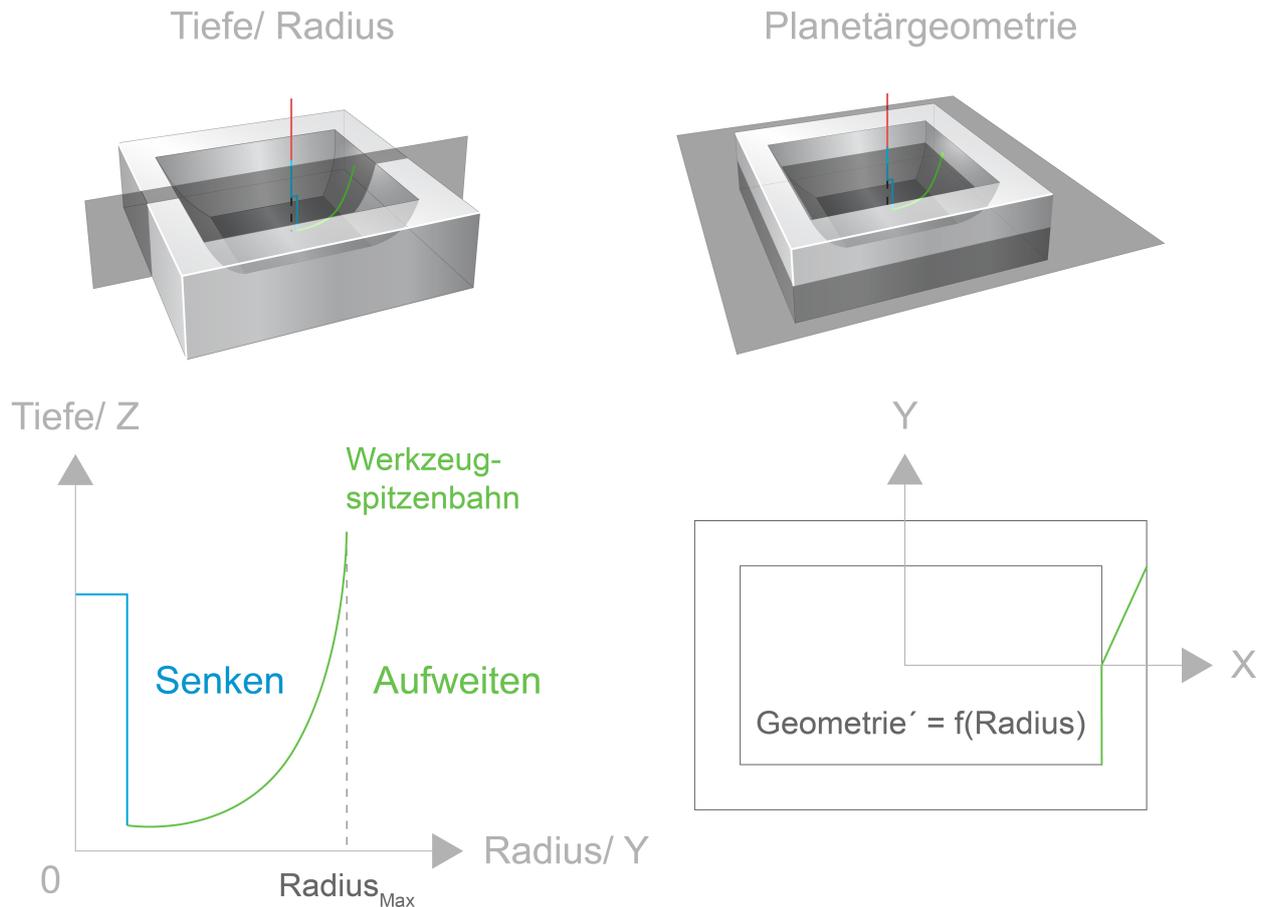


Abb. 4: Aufteilung in Senk- und Planetärbewegung

Für die Rückzugsbewegung der Elektrode ist noch ein dritter Prozess aktiv. Dieser übernimmt in Echtzeit die funkengeneratorgesteuerte Rückzugsstrategie sowie auch den Spülvorgang.

CNC Architektur für das Senkerodieren

Um diese Anforderungen des Erodierprozesses zu erfüllen, sind in der CNC-Steuerung drei NC-Kanäle im Einsatz, welche zusammen die Achsen der Erodiermaschine steuern.

Diese drei Kanäle sind in nachfolgender Abbildung dargestellt. Sie werden im folgenden Dokument wie folgt genannt:

1. Senkkanal
2. Planetärkanal
3. Rückzugskanal

Jeder Kanal wird grundsätzlich mit seinem eigenen NC-Programm beauftragt und besitzt seine eigene Status- und Positionsanzeige. Dabei steuert der Senkkanal als Hauptkanal den Planetär- und Rückzugskanal und stellt eine Kopplung der Kanäle her.

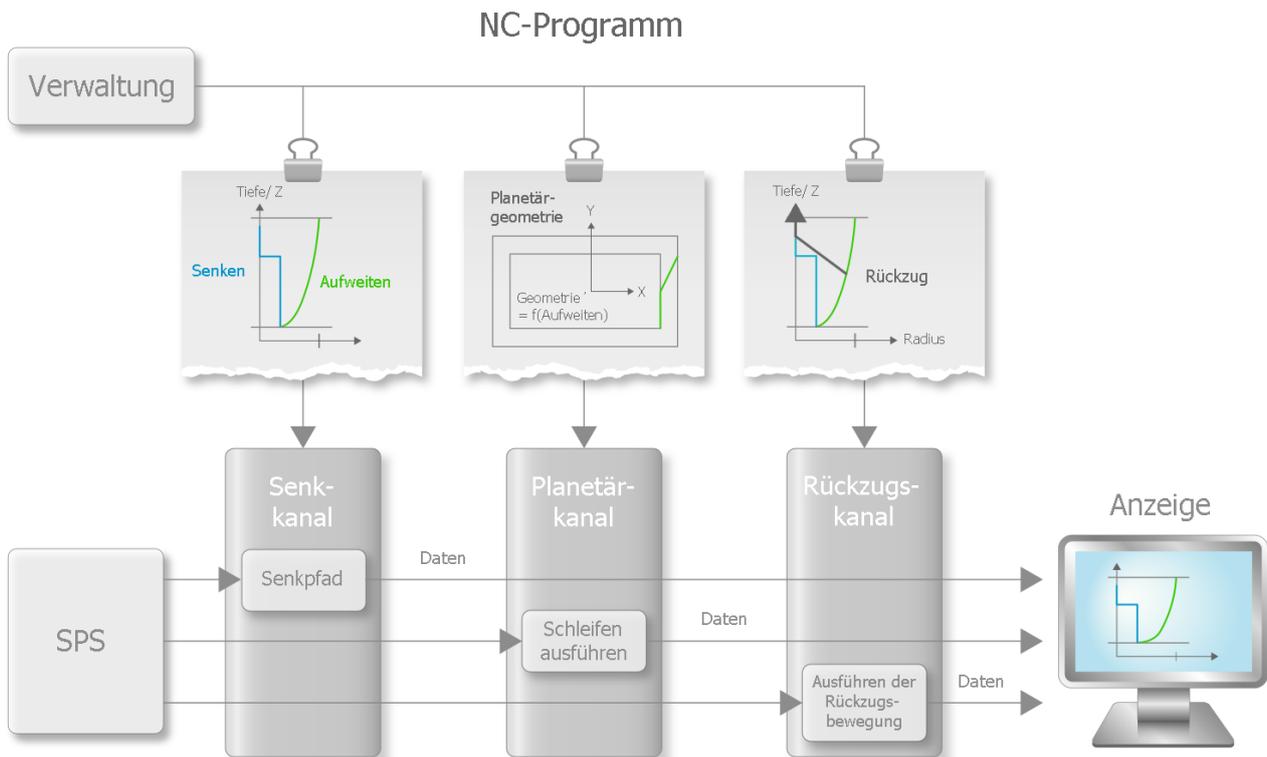


Abb. 5: Die drei Kanäle des Senkerodierens

Der **Senkkanal** besitzt die Aufgabe des Hauptkanals, wodurch er die anderen beiden Kanäle beauftragt und startet. In seinem NC-Programm werden unter anderem die Geometrie der Positionierung und die Erosion auf der Bahn ausgeführt. Während dem planetärem Aufweiten darf in ihm nur noch eine zweidimensionale Kontur programmiert werden (siehe Darstellung oben).

Der **Planetärkanal** führt dabei simultan in einer Endlosschleife die Bewegung auf seiner programmierten Geometrie durch. Die dabei an den Senkkanal zurückgegebenen X- und Y-Koordinaten sind abhängig von der aktuellen Position im Planetärkanal und dem vom Senkkanal übergebenen Radius. Durch die Überlagerung dieser beiden zweidimensionalen Bewegungen entsteht die resultierende dreidimensionale Bewegung.

Der **Rückzugskanal** wird im selben Koordinatensystem wie der Senkkanal programmiert. Mit diesem Kanal wird die Rückzugsbewegung der Elektrode gesteuert. Es existieren unterschiedliche Strategien, die ausgehend von der aktuellen Position im Senkkanal einen Rückzugspfad zur Programmlaufzeit berechnen. Auf diesem Rückzugspfad bewegt sich der Rückzugskanal. Dadurch ist es möglich, die Spaltgröße unabhängig vom Programmfortschritt im Senkkanal einzustellen. Die Geschwindigkeit des Rückzugskanals, ist ebenso wie die Geschwindigkeit im Senkkanal, eine durch den Prozess gesteuerte Größe und wird durch einen Funkengenerator vorgegeben. Außerdem wird der Rückzugskanal für die Beauftragung des Spülvorgangs durch eine Abhebebewegung verwendet, welcher einen optimalen Spülprozess, einen schnellen Rückzug und ein schnelles Wiederanfahren auf dem Rückzugspfad ermöglicht.

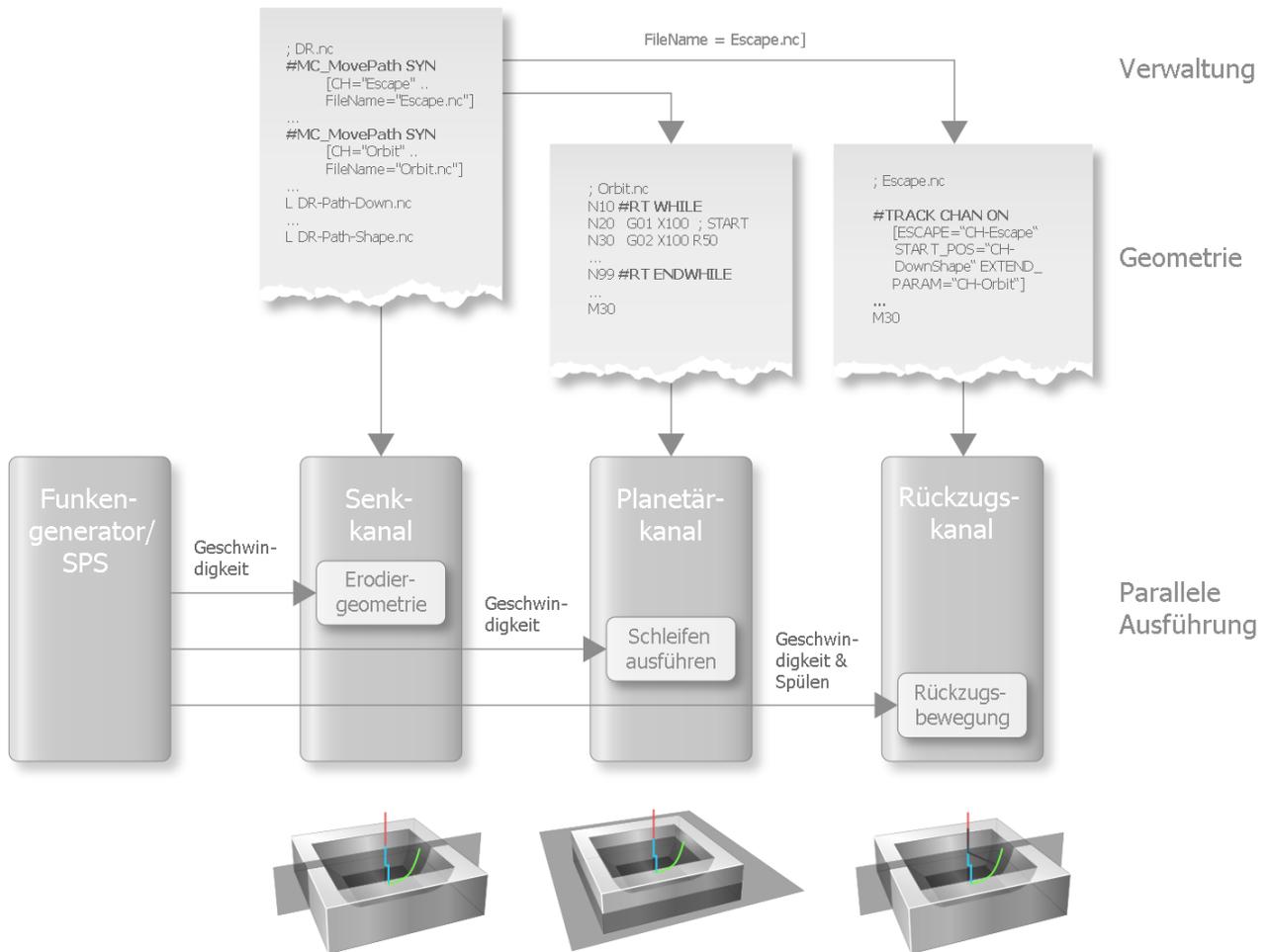


Abb. 6: NC-Programme der drei Kanäle beim Senkerodieren

Durch diesen Ansatz mit getrennten Kanälen ist es möglich, den Fortschritt in der RZ-Ebene unabhängig vom Fortschritt der Planetärbewegung zu gestalten und dabei mittels des Rückzugskanals die Spaltgröße ständig anzupassen.

Ebenso besteht die Möglichkeit, bei konstanter Position im Senkkanal und vorhandener Geschwindigkeit im Planetärkanal sich auf einer Planetärscheibe zu bewegen. Durch Regelung der Rückzugsgeschwindigkeit kann der Spaltabstand und damit die Oberflächengüte auf der Scheibenhöhe optimiert werden (siehe Scheiben Verwaltung).

Regelung des Erodierprozesses

Die Regelung des Erodierprozesses durch den Funkengenerator erfolgt bei der CNC vollständig über die SPS. Die SPS kann die Geschwindigkeitsvorgabe des Generators über die externe Geschwindigkeitsschnittstelle (Control Unit `ext_command_speed` [▶ 115]) auf die einzelnen Kanäle verteilen.

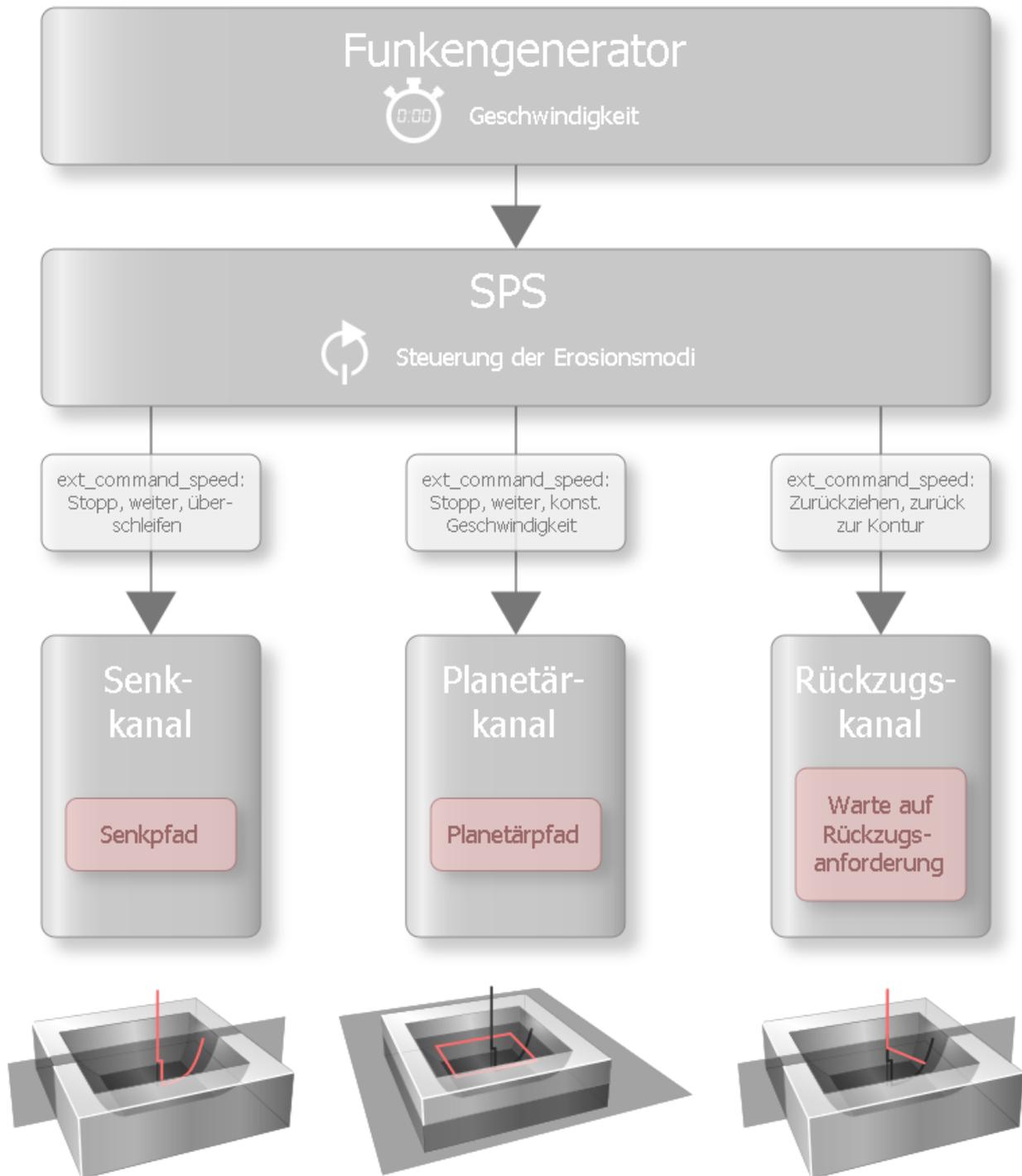


Abb. 7: Steuerung der Erosionsmodi

Diese verteilte Vorgabe der Geschwindigkeiten bietet die Möglichkeit verschiedene Erosionsmodi mit der gleichen CNC Architektur zu realisieren. Es folgen hier zwei Beispiele und im Kapitel 3.5 folgen noch weitere und wie genau diese Erosionsmodi programmiert werden müssen.

Alternierendes Planetäraufweiten

Bei vorhandener Geschwindigkeit im Planetärkanal und konstanter Position im Senkkanal entstehen horizontale Scheiben. Durch eine Bewegung im Senkkanal können Scheiben auf unterschiedlichen Höhen ausgeführt werden.

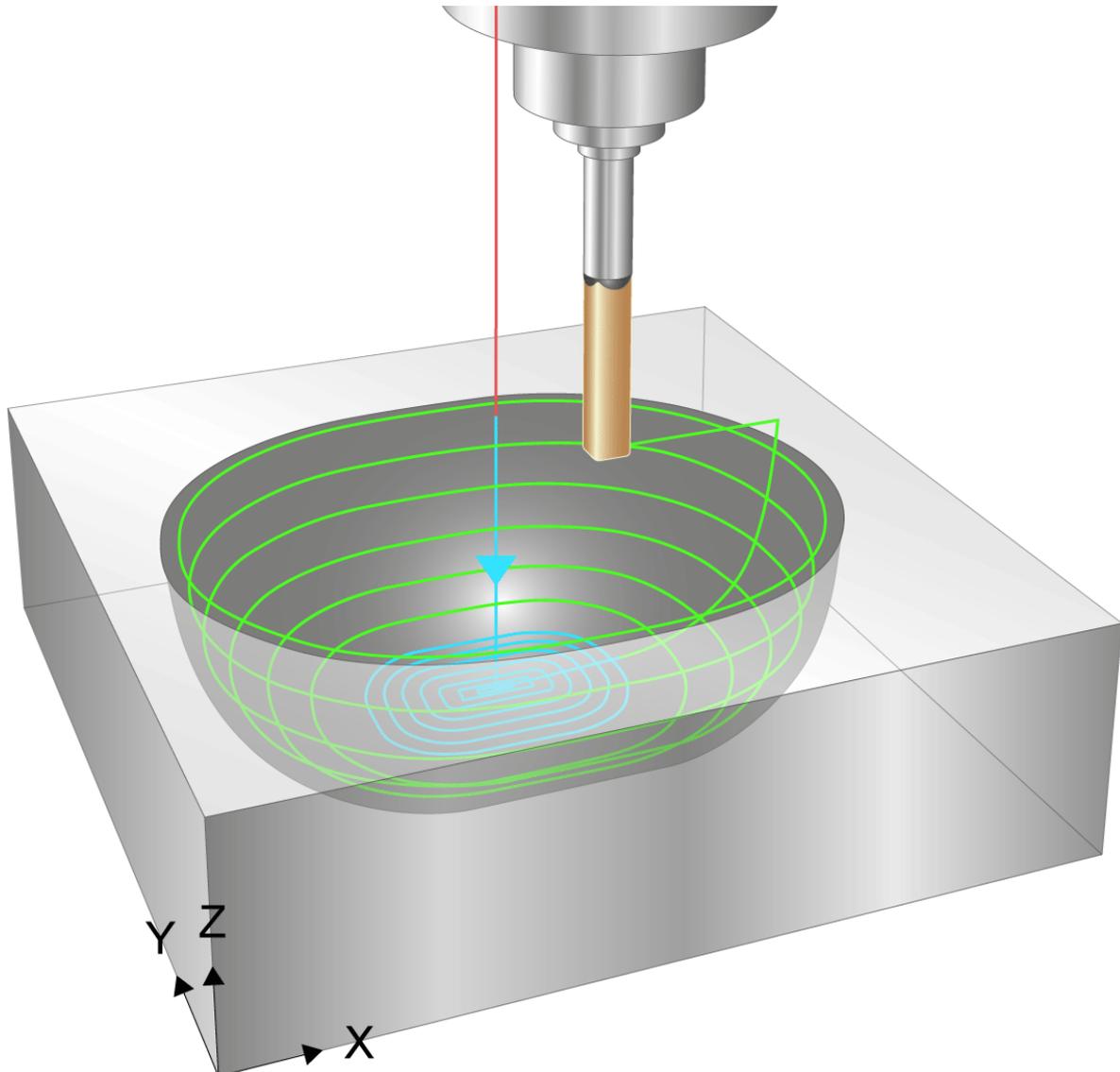


Abb. 8: Alternierendes Planetäraufweiten

Sternförmiges Planetäraufweiten

Durch die Unabhängigkeit des Planetärkanals ist es auch möglich bei konstanter Position im Orbit und vorhandener Bewegung im Senkkanal eine Bewegung auf einer vertikalen Ebene durchzuführen, um so z.B. die Oberflächengüte in den Ecken einer Geometrie auf den gewünschten Wert zu bringen. Eine Werkzeugbewegung aufgrund dieser Bearbeitungsstrategie ist in nachfolgender Abbildung dargestellt.

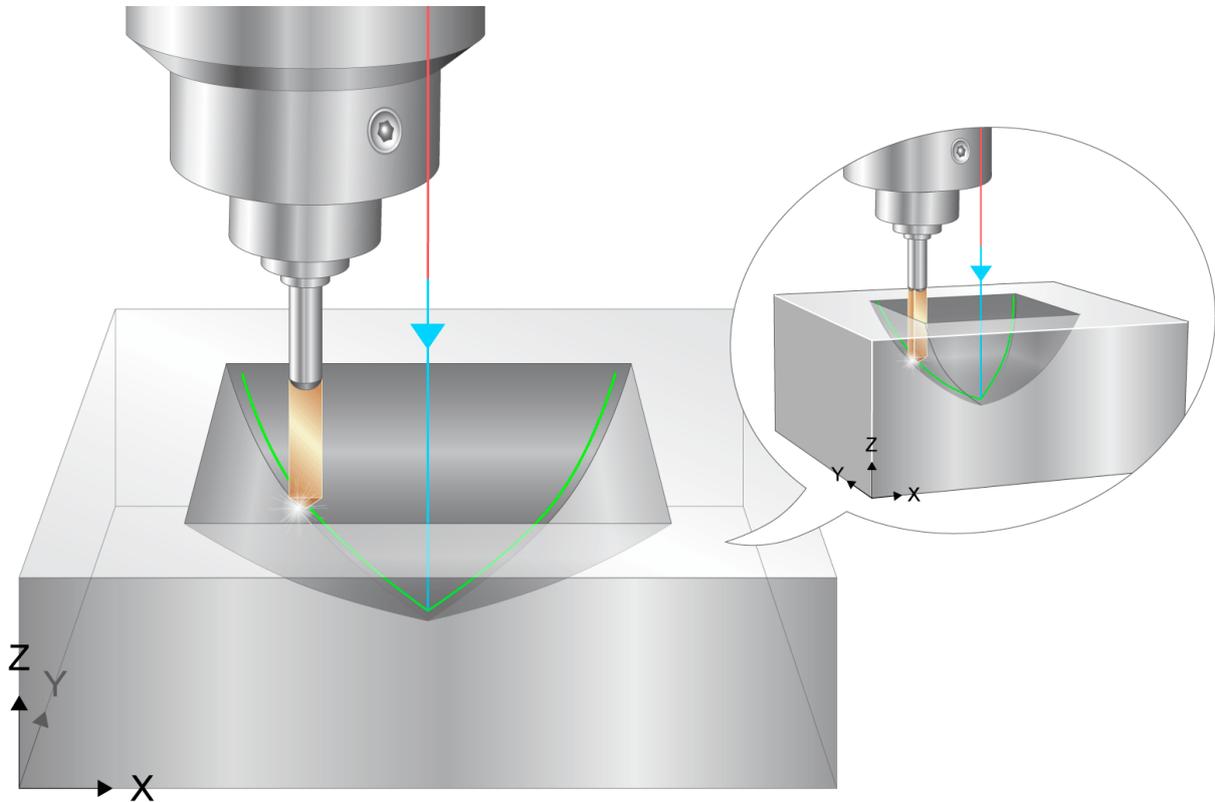


Abb. 9: Sternförmiges Planetäraufweiten

2.1 Senkkanal

Der Senkkanal hat die Funktion eines Masterkanals. Durch die von ihm ausgelösten Kanalkopplungen werden implizit die unterschiedlichen Phasen des Erodierens [► 14] beschriftet.

Die Kanalkopplungen müssen in einer festen Reihenfolge durchgeführt werden. Der Ablauf bei einem Senkerodierprogramm ist folgendermaßen:

1. Starten des Haupt-NC-Programms im Senkkanal
2. Positionierung
3. Aktivieren des Rückzugskanal
4. Start des Erodierprozesses auf einer Bahn (optional)
5. Aktivieren des Planetärkanals und starten des Erodierprozesses für ein Planetäraufweiten. (optional)
6. Deaktivieren der Hilfskanäle
7. Rückzug der Elektrode und Ende der Bearbeitung

HINWEIS

Während den Kopplungen/ Entkopplungen müssen sich die Kanäle im Stillstand befinden

Ist dies nicht der Fall, wird der Fehler mit ID 51021 ausgegeben

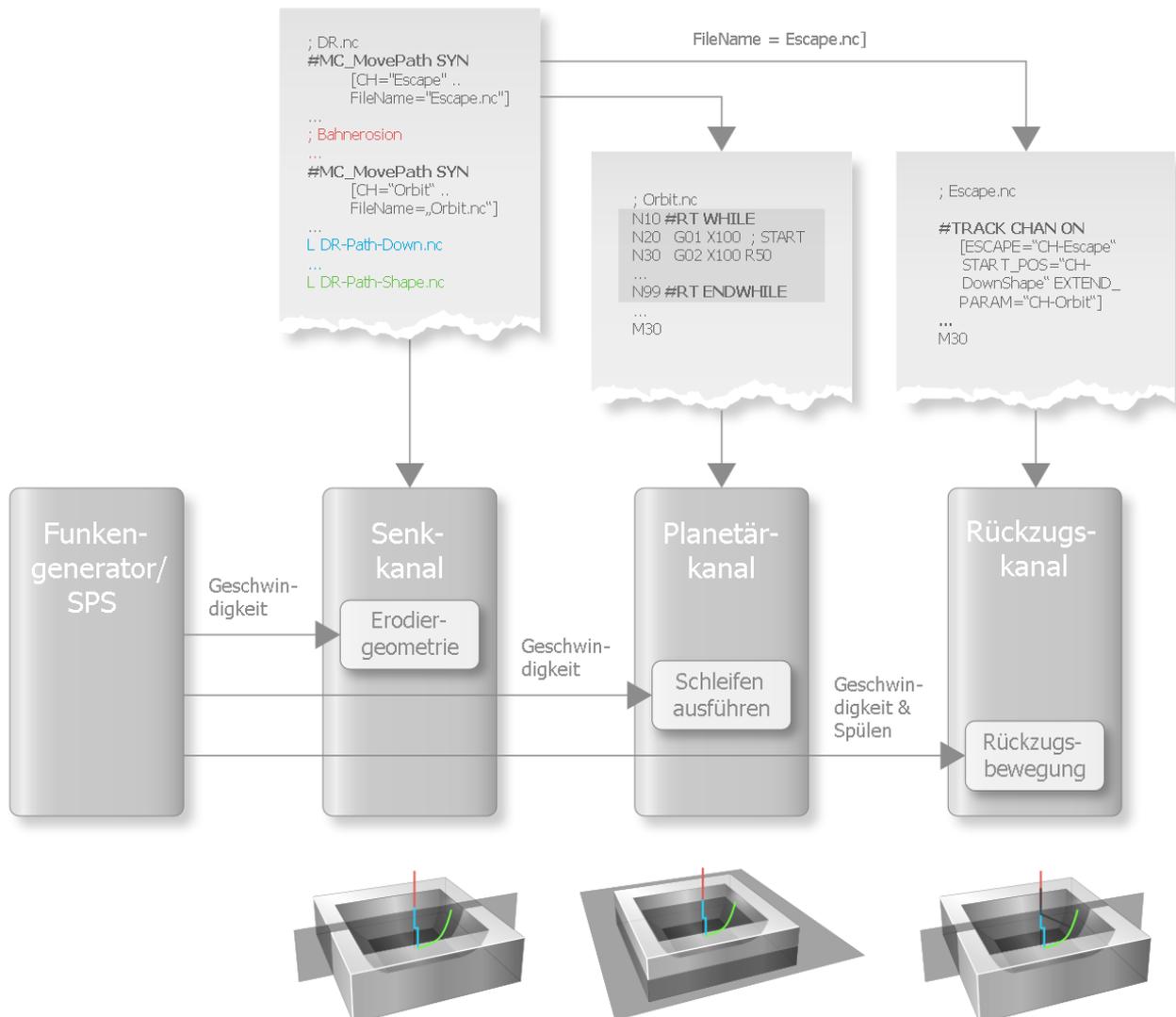


Abb. 10: Bearbeitungsphasen beim Senkerodieren

2.1.1 Positionierung

Vor Beginn des Erodierprozesses muss die Elektrode im Senkkanal über dem Werkstück positioniert werden. In dieser Phase sind der Planetär- und Rückzugskanal inaktiv und der Senkkanal arbeitet wie ein Standard-NC-Kanal. Das bedeutet, dass durch den Senkkanal, unter Verwendung von Koordinatensystemen und kinematischen Transformationen, alle Achsen physikalisch bewegt werden können.

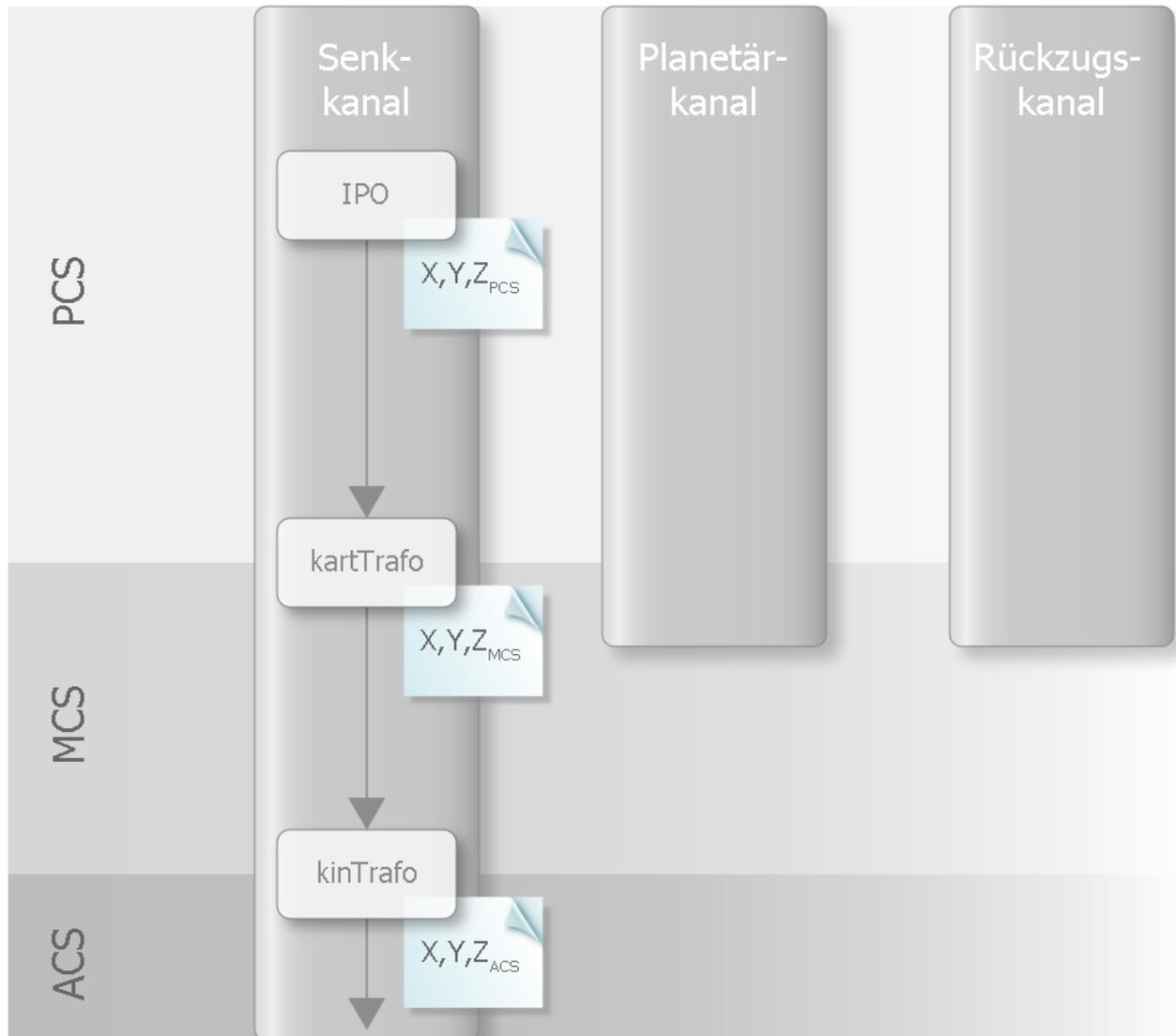


Abb. 11: Übersicht Senkkanal bei der Positionierung

2.1.2 Erodieren auf der Bahn

Das Erodieren auf der Bahn ist die erste Phase mit aktivem Erodierprozess. Da der Rückzugskanal die Rückzugsbewegungen der Elektrode durchführt, muss dieser vor der Geometrie zum Erodieren auf der Bahn (GEB) aktiviert werden.

Die Aktivierung des Rückzugskanals bedeutet implizit den Eintritt in die Phase zur Erosion auf der Bahn. Der Planetärkanal bleibt während dieser gesamten Phase inaktiv. Der Rückzugskanal kann durch die Kanalkopplung mit Überlagerung der Koordinaten aller Achsen, Erodier- und Spülbewegungen ausführen.

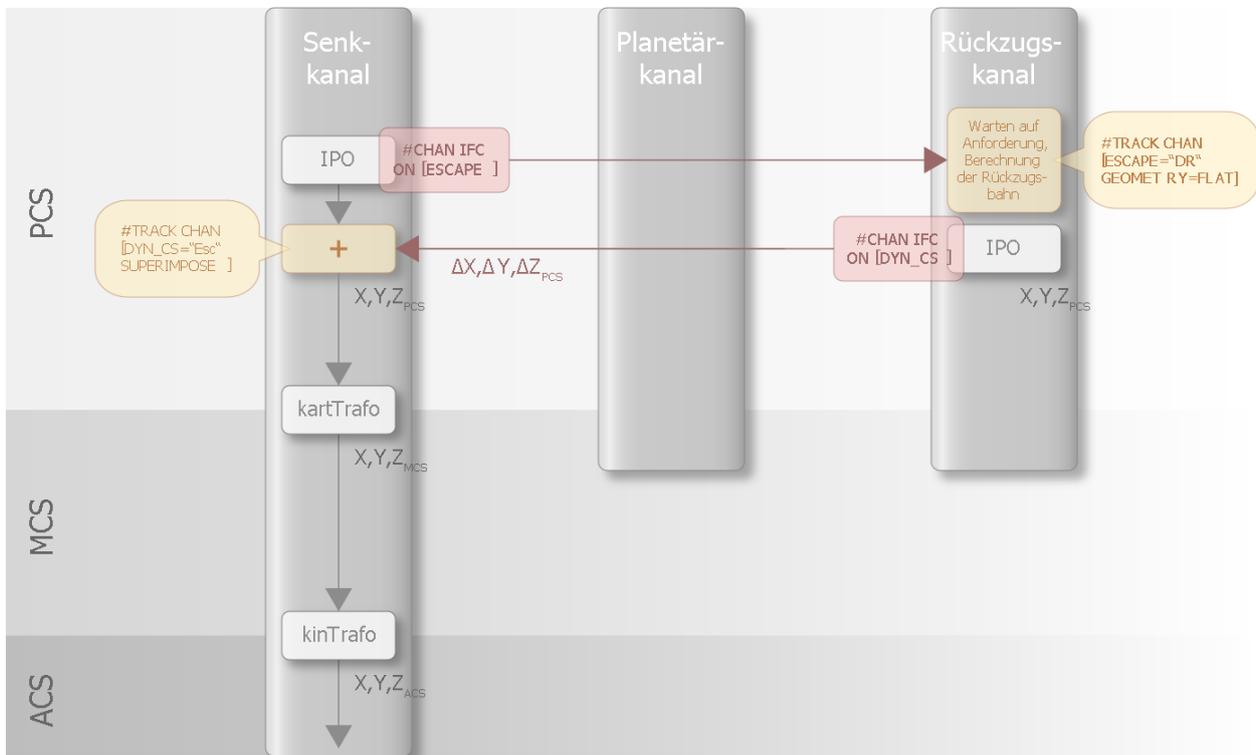


Abb. 12: Kanalsicht bei Erodieren auf der Bahn

2.1.3 Planetäres Aufweiten

Das planetäre Aufweiten beginnt mit der Aktivierung des Planetärkanals.

Ab diesem Zeitpunkt verändert sich auch die Programmierung des Senkkanals. Bei aktivem Planetärkanal wird im Senkkanal nur noch in einer 2D-Ebene programmiert (Radius-Z, Y-Z), weil der Planetärkanal in einer dazu senkrechten 2D-Ebene (X-Y) überlagert. Durch die Überlagerung entsteht eine 3D-Bewegung. Für die Überlagerung verwendet der Planetärkanal den vom Senkkanal gelieferten Radius und skaliert damit die Planetärgeometrie.

Während des planetären Aufweitens wird der Rückzug der Elektrode oder auch die Spülbewegung durch schnelles Anheben der Elektrode durch den Rückzugskanal gesteuert.

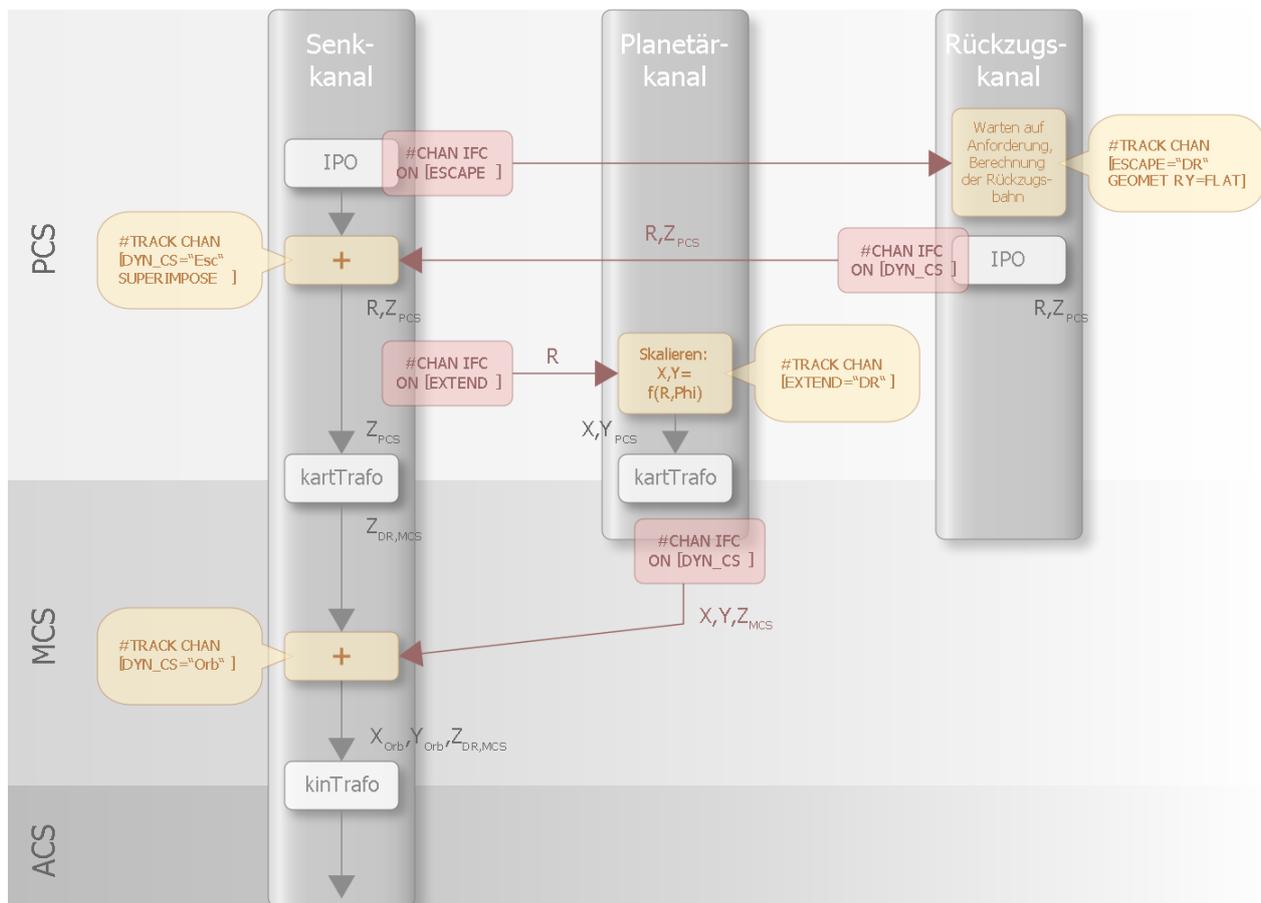


Abb. 13: Überblick über die Kanalkopplungen beim planetären Aufweiten

2.1.4 Bearbeitung beenden

Nach der Fertigstellung des Werkstücks werden die Kanalkopplungen gelöst und das System befindet sich wieder im gleichen Zustand wie in der Positionierphase.

Der Senkkanal wird wieder zu einem Standard NC-Kanal und es kann im 3D-Raum programmiert werden. Die Elektrode kann somit aus dem Werkstück gezogen und auf die Endposition gefahren werden.

Es ist aber auch möglich nach Lösen der Kanalkopplung im gleichen NC-Programm eine erneute Erodierbearbeitung durchzuführen. Diese muss wieder mit einer Positionierung begonnen werden.

Ein vorzeitiges Beenden der aktuellen Bearbeitung ist möglich.

i Siehe dazu Kapitel: [Wechsel der Generatoreinstellungen](#) [▶ 53]

2.1.5 Scheiben Verwaltung

Beim planetären Aufweiten können mit der Funktionalität „Einfügen von Bewegungsstopps“ [FCT-C41 Einfügen von STOP-Marken, Kapitel: Beschreibung] online Bewegungsstopps während des Erodierprozesses durch die SPS eingefügt werden. Bei frei drehendem Planetärkanal kann die Oberflächengüte auf dieser „Scheibe“ erfasst und optimiert werden.

Durch diese Funktionalität lässt sich die Senk- und Aufweitgeometrie mit unterschiedlichen „Scheiben“ durchführen. Durch das Einfügen von solchen Scheiben in der Geometrie des Senkkanals hat die SPS die Möglichkeit, die Konturgenauigkeit zu kontrollieren und somit die gewünschte Bearbeitungsqualität zu erreichen.

Als Maß für die erreichte Bearbeitungsqualität kann hier z.B. die Geschwindigkeitsvorgabe des Funkengenerators herangezogen werden.

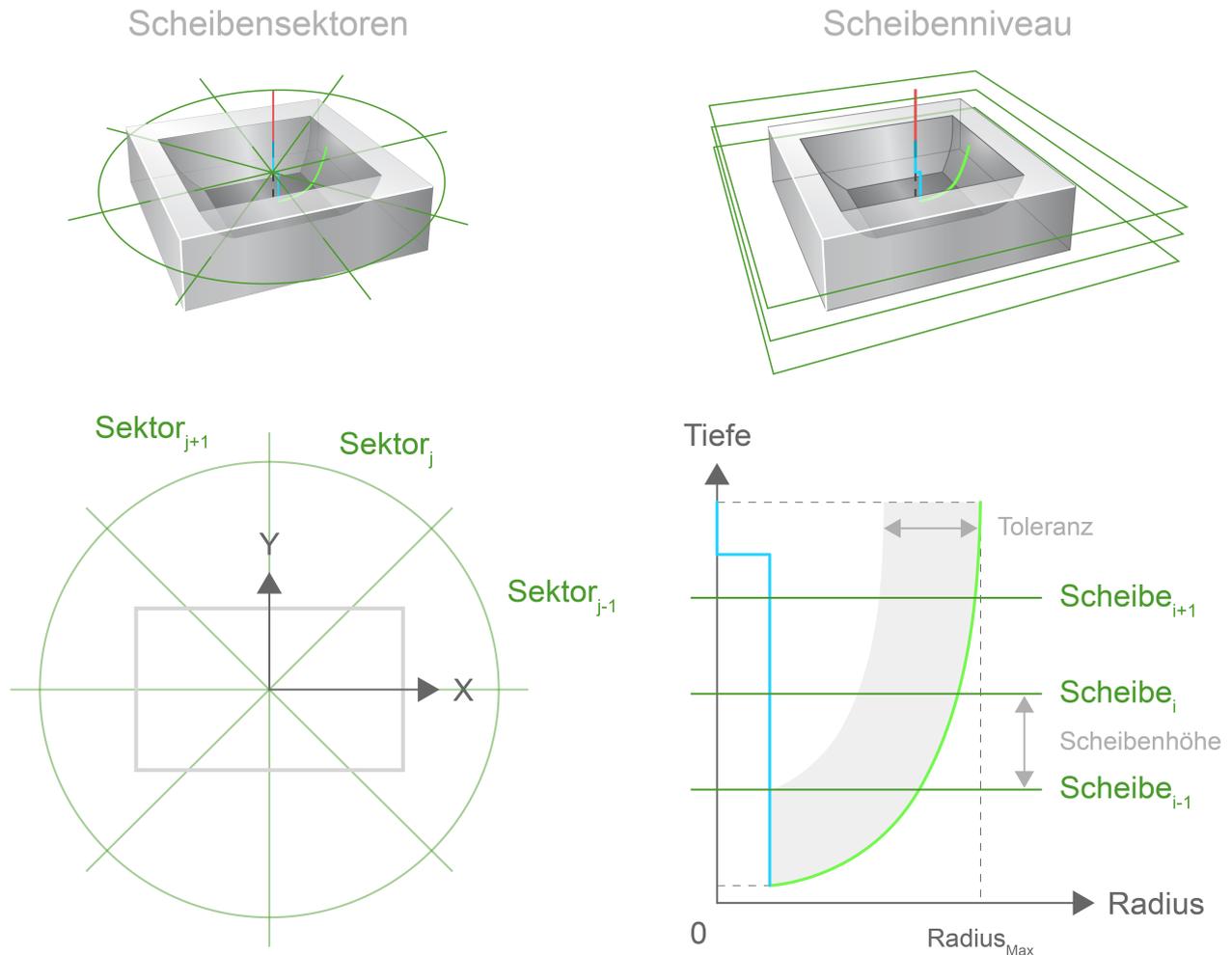


Abb. 14: Überwachen der Bearbeitungsqualität durch Einfügen von Scheiben über die SPS

2.2 Planetärkanal

Der Planetärkanal hat die Aufgabe die Bewegung der Elektrode in der X/Y-Ebene durchzuführen. Hierzu transformiert er den aktuell gelieferten Radius auf seine programmierte Planetärgeometrie. Bei dieser Transformation wird zwischen einer Skalierung ($r_{Akt} < r_{MaxSkal}$) der Planetärgeometrie und einer äquidistanten Anpassung der Planetärgeometrie ($r_{Akt} > r_{MaxSkal}$) unterschieden. Bei aktivem Planetärkanal bewegt sich der Senkkanal nur noch auf der R/Z-Ebene. Die 3D-Bewegung ergibt sich aus der Überlagerung des Planetärkanals.

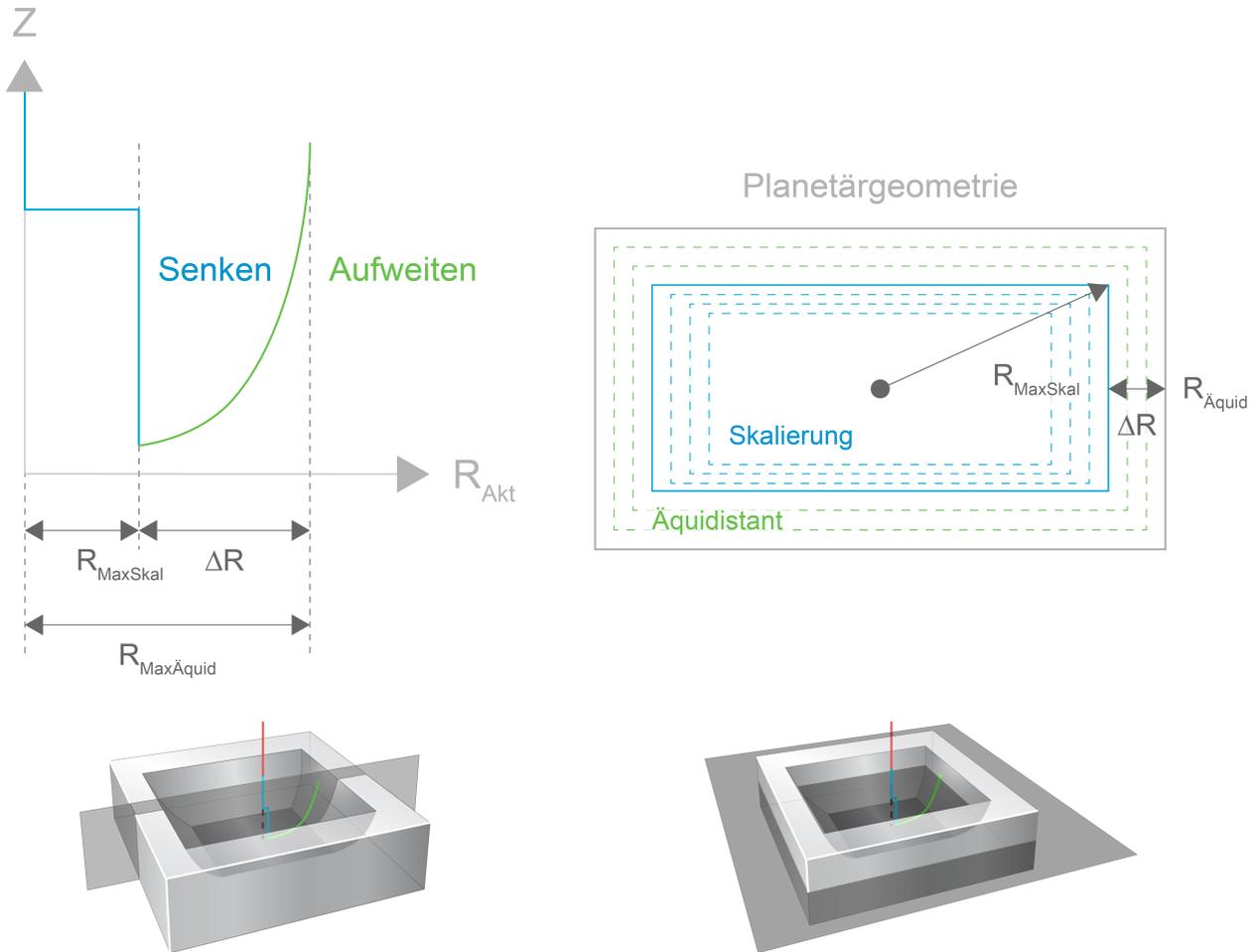


Abb. 15: Anpassung der Planetärgeometrie abh. vom aktuellen Radius der Senkkanals

Die vom Planetärkanal überlagerten X- und Y-Koordinaten sind abhängig vom durch den Senkkanal bereit gestellten Radius und der aktuellen PCS Position auf der Geometrie des Planetärkanals. Die dargestellte Kanalschnittstelle in nachfolgender Abbildung verdeutlicht dies.

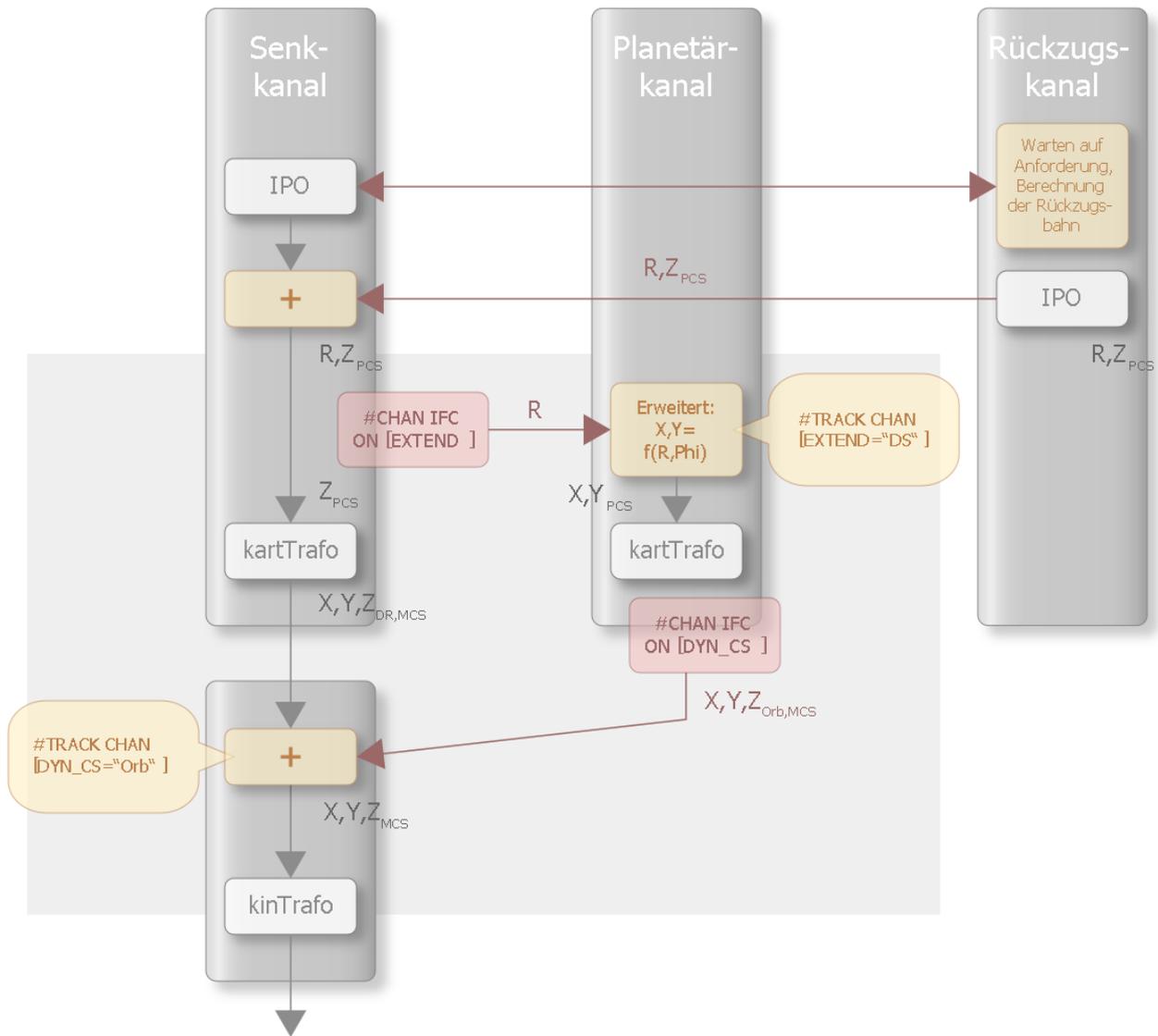


Abb. 16: Darstellung Kanalschnittstelle

2.2.1 Planetärgeometrien

Die im Planetärkanal programmierte Kontur muss einige Anforderungen in Abhängigkeit der gewählten Planetärstrategie erfüllen. Dabei sind zwei Strategien verfügbar, mit denen die Art und Weise bestimmt wird, wie die im Planetärkanal programmierte Kontur in Abhängigkeit des Radius verkleinert wird:

Skalierung: $0 \leq R \leq R_{\text{MaxSkal}}$

Der Orbit skaliert die Planetärgeometrie abhängig vom aktuellen Radius mit dem linearen Skalierungsfaktor $= R / R_{\text{MaxSkal}}$ gegenüber dem Zentrum (0/0).

Äquidistante: $R_{\text{MaxSkal}} < R \leq R_{\text{MaxÄquid}}$

Für die Planetärgeometrie wird eine geeignete Äquidistante zur programmierten Kontur berechnet.

Für die Bereiche Skalierung und Äquidistante gilt: $0 \leq R_{\text{MaxSkal}} \leq R_{\text{MaxÄquid}}$.

Die Skalierung kann durch $R_{\text{MaxSkal}} = 0$ deaktiviert werden. Der äquidistante Bereich kann durch $R_{\text{MaxÄquid}} \leq R_{\text{MaxSkal}}$ deaktiviert werden.

Im rechten Teil der nachfolgenden Abbildung ist dargestellt, wie das im Planetärkanal programmierte Rechteck (grau) bis R_{MaxSkal} mit äquidistantem Abstand verkleinert wird. Die Skalierung wird anschließend von R_{MaxSkal} bis $R=0$ geändert. Auf die Anforderungen an die Planetärgeometrie wird im Folgenden eingegangen.

2.2.1.1 Erlaubte Planetärgeometrien beim Modus „Skalierung“

Für den Modus „Skalierung“ ist jede Planetärgeometrie erlaubt. So dürfen z.B. lineare, zirkulare und polynomiale (Splines) Elemente miteinander kombiniert werden. Zudem ist es erlaubt, den Ursprung außerhalb der Geometrie zu platzieren.

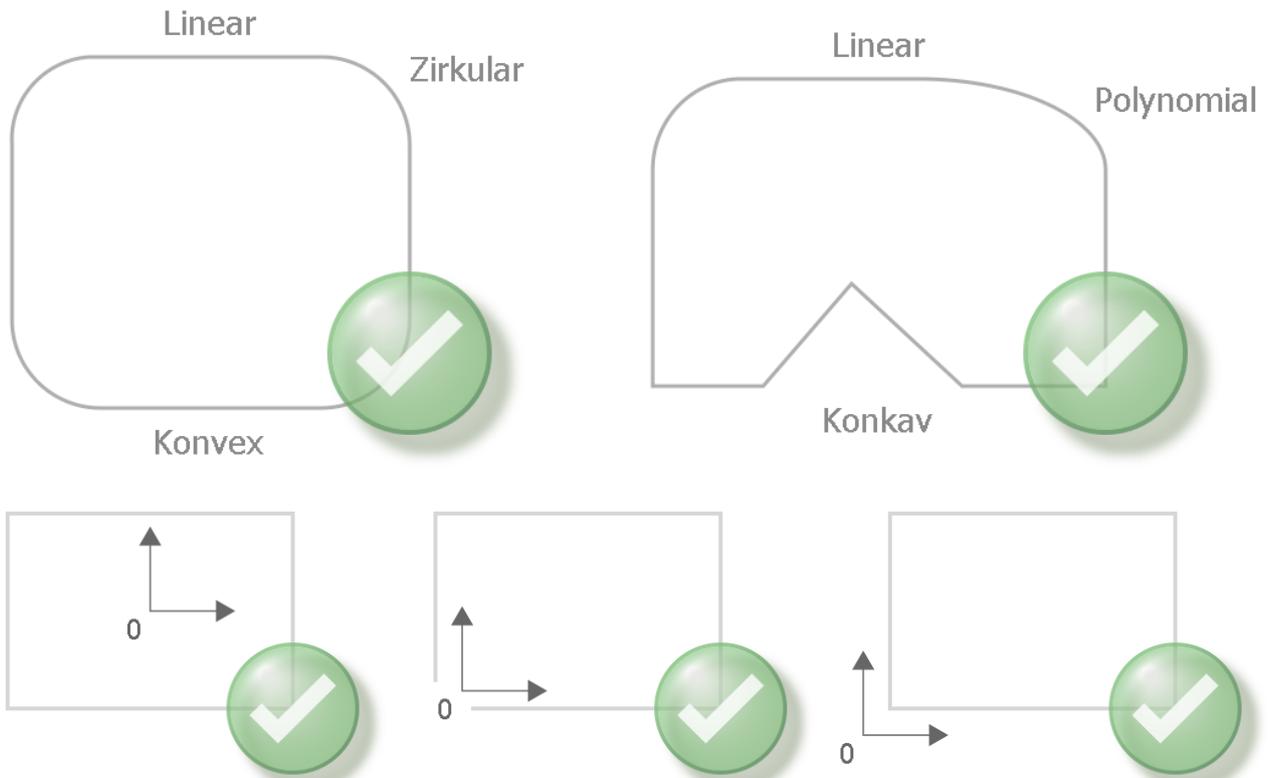


Abb. 17: Zulässige Geometrielemente im Modus „Skalierung“.

2.2.1.2 Erlaubte Planetärgeometrien beim Modus „Äquidistant“

Für den Modus „Äquidistant“ darf die Geometrie ausschließlich aus linearen und zirkularen Elementen bestehen. Es sind keine polynominalen Elemente erlaubt.

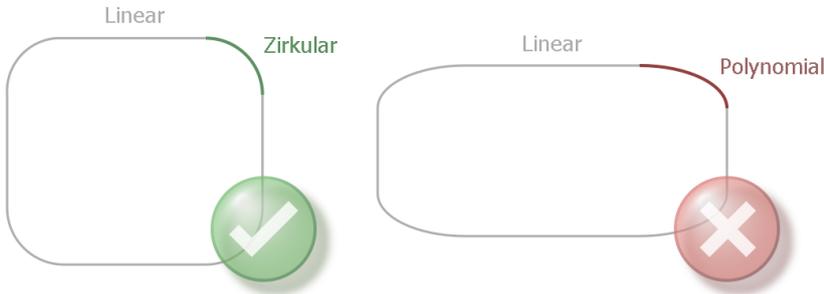


Abb. 18: Zulässige Geometrieelemente im Modus Äquidistant

i Die Geometrien müssen konvex sein.

Bei konkaven Geometrien wird ein Fehler mit der ID 50918 ausgegeben.

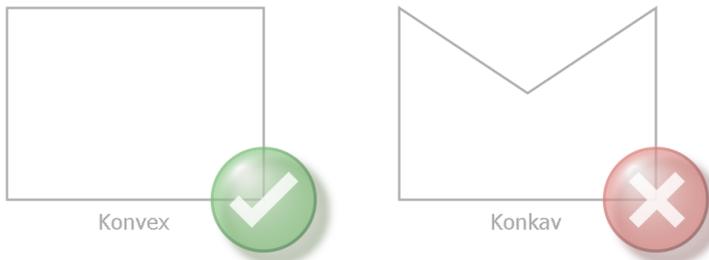


Abb. 19: Zulässige Geometrieform im Modus Äquidistant

Der Ursprung (0/0) muss sich innerhalb des Skalierungsbereichs des Orbits befinden. Nachfolgend sind die Platzierungen des Ursprungs dargestellt:

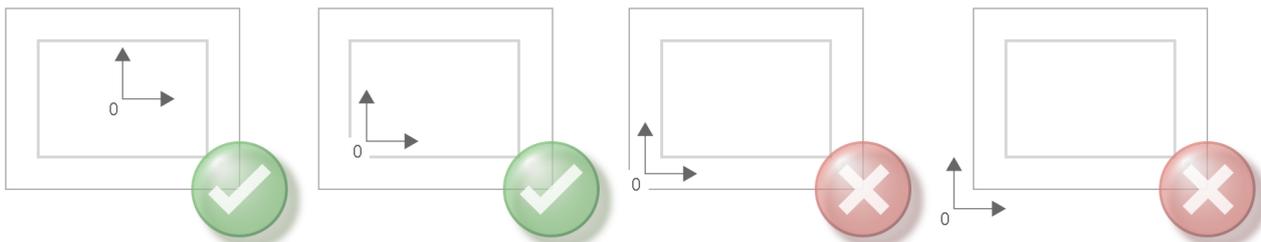


Abb. 20: Zulässige Platzierungen des Ursprungs (0/0) im Modus Äquidistant

Die Äquidistante wird immer innenliegend (vgl. links-/rechtsseitige Werkzeugradiuskorrektur, G41/G42) zur gegebenen Planetärgeometrie berechnet. Hierzu wird die Drehrichtung des Planetärkanals herangezogen, welche automatisch durch die Richtung der programmierten Geometrie definiert ist. Das Rotationszentrum (rechtsdrehend) ist bei der Koordinate (0/0):

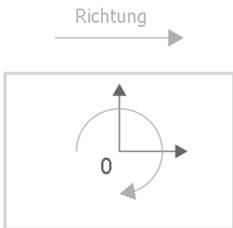


Abb. 21: Planetärdrehrichtung (rechtsdrehend)

Übergänge zwischen zwei Geometrieelementen

Bei der Äquidistantenberechnung gelten für die Übergänge zwischen Linear-/Kreissätzen einige Randbedingungen.

Ein nicht tangentialer Übergang zweier Elemente, wie in nachfolgender Abbildung, benötigt zwei lineare Elemente definierter Länge an der Knickstelle. Die Länge der Elemente beträgt:

$$l_{pre} = l_{post} = \Delta R \cdot \tan(\varphi) \quad \Delta R = r_{max, Äquid} - r_{max, Skal}$$

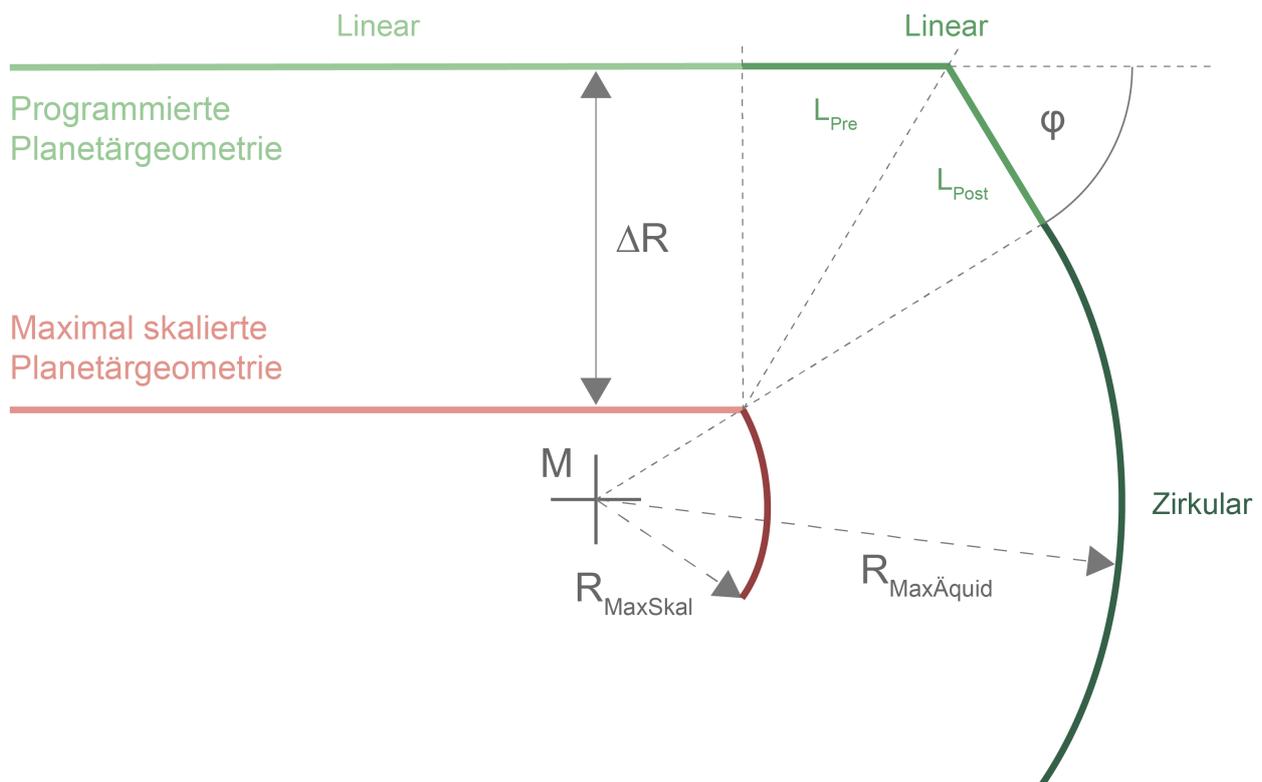


Abb. 22: Nichttangentliche Übergänge mit zwei definierten linearen Elementen

- i** **Jeder Übergang zu einem Kreiselement muss tangential sein.**
Bei nicht tangentialen Übergängen zu Kreisen wird ein Fehler mit der ID 50914 ausgegeben.

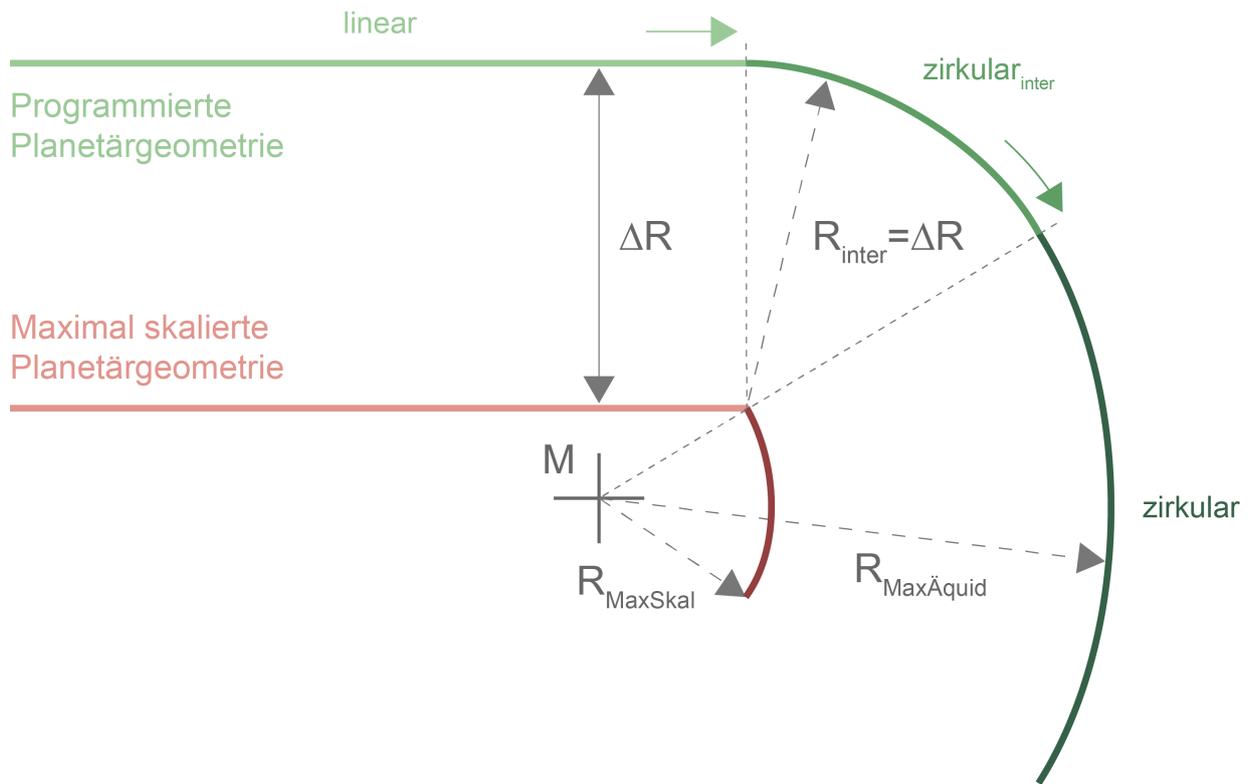


Abb. 23: Tangentialer Kreisübergang

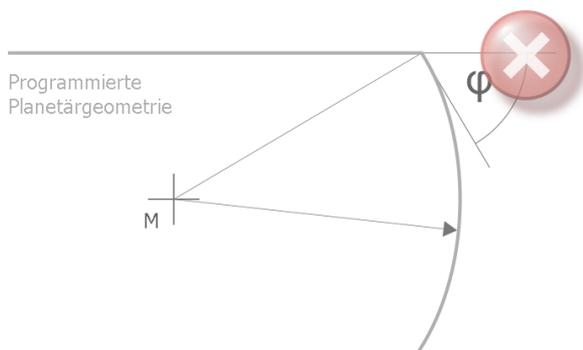
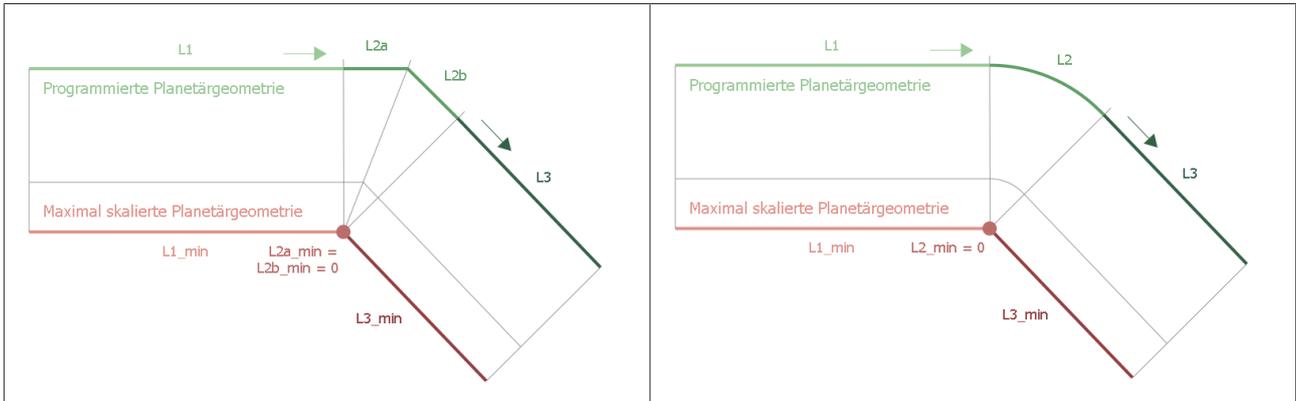


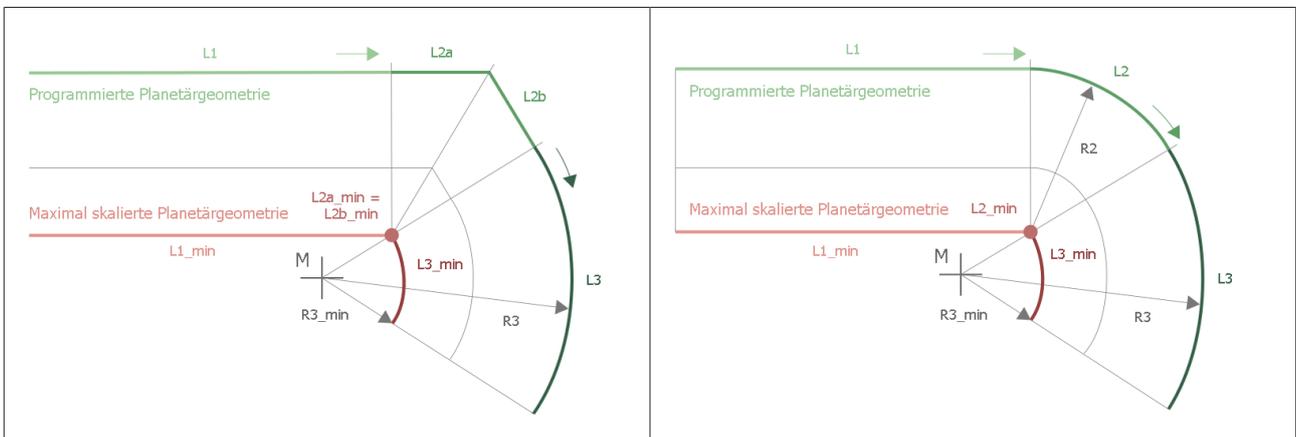
Abb. 24: Unzulässiger nicht tangentialer Übergang zu einem Kreis

Basierend auf den o.g. Anforderungen an Planetärgeometrie im Modus Äquidistant sind folgende Übergänge zwischen Kreis- und Linearelementen möglich:

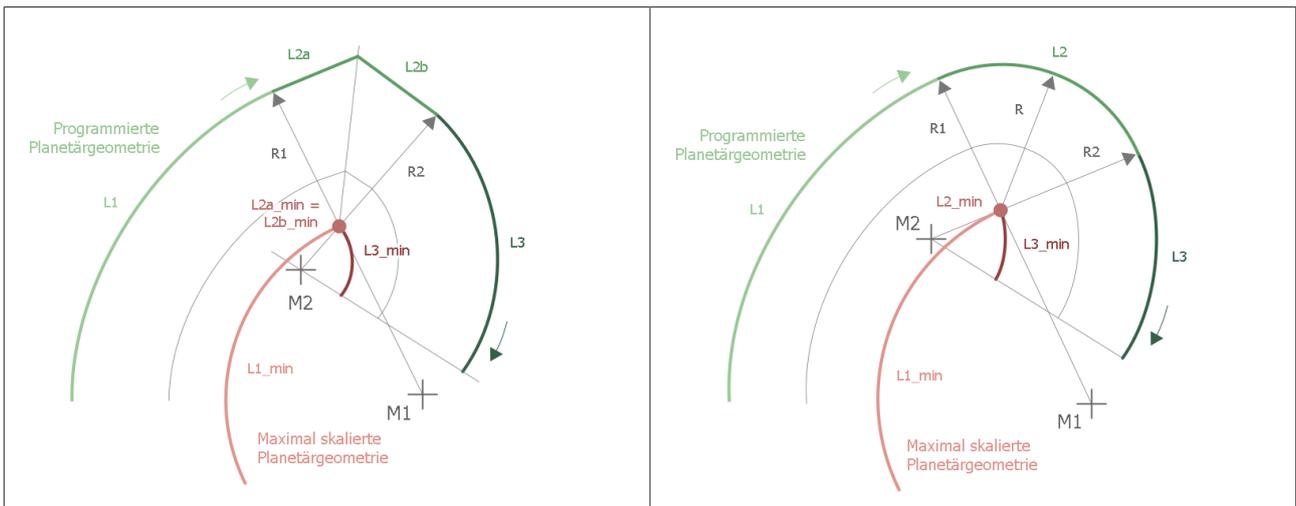
Übergang Linear-Linear:



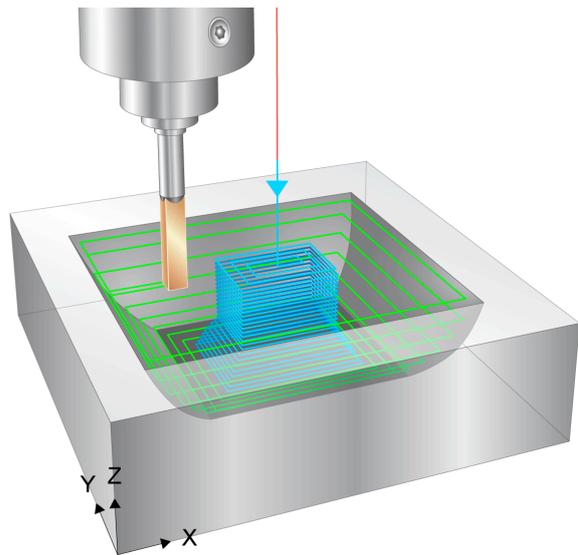
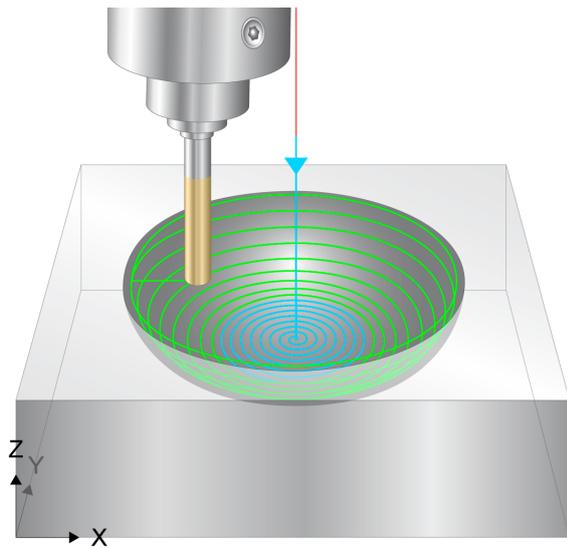
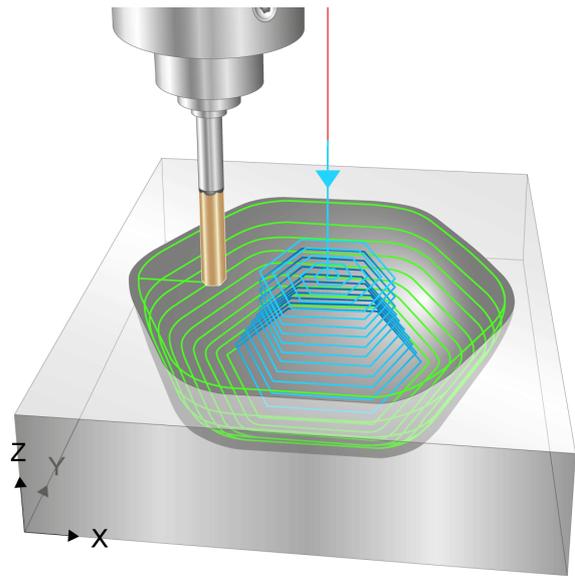
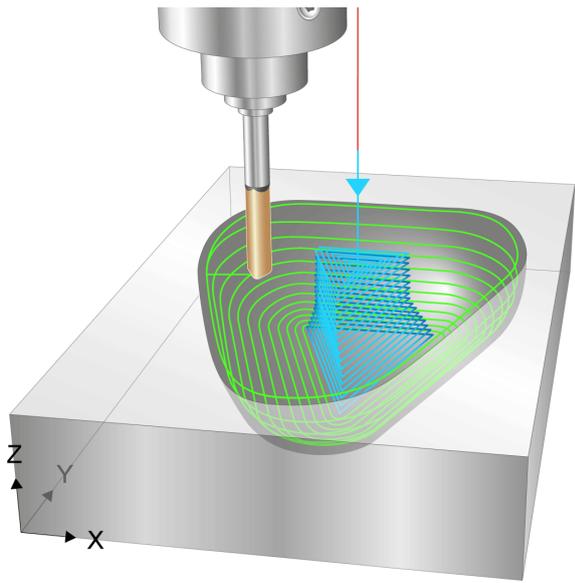
Übergang Linear-Zirkular:

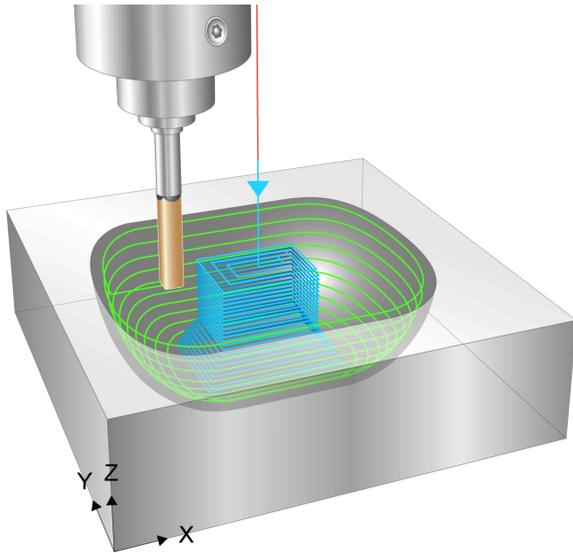


Übergang Zirkular-Zirkular:



2.2.2 Planetärgeometrien Grafikbeispiele





Resultierende Werkstücke unter Verwendung derselben Geometrie im Senkkanal und verschiedenen Planetärgeometrien.

2.3 Rückzugskanal

Die Rückzugsbewegung der Elektrode wird im Rückzugskanal ausgeführt und der Bewegung des Senkkanals überlagert.

In nachfolgender Abbildung ist der Zusammenhang zwischen den Kanalinterfaces und den Überlagerungen ΔZ und ΔR auf die Position des Senkkanals dargestellt:

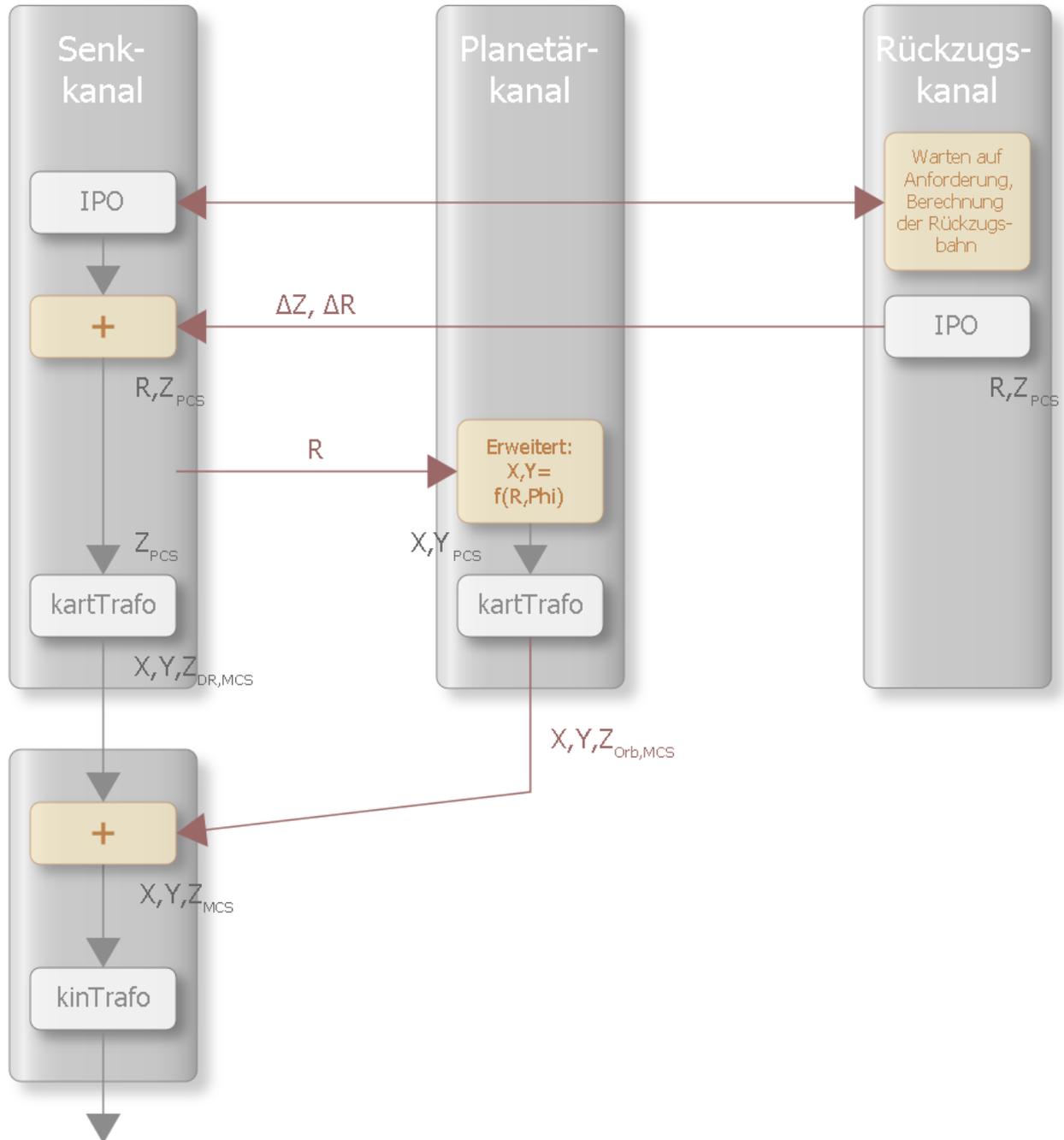


Abb. 25: Überlagerungen ΔZ und ΔR aus dem Rückzugskanal

Der Rückzugskanal muss mit einem NC-Programm initialisiert werden, das folgendes enthält:

- Die Bahnerosionsgeometrie des Senkkanals
- Initialisierung der Schnittstelle zum Senkkanal

Nach Programmende kann ein Rückzug durch Vorgabe einer negativen externen Geschwindigkeit auf der entsprechenden HLI Schnittstelle (Control Unit Externe Vorgabe Bahngeschwindigkeit) beauftragt werden. Die Rückzugsbewegung wird bei jeder Beauftragung ausgehend von der aktuellen Position im Senkkanal berechnet.

Es sind verschiedene Rückzugsstrategien realisiert, die einen unterschiedlichen Rückzugspfad zur Folge haben:

1. Flat - Ebenenstrategie [[▶ 39](#)]
2. Alpha - Winkelstrategie [[▶ 40](#)]
3. Point - Punktstrategie [[▶ 41](#)]
4. Bisector - Strategie der Winkelhalbierenden [[▶ 42](#)]

Bei allen Rückzugsstrategien wird auf den Rückzugspunkt zurückgezogen. Dieser ist im Standardfall der Endpunkt der Bahnerosionsgeometrie. Falls eine Bahnerosion davor programmiert wurde, wird auf dieser Geometrie weiter zurückgefahren.

Durch die Positionsüberlagerung des Senk- und Rückzugskanals kann mit Hilfe des Rückzugskanals bei entsprechend ausgewählter Rückzugsstrategie der Spaltabstand der Elektrode zum Werkstück gemäß der Prozessanforderungen angepasst werden. Die hierzu notwendige Vorgabe der externen Geschwindigkeit im Rückzugskanals erfolgt durch den Funkengenerator.

2.3.1 Erläuterungen der Rückzugsstrategien

2.3.1.1 Ebenenstrategie (Flat-Strategie)

Bei der Flat-Strategie erfolgt die Bewegung, ausgehend von der aktuellen Position im Senkkanal, zuerst auf konstanter Z-Höhe bis Radius 0, gefolgt von einer senkrechten Bewegung bis zum Rückzugspunkt.

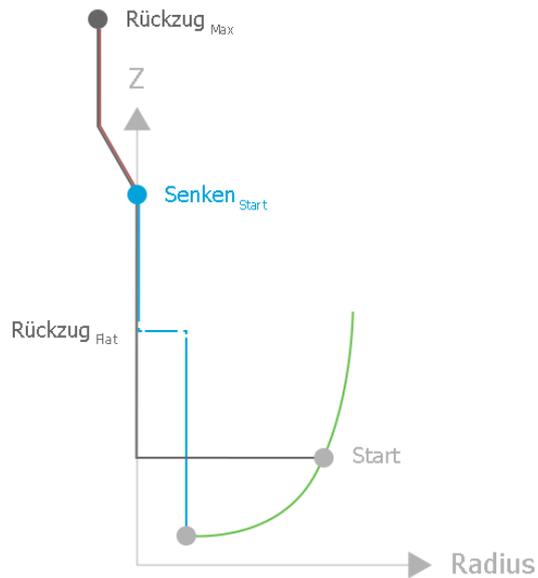


Abb. 26: Ebenenstrategie (Flat-Strategie)

2.3.1.2 Winkelstrategie (Alpha-Strategie)

Die Alpha-Strategie zeichnet sich dadurch aus, dass bei ihr der Winkel angegeben wird, von dem in Rückwärtsrichtung betrachtet, ausgehend von der aktuellen Position des Senkkannals, ein lineares Segment berechnet wird.

- Falls diese Gerade die Z-Achse unterhalb des Rückzugpunktes schneidet (Radius 0) so erfolgt ab dort eine senkrechte Bewegung bis zum Rückzugpunkt (untere Abbildung links).
- Falls der Radius Null nicht unterhalb des Rückzugpunktes erreicht wird, so erfolgt ab dem Schnittpunkt mit der Horizontalen eine horizontale Bewegung bis zum Rückzugpunkt (untere Abbildung rechts).

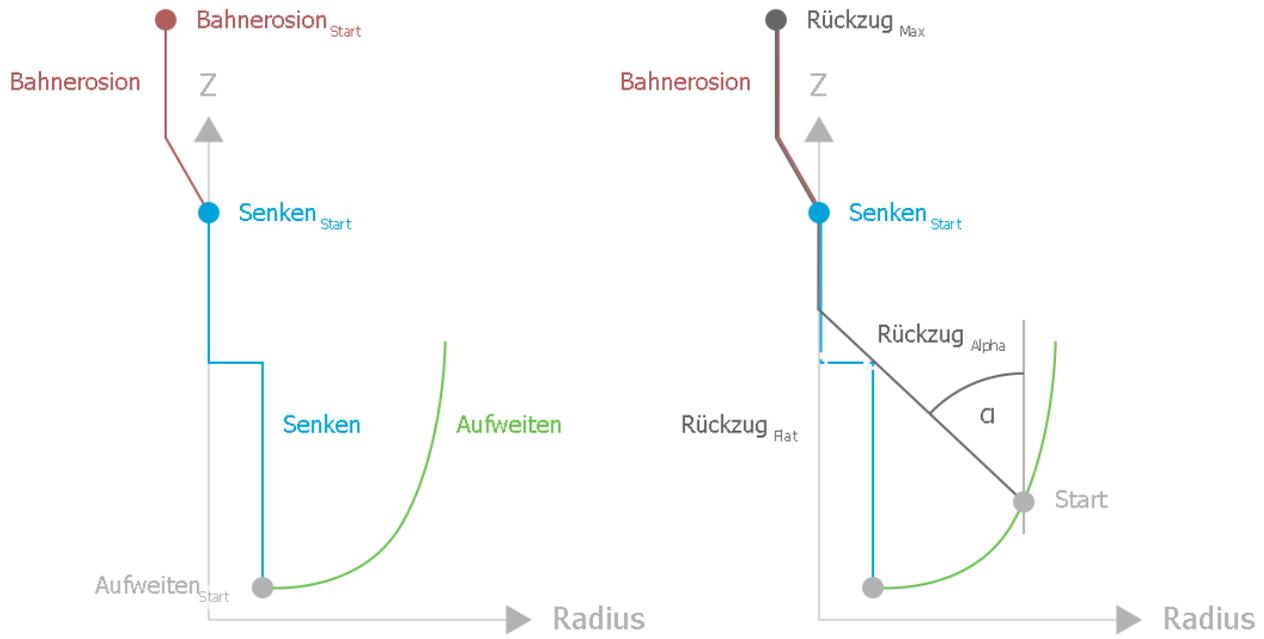


Abb. 27: Winkelstrategie (Alpha-Strategie)

Wird ein Winkel von 90 Grad vorgegeben, so entspricht dies dem Verhalten der Ebenenstrategie (Flat-Strategie) [► 39].

2.3.1.3 Punktstrategie

Bei der Punktstrategie muss vom Anwender ein Punkt definiert werden, dessen Z-Koordinate kleiner oder gleich der Senken_{Start} (Rückzugspunkt) Höhe ist und dessen radiale Koordinate größer oder gleich 0 ist. Abhängig von der aktuellen Position im Senkkanal gibt es dabei drei mögliche Pfade:

1. $Z_{\text{Punkt}} \leq Z_{\text{Start}}$
2. $Z_{\text{Punkt}} > Z_{\text{Start}}$, $\text{Radius}_{\text{Punkt}} \leq \text{Abs}(\text{Radius}_{\text{Start}})$
3. $Z_{\text{Punkt}} > Z_{\text{Start}}$, $\text{Radius}_{\text{Punkt}} > \text{Abs}(\text{Radius}_{\text{Start}})$

Flat_{Escape}
 gerade Bewegung zum Punkt gefolgt von Flat_{Escape}
 vertikale Bewegung bis zur Horizontalen vom Punkt

Diese drei Varianten sind nachfolgend dargestellt:

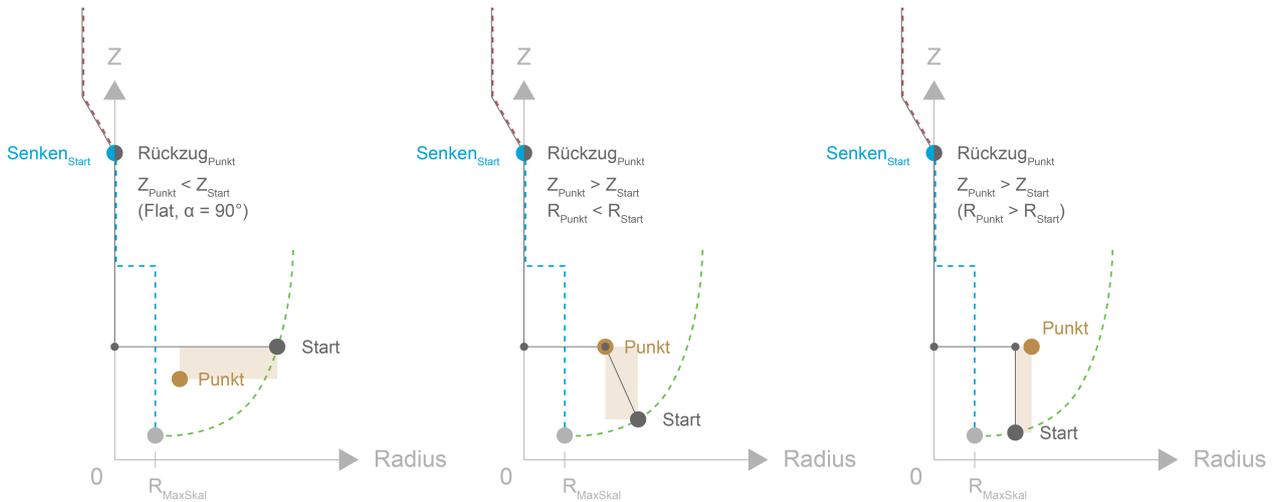


Abb. 28: Drei Varianten der Punktstrategie

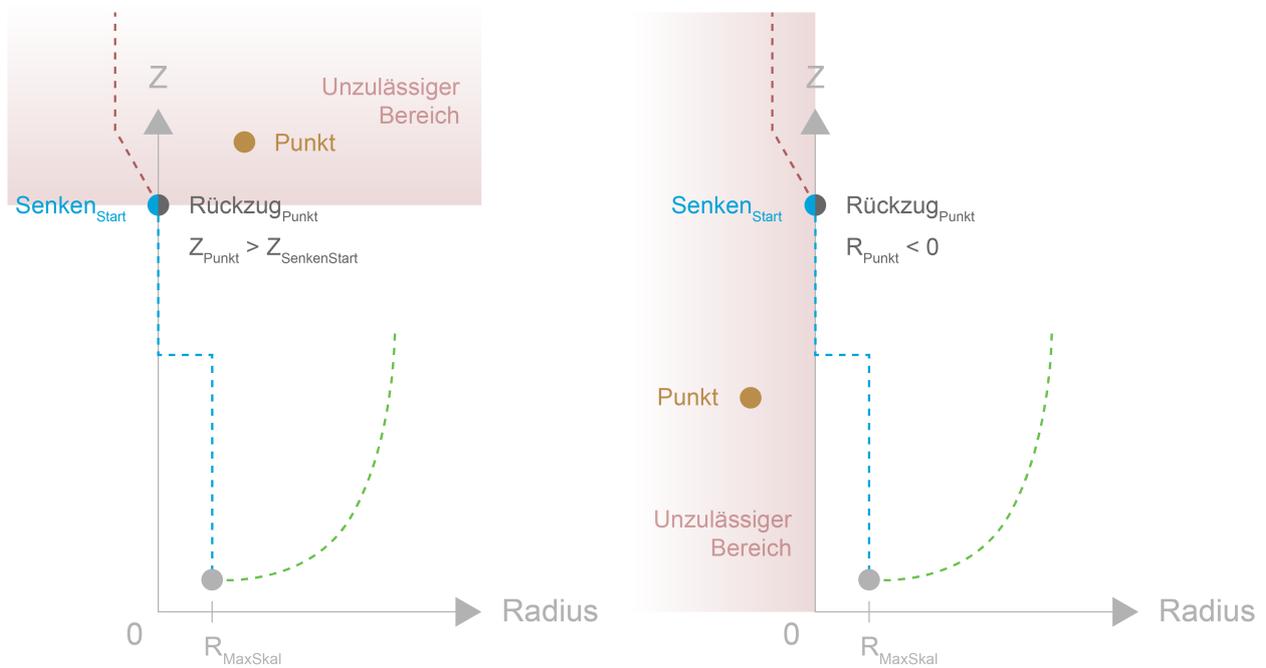


Abb. 29: Unzulässige Platzierungen von Punkten

2.3.1.4 Strategie der Winkelhalbierenden

Die Winkelhalbierenden Rückzugsstrategie speichert sich die Z-Höhe der Aktivierung (Z_{Bisector}). Zusätzlich werden die beiden Parameter $D1 \geq 0$ und $D2 \geq 0$ vom Nutzer benötigt. Die geometrische Form des auszuführenden Rückzugspfades hängt von der aktuellen Höhe im Senkkanal (Z_{Start}) ab:

1. $Z_{\text{Start}} \leq Z_{\text{Bisector}} + D1$
Flat Rückzug
2. $Z_{\text{Bisector}} + D1 < Z_{\text{Start}} \leq Z_{\text{Bisector}} + D1 + D2$
Bewegung in Richtung der Winkelhalbierenden bis $Z = Z_{\text{Bisector}} + D1$,
gefolgt von einem Flat Rückzug
3. $Z_{\text{Bisector}} + D1 + D2 < Z_{\text{Start}}$
Bewegung in Richtung der Winkelhalbierenden bis $Z = Z_{\text{Bisector}} - D2$,
gefolgt von einem Flat Rückzug

Dabei wird als „Richtung der Winkelhalbierenden“ die Richtung der Winkelhalbierenden von der horizontalen und der aktuellen Tangente der Geometrie im Senkkanal bezeichnet. Alle drei Varianten sind in den folgenden Abbildungen dargestellt. Die horizontale und die aktuelle Tangente der Geometrie im Senkkanal sind dabei braun eingezeichnet, falls sie im jeweiligen Bild für die Berechnung der Winkelhalbierenden verwendet werden.

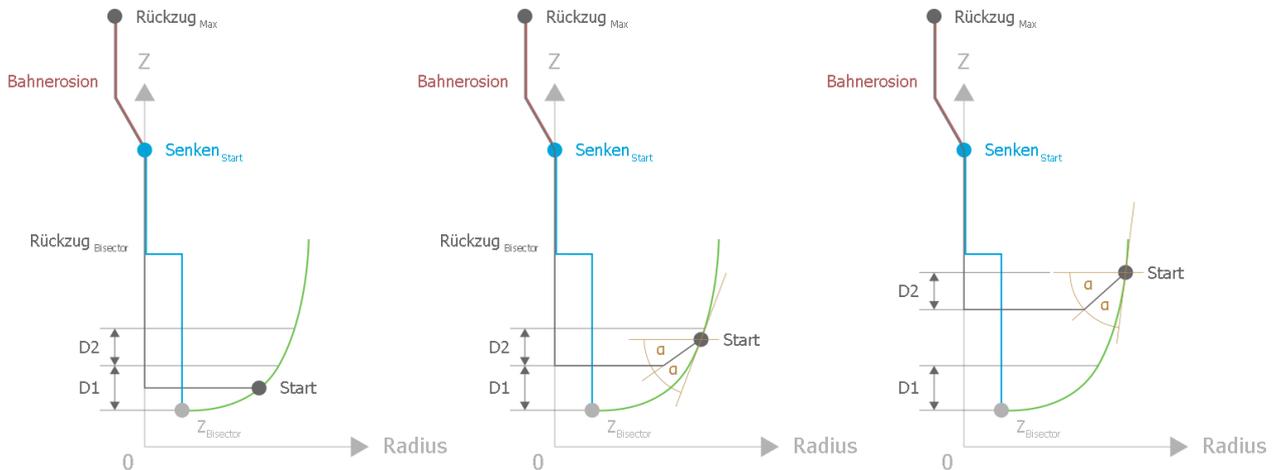


Abb. 30: Mögliche Pfade der Winkelhalbierenden-Strategie

Als Spezialfall ergibt sich bei dieser Strategie eine horizontale und eventuell zusätzlich eine vertikale Bewegung im Senkkanal. Die Rückzugsbewegung erfolgt hierbei entweder identisch zur Flat-Bewegung (im folgenden Bild ‚Start 2‘) oder senkrecht nach unten. (‚Start 1‘) – je nachdem, welche Richtung am nächsten an der Rückzugsbewegungsrichtung des vorherigen Konturelements der Geometrie im Senkkanal ist.

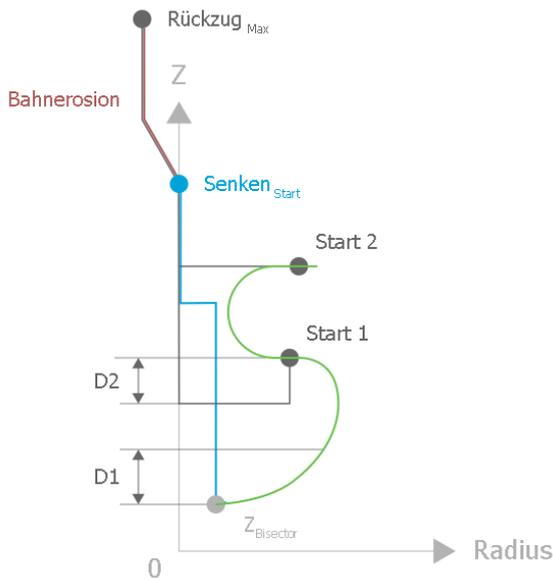


Abb. 31: Sonderfall bei Winkelhalbierenden-Strategie

Es wird bei der Winkelhalbierenden Rückzugsstrategie während der Programmlaufzeit das Überschreiten der Winkel 0° und 180° zwischen Tangente und Horizontalen überprüft. Diese Überprüfung findet oberhalb der Höhe $Z_{\text{Bisector}} + D1$ statt. Bei einem Überschreiten der Winkel würde es zu einem Sprung in der Geometrieplanung kommen, und somit auch zu einem Positionssprung bei einer aktiven Rückzugsbewegung. Der Fehler wird mit der ID 51031 ausgegeben. Die im Folgenden Bild dargestellten Geometrien sind daher, aufgrund des mit einer vollen roten Linie markierten Abschnitts, nicht möglich.

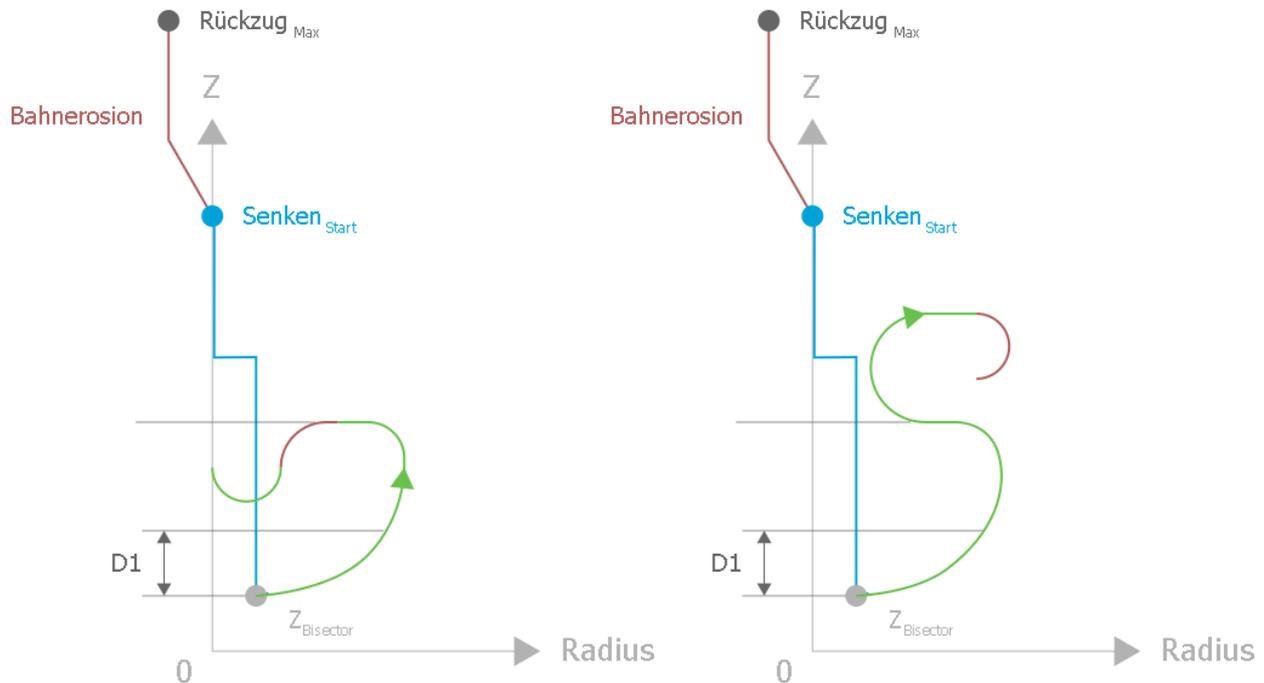


Abb. 32: Grenzgeometrien bei Winkelhalbierenden-Strategie

Bei der Winkelhalbierenden Rückzugsstrategie ist darauf zu achten, dass ab der Höhe $Z_{\text{Bisector}} + D1$ die Kontur im Senkkanal C1 stetig sein muss. Andernfalls sind Positionssprünge bei aktiver Distanz im Rückzugskanal und vorhandener Bewegung im Senkkanal möglich.

Zudem muss auf die Vorschubgeschwindigkeit im Senkkanal bei aktiver Distanz im Rückzugskanal insbesondere bei kleinen Radien der Geometrie im Senkkanal geachtet werden. Kleine Positionsänderungen im Senkkanal werden in diesem Fall wie mit einem Hebel durch die Rückzugsgeometrie vergrößert, sodass die überlagerte Positionsänderung aus Senk- und Rückzugskanal in einem Takt eventuell größer wie der erlaubte Geschwindigkeitswert ist und somit zu einem Fehler führt.

Es ist auch darauf zu achten, dass diese Rückzugsstrategie möglicherweise bei ihrer Rückzugsbewegung die Geometrie des Senkkanals schneidet und somit eine für den Anwender unerwünschte Materialbearbeitung durchführt. Die Geometrie im Senkkanal sowie die gewählten Parameter D1 und D2 müssen daher vom Anwender auf die Eignung hin überprüft werden.

2.3.2 Veränderung des Rückzugpunktes

Im Standardfall entspricht der Rückzugspunkt dem Endpunkt der Bahnerosionsgeometrie. Der Rückzugspfad wird abhängig der Rückzugsstrategie zum Rückzugspunkt berechnet. Anschließend wird weiter auf der Bahngeometrie zurückgefahren, falls diese vorhanden ist.

Eine Änderung dieses Rückzugpunktes ist durch Änderung des Koordinatensystems im Senkkanal möglich.

Dabei ist folgendes zu beachten:

- Die Schnittstellen zu den Hilfskanälen müssen bei Aktivierung des Koordinatensystems deaktiviert sein
- Das neue Koordinatensystem muss an der aktuellen Position $X=0$ und $Y=0$ erfüllen

Beim erneuten Aktivieren des Rückzugkanals wird bei einer Rückzugsanforderung die aktuelle Position des Senkkanals mit dem aktuellen Koordinatensystem des Senkkanals dem Rückzugkanal übergeben. Falls der Ursprung des neuen Koordinatensystems nicht mit dem Endpunkt der Bahnerosionsgeometrie übereinstimmt, wird der Ursprung der neue Rückzugspunkt.

Bei Beauftragungen wird der Rückzugspfad entsprechend der Rückzugsstrategie zum neuen Rückzugspunkt berechnet. Anschließend wird ein Linearsatz vom Rückzugspunkt zum Endpunkt der Bahnerosionsgeometrie generiert. Dieser Linearsatz hat dieselben Eigenschaften, als ob er zur Bahnerosionsgeometrie gehören würde. Anschließend wird, falls vorhanden, auf der Bahngeometrie weiter zurückgezogen.

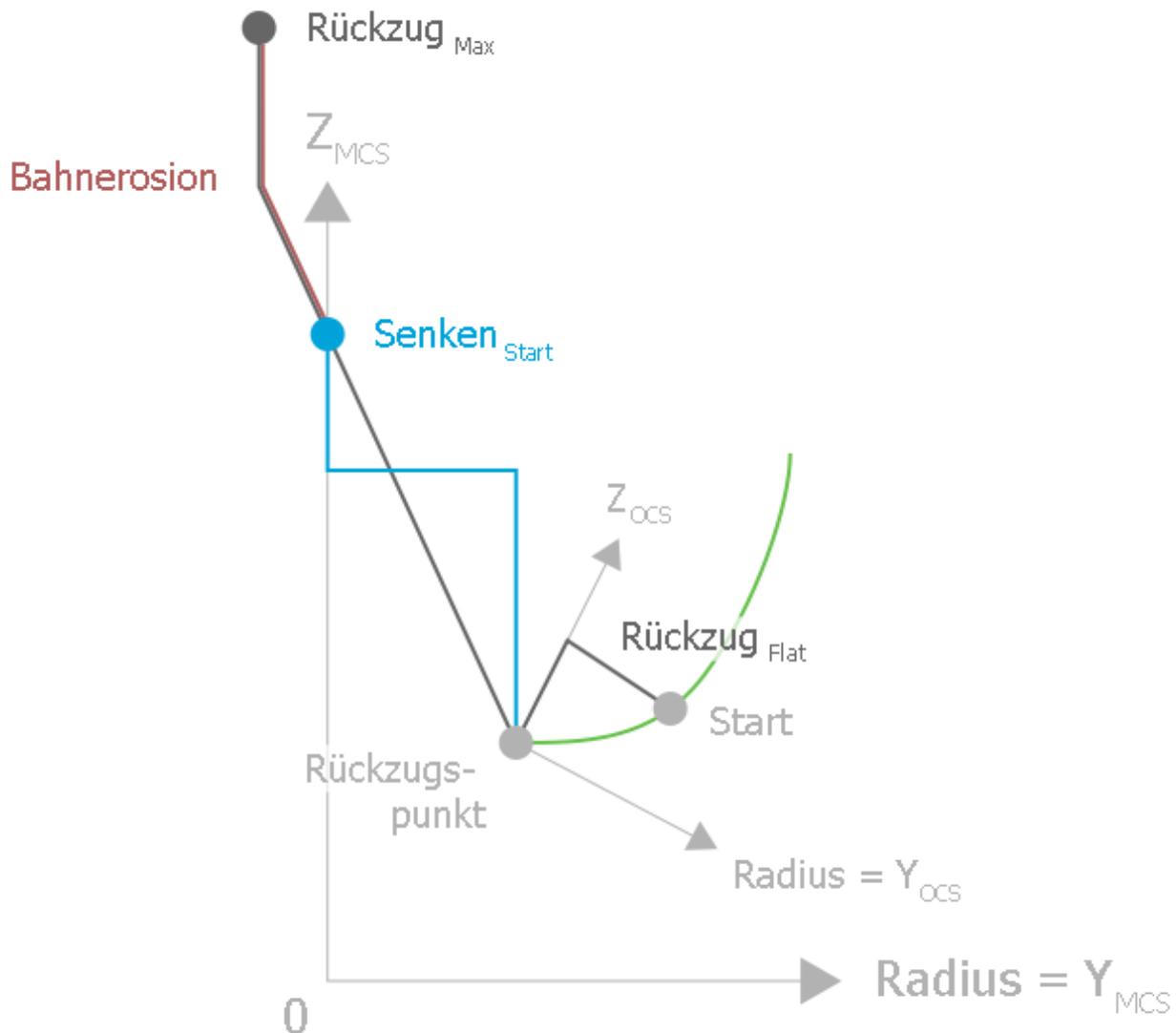


Abb. 33: Ebenen-Rückzug mit verändertem Rückzugspunkt

2.4 Spülfunktionalität

Bei Konfiguration der CNC für das Senkerodieren ermöglicht der Rückzugskanal eine Rückzugsbewegung der Elektrode auf einer definierten Geometrie (siehe Kapitel [Rückzugskanal](#) [► 37]).

Die Spülfunktionalität löst eine spezielle Rückzugsbewegung aus. Dieses schnelle Rückziehen der Elektrode kann im Falle eines notwendigen Spülvorgangs über die [Control Unit Jump](#) [► 116] auf dem HLI beauftragt werden. Die Geometrie auf der sich die Elektrode bei einem Spülvorgang bewegt ist identisch zu der Geometrie, eines Rückzugs, der über die externe Geschwindigkeitsschnittstelle ausgelöst wurde.

Die Besonderheit des Spülens ist die erhöhte Dynamik mit der die Elektrode bewegt wird und dass die Distanz oder die Höhe der Rückzugsbewegung kommandiert werden kann. Sobald die vorgegebene Distanz oder Höhe in der Rückzugsgeometrie erreicht wird, wird die Elektrode zurück zum Startpunkt des Spülvorgangs geführt.

Es ist mit dem Floating Punkt möglich, den Spülvorgang vor Erreichen des Startpunktes zu beenden. Sobald die Elektrode an diesem Punkt angekommen ist, kommt es zu einem Stillstand. Anschließend wird in den Zustand eines klassischen Rückzuges übergegangen und die Bewegung des Rückzugs wird über die externe Geschwindigkeitsschnittstelle gesteuert. Es ist auch möglich den Spülvorgang während der Ausführung abubrechen. Dieser Abbruch kann mit zwei verschiedenen Dynamiken durchgeführt werden (normaler Abbruch, Notfallabbruch).

Besonderheiten eines Spülvorgangs:

- Erhöhte Dynamik
- Distanz- und Höhenvorgabe der Rückzugsbewegung

In folgender Abbildung ist ein beispielhafter Ablauf einer Kommandierung eines Spülvorgangs dargestellt:

- Im unteren Bereich sind die Signale Rückwärtsfahrt aktiv, Spülen aktiv und das Startkommandierungssignal des Spülers auf dem HLI des Rückzugskanals über der Zeit schematisch dargestellt.
- Im oberen Bereich ist eine beispielhafte zu den Signalen passende Geometrie dargestellt. Dabei wird nur die Z-Achse verfahren. Das Beispiel zeigt eine Kommandierung während einer aktiven Rückzugsbewegung und mit vorzeitigem Abbruch des Spülvorgangs durch den Floating Punkt.

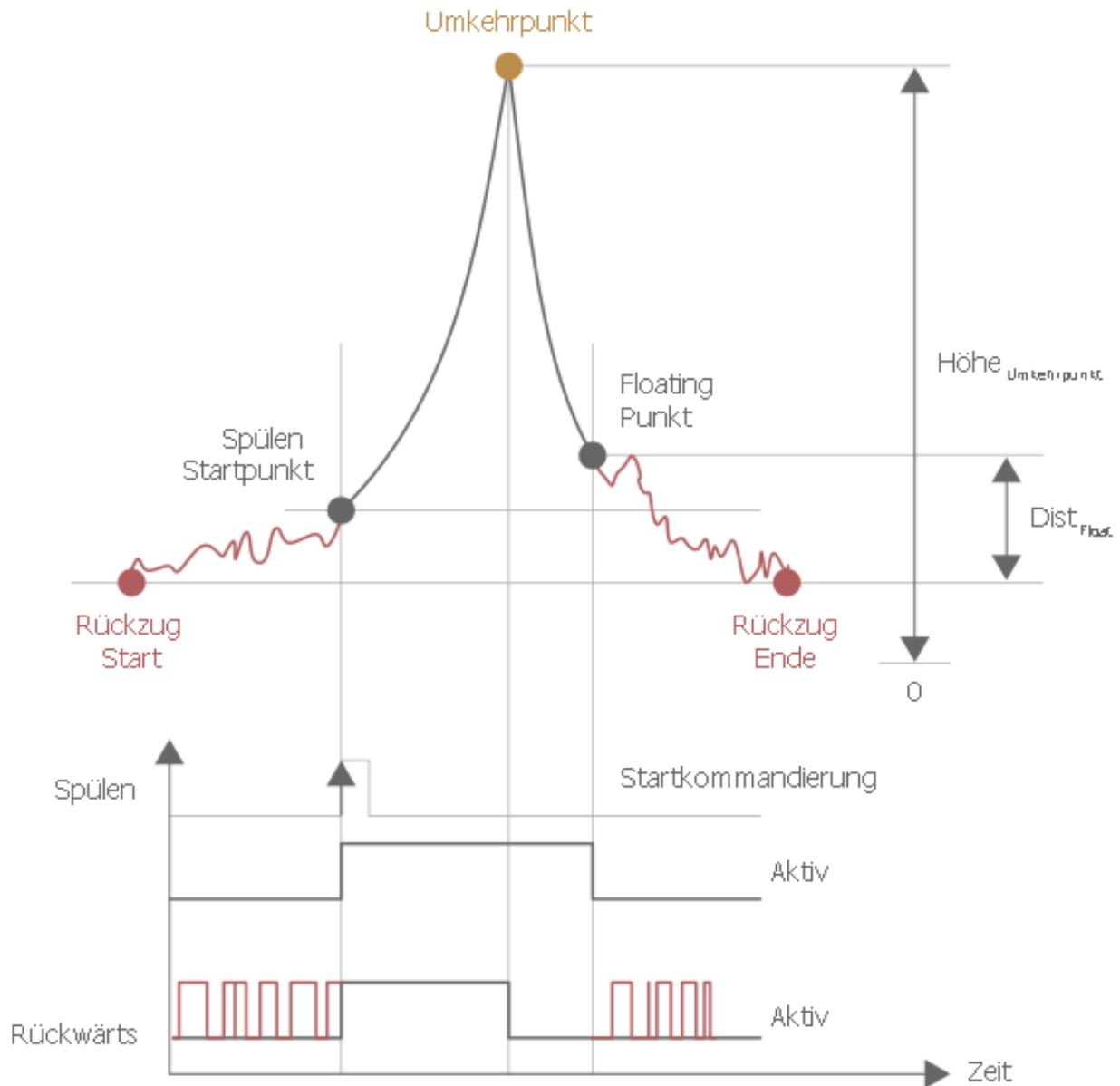


Abb. 34: Positions- und Signalverlauf bei einem Spülvorgang

HINWEIS

Während eines Spülvorgangs müssen sich der Senk- und Planetärkanal im Stillstand befinden.

Bei Bewegung in einem der Kanäle wird sonst der Fehler mit der ID 50927 ausgegeben.

2.4.1 Punktdefinitionen

Für die Rückzugsbewegung können/müssen die nachfolgenden Punkte vorgegeben werden:

- Umkehrpunkt des Spülens
- Endpunkt des Spülens, Floating Punkt

2.4.1.1 Umkehrpunkt im Bereich des planetären Aufweitens

Der Umkehrpunkt kann über die Z-Höhe im Programmierkoordinatensystem des Senkkanals oder die Distanz vom Startpunkt definiert werden.

i Ist die angegebene Z-Höhe kleiner als die Z-Höhe des Startpunktes, so wird kein Spülvorgang ausgeführt.

Über das Datum `inversion_point.distance` und `inversion_point.height` des Kommandos (Control Unit Jump) wird der Umkehrpunkt festgelegt:

`inversion_point.distance > 0`

Festlegung Umkehrpunkt über `inversion_point.distance`

`inversion_point.distance == 0`

Festlegung Umkehrpunkt über `inversion_point.height`

`inversion_point.distance == HLI_JUMP_ABORT (-1)`

Abbruch des vorherigen Jumps mit eingestellter Dynamik

`inversion_point.distance <= HLI_JUMP_ABORT_EMERGENCY (-2)`

Abbruch des vorherigen Jumps mit eingestellter Notfalldynamik

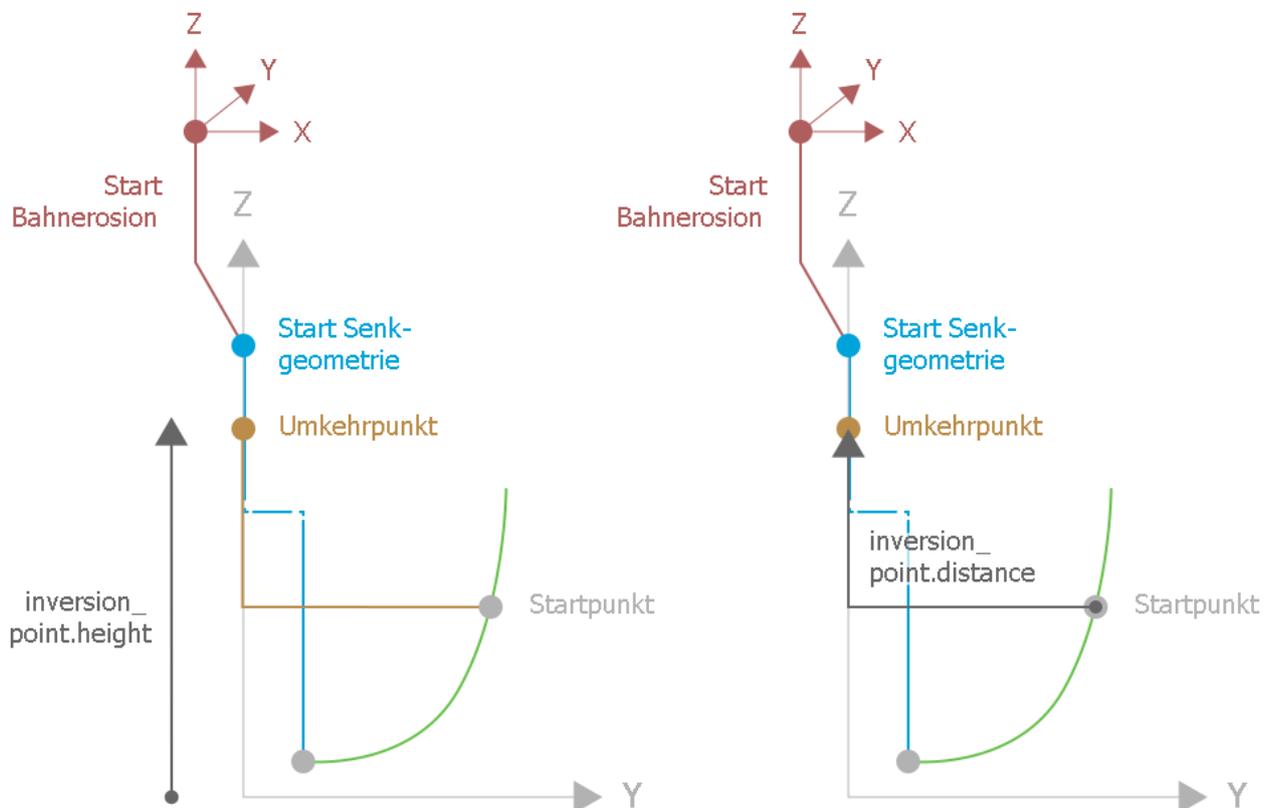


Abb. 35: Platzierung Umkehrpunkt im Bereich des planetären Aufweitens

2.4.1.2 Umkehrpunkt im Bereich des Erodierens auf der Bahn

Wenn die kommandierte Z-Höhe größer als die Z-Höhe des Startpunktes des planetären Aufweitens oder die kommandierte Länge länger als die Distanz zum Startpunkt des planetären Aufweitens ist, wird die verbleibende Höhe oder Distanz als Distanz der programmierten Bahn zurückgelegt.

In diesem Fall wird die Elektrode zuerst zum Startpunkt des planetären Aufweitens bewegt (siehe Bild: auch falls die Z-Höhe des Startpunktes kleiner als die aktuelle Z-Höhe des Senkkanals ist) und anschließend die verbleibende Distanz auf der Bahn zurückgelegt.

Falls keine Bearbeitung auf der Bahn programmiert wurde, ist der Startpunkt des planetären Aufweitens auch der Endpunkt des Spülvorgangs.

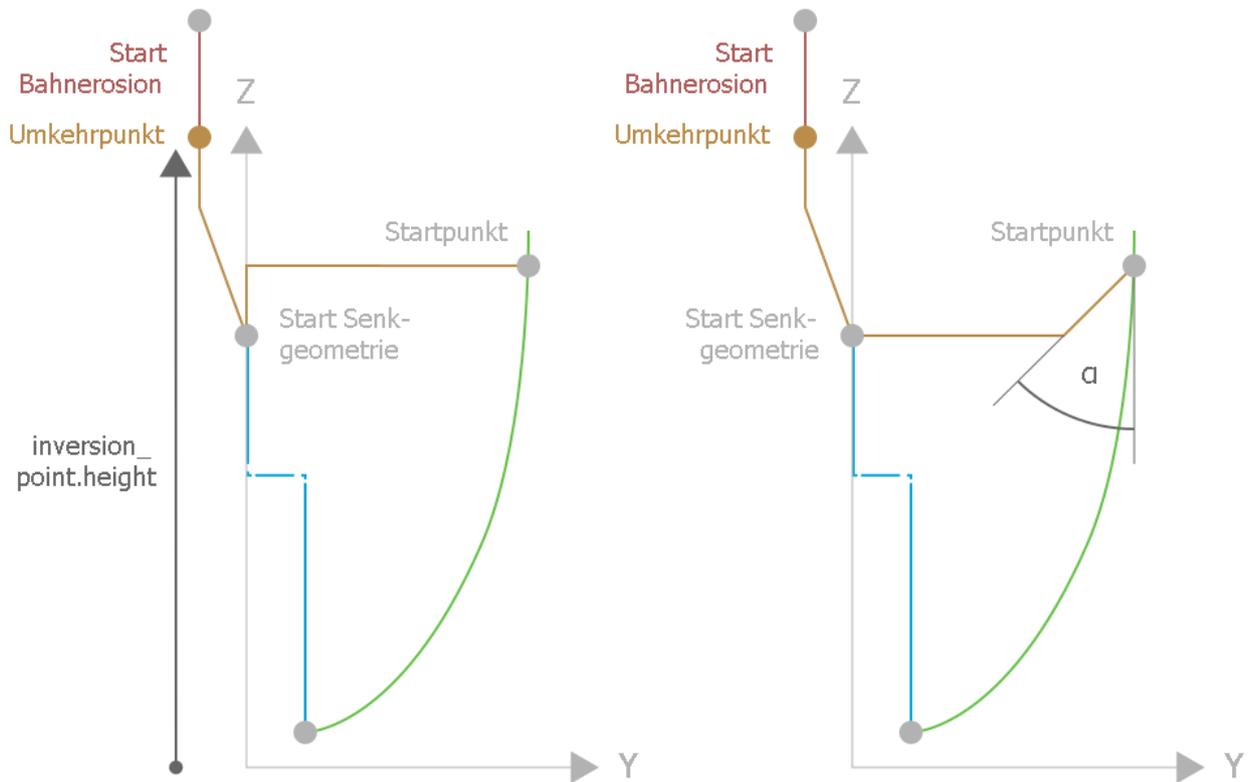


Abb. 36: Umkehrpunkt beim Erodieren auf der Bahn

2.4.1.3 Endpunkt Spülvorgang, Floating Punkt

Der Floating Point definiert den Endpunkt des Spülvorgangs. Er wird als Distanz vom ursprünglichen Startpunkt des Spülvorgangs kommandiert. Nach Erreichen des Umkehrpunkts bewegt sich die Elektrode wieder vorwärts bis zum Floating Punkt. Die restliche Distanz zum ursprünglichen Startpunkt muss mit der von der SPS kommandierten externen Geschwindigkeit zurückgelegt werden.

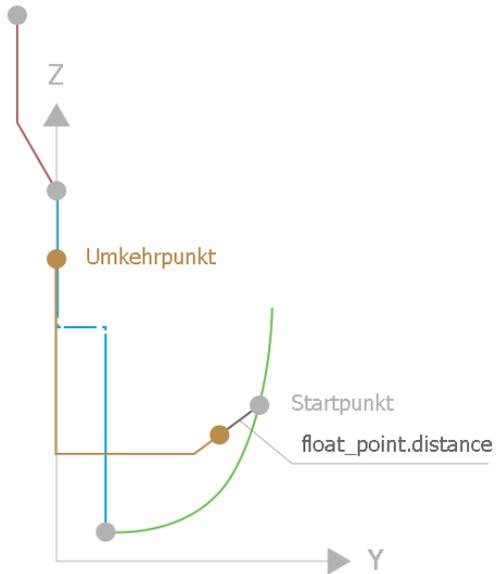


Abb. 37: Position des Endpunkts des Spülvorgangs

2.4.2 Dynamikberechnung

Während eines Spülvorgangs dürfen sich der Senk- und Planetärkanal nicht bewegen, sonst kommt es zum Fehler ID 50927. Aus diesem Grund kann der Rückzugskanal während eines Jumps 100% der Achsdynamik beanspruchen, anstatt der beim Senkerodieren üblichen 50% pro Kanal.

Die Dynamikberechnung kann abhängig von der Erodiergeometrie in drei Bereiche unterteilt werden:

- Bahnbewegung und planetäres Aufweiten bei Radius = 0
- Planetäres Aufweiten mit Radius > 0 skalierten Bereich
- Planetäres Aufweiten mit Radius > 0 im äquidistanten Bereich

I Die Bewegung des Spülvorgangs wird immer implizit mit einem nichtlinearen Geschwindigkeitsprofil durchgeführt.

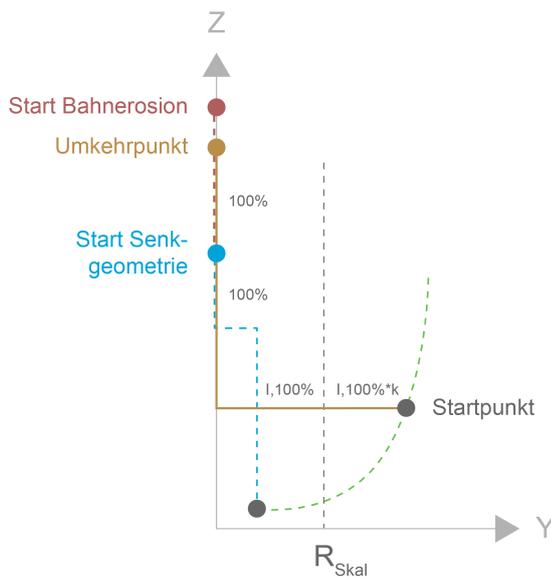


Abb. 38: Dynamikeinteilung der Spülbewegung

Bahnbewegung und planetäres Aufweiten bei Radius = 0

Bei Bahnbewegungen und planetärem Aufweiten bei Radius = 0 besitzt der Rückzugskanal alle Informationen welche Achsen bewegt werden - der Planetärkanal hat dort keinen Einfluss auf die bewegten Achsen. Auf der Bahn ist die Rückzuggeometrie eine 3D-Geometrie und bei Radius = 0 ergibt sich im Z/R-Koordinatensystem des Senk- und Rückzugskanals nur eine Bewegung entlang der Z-Achse. Aus diesem Grund können diese Bewegungen mit der maximalen Dynamik verfahren werden.

Planetäres Aufweiten mit $R > 0$ im skalierten Bereich

Bei Radius > 0 bewegt der Planetärkanal die reale Elektrodenposition in einer Ebene senkrecht zu Z-Achse des Koordinatensystems im Rückzugskanal. Der Rückzugskanal bewegt in seinem Koordinatensystem allerdings nur die Y- und Z-Achse, hat aber keine Informationen über die tatsächlich bewegten Achsen. Aus diesem Grund wird die Dynamik dieser Bewegung auf 100% der Dynamik der schwächsten Achse limitiert.

Planetäres Aufweiten mit $R > 0$ im äquidistanten Bereich

In linearen Ekelementen des äquidistanten Bereichs kann die real zurückgelegte Strecke größer als die Radiusänderung der Rückzugsbewegung sein.

Der Faktor k zwischen realer Strecke und Radiusänderung, falls der Planetärkanal genau in der Ecke steht, wird vom Planetärkanal an den Rückzugskanal geschickt. Die Dynamik der Rückzugsbewegung wird dann mit 100% Dynamik der schwächsten Achse multipliziert mit dem Faktor k berechnet. Damit ergibt sich eine Bewegung, die bei exakter Positionierung des Planetärkanals in der Ecke des Ekelements mit 100% Dynamik der schwächsten Achse verfahren wird.

Bei Positionierung des Planetärkanals nicht exakt auf der Ecke ergibt sich eine Bewegung mit kleinerer Dynamik. Beim Übergang in den skalierten Bereich erfolgt immer ein Bewegungsstopp.

2.5 Vorzeitiger Wechsel der Generatoreinstellungen

Wird während der Bearbeitung festgestellt, dass die Oberflächengüte der aktuellen Bearbeitungsstufe ausreichend gut ist, kann zur Verkürzung der Bearbeitungsdauer direkt zur nächsten Bearbeitungsstufe gewechselt werden. Dabei soll die Bearbeitung an der aktuellen Stelle abgebrochen, die Elektrode aus der Kavität herausgezogen und an einer anderen Stelle des Programms, beispielsweise mit einer anderen Planetärgeometrie- und Rückzugsstrategie, weitergearbeitet werden.

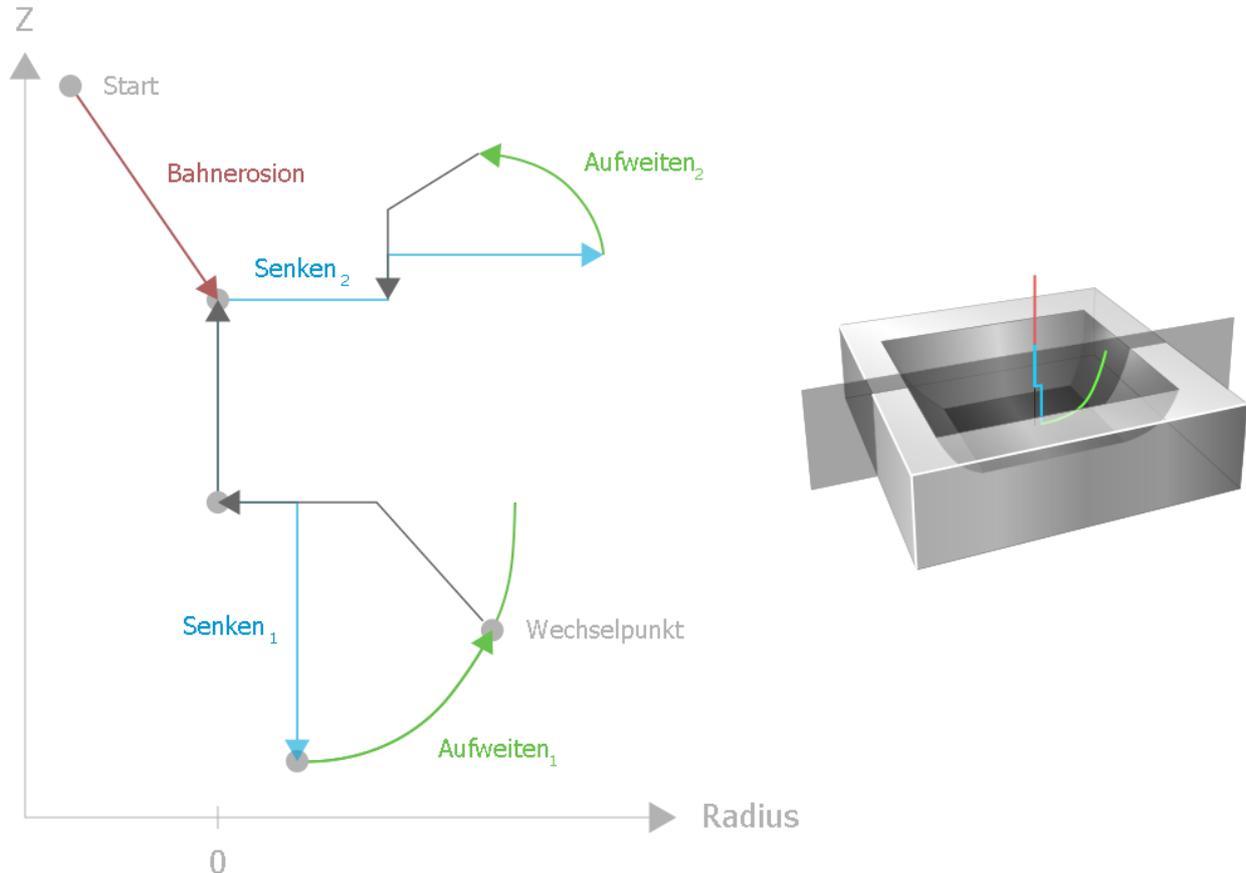


Abb. 39: Wechsel von Bearbeitungsfolgen

Zum vorzeitigen Wechsel der Generatoreinstellungen wird die Funktionalität „Restweg verwerfen“ verwendet. Sie entfernt bei Nutzung von Sprungmarken alle Geometrielemente und andere NC-Befehle bis die ausgewählte Sprungmarke erreicht ist. Um das Wechseln der Generatoreinstellungen hierüber zu ermöglichen, muss das NC-Programm unterschiedlichen Anforderungen genügen:

- Der Radius des Senkanals muss 0 sein, wenn der Planetärkanal deaktiviert und erneut aktiviert werden soll.
- Einschränkungen der Funktionalität „Restweg verwerfen“ müssen berücksichtigt werden, so können beispielsweise nicht alle Befehle übersprungen werden. Eine Auswahl für das Senkerodieren relevante Befehle, die nicht übersprungen werden können, sind:
 - #CS ON
 - #TRAFO ON
 - #CHANNEL INIT
 - #TRACK CHAN OFF [▶ 103]; bei #CHANNEL INIT und #TRACK CHAN OFF [▶ 103] wird der Befehl „Restweg verwerfen“ abgebrochen und die danach folgenden Sätze werden ausgehend von der aktuellen Position ausgeführt.
- Eine weitere Einschränkung der Funktionalität „Restweg verwerfen“ tritt im Zusammenhang mit Kreiselementen auf. Kreiselemente (G02 / G03) werden oft relativ zum Endpunkt des vorherigen Satzes programmiert (G162). Wenn der nächste Bewegungssatz nach der Sprungmarke ein Kreiselement ist, muss die aktuelle Position dieselbe sein, wie wenn das Programm ohne Ausführung

von „Restweg verwerfen“ durchgeführt worden wäre. Wenn die Kreiselemente mittels absoluter Endpunkte programmiert werden (G161), so muss die aktuelle Position auf dem Kreisbogen sein. Eine Möglichkeit dieses Problem zu umgehen ist, vor dem Kreiselement (das direkt nach der gewählten Sprungmarke folgt) einen linearen Bewegungssatz auf den Startpunkt des Kreiselements zu programmieren. Dieser hätte im Ausführungsfall ohne „Restweg verwerfen“ Distanz 0.

Der Programmablauf beim Wechseln der Generatoreinstellungen ist dabei im Normalfall folgendermaßen:

1. Ausführen eines Spülvorgangs zu einer möglichen Wechselposition (z.B. Endpunkt der Erosion auf der Bahn oder Radius = 0). Dort werden die Generatoreinstellungen geändert.
2. Deaktivierung des Rückzugkanals, falls gewünscht
3. Deaktivierung des Planetärkanals, falls gewünscht
4. Neuorientierung des Senkkanals, falls gewünscht
5. Reaktivierung des Planetärkanals in neuer Orientierung
6. Reaktivierung des Rückzugkanals
7. Fortsetzen der zweiten Geometrie

Eine Möglichkeit den Punkt des Generatorwechsels an den Endpunkt der Erosion auf der Bahn zu setzen ist die Programmierung einer M01-Funktion am Ende der Bahngeometrie. Bevor ein Spülvorgang mit ausreichender Länge kommandiert wird, muss dieser wahlweise Halt im Rückzugskanal über die entsprechende Control Unit aktiviert werden.

Eine zweite Möglichkeit an einen ausgewählten Generatorwechsellpunkt zu kommen ist durch kommandieren eines Spülvorgangs, bei dem die gewünschte Distanz und Floating Distanz identisch gleich sind. Dadurch kann ein Spülvorgang kommandiert werden, der direkt nach Erreichen der gewählten Distanz endet.

Durch das Einfügen von Bedingungen am Anfang der zweiten Geometrie, bei der die aktuelle Position mit einer Vorgabe verglichen wird, kann die zweite Geometrie je nachdem, ob ein Generatorwechsel stattgefunden hat, unterschiedliche Bewegungsverläufe beinhalten. In [Vorzeitiger Wechsel der Generatoreinstellungen \[► 91\]](#) ist ein Programmierbeispiel für diese Anwendung.

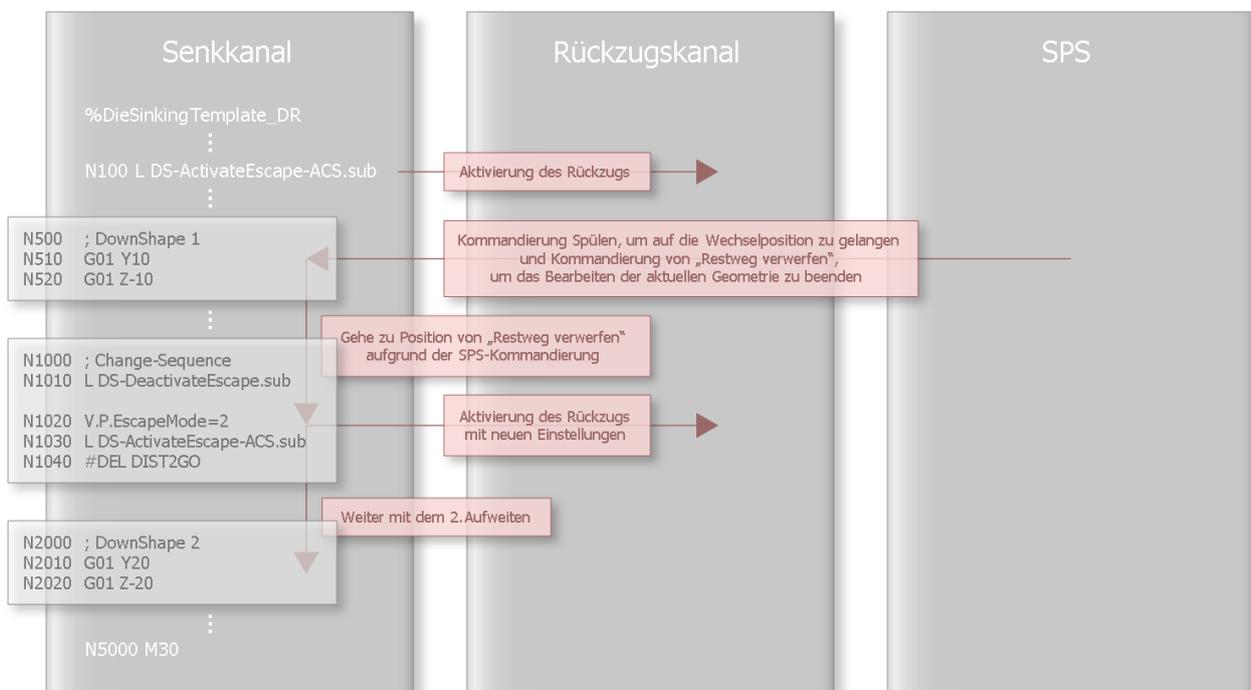


Abb. 40: Sequenz eines Generatorwechsels

2.6 Anzeigedaten

2.6.1 Positionsdaten

Grundsätzlich werden die Antriebe der Maschine über den Senkkanal mit ACS -Position angesteuert. Alle Überlagerungen können in den entsprechenden Koordinaten des jeweiligen Kanals eingesehen werden.

Nachfolgende Abbildung gibt einen Überblick über die verfügbaren Positionsanzeigedaten auf dem HLI beim Senkerodieren:

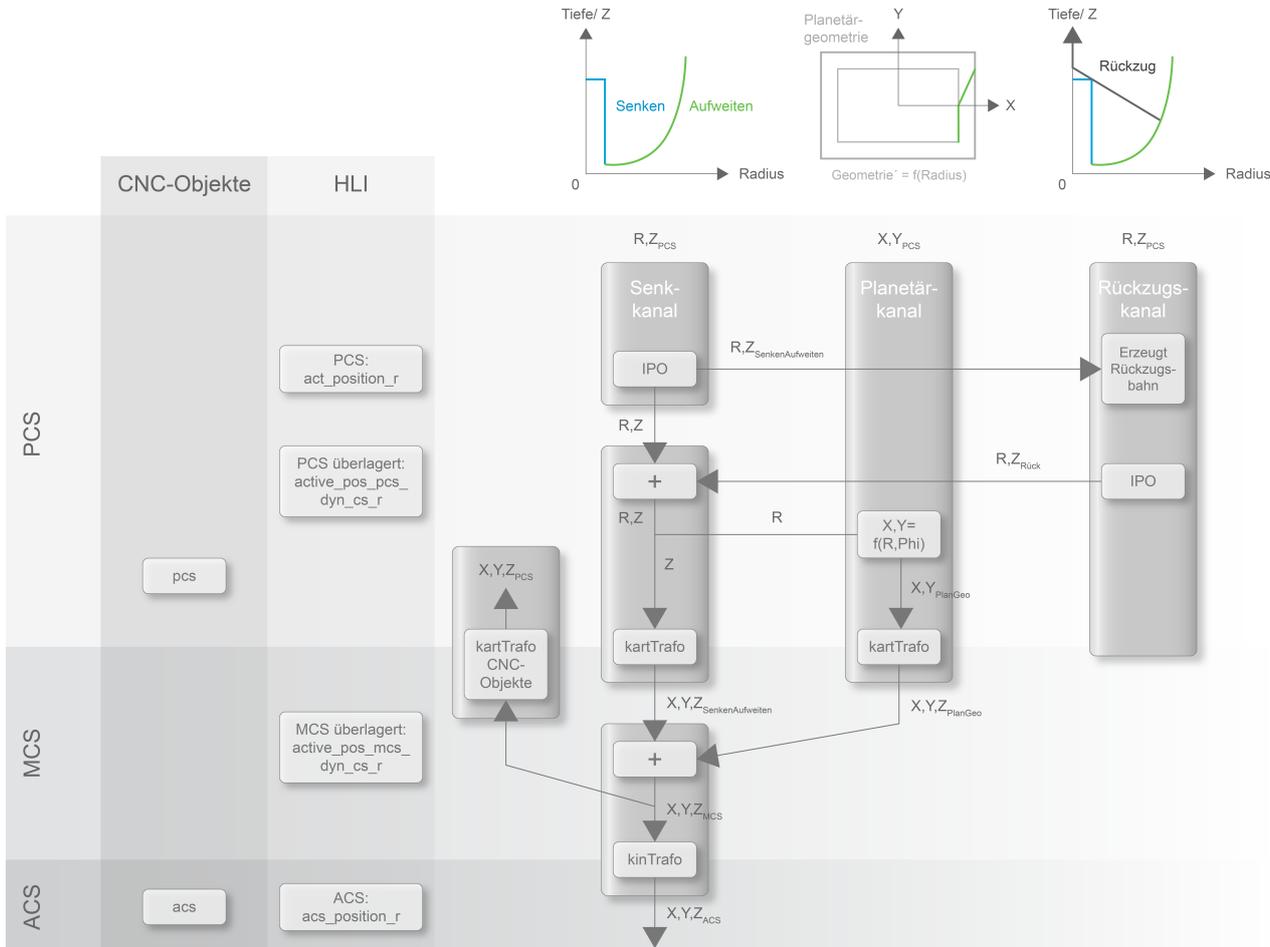


Abb. 41: Anzeigedaten für Positionen

2.6.1.1 Positionsanzeige über HLI-Parameter

Die Soll-Positionen einer Achse im aktuell gewählten Koordinatensystem (PCS-Positionen) ist auf dem HLI unter act_position r [▶ 111] verfügbar.

Diese PCS-Position wird durch den Rückzugskanal und dessen Verschiebung überlagert. Diese überlagerte Position ist auf dem HLI des Senkkanals über das Datum active_pos_pcs_dyn_cs r [▶ 111] verfügbar.

Diese Position (active_pos_pcs_dyn_cs r [▶ 111]) wird an den Planetärkanal übergeben. Im Planetärkanal wird daraus mit der vorhandenen Kontur eine Position berechnet, die wiederum dem Senkkanal überlagert wird. Diese neue überlagerte Position ist auf dem HLI des Senkkanals ist unter active_pos_mcs_dyn_cs r [▶ 111] zu finden.

Die Positionsdaten auf Achsebene, welche alle Überlagerung aufgrund von dynamischen Koordinatensystemen beinhalten, sind auf dem HLI des Senkkanals über das Datum acs_position r [▶ 111] verfügbar.

2.6.1.2 Positionsanzeige über CNC-Objekte

Die physikalische TCP-Position der Elektrode kann in allen definierten kartesischen Koordinatensystemen über CNC-Objekte im 1. Kanal gelesen werden.

Über den Parameter P-CHAN-00145 [▶ 125] kann festgelegt werden, wie die kinematischen Transformationen der Stufe 1 und 2 in die Positionsanzeigedaten eingerechnet werden.

Der Standardwert von P-CHAN-00145 [▶ 125] ist 0. Dies bedeutet, dass die kinematischen Transformationsstufen nur bei Aktivierung eingerechnet werden.

Wenn dieser Parameter mit 2 initialisiert wird, erfolgt die Einrechnung bereits durch die Definition einer Transformationsstufe in den Kanalparametern.

Die folgende Abbildung zeigt auf der rechten Seite aufsteigend die Berechnung der Positionsanzeigedaten ausgehend von den Achspositionen im ACS für die verschiedenen Parametriermöglichkeiten.

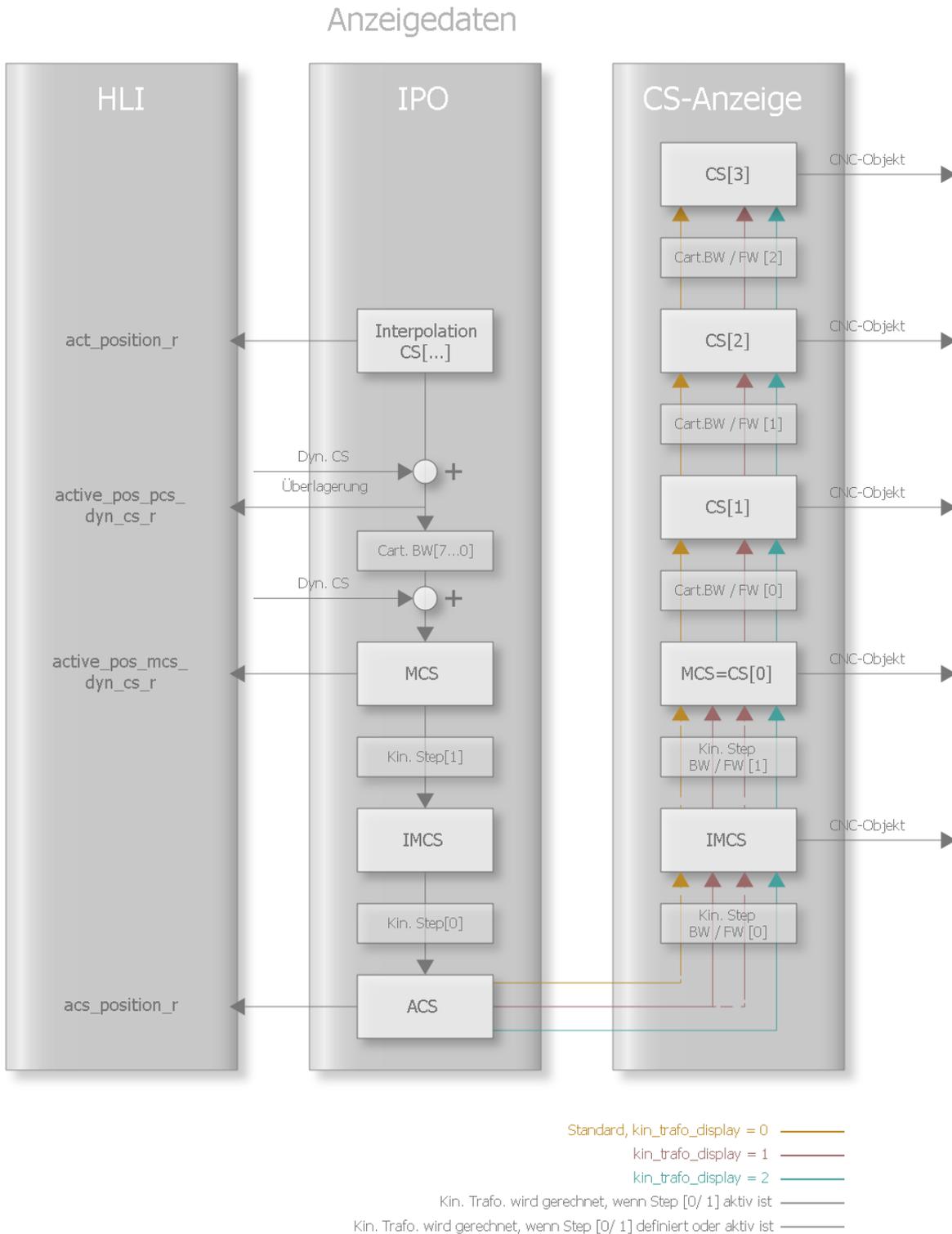


Abb. 42: Darstellung von Anzeigemöglichkeiten

Ausgehend von obiger Übersichtsdarstellung könnten in einem Beispiel über den #CS-Befehl 3 kartesische Koordinatensystem definiert werden. Mittels des Befehls können diesen die Namen, z.B. ACS, APP und PCS, zugewiesen werden.

Diese Namen können über folgende CNC-Objekte gelesen werden:

- mc_cs_0_name_r
- mc_cs_1_name_r
- mc_cs_2_name_r

Die entsprechenden Positionen des jeweiligen Koordinatensystems sind unter den folgenden CNC-Objekten zu finden:

- mc_cs_0_pos_0_r: Im CS mit Index 0 Position der ersten Achse (Index 0)
- mc_cs_0_pos_1_r
- mc_cs_0_pos_2_r
- mc_cs_0_pos_3_r
- mc_cs_0_pos_4_r
- mc_cs_0_pos_5_r

Für das 2te Koordinatensystem:

- mc_cs_1_pos_0_r bis mc_cs_1_pos_5_r.

bzw. für das 3te Koordinatensystem:

- mc_cs_2_pos_0_r bis mc_cs_2_pos_5_r.

2.6.2 Statussignale

Statussignale des Rückzugskanals

Für den Rückzugskanal stehen folgende Signale zur Verfügung:

- [escape_enabled_r \[▶ 111\]](#)
- [program_end_r \[▶ 114\]](#)
- [escape_trigger_is_suspended_r \[▶ 112\]](#)
- [escape_path_length_r \[▶ 112\]](#)
- [escape_strategy_r \[▶ 112\]](#)

Mit dem Signal [escape_enabled_r \[▶ 111\]](#) wird angezeigt, dass der Rückzugskanal über `#TRACK_CHAN_ON [▶ 102]` [ESCAPE] aktiviert wurde und über den Rückzugsstart-Trigger (rückwärtsfahren durch negative externe Geschwindigkeit oder Spülkommandierung) gestartet werden kann.

Wenn der Interpolator das Programmende erreicht hat bedeutet das, dass der Rückzug zu Ende ist, d.h. es wird aktuell kein Rückzug ausgeführt. Das Signal auf dem HLI ist unter `program_end_r` zu finden.

Mittels dem NC-Befehl `#CHANNEL INTERFACE OFF [▶ 99]` [ESCAPE WAIT] wird die Berücksichtigung des Triggers des Rückzugs und Spülens vorübergehend ausgesetzt. Dieses Aussetzen der Rückzugs-Trigger-Berücksichtigung wird über das Signal [escape_trigger_is_suspended_r \[▶ 112\]](#) angezeigt.

Die Länge des Rückzugspfads vom Rückzugsstart zum Rückzugsende ohne die möglicherweise programmierte Länge der Bahnerosionsgeometrie wird durch das Signal [escape_path_length_r \[▶ 112\]](#) angezeigt.

Die aktuelle der Rückzugsstrategie des Rückzugskanals wird durch das Signal [escape_strategy_r \[▶ 112\]](#) angezeigt.

Statussignale des Planetärkanals

Für den Planetärkanal stehen folgende Signale zur Verfügung:

- `orbit_active_r`
- `orbit_radius_zero_r`
- `orbit_wait_extend_ncbl_r`

Über das Statussignal `orbit_active_r` wird angezeigt, dass die Extend-Funktion im Planetärkanal aktiv ist.

Über das Statussignal `orbit_radius_zero_r` wird angezeigt, dass der Radius im Planetärkanal 0 ist.

Über das Statussignal `orbit_wait_extend_ncbl` wird angezeigt, dass die Äquidistantenberechnung des aktuellen Satzes noch nicht abgeschlossen ist.

Weitere Statussignale beim Senkerodieren

- `jump_active_r` [► 113]
- `approach_active_r` [► 113]

Mit dem Statussignal `jump_active_r` [► 113] wird angezeigt, ob ein Spülvorgang aktiv ist. Es wird TRUE, sobald ein Spülvorgang über die SPS beauftragt wird. Sobald der Floating Point erreicht ist, wird das Signal wieder FALSE.

Wird bei einem Rückzug oder Spülvorgang in die Bahngeometrie übergegangen, so wird dies über das Signal `approach_active_r` [► 113] angezeigt.

Weitere Statussignale

Zusätzlich können die folgenden Statussignale beim Senkerodieren zum Einsatz kommen.

- `inside_rt_loop_r` [► 114]
- `ext_command_speed_valid` [► 115]
- `wait_ext_command_speed_r` [► 114]
- `program_end_r` [► 114] (aus Interpolator)
- `dist_prog_start` [► 114] (Distanz zu Programmstart)

2.7 Einsatz von Echtzeit-Schleifen

Beim Erodieren finden diverse Wiederholungen von Bewegungen und Kontrollanweisungen im Senk- und im Planetärkanal statt. Diese Wiederholungen können grundsätzlich durch Schleifen im NC-Programm realisiert werden, hat jedoch folgende Nachteile:

- Höhere Systemauslastung, da bei Schleifen auf Dekoderebene der komplette NC-Kanal in Verwendung ist.
- Schleifen können auf Dekoderebene nur bedingt beeinflusst werden. Für die Auswertung von Schleifenbedingungen in Echtzeit ist somit eine Synchronisation zwischen Interpolation (Echtzeit) und Dekodierung (nicht Echtzeit) notwendig (#FLUSH WAIT), dies erfordert jedoch einen kurzen Halt im Ablauf des Prozesses.

Für diese Zwecke bietet sich die Funktionalität der Echtzeit-Schleifen an. Diese Schleifen werden auf Interpolationsebene mit folgender Syntax ausgeführt:

```
N010 X100 Y100 ; Startposition
N100 X50 Y0 ; Position bei Schleifeneintritt
N200 #RT WHILE
N210 G02 ... ; Schleifeninhalt
N220 G01 ...
N290 G01 X50 Y0
N300 #RT ENDWHILE
N400 X100 Y-100 ; loop exit
```

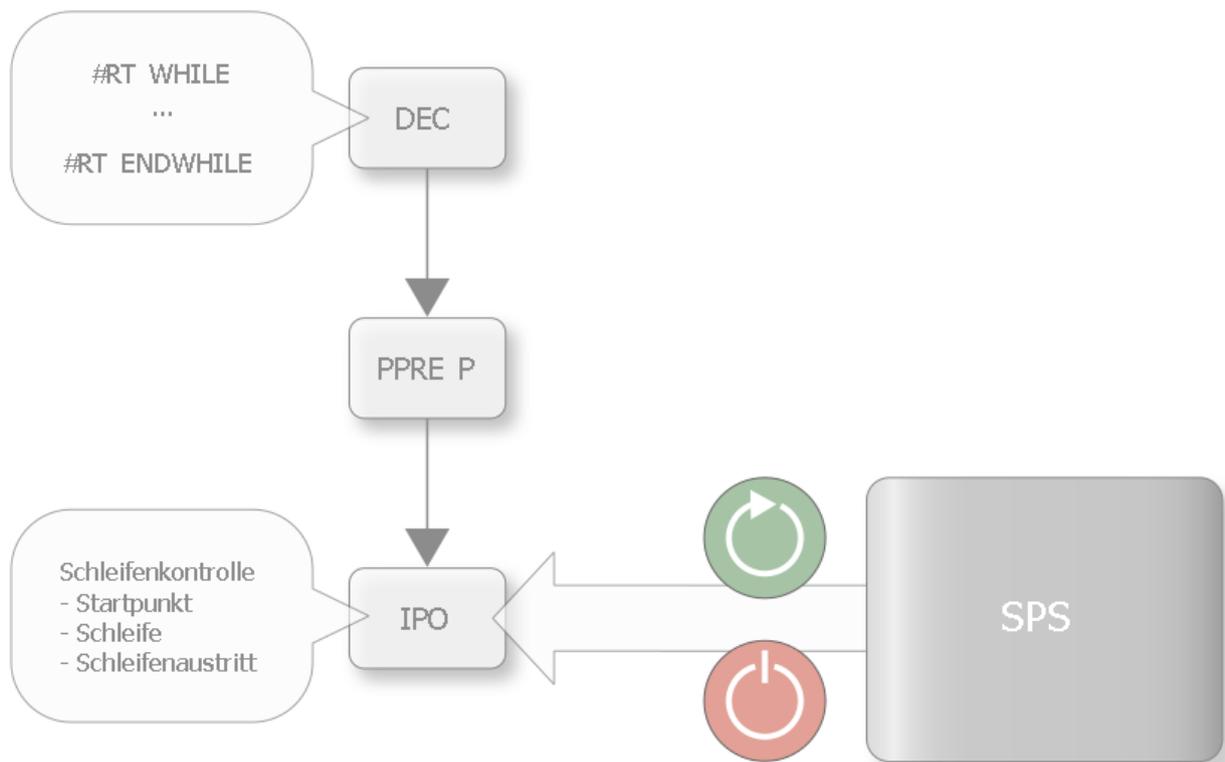


Abb. 43: Echtzeit-Schleife mit SPS-Kontrolle

Beim Senkerodieren kann der Einsatz von Echtzeit-Schleifen folgende Vorteile bringen:

- Im Senkkanal kann in der Phase des planetären Aufweitens eine Echtzeit-Schleife eingesetzt werden, um z.B. beim Schlichten die Bearbeitung sofort abubrechen, sobald die Oberflächengüte erreicht ist. Dies ist mit einer Standard-Schleife nicht möglich, da bei der Programmierung die Anzahl der erforderlichen Schleifendurchläufe noch nicht bekannt ist. Siehe obige Beispielprogrammierung.

- Bei bestimmten Bearbeitungen kann ein Wechsel zwischen dem Verhalten des Planetärkanals während dem Prozess gewünscht sein. Ein Wechsel zum Beispiel zwischen synchronem planetärem Aufweiten (konstante Geschwindigkeit unabhängig vom Senkkanal) oder sternförmigem planetärem Aufweiten während einer Bearbeitung kann mit Echtzeitschleifen während dem Prozess realisiert werden.

3 Programmierung

3.1 Allgemeine Kanalinitialisierung/-kopplung

Die einzelnen Erodierphasen Positionierung, Erodieren auf der Bahn, planetäres Aufweiten und das Beenden der Bearbeitung werden implizit durch die Kanalkopplungen festgelegt (siehe [Senkkanal \[► 22\]](#)). Ein Überblick über die programmiertechnische Umsetzung dieser Kanalkopplungen in den jeweiligen Kanälen ist in folgenden Abbildungen dargestellt.

Zu beachten ist, dass die Schnittstellen jeweils unidirektional sind – d.h. ein Kanal kann in eine von ihm geöffnete Schnittstelle Daten schreiben, die der Partnerkanal daraus lesen kann. Um jedoch vom Partnerkanal Daten zu erhalten muss dieser ebenfalls eine Schnittstelle öffnen. Daher folgt auf jeden

```
#CHANNEL INTERFACE ON ; Interface öffnen zum Schreiben
```

NC-Befehl im Sendekanal ein

```
#TRACK CHAN ON ; Interface öffnen zum Lesen
```

NC-Befehl im Empfängerkanal.



Der Endpunkt der Phase Erodieren auf der Bahn muss die PCS-Position 0 für die X- und Y-Achse haben.



Der Planetärkanal kann nur entkoppelt werden, wenn sich der Senkkanal im Zentrum befindet (Radius=0). Der Senkkanal darf zu diesem Zeitpunkt nicht mit dem Rückzugskanal überlagert sein.



Die Entkopplung des Rückzugskanal kann nur durchgeführt werden, wenn zu diesem Zeitpunkt keine Rückzugsbewegung aktiv ist. Um eine Entkopplung des Rückzugskanal während aktiver Rückzugsbewegung zu verhindern, kann der Befehl `#CHANNEL INTERFACE OFF [► 99] [ESCAPE WAIT]` verwendet werden.

In den nachfolgenden Abbildungen werden durch die Pfeile die Flussrichtung der Informationen dargestellt.

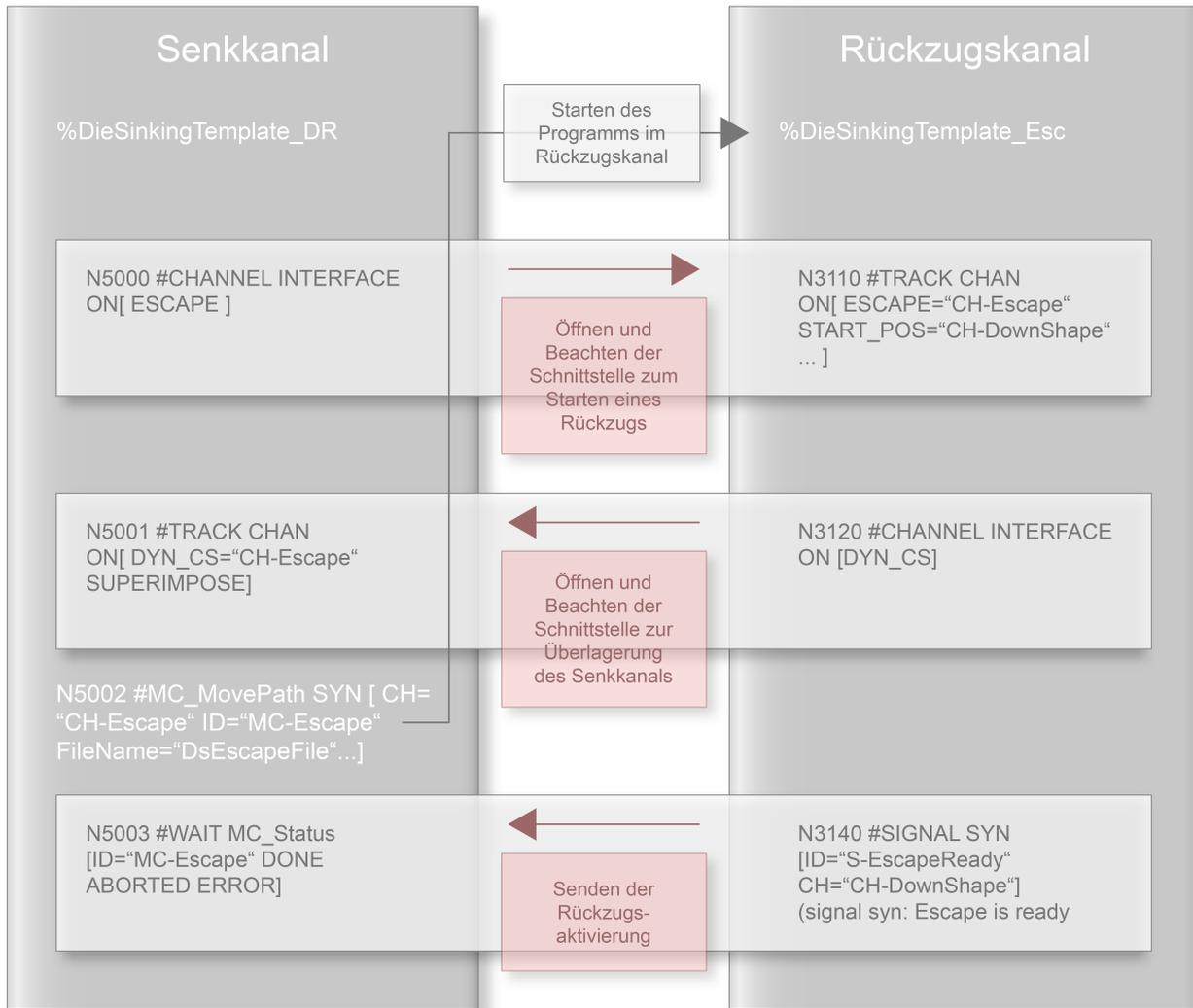


Abb. 44: Kanalschnittstellen zwischen Senk- und Rückzugskanal im NC-Programm

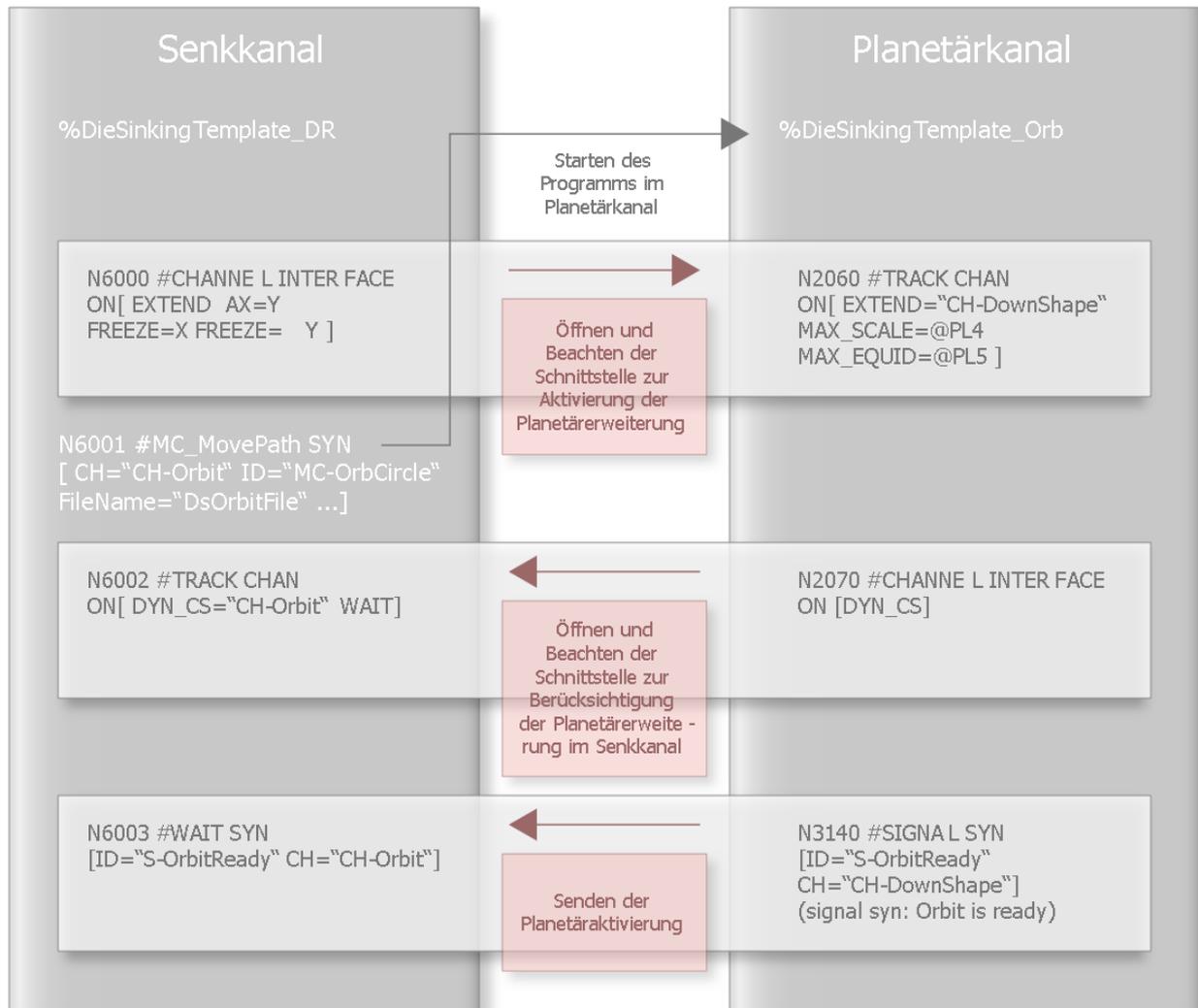


Abb. 45: Kanalschnittstellen zwischen Senk- und Planetärkanal im NC-Programm

Zusammengefasst ergibt sich dadurch für ein Standard-Erodierprogramm die in der nachfolgenden Abbildung dargestellte grundlegende Gesamtstruktur.

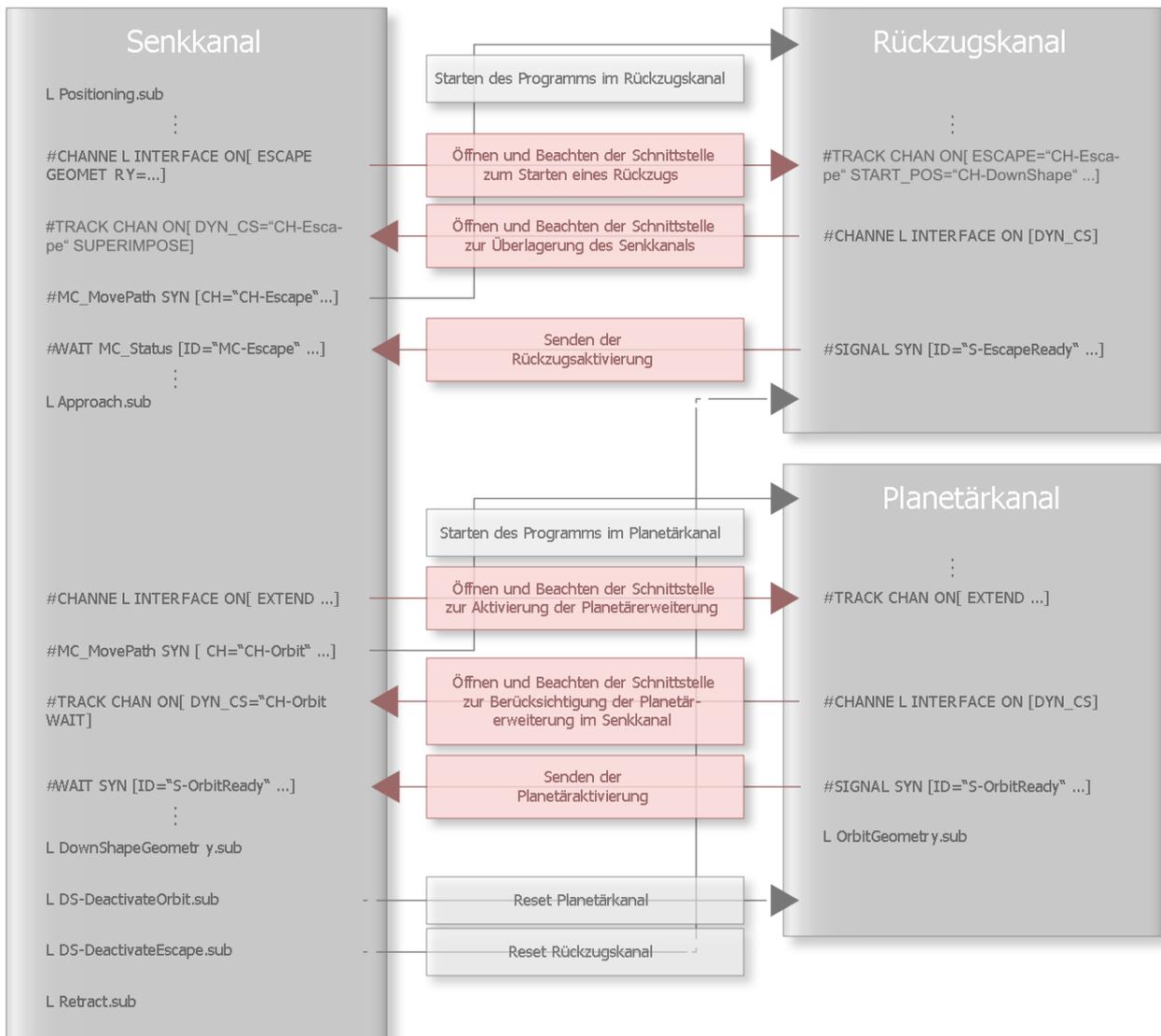


Abb. 46: Gesamtüberblick über die Kanalkopplungen bei einem Standard-Erodierprogramm

Im folgenden Abschnitt werden die NC-Programmvorlagen des Senkkanals vorgestellt. Dabei wird zuerst auf das Gesamtprogramm eingegangen, bevor die Programme zur Kopplung des Rückzugs- und Planetärkanals seitens des Senkkanals (Abbildungen / linke Bildhälfte) vorgestellt werden.

Anschließend erfolgt die Vorstellung der allgemeinen Programmstruktur inklusive der Programmsequenzen zur Kopplung der Kanäle sowohl von Seiten des Planetärkanals als auch von Seiten des Rückzugskanals.

3.2 Senkkanal Standard Programmstruktur

Der Senkkanal ist der Hauptkanal, der die weiteren Kanäle beauftragt und den Erodierprozess steuert.

Die Grundstruktur eines Erodierprogramms des Senkkanals ist im folgenden Programmierbeispiel dargestellt.

Grundstruktur - Erodierprogramm im Senkkanal

```
%Senkkanal Beispielprogramm

N010 "DsOrbitFile" = "PlanetärkanalProgramm.nc"
N020 "DsEscapeFile" = "RückzugskanalProgramm.nc"

N030 #SLOPE [TYPE=STEP]
N040 L Positionierung.sub

;---- Aktivieren des Rückzugskanal -> implizierter Start des Erodieren auf der Bahn
N050 #CS ON [EAB] [0,0,0, 0,0,0] ; CS-Definition
N060 L DS-ActivateEscape-ACS.sub

N070 L ErosionAufBahn.sub

; Limitieren der Dynamik
N080 G128=50 ; Geschwindigkeit
N090 G131=50 ; Beschleunigung

;---- Aktivieren des Planetärkanals -> implizierter Start des planetären Aufweitens
N100 #CHANNEL INTERFACE OFF[ESCAPE WAIT]
N110 #CS ON [PCS] [0, 0, 0, 0, 0, 0]
N120 L DS-ActivateOrbit.sub
N130 #CHANNEL INTERFACE ON[ESCAPE]

N140 L SenkAufweitGeometrie.sub

N150 #CHANNEL INTERFACE OFF[ESCAPE WAIT]
;----- Deaktivieren der Kanäle

N160 L DS-DeactivateEscape.sub
N170 L DS-DeactivateOrbit.sub
N180 L RückzugDerElektrode.sub
N190 #CS DEL ALL
N200 M30
```

In N010 und N020 werden die Makros der Unterprogrammnamen für den Planetär- und Rückzugskanal für die spätere Verwendung erstellt. Die Verwendung der Makros erlaubt den Aufruf des gleichen Unterprogramms zum Aktivieren der weiteren Kanäle [[Kopplungsprogramme](#) | [68](#)] in verschiedenen Programmen. So können Geometrien einfach ausgetauscht werden.

In N030 erfolgt die Anwahl des nicht ruckbegrenzten Beschleunigungsprofils und in N040 die Anfahrt an die Geometrie.

In N050 – N070 wird das Koordinatensystem für die Erosion auf der Bahn festgelegt und aktiviert, der Rückzugskanal aktiviert und die Bahngeometrie erodiert.

HINWEIS

Während der Erosion auf der Bahn ist kein Wechsel des Koordinatensystems möglich.

Da die entstehende Bewegung aus der Überlagerung der Bewegung der drei Kanäle besteht, ist die Dynamik in den einzelnen Kanälen zu begrenzen. Im Senkkanal wird dies in N080 und N090 durchgeführt.

In N100 findet die vorübergehende Deaktivierung der Rückzugsbeauftragungen statt (mittels des Befehls `#CHANNEL INTERFACE OFF` | [99](#) | `[ESCAPE WAIT]`). Dies erfolgt, da während eines Wechsels des Bearbeitungskoordinatensystems, der Aktivierung der Kopplung mit dem Planetärkanal sowie der Deaktivierung der Kopplung mit dem Rückzugs- und Planetärkanal keine Bewegung im Rückzugskanal vorhanden sein darf.

In N110 folgt die Definition und Aktivierung des Bearbeitungskoordinatensystems der Phase des planetären Aufweitens sowie in N120 die Aktivierung des Planetärkanals.

Bevor in N140 die eigentliche Bearbeitung startet, wird in N130 der Rückzugskanal wieder aktiviert wird.

Die Rückzugsbeauftragung wird in N150 für die Deaktivierung des Rückzugs- und Planetärkanals in N160 und N170 wieder vorübergehend deaktiviert.

Abschließend wird in N180–N220 die Elektrode zurückgefahren, alle Koordinatensysteme werden gelöscht und das wird Programm beendet.

3.2.1 Kopplungsprogramme

Die Aktivierung/ Deaktivierung und Kanalkopplung/ -entkopplung des Planetär- oder Rückzugskanals kann mit Standardunterprogrammen im Senkkanal programmiert werden (Dies entspricht der linken Hälfte in den [Abbildungen \[► 62\]](#)). Im Folgenden sind die Unterprogrammbeispiele, die im vorigen Kapitel verwendet wurden beschrieben.

Die in den Programmen verwendeten Variablen müssen im Programm des Senkkanals im Vorfeld passend belegt werden.

Unterprogramm - Aktivierung Rückzugskanal

```
%DS-ActivateEscape-ACS
; activation of Escape channel with saved ACS positions

N5000 $IF V.P.EscapeMode == 0
N5010 #CHANNEL INTERFACE ON[ ESCAPE GEOMETRY=FLAT ]
N5020 $ELSEIF V.P.EscapeMode == 1
N5030 #CHANNEL INTERFACE ON[ ESCAPE GEOMETRY=ALPHA ANGLE=V.P.AlphaAngle]
N5040 $ELSEIF V.P.EscapeMode == 2
N5050 #CHANNEL INTERFACE ON[ ESCAPE GEOMETRY=POINT POINT_Y=V.P.PointY POINT_Z=V.P.PointZ]
N5060 $ELSE
N5070 #CHANNEL INTERFACE ON[ ESCAPE GEOMETRY=BISECTOR BISECTOR BISEC_D1 = V.P.BisecD1 BISEC_D2 =
V.P.BisecD2]
N5080 $ENDIF
N5090 #TRACK CHAN ON[ DYN_CS="CH-Escape" SUPERIMPOSE]

; -- Starten des Programms im Rückzugskanal
N5100 #MC_MovePath SYN [ CH="CH-Escape" ID="MC-Escape" FileName="DsEscapeFile" \
@PL1=V.P.Appr_Start_ACS_X @PL2=V.P.Appr_Start_ACS_Y @PL3=V.P.Appr_Start_ACS_Z \
@PL4=V.P.Appr_Start_TRANS_X, @PL5=V.P.Appr_Start_TRANS_Y, @PL6=V.P.Appr_Start_TRANS_Z, \
@PL7=V.P.Appr_Start_ROT_X, @PL8=V.P.Appr_Start_ROT_Y, @PL9=V.P.Appr_Start_ROT_Z \
@PL10=V.P.Appr_Start_ACS_A @PL11=V.P.Appr_Start_ACS_B @PL12=V.P.Appr_Start_ACS_C
@PL13=V.P.EscapeMode \
@PL14=V.P.AlphaAngle @PL15=V.P.PointY @PL16=V.P.PointZ]

N5110 #WAIT MC_Status [ID="MC-Escape" DONE ABORTED ERROR]
N5120 V.P.McStatus = MC_STATUS ["MC-Escape"]
N5130 $IF V.P.McStatus != "MC_DONE"
N5140 #ERROR [ID455 MID0 RC2 PV1=V.P.McStatus PV2="MC_DONE" PM1=2 PM2=3]
N5150 $ENDIF
N5160 M17
```

Unterprogramm - Aktivierung Planetärkanal

```
%DS-ActivateOrbit
N6000 #CHANNEL INTERFACE ON [EXTEND AX=Y FREEZE=X FREEZE=Y ]

; Starten des Programms im Planetärkanal
N6001 #MC MovePath SYN [ CH="CH-Orbit" ID="MC-OrbCircle" FileName="DsOrbitFile" \
@PL1=V.G.SELECTED_CS.ROT.X @PL2=V.G.SELECTED_CS.ROT.Y \
@PL3=V.G.SELECTED_CS.ROT.Z @PL4=V.P.OrbitMaxScale \
@PL5=V.P.OrbitMaxEquid
N6002 #TRACK CHAN ON[ DYN_CS="CH-Orbit" WAIT]
N6003 #WAIT SYN [ID="S-OrbitReady" CH="CH-Orbit"]
N6004 #BACKWARD STORAGE CLEAR
N6005 M17
```

Unterprogramm - Deaktivieren Rückzugskanal

```
%DS-DeactivateEscape.sub
N7005 #CHANNEL INTERFACE OFF [ESCAPE]
N7006 #TRACK CHAN OFF[DYN_CS SUPERIMPOSE]
N7007 #MC_GroupResetForced SYN [ CH="CH-Escape" ID="MC-Reset" ] ( reset Rückzugskanal
N7008 #WAIT MC_Status [ID="MC-Reset" DONE ABORTED ERROR]
N7009 M17
```

Unterprogramm - Deaktivierung Planetärkanal

```
%DS-DeactivateOrbit.sub
N7000 #CHANNEL INTERFACE OFF [EXTEND]
N7001 #TRACK CHAN OFF [DYN_CS]
N7002 #MC_GroupResetForced SYN [ CH="CH-Orbit" ID="MC-Reset" ] ( reset Planetärkanal
N7003 #WAIT MC_Status [ID="MC-Reset" DONE ABORTED ERROR]
N7004 M17
```

3.2.2 Rückzugsstrategie

Je nach zu startender Rückzugsstrategie sind unterschiedliche Angaben nötig. Diese sind in folgendem Befehl anzugeben:

```
#CHANNEL INTERFACE ON [ ESCAPE GEOMETRY= <FLAT | ALPHA | POINT | BISECTOR>
[ANGLE=..] [POINT_Y=..] [POINT_Z=..] [BISEC_D1=..] [BISEC_D2=..] ]
```

3.3 Planetärkanal Standard Programmstruktur

Ein Beispiel NC-Programm des Planetärkanals, welches wie in Planetärkanalkopplung dargestellt vom Senkkanal aus im Planetärkanal gestartet wird, wird im Folgenden betrachtet.

Planetärkanal Standard Programmstruktur

```
%DieSinkingTemplate_Orb
N2010 G128=50 ; Geschwindigkeit
N2020 G131=50 ; Beschleunigung
N2030 G133=50 ; Rampenzeiten

N2040 G00 X0 Y0 Z0
N2050 #TRACK CHAN ON [EXTEND="CH-DownShape" MAX_SCALE=@PL4 MAX_EQUID=@PL5]
N2060 #CHANNEL INTERFACE ON [DYN_CS]
N2070 #BACKWARD STORAGE CLEAR

(-- Gleiche Orientierung im Planetär- wie im Senkkanal--)
N2080 #CS ADD [PCS] [0, 0, 0, @PL1, @PL2, @PL3]
N2090 #CS SELECT [PCS]

N2100 L OrbitStartingPoint.sub

N2110 #RT CYCLE DELETE [ ID="S-Orbit-RT-Loop" ]
N2120 #RT CYCLE [ ID="S-Orbit-RT-Loop", SCOPE=GLOBAL ]
```

```
N2130 V.RTG.LOOP.ENABLED = TRUE
N2140 #RT CYCLE END

N2150 #SIGNAL SYN[ID="S-OrbitReady" CH="CH-DownShape"]

N2160 #RT WHILE
N2170 L Planetärgeometrie.sub
N2180 #RT ENDWHILE
N2190 #CS DEL ALL
N2200 M30
```

In N2010 – N2030 wird die Dynamik aufgrund der überlagerten Kanalkonstellation begrenzt.

In N2040 wird der Kanal auf seine Startposition gefahren.

In N2050 wird die Kanalkopplung zum Senkkanal von Seiten des Planetärkanals erstellt. Der Befehl ist dabei das Gegenstück des Satzes N6000 in Planetärkanalkopplung. Dabei wird auch festgelegt, wie groß der maximale Skalierungsradius und der maximale Äquidistantenabstand ist. Diese Parameter werden beim Programmaufruf aus dem Senkkanal mitgegeben.

In N2060 wird die Schnittstelle des Planetärkanals zum Senkkanal geöffnet. Über diese Schnittstelle werden die X- und Y-MCS Koordinaten vom Planetär- zum Senkkanal übertragen.

N2070 bewirkt, dass in Rückwärtsrichtung nicht über diesen Satz gefahren werden kann.

In N2080 und N2090 wird ein Bearbeitungskoordinatensystem erstellt und ausgewählt.

N2100 beinhaltet die Fahrt auf den Anfangspunkt der eigentlichen Planetärgeometrie.



Der zweite Bewegungssatz wird implizit als Satz der Planetärgeometrie interpretiert und muss aus diesem Grund Teil der Planetärgeometrie sein.

N2110-N2140 beinhaltet die Definition des Echtzeit-Zyklus für die endlose Echtzeit-Schleife in N2160-N2180 [FCT-C32 RT-Zyklen].

N2150 sendet ein Signal an den Senkkanal, damit dieser mit der Bearbeitung fortsetzen kann. Der Senkkanal wartet in Satz N6002, wie im NC-Programm in Kapitel [Kopplungsprogramme \[▶ 68\]](#) vorzufinden ist, auf dieses Signal.



Bei einer äquidistanten Planetärgeometrie ist der Planetärkanal erst bereit, wenn eine geschlossene Planetärgeometrie im Interpolator der CNC vorliegt. Dies wird über das Signal „orbit active r [▶ 113]“ auf dem HLI angezeigt. Bei einer äquidistanten Planetärgeometrie sollte die Bearbeitung im Senkkanal erst nachdem dieses Signal auf True gesetzt wurde, fortgesetzt werden.

In N2160-N2180 erfolgt die eigentliche Planetärgeometrie in einer endlosen Echtzeit-Schleife.

In N2190 werden alle Bearbeitungskoordinatensystem des Planetärkanals gelöscht.

3.3.1 Schnelle Positionierung im Planetärkanal

Bei einem sternförmigen Planetäraufweiten steht der Planetärkanal auf festen Positionen während der Senkkanal aufweitet und wieder zum Zentrum zurückkehrt. Sobald der Senkkanal im Zentrum angekommen ist, soll möglichst schnell auf eine neue Position im Planetärkanal gewechselt werden, damit der Senkkanal auf der neuen Position wieder aufweiten kann. Um diese schnelle Positionierung so schnell wie möglich zu realisieren, gibt es die im Folgenden vorgestellte Funktionalität.

```
#CHANNEL SET [FAST_FORWARD_IN_CENTER=ON/OFF]
```

Sie ermöglicht es, während Radius 0 die Position im Planetärkanal auf die letzte Position vor einer Kanalsynchronisierung zu setzen, anstatt diese über eine Interpolation zu erreichen. Dies ist erlaubt, da bei Radius Null keine physikalischen Achsbewegungen bei einer Bewegung im Planetärkanal ausgeführt werden. Die Kanalsynchronisierung erfolgt mittels der Befehle „SIGNAL SYN“ und „WAIT SYN“.

Dieser Befehl funktioniert nur bei Bewegung der drei kartesischen Raumachsen. Es wird ein Fehler ausgegeben, wenn zusätzliche Achsen verfahren werden sollen.

Falls der Radius nicht 0 ist, hat dieser Programmbefehl keinen Einfluss.

Im Folgenden ein Programmausschnitt, bei dem der vorgestellte Befehl verwendet wird:

```
N100 X10 Y0 F1000
N110 #CHANNEL SET [FAST_FORWARD_IN_CENTER=ON]
N120 $WHILE 1
N130 #WAIT SYN[ID 1000 CH1]
N140 G02 X-10 Y0 R10
N150 #SIGNAL SYN[ID 2000 CH1]
N160 #WAIT SYN[ID 1000 CH1]
N170 G02 X10 Y0 R10
N180 #SIGNAL SYN[ID 2000 CH1]
N190 $ENDWHILE
N200 #CHANNEL SET [FAST_FORWARD_IN_CENTER=OFF]
```

3.4 Rückzugskanal

Der Rückzugskanal führt Rückzugsbewegungen der Elektrode aus, die der Bewegung des Senkkanals überlagert werden. Das Auslösen der Rückzugbewegung erfolgt dadurch, dass im Rückzugskanal eine negative Geschwindigkeit oder ein Spülvorgang kommandiert wird.

Ein Standardprogramm des Rückzugskanals ist im Folgenden dargestellt.

Standardprogramm - Rückzugskanal

```
%Rückzugskanal_Beispielprogramm
N3030 X[SET_POSITION POS=@PL1] Y[SET_POSITION POS=@PL2] Z[SET_POSITION POS=@PL3]
N3040 A[SET_POSITION POS=@PL10] B[SET_POSITION POS=@PL11] C[SET_POSITION POS=@PL12]

N3050 #SLOPE [TYPE=STEP]
N3060 #ESCAPE PATH DEF BEGINN3070 #CS ON [EAB] [@PL4,@PL5,@PL6,@PL7,@PL8,@PL9]
N3080 #ESCAPE PATH BACKWARD STOP
N3090 L ErosionAufBahn.sub
N3100 #ESCAPE PATH POST SEQUENCE
N3110 #CS DEL ALL
N3120 #ESCAPE PATH DEF END

N3130 G128=50 ; Geschwindigkeit
N3140 G131=50 ; Beschleunigung

N3150 #TRACK CHAN ON[ ESCAPE="CH-Escape" START_POS="CH-DownShape" EXTEND_PARAM="CH-Orbit"]
N3160 #CHANNEL INTERFACE ON [DYN_CS]
N3170 #SIGNAL SYN [ID="S-EscapeReady" CH="CH-DownShape"]
N3180 M30
```

Dieses Programm wird vom Senkkanal bei der Kopplung des Rückzugskanals gestartet (siehe N5002 in Kapitel [Kopplungsprogramme](#) [► 68]).

N3030 und N3040 setzt die Positionen des Rückzugskanals ohne, dass eine Bewegung stattfindet. Die zu setzenden Positionen werden beim Programmstart aus dem Senkkanal mit übergeben und entsprechen den Positionen zu Beginn der Geometrie beim Erodieren auf der Bahn.

In N3050 wird das nicht ruckbegrenzte Beschleunigungsprofil ausgewählt.

N3060 markiert im Rückzugskanal, dass die Geometriebeschreibung für das Erodieren auf der Bahn folgt. Diese Bewegung wird durch diese Markierung nur gespeichert, damit die Rückzugsbewegung auf dieser Bahn ausgeführt werden kann.

In N3070 wird durch die Übergabeparameter aus dem Senkkanal das identische Koordinatensystem wie im Senkkanal angewählt.

Der Befehl in Satznummer N3080 markiert, dass nicht weiter wie diese Stelle zurückgezogen werden darf.

In Satznummer N3090 wird das identische Unterprogramm mit der Geometrie zum Erodieren auf der Bahn wie im Senkkanal aufgerufen.

In N3100 wird das Ende der Bewegungssätze der Geometrie markiert. Schalt- und Zusatzfunktionen, z.B. M01 können noch programmiert werden.

In N3110 wird das Koordinatensystem abgewählt und in N3120 das gesamte Ende der Geometrie markiert.

HINWEIS

Am Ende der Geometrie, die auf der Bahn erodiert wird, müssen die Koordinatensysteme abgewählt werden.

In N3120 und N3130 werden wie bei den anderen Programmen die Dynamik aufgrund der überlagerten Kanalkonstellation begrenzt.

In N3140 erfolgt das Parametrieren der Rückzugsstrategie. Dabei ist es nötig den Kanal zu nennen, von dem der Rückzugskanal seine Startposition erhält, sowie auch die Kanalnummer des Kanals, welcher als Planetärkanal fungiert.

In N3150 erfolgt das Öffnen einer Schnittstelle seitens des Rückzugskanals, welche das Gegenstück zu N5001 (siehe Kapitel [Kopplungsprogramme](#) [▶ 68]) ist.

In Satznummer N3160 wird dem Senkkanal ein Signal gesendet, dass der Rückzugskanal bereit ist.

3.5 Anwendungsfälle

Dieses Kapitel zeigt Programmierbeispiele, wie verschiedene Anwendungsfälle realisiert werden können.

Durch die Vorgabe der Geschwindigkeit von der SPS können unterschiedliche Erodiermodi zusammen mit bestimmten Geometrien für unterschiedliche Bearbeitungen erreicht werden. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die verschiedenen Geschwindigkeitsvorgaben zu den in diesem Kapitel beschriebenen Erodiermodi.

	Senkkanal	Planetärkanal	Rückzugskanal	Startbedingung Rückzug
Halbsphärisches Planetäraufweiten	V_{prog}	V_{prog} , Start / Stopp	V_{ext}	$V_{ext} < 0$
Sternförmiges Planetäraufweiten	V_{ext}	V_{prog} , Start / Stopp	V_{ext}	$V_{ext} < 0$ und Senk- (& Planetärkanal) gestoppt
Asynchrones Planetäraufweiten	V_{ext}	V_{prog}	V_{ext}	$V_{ext} < 0$ und Senk- (& Planetärkanal) gestoppt
Alternieren-des Planetäraufweiten	V_{ext}	V_{ext}	V_{ext}	$V_{ext} < 0$ und Senk- (& Planetärkanal) gestoppt

Steuerung der Erodier-Modi über Vorgabe der Geschwindigkeiten:

V_{prog} Programmierte Geschwindigkeit

V_{ext} Geschwindigkeit über externe Geschwindigkeitsschnittstelle

V_{Gen} Geschwindigkeitsvorgabe des Generators

3.5.1 Asynchrones Planetäraufweiten

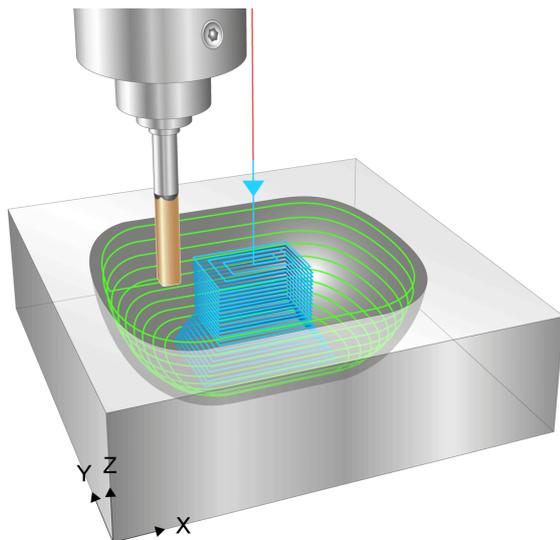


Abb. 47: Anwendungsfall- asynchrones Planetäraufweiten

Prozesssteuerung durch SPS

Senkkanal	Planetärkanal	Rückzugskanal	Escape-Start Bedingung
$V_{ext} = 0$, bei $dist_prog_start_{Esc} > Sliding\ distance$ oder $V_{Gen} < 0$ $V_{ext} = V_{Gen}$, bei $V_{Gen} > 0$ und $dist_prog_start_{Esc} < Sliding\ distance$ Verwendung der <u>Insert Command CU</u> [▶ 120] zum Erodieren auf Scheiben.	V_{prog}	V_{ext}	$V_{ext} < 0$ und Senk- (& Planetärkanal) gestoppt

Beim asynchronen Planetäraufweiten erfolgt der Programmfortschritt im Senk- und Planetärkanal parallel und unabhängig zueinander. Zwischen diesen beiden Kanälen erfolgt keine weitere Synchronisation. Die Geschwindigkeit in den Kanälen läuft vollständig asynchron.

Eine Rückzugsbewegung im Rückzugskanal wird bei negativer Generatorgeschwindigkeit und Stillstand im Senkkanal ausgeführt. Beim Annähern an die Kontur kann mit einer Überschleif Distanz die Rückzugsbewegung und der Programmfortschritt des Senkkanals überlagert werden. Insert Command CU [▶ 120] können Bewegungsstopps im Senkkanal online eingefügt werden. Durch die parallele Bewegung des Planetärkanals wird während des Stillstandes im Senkkanal auf einer Scheibe erodiert.

Geometrie durch NC-Programmierung

In diesem Erodier-Modus werden die Geometrien des Senk- und Planetärkanals unabhängig voneinander programmiert. Im folgenden Programmbeispiel sind die beiden Geometrien des Senk- und Planetärkanals zu sehen, welche in die Geometrie in der Abbildung resultieren.

Die Geometrie im Senkkanal wird im Unterprogramm „SenkenAufweitenRückzug.sub“ aus dem Programmbeispiel der Grundstruktur programmiert [Senkkanal Standard Programmstruktur [▶ 66]].

Die Geometrie im Planetärkanal wird im Unterprogramm „OrbitGeometry.sub“ aus dem Programmbeispiel der Grundstruktur programmiert [Planetärkanal Standard Programmstruktur [▶ 69]].

Senkkanal - Asynchrones Planetäraufweiten

```
; SenkenAufweitenRückzug Geometrie
N0380 G19 G91
N0410 G01 Y20 ; Aufweiten
N0450 G01 Z-26 ; Senken
N0520 G01 Y30 Z-36 G90 ; Viertelkreis aufweiten
N0560 G03 Y60 Z-6 J0 K30
N0580 G01 Z0 F50 ; Rückzug
N0620 G01 Y0 F200
N0630 M17
```

Planetärkanal - Asynchrones Planetäraufweiten

```
; Planetärbewegung, abgerundetes Rechteck
;P50 (* radius der Eckrundung *)
;P100 (* X äußerer Eckpunkt *)
;P200 (* X innerer Eckpunkt *)

;P300 (* Y innerer Eckpunkt *)
;P400 (* Y äußerer Eckpunkt *)

N2010 G03 XP200 YP400 RP50
N2020 G01 X-P200 YP400
N2030 G03 X-P100 YP300 RP50
N2040 G01 X-P100 Y-P300
N2050 G03 X-P200 Y-P400 RP50
N2060 G01 XP200 Y-P400
N2070 G03 XP100 Y-P300 RP50
N2080 G01 XP100 YP300
N2090 M17
```

3.5.2 Sternförmiges Planetäraufweiten

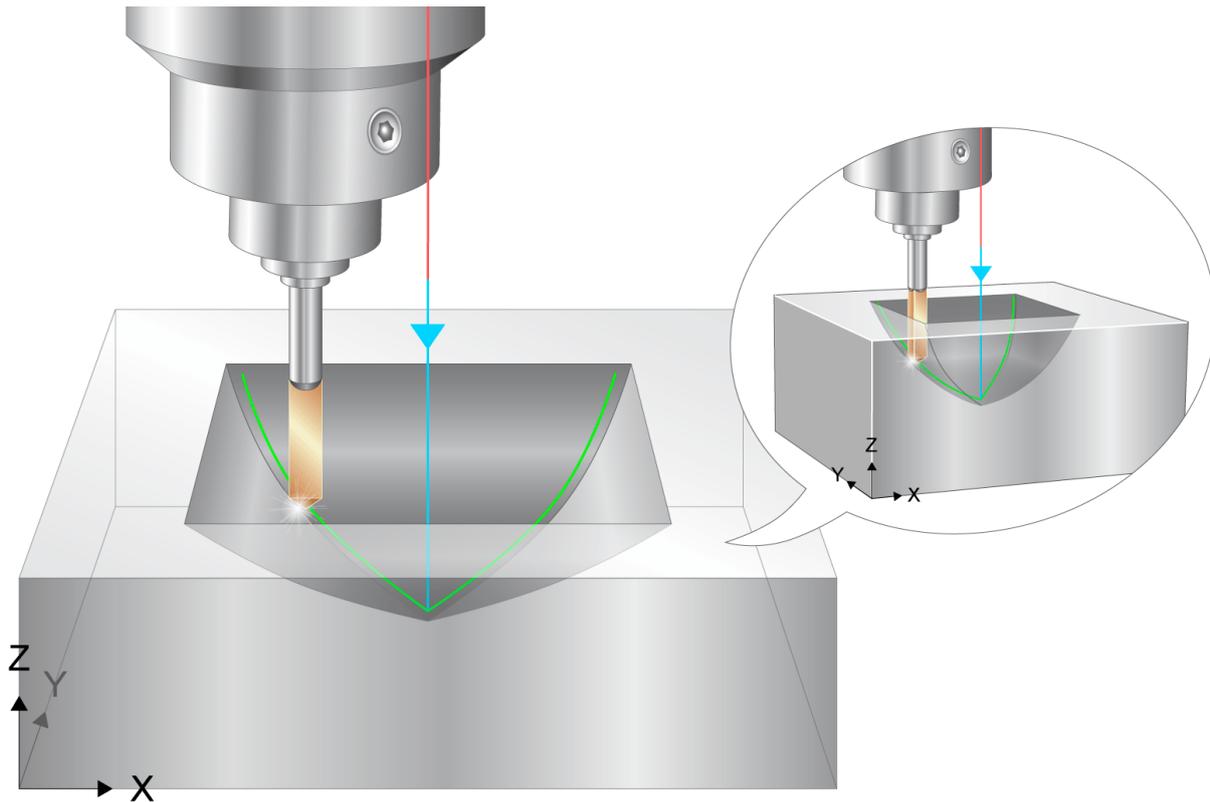


Abb. 48: Anwendungsfall- sternförmiges Planetäraufweiten

Prozesssteuerung durch SPS

Senkkanal	Planetärkanal	Rückzugskanal	Rückzugsbedingung
$V_{ext} = 0$, bei $dist_prog_start_{Esc} > Sliding\ distance$ oder $v_{Gen} < 0$ $V_{ext} = V_{Gen}$, bei $V_{Gen} > 0$ und $dist_prog_start_{Esc} < Sliding\ distance$	V_{prog} , Start / Stopp	V_{ext}	$V_{ext} < 0$ und Senk- (& Planetärkanal) gestoppt

Die entstehende Geometrie der Bearbeitungsstrategie „Sternförmiges Planetäraufweiten“ ist in der Abbildung im Kapitel Überlagerung von Geometrie- und Rückzugsbewegung [▶ 82] dargestellt. Dieser Betriebsmodus ist geeignet, um die Kavität in den Ecken zu schlichten. Dafür ist es nötig, dass in jeder Ecke der Planetärkanal auf seiner Position stehen bleibt, während der Senkkanal aufweitet. Nach dem Aufweiten muss der Senkkanal im Zentrum warten, bis der Planetärkanal sich in der nächsten Ecke positioniert hat bis er wieder aufweiten kann. Diese Synchronisation der beiden Kanäle lässt sich mit den Befehlen #SIGNAL und #WAIT realisieren, wie in den folgenden Programmausschnitten ersichtlich ist.

Eine Möglichkeit die Geschwindigkeitsplanung zu gestalten ist, dass der Rückzugskanal wie üblich die Geschwindigkeit extern durch den Funkengenerator vorgegeben bekommt. Die Geschwindigkeit des Senkkanals wird ebenfalls vom Funkengenerator vorgegeben, jedoch wird im Falle einer negativen Geschwindigkeitsvorgabe des Funkengenerators diese in der SPS mit einer Geschwindigkeit von Null überschrieben. Rückzugsbewegungen werden demnach nur vom Rückzugskanal ausgeführt.

Senkkanal - Sternförmiges Aufweiten

```
% Sternförmiges Aufweiten
N0290 G01 Z30 F1500 ; senken
N0300 G19
N0310 $WHILE V.P.SliceCounter < 4 ; 3 Ecken
N0320 #SIGNAL SYN [ID 1000 CH2] ; Signal zur Bewegung zur nächsten Ecke
```

```
N0330 #WAIT SYN [ID 2000 CH2] ; Warten bis der Planetärkanal an der nächsten Ecke angekommen ist
N0340 G03 Y30 Z60 J0 K30 ; Aufweiten
N0350 G01 Z70
N0360 G01 Z60
N0370 G02 Y0 Z30 J-30 K0 ; Bewegung zurück zum Zentrum
N0380 V.P.SliceCounter=V.P.SliceCounter+1
N0390 $ENDWHILE
```

Planetärkanal - Sternförmiges Aufweiten

```
%L Kanalsynchronisierung
N2000 #SIGNAL SYN[ID 2000 CH1]
N2010 #WAIT SYN[ID 1000 CH1]
N2020 M17

N2170 #CHANNEL SET [FAST_FORWARD_IN_CENTER=ON]
(----- Orbit geometry -----)
N2180 G01 XP1 Y-P2 ; Erstes Eck
N2190 LL Kanalsynchronisierung; Warten auf Signal, um zur nächsten Ecke zu gehen
N2200 X0
N2210 X-P1
N2220 LL Kanalsynchronisierung

...
N2380 #CHANNEL SET [FAST_FORWARD_IN_CENTER=OFF]
N2390 LL Kanalsynchronisierung
(----- End of Orbit geometry -----)

N2400 #TRACK CHAN OFF [EXTEND]
N2410 #CS DEL ALL

N2420 M30
```

3.5.3 Halbspährisches Planetäraufweiten

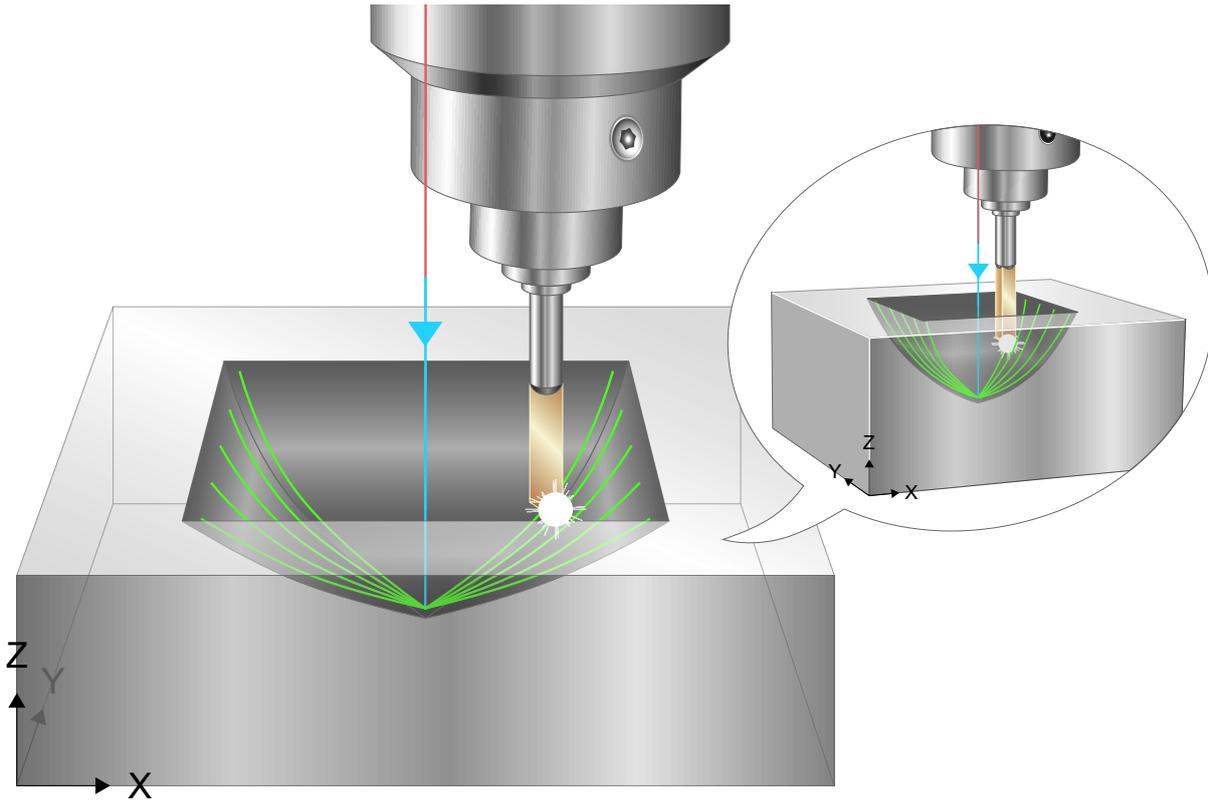


Abb. 49: Anwendungsfall- Halbspährisches Planetäraufweiten

Prozesssteuerung durch SPS

Senkkanal	Planetärkanal	Rückzugskanal	Rückzugsbe-dingung
V_{prog}	V_{prog} , Start / Stopp	V_{ext}	$V_{ext} < 0$ und Senk- (& Planetärkanal) gestoppt

Beim halb-sphärischen Planetäraufweiten bewegt sich der Senkkanal mit konstanter Geschwindigkeit. Ein weiterer Unterschied im Vergleich zum sternförmigen Planetäraufweiten ist, dass die Senkgeometrie sowohl einen Bereich in positiver Radiusrichtung, als auch einen in negativer Radiusrichtung besitzt.

Für das Beispielprogramm wird dieselbe Kontur im Senkkanal wie beim Erodieren sternförmigen Planetäraufweiten verwendet. Zusätzlich wird jedoch anstatt einer normalen Schleife eine Echtzeitschleife verwendet. Dies bietet die Flexibilität die Anzahl der abgefahrenen Schleifen abhängig vom Prozessfortschritt zu erhöhen oder zu verringern.

Senkkanal - Halbspährisches Planetäraufweiten

```
% Halb-sphärisches Planetär-Aufweiten

N0270 #RT CYCLE DELETE [ID = 4711 ] ; Definition der Echtzeitschleife
N0280 #RT CYCLE [ID=4711 SCOPE = GLOBAL]
N0290 $IF V.E.RtLoopEnable != 0
N0300 V.RTG.LOOP.ENABLED = TRUE
N0310 $ELSE
N0320 V.RTG.LOOP.ENABLED = FALSE
N0330 $ENDIF
N0340 #RT CYCLE END

N0350 #FLUSH WAIT
N0360 G19

#RT WHILE
N0410 G01 X0 Y0 Z30 F1000 ; senken
N0420 G03 Y30 Z60 J0 K30 ; Aufweiten mit positivem Radius
N0430 G01 Z70
N0440 G01 Z60
N0450 G02 Y0 Z30 J-30 K0 ; Bewegung zum Zentrum

N0360 #OPTIONAL EXECUTION ON [SIMULATE] ; optionales Wechseln auf die nächste Scheibenposition
N0370 #SIGNAL SYN [ID "S-OrbitSectorReq" CH2] ; Signal für Planetärkanal zur Bewegung zur nächsten
Position
N0380 #WAIT SYN [ID "S-OrbitSectorOk" CH2] ; Warten bis Planetärkanal sich positioniert hat
N0390 #OPTIONAL EXECUTION OFF

N0460 G02 Y-30 Z60 J0 K30 ; Aufweiten mit negativem Radius
N0470 G01 Z70
N0480 G01 Z60
N0490 G03 Y0 Z30 J30 K0 ; Bewegung zum Zentrum
N0500 #RT ENDWHILE

N0550 G01 Y0 F100 ; Beenden der Bearbeitung
N0560 M17
```

Planetärkanal - Halbspährisches Planetäraufweiten

```
%L Kanalsynchronisierung
N2000 #SIGNAL SYN[ID "S-OrbitSectorOk" CH1]
N2010 #WAIT SYN[ID "S-OrbitSectorReq" CH1]
N2020 M17

N2180 $WHILE 1
N2190 #WAIT SYN[ID "S-OrbitSectorReq" CH1]
N2200 G01 XP1 Y-P2 F2000

N2210 LL Kanalsynchronisierung
N2220 X-P1

(-- unterteilte Planetärgeometrie --)
N0400 ...
N2410 #SIGNAL SYN[ID "S-OrbitSectorOk" CH1]
N2420 $ENDWHILE
```

3.5.4 Alternierendes Planetäraufweiten

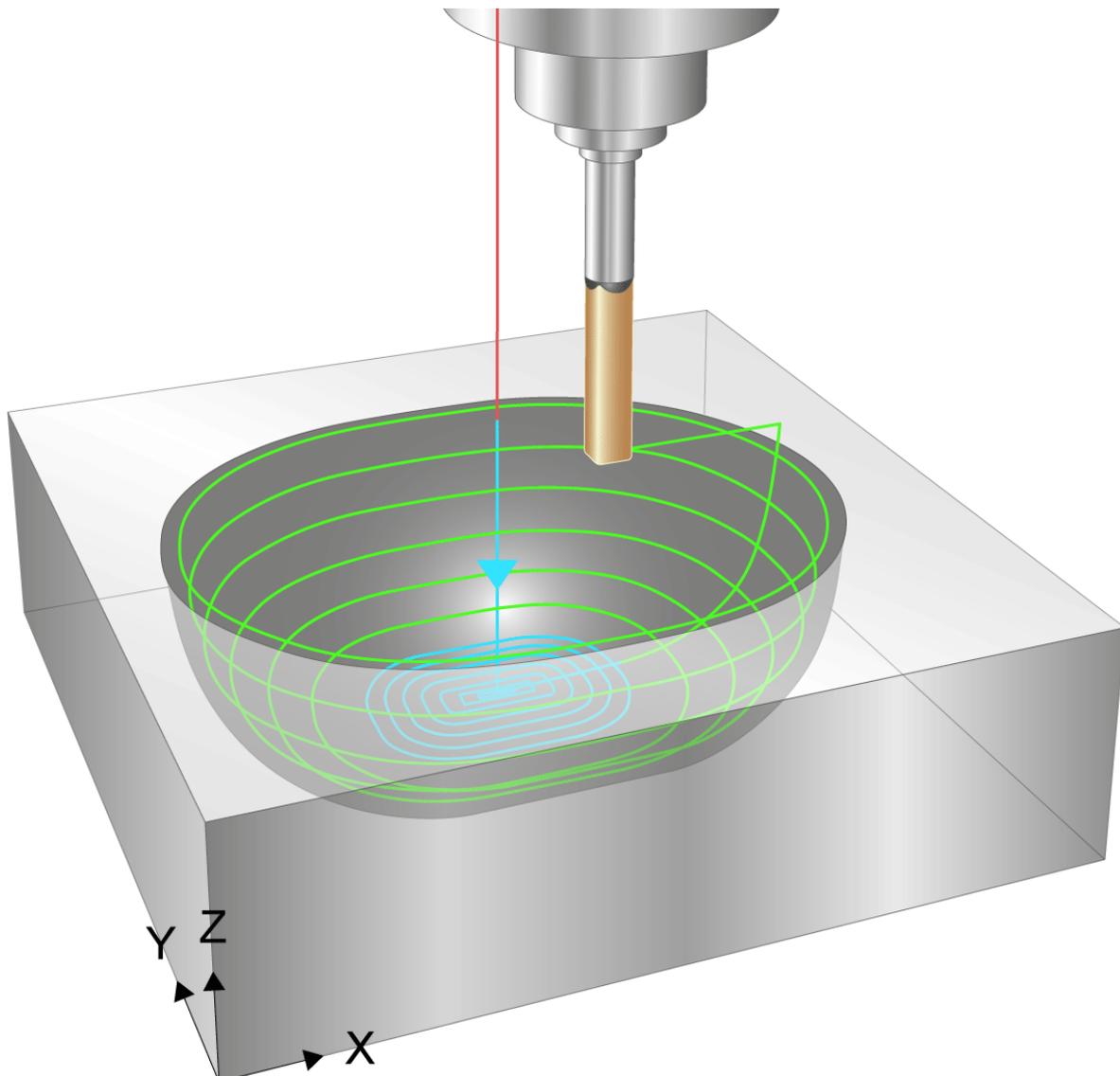


Abb. 50: Anwendungsfall- Alternierendes Planetäraufweiten

Prozesssteuerung durch SPS

Senkkanal	Planetärkanal	Rückzugskanal	Rückzugsbedingung
$V_{ext} = 0$, bei $dist_prog_start_{Esc} > Sliding\ distance$ oder $v_{Gen} < 0$ $V_{ext} = v_{Gen}$, bei $v_{Gen} > 0$ und $dist_prog_start_{Esc} < Sliding\ distance$	V_{ext}	V_{ext}	$V_{ext} < 0$ und Senk- (& Planetärkanal) gestoppt

Beim alternierenden Planetäraufweiten bewegt sich der Senkkanal und der Planetärkanal immer abwechselnd. Dazu erfolgen immer Kanalsynchronisationen zwischen dem Senk- und Planetärkanal. Der Senkkanal bewegt sich zur nächsten Position, an der eine Scheibe erodiert werden soll. Nach dem Erreichen der Position synchronisiert er sich mit dem Planetärkanal und dieser erodiert eine komplette Scheibe. Nach dem Erodieren der gesamten Scheibe synchronisiert sich der Planetärkanal mit dem Senkkanal und der Ablauf beginnt wieder von vorne.

3.5.5 Überlagerung von Geometrie- und Rückzugsbewegung

Steuerung durch die SPS

Die Synchronisation von Senkkanal und Rückzugskanal kann vollständig durch die SPS überwacht und gesteuert werden. D.h. die SPS kann über die entsprechenden Schnittstellen das gewünschte Verhalten erreichen.

- SPS ist der Master
- Senkkanal und Rückzugskanal sind Slaves

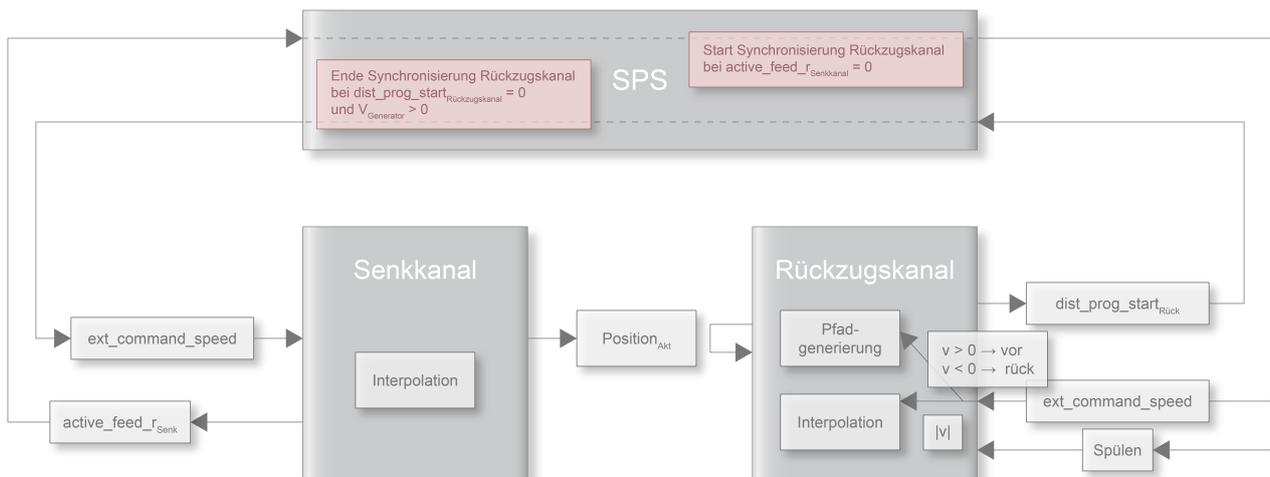


Abb. 51: Steuerung von Senk- und Rückzugsbewegung durch die SPS

Bei der Standardbearbeitung überlagert der Rückzugskanal den Senkkanal nur solange der Senkkanal sich im Stillstand befindet. Diese Bedingung wird von der CNC in der Phase, wenn auf der Bahn erodiert wird, überprüft und führt bei Missachtung auch zu einer Fehlermeldung und Abbruch der Bearbeitung.

In der Phase des planetären Aufweiten ist eine gleichzeitige Bewegung und Überlagerung der beiden Kanäle möglich. Der Rückzugspfad wird online an die geänderte Startposition des Senkkanals angepasst. Die Überlagerung führt zu einer Art überschleifen der Rückzugs- und Geometriebewegung.

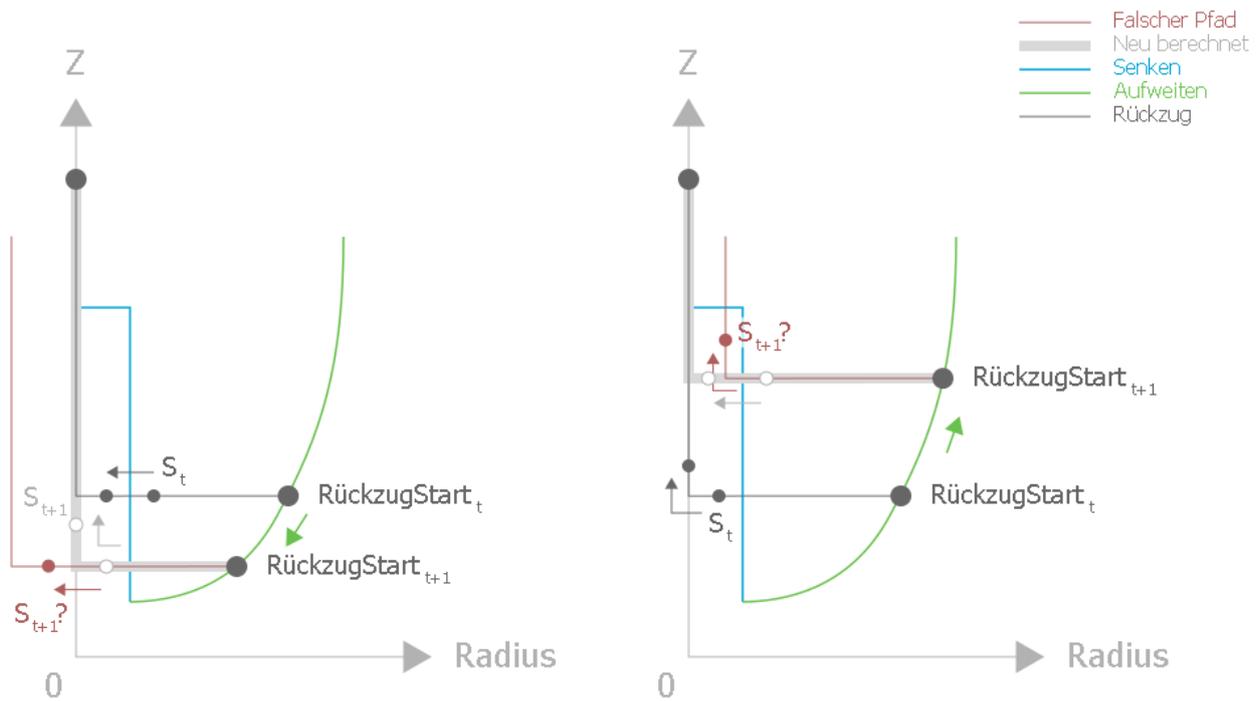


Abb. 52: Anpassung des Rückzugspfad bei gleichzeitiger Positionsänderung des Senkkanals

Diese Überlagerung kann allerdings zu dynamischen Problemen führen. In dieser Bearbeitung kann die Elektrode ohne einen Bewegungsstopp an der Knickstelle über Ecken „gedrückt“ werden. Im schlimmsten Fall kann dies zu einer zusätzlichen Beschleunigung auf der Achse führen.

Mit

$$a_{zus} = \frac{v_B}{T_{zyk}}$$

v_B : Bahngeschwindigkeit im Senkkanal

T_{zyk} : Zykluszeit

$$v_B = 100 \frac{mm}{min} = 1,66 * 10^{-3} \frac{mm}{s} \quad : \text{Richtwert für die Bahngeschwindigkeit.}$$

Unabhängig vom programmierten Vorschub oder der externen Geschwindigkeitsvorgabe durch die SPS kann die maximale Bahngeschwindigkeit im Senkkanal mit dem Befehl #VECTOR LIMIT ON [VEL=100] auf diesen Richtwert beschränkt werden.

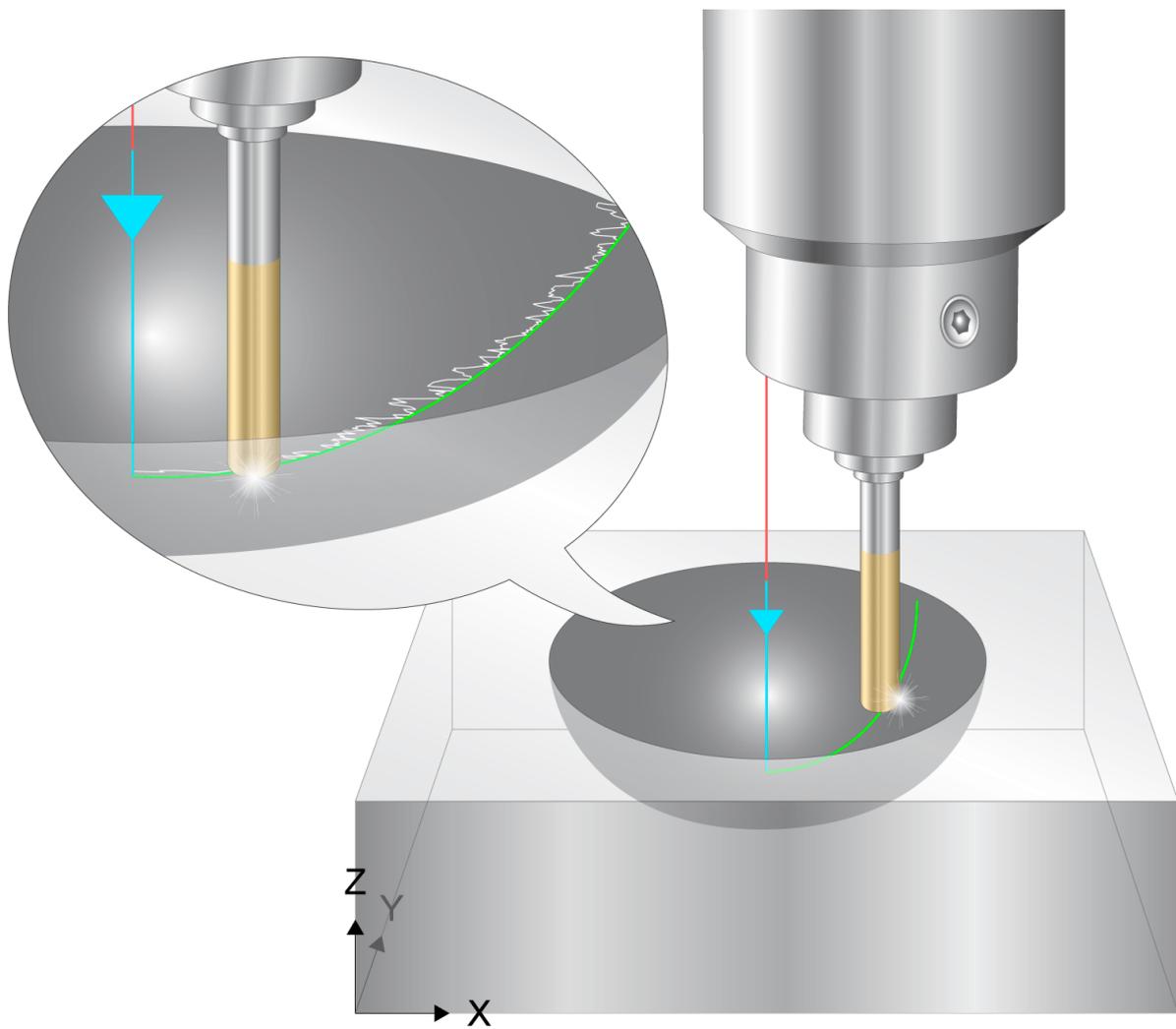


Abb. 53: Anwendungsbeispiel- Überlagerte Rückzugsbewegung

Überschliffenes Ende der Rückzugsbewegung

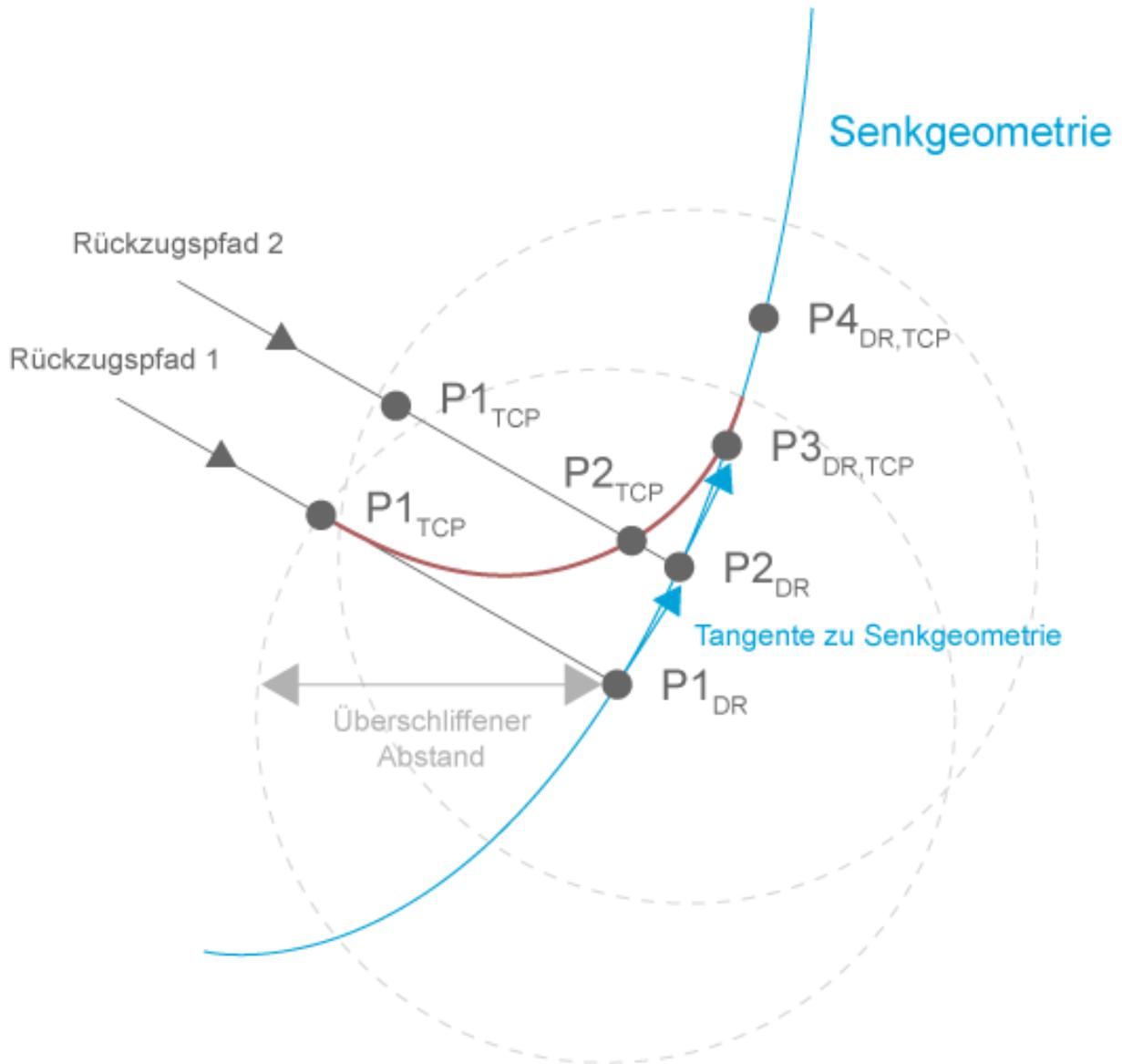


Abb. 54: Geometrische Darstellung von überschliffener Rückzugsbewegung

Bei einer Rückkehr der Elektrode zur Kontur, nach einem Rückzug durch den Rückzugskanal, kann durch die gleichzeitige Geschwindigkeitsvorgabe der SPS auf dem Senk- und Rückzugskanal ab einer definierten Distanz wieder weich zum Werkstück zurückgekehrt werden.

Diese Distanz definiert einen Kreisbereich um den Startpunkt des Senkkanals und kann mit der Control Unit `dist_prog_start` [▶ 114] [HLI, Kapitel: Statusinformationen eines Kanals] des Rückzugskanals ermittelt werden.

3.6 Dynamikbeschränkung

Beim planetären Aufweiten ergibt sich die resultierende Elektrodenbewegung aus der Überlagerung der drei Kanäle. Damit die Überlagerung nicht zu einer Dynamikverletzung der Achsen führt, müssen in diesen Phasen die Dynamik der einzelnen Kanäle begrenzt werden. Da beim Erodieren auf der Bahn nur der Senk- oder der Rückzugskanal die Elektrode bewegen darf, ist die Gewichtung in dieser Phase nicht notwendig.

In der nachfolgenden Abbildung sind die radialen, tangentialen und gesamten Geschwindigkeitsvektoren an beispielhaften Punkten im Planetär- und im Senkkanal dargestellt.

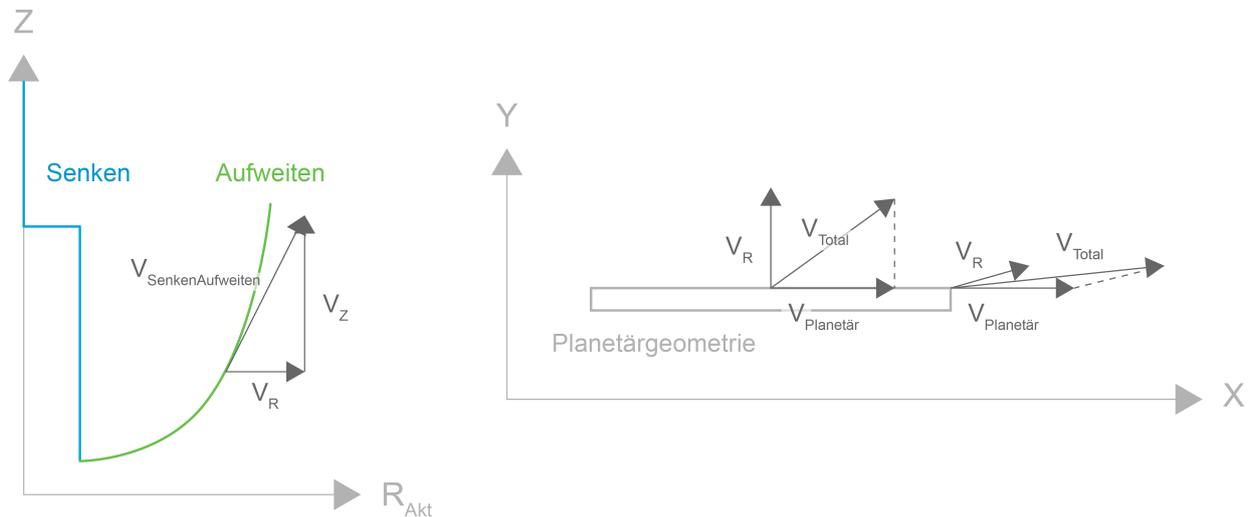


Abb. 55: Radiale, tangentiale und gesamte Geschwindigkeitsvektoren an beispielhaften Punkten im Planetär- und im Senkkanal.

$$\overrightarrow{v_{DownShape}} = \overrightarrow{v_Z} + \overrightarrow{v_R}$$

Für den Vektor der Pfadgeschwindigkeit im Senkkanal gilt:

$$\overrightarrow{v_{Orbit}} = \overrightarrow{v_X} + \overrightarrow{v_Y}$$

Für den Vektor der Pfadgeschwindigkeit im Planetärkanal gilt analog:

Da die beiden Kanäle überlagert werden folgt als Gesamtgeschwindigkeit:

$$|\overrightarrow{v_{total}}| = \overrightarrow{v_R} + \overrightarrow{v_{orbit}}$$

$$|\overrightarrow{v_{R,max}}| = v_{max,Achse}$$

Aufgrund der Dynamikbegrenzungen der Maschine gilt: und

$$|\overrightarrow{v_{Orbit,max}}| = v_{max,Achse}$$

Für die maximale Gesamtgeschwindigkeit $\overrightarrow{v_{total}}$ ergeben sich für die beiden in der oben gezeigten Abbildung die rechts dargestellten Fälle:

$$\text{Fall 1: } \overrightarrow{v_R} \perp \overrightarrow{v_{orbit}} \rightarrow |\overrightarrow{v_{total}}| = \sqrt{2} \cdot v_{max,Achse}$$

$$\text{Fall 2: } \overrightarrow{v_R} \parallel \overrightarrow{v_{orbit}} \rightarrow |\overrightarrow{v_{total}}| = 2 \cdot v_{max,Achse}$$

Um nun dennoch zu jedem Zeitpunkt die maximale Dynamik nicht zu überschreiten, ist es sinnvoll die maximale Dynamik jedes Kanals auf die Hälfte ihres Maximalwerts begrenzt.

Dies kann mit den Codezeilen

```
N0150 G128=50 ; Geschwindigkeit
N0160 G131=50 ; G1, G2, G3 Beschleunigung
N0170 G231=50 ; G0 Beschleunigung
N0180 G133=200 ; G1, G2, G3 Rampenzeiten
```

erfolgen, welche bereits in den vorhergehenden Programmbeispielen eingesetzt wurden.

Andererseits können die Dynamikwerte auch in jedem Kanal mittels des Befehls #VECTOR LIMIT ON beschränkt werden. Es muss dabei jedoch beachtet werden, dass abhängig vom Parameter P-CHAN-00097 auch die effektiven Feedhold Beschleunigungen beschränkt werden. Für die Stoppkommandierung in kritischen Fällen, bei denen ein Überschreiten der maximalen Achsbeschleunigungen unbedeutend ist und vielmehr ein Abbremsen mit möglichst kurzer Zeitdauer im Vordergrund steht, kann das Feedhold über die Control Unit e_feedhold beauftragt werden.

Zudem muss auch beachtet werden, dass bei simultaner Bewegung im Senk- und Rückzugskanal die maximale Pfadgeschwindigkeit begrenzt werden muss.

3.7 Verwendung von Kinematiken beim Senkerodieren

Die Verwendung von Kinematiken ist bei der Senkerodieren-Konfiguration nur unter den beiden folgenden Bedingungen möglich:

1. Die Vorwärts- und Rückwärtstranformation der verwendeten Kinematik muss eindeutig sein. Wenn eine TcCOM Transformation verwendet wird, muss der boolsche Wert f_UniqueTrafo gesetzt sein, da eine TcCOM Transformation im Standard als nicht eindeutig interpretiert wird.
2. Bewegungen, bei denen die Kinematik Einfluss auf die Achsbewegungen hat, dürfen nur beim Erodieren auf der Bahn programmiert werden (in folgendem Beispiel eine Bewegung der C-Achse). In der Geometrie des Senkkanals kann der Einfluss aufgrund der 2D Überlagerung des Planetär- und Senk/Rückzugskanals nicht berücksichtigt werden.

Um Kinematiken zu verwenden, muss die Kinematik im Senkkanal vor der Aktivierung des Rückzugskanals angewählt werden. Im Rückzugskanal muss die identische Kinematik vor der Geometrie aktiviert werden. Vor dem Programmende darf sie im Rückzugskanal nicht mehr abgewählt werden

Versatz von dem Elektrodenmittelpunkt zur C-Achse

In nachfolgenden NC-Programmen für Senk- und Rückzugskanal ist die Kinematik aus der Abbildung als TcCOM Transformation ID 503 mit dem radialen Offset im Parameter 4 definiert. Bei dieser Kinematik muss bei einer Bewegung der C-Achse eine Ausgleichsbewegung ausgeführt werden, damit der Elektrodenmittelpunkt an gleicher Stelle bleibt.

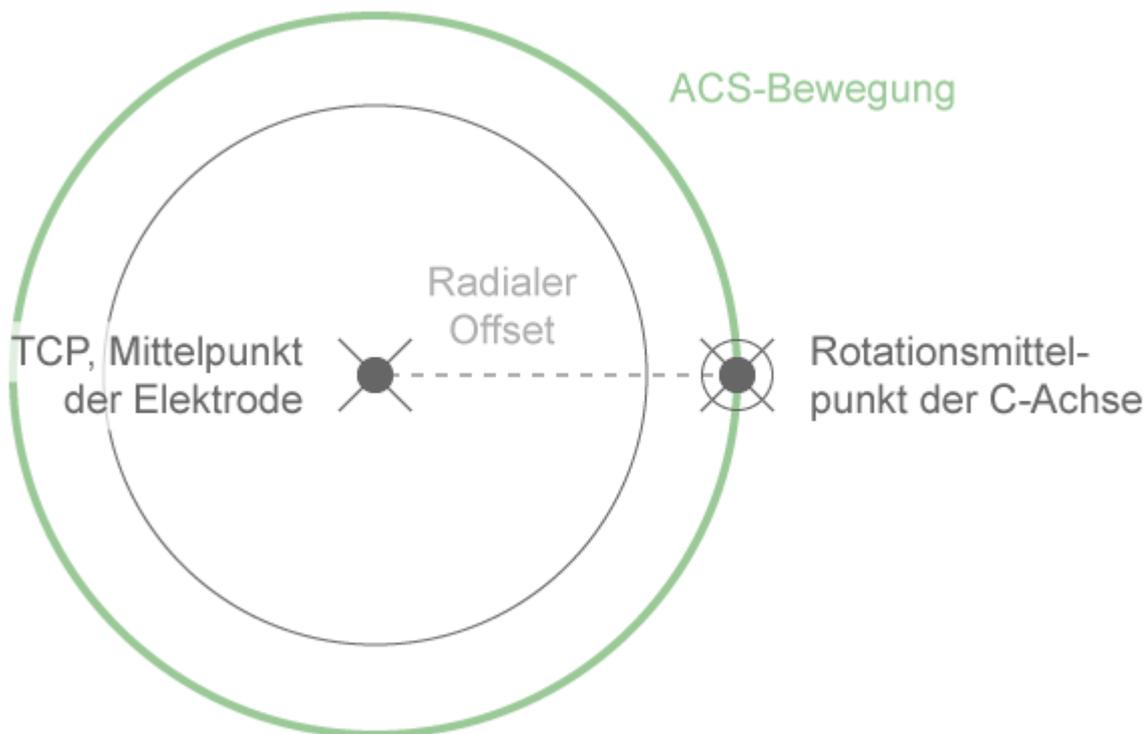


Abb. 56: C-Achsbewegung bei Transformation

Senkkanal

```
%Test_Kinematic
N0550 #KIN ID[503]
N0560 V.G.KIN[503].PARAM[4] = 100000 ;radialer Offset
N0580 #TRAFO ON

N0590 G00 Y-7.07 X0 Z17.07 C10 ;Positionieren
; -----
N0610 #CS ON [APP] [0, 0, 0, 0, 0, 0] ;Definition CS für Erodieren auf der Bahn
N0620 L DS-ActivateEscape.sub
N0630 LL EDMOn
N0640 G01 Z7.07 C20 F30 ;Bahn-Geometrie
N0645 G01 Y0 Z0 C0

N0650 "Escape_WaitFini_DisableStart"
N0660 #CS ON [PCS] [0, 0, 0, 0, 0, 0] ;Definition CS für planetäres Aufweiten
N0670 L DS-ActivateOrbit.sub
...
M30
```

Rückzugskanal

```
%Test_Kinematic_Escape
N040 X[SET_POSITION POS=@PL1] Y[SET_POSITION POS=@PL2] Z[SET_POSITION POS=@PL3]\
      A[SET_POSITION POS=@PL10] B[SET_POSITION POS=@PL11] C[SET_POSITION POS=@PL12]

N050 #SET SLOPE PROFIL [0]
N070 #KIN ID[503]
N080 V.G.KIN[503].PARAM[4] = 100000 ;radialer Offset
N090 #TRAFO ON

N095 #ESCAPE PATH DEF BEGIN
N100 #CS ON [APP] [@PL4,@PL5,@PL6,@PL7,@PL8,@PL9]
N120 #ESCAPE PATH BACKWARD STOP
N130 G01 Z7.07 C20 F30 ;Bahn-Geometrie
N140 G01 Y0 Z0 C0
N150 #CS DEL ALL
N170 #ESCAPE PATH DEF END

N180 #TRACK CHAN ON [ESCAPE="CH-Escape" START_POS="CH-DownShape"\
      EXTEND_PARAM="CH-Orbit"] ;Rückzugskanal aktivieren

N190 #CHANNEL INTERFACE ON [DYN_CS]
N200 #CHANNEL SET [EXT_FEEDRATE_RESOLUTION=nm/s EXT_FEEDRATE_WAIT=1]

N210 #SIGNAL SYN [ID="S-EscapeReady" CH="CH-DownShape"] ;Signal
      ;syn: Rückzugskanalist bereit

N220 M30
```

3.8 Vorzeitiger Wechsel der Generatoreinstellungen

Bei einer Erodierbearbeitung kann die Dauer einer Bearbeitung mit bestimmten Erodierparametern vom Prozess bestimmt werden. In diesem Fall kann das NC-Programm nicht schon vor der Bearbeitung die notwendige Geometrie beinhalten. Hierfür gibt es die Möglichkeit eine aktuelle Bearbeitung vorzeitig abubrechen und die nächste Bearbeitung mit neuen Parametern zu beginnen.

Falls der Ort des Parameterwechsels in der Geometrie der Phase „Erodieren auf der Bahn“ ist, kann an dieser Stelle eine M01 programmiert werden. Dann kann eine Spülbewegung mit ausreichender Länge kommandiert werden. Falls dieser wahlweise Halt im Rückzugskanal über die entsprechende Control Unit aktiviert ist, wird an dieser Stelle angehalten.

Eine zweite Möglichkeit an einen ausgewählten Generatorwechsellpunkt zu kommen ist, durch kommandieren einer Spülbewegung, bei dem die gewünschte Distanz und Floating Distanz gleich sind. Dadurch kann eine Spülbewegung kommandiert werden, die direkt nach Erreichen der gewählten Distanz endet.

Sobald die Wechselstelle über den Rückzugskanal erreicht ist, kann mit der Control Unit Restweg Verwerfen, die restliche Geometrie im Senkkanal verworfen werden. Danach kann der Rückzugskanal mit den neuen Generatorparametern initialisiert werden und die Bearbeitung im Senkkanal fortgesetzt werden.

Wechsel der Generatoreinstellungen

Im Folgenden wird beispielhaft gezeigt, wie ein Wechsel der Generatoreinstellungen funktioniert. Hierbei wird während der ersten Geometrie nach N0100 ein „Restweg verwerfen“ über die SPS kommandiert. Dadurch wird bis N0410 gesprungen und dazwischen der Rückzugskanal entkoppelt und mit einer anderen Strategie erneut gekoppelt. Da die aktuelle Position (Y0 Z-40) die Bedingung der Schleife erfüllt, wird N0220 berücksichtigt.

```
%L DownShapel
N0100 G01 Y0 Z-40 ; Generatorwechsel wird nach diesem Satz ausgeführt
N0110 G01 Y0 Z-80
N0120 G01 Y10 Z-120
N0140 G01 Y10 Z-150
N0150 M17

%L DownShape2
N0210 $IF [V.A.ACT_POS.Y == 0.0] AND [-80.0 < V.A.ACT_POS.Z]
N0220 G01 Y0 Z-120
N0230 $ENDIF
N0240 G01 Y30 Z-150
N0250 M17

%Change Generator
;---- Hauptprogramm
N0370 LL DownShapel ;---- erste Geometrie

N0380 L DS-DeactivateEscape.sub
N0390 V.P.EscapeMode = 1 ; Variable für Rückzugsstrategie
N0400 L DS-ActivateEscape-ACS.sub
N0410 #DEL DIST2GO

N0420 LL DownShape2 ;---- zweite Geometrie
N0430 M30
```

3.9 Rotationsachsen beim Erodieren auf der Bahn

Das folgende Programmbeispiel für eine Schraubenelektrode zeigt, wie eine rotatorische Achse in der Geometrie zum Erodieren auf der Bahn verwendet werden kann. Der Befehl #FGROUP wird verwendet, um die C-Achse zur Vorschubgruppe hinzuzufügen.

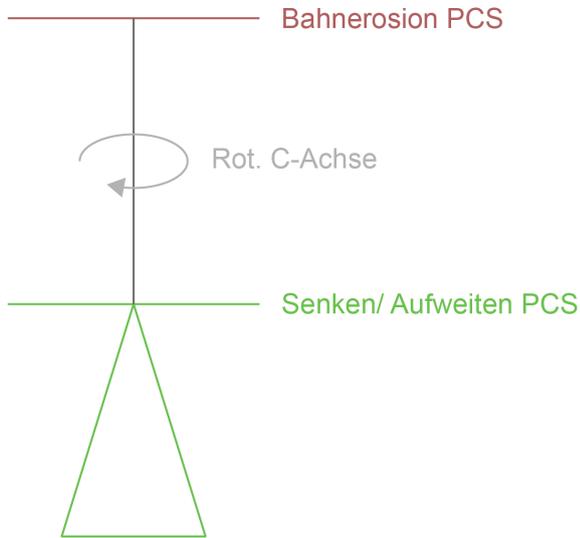


Abb. 57: Verwenden einer Schraubenelektrode

Senkkanal- Rotationsachsen beim Erodieren

```
%L Geometrie
N0080 G01 G90 X2 Y2 Z-193 C10 F200
N0090 G01 A10 B20 C20
N0100 G01 G90 X0 Y0 Z-196 A0 B0 C10 F200
N0110 M17
...
N0650 A[MODULO=OFF] B[MODULO=OFF] C[MODULO=OFF]
N0660 #FGROUP [X, Y, Z, C]
; -----
N0670 #CS ON [APP] [0, 0, 0, 0, 0, 0] ; CS anwählen
N0675 L DS-Save-Appr-ACS-Pos.sub
N0680 L DS-ActivateEscape-ACS.sub
N0690 LL EDMOn
N0710 LL Geometrie
```

Rückzugskanal- Rotationsachsen beim Erodieren

```
N3030 #SET SLOPE PROFIL [0]
N3035 A[MODULO=OFF] B[MODULO=OFF] C[MODULO=OFF]
N3036 #FGROUP [X, Y, Z, C]

N3060 #ESCAPE PATH DEF BEGIN ; Erodieren auf der Bahn
N3070 #CS ON [APP] [@PL4, @PL5, @PL6, @PL7, @PL8, @PL9]
N0375 #ESCAPE PATH BACKWARD STOP
N0080 G01 G90 X2 Y2 Z-193 C10 F200
N0090 G01 A10 B20 C20
N0100 G01 G90 X0 Y0 Z-196 A0 B0 C10 F200
N3100 #CS DEL ALL
N3110 #ESCAPE PATH DEF END
```

3.10 Koordinatensysteme

3.10.1 Koordinatensysteme beim Erodieren auf der Bahn

Wird ein Koordinatensystem beim Erodieren auf der Bahn angewählt, so müssen das identische Koordinatensystem im Senk- und Rückzugskanal programmiert werden.

Im Senkkanal muss das Koordinatensystem vor der Aktivierung des Rückzugskanal angewählt werden. Die Aktivierung des Rückzugskanal markiert implizit den Start der Erodierphase [[Rückzugskanal](#) ▶ 72].

Das folgende Programmbeispiel setzt sich aus den Programmen in den Kapiteln [Senkkanal Standard Programmstruktur](#) ▶ 66 und [Rückzugskanal](#) ▶ 72 zusammen und zeigt nur die relevanten Zeilen für das Koordinatensystem beim Erodieren auf der Bahn.



Ein Wechsel des Koordinatensystems während aktivem Erodieren auf der Bahn ist nicht möglich.

Verwenden eines Koordinatensystems beim Erodieren auf der Bahn

Senkkanal

```
%Senkkanal_Beispielprogramm
...
;---- Aktivieren des Rückzugskanal -> impliziter Start des Erodieren auf der Bahn
N050 #CS ON [EAB] [V.P.Appr_Start_TRANS_X, V.P.Appr_Start_TRANS_Y,0, V.P.Appr_Start_ROT_X,0,0] ; CS-
Definition
...
N5100 #MC_MovePath SYN [ CH="CH-Escape" ID="MC-Escape" FileName="DsEscapeFile" \
@PL1=V.P.Appr_Start_ACS_X @PL2=V.P.Appr_Start_ACS_Y @PL3=V.P.Appr_Start_ACS_Z \
@PL4=V.P.Appr_Start_TRANS_X, @PL5=V.P.Appr_Start_TRANS_Y, @PL6=V.P.Appr_Start_TRANS_Z, \
@PL7=V.P.Appr_Start_ROT_X, @PL8=V.P.Appr_Start_ROT_Y, @PL9=V.P.Appr_Start_ROT_Z \
@PL10=V.P.Appr_Start_ACS_A @PL11=V.P.Appr_Start_ACS_B @PL12=V.P.Appr_Start_ACS_C
@PL13=V.P.EscapeMode \
@PL14=V.P.AlfaAngle @PL15=V.P.PointY @PL16=V.P.PointZ]
...
N070 L ErosionAufBahn.sub
```

Rückzugskanal

```
%Rückzugskanal
...
N3060 #ESCAPE PATH DEF BEGIN
N3070 #CS ON [EAB] [@PL4,@PL5,@PL6,@PL7,@PL8,@PL9]
...
L ErosionAufBahn.sub
N3100 #CS DEL ALL
N3110 #ESCAPE PATH DEF END
```

3.10.2 Koordinatensystem beim planetären Aufweiten

Beim planetären Aufweiten kann ein zum Erodieren auf der Bahn unterschiedliches Koordinatensystem verwendet werden. Damit die Planetärbewegung senkrecht zur Geometrie im Senkkanal ausgeführt wird, muss auch das Koordinatensystem im Planetärkanal gedreht werden. Diese Parameter können bei der Aktivierung des Planetärkanals mitgegeben werden.

Wichtig dabei ist, dass das Koordinatensystem im Planetärkanal im Ursprung bleibt und nur gedreht wird.

i Falls mehrere Senkgeometrien mit unterschiedlichen Koordinatensystemen abgearbeitet werden sollen, muss der Planetärkanal zuerst deaktiviert und mit dem neuen Koordinatensystem aktiviert werden

Verwenden eines Koordinatensystems beim planetären Aufweiten

Senkkanal

```
%Senkkanal
...

N110 #CS ON [PCS] [V.A.ACT_POS.X, V.A.ACT_POS.Y, V.A.ACT_POS.Z, 45, 0, 0] ( CS Definition für das
planetäre Aufweiten
N6000 #CHANNEL INTERFACE ON [EXTEND AX=Y FREEZE=X FREEZE=Y ]

; Übergabe der CS Rotationen des aktuellen CS in Parameter @PL1-@PL3
N6001 #MC_MovePath SYN [ CH="CH-Orbit" ID="MC-OrbCircle" FileName=V.E.OrbitFile
@PL1=V.G.SELECTED_CS.ROT.X @PL2=V.G.SELECTED_CS.ROT.Y \ @PL3=V.G.SELECTED_CS.ROT.Z
@PL4=V.E.OrbitMaxScale @PL5=V.E.OrbitMaxEquid]
```

Planetärkanal

```
%Planetärkanal
...

(- gleiche Orientierung wie im Senkkanal
N2250 #CS ADD [PCS] [0, 0, 0, @PL1, @PL2, @PL3]
N2260 #CS SELECT [PCS]
```

3.11 Unterschiedliche Spaltabstände in radialer und axialer Richtung

Soll das Material für abgerundete Ecken (z.B. Viertelskreise) mit einem zylindrischen Erodierwerkzeug entfernt werden, so besteht meist das Problem, dass in radialer und axialer Richtung des Werkzeugs unterschiedliche Spaltabstände im Funkengenerator eingestellt sind. Deshalb kann der TCP des Erodierwerkzeugs nicht auf einer kreisförmigen Bahn bewegt werden.

Um abgerundete Ecken zu erodieren, muss der Berührungspunkt des Werkzeugs mit dem Werkstück für die TCP-Bahnberechnung berücksichtigt werden. Die entstehende Bahn ist dabei in der Regel näherungsweise eine Ellipse.

Zur Annäherung der Ellipse steht ein reduzierter B-Spline-Typ zur Verfügung. Die Festlegung dieses Spline-Typs erfolgt mit dem Befehl #SPLINE TYPE REDBSPLINE.

Mit diesem Typ sind maximal vier programmierte Punkte im NC-Programm zwischen #SPLINE ON und OFF erlaubt, welche aber für eine Annäherung der Ellipse bei geeigneter Wahl der Punkte ausreichen.

Verwenden des reduzierten B-Spline

```
%L DownShape
N0240 #SPLINE TYPE REDBSPLINE
N0250 #SPLINE ON
N0260 Y0.018078 Z-0.0127
N0270 Y0.057658 Z-0.009547
N0280 Y0.0767 Z-0.0029934
N0290 Y0.0767 Z0
N0300 #SPLINE OFF
N0310 #SPLINE ON
(---- 2. B-Spline Halbellipse ----)
N0320 Y0.0767 Z-0.0029934
N0330 Y0.057658 Z-0.009547
N0340 Y0.018078 Z-0.0127
N0350 Y0 Z-0.0127
N0360 #SPLINE OFF
N0370 M17
```

3.12 Limitierungen, Fehler und Überprüfungen

Die CNC führt einige Überprüfungen zum Abfangen von Fehlbedienungen durch. Im Folgenden ist ein Auszug der für das Senkerodieren relevanten Überprüfungen aufgelistet:

- Während der Aktivierung des Rückzugskanal muss der Radius Null sein [ID 50916].
- Radius nicht 0 bei Anfahrbewegung auf Geometrie im Planetärkanal [ID 50922].
- Rückzugs-/ Wiederanfahrposition nicht gefunden [ID 50926].
- Am Ende des Pfades im Rückzugskanal muss die X/Y-Position Null sein [ID 50931 und ID 50932].
- Die Aktivierung des Rückzugskanals muss vor Aktivierung des Planetärkanals erfolgen, um evtl. die Geometrie zum Erodieren auf der Bahn zu markieren [ID 50933].
- Die Geometrie zum Erodieren auf der Bahn muss im Senk- und Rückzugskanal identisch sein [ID 50950, ID 50934, ID 50951].
- Die Definition der Geometrie zum Erodieren auf der Bahn muss im Rückzugskanal vor dem NC-Befehl #TRACK CHAN ON [Escape] erfolgen [ID 50949].
- Nach dem Erodieren auf der Bahn darf keine Einzelachse bewegt werden [ID 50839].
- Weder am Start noch am Ende der Geometrie zum Erodieren auf der Bahn darf ein CS im Rückzugskanal aktiv sein [ID 50945 und ID 50946].
- Innerhalb der Geometrie zum Erodieren auf der Bahn ist kein Wechsel des CS möglich. Ein Wechsel des CS ist nur nach dem Start oder Ende der Geometrie möglich [ID 50947].
- Die Position im Senkkanal hat sich während einer Rückzugsbewegung beim Erodieren auf der Bahn geändert [ID 50956].
- Der Wechsel des CS im Senkkanal ist nur bei deaktiviertem Planetärkanal möglich. Falls ein Wechsel des CS im Senkkanal nötig ist, muss der Planetärkanal deaktiviert werden, der CS-Wechsel im Senkkanal durchgeführt werden und anschließend der Planetärkanal mit dem korrekten CS erneut aktiviert werden [ID 50984].
- Die angegebene Startposition beim Erodieren auf der Bahn des Senkkanals liegt nicht innerhalb der im Rückzugskanal definierten Geometrie [ID 50995].
- Bei der Definition der Punkte für die Punkt-Strategie darf die angegebene Y-Koordinate nicht kleiner Null sein und die angegebene Z-Koordinate sich nicht oberhalb des Endes der Geometrie zum Erodieren auf der Bahn befinden [ID 51006 und ID 51007].
- Vor der Deaktivierung von #TRACK CHAN des Planetärkanals muss zuerst die Kanalschnittstelle deaktiviert werden [ID 51013].
- Vor der Deaktivierung von #TRACK CHAN des Rückzugskanals muss zuerst die Kanalschnittstelle deaktiviert werden [ID 51014].
- Radius ist nicht 0 bevor eine gesamte Planargeometrie dekodiert worden ist [ID 51019].
- Gekoppelter Masterkanal bewegt sich während einer Kanalinitialisierung des Slavekanals [ID 51021].
- Durch die Überschleifbewegung des Senkkanals wurde der Rückzugskanal in die Geometrie zum Erodieren auf der Bahn verschoben [ID 51024].
- Bei der Aktivierung von #TRACK CHAN ON [ESCAPE] wurde keine beauftragte Rückzugsstrategie vom Masterkanal vorgefunden [ID 51033].
- Während der Rückzugsstrategie der Winkelhalbierenden hat die Geometrie im Senkkanal mehr als 180 Grad überschritten [ID 51031].

3.13 Spezielle Senkerodier-Befehle

3.13.1 Kanalschnittstelle zum Schreiben öffnen

```
#CHANNEL INTERFACE ON [ DYN_CS ]
#CHANNEL INTERFACE OFF [ DYN_CS ]
```

DYN_CS Mit aktiviertem Kanalinterface „DYN_CS“ schreibt der aktuelle Kanal zyklisch die Achspositionen auf MCS-Ebene der ersten 6 Achsen auf die Schnittstelle (z.B. 3 translatorische und 3 rotatorische Achspositionen).

Aus Gründen der Abwärtskompatibilität wird anstelle von „DYN_CS“ auch „TRACK_CS“ weiterhin unterstützt.

Programmierung:

```
#CHANNEL INTERFACE ON [ DYN_CS ]
; ...
#CHANNEL INTERFACE OFF [ DYN_CS ]
```

HINWEIS

Wird der NC-Befehl **#CHANNEL INTERFACE OFF** ohne Angabe der Schnittstelle, wie z.B. **[DYN_CS]** programmiert, so wird der Fehler ID 20509 ausgegeben.

```
#CHANNEL INTERFACE ON [ EXTEND AX=<Achsname> { FREEZE=<Achsname> } ]
#CHANNEL INTERFACE OFF [ EXTEND ]
```

EXTEND Über das Kanalinterface „EXTEND“ wird der aktuelle Radius an den gekoppelten Slavekanal übergeben. (**#TRACK CHAN ON [EXTEND] [▶ 102]**) Dieser Befehl markiert das Ende der Phase „Erodieren auf der Bahn“.

AX Name der Achse, die als Radius zur Berechnung des Skalierungsfaktors oder der Äquidistantenberechnung verwendet wird.

$$\text{Faktor}_{\text{Scale}} = \text{Achsposition}_{\text{PCS}} / \text{MAX_SCALE}$$

FREEZE Die PCS-Position einer „eingefrorenen“ Achse ändert sich nicht mehr. Dadurch bleibt die PCS-Eingangskoordinate in die kartesische Transformation im MCS konstant. Die MCS-Position einer solchen Achse kann durch den Eingang eines anderen Kanals überlagert werden. Im Falle des Senkerodierens berechnet der Planetärkanal die MCS-Positionen dieser Achsen. Der Planetärkanal nutzt die aktuellen PCS-Positionen, der über AX definierten Achse, dieses Kanals um die MCS-Positionen der „eingefrorenen“ Achse zu berechnen.

```
#CHANNEL INTERFACE ON [ESCAPE GEOMETRY= <FLAT | ALPHA | POINT | BISECTOR>
[ANGLE=..] [POINT_Y=..] [POINT_Z=..] [BISEC_D1=..] [BISEC_D2=..] ]
#CHANNEL INTERFACE OFF [ESCAPE [WAIT] ]
```

ESCAPE Durch Aktivieren der „ESCAPE“ Kanalschnittstelle schreibt der Kanal seine aktuellen PCS-Positionen auf die Schnittstelle. Diese Positionen können von einem gekoppelten Slavekanal zur Berechnung der Rückzugsgeometrie verwendet werden (siehe **#TRACK CHAN ON [ESCAPE ...] [▶ 102]**).

GEOMETRY=. Durch dieses Schlüsselwort und den folgenden Wert kann ausgewählt werden, welche Rückzugsstrategie im Slavekanal gesetzt wird. Es erfolgt keine Überprüfung, ob ein Setzen aktuell möglich ist.

Es wird im Vergleich zu `#CHANNEL INTERFACE SET [ESCAPE GEOMETRY ...]` [► 99] nicht gewartet, bis die Strategie beim Slavekanal gesetzt ist. Zur Auswahl stehen:

- FLAT: Ebenenstrategie
- ALPHA: Winkelstrategie
- POINT: Punktstrategie
- BISECTOR: Strategie der Winkelhalbierenden

- ANGLE=..** Winkel ausgehend von der Senkrechten für die ALPHA-Rückzugsstrategie
- POINT_Y=..** Y-Koordinate (im PCS) der Punktdefinition bei der POINT-Rückzugsstrategie
- POINT_Z=..** Z-Koordinate (im PCS) der Punktdefinition bei der POINT-Rückzugsstrategie
- BISEC_D1=..** D1 Parameter für die BISECTOR-Rückzugsstrategie
- BISEC_D2=..** D2 Parameter für die BISECTOR-Rückzugsstrategie
- WAIT** Während der Deaktivierung der Schnittstelle wartet der Kanal, bis die aktive Rückzugsbewegung abgeschlossen ist. Es wird jede weitere Rückzugsbeauftragung unterdrückt bis die Schnittstelle wieder aktiviert wird

#CHANNEL INTERFACE SET [ESCAPE GEOMETRY= <FLAT | ALPHA | POINT | BISECTOR> [ANGLE=..] [POINT_Y=..] [POINT_Z=..] [BISEC_D1=..] [BISEC_D2=..]

Der NC-Befehl kann zum Setzen eines Wertes in einem anderen Kanal verwendet werden. Folgende Werte können in einem anderen Kanal gesetzt werden:

- ESCAPE GEOMETRY=.** Setzen der Geometrie der Rückzugsstrategie des Slavekanals. Es erfolgt eine Überprüfung, ob ein Wechsel möglich ist.
- Ein Strategiewechsel ist nur möglich, wenn
- der Radius im Senkkanal Null,
 - auf der Bahn erodiert wird,
 - der Rückzugskanal nicht aktiv ist
 - oder die Geometrien am aktuellen Punkt den identischen Pfad besitzen.
- Es wird so lange mit dem Fortsetzen gewartet, bis ein Wechsel möglich ist. Der entsprechende Rückzugskanal zeigt seinen Wechselwunsch über das Statussignal `bahn_state.escape_strategy_wait_change_r` [► 112] an.

- FLAT: Ebenenstrategie
- ALPHA: Winkelstrategie
- POINT: Punktstrategie
- BISECTOR: Strategie der Winkelhalbierenden

- ANGLE=..** Winkel ausgehend von der Senkrechten für die ALPHA-Rückzugsstrategie
- POINT_Y=..** Y-Koordinate (im PCS) der Punktdefinition bei der POINT-Rückzugsstrategie
- POINT_Z=..** Z-Koordinate (im PCS) der Punktdefinition bei der POINT-Rückzugsstrategie
- BISEC_D1=..** D1 Parameter für die BISECTOR-Rückzugsstrategie
- BISEC_D2=..** D2 Parameter für die BISECTOR-Rückzugsstrategie

WAIT

Während der Deaktivierung der Schnittstelle wartet der Kanal, bis die aktive Bewegung des Rückzugsbewegung abgeschlossen ist. Es wird jede weitere Rückzugsbeauftragung unterdrückt bis die Schnittstelle wieder aktiviert wird.

3.13.2 Kanalschnittstelle zum Lesen öffnen

#TRACK CHAN ON [DYN_CS=.. [SUPERIMPOSE] [FILTER=..] [WAIT]]

- DYN_CS=..** CNC-Kanalnummer als Quelle des dynamischen Koordinatensystems, welchem auf PCS Ebene gefolgt werden soll. Die gelieferten Koordinaten werden auf MCS- oder PCS- (siehe SUPERIMPOSE) Ebene wie bei einem Achsoffset überlagert.
Bereich der Kanalnummer [1; 12]
- SUPERIMPOSE** Überlagerung des dynamischen Koordinatensystems auf PCS-Ebene. Wenn die Überlagerung nicht verwendet wird, werden die Werte im Maschinenkoordinatensystem (MCS) gelesen.
- FILTER=..** Angabe der Anzahl von Takten, über die ein möglicher Positionssprung, beim Ein- oder Auskoppeln geglättet werden soll.
Wert = 0 : Filter ist aus
Wert > 0 : Filter wird mit explizit angegebener Anzahl Takten eingeschaltet.
Ohne Angabe von FILTER wird der Filter mit dem Standardwert 200 eingeschaltet.
- WAIT** Bei aktiver Filterung wird vor Ausführung der nächsten NC-Zeile gewartet, bis die Kopplung komplett eingeschaltet ist. Ist dieser Modus nicht angegeben (Standard), so wird fliegend eingekoppelt.

#TRACK CHAN ON [EXTEND=.. MAX_SCALE=.. MAX_EQUID=..]

- EXTEND=..** CNC-Kanalnummer des Masterkanals, von dem der Radius gelesen wird. Der aktuelle Kanal verwendet den Radius zur Berechnung der Skalierungs- oder Äquidistantengeometrie.
Bereich der Kanalnummer [1; 12]
- MAX_SCALE=** Maximaler Skalierungsradius, normalisierender Wert für die Berechnung des aktuellen Skalierungsfaktors.
.. Skalierung ist ausgeschaltet bei MAX_SCALE=0 (Standard).
- MAX_EQUID=** Maximaler Äquidistanten-Radius für die Berechnung der Extend-Funktionalität.
.. Äquidistanten-Erweiterung ist ausgeschaltet bei MAX_EQUID=0 (Standard).

#TRACK CHAN ON [ESCAPE=.. START_POS=.. EXTEND_PARAM=..]

- ESCAPE=..** CNC-Kanalnummer des Rückzugskanals.
Bereich der Kanalnummer [1; 12]
- START_POS=** Angabe CNC-Kanalnummer.
.. Die Startposition wird von diesem Kanal verwendet (üblicherweise Senkkanal). Die Kanalschnittstelle des angegebenen Kanals muss zuvor mit #CHANNEL INTERFACE ON [ESCAPE] [▶ 99] aktiviert sein
Ohne Definition von START_POS wird die Startposition vom ESCAPE Kanal verwendet.
- EXTEND_PARAM =..** Angabe CNC-Kanalnummer.
AM =.. Die Rückzugsberechnung wird abhängig von den Extend-Parametern durchgeführt (z.B. MAX_SCALE). Daher ist eine Referenz zum EXTEND-Kanal notwendig [siehe #CHANNEL INTERFACE ON [EXTEND] [▶ 99]].

#TRACK CHAN OFF [[DYN_CS | EXTEND | ESCAPE] [SUPERIMPOSE] NO_POS_SYNC]]

DYN_CS Deaktivieren der DYN_CS Kanalschnittstelle dieses Kanals.

EXTEND Deaktivieren der EXTEND Kanalschnittstelle dieses Kanals.

ESCAPE Deaktivieren der ESCAPE Kanalschnittstelle dieses Kanals.

SUPERIMPOSE Deaktivieren der PCS-Überlagerung des dynamischen Koordinatensystems.
E

NO_POS_SYNC Unterdrücken der Positionssynchronisierung des Kanals bei Deaktivierung des
C Kanalinterfaces.

Beim Deaktivieren der Kanalschnittstelle wird im Standardfall die Position des Kanals synchronisiert (vgl. hierzu #CHANNEL INIT [CMDPOS]).

Um diese Synchronisierung zu unterdrücken – beispielsweise während aufeinanderfolgenden Drehungen während aktiver Schnittstelle – kann diese Option im Befehl verwendet werden.

Während des Ausschaltens der Kanalschnittstelle muss die Position dieses Kanals synchronisiert werden (vgl. hierzu #CHANNEL INIT [CMDPOS]). Um diese Synchronisierung zu unterdrücken, beispielsweise während aufeinanderfolgenden Drehungen während aktiver Schnittstelle, kann diese Erweiterung im NC-Befehl ausgewählt werden.



Sind im NC-Befehle #TRACK CHAN OFF weder DYN_CS, EXTEND noch ESCAPE angegeben, so werden alle Kanalschnittstellen deaktiviert.

3.13.3 Setzen funktionsspezifischer Parameter im Kanal

3.13.3.1 Synchronisation mit externer Geschwindigkeitsschnittstelle

Mit diesem Befehl kann

- die Interpretation der gelesenen Geschwindigkeitswerte von der Control Unit der „Externen Vorgabe Bahngeschwindigkeit“ bestimmt werden.
- das „Warteverhalten“ der Interpolation bei externer Geschwindigkeitsvorgabe über diese Control Unit festgelegt werden.

#CHANNEL SET [EXT_FEEDRATE_RESOLUTION=.. EXT_FEEDRATE_WAIT=..]

EXT_FEEDRATE_RESOLUTION=.. Festlegung der Geschwindigkeitsauflösung der extern kommandierten Geschwindigkeit auf dem HLI.

Zulässige Werte sind um/s und nm/s, dies entspricht den Einheiten [µm/s] und [nm/s].

EXT_FEEDRATE_WAIT=.. Mit dieser Option kann das „Warteverhalten“ zwischen Interpolation und der Control Unit der „Externen Geschwindigkeitsvorgabe“ bestimmt werden:

0: Interpolation wartet nicht auf die Aktivierung der extern kommandierten Geschwindigkeit.

1: Interpolation wird gestoppt und wartet auf die nächste Bewegung, bis die extern kommandierte Geschwindigkeit auf dem HLI aktiviert ist und die kommandierte Vorschubgeschwindigkeit >0 ist (Standard).

#CHANNEL SET bei externer Geschwindigkeitsvorgabe

...

```
#CHANNEL SET [ EXT_FEEDRATE_RESOLUTION=nm/s EXT_FEEDRATE_WAIT=1]  
; oder  
#CHANNEL SET [ EXT_FEEDRATE_RESOLUTION=um/s EXT_FEEDRATE_WAIT=0]
```

3.13.3.2 Schnelle Positionierung des Planetärkanals

Dieser Befehl ist speziell für die Funktionalität Senkerodieren.

```
#CHANNEL SET [ FAST_FORWARD_IN_CENTER= ON/ OFF ]
```

Der Befehl ermöglicht die schnelle Positionierung des Planetärkanals bei geliefertem Radius Null durch den Senkkanal.

Der Planetärkanal positioniert in einem Takt bis an die Endposition zur nächsten Bewegungsstopstelle. Somit kann der Planetärkanal in einem Takt Bewegungen überspringen ohne dass eine Beschleunigungsüberschreitung auftritt.

Ist der Radius ungleich 0, dann interpoliert der Planetärkanal die Geometrie mit dem anliegenden Vorschub

3.13.4 Definition der Rückzugsgeometrie im Rückzugskanal

Dieser Befehl markiert im Rückzugskanal den Beginn der Geometriebeschreibung für das Erodieren auf der Bahn.

```
#ESCAPE PATH DEF BEGIN
```

Dieser Befehl markiert im Rückzugskanal, dass nicht weiter wie diese Stelle zurückgezogen werden darf.

```
#ESCAPE PATH BACKWARD STOP
```

Dieser Befehl markiert im Rückzugskanal, dass keine weiteren Bewegungssätze in der Geometriesequenz folgen. Steuerinformationen sind noch möglich.

```
#ESCAPE PATH POST SEQUENCE
```

Dieser Befehl markiert im Rückzugskanal das Ende der Geometriebeschreibung für das Erodieren auf der Bahn.

```
#ESCAPE PATH DEF END
```

3.14 PLCopen-Group-Programmierung

3.14.1 Befehl #MC_MovePath

Siehe auch [MCP-P4// MC_MovePath]

Ein im auftraggebenden Kanal laufendes CNC Programm startet über die #MC_MovePath Anweisung einen Job in einem anderen „auftragnehmenden“ Kanal.

i Verfügbar ab V3.1.3110

Syntax NC-Befehl:

```
#MC_MovePath [SYN] [ CH=.. JobID=.. FileName=.. @PL<1...20>=..
    [InitializeOnActualPosition=..]
    [SetDefaultConfig=..]
    [ReportSceneSampling=..]
    [ReportRunTimeMeasure=..]
    [ReportAxesPositionSample=..]. ]
```

SYN	Synchrone Befehlsausführung des ISO Programms. Vor Ausführung des Befehls erfolgt eine implizite Kanalsynchronisation (implizites #FLUSH WAIT).						
CH=..	Logische Kanalnummer des Kanals, in dem der Auftrag ausgeführt werden soll. Die Verknüpfung zwischen CNC-Kanalnummer und den CNC-Kanälen wird in der Hochlaufliste angegeben. (Siehe Parameterbeschreibungen [► 124]).						
JobID=..	Nutzerspezifische Auftrags-Identifikationsnummer (Job-ID). Die Jede Nummer muss eindeutig innerhalb des auftraggebenden Programms des Masterkanals sein. Diese ID wird z.B. im #WAIT MC_Status Befehl für die Auftragsidentifizierung verwendet.						
FileName=<Name>	Dateiname des ISO Programms, welches gestartet werden soll.						
@P<i>=..	Parameterübergabe an das beauftragte ISO Programm. Auf die Parameter kann im aufgerufenen "Hauptprogramm" per @PL<i> zugegriffen werden.						
InitializeOnActualPosition=..	Anfordern der aktuellen Position bei Programmstart. Siehe Kanalbetriebsart- SUPPRESS_POSITION_REQUEST Wird InitializeOnActualPosition nicht genutzt, so gilt die Vorgabe der aktuellen Konfiguration <table border="0" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>ON</td> <td>Anfordern der Position unabhängig von der aktuellen Konfiguration</td> </tr> <tr> <td>OFF</td> <td>'Keine Positionsanforderung' unabhängig von der aktuellen Konfiguration</td> </tr> <tr> <td>USE_ACTUAL</td> <td>Es gilt die Vorgabe der aktuellen Konfiguration</td> </tr> </table>	ON	Anfordern der Position unabhängig von der aktuellen Konfiguration	OFF	'Keine Positionsanforderung' unabhängig von der aktuellen Konfiguration	USE_ACTUAL	Es gilt die Vorgabe der aktuellen Konfiguration
ON	Anfordern der Position unabhängig von der aktuellen Konfiguration						
OFF	'Keine Positionsanforderung' unabhängig von der aktuellen Konfiguration						
USE_ACTUAL	Es gilt die Vorgabe der aktuellen Konfiguration						
SetDefaultConfig=..	Initialisieren der Decoder Arbeitsdaten bei Programmstart. Siehe Kanalbetriebsart- SUPPRESS_PROG_START_INIT Wird SetDefaultConfig nicht genutzt, so gilt die Vorgabe der aktuellen Konfiguration. <table border="0" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>ON</td> <td>Initialisieren der Decoder Arbeitsdaten</td> </tr> <tr> <td>OFF</td> <td>Initialisierung der Decoder Arbeitsdaten abgewählt</td> </tr> </table>	ON	Initialisieren der Decoder Arbeitsdaten	OFF	Initialisierung der Decoder Arbeitsdaten abgewählt		
ON	Initialisieren der Decoder Arbeitsdaten						
OFF	Initialisierung der Decoder Arbeitsdaten abgewählt						

USE_ACTUAL Es gilt die Vorgabe der aktuellen Konfiguration

ReportSceneSample= Freischalten der Schnittstelle zum Protokollieren der Szenedaten.

.. Siehe Kanalbetriebsart- BEARB_MODE_SCENE
 Wird ReportSceneSample nicht genutzt, so gilt die Vorgabe der aktuellen Konfiguration.
 ON Szenedaten protokollieren
 OFF Szenedatenprotokoll abschalten
 USE_ACTUAL Es gilt die Vorgabe der aktuellen Konfiguration

ReportRunTimeMeasure=.. Freischalten der Schnittstelle zum Protokollieren von Zeitstempeln.

Siehe Kanalbetriebsart- ONLINE_PROD_TIME
 Wird ReportRunTimeMeasure nicht genutzt, so gilt die Vorgabe der aktuellen Konfiguration.
 ON Zeitstempeldaten erzeugen
 OFF Protokollierung der Zeitstempeldaten abschalten
 USE_ACTUAL Es gilt die Vorgabe der aktuellen Konfiguration

ReportAxesPositionSample=.. Freischalten der Schnittstelle zum Protokollieren von Achspositionen.

Siehe Kanalbetriebsart- ON_LINE
 Wird ReportAxesPositionSample nicht genutzt, so gilt die Vorgabe der aktuellen Konfiguration.
 ON Protokolldaten der Achspositionen erzeugen
 OFF Protokollierung der Achspositionen abschalten
 USE_ACTUAL Es gilt die Vorgabe der aktuellen Konfiguration

i Nach Einlesen des #MC_MovePath wird das Interpretieren des CNC Programms erst dann fortgesetzt, wenn der mit dem Befehl kommandierte Job erfolgreich in der Job-Warteschlange des auftragnehmenden Kanals abgelegt werden konnte.

Starten eines Programms in einem anderen Kanal

Das aufgeführte Programm startet in Kanal 3 das Programm SlaveFile.nc mit den 3 aufgeführten Parametern. Diese Parameter können im Programm SlaveFile.nc verwendet werden (z.B. durch G01 X@PL1).

```
%ExampleMC_MovePath
N010 "CH-Slave"= "3"
N020 "MC-Slave"= "633"

N030 #MC_MovePath SYN[ CH="CH-Slave" ID="MC-Slave" \
    FileName="SlaveFile.nc" \
    @PL1=V.A.ACS.ABS.X @PL2=V.A.ACS.ABS.Y @PL3=V.A.ACS.ABS.Z ]

N040 M30
```

3.14.2 Befehl #MCV_GroupResetForced

Siehe auch [MCP-P4 MCV_GrpResetForced]

Der Befehl MCV_GrpResetForced kommandiert einen Kanalreset in einem anderen Kanal.



Verfügbar ab V3.1.3110

Syntax:

```
#MCV_GroupResetForced [SYN] [CH=.. JobID=..]
```

- SYN** Synchrone Befehlsausführung des ISO Programms. Vor der Ausführung des Befehls erfolgt eine implizite Kanalsynchronisation (implizites #FLUSH WAIT).
Ohne SYN wird der Befehl ohne Kanalsynchronisation ausgeführt.
- CH=..** Logische Kanalnummer P-STUP-00208 [▶ 124] des Kanals, in dem der Auftrag ausgeführt werden soll.
- JobID=..** Nutzerspezifische Auftrags Identifikationsnummer (JobID). Jede Nummer muss eindeutig innerhalb des im Masterkanal laufenden auftraggebenden Programms sein.
Diese JobID wird z.B. im #WAIT MC_Status Befehl für die Auftragsidentifizierung verwendet.

Durchführen eines Resets in einem anderen Kanal

Das aufgeführte Programm setzt den Kanal 3 zurück.

```
%ExampleMCV_GrpResetForced  
N010 N030 #MCV_GroupResetForced SYN [ CH=3 ID=634]  
N020 M30
```

3.14.3 Befehl #WAIT MC_Status

Der Befehl #WAIT MC_Status ermöglicht das Warten auf die Quittierung eines Auftrags. Mehrere Ereignisse für Auftragsquittierungen können angegeben werden. Der Rückgabewert des Befehls kann für die weitere Programmausführung genutzt werden.

Verfügbar ab V3.1.3110

Syntax NC-Befehl:

```
#WAIT MC_Status [ JobID=.. [MC_NEW][MC_BUSY][MC_ACTIVE][MC_DONE]
                  [MC_ABORTED][MC_ERROR] ]
```

JobID=..	Nutzerspezifische JobID/ Auftrags-Identifikationsnummer. Jede Nummer muss eindeutig innerhalb des auftraggebenden Programms sein.
MC_NEW	Neuer Auftrag erhalten, welcher im beauftragten Kanal noch nicht weiterverarbeitet wurde.
MC_BUSY	Neuer Auftrag wartet auf die Ausführung im beauftragten Kanal.
MC_ACTIVE	Der Auftrag ist aktiv im beauftragten Kanal, wurde jedoch noch nicht beendet.
MC_DONE	Der Auftrag wurde im beauftragten Kanal erfolgreich beendet.
MC_ABORTED	Der Auftrag wurde im beauftragten Kanal vor der Vollendung abgebrochen. D Ein Abbruch kann durch einen Reset-Befehl z.B. #MC_GroupResetForced erfolgen.
MC_ERROR	Ein Fehler trat während der Bearbeitung des Auftrags auf.

Eigenschaften:

- Job-IDs werden mit dem Aufruf von #WAIT MC_Status in einer Historie gespeichert, um auch nach Beendigung/Abbruch des Jobs bei einer „späteren“ Abfrage einen korrekten Status zurückliefern zu können. Ist die in JobID angegebene Job-ID unbekannt, da nie kommandiert oder nicht mehr in der Historie, so wird ein Fehler ausgegeben.
- Die Job-ID Historie wird mit dem Beenden des Programms gelöscht. Es kann daher nicht mehr auf Jobs vorhergegangener (Auftraggeber-) Jobs synchronisiert werden. Es gibt auch keine Möglichkeit, sich mit Jobs eines anderen Auftraggebers zu synchronisieren.



Wird bei #WAIT MC_Status kein erwarteter Status definiert, so gilt ein implizites MC_DONE und MC_ABORTED.

Warten auf Jobzustand

Das Programm startet mit Job 633 ein Programm „SlaveFile“.nc im logischen Kanal 3, wartet dann auf die Erfüllung des Jobs mit den alternativen Zuständen MC_DONE, MC_ABORTED oder MC_ERROR. Wird keiner der Zustände erreicht, bleibt das Programm stehen.

```
%Example MC_Wait
N010 #MC_MovePath SYN[ CH=3 JobID=633 FileName="SlaveFile.nc"]
N020 #WAIT MC_Status [JobID=633 MC_DONE MC_ABORTED MC_ERROR]
N100 M30
```

3.14.4 Befehl #MCV_WAIT_STATUS

Nach einem oder mehreren vorausgegangen #WAIT MC_Status Befehlen kann über die Funktion MCV_WAIT_STATUS der letzte gültige Rückgabewert von #WAIT MC_Status ausgelesen und für die weitere Programmausführung genutzt werden.

Als Rückgabewerte gelten die in den Konstanten hinterlegten Zahlenwerte.

Im CNC Code sind die Statuskonstanten MC_NEW, MC_BUSY, MC_ACTIVE, MC_DONE, MC_ERROR und MC_ABORTED verfügbar. Diese dienen zum Vergleich einer gespeicherten Variablen nach einem #MCV_WAIT_STATUS.

Syntax:

#MCV_WAIT_STATUS [JobID]

<JobID>

Nutzerspezifische JobID/ Auftrags-Identifikationsnummer. Die Nummer ist eindeutig innerhalb des auftraggebenden Programms.

Warten auf Signal eines Auftrags

Das aufgeführte Programm startet mit Job 633 ein Programm „SlaveFile“.nc im logischen Kanal 3, wartet dann auf die Erfüllung des Jobs mit den alternativen Zuständen MC_DONE, MC_ABORTED oder MC_ERROR. Der mit dem Weiterschalten des #WAIT MC_Status gültige Zustand kann ausgewertet werden.

```
%Example MC_Wait
N010 #MC_MovePath SYN[ CH=3 JobID=633 FileName="SlaveFile.nc"]
N010 #WAIT MC_Status [JobID=633 MC_DONE MC_ABORTED MC_ERROR]
N020 V.P.McStatus = MCV_WAIT_STATUS [633]
N030 $IF V.P.McStatus != MC_DONE
N040   #ERROR [ID455 MID0 RC2 PV1=V.P.McStatus \
          PV2=MC_DONE PM1=3 PM2=633]
N050 $ENDIF
N100 M30
```

4 SPS-Schnittstelle

4.1 Positionsanzeige

Sollposition (PCS)	
Beschreibung	Position, die im aktuellen Takt als Sollwert vorgegeben wird.
Signalfluss	CNC → PLC
ST-Pfad	gpCh[channel_idx]^bahn_state.coord_r[axis_idx].act_position_r
Datentyp	DINT
Einheit	0,1 µm
Zugriff	PLC liest

PCS Position nach einer dynamischen CS Überlagerung	
Beschreibung	Interpolierte Position im ausgewählten PCS inclusive der Überlagerung vom dynamischen Koordinatensystem über die Kanalschnittstelle.
Signalfluss	CNC -> PLC
ST-Pfad	gpCh[channel_idx]^bahn_state.coord_r[axis_idx].active_pos_pcs_dyn_cs_r
Datentyp	DINT
Einheit	0.1 µm
Zugriff	PLC liest
Besonderheit	Verfügbar ab V3.1.3105.1

MCS Position nach allen dynamischen CS Überlagerungen	
Beschreibung	Interpolierte Position im MCS inclusive der Überlagerung aller dynamischen Koordinatensysteme über die Kanalschnittstelle.
Signalfluss	CNC -> PLC
ST-Pfad	gpCh[channel_idx]^bahn_state.coord_r[axis_idx].active_pos_mcs_dyn_cs_r
Datentyp	DINT
Einheit	0.1 µm
Zugriff	PLC liest
Besonderheit	Verfügbar ab V3.1.3105.1

Sollposition (ACS) aus Interpolator	
Beschreibung	Positionssollwert im Achskoordinatensystem, der in jedem Interpolationstakt aktualisiert wird.
Signalfluss	CNC → PLC
ST-Pfad	gpCh[channel_idx]^bahn_state.coord_r[axis_idx].acs_position_r
Einheit	0,1 µm
Datentyp	DINT
Zugriff	PLC liest

4.2 Statussignale Senkerodieren

Rückzugskanal ist aktiviert	
Beschreibung	Rückzugskanal wurde über #TRACK CHAN ON [▶ 102] [ESCAPE] aktiviert und kann über ein Triggersignal gestartet werden. Das Triggersignal für den Rückzugsstart kann über Rückwärtsfahren mit negativer externer Geschwindigkeit oder über die Kommandierung eines Spülvorgangs erfolgen.
Signalfluss	CNC → PLC

ST-Pfad	gpCh[channel_idx]^bahn_state.escape_enabled_r
Datentyp	BOOL
Wertebereich	[TRUE : ESCAPE aktiv, FALSE]
Zugriff	PLC liest

Triggerberücksichtigung für Rückzugsbewegungen ausgesetzt	
Beschreibung	Die Berücksichtigung des Triggers für Rückzugsbewegungen kann vorübergehend vom Senkkanal deaktiviert werden. Dieses Statussignal gibt an, ob gerade eine Rückzugsbewegung gestartet werden kann. <ul style="list-style-type: none"> • Triggerberücksichtigung deaktivieren mit NC-Befehl: <code>#CHANNEL INTERFACE OFF[ESCAPE WAIT] [▶ 99]</code> • Triggerberücksichtigung aktivieren mit via NC-Befehl: <code>#CHANNEL INTERFACE ON[ESCAPE] [▶ 99]</code>
Signalfluss	CNC → PLC
ST-Pfad	gpCh[channel_idx]^bahn_state.escape_trigger_is_suspended_r
REALDatentyp	BOOL
Wertebereich	[TRUE = Triggerberücksichtigung deaktiviert FALSE]
Zugriff	PLC liest

Länge des Rückzugspfads	
Beschreibung	Dieses Datum zeigt die tatsächliche Länge des Rückzugspfads an, die Länge der Geometrie beim „Erodieren auf der Bahn“ ist nicht enthalten. Abhängig vom Startpunkt des Rückzugs, der Rückzugsstrategie (FLAT, ALPHA, etc.) und dem Rückzugsende hat der dynamisch generierte Pfad eine individuelle Länge. Diese Länge kann mit diesem Datum gelesen werden. Die Länge ist unabhängig von der gefahrenen Distanz im Rückzugskanal. Ab der Aktivierung des Planetärkanals (d.h. wenn die Phase „Erodieren auf der Bahn“ implizit beendet wird), aktualisiert sich dieser Wert zyklisch.
Signalfluss	CNC → PLC
ST-Pfad	gpCh[channel_idx]^bahn_state.escape_path_length_r
Datentyp	LREAL
Wertebereich	[0 <= length]
Zugriff	PLC liest

Aktuelle Rückzugsstrategie	
Beschreibung	Dieses Datum zeigt die aktuell ausgewählte Rückzugsstrategie an.
Signalfluss	CNC → PLC
ST-Pfad	gpCh[channel_idx]^bahn_state.escape_strategy_r
Datentyp	UINT
Wertebereich	Mögliche Werte sind: <ul style="list-style-type: none"> • 0- EDM_ESC_GEOM_NONE • 1- EDM_ESC_GEOM_FLAT • 2- EDM_ESC_GEOM_ALFA • 3- EDM_ESC_GEOM_POINT • 4- EDM_ESC_GEOM_BISECTOR
Zugriff	PLC liest

Änderungsanforderung Rückzugsstrategie aktiv

Beschreibung	Dieses Datum zeigt an, dass für eine Änderungsanfrage für die Rückzugsstrategie erkannt wurde. Ist eine Änderung der Strategie nicht möglich, so bleibt das Datum bis zum Wechsel der Rückzugsstrategie auf TRUE.
Signalfluss	CNC → PLC
ST-Pfad	gpCh[channel_idx]^bahn_state.escape_strategy_wait_change_r
Datentyp	BOOL
Wertebereich	[TRUE / FALSE]
Zugriff	PLC liest

Spülbewegung ist aktiv	
Beschreibung	Der Rückzugskanal führt eine Spülbewegung der SPS aus. Sobald der Floating Point erreicht ist, wird das Signal wieder FALSE.
Signalfluss	CNC → PLC
ST-Pfad	gpCh[channel_idx]^bahn_state.jump_active_r
Datentyp	BOOL
Wertebereich	[TRUE : Spülbewegung aktiv, FALSE]
Zugriff	PLC liest

Erodieren auf der Bahn ist aktiv	
Beschreibung	Dieses Datum signalisiert nur im Rückzugskanal, ob dieser sich in der Phase „Erodieren auf der Bahn“ befindet oder durch den Rückzug in diese Phase eingetreten ist. In diesem Fall wird das Signal auf TRUE gesetzt.
Signalfluss	CNC → PLC
ST-Pfad	gpCh[channel_idx]^bahn_state.approach_active_r
Datentyp	BOOL
Wertebereich	[TRUE : Phase „Erodieren auf der Bahn“ aktiv, FALSE]
Zugriff	PLC liest

Planetärkanal aktiv	
Beschreibung	Das Element zeigt an, ob die Geometrie im Planetärkanal vollständig dekodiert ist. Wenn der Wert auf TRUE ist, kann der Senkkanal den Radius von 0 an erhöhen.
Signalfluss	CNC → PLC
ST-Pfad	gpCh[channel_idx]^bahn_state.orbit_active_r
Datentyp	BOOL
Wertebereich	[TRUE : Planetärkanal aktiv, FALSE]
Zugriff	PLC liest

Radius im Planetärkanal ist 0	
Beschreibung	Das Element zeigt an, ob der kommandierte Radius im Planetärkanal 0 ist. Wenn der Wert 0 ist kann z.B. die Schnittstelle zum Senkkanal deaktiviert werden.
Signalfluss	CNC → PLC
ST-Pfad	gpCh[channel_idx]^bahn_state.orbit_radius_zero_r
Datentyp	BOOL
Wertebereich	[TRUE : Radius im Planetärkanal ist 0, FALSE]
Zugriff	PLC liest

Warten auf Äquidistantenberechnung im Satz	
---	--

Beschreibung	Das Element zeigt an, dass im aktuellen Bewegungssatz die Äquidistantenberechnung noch nicht abgeschlossen ist.
Signalfluss	CNC → PLC
ST-Pfad	gpCh[channel_idx]^bahn_state.orbit_wait_extend_ncbl_r
Datentyp	BOOL
Wertebereich	[TRUE : Wartezustand, Äquidistante für diesen Bewegungssatz noch nicht berechnet. FALSE]
Zugriff	PLC liest

4.2.1 Weitere Statussignale

Echtzeit-Schleife aktiv	
Beschreibung	Das Datum zeigt an, ob sich die aktuelle Bearbeitung innerhalb einer #RT WHILE - #RT ENDWHILE Sequenz befindet.
Signalfluss	CNC → PLC
ST-Pfad	gpCh[channel_idx]^bahn_state.inside_rt_loop_r
Datentyp	BOOL
Wertebereich	[TRUE = Bearbeitung innerhalb #RT WHILE #RT ENDWHILE, FALSE]
Zugriff	PLC liest
Besonderheit	Datum verfügbar ab CNC-Version V3.1.3105.01

Warten auf externe Geschwindigkeitsvorgabe	
Beschreibung	Der NC-Kanal wartet auf externe Geschwindigkeitsvorgabe.
Signalfluss	CNC → PLC
ST-Pfad	gpCh[channel_idx]^bahn_state.wait_ext_command_speed_r
Datentyp	BOOL
Wertebereich	[TRUE = Kanal wartet FALSE = externe Geschwindigkeit ist vorhanden]
Zugriff	PLC liest

Programmende erreicht	
Beschreibung	Diese Statusinformation zeigt an, dass der Interpolator das Programmende erreicht hat bzw. aktuell kein NC-Programm abgearbeitet wird.
Signalfluss	CNC → PLC
ST-Pfad	gpCh[channel_idx]^bahn_state.program_end_r
Datentyp	BOOL
Wertebereich	[TRUE = Programmende erreicht, FALSE]
Zugriff	PLC liest

Aktuell zurückgelegter Weg im NC-Programm(PCS)	
Beschreibung	Dient in der SPS zum Lesen des aktuell zurückgelegten Wegs ab Programmstart bzw. ab dem letzten NC-Befehl #DISTANCE PROG START CLEAR. Berechnungsgrundlage ist dabei die aktuelle Position innerhalb des aktuellen NC-Satzes.
Signalfluss	CNC → PLC
ST-Pfad	gpCh[channel_idx]^bahn_state.dist_prog_start
Datentyp	UDINT (* LREAL)
Einheit	0,1 µm
Zugriff	PLC liest
Besonderheiten	* Ab der CNC-Version V3.1.3104.01 wird das Datum im LREAL Format bereitgestellt.

Aktivierung externe Bahngeschwindigkeit	
Beschreibung	Aktivierung der in der Control Unit <code>ext_command_speed</code> kommandierten Geschwindigkeit. Zur Erreichung der kommandierten Geschwindigkeit werden die an der Bewegung beteiligten Achsen beschleunigt oder verzögert. Ist dieser Wert TRUE, so wird bei dem aktuellen Bahnvorschub (Control Unit <code>active_feed_r</code>) das Vorzeichen berücksichtigt.
Datentyp	MC_CONTROL_BOOL_UNIT, s. Beschreibung Control Unit
Zugriff	PLC liest <code>request_r + state_r</code> und schreibt <code>command_w + enable_w</code>
ST-Pfad	<code>gpCh[channel_idx]^bahn_mc_control.ext_command_speed_valid</code>
Kommandierter, angeforderter und Rückgabewert	
ST-Element	.command_w .request_r .state_r
Datentyp	BOOL
Wertebereich	[TRUE, FALSE]
Umleitung	
ST-Element	.enable_w

4.3 Rückzugsbewegung (Spülvorgang)

4.3.1 Control Unit – Rückzugsbewegung (Spülvorgang)

Jump	
Beschreibung	Die SPS kann durch diese Control Unit während der Laufzeit im Rückzugskanal beim Senkerodieren eine Rückzugsbewegung der Elektrode kommandieren. Dafür muss die Control Unit durch <code>enable_w = TRUE</code> aktiviert werden.
Datentyp	MC_CONTROL_JUMP_UNIT
ST-Pfad	gpCh[channel_idx]^..bahn_mc_control. jumping
Kommandierte Daten	
ST-Element	.command_w
Datentyp	HLI_JUMPING_COMMAND
Zugriff	SPS schreibt
Rückgabewerte	
ST-Element	.state_r
Datentyp	HLI_JUMPING_STATE
Zugriff	SPS liest
Aktivierung	
ST-Element	.enable_w
Datentyp	BOOL
Zugriff	SPS schreibt
Wertebereich	[TRUE/FALSE] ; TRUE: Control Unit in SPS aktiviert
Flusskontrolle kommandierter Wert	
ST-Element	.command_semaphore_rw
Datentyp	BOOL
Wertebereich	[TRUE, FALSE]
Besonderheiten	Verbrauchsdatum
Zugriff	SPS setzt die command_semaphore_rw auf TRUE für einen neuen command_w . Die CNC setzt die command_semaphore_rw auf FALSE, nachdem die command_w Daten gelesen wurden.

4.3.2 Nutzdaten



Nicht belegte Dynamikwerte werden mit maximal möglichem Wert belegt.

Werden nachfolgende Dynamikwerte nicht oder mit Werten kleiner gleich Null belegt, so wird dies ignoriert und stattdessen der maximal mögliche Wert verwendet.

- Bei Geschwindigkeitswerten wird wie bei einer G0-Bewegung die maximal mögliche Geschwindigkeit verwendet.
- Bei Beschleunigungswerten wird der maximale Beschleunigungswert derjenigen Achse verwendet, die bei der Bewegung auf der vorgegebenen Bahn die geringste Dynamik besitzt.
- Bei Ruckwerten wird derjenige Ruck verwendet, bei dem die Rampenzeit 1 Takt beträgt.

Kommandierte Daten – Spülbewegung	
Beschreibung	Steuerdaten für Spülbewegung
ST-Pfad	gpCh[channel_idx]^.. bahn_mc_control.jumping.command_w
ST-Name	HLI_JUMPING_COMMAND
ST-Element	.inversion_point.distance
Datentyp	DINT
Beschreibung/ Besonderheiten	Die Rückzugsbewegung wird bis zur angegebenen Distanz auf dem Rückzugspfad ausgeführt. Einheit [0.1 µm] Folgende Spezialfälle können parametrisiert werden: <ul style="list-style-type: none"> • inversion_point.distance == 0: inversion_point.height verwendet. • inversion_point.distance == HLI_JUMP_ABORT (= -1): Abbruch der aktuellen Spülbewegung, Bremsdynamik entspricht der eingestellten Dynamik in Vorwärts- bzw. Rückwärtsrichtung • inversion_point.distance <= HLI_JUMP_ABORT_EMERGENCY (= -2): Notfallabbruch der aktuellen Spülbewegung, Bremsdynamik entspricht der Notfalldynamik
ST-Element	.inversion_point.height
Datentyp	DINT
Beschreibung/ Besonderheiten	Die Rückzugsbewegung wird bis zu der absoluten Höhe in der Z-Achse ausgeführt. Falls die angegebene Z-Höhe kleiner als die aktuelle Höhe ist, wird keine Spülbewegung ausgeführt. Einheit [0.1 µm]
ST-Element	.float_point.distance
Datentyp	DINT
Beschreibung/ Besonderheiten	Bei einer float_point.distance > 0 wird die Spülbewegung bei der Wiederannäherung ans Werkstück bei der angegebene Distanz vor dem Ende abgebrochen. Einheit [0.1 µm]
ST-Element	.float_point.velocity
Datentyp	UDINT
Beschreibung/ Besonderheiten	Geschwindigkeit, die beim Erreichen des float_point soll. Parameter ist nicht verfügbar. Einheit [0.1 mm/min]

ST-Element	.dyn_forward.velocity
Datentyp	UDINT
Beschreibung/ Besonderheiten	Geschwindigkeitsvorgabe für die Spülbewegung beim Fahren in Vorwärtsrichtung. Einheit [1 µm/s]
ST-Element	.dyn_forward.acceleration
Datentyp	UDINT
Beschreibung/ Besonderheiten	Beschleunigungsvorgabe für die Spülbewegung beim Fahren in Vorwärtsrichtung. Einheit [mm/s ²]
ST-Element	.dyn_forward.jerk
Datentyp	UDINT
Beschreibung/ Besonderheiten	Ruckvorgabe für die Spülbewegung beim Fahren in Vorwärtsrichtung (bis auf Ruck beim Abbauen der negativen Beschleunigung) Einheit [mm/s ³]
ST-Element	.dyn_forward.jerk_final
Datentyp	UDINT
Beschreibung/ Besonderheiten	Ruckvorgabe für die Spülbewegung beim Fahren in Richtung des Werkstücks für das Abbauen der negativen Beschleunigung in der letzten Bewegung. Dieser Parameter ermöglicht einen sanften Übergang von der Spülbewegung zum weiteren Erodierprozess. Einheit [mm/s ³]
ST-Element	.dyn_backward.jerk
Datentyp	UDINT
Beschreibung/ Besonderheiten	Ruckvorgabe für die Spülbewegung beim Fahren in Rückwärtsrichtung Einheit [mm/s ³]
ST-Element	.dyn_backward.acceleration
Datentyp	UDINT
Beschreibung/ Besonderheiten	Beschleunigungsvorgabe für die Spülbewegung beim Fahren in Rückwärtsrichtung Einheit [mm/s ²]
ST-Element	.dyn_backward.velocity
Datentyp	UDINT
Beschreibung/ Besonderheiten	Geschwindigkeitsvorgabe für die Spülbewegung beim Fahren in Rückwärtsrichtung Einheit [1 µm/s]
ST-Element	.dyn_backward.jerk_final
Datentyp	UDINT
Beschreibung/ Besonderheiten	Ruckvorgabe für die Spülbewegung beim Fahren in Richtung des Werkstücks für das Abbauen der negativen Beschleunigung. Einheit [mm/s ³]
ST-Element	.dyn_emergency.acceleration
Datentyp	UDINT
Beschreibung/ Besonderheiten	Beschleunigungsvorgabe für das Abbremsen bei Notfallabbruch der Spülbewegung. Einheit [mm/s ²]
ST-Element	.dyn_emergency.jerk
Datentyp	UDINT

Beschreibung/ Besonderheiten	Ruckvorgabe für das Abbremsen bei Notfallabbruch der Spülbewegung. Einheit [mm/s ³]
---------------------------------	--

Statusdaten – Spülbewegung	
Beschreibung	Statusdaten der Control Unit des Spülbewegung.
ST-Pfad	gpCh[channel_idx]^bahn_mc_control.jumping.state_r
ST-Name	HLI_JUMPING_STATE
ST-Element	.float_distance
Datentyp	UDINT
Beschreibung	Distanz zwischen den Positionen der Z-Achse bei Abbruch der Spülbewegung und dem Start-/ Endpunkt der Spülbewegung. Einheit [0.1 µm]
ST-Element	.is_active
Datentyp	BOOL
Beschreibung	Dieses Datum signalisiert, ob eine Spülbewegung aktiv ist.

4.4 Einfügen von Stoppmarken



Diese Funktionalität ist verfügbar ab der CNC-Version V3.1.3105.01

4.4.1 Control Unit – Einfügen von Stoppmarken (Insert Command)

Einfügen von Stoppmarken	
Beschreibung	Die SPS kann durch diese Control Unit während der Laufzeit Stoppstellen im zukünftigen NC-Programm setzen. Dafür muss die Control Unit durch enable_w = TRUE aktiviert werden. Durch Setzen von command_semaphore_rw auf TRUE signalisiert die SPS eine neue Belegung von command_w. Die CNC setzt die command_semaphore_rw auf FALSE, nachdem die command_w Daten gelesen wurden.
Datentyp	MC_CONTROL_INSERT_CMD_UNIT
ST-Pfad	gpCh[channel_idx]^..bahn_mc_control.insert_cmd
Kommandierte Daten	
ST-Element	.command_w
Datentyp	HLI_INSERT_CMD_COMMAND [►_120]
Zugriff	SPS schreibt command_w
Rückgabewerte	
ST-Element	.state_r
Datentyp	HLI_INSERT_CMD_STATE [►_121]
Zugriff	SPS liest
Aktivierung	
ST-Element	.enable_w
Datentyp	BOOL
Zugriff	SPS schreibt
Wertebereich	[TRUE/FALSE] ; TRUE: CU in SPS aktiviert
Flusskontrolle kommandierter Wert	
ST-Element	.semaphor_rw
Datentyp	BOOL
Wertebereich	[TRUE, FALSE]
Besonderheiten	Verbrauchsdatum
Zugriff	TRUE : SPS triggert bei neuer Anforderung FALSE : CNC hat neue Anforderung gelesen

4.4.2 Nutzdaten

Kommandierte Daten – Insert Command	
Beschreibung	Steuerdaten für eingefügten STOP-Befehl
ST-Pfad	gpCh[channel_idx]^..bahn_mc_control.insert_cmd.comand_w
ST-Name	HLI_INSERT_CMD_COMMAND
ST-Element	.dist_or_pos
Datentyp	LREAL
Beschreibung/ Besonderheiten	Relative / absolute Distanz oder Achsposition an der der Stopp eingefügt werden soll. [0.1 µm]

	Standardeinstellung ist der Modus DISTANCE, Modus POSITION ist bei einer Angabe von „axis_nr“ > 0 aktiv.
ST-Element	.rel_abs_mode
Datentyp	UINT
Beschreibung/ Besonderheiten	Wert = 0 für relative Distanz mit automatischem Einfügen eines neuen Stopps beim Erreichen des aktuellen Stopps Wert = 1 für einmaliges Einfügen an der absoluten Distanz Wert = 2 für einmaliges Einfügen an der relativen Distanz
ST-Element	.axis_nr
Datentyp	UINT
Beschreibung/ Besonderheiten	Wert = 0 für Modus DISTANCE Wert > 0 für Modus POSITION: Stopp wird an der kommandierten Achsposition der Achse mit der logischen Achsnummer= „axis_nr“ eingefügt.
ST-Element	.m_function_nr
Datentyp	UINT
Beschreibung/ Besonderheiten	Nummer der eingefügten M-Funktion <ul style="list-style-type: none"> • Wert = 0 für M00 programmierter Stopp • Wert = 1 für M01 wahlweiser Stopp (aktiviert/deaktiviert mit m01_stop_enable CU) • Wert > 1 für M<m_function_nr> mit MVS_SVS Synchronisierung
ST-Element	.add_nr
Datentyp	DINT
Beschreibung/ Besonderheiten	Optionaler Zusatzwert der M-Funktion, dieser wird als negative oder positive Ganzzahl angegeben.

Statusdaten – Insert Command	
Beschreibung	Statusdaten der Control Unit des Insert Command
ST-Pfad	gpCh[channel_idx]^bahn_mc_control.insert_cmd.state_r
ST-Name	HLI_INSERT_CMD_STATE
ST-Element	.distance_of_next_stop
Datentyp	LREAL
Beschreibung	Absolute Distanz (dist_prog_start) der Vorschubachsen (#FGROUP) am nächsten Stopp [0.1 µm] Wert >= 0 : Stopp gefunden, Achspositionen korrekt Wert = -1 : Stopp noch nicht gefunden im NC-Programm
ST-Element	.position_at_next_stop[idx]
Datentyp	ARRAY[0..HLI_CS_AXIS_MAXIDX] OF DINT
Beschreibung	Bei <ul style="list-style-type: none"> • command_w.axis_nr = 0 werden die Achspositionen X, Y, Z am nächsten Stopp im PCS [0.1 µm] entsprechend belegt • command_w.axis_nr > 0; .position_at_next_stop[0] enthält die Achsposition der kommandierten Achse am nächsten Stopp position_at_next_stop[1]=0 und position_at_next_stop[2]=0
ST-Element	.state

Datentyp	DINT
Beschreibung	Status des aktuellen command_w. <ul style="list-style-type: none">• Wert =0: kein Stopp kommandiert• Wert=1: Stopp kommandiert, aber noch nicht erreicht

5 Parameter

5.1 Übersicht

Hochlaufparameter

ID	Parameter	Beschreibung
P-STUP-00033	fb_storage_size	Speichergröße für das Rückwärtsfahren
P-STUP-00182	schedule.config	Scheduling der CNC
P-STUP-00208	jobmanager.group[i].cnc_slave[j].log_id	Logische ID des Slavekanals
P-STUP-00209	jobmanager.group[i].cnc_slave[j].channel_id	Kanal-Nr des Slavekanals

Kanalparameter

ID	Parameter	Beschreibung
P-CHAN-00145	kin_trafo_display	Aktivierung von TCP Anzeigedaten
P-CHAN-00430	no_backward_before_pr g_end	Unterdrückung von Rückzugsbewegungen
P-CHAN-00650	configuration.interpolator. function	Festlegung der Funktionen im Interpolator (alternativ P-STUP-00070)

5.2 Parameterbeschreibungen

Hochlaufparameter

P-STUP-00033	Speichergröße für das Rückwärtsfahren
Beschreibung	Dieser Parameter legt die Speichergröße in Byte für das Rückwärtsfahren auf der Bahn fest. Die NC prüft beim Hochlauf, ob die notwendige Minimalgröße eingehalten wird. Wenn dies nicht der Fall ist, so wird eine Warnung erzeugt und die Speichergröße auf den erforderlichen Mindestwert gesetzt. Wird die Speichergröße auf 0 gesetzt, so steht die Funktionalität 'Vorwärts-/ Rückwärtsfahren auf der Bahn' nicht zur Verfügung. Die maximale Größe wird nur durch die vorhandenen Ressourcen des PC begrenzt.
Parameter	fb_storage_size[i] mit i = 0 ... 11 (Maximale Kanalanzahl: 12, applikationsspezifisch)
Datentyp	UNS32
Datenbereich	0 ... MAX(UNS32)
Dimension	----
Standardwert	0
Anmerkungen	

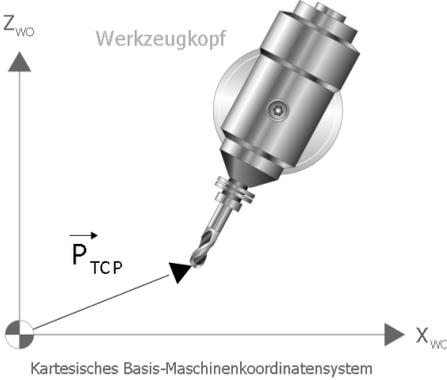
P-STUP-00182	Scheduling des NC-Kanals
Beschreibung	Dieser Parameter definiert das Kanal-Scheduling der CNC. Für die Funktionalität Senkerodieren muss dieser Wert nur im Senkanal mit DIE_SINKING parametrierbar sein.
Parameter	schedule_config
Datentyp	UNS32
Datenbereich	DEFAULT Standard scheduling DIE_SINKING Optimiertes scheduling für Senkerodieren.
Dimension	-
Standardwert	DEFAULT
Anmerkungen	Verfügbar ab CNC-Version V3.1.3105.01

P-STUP-00208	Logische ID eines auftragnehmenden Kanals in einer Jobmanager Gruppe
Beschreibung	Der Parameter bestimmt die logische ID eines auftragnehmenden Kanals. Jeder Auftragnehmer (Slave) in einer Jobmanager Gruppe wird beim Beauftragen vom Auftraggeber mit seiner logischen ID "log_id" angesprochen. Wegen der benötigten Eindeutigkeit darf kein zweiter auftragnehmender Kanal der gleichen Jobmanager-Gruppe die gleiche logische ID nutzen.
Parameter	jobmanager.group[i].cnc_slave[j].log_id mit i = 0, 1 (Index der Jobmanager-Gruppe, max. 1) mit j = 0..n (Index eines fortlaufenden Listenelements. n: applikations-spezifisch)
Datentyp	UNS16
Datenbereich	1 ... 65536
Dimension	----
Standardwert	0
Anmerkungen	Es gibt zwei Typen von Auftragnehmern: CNC Kanäle und SPS Einheiten. Die logische ID bezieht sich immer auf den jeweiligen Typ

P-STUP-00209	Auftragnehmender Kanal in einer Job Manager Gruppe
Beschreibung	Der durch den Parameter bezeichnete auftragnehmende Kanal (Slave) in einer Jobmanager-Gruppe entspricht einem vorhandenen CNC Kanal. Er kann keiner weiteren Gruppe zugeteilt werden, weder als "Auftragnehmer" (Slave) noch als "Auftraggeber" (Master). Die genutzte Nummer muss einer vorhandenen Kanalnummer entsprechen.

Parameter	jobmanager.group[i].cnc_slave[j].channel_id (applikations-spezifisch) mit i = 0, 1 (Index der Jobmanager-Gruppe, max. 1) mit j = 0..n (Index eines fortlaufenden Listenelements. n: applikations-spezifisch)
Datentyp	UNS16
Datenbereich	1 ... (applikationsspezifisch)
Dimension	----
Standardwert	0
Anmerkungen	Ein auftragnehmender Kanal verhält sich wie ein "normaler" Kanal. Er hat die zusätzliche Eigenschaft, von einem beliebigen Master in der gleichen Job Manager Gruppe aufgefordert zu werden, einen Job auszuführen. Die Beendigung des Jobs wird steuerungsintern an den Auftraggeber zurückgemeldet.

Kanalparameter

P-CHAN-00145	Aktivierung von TCP Anzeigedaten
Beschreibung	<p>Der Parameter dient zur Aktivierung von W0-Anzeigedaten (TCP- Position bezogen auf kartesisches Basiskoordinatensystem der Maschine - MCS). Die TCP- Position wird abhängig von der aktiven Kinematik-ID auf Basis der aktuellen Sollachskoordinaten, dem angewählten Werkzeug (Länge) und den Kinematikversatzparametern berechnet. Die Berechnung erfolgt auch bei inaktiver Transformation. Alle Achsen der kinematischen Struktur müssen im Kanal vorhanden sein.</p>  <p style="text-align: center;">Kartesisches Basis-Maschinenkoordinatensystem</p>
Parameter	kin_trafo_display
Datentyp	UNS16
Datenbereich	0: MCS- Anzeigefunktion inaktiv (Standard) 1: MCS- Anzeigefunktion aktiv 2: MCS Anzeigefunktion aktiv (Nur für mehrstufige Transformation, siehe Ergänzung)
Dimension	----
Standardwert	0
Anmerkungen	<p>Zur korrekten Anzeige müssen die Achsen referenziert sein!</p> <p>Die Berücksichtigung von programmierten Werkzeugversätzen (V.G.WZ_AKT.V.*) erfolgt nur bei nachfolgender Programmierung von #KIN ID[<Kinematik-ID>].</p> <p>Hinweis:</p> <p>Der Datentyp des Parameters hat sich ab CNC-Version V3.1.3105 von BOOLEAN auf UNS16 geändert.</p>

Ergänzungen für mehrstufige kinematische Transformationen

Die Definition einer Kinematikstufe kann in den Parameterlisten oder im NC-Programm erfolgen. Die Aktivierung einer Kinematikstufe erfolgt über die Programmierung des NC-Befehls #TRAFO ON.

Mehrstufige Transformationen siehe Verkettung von Transformationen, Multistep Transformationen.

Datenwert 0 (Standard):

Die kinematischen Transformationen werden zur Anzeige der Achspositionen nur ausgeführt, wenn sie aktiviert sind.

	PCS nicht aktiv	PCS aktiv
Kin.-Stufe 0 = definiert, Kin.-Stufe 1 = definiert	MCS = ACS	MCS = ACS PCS = f(ACS, CS _{active})
Kin.-Stufe 0 = aktiv, Kin.-Stufe 1 = definiert	MCS = f(Kin.-Stufe 0)	MCS = f(Kin.-Stufe 0) PCS = f(MCS, CS _{active})
Kin.-Stufe 0 = definiert, Kin.-Stufe 1 = aktiv	MCS = f(Kin.-Stufe 1)	MCS = f(Kin.-Stufe 1) PCS = f(MCS, CS _{active})
Kin.-Stufe 0 = aktiv, Kin.-Stufe 1 = aktiv	MCS = f(Kin.-Stufe 0, Kin.-Stufe 1)	MCS = f(Kin.-Stufe 0, Kin.-Stufe 1) PCS = f(MCS, CS _{active})

Datenwert 1:

Die kinematischen Transformationen werden zur Anzeige der Achspositionen immer ausgeführt sobald sie definiert sind. Die definierten kartesischen Transformationen werden zur Anzeige auf Basis der Achskoordinaten ausgeführt.

	PCS nicht aktiv	PCS aktiv
Kin.-Stufe 0 = definiert, Kin.-Stufe 1 = definiert	MCS = f(Kin.-Stufe 0, Kin.-Stufe 1)	MCS = f(Kin.-Stufe 0, Kin.-Stufe 1) PCS = f(ACS, CS _{def})
Kin.-Stufe 0 = aktiv, Kin.-Stufe 1 = definiert	MCS = f(Kin.-Stufe 0, Kin.-Stufe 1)	MCS = f(Kin.-Stufe 0, Kin.-Stufe 1) PCS = f(ACS, CS _{def})
Kin.-Stufe 0 = definiert, Kin.-Stufe 1 = aktiv	MCS = f(Kin.-Stufe 0, Kin.-Stufe 1)	MCS = f(Kin.-Stufe 0, Kin.-Stufe 1) PCS = f(ACS, CS _{def})
Kin.-Stufe 0 = aktiv, Kin.-Stufe 1 = aktiv	MCS = f(Kin.-Stufe 0, Kin.-Stufe 1)	MCS = f(Kin.-Stufe 0, Kin.-Stufe 1) PCS = f(ACS, CS _{def})

Datenwert 2:

Die kinematischen Transformationen werden zur Anzeige der Achspositionen immer ausgeführt sobald sie definiert sind. Die definierten kartesischen Transformationen werden zur Anzeige auf Basis der TCP-Koordinaten ausgeführt.

	PCS nicht aktiv	PCS aktiv
Kin.-Stufe 0 = definiert, Kin.-Stufe 1 = definiert	MCS = f(Kin.-Stufe 0, Kin.-Stufe 1)	MCS = f(Kin.-Stufe 0, Kin.-Stufe 1) PCS = f(MCS, CS _{def})
Kin.-Kin.-Stufe 0 = aktiv, Kin.-Kin.-Stufe 1 = definiert	MCS = f(Kin.-Stufe 0, Kin.-Stufe 1)	MCS = f(Kin.-Stufe 0, Kin.-Stufe 1) PCS = f(MCS, CS _{def})
Kin.-Kin.-Stufe 0 = definiert, Kin.-Kin.-Stufe 1 = aktiv	MCS = f(Kin.-Stufe 0, Kin.-Stufe 1)	MCS = f(Kin.-Stufe 0, Kin.-Stufe 1) PCS = f(MCS, CS _{def})
Kin.-Kin.-Stufe 0 = aktiv, Kin.-Kin.-Stufe 1 = aktiv	MCS = f(Kin.-Stufe 0, Kin.-Stufe 1)	MCS = f(Kin.-Stufe 0, Kin.-Stufe 1) PCS = f(MCS, CS _{def})

P-CHAN-00430	Unterdrückung von Rückzugsbewegungen
---------------------	---

Beschreibung	Parameter für Rückzugskanal beim Senkerodieren. Unterdrückt die Anfragen zum Auslösen einer Rückzugsbewegung (negative externe Geschwindigkeit bei Spülbewegung) bis das Initialisierungsprogramm beendet ist.
Parameter	no_backward_before_prg_end
Datentyp	BOOLEAN
Datenbereich	TRUE/FALSE
Dimension	-
Standardwert	FALSE
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3108.5 Parameter ist nur wirksam im Rückzugskanal, wenn dieser vor der ersten Rückzugsbewegung initialisiert wurde.

P-CHAN-00650	Festlegung der Funktionalitäten des Interpolators
Beschreibung	Der Parameter legt einzelne Funktionalitäten sowie die Größe des Look-Ahead-Puffers des Interpolators fest, d.h. über wie viele Sätze die Bremswegberechnung und Dynamikplanung durchgeführt wird.
Parameter	configuration.interpolator.function
Datentyp	STRING
Datenbereich	Siehe Parameterbeschreibungen [►_127]
Dimension	----
Standardwert	FCT_IPO_DEFAULT
Anmerkungen	

Funktionstabelle Interpolation

Kennung	Beschreibung
FCT_IPO_DEFAULT	FCT_LOOK_AHEAD_STANDARD
FCT_LOOK_AHEAD_LOW	30 Sätze
FCT_LOOK_AHEAD_STANDARD	120 Sätze
FCT_LOOK_AHEAD_HIGH	190 Sätze
FCT_LOOK_AHEAD_CUSTOM	Anzahl der Look-Ahead Sätze beliebig im Intervall [0; 200]. Angabe über Parameter P-CHAN-00653.
FCT_SYNC	Synchronisieren einer Achse auf Bahnverbund. Beispiel: FCT_IPO_DEFAULT FCT_SYNC
FCT_LOOK_AHEAD_OPT	Durch zusätzliche Berechnungen kann der Bahngeschwindigkeitsverlauf für die HSC-Bearbeitung weiter verbessert werden. Dadurch verringert sich im Allgemeinen die Bearbeitungszeit. Durch die zusätzlichen Berechnungen entsteht eine höhere Anforderung an die Steuerungshardware.
FCT_LIFT_UP_TIME	Automatisches Abheben/Senken einer Achse (Zeitbasierte Kopplung). Beispiel: FCT_IPO_DEFAULT FCT_LIFT_UP_TIME
FCT_SHIFT_NCBL	Weggesteuerte Verschiebung von M-Funktionen (Verweilzeit). Beispiel: FCT_IPO_DEFAULT FCT_SHIFT_NCBL
FCT_CALC_STATE_AT_T	Berechnung der Bahngeschwindigkeit an einem Zeitpunkt in der Zukunft. Funktion nur verfügbar in Kombination mit HSC-Slope und nur ab V3.1.3057.0 Beispiel: FCT_IPO_DEFAULT FCT_CALC_STATE_AT_T
FCT_CALC_TIME	Berechnung der Interpolationszeit bis zum nächsten Vorschubsatz (G01,G02,G03). Beispiel: FCT_IPO_DEFAULT FCT_CALC_TIME

FCT_CONTOUR_LAH	Contour-Look-Ahead: vorzeitige Ausgabe von Bewegungssätzen an SPS ab V3.1.3104.07
FCT_DYN_POS_LIMIT	Dynamische Begrenzung von Achspositionen
FCT_EXTENSION_EQUIDIST	Senkerodieren: Planetäres Aufweiten

Die obengenannten Werte für die Look-Ahead-Puffergröße gelten für die CNC-Versionen ab V2.11.2800, für die CNC-Version V2.11.20xx gelten die folgenden Einstellungen:

FCT_LOOK_AHEAD_LOW	30 Sätze
FCT_LOOK_AHEAD_STANDARD	70 Sätze
FCT_LOOK_AHEAD_HIGH	120 Sätze

5.3 Allgemein

Um die Rückzugs- und Spülfunktionalität nutzen zu können, muss der Parameter [P-STUP-00033 \[▶ 124\]](#) für alle Kanäle parametrieren werden.

Der Senkkanal aktiviert über den Jobmanager den Rückzugs- und Planetärkanal und muss deshalb über [P-STUP-00208 \[▶ 124\]](#) als Master mit der entsprechenden `log_id` und über [P-STUP-00209 \[▶ 124\]](#) mit der entsprechenden `channel_id` konfiguriert werden.

Der Rückzugs- und Planetärkanal werden über den Jobmanager aktiviert und müssen deshalb über [P-STUP-00208 \[▶ 124\]](#) als Slave mit der entsprechenden `log_id` und über [P-STUP-00209 \[▶ 124\]](#) mit der entsprechenden `channel_id` konfiguriert werden.

Für Kanäle, in denen die Funktionalität Contour Lookahead verwendet werden soll, muss der Parameter [P-CHAN-00650 \[▶ 127\]](#) mit `FCT_CONTOUR_LAH` konfiguriert werden (alternativ mit `P-STUP-00070`).

Beispiel zur Konfigurierung des Jobmanagers bei der folgenden Kanalanordnung: Senkkanal = 1, Planetärkanal=2, Rückzugskanal=3

```
jobmanager.group[0].master[0].log_id 4715
jobmanager.group[0].master[0].channel_id 1 # Link to CNC-channel 1
# -----
jobmanager.group[0].cnc_slave[0].log_id 2
jobmanager.group[0].cnc_slave[0].channel_id 2 # Channel 2
jobmanager.group[0].cnc_slave[1].log_id 3
jobmanager.group[0].cnc_slave[1].channel_id 3 # Channel 3
```

5.4 Senkkanal

Der Parameter [P-STUP-00182 \[▶ 124\]](#) definiert das Kanal-Scheduling der CNC. Für das Senkerodieren muss dieser Wert nur im Senkkanal mit `DIE_SINKING` parametrieren sein.

```
schedule_config DIE_SINKING ( P-STUP-00182 )
```

5.5 Planetärkanal

Die Funktionalität des planetären Aufweitens muss über [P-CHAN-00650 \[▶ 127\]](#) (alternativ `P-STUP-00070`) für den Planetärkanal aktiviert werden. Bei Konfiguration dieses Parameters mit `FCT_EXTENSION_EQUIDIST` wird mit dem Befehl [#TRACK CHAN ON \[▶ 102\]](#) [`EXTEND="CH-DownShape"`] mit dem vom Senkkanal bereitgestellten Radius eine Abbildung auf die planetären Achsen gemacht.

5.6 Rückzugskanal

Mit [P-CHAN-00430 \[▶ 129\]](#) kann die Anfragen zum Auslösen einer Rückzugsbewegung (negative externe Geschwindigkeit, Jump) unterdrückt werden, solange bis das Initialisierungsprogramm beendet ist.

P-CHAN-00430	Unterdrückung von Rückzugsbewegungen
Beschreibung	Parameter für Rückzugskanal beim Senkerodieren. Unterdrückt die Anfragen zum Auslösen einer Rückzugsbewegung (negative externe Geschwindigkeit bei Spülbewegung) bis das Initialisierungsprogramm beendet ist.

Parameter	no_backward_before_prg_end
Datentyp	BOOLEAN
Datenbereich	TRUE/FALSE
Dimension	-
Standardwert	FALSE
Anmerkungen	Verfügbar ab V3.1.3108.5 Parameter ist nur wirksam im Rückzugskanal, wenn dieser vor der ersten Rückzugsbewegung initialisiert wurde.

Stichwortverzeichnis

A

ACS	
Position:Soll:Interpolator	111

B

Bahnerodieren	
aktiv	113
Bahngeschwindigkeit -vorschub	
Aktivierung externe	115

C

Command	
jump	117

E

Echtzeit-Schleife	
aktive	114
Echtzeitstopp	120
Echtzeitstopps command	120
Escape	
aktiviert	111
suspended	112
externe	
Bahngeschwindigkeit:Aktivierung	115

F

Fahrweg	
aktuell:NC-Programm	114

I

Insert Command	120
command	120

J

Jump	116
command	117

M

MCS	
Position:Superimposed	111
Position:Überlagerung	111

N

NC-Programm	
Fahrweg:aktuell	114

P

P-CHAN-00145	125
P-CHAN-00430	126, 129

P-CHAN-00650	127
PCS	
Fahrweg:NC-Programm:Rest	114
position: CS superimposed	111
Position:Soll	111
Planetärkanal	
aktiv	113
Position	
CS Überlagerung	111
MCS: Superimposed	111
Soll:ACS:Interpolator	111
Soll:PCS	111
Programmende	
erreicht:Interpolator	114
P-STUP-00033	124
P-STUP-00182	124
P-STUP-00208	124
P-STUP-00209	124

R

Rückzugsbewegung	116
Rückzugsstrategie	112

S

Sollposition	
ACS:Interpolator	111
PCS	111
Spülbewegung	
aktiv	113
State Insert Command	121
State Jump	119
Statusdaten Echtzeitstopps	121
Statusdaten Rückzugsbewegung	119

W

Wait Ext Command Speed	114
Warten auf ext. Geschwindigkeitsvorgabe	114

6 Support und Service

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

Downloadfinder

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

Die Downloads sind in verschiedenen Formaten erhältlich.

Beckhoff Niederlassungen und Vertretungen

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

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

Dort finden Sie auch weitere Dokumentationen zu Beckhoff Komponenten.

Beckhoff Support

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

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

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

Beckhoff Service

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

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

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

Beckhoff Unternehmenszentrale

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG

Hülshorstweg 20
33415 Verl
Deutschland

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

Mehr Informationen:
www.beckhoff.de/TF5292

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

