

## SINUMERIK

### SINUMERIK 840D sl Überwachen und Kompensieren

Funktionshandbuch

#### Vorwort

---

Grundlegende Sicherheitshinweise	1
K8: Geometrische Maschinenmodellierung	2
K9: Kollisionsvermeidung, intern	3
K11 Kollisionsvermeidung, extern	4
A5: Schutzbereiche	5
TE9: Achspaar- Kollisionsschutz	6
A3: Achsüberwachungen	7
K6: Konturtunnel- Überwachung	8
TE1: Abstandsregelung	9
K3: Kompensationen	10
Anhang	A

Gültig für

Steuerung  
SINUMERIK 840D sl / 840DE sl

CNC-Software Version 4.92


06/2019


A5E47434714A AA


## Rechtliche Hinweise

### Warnhinweiskonzept

Dieses Handbuch enthält Hinweise, die Sie zu Ihrer persönlichen Sicherheit sowie zur Vermeidung von Sachschäden beachten müssen. Die Hinweise zu Ihrer persönlichen Sicherheit sind durch ein Warndreieck hervorgehoben, Hinweise zu alleinigen Sachschäden stehen ohne Warndreieck. Je nach Gefährdungsstufe werden die Warnhinweise in abnehmender Reihenfolge wie folgt dargestellt.

 <b>GEFAHR</b>
bedeutet, dass Tod oder schwere Körperverletzung eintreten <b>wird</b> , wenn die entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen nicht getroffen werden.

 <b>WARNUNG</b>
bedeutet, dass Tod oder schwere Körperverletzung eintreten <b>kann</b> , wenn die entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen nicht getroffen werden.

 <b>VORSICHT</b>
bedeutet, dass eine leichte Körperverletzung eintreten kann, wenn die entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen nicht getroffen werden.

<b>ACHTUNG</b>
bedeutet, dass Sachschaden eintreten kann, wenn die entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen nicht getroffen werden.


Beim Auftreten mehrerer Gefährdungsstufen wird immer der Warnhinweis zur jeweils höchsten Stufe verwendet. Wenn in einem Warnhinweis mit dem Warndreieck vor Personenschäden gewarnt wird, dann kann im selben Warnhinweis zusätzlich eine Warnung vor Sachschäden angefügt sein.

### Qualifiziertes Personal

Das zu dieser Dokumentation zugehörige Produkt/System darf nur von für die jeweilige Aufgabenstellung **qualifiziertem Personal** gehandhabt werden unter Beachtung der für die jeweilige Aufgabenstellung zugehörigen Dokumentation, insbesondere der darin enthaltenen Sicherheits- und Warnhinweise. Qualifiziertes Personal ist auf Grund seiner Ausbildung und Erfahrung befähigt, im Umgang mit diesen Produkten/Systemen Risiken zu erkennen und mögliche Gefährdungen zu vermeiden.

### Bestimmungsgemäßer Gebrauch von Siemens-Produkten

Beachten Sie Folgendes:

 <b>WARNUNG</b>
Siemens-Produkte dürfen nur für die im Katalog und in der zugehörigen technischen Dokumentation vorgesehenen Einsatzfälle verwendet werden. Falls Fremdprodukte und -komponenten zum Einsatz kommen, müssen diese von Siemens empfohlen bzw. zugelassen sein. Der einwandfreie und sichere Betrieb der Produkte setzt sachgemäßen Transport, sachgemäße Lagerung, Aufstellung, Montage, Installation, Inbetriebnahme, Bedienung und Instandhaltung voraus. Die zulässigen Umgebungsbedingungen müssen eingehalten werden. Hinweise in den zugehörigen Dokumentationen müssen beachtet werden.

### Marken

Alle mit dem Schutzrechtsvermerk ® gekennzeichneten Bezeichnungen sind eingetragene Marken der Siemens AG. Die übrigen Bezeichnungen in dieser Schrift können Marken sein, deren Benutzung durch Dritte für deren Zwecke die Rechte der Inhaber verletzen kann.

### Haftungsausschluss

Wir haben den Inhalt der Druckschrift auf Übereinstimmung mit der beschriebenen Hard- und Software geprüft. Dennoch können Abweichungen nicht ausgeschlossen werden, so dass wir für die vollständige Übereinstimmung keine Gewähr übernehmen. Die Angaben in dieser Druckschrift werden regelmäßig überprüft, notwendige Korrekturen sind in den nachfolgenden Auflagen enthalten.

# Vorwort

## SINUMERIK-Dokumentation

Die SINUMERIK-Dokumentation ist in folgende Kategorien gegliedert:

- Allgemeine Dokumentation/Kataloge
- Anwender-Dokumentation
- Hersteller-/Service-Dokumentation

## Weiterführende Informationen

Unter folgender Adresse (<https://support.industry.siemens.com/cs/de/de/view/108464614>) finden Sie Informationen zu den Themen:

- Dokumentation bestellen/Druckschriftenübersicht
- Weiterführende Links für den Download von Dokumenten
- Dokumentation online nutzen (Handbücher/Informationen finden und durchsuchen)

Bei Fragen zur technischen Dokumentation (z. B. Anregungen, Korrekturen) senden Sie eine E-Mail an folgende Adresse (<mailto:docu.motioncontrol@siemens.com>).

## mySupport/Dokumentation

Unter folgender Adresse (<https://support.industry.siemens.com/My/ww/de/documentation>) finden Sie Informationen, wie Sie Ihre Dokumentation auf Basis der Siemensinhalte individuell zusammenstellen und für die eigene Maschinendokumentation anpassen.

## Training

Unter folgender Adresse (<http://www.siemens.de/sitrain>) finden Sie Informationen zu SITRAIN - dem Training von Siemens für Produkte, Systeme und Lösungen der Antriebs- und Automatisierungstechnik.

## FAQs

Frequently Asked Questions finden Sie in den Service&Support-Seiten unter Produkt Support (<https://support.industry.siemens.com/cs/de/de/ps/faq>).

## SINUMERIK

Informationen zu SINUMERIK finden Sie unter folgender Adresse (<http://www.siemens.de/sinumerik>).

## Zielgruppe

Die vorliegende Druckschrift wendet sich an:

- Projekteure
- Technologen (von Maschinenherstellern)
- Inbetriebnehmer (von Systemen/Maschinen)
- Programmierer

## Nutzen

Das Funktionshandbuch beschreibt die Funktionen, so dass die Zielgruppe die Funktionen kennt und auswählen kann. Es befähigt die Zielgruppe, die Funktionen in Betrieb zu nehmen.

## Standardumfang

In der vorliegenden Dokumentation ist die Funktionalität des Standardumfangs beschrieben. Ergänzungen oder Änderungen, die durch den Maschinenhersteller vorgenommen werden, werden vom Maschinenhersteller dokumentiert.

Es können in der Steuerung weitere, in dieser Dokumentation nicht erläuterte Funktionen ablauffähig sein. Es besteht jedoch kein Anspruch auf diese Funktionen bei der Neulieferung bzw. im Servicefall.

Ebenso enthält diese Dokumentation aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht sämtliche Detailinformationen zu allen Typen des Produkts und kann auch nicht jeden denkbaren Fall der Aufstellung, des Betriebes und der Instandhaltung berücksichtigen.

## Hinweis zur Datenschutzgrundverordnung

Siemens beachtet die Grundsätze des Datenschutzes, insbesondere die Gebote der Datenminimierung (privacy by design). Für dieses Produkt bedeutet dies:

Das Produkt verarbeitet/speichert keine personenbezogenen Daten, lediglich technische Funktionsdaten (z. B. Zeitstempel). Verknüpft der Anwender diese Daten mit anderen Daten (z. B. Schichtpläne) oder speichert er personenbezogene Daten auf dem gleichen Medium (z. B. Festplatte) und stellt so einen Personenbezug her, hat er die Einhaltung der datenschutzrechtlichen Vorgaben selbst sicherzustellen.

## Technical Support

Landesspezifische Telefonnummern für technische Beratung finden Sie im Internet unter folgender Adresse (<https://support.industry.siemens.com/sc/ww/de/sc/2090>) im Bereich "Kontakt".

## Informationen zu Struktur und Inhalt

### Aufbau

Das vorliegende Funktionshandbuch ist wie folgt aufgebaut:

- Innentitel (Seite 3) mit dem Titel des Funktionshandbuchs, den SINUMERIK-Steuerungen sowie der Software und Version, für die diese Ausgabe des Funktionshandbuchs gültig ist, und der Übersicht der einzelnen Funktionsbeschreibungen.
- Funktionsbeschreibungen in der Reihenfolge ihrer alphanumerischen Kurzzeichen (z. B. A2, A3, B1 etc.)
- Anhang mit:
  - Abkürzungsverzeichnis
  - Dokumentationsübersicht
- Begriffsverzeichnis

---

### Hinweis

Ausführliche Daten- und Alarm-Beschreibungen siehe:

- für Maschinen- und Settingdaten:  
Ausführliche Maschinendaten-Beschreibung
  - für NC/PLC-Nahtstellensignale:  
Listenhandbuch NC-Variablen und Nahtstellensignale
  - für Alarme:  
Diagnosehandbuch
- 

### Schreibweise von Systemdaten

Für Systemdaten gelten in dieser Dokumentation folgende Schreibweisen:

Signal/Datum	Schreibweise	Beispiel
NC/PLC-Nahtstellensignale	... NC/PLC-Nahtstellensignal: <Signaladresse> (<Signalname>)	Ist die neue Getriebestufe eingelegt, dann werden vom PLC-Programm die folgenden NC/PLC-Nahtstellensignale gesetzt: DB31, ... DBX16.0-2 (Istgetriebestufe A bis C) DB31, ... DBX16.3 (Getriebe ist umgeschaltet)
Maschinendatum	... Maschinendatum: <Typ><Nummer> <Vollständiger Bezeichner> (<Bedeutung>)	Masterspindel ist die abgelegte Spindel im Maschinendatum: MD20090 \$MC_SPIND_DEF_MASTER_SPIND (Löschstellung Masterspindel im Kanal)
Settingdatum	... Settingdatum: <Typ><Nummer> <Vollständiger Bezeichner> (<Bedeutung>)	Die logische Masterspindel ist enthalten im Settingdatum: SD42800 \$SC_SPIND_ASSIGN_TAB[0] (Spindelnummernumsetzer)

## Mengengerüst

Erläuterungen bezüglich der NC/PLC-Nahtstelle gehen von der absoluten maximalen Anzahl folgender Komponenten aus:

- Betriebsartengruppen (DB11)
- Kanäle (DB21, ...)
- Achsen/Spindeln (DB31, ...)

## Datentypen

In der Steuerung stehen zur Programmierung in Teileprogrammen folgenden Datentypen zur Verfügung:

Typ	Bedeutung	Wertebereich
INT	Ganzzahlige Werte mit Vorzeichen	-2.147.483.648 ... +2.147.483.647
REAL	Zahlen mit Dezimalpunkt	$\approx \pm 5,0 \cdot 10^{-324} \dots \approx \pm 1,7 \cdot 10^{308}$
BOOL	Wahrheitswerte	TRUE ( $\neq 0$ ), FALSE (0)
CHAR	Zeichen ASCII bzw. Byte	0 ... 255 bzw. -128 ... 127
STRING	Zeichenkette, Null-terminiert	maximal 400 Zeichen + /0 (keine Sonderzeichen)
AXIS	Achsnamen	alle in der Steuerung vorhandenen Achsnamen
FRAME	geometrische Angaben für Verschieben, Drehen, Skalieren, Spiegeln	---

### Felder

Felder können nur aus gleichen elementaren Datentypen gebildet werden. Es sind maximal 3-dimensionale Arrays möglich.

Beispiel: `DEF INT FELD[2, 3, 4]`

### Zahlensysteme

Es stehen folgende Zahlensystem zur Verfügung:

- Dezimal: `DEF INT Zahl = 1234` oder `DEF REAL Zahl = 1234.56`
- Hexadezimal: `DEF INT Zahl = 'H123ABC'`
- Binär: `DEF INT Zahl = 'B10001010010'`

### Abfrage von REAL-Variablen

Es wird empfohlen, die Abfragen von REAL- bzw. DOUBLE-Variablen in NC-Programmen und Synchronaktionen als Grenzwertbetrachtung zu programmieren.

Beispiel: Abfrage des Istwerts einer Achse auf einen bestimmten Wert

Programmcode	Kommentar
<code>DEF REAL AXPOS = 123.456</code>	
<code>IF (\$VA_IM[&lt;Achse&gt;] - 1ex-6) &lt;= AXPOS &lt;= (\$VA_IM[&lt;Achse&gt;] + 1ex-6)</code>	<code>; Istposition</code>
<code>...</code>	<code>== AXPOS</code>

<b>Programmcode</b>	<b>Kommentar</b>
ELSE ... ENDIF	<> AXPOS





# Inhaltsverzeichnis

	<b>Vorwort</b> .....	<b>3</b>
<b>1</b>	<b>Grundlegende Sicherheitshinweise</b> .....	<b>17</b>
1.1	Allgemeine Sicherheitshinweise .....	17
1.2	Gewährleistung und Haftung für Applikationsbeispiele .....	17
1.3	Industrial Security .....	18
<b>2</b>	<b>K8: Geometrische Maschinenmodellierung</b> .....	<b>21</b>
2.1	Funktionsbeschreibung .....	21
2.1.1	Merkmale .....	21
2.1.2	Automatische Werkzeugschutzbereiche .....	24
2.2	Inbetriebnahme .....	27
2.2.1	Allgemein .....	27
2.2.1.1	Übersicht .....	27
2.2.1.2	Aufbau der Systemvariablen .....	27
2.2.1.3	Farbtafel .....	29
2.2.2	Maschinendaten .....	30
2.2.2.1	Maximale Anzahl von Schutzbereichen .....	30
2.2.2.2	Maximale Anzahl von Schutzbereichselementen für Maschinenschutzbereiche .....	30
2.2.2.3	Maximale Anzahl von Schutzbereichselementen für automatische Werkzeugschutzbereiche .....	30
2.2.2.4	Maximale Anzahl von NC/PLC-Nahtstellensignalen zur Voraktivierung von Schutzbereichen .....	30
2.2.2.5	Maximale Anzahl von Dreiecken für Maschinenschutzbereiche .....	30
2.2.2.6	Maximale Anzahl von Dreiecken für automatisch Werkzeugschutzbereiche .....	31
2.2.2.7	Erzeugungsmodus für automatische Werkzeugschutzbereiche .....	31
2.2.3	Systemvariablen: Schutzbereiche .....	31
2.2.3.1	Übersicht .....	31
2.2.3.2	\$NP_PROT_NAME .....	32
2.2.3.3	\$NP_CHAIN_ELEM .....	33
2.2.3.4	\$NP_PROT_TYPE .....	34
2.2.3.5	\$NP_1ST_PROT .....	35
2.2.3.6	\$NP_PROT_COLOR .....	36
2.2.3.7	\$NP_PROT_D_LEVEL .....	38
2.2.3.8	\$NP_BIT_NO .....	39
2.2.3.9	\$NP_INIT_STAT .....	40
2.2.3.10	\$NP_INDEX .....	41
2.2.4	Systemvariablen: Schutzbereichselemente für Maschinenschutzbereiche .....	43
2.2.4.1	Übersicht .....	43
2.2.4.2	\$NP_NAME .....	44
2.2.4.3	\$NP_NEXT .....	45
2.2.4.4	\$NP_NEXTP .....	46
2.2.4.5	\$NP_COLOR .....	47
2.2.4.6	\$NP_D_LEVEL .....	49
2.2.4.7	\$NP_USAGE .....	50

2.2.4.8	\$NP_TYPE .....	51
2.2.4.9	\$NP_FILENAME .....	55
2.2.4.10	\$NP_PARA.....	60
2.2.4.11	\$NP_OFF .....	61
2.2.4.12	\$NP_DIR .....	62
2.2.4.13	\$NP_ANG.....	64
2.2.5	Systemvariablen: Schutzbereichselemente für automatische Werkzeugschutzbereiche .....	65
2.2.6	Randbedingungen .....	66
2.3	Datenlisten .....	67
2.3.1	Maschinendaten .....	67
2.3.1.1	NC-spezifische Maschinendaten.....	67
2.3.2	Systemvariablen.....	67
<b>3</b>	<b>K9: Kollisionsvermeidung, intern .....</b>	<b>69</b>
3.1	Funktionsbeschreibung .....	69
3.1.1	Optionen.....	69
3.1.2	Merkmale .....	69
3.1.3	Reaktion der Steuerung bei Kollisionsgefahr .....	71
3.1.4	Zustandsdiagramm: Schutzbereich.....	75
3.1.5	Werkzeuge .....	76
3.1.6	Randbedingungen .....	79
3.2	Inbetriebnahme .....	81
3.2.1	Allgemein .....	81
3.2.1.1	Übersicht .....	81
3.2.1.2	Aufbau der Systemvariablen .....	81
3.2.2	Maschinendaten .....	82
3.2.2.1	Kollisionstoleranz .....	82
3.2.2.2	Sicherheitsabstand.....	83
3.2.2.3	Maximaler Speicherplatz.....	83
3.2.2.4	Maximale Anzahl an Kollisionspaaren .....	84
3.2.2.5	Schutzstufen für Kollisionsvermeidung Ein/Aus.....	84
3.2.3	Systemvariablen.....	85
3.2.3.1	Übersicht .....	85
3.2.3.2	\$NP_COLL_PAIR.....	86
3.2.3.3	\$NP_SAFETY_DIST .....	87
3.2.4	Erweiternde Systemvariablen .....	88
3.2.4.1	Übersicht .....	88
3.2.4.2	Zustandsdaten .....	89
3.2.4.3	Speicherplatzbedarf .....	90
3.2.4.4	Bremswegschätzungen.....	90
3.3	Programmierung .....	91
3.3.1	Prüfen auf Kollisionspaar (COLLPAIR) .....	91
3.3.2	Neuberechnung des Maschinenmodells der Kollisionsvermeidung anfordern (PROTA).....	92
3.3.3	Schutzbereichszustand setzen (PROTS).....	93
3.3.4	Abstandsbestimmung zweier Schutzbereiche (PROTD) .....	94
3.4	Beispiel.....	96
3.4.1	Vorgaben.....	96
3.4.2	Teileprogramm des Maschinenmodells .....	100
3.5	Datenlisten .....	108
3.5.1	Maschinendaten.....	108

3.5.1.1	NC-spezifische Maschinendaten.....	108
3.5.2	Systemvariablen.....	108
<b>4</b>	<b>K11 Kollisionsvermeidung, extern .....</b>	<b>111</b>
4.1	Funktionsbeschreibung .....	111
4.1.1	Optionen.....	111
4.1.2	Merkmale .....	111
4.2	Inbetriebnahme .....	111
4.2.1	Maschinendaten .....	111
4.2.1.1	Funktionen der externen Kollisionsvermeidung .....	111
4.2.1.2	Vorschauzeit .....	112
4.2.1.3	Vorschau-Zeitschritt .....	112
4.2.1.4	Timeout-Zeit .....	112
<b>5</b>	<b>A5: Schutzbereiche .....</b>	<b>113</b>
5.1	Funktion .....	113
5.2	Inbetriebnahme .....	119
5.2.1	Maschinendaten .....	119
5.3	Programmierung .....	120
5.3.1	Schutzbereiche definieren (CPROTDEF, NPROTDEF).....	120
5.3.2	Schutzbereiche aktivieren/deaktivieren (CPROT, NPROT) .....	124
5.3.3	Überprüfung auf Schutzbereichsverletzung, Arbeitsfeldbegrenzung und Software-Endschalter (CALCPOSI).....	127
5.4	Besonderheiten .....	137
5.4.1	Zeitweise Freigabe von Schutzbereichen .....	137
5.4.2	Verhalten in den Betriebsarten AUTOMATIK und MDA.....	138
5.4.3	Verhalten in der Betriebsart JOG .....	139
5.5	Randbedingungen.....	142
5.6	Beispiel.....	143
5.6.1	Schutzbereiche an einer Drehmaschine .....	143
5.6.2	Schutzbereichsdefinition im Teileprogramm .....	144
5.6.3	Schutzbereichsdefinition mit Systemvariablen.....	145
5.6.4	Aktivierung der Schutzbereiche .....	152
5.7	Datenlisten .....	152
5.7.1	Maschinendaten .....	152
5.7.1.1	NC-spezifische Maschinendaten.....	152
5.7.1.2	Kanal-spezifische Maschinendaten.....	153
<b>6</b>	<b>TE9: Achspaar-Kollisionsschutz .....</b>	<b>155</b>
6.1	Kurzbeschreibung .....	155
6.2	Funktionsbeschreibung .....	155
6.3	Inbetriebnahme .....	156
6.3.1	Freigabe der Technologiefunktion (Option).....	156
6.3.2	Aktivierung der Technologiefunktion .....	157
6.3.3	Aktivierung der Zusatzfunktionen.....	157
6.3.4	Definition eines Achspaares.....	157
6.3.5	Freifahrtrichtung .....	158
6.3.6	Offset der Maschinenkoordinatensysteme.....	158

6.3.7	Schutzfenster .....	159
6.3.8	Orientierung .....	160
6.3.9	Schutzfenster-Erweiterung .....	160
6.3.10	Aktivierung der Schutzfunktion .....	161
6.3.11	Achsspezifische Beschleunigung .....	162
6.3.12	Überwachungsstatus (GUD) .....	162
6.3.13	PLC-Schnittstelle: Achsspezifische Bremsvorgänge .....	163
6.3.14	PLC-Schnittstelle: Achspaarspezifische Aktivierung der Schutzfunktion .....	164
6.4	Randbedingungen .....	164
6.4.1	Achsen .....	164
6.4.2	Achscontainer .....	165
6.4.3	Link-Achsen .....	166
6.4.4	Interpolatorische Kopplungen .....	166
6.5	Beispiele .....	167
6.5.1	Kollisionsschutz .....	167
6.5.2	Kollisionsschutz und Abstandsbegrenzung .....	168
<b>7</b>	<b>A3: Achsüberwachungen .....</b>	<b>171</b>
7.1	Konturüberwachung .....	171
7.1.1	Konturfehler .....	171
7.1.2	Schleppabstandsüberwachung .....	172
7.2	Positionier-, Stillstands- und Klemmungsüberwachung .....	174
7.2.1	Zusammenhang zwischen Positionier-, Stillstands- und Klemmungsüberwachung .....	174
7.2.2	Positionierüberwachung .....	174
7.2.3	Stillstandsüberwachung .....	176
7.2.4	Parametersatzabhängige Genauhalt- und Stillstandstoleranz .....	177
7.2.5	Klemmungsüberwachung .....	177
7.2.5.1	Funktion .....	177
7.2.5.2	Maschinendaten .....	178
7.2.5.3	NC/PLC-Nahtstellensignale .....	178
7.2.5.4	Fehlerreaktionen .....	179
7.2.5.5	Klemmungsfunktion "Automatisches Anhalten zum Lösen der Klemmung" .....	179
7.2.5.6	Klemmungsfunktion "Zeitoptimiertes Lösen der Klemmung" .....	181
7.2.5.7	Klemmungsfunktion "Automatisches Anhalten zum Setzen der Klemmung" .....	182
7.2.5.8	Randbedingungen .....	184
7.3	Drehzahlsollwertüberwachung .....	187
7.4	Istgeschwindigkeitsüberwachung .....	188
7.5	Messsystem-Überwachung .....	189
7.5.1	Gebergrenzfrequenzüberwachung .....	191
7.5.2	Plausibilitätskontrolle bei Absolutwertgebern .....	192
7.5.3	Anwenderspezifische Fehlerreaktionen .....	194
7.6	Endschalter-Überwachung .....	197
7.6.1	Hardware-Endschalter .....	197
7.6.2	Software-Endschalter .....	198
7.7	Arbeitsfeldbegrenzungs-Überwachung .....	200
7.7.1	Allgemein .....	200
7.7.2	Arbeitsfeldbegrenzung im BKS .....	202
7.7.3	Arbeitsfeldbegrenzung im WKS/ENS .....	204

7.7.4	Beispiel: Arbeitsfeldbegrenzung im WKS/ENS .....	208
7.8	Parken einer Maschinenachse .....	210
7.9	Parken des passiven Lagemesssystems .....	212
7.9.1	Funktion .....	212
7.9.2	Randbedingungen .....	215
7.9.3	Beispiel: Vorsatzkopfwechsel bei einem direkten Lagemesssystem .....	216
7.9.4	Beispiel: Vorsatzkopfwechsel bei zwei direkten Lagemesssystemen .....	221
7.9.5	Beispiel: Messsystemumschaltung bei bereichsweise fehlenden Gebern .....	225
7.10	Umschalten von Geberdatensätzen .....	227
7.11	Datenlisten .....	230
7.11.1	Maschinendaten .....	230
7.11.1.1	NC-spezifische Maschinendaten .....	230
7.11.1.2	Kanal-spezifische Maschinendaten .....	230
7.11.1.3	Achs-/Spindel-spezifische Maschinendaten .....	231
7.11.2	Settingdaten .....	232
7.11.2.1	Achs-/Spindel-spezifische Settindaten .....	232
<b>8</b>	<b>K6: Konturtunnel-Überwachung .....</b>	<b>233</b>
8.1	Kurzbeschreibung .....	233
8.1.1	Konturtunnel-Überwachung .....	233
8.1.2	Programmierbare Konturgenauigkeit .....	234
8.2	Konturtunnel-Überwachung .....	235
8.3	Programmierbare Konturgenauigkeit .....	236
8.4	Randbedingungen .....	240
8.5	Datenlisten .....	240
8.5.1	Maschinendaten .....	240
8.5.1.1	Kanal-spezifische Maschinendaten .....	240
8.5.1.2	Achs-/Spindel-spezifische Maschinendaten .....	240
8.5.2	Settingdaten .....	241
8.5.2.1	Kanal-spezifische Settingdaten .....	241
<b>9</b>	<b>TE1: Abstandsregelung .....</b>	<b>243</b>
9.1	Kurzbeschreibung .....	243
9.1.1	Kurzbeschreibung .....	243
9.1.2	Funktionsbeschreibung .....	244
9.2	Abstandsregelung .....	245
9.2.1	Regeldynamik .....	245
9.2.2	Geschwindigkeitsvorsteuerung .....	247
9.2.3	Regelkreisstruktur .....	248
9.2.4	Kompensationsvektor .....	249
9.3	Technologische Eigenschaften der Abstandsregelung .....	252
9.4	Sensor-Kollisionsüberwachung .....	253
9.5	Inbetriebnahme .....	254
9.5.1	Inbetriebnahme .....	254
9.5.2	Aktivieren der Technologiefunktion .....	254
9.5.3	Speicherkonfiguration durchführen .....	254

9.5.4	Parametrierung der Eingangssignale .....	254
9.5.5	Parametrierung des programmierbaren Kompensationsvektors .....	255
9.5.6	Parametrierung der Abstandsregelung .....	257
9.5.7	Inbetriebnahme der Abstandsregelung .....	258
9.6	Programmierung .....	260
9.6.1	Ein- und Ausschalten der Abstandsregelung (CLC) .....	260
9.6.2	Regelkreisverstärkung (CLC_GAIN) .....	265
9.6.3	Begrenzung des Regelbereichs (CLC_LIM) .....	267
9.6.4	Richtungsabhängiges Sperren der Verfahrbewegung .....	269
9.6.5	Satzweise vorgebbarer Spannungsoffset (CLC_VOFF) .....	271
9.6.6	Per Synchronaktion vorgebbarer Spannungsoffset .....	271
9.6.7	Auswahl der aktiven Sensorkennlinie (CLC_SEL) .....	272
9.7	Funktionsspezifische Anzeigedaten .....	273
9.7.1	Kanalspezifische GUD-Variable .....	274
9.7.2	BTSS-Variable .....	275
9.8	Funktionsspezifische Alarmtexte .....	276
9.9	Randbedingungen .....	276
9.9.1	Peripheriebaugruppen .....	276
9.9.1.1	Externe Glättungsfilter .....	278
9.9.2	Funktionsspezifische Randbedingungen .....	278
9.10	Datenlisten .....	280
9.10.1	Maschinendaten .....	280
9.10.1.1	NC-spezifischen Maschinendaten .....	280
9.10.1.2	Kanal-spezifische Maschinendaten .....	281
9.10.1.3	Achs-/Spindel-spezifische Maschinendaten .....	282
9.10.2	Parameter Antrieb (SINAMICS S120) .....	282
9.10.3	Signale .....	282
9.10.3.1	Signale an Kanal .....	282
9.10.3.2	Signale von Kanal .....	283
<b>10</b>	<b>K3: Kompensationen .....</b>	<b>285</b>
10.1	Einführung .....	285
10.2	Temperaturkompensation .....	286
10.2.1	Funktion .....	286
10.2.2	Inbetriebnahme .....	289
10.2.3	Beispiel .....	290
10.2.3.1	Inbetriebnahme der Temperaturkompensation für die Z-Achse einer Drehmaschine .....	290
10.3	Losekompensation .....	293
10.3.1	Mechanische Losekompensation .....	293
10.3.1.1	Funktion .....	293
10.3.1.2	Inbetriebnahme: Achsspezifische Maschinendaten .....	294
10.3.2	Dynamische Losekompensation .....	296
10.3.2.1	Funktion .....	296
10.3.2.2	Inbetriebnahme: Achsspezifische Maschinendaten .....	297
10.3.3	Dual-Position-Feedback .....	297
10.3.3.1	Inbetriebnahme: Achsspezifische Maschinendaten .....	298
10.3.3.2	Randbedingungen .....	299
10.4	Nickkompensation .....	299


10.4.1	Funktionsbeschreibung .....	299
10.4.1.1	Optionen.....	299
10.4.1.2	Merkmale .....	299
10.4.1.3	Positionsabhängiger Nachgiebigkeitsfaktor .....	302
10.4.1.4	Kompensationsbeziehungen.....	303
10.4.2	Inbetriebnahme: Maschinendaten.....	304
10.4.2.1	Übersicht.....	304
10.4.2.2	Zeitkonstante zur Glättung der Nickkompensationswerte.....	305
10.4.2.3	Beschleunigende Achse.....	305
10.4.2.4	Adaptionsachse.....	306
10.4.2.5	Anzahl Positionen der Adaptionskennlinie.....	307
10.4.2.6	Positionen der Adaptionskennlinie .....	308
10.4.2.7	Nachgiebigkeitsfaktoren.....	309
10.4.2.8	Funktionsplan.....	311
10.5	Interpolatorische Kompensation.....	312
10.5.1	Allgemeine Eigenschaften.....	312
10.5.2	Spindelsteigungsfehler- und Messsystemfehlerkompensation .....	314
10.5.2.1	Funktionsbeschreibung .....	314
10.5.2.2	Inbetriebnahme .....	316
10.5.2.3	Beispiel.....	319
10.5.3	Durchhang- und Winkligkeitsfehlerkompensation .....	320
10.5.3.1	Allgemeine Informationen .....	320
10.5.3.2	Inbetriebnahme: Maschinendaten.....	322
10.5.3.3	Inbetriebnahme: Settingdaten .....	324
10.5.3.4	Inbetriebnahme: Systemvariable.....	324
10.5.3.5	Inbetriebnahme: Prinzipielle Vorgehensweise .....	328
10.5.3.6	Inbetriebnahme: Übersichtsgraphik .....	330
10.5.3.7	Beispiel 1: Durchhangkompensation.....	331
10.5.3.8	Beispiel 2: Kompensation mit Tabellenmultiplikation .....	332
10.5.3.9	Beispiel 3: 2-dimensionales Feld von Kompensationswerten .....	333
10.5.4	Erweiterung der Durchhangkompensation mit NCU-Link .....	339
10.5.4.1	Parametrierung allgemein .....	339
10.5.4.2	Parametrierung mit Kanalachsnamen.....	340
10.5.4.3	Parametrierung mit Maschinenachsnamen.....	340
10.5.4.4	Achscontainer .....	341
10.5.4.5	Konfigurationsbeispiel 1: NCU-Link mit starrer Kopplung.....	342
10.5.4.6	Konfigurationsbeispiel 2: NCU-Link mit Achscontainer.....	344
10.5.5	Richtungsabhängige Spindelsteigungsfehler-Kompensation.....	348
10.5.5.1	Funktionsbeschreibung .....	348
10.5.5.2	Inbetriebnahme .....	349
10.5.5.3	Beispiel.....	352
10.5.6	Zylinderfehlerkompensation .....	355
10.5.6.1	Optionen.....	355
10.5.6.2	Funktion .....	355
10.5.6.3	Inbetriebnahme .....	355
10.5.6.4	Beispiele.....	360
10.5.7	Randbedingungen.....	363
10.6	Dynamische Vorsteuerung (Schleppfehler-Kompensation) .....	365
10.6.1	Allgemeine Eigenschaften.....	365
10.6.2	Drehzahlvorsteuerung.....	367
10.6.3	Momentenvorsteuerung .....	368


10.6.4	Dynamikanpassung.....	370
10.6.5	Vorsteuerung bei Kommando- und PLC-Achsen .....	371
10.6.6	Randbedingungen .....	373
10.7	Reibkompensationen Überblick .....	373
10.8	Reibkompensation mit konstantem Kompensationswert .....	374
10.8.1	Funktionsbeschreibung .....	374
10.8.2	Inbetriebnahme .....	375
10.8.2.1	Kreisformtest .....	376
10.8.3	Randbedingungen .....	380
10.9	Reibkompensation mit adaptiver Kennlinie .....	380
10.9.1	Funktionsbeschreibung .....	380
10.9.2	Inbetriebnahme .....	381
10.9.3	Randbedingungen .....	383
10.10	Reibkompensation mit adaptiven Kennlinien .....	384
10.10.1	Funktionsbeschreibung .....	384
10.10.2	Inbetriebnahme .....	385
10.10.2.1	Aktivierung der Funktion .....	385
10.10.2.2	Inbetriebnahmefunktionen der Bedienoberfläche SINUMERIK Operate .....	386
10.10.2.3	Parametrierung der Beschleunigungen an den Kennlinienstützpunkten .....	388
10.10.2.4	Geschwindigkeitsaufschaltimpuls .....	390
10.10.2.5	Momentenaufschaltimpuls .....	392
10.11	Kompensationen bei hängenden Achsen .....	396
10.11.1	Elektronischer Gewichtsausgleich .....	396
10.11.2	Zusatzfunktion: Reboot-Verzögerung .....	397
10.12	Datenlisten .....	399
10.12.1	Maschinendaten .....	399
10.12.1.1	Allgemeine Maschinendaten .....	399
10.12.1.2	Kanal-spezifische Maschinendaten.....	400
10.12.1.3	Achs-/Spindel-spezifische Maschinendaten.....	400
10.12.2	Settingdaten .....	402
10.12.2.1	Allgemeine Settingdaten .....	402
10.12.2.2	Achs-/Spindel-spezifische Settingdaten.....	402
<b>A</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>403</b>
A.1	Liste der Abkürzungen .....	403
	<b>Index.....</b>	<b>413</b>



# Grundlegende Sicherheitshinweise

## 1.1 Allgemeine Sicherheitshinweise

 <b>WARNUNG</b>
<b>Lebensgefahr bei Nichtbeachtung von Sicherheitshinweisen und Restrisiken</b>
Bei Nichtbeachtung der Sicherheitshinweise und Restrisiken in der zugehörigen Hardware-Dokumentation können Unfälle mit schweren Verletzungen oder Tod auftreten.
<ul style="list-style-type: none"><li>• Halten Sie die Sicherheitshinweise der Hardware-Dokumentation ein.</li><li>• Berücksichtigen Sie bei der Risikobeurteilung die Restrisiken.</li></ul>

 <b>WARNUNG</b>
<b>Fehlfunktionen der Maschine infolge fehlerhafter oder veränderter Parametrierung</b>
Durch fehlerhafte oder veränderte Parametrierung können Fehlfunktionen an Maschinen auftreten, die zu Körperverletzungen oder Tod führen können.
<ul style="list-style-type: none"><li>• Schützen Sie die Parametrierung vor unbefugtem Zugriff.</li><li>• Beherrschen Sie mögliche Fehlfunktionen durch geeignete Maßnahmen, z. B. NOT-HALT oder NOT-AUS.</li></ul>

## 1.2 Gewährleistung und Haftung für Applikationsbeispiele

Applikationsbeispiele sind unverbindlich und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit hinsichtlich Konfiguration und Ausstattung sowie jeglicher Eventualitäten.

Applikationsbeispiele stellen keine kundenspezifischen Lösungen dar, sondern sollen lediglich Hilfestellung bieten bei typischen Aufgabenstellungen.

Als Anwender sind Sie für den sachgemäßen Betrieb der beschriebenen Produkte selbst verantwortlich. Applikationsbeispiele entheben Sie nicht der Verpflichtung zu sicherem Umgang bei Anwendung, Installation, Betrieb und Wartung.

## 1.3 Industrial Security

---

### Hinweis

#### Industrial Security

Siemens bietet Produkte und Lösungen mit Industrial Security-Funktionen an, die den sicheren Betrieb von Anlagen, Systemen, Maschinen und Netzwerken unterstützen.

Um Anlagen, Systeme, Maschinen und Netzwerke gegen Cyber-Bedrohungen zu sichern, ist es erforderlich, ein ganzheitliches Industrial Security-Konzept zu implementieren (und kontinuierlich aufrechtzuerhalten), das dem aktuellen Stand der Technik entspricht. Die Produkte und Lösungen von Siemens formen einen Bestandteil eines solchen Konzepts.

Die Kunden sind dafür verantwortlich, unbefugten Zugriff auf ihre Anlagen, Systeme, Maschinen und Netzwerke zu verhindern. Diese Systeme, Maschinen und Komponenten sollten nur mit dem Unternehmensnetzwerk oder dem Internet verbunden werden, wenn und soweit dies notwendig ist und nur wenn entsprechende Schutzmaßnahmen (z. B. Nutzung von Firewalls und/oder Netzwerksegmentierung) ergriffen wurden.

Weiterführende Informationen zu möglichen Schutzmaßnahmen im Bereich Industrial Security finden Sie unter:

Industrial Security (<https://www.siemens.com/industrialsecurity>)

Die Produkte und Lösungen von Siemens werden ständig weiterentwickelt, um sie noch sicherer zu machen. Siemens empfiehlt ausdrücklich, Produkt-Updates anzuwenden, sobald sie zur Verfügung stehen und immer nur die aktuellen Produktversionen zu verwenden. Die Verwendung veralteter oder nicht mehr unterstützter Versionen kann das Risiko von Cyber-Bedrohungen erhöhen.

Um stets über Produkt-Updates informiert zu sein, abonnieren Sie den Siemens Industrial Security RSS Feed unter:

Industrial Security (<https://www.siemens.com/industrialsecurity>)

---

Weitere Informationen finden Sie im Internet:

Projektierungshandbuch Industrial Security (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/108862708>)

**WARNUNG****Unsichere Betriebszustände durch Manipulation der Software**

Manipulationen der Software, z. B. Viren, Trojaner oder Würmer, können unsichere Betriebszustände in Ihrer Anlage verursachen, die zu Tod, schwerer Körperverletzung und zu Sachschäden führen können.

- Halten Sie die Software aktuell.
- Integrieren Sie die Automatisierungs- und Antriebskomponenten in ein ganzheitliches Industrial Security-Konzept der Anlage oder Maschine nach dem aktuellen Stand der Technik.
- Berücksichtigen Sie bei Ihrem ganzheitlichen Industrial Security-Konzept alle eingesetzten Produkte.
- Schützen Sie die Dateien in Wechselspeichermedien vor Schadsoftware durch entsprechende Schutzmaßnahmen, z. B. Virens Scanner.
- Prüfen Sie beim Abschluss der Inbetriebnahme alle security-relevanten Einstellungen.
- Schützen Sie den Antrieb vor unberechtigten Änderungen, indem Sie die Umrichterfunktion "Know-How-Schutz" aktivieren.



## K8: Geometrische Maschinenmodellierung

### 2.1 Funktionsbeschreibung

#### 2.1.1 Merkmale

Im vorliegenden Kapitel wird beschrieben, wie für NC-Funktionen wie z. B. die "Kollisionsvermeidung" die Geometrie von Maschinenteilen über Schutzbereiche abgebildet und in der Steuerung über Systemvariable parametrisiert wird.

Die Systemvariablen werden in der NC remanent gespeichert und können über SINUMERIK Operate mittels Inbetriebnahme-archiv als "NC-Daten" archiviert bzw. eingelesen werden.

Durch Zuordnung eines Schutzbereichs zu einem Element der im vorhergehenden Kapitel beschriebenen kinematischen Kette wird die Lage und Bewegung des Maschinenteils innerhalb des Maschinenraums eindeutig beschrieben.

---

#### Hinweis

##### Grafischer Editor

Die Maschinenmodellierung kann, alternativ zum Schreiben der Systemvariablen in einem Teileprogramm, über die Bedienoberfläche SINUMERIK Operate erfolgen:

Bedienbereich: "Inbetriebnahme" > "NC" > "Maschinenmodell"

##### Änderungen am Maschinenmodell

Direkt an den Systemvariablen vorgenommene Änderungen am Maschinenmodell werden erst nach einer expliziten Anforderung zum Neuberechnen des Maschinenmodells durch Aufruf der Funktion PROTA() (Seite 92) bzw. PROTS() (Seite 93) an der Bedienoberfläche sichtbar.

Über die Bedienoberfläche vorgenommene Änderungen am Maschinenmodell werden sofort in die Systemvariablen der NC übernommen. Die Änderungen werden aber erst nach einer expliziten Anforderung zum Neuberechnen des Maschinenmodells durch Aufruf der Funktion PROTA() (Seite 92) bzw. PROTS() (Seite 93) aktiv.

---

#### Schutzbereich

Das zentrale Element der geometrischen Maschinenmodellierung sind die Schutzbereiche. Durch einen Schutzbereich werden die geometrischen Abmessungen eines Maschinenteils, sein Bezug zur kinematischen Kette, sowie weitere allgemeine Eigenschaften beschrieben.

Ein Schutzbereich hat folgende Parameter:

- Name des Schutzbereichs
- Name des kinematischen Elements, dem der Schutzbereich zugeordnet ist
- Typ des Schutzbereichs
- Name des ersten Schutzbereichselements

- Farbe und Transparenz des Schutzbereichs
- Detaillierungsgrad des Schutzbereichs
- Nummer des NC/PLC-Nahtstellenbits des Schutzbereichs
- Initialisierungsstatus des Schutzbereichs
- Adresse der Geometriedaten des zu schützenden Maschinenelements  
(nur relevant bei automatischen Schutzbereichen)

Jeder Parameter wird durch eine Systemvariable abgebildet. Die einzelnen Parameter bzw. Systemvariablen sind im Kapitel "Systemvariablen: Schutzbereiche (Seite 31)" ausführlich beschrieben.

### **Kinematische Kette**

Um die Lage und Bewegung eines Maschinenteils abzubilden, wird der entsprechende Schutzbereich einem Element der kinematischen Kette zugeordnet. Die Geometriedaten des Schutzbereichs beziehen sich dann auf das lokale Koordinatensystem dieses kinematischen Elements.

### **Typ des Schutzbereichs**

Es gibt folgende Typen von Schutzbereichen:

- Maschinenschutzbereiche (Typ: "MACHINE")  
Maschinenschutzbereiche dienen der allgemeinen Maschinenmodellierung. Über sie werden feststehende und bewegliche Maschinenteile abgebildet, deren Geometrie einmalig bei der Inbetriebnahme definiert wird und sich im Betrieb der Maschine nicht mehr verändert.
- Automatische Werkzeugschutzbereiche (Typ: "TOOL")  
Automatische Werkzeugschutzbereiche dienen der Abbildung von Werkzeugen. Die Geometrie des Werkzeugs wird dabei nicht direkt angegeben, sondern bei Aktivieren des Werkzeugs von der Steuerung automatisch erzeugt.  
Siehe Kapitel "Automatische Werkzeugschutzbereiche (Seite 24)".

### **Schutzbereichselement**

Mit einem Schutzbereichselement wird das verwendete geometrische Element in seinen geometrischen und allgemeinen Eigenschaften beschrieben.

Ein Schutzbereichselement hat folgende Parameter:

- Name des Schutzbereichselements
- Name des nachfolgenden Schutzbereichselements
- Name des nachfolgenden, zu \$NP\_NEXT parallelen Schutzbereichselements
- Farbe und Transparenz des Schutzbereichselements
- Detaillierungsgrad des Schutzbereichselements
- Verwendungsart des Schutzbereichselements
- Typ des Schutzbereichselements

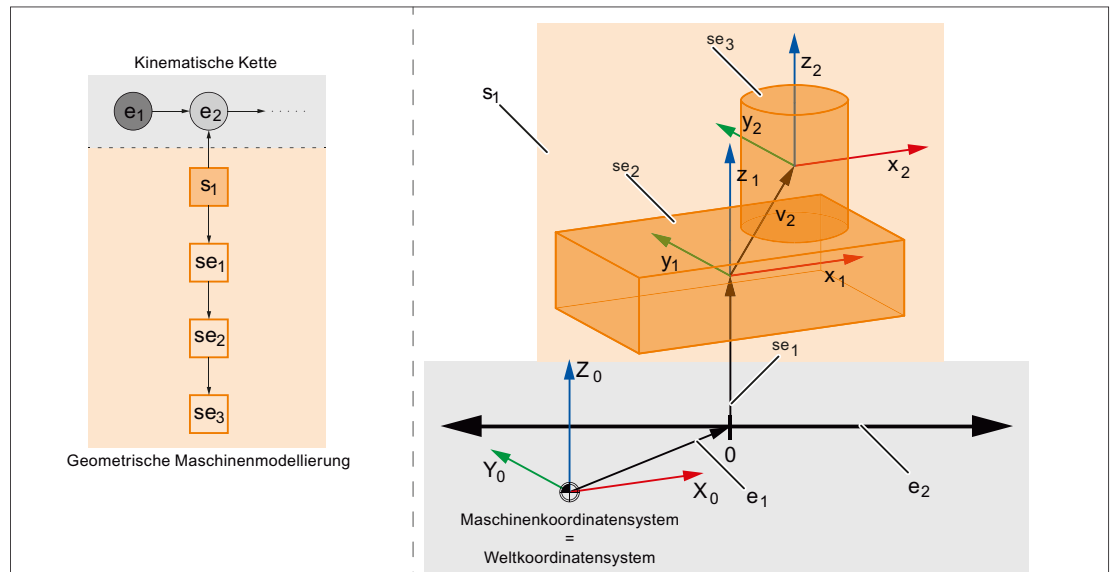
- Dateiname der STL-Datei, welche die Geometriedaten des Schutzbereichselements enthält  
(nur relevant bei Typ "FILE")
- Geometrische Parameter des Schutzbereichskörpers  
(nur relevant bei Typ "BOX", "SPHERE" oder "CYLINDER")
- Verschiebungsvektor des lokalen Koordinatensystems des Schutzbereichselements
- Richtungsvektor für die Drehung des lokalen Koordinatensystems des Schutzbereichselements
- Winkel für die Drehung des lokalen Koordinatensystems des Schutzbereichselements

Jeder Parameter wird durch eine Systemvariable abgebildet. Die einzelnen Parameter bzw. Systemvariablen sind ausführlich beschrieben in:

- Kapitel "Systemvariablen: Schutzbereichselemente für Maschinenschutzbereiche (Seite 43)"
- Kapitel "Systemvariablen: Schutzbereichselemente für automatische Werkzeugenschutzbereiche (Seite 65)"

### Schutzbereich, Schutzbereichselemente und kinematische Kette

Das nachfolgende Bild zeigt anhand eines beispielhaften Schutzbereichs mit zwei Schutzbereichselementen den Zusammenhang eines Schutzbereichs, seiner Schutzbereichselemente und der Zuordnung zu einem Element der kinematischen Kette.



- $e_1$  Kinematisches Element 1, Typ "OFFSET", konstante Verschiebung
- $e_2$  Kinematisches Element 2, Typ "AXIS\_LIN", Maschinenachse AX1
- $s_1$  Schutzbereich
- $se_1$  Schutzbereichselement 1, Typ "FRAME", Verschiebung
- $se_2$  Schutzbereichselement 2, Typ "BOX"
- $se_3$  Schutzbereichselement 3, Typ "CYLINDER"

Bild 2-1 Schutzbereich, Schutzbereichselemente und kinematische Kette

### 2.1.2 Automatische Werkzeugschutzbereiche

Im Gegensatz zu Maschinenschutzbereichen, deren Geometrie einmal während der Maschinenmodellierung definiert wird und sich dann nicht mehr verändert, kann sich die Geometrie eines Werkzeugschutzbereichs mit jedem Werkzeugwechsel ändern. Daher wird bei der Erstellung des Maschinenmodells die Geometrie eines automatischen Werkzeugschutzbereichs nicht direkt beschrieben, sondern die Adresse (Magazinnummer, Magazinplatz, etc.) angegeben, unter der die Werkzeugdaten abgelegt sind. Von der Steuerung werden dann automatisch folgende Aktionen ausgeführt:

1. Die Werkzeugmodellierung (siehe unten Absatz "Werkzeugmodellierung") erzeugt eine STL-Datei .
2. Ein Schutzbereichselement vom Typ "FILE" wird erzeugt und die STL-Datei zugeordnet.
3. Dem Schutzbereich (Typ "TOOL") wird das Schutzbereichselement zugeordnet.

#### **Werkzeugdefinition unabhängig von der Einbaulage des Werkzeugs**

Im Normalfall bleibt bei der Definition eines Werkzeugschutzbereichs der Parameter "\$NP\_1ST\_PROT (Seite 35)" leer. Der Name des Schutzbereichselements wird erst bei Aktivierung des Werkzeugs von der Steuerung eingetragen (siehe oben).

Damit eine Werkzeugdefinition unabhängig von der Einbaulage des Werkzeugs erfolgen kann, kann über den Parameter "\$NP\_1ST\_PROT" ein Schutzbereichselement vom Typ "FRAME (Seite 51)" (Transformationselement) zugeordnet werden. Über dieses zusätzliche Element können die Transformationen zum Ausrichten des Werkzeugs vorgenommen werden. Bei Aktivierung eines Werkzeugs wird von der Steuerung der Name des internen Schutzbereichselements in den Parameter "\$NP\_NEXT (Seite 45)" des Transformationselements eingetragen.

Folgende Regeln sind einzuhalten:

- Das Transformationselement darf nur vom Typ "FRAME" sein.
- Pro Werkzeugschutzbereich darf nur ein Transformationselement verwendet werden.
- Der Parameter "\$NP\_NEXTP" des Transformationselements wird nicht ausgewertet.

#### **Werkzeugbezugspunkt**

Die Lage des Werkzeugbezugspunkts im Maschinenmodell wird durch das kinematische Element, dem der Werkzeugschutzbereich zugeordnet ist, festgelegt. Zusätzlich kann der Werkzeugbezugspunkt innerhalb des Werkzeugschutzbereichs durch ein optionales Transformationselement verschoben werden.



### Kinematische Transformationen

Bei der Definition einer kinematischen Transformation darf der Werkzeugbezugspunkt nur über die kinematische Kette festgelegt werden. Verschiebungen durch das Transformationselement des Werkzeugschutzbereichs werden nicht berücksichtigt.

<b>ACHTUNG</b>
<b>Festlegung des Werkzeugbezugspunkts bei kinematischen Transformationen</b>
Verschiebungen des Werkzeugbezugspunktes durch das Transformationselement des Werkzeugschutzbereichs werden von kinematischen Transformationen nicht berücksichtigt.

### Werkzeugmodellierung

Das Modell eines Werkzeugs wird von der Steuerung heuristisch aus den Werkzeugdaten erstellt. Die dazu verwendeten Werkzeugdaten (L1, L2, L3, R), sind dabei immer die resultierenden Gesamtabmessungen der einzelnen Komponenten, z.B. Länge plus Verschleiß, wie sie auch zur Werkzeugkorrektur in der Programmbearbeitung eingehen.

#### Programmierbare Werkzeugkorrekturen

Programmierbare Werkzeugkorrekturen wie z.B. `OFFEN` (Aufmaß zur programmierten Kontur) werden nicht berücksichtigt, da sie sich in jedem Satz, auch ohne Werkzeugwechsel, ändern können.

### Werkzeugtypabhängige Modellbildung

Bei der Modellbildung wird zwischen folgenden Werkzeugtypen unterschieden:

- Fräswerkzeuge und alle anderen Werkzeuge, die weder Dreh- noch Schleifwerkzeuge sind
  - Modellierung  
Das Werkzeug wird durch einen Zylinder mit der Höhe L1 und dem Radius R modelliert. Bei negativer Länge L1 wird für die Zylinderhöhe der Betrag von L1 verwendet. Das Vorzeichen von L1 wird bei der Positionierung des Zylinders im Maschinenmodell berücksichtigt. Die Zylinderachse liegt parallel zu L1.  
Werkzeugtyp 110 (Kugelkopffräser) und 111 (Stirnfräser) werden mittels Halbkugel bzw. Kugelsegmenten modelliert.  
Bei negativem Radius wird der Betrag des Radius verwendet. Bei einem Wert für den Radius kleiner 1/3 mm, wird ein Radius von 1/3 mm verwendet.
  - Positionierung  
Die Positionierung des Zylinders im Maschinenmodell erfolgt anhand der Werkzeuglängenkomponten L2 und L3.  
Bei Fräswerkzeugen (Werkzeugtyp 100 ... 199) und Bohrwerkzeugen (Werkzeugtyp 200 ... 299) an Drehmaschinen erfolgt die Positionierung des Zylinders anhand der Schneidenlage.  
Voraussetzung: Schneidenlage == 5 ... 8
- Schleifwerkzeuge
  - Modellierung  
Schleifwerkzeuge (Schleifscheibe, Werkzeugtyp 400 ... 499) werden durch einen Zylinder mit der Werkzeuglänge als Radius und dem doppelten Werkzeugradius als Höhe modelliert.
  - Positionierung  
Die Positionierung des Zylinders im Maschinenmodell erfolgt anhand der Werkzeuglängen L1, L2 und L3.
- Drehwerkzeuge  
Bei Drehwerkzeuge werden im Maschinenmodell nur die Schneidplatten berücksichtigt, nicht aber deren Verbindung zum Werkzeugbezugspunkt.  
Bei der Modellierung einer Schneidplatte werden folgende Daten berücksichtigt:
  - Werkzeugtyp
  - Schneidenlage
  - Schneidenradius
  - Freiwinkel
  - Halterwinkel
  - Plattenlänge
  - Plattenbreite
  - Plattendicke (Annahme: Plattendicke = 10% Plattenlänge)

### Werkzeugmodell

Ein Werkzeug wird standardmäßig mit einer Genauigkeit von einem Drittel der Kollisionstoleranz (Seite 82) modelliert. Die Geometriedaten des modellierten Werkzeugs werden in einer internen Datei im STL-Format abgelegt:

- Verzeichnis: `_N_PROT3D_DIR/_N_TOOL_DIR`
- Bezeichnung: Namen des zugehörigen Schutzbereichs mit Präfix `_N_` und Endung `_STL`

Das Koordinatensystem der Geometriedaten hat sein Ursprung immer in dem Punkt, von dem aus die Werkzeuglängenkorrekturen zur Werkzeugspitze hin zeigen.

### Systemvariable

Alle Parameter eines automatischen Werkzeugschutzbereichs können über Systemvariable (Seite 43) gelesen werden.

## 2.2 Inbetriebnahme

### 2.2.1 Allgemein

#### 2.2.1.1 Übersicht

Die Inbetriebnahme der Funktion "Kollisionsvermeidung" erfolgt mittels:

- Maschinendaten
  - Vorgaben zum Mengengerüst von Schutzbereichen, Schutzbereichselementen, NC/PLC-Nahstellensignalen, Dreiecken zur Geometriemodellierung
  - Erzeugungsmodus des Maschinenmodells
  - Erzeugungsmodus für automatische Werkzeugschutzbereiche
- Systemvariablen
  - Parametrierung der Schutzbereiche
  - Parametrierung der Schutzbereichselemente eines Schutzbereichs

#### 2.2.1.2 Aufbau der Systemvariablen

Die Systemvariablen sind nach folgendem Schema aufgebaut:

- `$NP_<Name>[<Index_1>]`
- `$NP_<Name>[<Index_1>, <Index_2>]`

## Allgemein

Die Systemvariablen zur Beschreibung von Schutzbereichen bzw. Schutzbereichselemente haben folgende Eigenschaften:

- Präfix: **\$NP\_**, (N für NC, P für Protection).
- Sie sind über NC-Programme les- und schreibbar.
- Sie können über Archive gesichert und wieder in die NC eingelesen werden.

## Datentyp

### STRING

Alle Systemvariablen vom Datentyp STRING haben folgende Eigenschaften:

- Maximale String-Länge: 31 Zeichen
- Es wird keine Unterscheidung zwischen Groß- und Kleinschreibung gemacht  
Beispiel: "Achse1" identisch mit "ACHSE1"
- Leer- und Sonderzeichen sind zulässig  
Beispiel: "Achse1" nicht identisch mit " Achse 1"
- Namen, die mit **zwei** Unterstrichen "\_\_" **beginnen**, sind für Systemzwecke reserviert und dürfen **nicht** für anwenderdefinierte Namen verwendet werden.

---

### Hinweis

#### Führendes Leerzeichen

Da Leerzeichen gültige und der Unterscheidung dienende Zeichen sind, dürfen Namen, die mit einem **Leerzeichen**, gefolgt von **zwei** Unterstrichen "\_\_" **beginnen**, prinzipiell für anwenderdefinierte Namen verwendet werden. Aufgrund der Verwechslungsgefahr mit Systemnamen wird dieses Vorgehen **nicht** empfohlen.

---

## Index\_1

### Systemvariablen für Schutzbereiche

Über Index\_1 werden die einzelnen Schutzbereiche adressiert. Index 0 → 1. Schutzbereich, Index 1 → 2. Schutzbereich, ... m → (m+1) Schutzbereich, mit m = (\$MN\_MM\_MAXNUM\_3D\_PROT\_AREAS - 1)

Alle Systemvariablen eines Schutzbereichs haben den gleichen Index.

### Systemvariablen für Schutzbereichselemente

Über Index\_1 werden die einzelnen Schutzbereichselemente adressiert. Index 0 → 1. Schutzbereichselement, Index 1 → 2. Schutzbereichselement, ... n → (n+1)tes Schutzbereichselement, mit n = (\$MN\_MM\_MAXNUM\_3D\_PROT\_AREA\_ELEM - 1)

Alle Systemvariablen eines Schutzbereichselementes haben den gleichen Index.

## Index\_2

Index\_2 hat, abhängig von der jeweiligen Systemvariablen, unterschiedliche Bedeutungen.

### 2.2.1.3 Farbtafel

Die nachfolgende Farbtafel bietet ein Überblick über die RGB-Farbwerte und die dazugehörige Farbe. Ein RGB-Farbwert besteht aus 3 Bytes. Ein Byte pro Farbe:

3. Byte	2. Byte	1. Byte
Farbwert für Rot	Farbwert für Grün	Farbwert für Blau
0 - 255 <sub>D</sub> bzw. 0 - FF <sub>H</sub>	0 - 255 <sub>D</sub> bzw. 0 - FF <sub>H</sub>	0 - 255 <sub>D</sub> bzw. 0 - FF <sub>H</sub>



## 2.2.2 Maschinendaten

### 2.2.2.1 Maximale Anzahl von Schutzbereichen

Mit dem Maschinendatum wird die maximale Anzahl über alle Typen von parametrierbaren Schutzbereichen (Seite 34) festgelegt.

MD18890 \$MN\_MM\_MAXNUM\_3D\_PROT\_AREAS = <Anzahl>

### 2.2.2.2 Maximale Anzahl von Schutzbereichselementen für Maschinenschutzbereiche

Mit dem Maschinendatum wird die maximale Anzahl parametrierbarer Schutzbereichselemente für Maschinenschutzbereiche (\$NP\_PROT\_TYPE == "MACHINE" (Seite 34)) festgelegt.

MD18892 \$MN\_MM\_MAXNUM\_3D\_PROT\_AREA\_ELEM = <Anzahl>

### 2.2.2.3 Maximale Anzahl von Schutzbereichselementen für automatische Werkzeugschutzbereiche

Mit dem Maschinendatum wird die maximale Anzahl von Schutzbereichselementen für automatische Werkzeugschutzbereiche festgelegt. Da pro automatischem Werkzeugschutzbereich von der Steuerung immer genau ein Schutzbereichselement erzeugt wird, wird über den hier parametrisierte Wert gleichzeitig auch die maximal möglichen Anzahl von parametrierbaren automatischen Werkzeugschutzbereichen (\$NP\_PROT\_TYPE == "TOOL" (Seite 34)) festgelegt.

MD18893 \$MN\_MM\_MAXNUM\_3D\_T\_PROT\_ELEM = <Anzahl>

### 2.2.2.4 Maximale Anzahl von NC/PLC-Nahtstellensignalen zur Voraktivierung von Schutzbereichen

Mit dem Maschinendatum wird der Steuerung die Anzahl der tatsächlich verwendeten NC/PLC-Nahtstellensignale der Schnittstelle DB10, DBX234.0 - DBX241.7 (Kollisionsvermeidung: Schutzbereich aktivieren) mitgeteilt. Die Anzahl der verwendeten Nahtstellensignale erhöht den Speicherplatzbedarf pro Teileprogrammsatz. Die Zählung der Anzahl verwendeter NC/PLC-Nahtstellensignale beginnt bei DB10, DBX234.0

MD18897 \$MN\_MM\_MAXNUM\_3D\_INTERFACE\_IN = <Anzahl>

#### Weitere Informationen:

Eine ausführliche Beschreibung der Nahtstellensignale findet sich im Funktionshandbuch PLC.

### 2.2.2.5 Maximale Anzahl von Dreiecken für Maschinenschutzbereiche

Mit dem Maschinendatum wird die maximal von der Steuerung zur Verfügung zu stellende Anzahl von Dreiecken für Schutzbereichskörper (\$NP\_TYPE == "FILE" (Seite 51)) von Maschinenschutzbereichen (\$NP\_PROT\_TYPE == "MACHINE" (Seite 34)) festgelegt.

MD18895 \$MN\_MM\_MAXNUM\_3D\_FACETS = <Anzahl>

### 2.2.2.6 Maximale Anzahl von Dreiecken für automatisch Werkzeugschutzbereiche

Mit dem Maschinendatum wird die maximal von der Steuerung zur Verfügung zu stellende Anzahl von Dreiecken für Schutzbereichskörper von automatischen Werkzeugschutzbereichen festgelegt.

MD18894 \$MN\_MM\_MAXNUM\_3D\_FACETS\_INTERN = <Anzahl>

Die Schutzbereichskörper werden von der Steuerung automatisch anhand der Geometriedaten des zum Erzeugungszeitpunkts aktiven Werkzeugs modelliert. Der Dreiecksbedarf ist dabei umso größer:

- je höher die geometrische Komplexität des Werkzeugs ist.
- je kleiner die parametrisierte Kollisionstoleranz ist.

---

#### Hinweis

##### Schutzbereichskörper und Kollisionstoleranz

Die Schutzbereichskörper von automatischen Werkzeugschutzbereichen werden von der Steuerung standardmäßig mit einer Genauigkeit von 1/3 der Kollisionstoleranz (Seite 82) erzeugt.

---

### 2.2.2.7 Erzeugungsmodus für automatische Werkzeugschutzbereiche

Mit dem Maschinendatum wird festgelegt, wie die Steuerung Schutzbereichskörper von automatischen Werkzeugschutzbereichen erzeugt.

MD18899 \$MN\_PROT\_AREA\_TOOL\_MASK = <Mode>

<Mode>		
Bit	Wert	Bedeutung
0	0	Heuristische Modellbildung nicht anwenden
	1	Heuristische Modellbildung mittels Werkzeugdaten

## 2.2.3 Systemvariablen: Schutzbereiche

### 2.2.3.1 Übersicht

Mit folgenden Systemvariablen wird ein Schutzbereich parametrisiert:

Name	Bedeutung
\$NP_PROT_NAME	Name des Schutzbereichs
\$NP_CHAIN_ELEM	Name des kinematischen Elements, dem der Schutzbereich zugeordnet ist
\$NP_PROT_TYPE	Typ des Schutzbereichs
\$NP_1ST_PROT	Name des ersten Schutzbereichselements
\$NP_PROT_COLOR	Farbe und Transparenz des Schutzbereichs.

Name	Bedeutung
\$NP_PROT_D_LEVEL	Detaillierungsgrad des Schutzbereichs
\$NP_BIT_NO	Nummer des NC/PLC–Nahtstellenbits des Schutzbereichs
\$NP_INIT_STAT	Initialisierungsstatus des Schutzbereichs
\$NP_INDEX	Adresse der Geometriedaten des zu schützenden Maschinenelements (nur relevant bei automatischen Schutzbereichen)

Die Systemvariablen sind in den nachfolgenden Kapiteln ausführlich beschrieben.

**Hinweis**

**Definierten Ausgangszustand herstellen**

Es wird empfohlen, vor Parametrierung der Schutzbereiche einen definierten Ausgangszustand zu erzeugen. Dazu sind die Systemvariablen der Schutzbereiche mit der Funktion DELOBJ() auf ihren Default-Wert zu setzen.

**Ändern von Systemvariablenwerten**

Wird der Wert einer der oben aufgeführten Systemvariablen geändert, wird die Änderung auf der Bedienoberfläche, z.B. SINUMERIK Operate, sofort sichtbar. Das Maschinenmodell der NC wird aber erst nach einer expliziten Anforderung zum Neuberechnen des Maschinenmodells durch Aufruf der Funktion PROTA() (Seite 92) bzw. PROTS() (Seite 93) aktualisiert.

**2.2.3.2 \$NP\_PROT\_NAME**

**Funktion**

In die Systemvariable ist der NC-weit eindeutige Name des Schutzbereichs einzutragen. Über diesen Namen wird der Schutzbereich, z.B. von einem Schutzbereichselement, referenziert. Der Name wird auch im grafischen Editor von SINUMERIK Operate angezeigt.

**Syntax**

\$NP\_PROT\_NAME [<m>] = "<Name>"

**Bedeutung**

\$NP_PROT_NAME:	Name des Schutzbereichs	
	Datentyp:	STRING
	Defaultwert:	"" (Leerstring)
<m>:	Systemvariablen- bzw. Schutzbereichsindex	
	Datentyp:	INT
	Wertebereich:	0, 1, 2, ... (\$MN_MM_3D_MAXNUM_PROT_AREAS - 1)
<Name>:	Name des Schutzbereichs	
	Datentyp:	STRING



## Beispiel

Dem 6. Schutzbereich wird der Name "Spindel" zugewiesen:

Programmcode	Kommentar
N100 \$NP_PROT_NAME[5] = "Spindel"	; 6. Schutzbereich, ; Name = "Spindel"

### 2.2.3.3 \$NP\_CHAIN\_ELEM

#### Funktion

In die Systemvariable ist der Name des kinematischen Elements einzutragen, mit dem der Schutzbereich verbunden wird.

#### Hinweis

##### Bezugskordinatensystem

Die Geometriedaten des Schutzbereichs, ausgehend vom ersten Schutzbereichselement (\$NP\_1ST\_PROT (Seite 35)), beziehen sich auf das lokale Koordinatensystem des kinematischen Elements, mit dem der Schutzbereich verbunden wird.

#### Syntax

```
$NP_CHAIN_ELEM[<m>] = "<Name>"
```

#### Bedeutung

\$NP_CHAIN_ELEM:	Name des kinematischen Elements, mit dem der Schutzbereich verbunden wird	
	Datentyp:	STRING
	Defaultwert:	"" (Leerstring)
<m>:	Systemvariablen- bzw. Schutzbereichsindex	
	Datentyp:	INT
	Wertebereich:	0, 1, 2, ... (\$MN_MM_3D_MAXNUM_PROT_AREAS - 1)
<Name>:	Name des kinematischen Elements	
	Datentyp:	STRING
	Wertebereich:	In \$NK_NAME parametrisierte Namen, siehe Funktionshandbuch "Grundfunktionen", Kapitel "Kinematische Kette".

**Beispiel**

Der 6. Schutzbereich wird mit dem kinematischen Element mit dem Namen "Z-Achse" verbunden:

Programmcode	Kommentar
N100 \$NP_CHAIN_ELEM[5] = "Z-Achse"	; 6. Schutzbereich, ; Name des kin. Elements: "Z-Achse"

**2.2.3.4 \$NP\_PROT\_TYPE**

**Funktion**

In die Systemvariable ist der Typ des Schutzbereichs einzutragen:

- Maschinen-Schutzbereich: "MACHINE"  
Der Schutzbereichskörper wird durch ein oder mehrere Schutzbereichselemente definiert. \$NP\_1ST\_PROT (Seite 35) verweist auf das erste Schutzbereichselement.
- Automatischer Werkzeug-Schutzbereich: "TOOL"  
Die Steuerung berechnet die Abmessungen des Schutzbereichskörpers aus den Werkzeugdaten. \$NP\_INDEX (Seite 41) verweist auf das Werkzeug.
- Spannmittel-Schutzbereich: "FIXTURE"
- Werkstück-Schutzbereich: "WORKPIECE"

**Syntax**

\$NP\_PROT\_TYPE [<m>] = "<Type>"

**Bedeutung**

\$NP_PROT_TYPE:	Typ des Schutzbereichs	
	Datentyp:	STRING
	Wertebereich:	"MACHINE", "TOOL", "FIXTURE", "WORKPIECE"
	Defaultwert:	"" (Leerstring)
<m>:	Systemvariablen- bzw. Schutzbereichsindex	
	Datentyp:	INT
	Wertebereich:	0, 1, 2, ... (\$MN_MM_3D_MAXNUM_PROT_AREAS - 1)
<Type>:	Typ	
	Datentyp:	STRING

## Beispiel

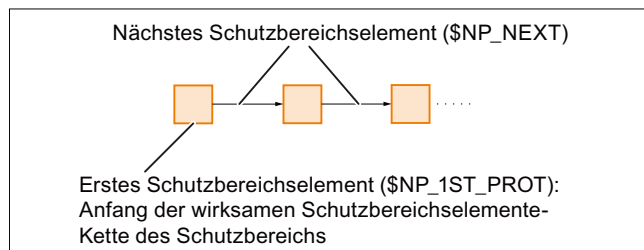
Der 6. Schutzbereich ist ein Maschinenschutzbereich:

Programmcode	Kommentar
N100 \$NP_PROT_TYPE[5] = "MACHINE"	; 6. Schutzbereich, ; Typ = "MACHINE"

### 2.2.3.5 \$NP\_1ST\_PROT

## Funktion

In die Systemvariable ist der Name des ersten Schutzbereichselements (Seite 44) des Schutzbereichs einzutragen.



## Syntax

```
$NP_1ST_PROT [<m>] = "<Name>"
```

## Bedeutung

\$NP_1ST_PROT:	Name des ersten Schutzbereichselements des Schutzbereichs	
	Datentyp:	STRING
	Wertebereich:	In \$NP_NAME (Seite 44) parametrisierte Namen
	Defaultwert:	"" (Leerstring)
<m>:	Systemvariablen- bzw. Schutzbereichsindex	
	Datentyp:	INT
	Wertebereich:	0, 1, 2, ... (\$MN_MM_3D_MAXNUM_PROT_AREAS - 1)
<Name>:	Schutzbereichsname	
	Datentyp:	STRING

### Automatische Werkzeugschutzbereiche, \$NP\_PROT\_TYPE == "TOOL"

Bei automatischen Werkzeugschutzbereichen sind für \$NP\_1ST\_PROT nur folgende Werte zulässig:

- "" (Leerstring)
- Name eines Schutzbereichselements vom Typ "FRAME"

**Verhalten bei Wert == "" (Leerstring)**

Bei der Aktivierung des zugehörigen Werkzeugs, wird für das Werkzeug von der Steuerung ein Schutzbereichselement mit einem eindeutigen internen Namen und einem aus den Geometriedaten des Werkzeugs generierten Schutzbereichskörper erzeugt. Der Name wird der Systemvariablen \$NP\_1ST\_PROT zugewiesen.

- Schutzbereich "TOOL" : \$NP\_1ST\_PROT = "<interner Name>"

Die Koordinaten des Werkzeugschutzbereichs beziehen sich auf das lokale Koordinatensystem des kinematischen Elements dem er zugeordnet ist.

**Verhalten bei Wert == Name eines Schutzbereichselements vom Typ "FRAME"**

Bei der Aktivierung des zugehörigen Werkzeugs, wird für das Werkzeug von der Steuerung ein Schutzbereichselement mit einem eindeutigen internen Namen und einem aus den Geometriedaten des Werkzeugs generierten Schutzbereichskörper erzeugt. Der Name wird der Systemvariablen \$NP\_NEXT des Schutzbereichselements vom Typ "FRAME" zugewiesen, auf das \$NP\_1ST\_PROT verweist.

- Schutzbereich "TOOL" : \$NP\_1ST\_PROT = "WKZ\_Frame" →
  - Schutzbereichselement "WKZ\_Frame" : \$NP\_NEXT = "<interner Name>"

Die Koordinaten des Werkzeugschutzbereichs beziehen sich auf das lokale Koordinatensystem des Schutzbereichselement vom Typ "FRAME".

Anwendungsmöglichkeit: Werkzeugdefinition unabhängig von der Einbaulage an der Maschine.

**Beispiel**

Das 1. Schutzbereichselement, aus dem sich der 6. Schutzbereich zusammensetzt, hat den Namen "Spindelkasten":

Programmcode	Kommentar
N100 \$NP_1ST_PROT[5] = "Spindelkasten"	; 6. Schutzbereich, ; 1. Schutzbereichselement = "Spindelkasten"

**2.2.3.6 \$NP\_PROT\_COLOR**

**Funktion**

In die Systemvariable ist der Schutzbereichs-spezifische Wert für Alpha/Transparenz- und Farbe (ARGB) einzutragen. Dieser Wert wird für die Darstellung des Schutzbereichs bzw. der Schutzbereichselemente auf der Bedienoberfläche verwendet. Ist für ein Schutzbereichselement in \$NP\_COLOR (Seite 47) ein eigener Wert eingetragen, wird dieser für die Darstellung des Schutzbereichselements verwendet.

**Aufbau**

Alpha/Transparenz- und Farbwert werden als Doppelwort im Hex-Format angegeben:

**AARRGGBB<sub>H</sub>**

- 1. - 3. Byte: RGB-Farbwert. Siehe Kapitel "Farbtafel (Seite 29)".
- 4. Byte: Alpha-Kanal- bzw. Transparenzwert

	Byte	Bedeutung	Wertebereich
BB	1	Blau	0 - 255 <sub>D</sub> bzw. 0 - FF <sub>H</sub>
GG	2	Grün	
RR	3	Rot	
AA	4	Alpha-Kanal bzw. Transparenz <sup>1)</sup>	
1) 0 = transparent bzw. nicht sichtbar, 255 <sub>D</sub> = FF <sub>H</sub> = nicht transparent bzw. massiv			

**Syntax**

\$NP\_PROT\_COLOR[<m>] = <Wert>

**Bedeutung**

\$NP_PROT_COLOR:	Alpha/Transparenz- und Farbwert des Schutzbereichs	
	Datentyp:	DWORD
	Wertebereich:	00000000 <sub>H</sub> - FFFFFFFF <sub>H</sub>
	Defaultwert:	00000000 <sub>H</sub> (Schwarz, nicht sichtbar)
<m>:	Systemvariablen- bzw. Schutzbereichsindex	
	Datentyp:	INT
	Wertebereich:	0, 1, 2, ... (\$MN_MM_3D_MAXNUM_PROT_AREAS - 1)
<Wert>:	Transparenz- und Farbwert	
	Datentyp:	DWORD

**Beispiel**

Der 6. Schutzbereich soll an der Bedienoberfläche halbtransparent und in einem grün-blauen Farbton dargestellt werden:

- AA = 7F<sub>H</sub> = 127<sub>D</sub>  $\hat{=}$  50% Transparenz
- RR (Rot) = 00  $\hat{=}$  kein roter Farbanteil
- GG (Grün) = FF<sub>H</sub> = 255<sub>D</sub>  $\hat{=}$  100% grüner Farbanteil
- BB (Blau) = 33<sub>H</sub> = 51<sub>D</sub>  $\hat{=}$  20% blauer Farbanteil

Programmcode	Kommentar
N100 \$NP_PROT_COLOR[5] = 'H7F00FF33'	; 6. Schutzbereich, ; Alpha/Transparenz- und Farb- wert = H7F00FF33

### 2.2.3.7 \$NP\_PROT\_D\_LEVEL

#### Funktion

Über die Systemvariable wird festgelegt, ab welchem Detaillierungsgrad der Schutzbereich bzw. die Schutzbereichselemente auf der Bedienoberfläche angezeigt werden. Ist für ein Schutzbereichselement in \$NP\_D\_LEVEL (Seite 49) ein eigener Wert eingetragen, wird dieser bei der Darstellung des Schutzbereichselements verwendet.

#### Detaillierungsgrad

- Niedrigster Detaillierungsgrad: 0
- Höchster Detaillierungsgrad: 3

Ist am HMI der Detaillierungsgrad x für die Anzeige angewählt, werden alle Schutzbereiche und Schutzbereichselemente angezeigt, für deren Detaillierungsgrad D gilt:  $D \leq x$

#### Syntax

`$NP_PROT_D_LEVEL[<m>] = <Wert>`

#### Bedeutung

\$NP_PROT_D_LEVEL:	Detaillierungsgrad des Schutzbereichs	
	Datentyp:	INT
	Wertebereich:	$0 \leq D \leq 3$
	Defaultwert:	0
<m>:	Systemvariablen- bzw. Schutzbereichsindex	
	Datentyp:	INT
	Wertebereich:	0, 1, 2, ... (\$MN_MM_3D_MAXNUM_PROT_AREAS - 1)
<Wert>:	Detaillierungsgrad	
	Datentyp:	INT

#### Beispiel

Der 6. Schutzbereich soll ab Detaillierungsgrad 3 dargestellt werden:

Programmcode	Kommentar
N100 \$NP_PROT_D_LEVEL[5] = 3	; 6. Schutzbereich, ; Detaillierungsgrad = 3

### 2.2.3.8 \$NP\_BIT\_NO

#### Funktion

In die Systemvariable \$NP\_BIT\_NO ist die Bit-Nummer (0, 1, 2, ... 63) des NC/PLC-Nahtstellensignals einzutragen, mit dem der Schutzbereich verbunden ist. Soll der Schutzbereich mit keinem NC/PLC-Nahtstellensignal verbunden sein, ist der Wert -1 einzutragen.

#### NC/PLC-Nahtstelle

Über NC/PLC-Nahtstellensignale kann vom PLC-Anwenderprogramm die Aktivierung / Deaktivierung des Schutzbereichs angefordert werden bzw. erfolgt die Rückmeldung des aktuellen Status an das PLC-Anwenderprogramm:

- Anforderung: DB10, DBX234.0 - DBX241.7
- Rückmeldung: DB10, DBX226.0 - DBX233.7

#### Voraussetzung

Damit das zugeordnete NC/PLC-Nahtstellensignal des Schutzbereichs beachtet wird, muss der Status des Schutzbereich "voraktiviert" bzw. "PLC-gesteuert" sein:

\$NP\_INIT\_STAT (Seite 40) == "P" (Voraktiviert bzw. PLC-gesteuert)

#### Syntax

\$NP\_BIT\_NO[<m>] = <Bit-Nummer>

#### Bedeutung

\$NP_BIT_NO:	Bit-Nummer des Nahtstellensignals zum Aktivieren / Deaktivieren des Schutzbereichs	
	Datentyp:	INT
	Wertebereich:	-1, 0, 1, 2, ... (\$MN_MM_MAXNUM_3D_INTERFACE_IN - 1)
	Defaultwert:	-1 (kein Nahtstellensignal ausgewählt)
<m>:	Systemvariablen- bzw. Schutzbereichsindex	
	Datentyp:	INT
	Wertebereich:	0, 1, 2, ... (\$MN_MM_3D_MAXNUM_PROT_AREAS - 1)
<Bit-Nummer>:	Bit-Nummer (0, 1, 2, ... 63) der 64-Bit breiten Schnittstelle	
	Datentyp:	INT

#### Beispiel

Der 6. Schutzbereich ist dem 18. Bit der Schnittstelle (DB10.DBX236.1) zugeordnet:

Programmcode	Kommentar
N100 \$NP_BIT_NO[5] = 17	; 6. Schutzbereich, ; DB10.DBX236.1

**Zuordnung: Bit-Nummer zu Nahtstellensignal**

Bit →	DB10, (PLC → NC)	DB10, (NC → PLC)	Bit →	DB10, (PLC → NC)	DB10, (NC → PLC)	Bit →	DB10, (PLC → NC)	DB10, (NC → PLC)	Bit →	DB10, (PLC → NC)	DB10, (NC → PLC)
0	DBX234.0	DBX226.0	8	DBX235.0	DBX227.0	16	DBX236.0	DBX228.0	24	DBX237.0	DBX229.0
1	DBX234.1	DBX226.1	9	DBX235.1	DBX227.1	17	DBX236.1	DBX228.1	25	DBX237.1	DBX229.1
2	DBX234.2	DBX226.2	10	DBX235.2	DBX227.2	18	DBX236.2	DBX228.2	26	DBX237.2	DBX229.2
3	DBX234.3	DBX226.3	11	DBX235.3	DBX227.3	19	DBX236.3	DBX228.3	27	DBX237.3	DBX229.3
4	DBX234.4	DBX226.4	12	DBX235.4	DBX227.4	20	DBX236.4	DBX228.4	28	DBX237.4	DBX229.4
5	DBX234.5	DBX226.5	13	DBX235.5	DBX227.5	21	DBX236.5	DBX228.5	29	DBX237.5	DBX229.5
6	DBX234.6	DBX226.6	14	DBX235.6	DBX227.6	22	DBX236.6	DBX228.6	30	DBX237.6	DBX229.6
7	DBX234.7	DBX226.7	15	DBX235.7	DBX227.7	23	DBX236.7	DBX228.7	31	DBX237.7	DBX229.7

Bit →	DB10, (PLC → NC)	DB10, (NC → PLC)	Bit →	DB10, (PLC → NC)	DB10, (NC → PLC)	Bit →	DB10, (PLC → NC)	DB10, (NC → PLC)	Bit →	DB10, (PLC → NC)	DB10, (NC → PLC)
32	DBX238.0	DBX230.0	40	DBX239.0	DBX231.0	48	DBX240.0	DBX232.0	56	DBX241.0	DBX233.0
33	DBX238.1	DBX230.1	41	DBX239.1	DBX231.1	49	DBX240.1	DBX232.1	57	DBX241.1	DBX233.1
34	DBX238.2	DBX230.2	42	DBX239.2	DBX231.2	50	DBX240.2	DBX232.2	58	DBX241.2	DBX233.2
35	DBX238.3	DBX230.3	43	DBX239.3	DBX231.3	51	DBX240.3	DBX232.3	59	DBX241.3	DBX233.3
36	DBX238.4	DBX230.4	44	DBX239.4	DBX231.4	52	DBX240.4	DBX232.4	60	DBX241.4	DBX233.4
37	DBX238.5	DBX230.5	45	DBX239.5	DBX231.5	53	DBX240.5	DBX232.5	61	DBX241.5	DBX233.5
38	DBX238.6	DBX230.6	46	DBX239.6	DBX231.6	54	DBX240.6	DBX232.6	62	DBX241.6	DBX233.6
39	DBX238.7	DBX230.7	47	DBX239.7	DBX231.7	55	DBX240.7	DBX232.7	63	DBX241.7	DBX233.7

**Weitere Informationen**

Eine ausführliche Beschreibung der Nahtstellensignale findet sich im Funktionshandbuch PLC.

**2.2.3.9 \$NP\_INIT\_STAT**

**Funktion**

In die Systemvariable ist der Initialisierungsstatus des Schutzbereichs einzutragen.

In folgenden Situationen wird der Status eines Schutzbereichs auf den parametrisierten Initialisierungsstatus gesetzt:

- Im Hochlauf der Steuerung
- Beim Aufruf der Funktion PROTA (Seite 92), nachdem der Schutzbereich im laufenden Betrieb durch Schreiben der Schutzbereich-spezifischen Systemvariablen neu angelegt wurde
- Beim Aufruf der Funktion PROTA (Seite 92) mit Parameter "R"
- Beim Aufruf der Funktion PROTS (Seite 93) mit Parameter "R"



## Syntax

```
$NP_INIT_STAT[<m>] = "<Status>"
```

## Bedeutung

\$NP_INIT_STAT:	Initialisierungsstatus des Schutzbereichs	
	Datentyp:	STRING
	Wertebereich:	"A", "a", "I", "i", "P", "p"
	<b>Wert</b>	<b>Schutzraumstatus</b>
	"A"oder "a"	Aktiviert
	"I"oder "i"	Inaktiv
	"P"oder "p"	Voraktiviert bzw. PLC-gesteuert <sup>1)</sup>
Defaultwert:	"I" (inaktiv)	
<m>:	Systemvariablen- bzw. Schutzbereichsindex	
	Datentyp:	INT
	Wertebereich:	0, 1, 2, ... (\$MN_MM_MAXNUM_3D_PROT_AREAS - 1)
<Status>:	Initialisierungsstatus	
	Datentyp:	STRING
1) Die Aktivierung / Deaktivierung erfolgt über: DB10.DBX234.0 - DBX241.7		

## Beispiel

Der Initialisierungsstatus des 6. Schutzbereichs wird auf "P" (voraktiviert bzw. PLC-gesteuert) gesetzt:

Programmcode	Kommentar
N100 \$NP_INIT_STAT[5] = "P"	; 6. Schutzbereich, ; Initialisierungsstatus = "P"

Der aktuelle Status ist abhängig vom Zustand des in \$NP\_BIT\_NO (Seite 39) parametrisierten Nahtstellensignals.

### 2.2.3.10 \$NP\_INDEX

## Funktion

Für automatische Schutzbereiche (\$NP\_PROT\_TYPE (Seite 34)) ist in die Systemvariable die Adresse einzutragen, unter der die Geometriedaten des zu schützenden Maschinenteils, Werkzeugs, etc., abgelegt sind. Aus den Geometriedaten werden von der Steuerung automatisch die geometrischen Abmessungen des Schutzbereichs erzeugt.

### Beispiel

Bei einem automatischen Werkzeugschutzbereich (\$NP\_PROT\_TYPE == "TOOL") werden die geometrischen Abmessungen des Schutzbereichs anhand der Werkzeugdaten erzeugt.

**Syntax**

`$NP_INDEX[<m>,<i>] = <Wert>`

**Bedeutung**

\$NP_INDEX:	Adresse der Geometriedaten für den automatischen Schutzbereiche	
	Datentyp:	INT[ 3 ]
<m>:	Systemvariablen- bzw. Schutzbereichsindex	
	Datentyp:	INT
	Wertebereich:	0, 1, 2, ... (\$MN_MM_MAXNUM_3D_PROT_AREAS - 1)
<i>:	Index Die Bedeutung der Systemvariablen \$NP_INDEX[<m>,<i>], mit i = 0, 1, 2, ... ist abhängig vom Typ (\$NP_PROT_TYPE) des automatischen Schutzbereichs. Siehe typspezifische Tabellen.	
	Datentyp:	INT
	Wertebereich:	0, 1, 2
<Wert>:	Adresse	
	Datentyp:	INT

**Typ: Automatischer Werkzeugschutzbereich (\$NP\_PROT\_TYPE == "TOOL")**

<i>	<Wert>	
	Bei aktiver Werkzeugverwaltung	Ohne Werkzeugverwaltung
0	Revolvermagazin: <b>Werkzeugplatznummer</b>	<b>Spindelnummer</b>
	Kein Revolvermagazin: <b>Spindelnummer</b>	
1	<b>Magazinnummer</b>	---
2	<b>TOA-Bereich <sup>1)</sup></b>	

1) Der TOA-Bereich "1" kann sowohl mit 0 als auch mit 1 adressiert werden.

**Beispiel**

Der 6. Schutzbereich ist ein automatischer Werkzeugschutzbereich (\$NP\_PROT\_TYPE == "TOOL"). Die geometrischen Abmessungen des Schutzbereichs sollen aus den Geometriedaten des Werkzeugs auf folgendem Werkzeugplatz erzeugt werden:

- Werkzeugplatznummer: 1
- Magazinnummer: 9998 (Spindel 1)
- TOA-Bereich: 1

Die Werkzeugverwaltung ist aktiv.

Programmcode	Kommentar
; Die Abmessungen des 6. Schutzbereichs basieren auf den Werkzeugdaten	
; des Werkzeugs, das sich an folgender Stelle befindet:	
N100 \$NP_INDEX[5,0] = 1	; Werkzeugplatznummer = 1
N110 \$NP_INDEX[5,1] = 9998	; Magazinnummer = 9998 (Spindel 1)

Programmcode	Kommentar
N120 \$NP_INDEX[5,2] = 1	; TOA-Bereich = 1

## Siehe auch

\$NP\_PROT\_TYPE (Seite 34)

## 2.2.4 Systemvariablen: Schutzbereichselemente für Maschinenschutzbereiche

### 2.2.4.1 Übersicht

Mit folgenden Systemvariablen wird ein Schutzbereichselement eines Maschinenschutzbereichs parametrisiert:

Name	Bedeutung
\$NP_NAME	Name des Schutzbereichselements
\$NP_NEXT	Name des nachfolgenden Schutzbereichselements
\$NP_NEXTP	Name des nachfolgenden, zu \$NP_NEXT parallelen Schutzbereichselements
\$NP_COLOR	Farbe und Transparenz des Schutzbereichselements.
\$NP_D_LEVEL	Detaillierungsgrad des Schutzbereichselements
\$NP_USAGE	Verwendungsart des Schutzbereichselements
\$NP_TYPE	Typ des Schutzbereichselements
\$NP_FILENAME	Dateiname der STL-Datei, welche die Geometriedaten des Schutzbereichselements enthält (nur relevant bei \$NP_TYPE == "FILE")
\$NP_PARA	Geometrische Parameter des Schutzbereichskörpers (nur relevant bei \$NP_TYPE == "BOX" oder "SPHERE" oder "CYLINDER")
\$NP_OFF	Verschiebungsvektor des lokalen Koordinatensystems des Schutzbereichselements
\$NP_DIR	Richtungsvektor für die Drehung des lokalen Koordinatensystems des Schutzbereichselements
\$NP_ANG	Winkel für die Drehung des lokalen Koordinatensystems des Schutzbereichselements

Die Systemvariablen sind in den nachfolgenden Kapiteln ausführlich beschrieben.

**Hinweis**

**Definierten Ausgangszustand herstellen**

Es wird empfohlen, vor Parametrierung der Schutzbereichselemente einen definierten Ausgangszustand zu erzeugen. Dazu sind die Systemvariablen der Schutzbereichselemente mit der Funktion DELOBJ() auf ihren Default-Wert zu setzen.

**Ändern von Systemvariablenwerten**

Wird der Wert einer der oben aufgeführten Systemvariablen geändert, wird die Änderung auf der Bedienoberfläche, z.B. SINUMERIK Operate, sofort sichtbar. Das Maschinenmodell der NC wird aber erst nach einer expliziten Anforderung zum Neuberechnen des Maschinenmodells durch Aufruf der Funktion PROTA() (Seite 92) bzw. PROTS() (Seite 93) aktualisiert.

**2.2.4.2 \$NP\_NAME**

**Funktion**

In die Systemvariable ist der NC-weit eindeutige Name des Schutzbereichselements einzutragen. Über diesen Namen wird das Schutzbereichselement referenziert. Der Name wird auch im grafischen Editor von SINUMERIK Operate angezeigt.

**Syntax**

`$NP_NAME [<n>] = "<Name>"`

**Bedeutung**

\$NP_NAME:	Name des Schutzbereichselements	
	Datentyp:	STRING
	Defaultwert:	"" (Leerstring)
<n>:	Systemvariablen- bzw. Schutzbereichselementindex	
	Datentyp:	INT
	Wertebereich:	0, 1, 2, ... (\$MN_MM_MAXNUM_3D_PROT_AREA_ELEM - 1)
<Name>:	Name des Schutzbereichselements	
	Datentyp:	STRING

**Beispiel**

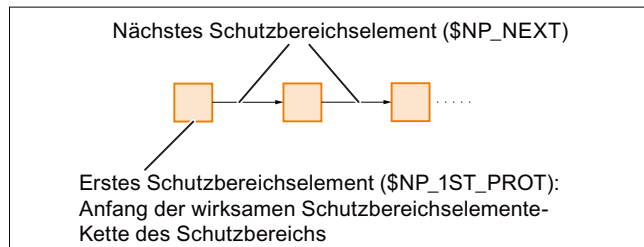
Dem 19. Schutzbereichselement wird der Name "Spindelkasten" zugewiesen:

Programmcode	Kommentar
N100 \$NP_NAME[18] = "Spindelkasten"	; 19. Schutzbereichselements, ; Name = "Spindelkasten"

### 2.2.4.3 \$NP\_NEXT

#### Funktion

Ist ein Schutzbereich aus mehreren Schutzbereichselementen aufgebaut, müssen diese miteinander verkettet werden. Dazu ist in jedem Schutzbereichselement in die Systemvariable \$NP\_NEXT der Name des nachfolgenden Schutzbereichselements einzutragen.



Ist kein nachfolgendes Schutzbereichselement vorhanden, ist als Name ein Leerstring "" einzutragen.

#### Verschiebung und Rotation

Eine Verschiebung und/oder Rotation im aktuellen Schutzbereichselement (\$NP\_OFF (Seite 61), \$NP\_DIR (Seite 62) und \$NP\_ANG (Seite 64)) wirkt auf das nachfolgende in \$NP\_NEXT angegebene Schutzbereichselement. D.h. die Festlegung der räumlichen Lage und Orientierung des nachfolgenden Schutzbereichselements erfolgt relativ zum aktuellen Schutzbereichselement.

#### Syntax

```
$NP_NEXT [<n>] = "<Name>"
```

#### Bedeutung

\$NP_NEXT:	Name des nachfolgenden Schutzbereichselements	
	Datentyp:	STRING
	Wertebereich:	Alle in \$NP_NAME (Seite 44) enthaltenen Namen
	Defaultwert:	"" (Leerstring)
<n>:	Systemvariablen- bzw. Schutzbereichselementindex	
	Datentyp:	INT
	Wertebereich:	0, 1, 2, ... (\$MN_MM_MAXNUM_3D_PROT_AREA_ELEM - 1)
<Name>:	Schutzbereichsname	
	Datentyp:	STRING

**Beispiel**

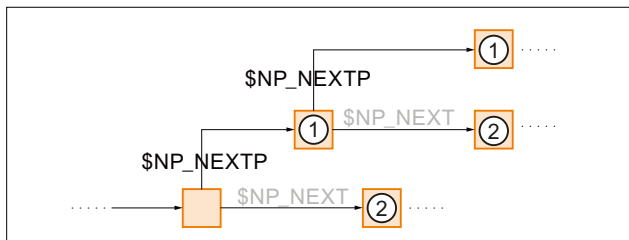
Am 19. Schutzbereichselement ist das nachfolgende Schutzbereichselement mit dem Namen "Kühlmitteldüse 1" angebracht:

Programmcode	Kommentar
N100 \$NP_NAME[18] = "Kühlmitteldüse 1"	; 19 Schutzbereichselement, ; Name des Nachfolgers: "Kühlmitteldüse 1"

**2.2.4.4 \$NP\_NEXTP**

**Funktion**

Die Schutzbereichselemente-Kette kann über die Systemvariable \$NP\_NEXTP verzweigt werden. Dazu sind in einem Schutzbereichselement in den Systemvariablen \$NP\_NEXT und \$NP\_NEXTP nachfolgende Schutzbereichselemente anzugeben. Diese Schutzbereichselemente liegen dann parallel zueinander in zwei voneinander unabhängigen Teilketten.



- ① Nachfolgendes paralleles Schutzbereichselement
- ② Nachfolgendes Schutzbereichselement der gleichen Teilkette

Bild 2-2 Schutzbereichselemente in parallelen Teilketten

**Anwendungsbeispiel**

Über unabhängige Teilketten können z.B. verschiedene Maschinenteile eines Schutzbereichs für Visualisierung bzw. Kollisionsvermeidung unterschiedlich modelliert werden. Typischerweise wird dazu für das Schutzbereichselement, auf das mit \$NP\_NEXT verwiesen wird, als Verwendung in \$NP\_USAGE (Seite 50) "C" (Kollisionsüberwachung) und im Schutzbereichselement, auf das in \$NP\_NEXTP verwiesen wird, der Wert "V" (Visualisierung) angegeben.

**Verschiebung und Rotation**

Eine Verschiebung und/oder Rotation im aktuellen Schutzbereichselement (\$NP\_OFF (Seite 61), \$NP\_DIR (Seite 62) und \$NP\_ANG (Seite 64)) wirkt auf das nachfolgende in \$NP\_NEXTP angegebene Schutzbereichselement. D.h. die Festlegung der räumlichen Lage und Orientierung des nachfolgenden Schutzbereichselements erfolgt relativ zum aktuellen Schutzbereichselement.

## Syntax

```
$NP_NEXTP [<n>] = "<Name>"
```

## Bedeutung

\$NP_NEXTP:	Name des verzweigenden Schutzbereichselements	
	Datentyp:	STRING
	Wertebereich:	Alle in \$NP_NAME (Seite 44) enthaltenen Namen
	Defaultwert:	"" (Leerstring)
<n>:	Systemvariablen- bzw. Schutzbereichselementindex	
	Datentyp:	INT
	Wertebereich:	0, 1, 2, ... (\$MN_MM_MAXNUM_3D_PROT_AREA_ELEM - 1)
<Name>:	Schutzbereichsname	
	Datentyp:	STRING

## Beispiel

Am 19. Schutzbereichselement ist das nachfolgende parallele Schutzbereichselement mit dem Namen "Kühlmitteldüse 2" angebracht:

Programmcode	Kommentar
N100 \$NP_NEXTP[18] = "Kühlmitteldüse 2"	; 19. Schutzbereichselement, ; Name des parallelen Nachfolgers: "Kühlmitteldüse 2"

### 2.2.4.5 \$NP\_COLOR

## Funktion

In die Systemvariable ist der Schutzbereichselement-spezifische Wert für Alpha/Transparenz- und Farbe (ARGB) einzutragen. Dieser Wert wird für die Darstellung des Schutzbereichselements auf der Bedienoberfläche verwendet. Wird für ein Schutzbereichselement kein eigener Wert parametrisiert, wirkt der Schutzbereichs-spezifische Wert aus \$NP\_PROT\_COLOR (Seite 36).

### Aufbau

Alpha/Transparenz- und Farbwert werden als Doppelwort im Hex-Format angegeben:

**AARRGGBB<sub>H</sub>**

- 1. - 3. Byte: RGB-Farbwert. Siehe Kapitel "Farbtafel (Seite 29)".
- 4. Byte: Alpha-Kanal- bzw. Transparenzwert

	Byte	Bedeutung	Wertebereich
BB	1	Blau	0 - 255 <sub>D</sub> bzw. 0 - FF <sub>H</sub>
GG	2	Grün	
RR	3	Rot	
AA	4	Alpha-Kanal bzw. Transparenz <sup>1)</sup>	
1) 0 = transparent bzw. nicht sichtbar, 255 <sub>D</sub> = FF <sub>H</sub> = nicht transparent bzw. massiv			

**Syntax**

\$NP\_COLOR [<n>] = <Name>

**Bedeutung**

\$NP_COLOR:	Alpha/Transparenz- und Farbwert des Schutzbereichselements	
	Datentyp:	DWORD
	Wertebereich:	00000000 <sub>H</sub> - FFFFFFFF <sub>H</sub>
	Defaultwert:	00000000 <sub>H</sub> (Schwarz, nicht sichtbar)
<m>:	Systemvariablen- bzw. Schutzbereichselementindex	
	Datentyp:	INT
	Wertebereich:	0, 1, 2, ... (\$MN_MM_MAXNUM_3D_PROT_AREA_ELEM - 1)
<Wert>:	Transparenz- und Farbwert	
	Datentyp:	DWORD

**Beispiel**

Der 19. Schutzbereich soll an der Bedienoberfläche halbtransparent und in einem grün-blauen Farbton dargestellt werden:

- AA = 7F<sub>H</sub> = 127<sub>D</sub> ≙ 50% Transparenz
- RR (Rot) = 00 ≙ kein roter Farbanteil
- GG (Grün) = FF<sub>H</sub> = 255<sub>D</sub> ≙ 100% grüner Farbanteil
- BB (Blau) = 33<sub>H</sub> = 51<sub>D</sub> ≙ 20% blauer Farbanteil

Programmcode	Kommentar
N100 \$NP_COLOR[18] = 'H7F00FF33'	; 19. Schutzbereich, ; Alpha/Transparenz- und Farbwert = 'H7F00FF33'



### 2.2.4.6 \$NP\_D\_LEVEL

#### Funktion

Über die Systemvariable wird festgelegt, ab welchem Detaillierungsgrad das Schutzbereichselement auf der Bedienoberfläche angezeigt wird. Wird für ein Schutzbereichselement kein vom Defaultwert verschiedener Wert parametrisiert, wirkt der Schutzbereichs-spezifische Wert aus \$NP\_PROT\_D\_LEVEL (Seite 38).

#### Detaillierungsgrad

- Niedrigster Detaillierungsgrad: 0
- Höchster Detaillierungsgrad: 3

Ist zur Visualisierung des Maschinenmodells der Detaillierungsgrad  $x$  aktiv, werden alle Schutzbereiche und Schutzbereichselemente angezeigt, für deren Detaillierungsgrad  $D$  gilt:  $D \leq x$

#### Syntax

`$NP_D_LEVEL[<n>] = <Wert>`

#### Bedeutung

\$NP_PROT_D_LEVEL:	Detaillierungsgrad des Schutzbereichselements	
	Datentyp:	INT
	Wertebereich:	$0 \leq D \leq 3$
	Defaultwert:	0
<m>:	Systemvariablen- bzw. Schutzbereichselementindex	
	Datentyp:	INT
	Wertebereich:	0, 1, 2, ... (\$MN_MM_MAXNUM_3D_PROT_AREA_ELEM - 1)
<Wert>:	Detaillierungsgrad	
	Datentyp:	INT

#### Beispiel

Der 19. Schutzbereich soll immer dargestellt werden  $\Rightarrow$  Detaillierungsgrad 0:

Programmcode	Kommentar
N100 \$NP_PROT_D_LEVEL[18] = 0	; 19. Schutzbereich, ; Detailierungsgrad = 0

### 2.2.4.7 \$NP\_USAGE

#### Funktion

In die Systemvariable ist die Verwendungsart des Schutzbereichselements einzutragen. Die Verwendungsart legt fest, wie das Schutzbereichselement von der Kollisionsvermeidung zu berücksichtigen ist:

- Nur Visualisierung, keine Kollisionsberechnung
- Nur Kollisionsberechnung, keine Visualisierung
- Visualisierung und Kollisionsberechnung

Verwendungsart	Bedeutung
Visualisierung	Das Schutzbereichselement wird im Maschinenmodell auf der Bedienoberfläche von SINUMERIK Operate angezeigt
Kollisionsberechnung	Das Schutzbereichselement wird bei der Kollisionsberechnung mit berücksichtigt

#### Syntax

\$NP\_USAGE [<n>] = "<Wert>"

#### Bedeutung

\$NP_USAGE:	Verwendungsart des Schutzbereichselements	
	Datentyp:	CHAR
	Wertebereich:	"V", "v", "C", "c", "A", "a"
	<b>Wert</b>	<b>Bedeutung</b>
	"V" oder "v"	Nur Visualisierung, keine Kollisionsberechnung
	"C" oder "c"	Nur Kollisionsberechnung, keine Visualisierung
	"A" oder "a"	Visualisierung und Kollisionsberechnung
	Defaultwert:	"A"
<n>:	Systemvariablen- bzw. Schutzbereichselementindex	
	Datentyp:	INT
	Wertebereich:	0, 1, 2, ... (\$MN_MM_MAXNUM_3D_PROT_AREA_ELEM - 1)
<Wert>:	Verwendungsart	
	Datentyp:	CHAR

## Beispiel

Das 19. Schutzbereichselement soll an der Bedienoberfläche angezeigt und bei der Kollisionsberechnung berücksichtigt werden:

Programmcode	Kommentar
N100 \$NP_USAGE[18] = "A"	; 19. Schutzbereich, ; Verwendungsart = "A"

### 2.2.4.8 \$NP\_TYPE

#### Funktion

In die Systemvariable ist der Typ des Schutzbereichselements einzutragen.

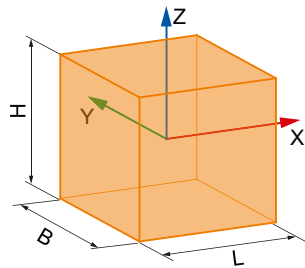
#### Typ: "FRAME"

Ein Schutzbereichselement vom Typ "FRAME" enthält keinen Körper, sondern definiert eine Koordinatentransformation des lokalen Koordinatensystems. Die Koordinatentransformation wirkt für alle nachfolgenden (\$NP\_NEXT (Seite 45)) und/oder parallelen (\$NP\_NEXTP (Seite 46)) Schutzbereichselemente. Die Werte der Koordinatentransformation werden eingestellt über:

- Verschiebung: \$NP\_OFF (Seite 61)
- Richtungsvektor der Drehung: \$NP\_DIR (Seite 62)
- Drehwinkel: \$NP\_ANG (Seite 64)

Für den Typ "FRAME" sind in \$NP\_PARA (Seite 60) keine Parameter anzugeben.

#### Typ: "BOX"



- L Länge in X-Richtung
- B Breite in Y-Richtung
- H Höhe in Z-Richtung

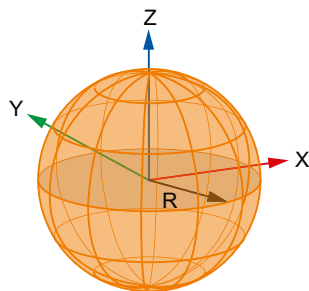
Ein Schutzbereichselement vom Typ "BOX" definiert im lokalen Koordinatensystem des Schutzbereichselements einen achsenparallelen Quader. Der Mittelpunkt des Quaders liegt im

Ursprung des lokalen Koordinatensystems. Gleichzeitig mit der Definition des Körpers kann über folgende Systemvariablen das lokale Koordinatensystem transformiert werden:

- Verschiebung: \$NP\_OFF (Seite 61)
- Richtungsvektor der Drehung: \$NP\_DIR (Seite 62)
- Drehwinkel: \$NP\_ANG (Seite 64)

Die Parameter Länge, Breite und Höhe sind einzutragen in \$NP\_PARA (Seite 60)

**Typ: "SPHERE"**



R Radius der Kugel

Ein Schutzbereichselement vom Typ "SPHERE" definiert im lokalen Koordinatensystem des Schutzbereichselements eine Kugel. Der Mittelpunkt der Kugel liegt im Ursprung des lokalen Koordinatensystems. Gleichzeitig mit der Definition des Körpers kann über folgende Systemvariablen das lokale Koordinatensystem transformiert werden:

- Verschiebung: \$NP\_OFF (Seite 61)
- Richtungsvektor der Drehung: \$NP\_DIR (Seite 62)
- Drehwinkel: \$NP\_ANG (Seite 64)

Der Parameter Radius ist einzutragen in \$NP\_PARA (Seite 60)

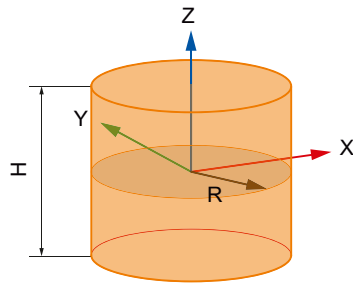
---

**Hinweis**

**Drehung**

Da der Kugelmittelpunkt und der Startpunkt des Richtungsvektors im Koordinatenursprung des lokalen Koordinatensystems des Schutzbereichselements liegen, hat eine Drehung mittels Richtungsvektor \$NP\_DIR (Seite 62) und Drehwinkel \$NP\_ANG (Seite 64) keine Auswirkung auf die Lage der Kugel.

---

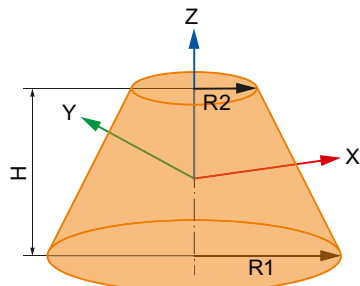
**Typ: "CYLINDER"**

H    Höhe in Z-Richtung  
R    Radius in der X/Y-Ebene

Ein Schutzbereichselement vom Typ "CYLINDER" definiert im lokalen Koordinatensystem des Schutzbereichselements einen Zylinder. Der Mittelpunkt des Zylinders liegt im Ursprung des lokalen Koordinatensystems. Gleichzeitig mit der Definition des Körpers kann über folgende Systemvariablen das lokale Koordinatensystem transformiert werden:

- Verschiebung: \$NP\_OFF (Seite 61)
- Richtungsvektor der Drehung: \$NP\_DIR (Seite 62)
- Drehwinkel: \$NP\_ANG (Seite 64)

Die Parameter Höhe und Radius sind einzutragen in \$NP\_PARA (Seite 60)

**Typ: "CONE"**

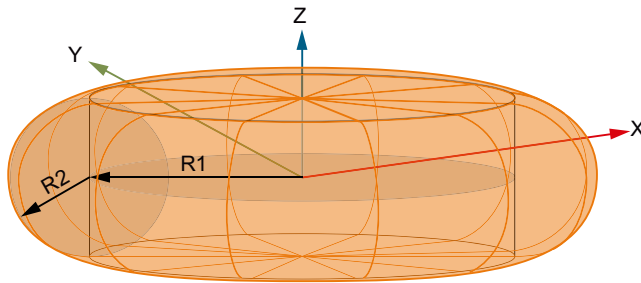
H    Höhe in Z-Richtung  
R1   Radius 1 in der X/Y-Ebene  
R2   Radius 2 in der X/Y-Ebene

Ein Schutzbereichselement vom Typ "CONE" definiert im lokalen Koordinatensystem des Schutzbereichselements einen Kegel. Der Mittelpunkt des Kegels (halbe Kegelhöhe auf der Symmetrieachse des Kegels) liegt im Ursprung des lokalen Koordinatensystems. Gleichzeitig mit der Definition des Körpers kann über folgende Systemvariablen das lokale Koordinatensystem transformiert werden:

- Verschiebung: \$NP\_OFF (Seite 61)
- Richtungsvektor der Drehung: \$NP\_DIR (Seite 62)
- Drehwinkel: \$NP\_ANG (Seite 64)

Die Parameter Höhe, Radius 1 und Radius 2 sind einzutragen in \$NP\_PARA (Seite 60)

**Typ: "TORUS"**



- R1 Major Radius (= Abstand des Kreismittelpunkts vom Torusmittelpunkt in der X/Y-Ebene)
- R2 Minor Radius (= Kreisradius)

Ein Schutzbereichselement vom Typ "TORUS" definiert im lokalen Koordinatensystem des Schutzbereichselements einen gefüllten Torus. Die Form eines Torus lässt sich am einfachsten mithilfe eines Kreises beschreiben, der um eine in der Kreisebene liegenden Achse rotiert wird. Im Unterschied zum normalen Torus ist bei einem gefüllten Torus das Loch in der Mitte ausgefüllt. Der Mittelpunkt des gefüllten Torus liegt im Ursprung des lokalen Koordinatensystems. Gleichzeitig mit der Definition des Körpers kann über folgende Systemvariablen das lokale Koordinatensystem transformiert werden:

- Verschiebung: \$NP\_OFF (Seite 61)
- Richtungsvektor der Drehung: \$NP\_DIR (Seite 62)
- Drehwinkel: \$NP\_ANG (Seite 64)

Die Parameter Radius 1 und Radius 2 sind einzutragen in \$NP\_PARA (Seite 60)

**Typ: "FILE"**

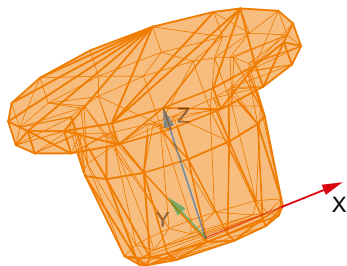


Bild 2-3 Beispielkörper im STL-Format

Ein Schutzbereichselement vom Typ "FILE" definiert im lokalen Koordinatensystem des Schutzbereichselements einen Körper, dessen Geometriedaten im STL-Format (Dreiecksflächen) in der angegebenen Datei enthalten sind. Der Nullpunkt des Körpers liegt im Ursprung des lokalen Koordinatensystems. Gleichzeitig mit der Definition des Körpers kann über folgende Systemvariablen das lokale Koordinatensystem transformiert werden:

- Verschiebung: \$NP\_OFF (Seite 61)
- Richtungsvektor der Drehung: \$NP\_DIR (Seite 62)
- Drehwinkel: \$NP\_ANG (Seite 64)

Der Parameter ist einzutragen in \$NP\_FILENAME (Seite 55):

## Syntax

```
$NP_TYPE [<n>] = "<Type>"
```

## Bedeutung

\$NP_TYPE:	Typ des Schutzbereichselements	
	Datentyp:	STRING
	Wertebereich:	"FRAME", "BOX", "SPHERE", "CYLINDER", "CONE", "TORUS", "FILE"
	Defaultwert:	"" (Leerstring)
<n>:	Systemvariablen- bzw. Schutzbereichselementindex	
	Datentyp:	INT
	Wertebereich:	0, 1, 2, ... (\$MN_MM_MAXNUM_3D_PROT_AREA_ELEM - 1)
<Type>:	Typbezeichnung	
	Datentyp:	STRING

## Beispiel

Das 19. Schutzbereichselement ist ein Quader:

Programmcode	Kommentar
N100 \$NP_TYPE[18] = "BOX"	; 19. Schutzbereichselement, ; Typ = "Quader"

### 2.2.4.9 \$NP\_FILENAME

## Funktion

Für Schutzbereichselemente vom Typ "FILE" (\$NP\_TYPE (Seite 51)) ist in die Systemvariable der Dateiname der Datei mit der Beschreibung der Geometriedaten des Schutzbereichselements einzutragen.

Folgende Dateitypen sind aktuell möglich:

- STL-Dateien
- NPP-Dateien

## STL-Dateien

Eine STL-Datei (Dateiendung .STL) muss die Beschreibung der Geometriedaten eines 3-D Körpers mittels Dreiecken im STL-Format (**S**tandard **T**essellation **L**anguage) enthalten.

### Suchpfad

Die in der Systemvariablen eingetragene Datei wird in folgender Reihenfolge in den auf der CF-Card vordefinierten Verzeichnissen gesucht:

1. /oem/sinumerik/nck/prot\_data/machine/3d\_data/mm
2. /oem/sinumerik/nck/prot\_data/machine/3d\_data/inch

### Interpretation der Längenangaben

Die in der STL-Datei enthaltenen Längenangaben werden, abhängig vom Ablageverzeichnis, in mm oder inch interpretiert:

- <Pfad>/mm: Interpretation der Längenangaben in Millimeter
- <Pfad>/inch: Interpretation der Längenangaben in Zoll

---

### Hinweis

#### Maximale Länge des Dateinamens

Die Länge des Dateinamens darf einschließlich Punkt und Dateiendung 49 Zeichen betragen. Bei mehr als 49 Zeichen wird bei der Erstellung eines Archivs ein Alarm angezeigt.

---

## NPP-Dateien

Eine NPP-Datei (Dateiendung .NPP) muss die Beschreibung der Geometriedaten von einem oder mehreren Schutzbereichselementen mittels NPP-Systemvariablen (**NC Protection Area Primitives**) enthalten. Über eine NPP-Datei dürfen als Schutzbereichselemente alle in der NC verfügbaren geometrischen Primitive (siehe \$NP\_TYPE (Seite 51)) definiert werden.

### Suchpfad

Die in der Systemvariablen eingetragene Datei wird in folgender Reihenfolge in den auf der CF-Card vordefinierten Verzeichnissen gesucht:

1. /oem/sinumerik/nck/prot\_data/machine/3d\_data/mm
2. /oem/sinumerik/nck/prot\_data/machine/3d\_data/inch

### Interpretation der Längenangaben

Die in der NPP-Datei enthaltenen Längenangaben werden, abhängig vom Ablageverzeichnis, in mm oder inch interpretiert:

- <Pfad>/mm: Interpretation der Längenangaben in Millimeter
- <Pfad>/inch: Interpretation der Längenangaben in Zoll

### Eigenschaften der NPP-Dateien

- Eine NPP-Datei muss mit den folgenden Kommentarzeilen beginnen:  
;COLLISION AVOIDANCE DATA  
;LOC\_NP\_ROOT\_NAME="<Root\_Name>"
- Als <Root\_Name> muss der Name des ersten in der NPP-Datei enthaltenen Schutzbereichselements, dort angegeben unter \$NP\_NAME, eingetragen werden.



- Kommentarzeilen sind Zeilen, die mit dem Zeichen ; beginnen
- NPP-Dateien dürfen Leerzeilen enthalten

### Eigenschaften der NPP-Systemvariablen

Die in der NPP-Datei enthaltenen NPP-Systemvariablen haben folgende Eigenschaften:

- Gleiche Namen, Bedeutung und Syntax wie die entsprechenden in den NC-Programmen verwendeten Systemvariablen
- Durch die NPP-Systemvariablen werden die Systemvariablen der NC **nicht** überschrieben.
- Die Indizes der NPP-Systemvariablen müssen **innerhalb** einer NPP-Datei **eindeutig** sein.
- Die Indizes der NPP-Systemvariablen können in **verschiedenen** NPP-Dateien **gleich** sein.
- Die Indizes und die den NPP-Systemvariablen zugewiesenen Werte müssen Konstante sein.

### Randbedingungen

- Die Werte für \$NP\_COLOR (Seite 47), \$NP\_D\_LEVEL (Seite 49), \$NP\_USAGE (Seite 50) werden für die in der NPP-Datei definierten Schutzbereichselemente von dem Schutzbereichselement geerbt, von dem sie eingebunden werden. Alle Schutzbereichselemente einer NPP-Datei haben somit die gleichen Werte für diese Eigenschaften.
- Für die Positionierung der Schutzbereichselemente einer NPP-Datei gelten die gleichen Bedingungen wie für die Positionierung der Schutzbereichselemente mit den Systemvariablen der NC (\$NP\_TYPE (Seite 51): "BOX", "SPHERE" und "CYLINDER").
- In einer NPP-Datei darf keine weitere STL- oder NPP-Datei eingebunden werden.

### Hinweis

#### Maximale Länge des Dateinamens

Die Länge des Dateinamens darf einschließlich Punkt und Dateierweiterung 49 Zeichen betragen. Bei mehr als 49 Zeichen wird bei der Erstellung eines Archivs ein Alarm angezeigt.

## Syntax

```
$NP_FILENAME [<n>] = "<Name>"
```

## Bedeutung

\$NP_FILENAME:	Name der STL- oder NPP-Datei	
	Datentyp:	STRING
	Defaultwert:	"" (Leerstring)
<n>:	Systemvariablen- bzw. Schutzbereichselementindex	
	Datentyp:	INT
	Wertebereich:	0, 1, 2, ... (\$MN_MM_MAXNUM_3D_PROT_AREA_ELEM - 1)

<Name>:	Name der STL- oder NPP-Datei	
	Datentyp:	STRING

**Beispiele**

**Verwendung einer STL-Datei**

Die Geometriedaten für das 19. Schutzbereichselementes sind in der Datei KUEHLDUSE\_1.STL hinterlegt:

Programmcode	Kommentar
N100 \$NP_FILENAME[18] = "KUEHLDUSE_1.STL"	; 19. Schutzbereichselement, ; Filename = "KUEHLDUSE_1.STL"

**Verwendung einer NPP-Datei**

In den Systemvariablen der NC für das 19. Schutzbereichselement wird die NPP-Datei "Kopf\_A.NPP" geladen. Diese enthält die folgenden drei Schutzbereichselemente "Quader-1", "Kugel-1" und "Zylinder-1".

Programmcode	Kommentar
\$NP_NAME[18] = "Kopf"	; 19. Schutzbereichselement
\$NP_NEXT[18] = ""	
\$NP_NEXTP[18] = ""	
\$NP_TYPE[18] = "FILE"	
\$NP_OFF[18,0] = 80.0	
\$NP_OFF[18,1] = 100.0	
\$NP_OFF[18,2] = -50.0	
\$NP_DIR[18,0] = 0.0	
\$NP_DIR[18,1] = 0.0	
\$NP_DIR[18,2] = 0.0	
\$NP_ANG[18] = 0.0	
\$NP_COLOR[18] = 0	; 1)
\$NP_D_LEVEL[18] = 0	; 1)
\$NP_USAGE[18] = "A"	; 1)
\$NP_FILENAME[18] = "Kopf_A.npp"	
; 1) für alle geladenen Schutzbereichselemente aus Datei Kopf_A.NPP wirksam	

**Inhalt der Datei "Kopf\_A.NPP"**

Programmcode	Kommentar
;COLLISION AVOIDANCE DATA	; 1. Kopfzeile
;LOC_NP_ROOT_NAME = "Box-1"	; 2. Kopfzeile
\$NP_NAME[0] = "Quader-1"	; 1. Schutzbereichselement
\$NP_NEXT[0] = "Kugel-1"	
\$NP_NEXTP[0] = "Zylinder-1"	
\$NP_TYPE[0] = "BOX"	

Programmcode	Kommentar
\$NP_PARA[0,0] = 340	
\$NP_PARA[0,1] = 340	
\$NP_PARA[0,2] = 340	
\$NP_OFF[0,0] = 42	
\$NP_OFF[0,1] = 73	
\$NP_OFF[0,2] = -100	
\$NP_DIR[0,0] = 0	
\$NP_DIR[0,1] = 0	
\$NP_DIR[0,2] = 1	
\$NP_ANG[0] = 30	
\$NP_NAME[1] = "Kugel-1"	; 2. Schutzbereichselement
\$NP_NEXT[1] = ""	
\$NP_NEXTP[1] = ""	
\$NP_TYPE[1] = "SPHERE"	
\$NP_PARA[1,0] = 20	
\$NP_PARA[1,1] = 0	
\$NP_PARA[1,2] = 0	
\$NP_OFF[1,0] = 170	
\$NP_OFF[1,1] = 170	
\$NP_OFF[1,2] = 170	
\$NP_DIR[1,0] = 0	
\$NP_DIR[1,1] = 0	
\$NP_DIR[1,2] = 0	
\$NP_ANG[1] = 0	
\$NP_NAME[2] = "Zylinder-1"	; 3. Schutzbereichselement
\$NP_NEXT[2] = ""	
\$NP_NEXTP[2] = ""	
\$NP_TYPE[2] = "CYLINDER"	
\$NP_PARA[2,0] = 20	
\$NP_PARA[2,1] = 20	
\$NP_PARA[2,2] = 0	
\$NP_OFF[2,0] = 170	
\$NP_OFF[2,1] = 170	
\$NP_OFF[2,2] = 170	
\$NP_DIR[2,0] = 1	
\$NP_DIR[2,1] = 2	
\$NP_DIR[2,2] = 3	
\$NP_ANG[2] = 73	

### 2.2.4.10 \$NP\_PARA

#### Funktion

In die Systemvariable sind die Abmessungen des Schutzbereichskörpers entsprechend des Typs des Schutzbereichselements (\$NP\_TYPE (Seite 51)) einzutragen.

#### Koordinatensystem

Das lokale Koordinatensystem, in dem die Lage des Schutzbereichskörpers angegeben wird, wird durch die Systemvariablen \$NP\_OFF (Seite 61), \$NP\_DIR (Seite 62), \$NP\_ANG (Seite 64) festgelegt.

#### Syntax

\$NP\_PARA[<n>,<i>] = <Wert>

#### Bedeutung

\$NP_PARA:	Parameterwerte entsprechend des Typs des Schutzbereichselements					
	Datentyp:	REAL				
	Defaultwert:	0.0				
<n>:	Systemvariablen- bzw. Schutzbereichselementindex					
	Datentyp:	INT				
	Wertebereich:	0, 1, 2, ... (\$MN_MM_MAXNUM_3D_PROT_AREA_ELEM - 1)				
<i>:	Parameterindex					
	Datentyp:	INT				
	Wertebereich:	0, 1, 2				
	Parameterindex	<b>Typ des Schutzbereichselements</b>				
		<b>BOX</b>	<b>SPHERE</b>	<b>CYLINDER</b>	<b>CONE</b>	<b>TORUS</b>
	0	Länge in X	Radius	Höhe in Z	Höhe in Z	Radius 1 <sup>1)</sup>
	1	Breite in Y	---	Radius <sup>1)</sup>	Radius 1 <sup>1)</sup>	Radius 2
	2	Höhe in Z	---	---	Radius 2 <sup>1)2)</sup>	---
<Wert>:	Parameterwert					
	Datentyp:	REAL				
	Wertebereich:	0.0 < x ≤ max. REAL-Wert				

1) Radius in der X/Y-Ebene

2) Parameterwert 0.0 ist zulässig.

---: nicht ausgewerteter Parameter

## Beispiel

Das 19. Schutzbereichselement ist ein Quader mit den Abmessungen:

- Länge: 50.0 in X-Richtung
- Breite: 100.0 in Y-Richtung
- Höhe: 75.5 in Z-Richtung

Programmcode	Kommentar
; 19. Schutzbereichselement	
N100 \$NP_TYPE[18] = "BOX"	; Typ = "BOX"
N120 \$NP_PARA[18,0] = 50.0	; Länge in X = 50.0
N130 \$NP_PARA[18,1] = 100.0	; Breite in Y = 100.0
N140 \$NP_PARA[18,2] = 75.5	; Höhe in Z = 75.5

### 2.2.4.11 \$NP\_OFF

#### Funktion

In die Systemvariable ist der Verschiebungsvektor einzutragen, um den das lokale Koordinatensystem des Schutzbereichselements zum Koordinatensystem des vorhergehenden Schutzbereichselements verschoben ist.

#### Syntax

\$NP\_OFF[<n>,<i>] = <Wert>

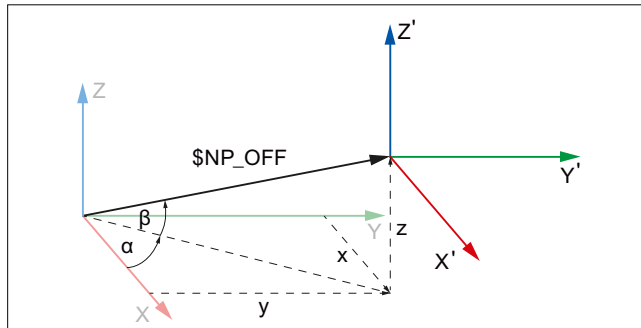
#### Bedeutung

\$NP_OFF:	Verschiebungsvektor	
	Datentyp:	REAL
	Wertebereich:	- max. REAL-Wert ≤ x ≤ + max. REAL-Wert
	Defaultwert:	(0.0, 0.0, 0.0)
<m>:	Systemvariablen- bzw. Schutzbereichselementindex	
	Datentyp:	INT
	Wertebereich:	0, 1, 2, ... (\$MN_MM_MAXNUM_3D_PROT_AREA_ELEM - 1)
<i>:	Koordinatenindex	
	Datentyp:	INT
	Wertebereich:	0: X-Koordinate (Abszisse) 1: Y-Koordinate (Ordinate) 2: Z-Koordinate (Applikate)
<Wert>:	Koordinatenwert	
	Datentyp:	REAL
	Wertebereich:	- max. REAL-Wert ≤ x ≤ + max. REAL-Wert

### Beispiel

Das lokale Koordinatensystem des 19. Schutzbereichselements ist gegenüber dem Koordinatensystem des vorhergehenden Schutzbereichselements um folgenden Vektor verschoben:

- X-Richtung: 25.0
- Y-Richtung: 50.0
- Z-Richtung: 37.25



X, Y, Z Koordinatensystem des vorhergehenden Schutzbereichselements

X', Y', Z' Koordinatensystem des aktuellen Schutzbereichselements

Programmcode	Kommentar
; 19. Schutzbereichselement, Verschiebungsvektor	
N100 \$NP_OFF[18,0] = 25.0	X = 25.0
N110 \$NP_OFF[18,1] = 50.0	Y = 50.0
N120 \$NP_OFF[18,2] = 37.25	Z = 37.25

### 2.2.4.12 \$NP\_DIR

#### Funktion

In die Systemvariable ist der Richtungsvektor einzutragen, um den das lokale Koordinatensystem des Schutzbereichselements zum Koordinatensystem des vorhergehenden Schutzbereichselements gedreht ist. Der Drehwinkel ist in \$NP\_ANG (Seite 64) einzutragen.

#### Randbedingungen

- Der Betrag des Richtungsvektors muss größer sein als:  $1 \cdot 10^{-6}$
- Eine in \$NP\_OFF (Seite 61) parametrisierte Nullpunktverschiebung wird vor der Drehung ausgeführt.

#### Syntax

\$NP\_DIR[<n>,<i>] = <Wert>

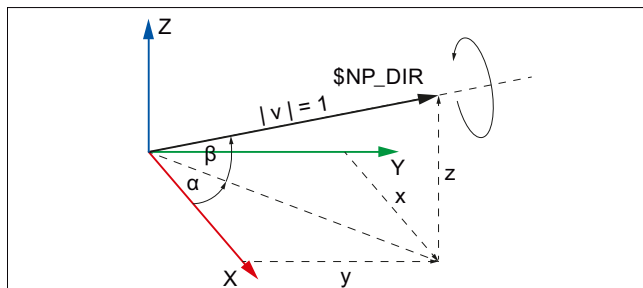
## Bedeutung

\$NP_DIR:	Richtungsvektor	
	Datentyp:	REAL
	Wertebereich:	- max. REAL-Wert $\leq x \leq \pm$ max. REAL-Wert
	Defaultwert:	(0.0, 0.0, 0.0)
<n>:	Systemvariablen- bzw. Schutzbereichselementindex	
	Datentyp:	INT
	Wertebereich:	0, 1, 2, ... (\$MN_MM_MAXNUM_3D_PROT_AREA_ELEM - 1)
<i>:	Koordinatenindex	
	Datentyp:	INT
	Wertebereich:	0 $\rightarrow$ X; 1 $\rightarrow$ Y; 2 $\rightarrow$ Z
<Wert>:	Koordinatenwert	
	Datentyp:	REAL
	Wertebereich:	- max. REAL-Wert $\leq x \leq \pm$ max. REAL-Wert

## Beispiel

Das lokale Koordinatensystem des 19. Schutzbereichselements ist gegenüber dem Koordinatensystem des vorhergehenden Schutzbereichselements um den Richtungsvektor gedreht. Der Richtungsvektors ist der Einheitsvektor (1; 0; 0), gedreht um  $\alpha=90^\circ$  in der X/Y-Ebene und  $\beta=10^\circ$  in der Y/Z Ebene, bezogen auf das Weltkoordinatensystem. Daraus ergeben sich folgende Werte für die einzelnen Komponenten des Richtungsvektors:

- X-Komponente =  $\cos(\alpha) * \cos(\beta) = \cos(90) * \cos(10) = 0,0$
- Y-Komponente =  $\sin(\alpha) * \cos(\beta) = \sin(90) * \cos(10) \approx 0,985$
- Z-Komponente =  $\sin(\beta) = \sin(10) \approx 0,174$



Programmcode	Kommentar
; 19. Schutzbereichselement, Richtungsvektors	
N100 \$NP_DIR[18,0] = COS(90) * COS(10)	; 0 = X-Komponente
N110 \$NP_DIR[18,1] = SIN(90) * COS(10)	; 1 = Y-Komponente
N120 \$NP_DIR[18,2] = SIN(10)	; 2 = Z-Komponente

### 2.2.4.13 \$NP\_ANG

#### Funktion

In die Systemvariable ist der Winkel einzutragen um den das lokale Koordinatensystem des Schutzbereichselements zum Koordinatensystem des vorhergehenden Schutzbereichselements um den Richtungsvektor (\$NP\_DIR (Seite 62)) gedreht ist.

#### Syntax

\$NP\_ANG [<n>] = <Wert>

#### Bedeutung

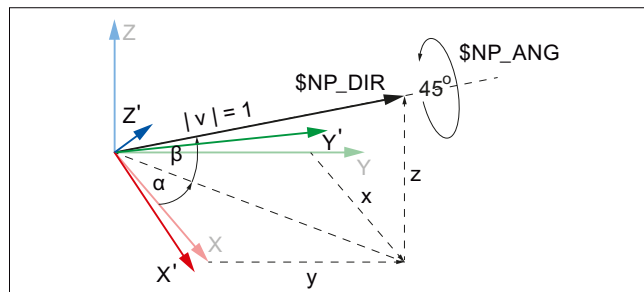
\$NP_ANG:	Drehwinkel	
	Datentyp:	REAL
	Wertebereich:	$-360^\circ < x \leq 360^\circ$
	Defaultwert:	0.0
<n>:	Systemvariablen- bzw. Schutzbereichselementindex	
	Datentyp:	INT
	Wertebereich:	0, 1, 2, ... (\$MN_MM_MAXNUM_3D_PROT_AREA_ELEM - 1)
<Wert>:	Winkel	
	Datentyp:	REAL

#### Beispiel

Das lokale Koordinatensystem des 19. Schutzbereichselements ist gegenüber dem Koordinatensystem des vorhergehenden Schutzbereichselements um den Winkel um  $\delta=45.0^\circ$  um den Richtungsvektor gedreht. Der Richtungsvektors ist der Einheitsvektor (1; 0; 0), gedreht um  $\alpha=90^\circ$  in der X/Y-Ebene und  $\beta=10^\circ$  in der Y/Z Ebene, bezogen auf das Weltkoordinatensystem. Daraus ergeben sich folgende Werte für die einzelnen Komponenten des Richtungsvektors:

- X-Komponente =  $\cos(\alpha) * \cos(\beta) = \cos(90) * \cos(10) = 0,0$
- Y-Komponente =  $\sin(\alpha) * \cos(\beta) = \sin(90) * \cos(10) \approx 0,985$
- Z-Komponente =  $\sin(\beta) = \sin(10) \approx 0,174$
- Winkel  $\delta = 45.0^\circ$





Programmcode	Kommentar
; 19. Schutzbereichselement, Richtungsvektors und Drehwinkel	
N100 \$NP_DIR[18,0] = COS(90)*COS(10)	; 0 = X-Komponente
N110 \$NP_DIR[18,1] = SIN(90)*COS(10)	; 1 = Y-Komponente
N120 \$NP_DIR[18,2] = SIN(10)	; 2 = Z-Komponente
N130 \$NP_ANG[18] = 45.0	; Drehwinkel $\delta = 45^\circ$

## 2.2.5 Systemvariablen: Schutzbereichselemente für automatische Werkzeugschutzbereiche

Das Schutzbereichselement eines automatischen Werkzeugschutzbereichs wird durch die nachfolgenden Systemvariablen beschrieben. Die Werte der Systemvariablen werden von der Steuerung automatisch aus den Geometriedaten des zugeordneten Werkzeugs erzeugt und können nur gelesen werden.

Name <sup>1)</sup>	Bedeutung	Analog zu <sup>2)</sup>
\$NP_T_NAME[<n>]	Name des Schutzbereichselements	\$NP_NAME (Seite 44)
\$NP_T_TYPE[<n>]	Typ des Schutzbereichselements	\$NP_TYPE (Seite 51)
\$NP_T_FILENAME[<n>]	Dateiname der STL-Datei, welche die Geometriedaten des Schutzbereichselements enthält (nur relevant bei \$NP_T_TYPE == "FILE")	\$NP_FILENAME (Seite 55)
\$NP_T_PARA[<n>,<i>]	Geometrische Parameter des Schutzbereichskörpers (nur relevant bei \$NP_T_TYPE == "BOX" oder "SPHERE" oder "CYLINDER")	\$NP_PARA (Seite 60)
\$NP_T_OFF[<n>,<i>]	Verschiebungsvektor des lokalen Koordinatensystems des Schutzbereichselements	\$NP_OFF (Seite 61)
\$NP_T_DIR[<n>,<i>]	Richtungsvektor für die Drehung des lokalen Koordinatensystems des Schutzbereichselements	\$NP_DIR (Seite 62)
\$NP_T_ANG[<n>]	Winkel für die Drehung des lokalen Koordinatensystems des Schutzbereichselements	\$NP_ANG (Seite 64)
1) n = 0, 1, ... (\$MN_MM_MAXNUM_3D_T_PROT_ELEM - 1)		
2) Die Systemvariablen der automatischen Werkzeugschutzbereiche entsprechen denen der Maschinenschutzbereiche.		

## 2.2.6 Randbedingungen

### Schutzbereichskörper bei Spindeln

Bei einer Spindel, die sich nicht im lagegeregelten Betrieb befinden, werden die mit ihr verbundenen Schutzbereichskörper ausschließlich statisch modelliert. Daher müssen bei der Modellierung von Schutzbereichskörpern, die mit einer Spindel als kinematischem Element verbunden ist, folgende Randbedingungen eingehalten werden:

- Der Schutzbereichskörper muss **rotationssymmetrisch** sein.
- Die Symmetrieachse des Schutzbereichskörpers muss auf der Drehachse der Spindel liegen (**kollinear**)

Dies ist für alle Arten von Schutzbereichskörpern zu beachten:

- Der Schutzbereichskörper ist ein einfacher geometrischer Grundkörper (Kugel, Zylinder).
- Der Schutzbereichskörper ist aus mehreren geometrischen Grundkörpern zusammengesetzt.
- Der Schutzbereichskörper ist aus Dreiecken aufgebaut (STL-Datei).
- Der Schutzbereichskörper wird für einen automatischen Werkzeugschutzbereich aus den Geometriedaten des Werkzeugs erzeugt.

---

#### Hinweis

#### Automatischen Werkzeugschutzbereiche

Es wird empfohlen, bei automatischen Werkzeugschutzbereichen im Zusammenhang mit Spindeln nur rotationssymmetrische Werkzeuge zu verwenden.

---

### Nachfolgende Schutzbereiche

Die Rotationssymmetrie und Kollinearität des Schutzbereichskörpers bezüglich der Drehachse der Spindel, müssen auch bei allen Schutzbereichen eingehalten werden, die mit Elemente der kinematischen Kette verbunden sind (\$NP\_NEXT, \$NP\_NEXTP), die auf die Spindel folgenden.

Schematisches Beispiel einer derartigen kinematischen Kette: ... → (Rundachse/Spindel) → (Offset) → (Linearachse) → (Offset) → ...

### Rundachsen

Die oben genannten Randbedingungen sind auch im Zusammenhang mit Rundachsen zu beachten, wenn diese auch als Spindeln betrieben werden.

## Werkzeugbezugspunkt und kinematische Transformation

Prinzipiell wird durch die Zuordnung eines automatischen Werkzeugschutzbereichs zu einem Element der kinematischen Kette, die Lage des zugehörigen Werkzeugbezugspunkts festgelegt. Die Lage des Werkzeugbezugspunkts kann aber durch Offsets innerhalb des automatischen Werkzeugschutzbereichs über die Systemvariablen \$NP\_T\_OFF, \$NP\_T\_DIR und \$NP\_T\_ANG (Seite 65) verändert werden. Eine derartige Lageänderung des Werkzeugbezugspunkts wird von der kinematische Transformationen nicht erfasst. Es wird deshalb im Zusammenhang mit kinematischen Transformationen dringend empfohlen, für die geometrische Maschinenmodellierung keine Offsets zu verwenden, die den Werkzeugbezugspunkt verschieben.

## 2.3 Datenlisten

### 2.3.1 Maschinendaten

#### 2.3.1.1 NC-spezifische Maschinendaten

Nummer	Bezeichner: \$MN_	Beschreibung
MD18890	\$MN_MM_MAXNUM_3D_PROT_AREAS	Maximale Anzahl von Schutzbereichen
MD18892	\$MN_MM_MAXNUM_3D_PROT_AREA_ELEM	Maximale Anzahl von Schutzbereichselementen
MD18893	\$MN_MM_MAXNUM_3D_T_PROT_ELEM	Maximale Anzahl von Werkzeugschutzbereichselementen
MD18897	\$MN_MM_MAXNUM_3D_INTERFACE_IN	Maximale Anzahl von NC/PLC-Nahtstellensignalen zur Voraktivierung von Schutzbereichen
MD18895	\$MN_MM_MAXNUM_3D_FACETS	Maximale Anzahl von Dreiecken für Schutzbereiche
MD18894	\$MN_MM_MAXNUM_3D_FACETS_INTERN	Maximale Anzahl von Dreiecken für automatisch Werkzeugschutzbereiche
MD18899	\$MN_PROT_AREA_TOOL_MASK	Erzeugungsmodus für automatische Werkzeugschutzbereiche

### 2.3.2 Systemvariablen

Bezeichner	Beschreibung
\$NP_PROT_NAME	Name des Schutzbereichs
\$NP_CHAIN_ELEM	Name des kinematischen Elements, mit dem der Schutzbereich verbunden wird
\$NP_PROT_TYPE	Typ des Schutzbereichs
\$NP_1ST_PROT	Name des ersten Schutzbereichselements des Schutzbereichs
\$NP_PROT_COLOR	Transparenz- und Farbwert des Schutzbereichs
\$NP_PROT_D_LEVEL	Detaillierungsgrad des Schutzbereichs

2.3 Datenlisten

Bezeichner	Beschreibung
\$NP_BIT_NO	Bit-Nummer des Nahtstellensignals zum Aktivieren / Deaktivieren des Schutzbereichs
\$NP_INIT_STAT	Initialisierungsstatus des Schutzbereichs
\$NP_INDEX	Feld zur Adressierung der wirksamen Geometriedaten
\$NP_NAME	Name des Schutzbereichselements
\$NP_NEXT	Name des nachfolgenden Schutzbereichselements
\$NP_NEXTP	Name des verzweigenden Schutzbereichselements
\$NP_COLOR	Transparenz- und Farbwert des Schutzbereichselements
\$NP_D_LEVEL	Detaillierungsgrad des Schutzbereichselements
\$NP_USAGE	Verwendungsart des Schutzbereichselements
\$NP_TYPE	Typ des Schutzbereichselements
\$NP_FILENAME	Name der STL-Datei mit den Geometriedaten des Körpers des Schutzbereichselements
\$NP_PARA	Parameterwerte entsprechend des Typs des Schutzbereichselements
\$NP_OFF	Verschiebungsvektor
\$NP_DIR	Richtungsvektor
\$NP_ANG	Drehwinkel

## K9: Kollisionsvermeidung, intern

### 3.1 Funktionsbeschreibung

#### 3.1.1 Optionen

Die Funktion "Kollisionsvermeidung" ist eine lizenzpflichtige Option. Folgende Ausprägungen stehen zur Verfügung:

- **Kollisionsvermeidung ECO** (Maschine): 6FC5800-0AS03-0YB0  
Eigenschaften:
  - Schutz: Maschine - Maschine
  - HMI Visualisierung
  - Nur für einkanalige Steuerungskonfigurationen
  - Schutzbereichselemente: geometrische Primitive
- **Kollisionsvermeidung** (Maschine, Arbeitsraum): 6FC5800-0AS02-0YB0  
Eigenschaften:
  - wie Kollisionsvermeidung ECO
  - Schutzbereichselemente: Dateien im STL- und NPP-Format

#### 3.1.2 Merkmale

Die Funktion "Kollisionsvermeidung" dient zur Verhinderung von Kollisionen von Maschinenteilen und Werkzeugschneiden während des Verfahrens von Maschinenachsen. Dazu berechnet die Funktion zyklisch den Abstand der die zu schützenden Körper umhüllenden Schutzbereiche. Nähern sich zwei Schutzbereiche bis auf einen projektierbaren Sicherheitsabstand aneinander an, wird ein Alarm angezeigt und das NC-Programm vor dem entsprechenden Verfahrsatz angehalten (Betriebsart AUTOMATIK, MDA) bzw. die Verfahrbewegung gestoppt (Betriebsart JOG).

## Ablauf

Das Einrichten der Kollisionsvermeidung erfolgt in folgenden Schritten:

1. Freigabe der Funktion "Kollisionsvermeidung" durch Setzen der entsprechenden Option (Seite 69).
2. Einstellen der Maschinendaten zur grundlegenden Parametrierung der Funktionen:
  - Kinematische Kette, Funktionshandbuch "Grundfunktionen", Kapitel "Kinematische Kette"
  - Geometrische Maschinenmodellierung, Kapitel "Maschinendaten (Seite 30)"
  - Kollisionsvermeidung, Kapitel "Maschinendaten (Seite 82)"
3. Beschreiben der kinematischen Struktur der Maschine durch kinematische Elemente. Siehe Funktionshandbuch "Grundfunktionen", Kapitel "Kinematische Kette".
4. Beschreiben der Schutzbereiche und Schutzbereichselemente als umhüllende Geometrie der zu schützenden Maschinenteile, Werkzeuge und Werkstücke. Zuordnen der Schutzbereich zu Elementen der kinematischen Kette. Siehe Kapitel "K8: Geometrische Maschinenmodellierung (Seite 21)".
5. Definieren von Kollisionspaaren, d.h. von jeweils zwei Schutzbereichen, die gegenseitig auf Kollision überwacht werden soll. Siehe Kapitel "\$NP\_COLL\_PAIR (Seite 86)".
6. Neuberechnung des kinematischen und geometrischen Modells auslösen Siehe Kapitel "Neuberechnung des Maschinenmodells der Kollisionsvermeidung anfordern (PROTA) (Seite 92)".
7. Aktivieren der zu überwachenden Schutzbereiche Siehe Kapitel "Schutzbereichszustand setzen (PROTS) (Seite 93)".
8. Optional: Anwendung der erweiternden Funktionen und Systemvariablen

## Grenzen der Kollisionsvermeidung

Die Funktion kann keinen vollständigen Schutz vor einer Kollision beim Verfahren von Maschinenteilen, Werkzeugen oder Werkstücken garantieren. Der Kollisionsschutz kann zum einen nur so gut sein, wie das parametrierte kinematische und geometrische Modell der Maschine und der Schutzbereiche. Zum anderen können nicht modellierte Körper naturgemäß überhaupt nicht überwacht werden. Daher liegt es nach wie vor auch mit aktiviertem Kollisionsschutz in der Verantwortung des Maschinenbedieners, dass eine Verfahrbewegung kollisionsfrei ausgeführt werden kann.

## Zustände von Schutzbereichen

Ob ein Schutzbereich in der Kollisionsbetrachtung berücksichtigt wird, ist abhängig vom Zustand des Schutzbereichs:

Zustand	Bedeutung
Aktiv	Der Schutzbereich wird in der Kollisionsbetrachtung berücksichtigt.
Inaktiv	Der Schutzbereich wird in der Kollisionsbetrachtung <b>nicht</b> berücksichtigt.
Voraktiviert	Der Schutzbereich wird in der Kollisionsbetrachtung berücksichtigt. Es wird aber nur dann einen Kollisionsalarm ausgelöst, wenn er zusätzlich durch sein Schutzbereich-spezifisches NC/PLC-Nahtstellensignal aktiviert wurde.

### Zustand nach Steuerungshochlauf

Nach dem Steuerungshochlauf befinden sich alle Schutzbereiche im Zustand entsprechend ihrer jeweiligen Einstellung in \$NP\_INIT\_STAT. Siehe Kapitel "\$NP\_INIT\_STAT (Seite 40)".

### Zustandsänderung

Der Zustand eines Schutzbereichs kann geändert werden durch:

- Prozedur PROTS() (Seite 93)
- Änderung des Initialisierungszustandes in \$NP\_INIT\_STAT und anschließender Neuberechnung des Maschinenmodells durch die Prozedur PROTA() (Seite 92).

## Voraussetzungen

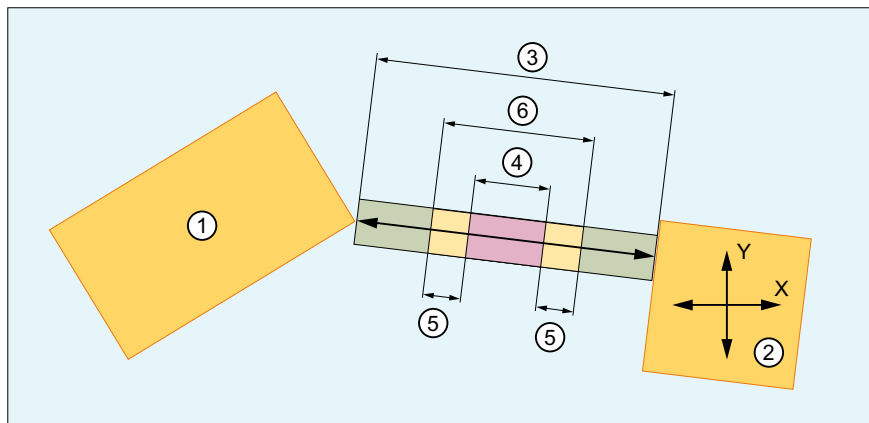
Damit die Schutzbereiche eines Kollisionspaares überwacht werden können, müssen folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- Achsen bzw. Spindeln: Referenziert/Synchronisiert  
Die Lagemesssystem der Achsen bzw. Spindel, die einen Schutzbereich bewegen, müssen referenziert bzw. synchronisiert sein. Ist dies nicht der Fall, befindet sich der entsprechende Schutzbereich im Zustand "Inaktiv".
- Externe Bewegungen  
Bei nicht von der NC ausgeführten Verfahrbewegungen, z.B. PLC-Achse oder manuell bewegte Achse, müssen die aktuellen Achspositionen der NC bekannt sein.

### 3.1.3 Reaktion der Steuerung bei Kollisionsgefahr

Die Kollisionsvermeidung beachtet bei der Kollisionserkennung folgende parametrierbaren Grenzwerte:

- Kollisionstoleranz
- Sicherheitsabstand



- ① Schutzbereich 1 (unbeweglich)
- ② Schutzbereich 2 (beweglich in X- und Y-Richtung)
- ③ Aktueller Abstand
- ④ Sicherheitsabstand
- ⑤ Kollisionstoleranz / 2
- ⑥ Kollisionsabstand = Sicherheitsabstand + Kollisionstoleranz

Bild 3-1 Aktueller Abstand, Kollisionstoleranz und Sicherheitsabstand

## Kollisionstoleranz und Sicherheitsabstand

### Sicherheitsabstand

Der Sicherheitsabstand definiert einen Abstand, bis zu dem sich zwei aktive und auf Kollision überwachte Schutzbereiche maximal annähern dürfen. Die Kollisionsvermeidung stellt sicher, dass dieser Abstand nicht unterschritten und die Kollision angezeigt wird.

Der Sicherheitsabstand kann kollisionspaarspezifisch über eine Systemvariable (Seite 87) eingestellt werden.

Für alle Kollisionspaare, für die über die Systemvariable kein spezifischer Sicherheitsabstand eingestellt wird, gilt der allgemeine über MD10622 \$MN\_COLLISION\_SAFETY\_DIST (Seite 83) eingestellte Wert.

### Kollisionstoleranz

Die Kollisionstoleranz definiert einen NC-weit gültigen zum Sicherheitsabstand zusätzlichen additiven Abstand. Zwei aktive und auf Kollision überwachte Schutzbereiche dürfen sich somit einander bis auf den Kollisionsabstand (Sicherheitsabstand + Kollisionstoleranz) annähern. Im Idealfall wird durch die Kollisionsvermeidung die Verfahrbewegung der Schutzbereiche exakt im Kollisionsabstand gestoppt und die Kollision angezeigt. Es ist jedoch zulässig, dass die Kollisionstoleranz nicht exakt eingehalten wird, oder bei kurzzeitiger Unterschreitung nicht auf Kollision erkannt und die Verfahrbewegung nicht gestoppt wird.



Die Kollisionstoleranz wird über MD10619 \$MN\_COLLISION\_TOLERANCE (Seite 82) für alle Kollisionspaare gleich eingestellt.

---

#### Hinweis

##### Unterschied zwischen Kollisionstoleranz und Sicherheitsabstand

Ein Unterschreiten der Kollisionstoleranz kann auftreten und ist zulässig. Der Sicherheitsabstand wird immer eingehalten.

---

## Reaktionen in Betriebsart AUTOMATIK

### Kollisionserkennung im Vorlauf

Im Automatikbetrieb werden bereits im Vorlauf die Verfahrssätze des aktiven Programms auf Kollision geprüft. Wird dabei bereits eine Kollision erkannt, erfolgen folgende Reaktionen:

- Stopp der Verfahrbewegungen im Kanal
- NC/PLC-Nahtstellensignal: DB21, ... .DBX377.0 = 1 (Kollisionsvermeidung: Stopp)
- Anzeige von Alarm 26260 mit der Satznummer des betreffenden Verfahrssatzes
- Abbruch der Programmbearbeitung

### Kritische Annäherung

Auch im Automatikbetrieb können überlagernde oder nebenläufige Bewegungen auftreten, die nicht vorab berücksichtigt werden können. Daher wird bei einer kritischen Annäherung von Schutzbereichen die Verfahrsgeschwindigkeit verringert oder die Verfahrbewegung ganz gestoppt:

- Achsspezifisches NC/PLC-Nahtstellensignal bei Verringerung der Verfahrsgeschwindigkeit: DB31, ... .DBX77.0 == 1 (Kollisionsvermeidung: Geschwindigkeitsreduzierung)
- Kanalspezifisches NC/PLC-Nahtstellensignal bei Stopp der Verfahrbewegung: DB21, ... .DBX377.0 == 1 (Kollisionsvermeidung: Stopp)

### Voraktivierte Schutzbereiche

Wird bei der Satzaufbereitung im **Vorlauf** festgestellt, dass in einem Verfahrssatz zwei Schutzbereiche, von denen mindestens einer nur **voraktiviert** ist, kollidieren würden, wenn sie aktiv wären, führt das noch nicht zu den oben unter "Kollisionserkennung im Vorlauf" beschriebenen Reaktionen. Die Reaktionen erfolgen erst, wenn beide Schutzbereiche aktiviert werden.

Wird der Satz zum Aktivierungszeitpunkt bereits im Hauptlauf verfahren, wird aufgrund der Kollisionsberechnung im Vorlauf auf Kollision erkannt und die oben genannten Reaktionen ausgelöst. Die Erkennung auf Kollision erfolgt unabhängig davon, ob zum Aktivierungszeitpunkt die Schutzbereiche tatsächlich kollidieren.

## Reaktionen in Betriebsart JOG

Nähern sich zwei Schutzbereiche beim Verfahren in der Betriebsart JOG einander an, wird die Verfahrsgeschwindigkeit kontinuierlich bis zum Stillstand bei Erreichen des Kollisionsabstandes abgebremst. Mit Erreichen des Kollisionsabstandes wird der Alarm 26280 angezeigt.

### *3.1 Funktionsbeschreibung*

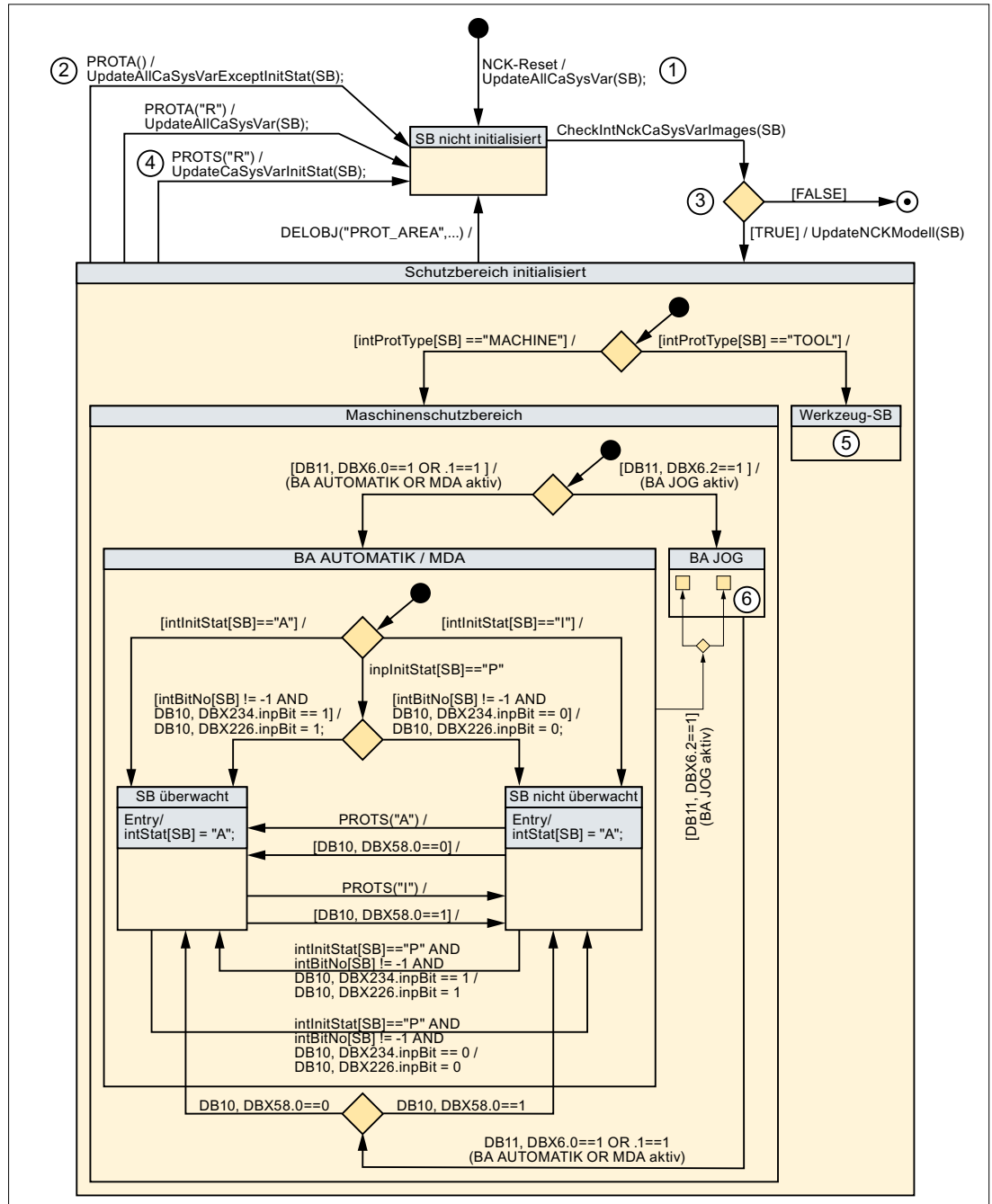
Wird die Kollisionsstelle in Gegenrichtung wieder verlassen, ist, abhängig vom Abstand der Schutzbereiche, wieder eine kontinuierlich höhere Verfahrgeschwindigkeit möglich.

Eine Verfahrbewegung wird mit Erreichen des Kollisionsabstandes immer **abgebrochen**. Ein Fortsetzen der Verfahrbewegung erfordert, unabhängig von der Verfahrrichtung, immer eine erneute Fahrenforderung (z. B. Betätigung einer Verfahrtaste).

### **Reaktionen in Betriebsart MDA**

Nähern sich zwei Schutzbereiche beim Verfahren in der Betriebsart MDA einander an, wird die Verfahrgeschwindigkeit kontinuierlich bis zum Stillstand bei Erreichen des Kollisionsabstandes abgebremst. Mit Erreichen des Kollisionsabstandes wird der Alarm 26260 angezeigt.

### 3.1.4 Zustandsdiagramm: Schutzbereich



- SB Schutzbereich
- BA Betriebsart
- ① Funktion UpdateAllCaSysVar(SB)

Alle Systemvariablen der Kollisionsvermeidung werden in NC-interne Variablen eingelesen:  
int... = \$N...

### 3.1 Funktionsbeschreibung

- ② Funktion UpdateAllCaSysVarExeptInitStat(SB)  
Wie Funktion UpdateAllCaSysVar(SB), aber die Systemvariable \$NP\_INIT\_STAT wird nicht eingelesen. NC-intern bleibt dadurch der letzte Wert des Initialisierungsstatus intInitStat erhalten.
- ③ Funktion CheckIntNckCaSysVarImages(SB)  
Die aus den Systemvariablen eingelesenen NC-internen Variablen werden auf Konsistenz überprüft.  
Rückgabewert bei erkanntem Fehler: FALSE; bei Fehlerfreiheit: TRUE.
- ④ Funktion UpdateCaSysVarInitStat(SB)  
Es wird nur die Systemvariable \$NP\_INIT\_STAT in die NC-internen Variable intInitStat eingelesen.
- ⑤ Der interne Aufbau des Zustands "Werkzeug-SB" ist gleich dem des Zustands "Maschinenschutzbereich".
- ⑥ Der interne Aufbau des Zustands "BA JOG" ist gleich dem des Zustands "BA AUTO / MDA".

### 3.1.5 Werkzeuge

#### Modellierung

Schutzbereiche für Werkzeuge können von der Kollisionsvermeidung automatisch modelliert und nach einem Werkzeugwechsel, mit Einschränkungen, automatisch aktualisiert werden. Dazu müssen folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- Der Schutzbereich für das Werkzeug ist als automatischer Werkzeugschutzbereich (Type: TOOL) modelliert. Siehe Systemvariable \$NP\_PROT\_TYPE (Seite 34)
- Das Werkzeug wird durch die Werkzeugverwaltung der Steuerung verwaltet.
- Die in der Werkzeugverwaltung hinterlegten Werkzeugdaten stimmen mit den tatsächlichen geometrischen Abmessungen des Werkzeugs überein.
- Die Kollisionsvermeidung erkennt den Abschluss des Werkzeugwechsels. Im Normalfall durch Programmierung der entsprechenden Werkzeugkorrekturnummer  $D_x$ , mit  $x = 0, 1, 2, 3, \dots$
- Die Kollisionsvermeidung erkennt, bei welchem automatischen Werkzeugschutzbereich das Werkzeug gewechselt wurde.
- Bezieht sich die Werkzeugbahn auf ein normiertes Werkzeug, wird der Werkzeugradius des aktuellen Werkzeugs als positive bzw. negative Abweichungen bezogen auf das normierte Werkzeug angegeben. Die Kollisionsvermeidung rechnet in diesem Fall mit folgenden Werten:
  - positiver Wert: Werkzeugradius = angegebener Wert, mindestens aber der Wert der parametrisierten Kollisionstoleranz
  - negativer Wert: Werkzeugradius = Wert der parametrisierten Kollisionstoleranz

## Änderung des Maschinenmodells

Wird in der Maschine ein Werkzeug, das sich in einem im aktiven Maschinenmodell der Kollisionsvermeidung modellierten Magazin oder Werkzeugaufnahme befindet, geändert, muss das Maschinenmodell aktualisiert werden. Das ist der Fall, wenn z.B. eine der folgenden Aktionen ausgeführt wird:

- In einem im Maschinenmodell modellierten Werkzeugmagazin wird ein Werkzeug beladen / entladen.  
**Beispiel:** Werkzeugwechsel in einem Revolvermagazin.  
**Aktualisierung:** Die Aktualisierung des Maschinenmodells muss vom Anwender nach Abschluss des Werkzeugwechsels mittels *PROTA* explizit angefordert werden.
- Das Werkzeug, das sich in einem Werkzeughalter befindet, wird gewechselt.  
**Beispiel:** Werkzeugwechsel im Werkzeughalter der Hauptspindel.  
**Aktualisierung:** Die Aktualisierung des Maschinenmodells erfolgt automatisch nach dem Werkzeugwechsel (Standard: M6) mit Ausgabe der programmierten Werkzeugkorrekturnummer *Dx* im Hauptlauf.

### Werkzeugänderungen

Die Kollisionsvermeidung aktualisiert das aktive Maschinenmodell nach einer Werkzeugänderung ohne explizite Anforderung durch *PROTA* nur, wenn dabei eine Werkzeugkorrekturanwahl (Ausgabe der programmierten Werkzeugkorrekturnummer *Dx* an die NC/PLC-Nahtstelle) erfolgt.

An der Steuerung können aber auch Werkzeugänderungen durchgeführt werden, die nicht mit einer Werkzeugkorrekturanwahl verbunden sind. Bei diesen erfolgt keine Aktualisierung des aktiven Maschinenmodells. Derartige Werkzeugänderungen sind beispielsweise:

- Beladen / Entladen eines Werkzeugs über die Bedienoberfläche.  
 SINUMERIK Operate: Bedienbereich "Parameter" > "Werkzeugliste" > vertikaler Softkey: "Beladen" oder "Entladen"
- Durchführen des Werkzeugwechsels über das PLC-Anwenderprogramm
- Direktes Beschreiben des WerkzeugzwischenSpeichers über Systemvariable `$TC_MPP6[9998, <Platz>]`
- `SETMS (<Spindelnummer>)`: Wechsel der Masterspindel im Kanal
- `TMMVTL`: PI-Dienst "Magazinplatz zum Beladen bereitstellen, Werkzeug entladen"  
**Weitere Informationen:** Funktionshandbuch PLC; PI-Dienste > PI-Dienst: TMMVTL
- `MVTOOL`: Befehl zum Bewegen eines Werkzeugs  
**Weitere Informationen:** Funktionshandbuch Werkzeugverwaltung; NC-Programmierung > NC-Sprachbefehle > MVTOOL - Sprachbefehl zum Bewegen eines Werkzeugs

### 3.1 Funktionsbeschreibung

Wird eine derartige Werkzeugänderung durchgeführt, muss die Aktualisierung des Maschinenmodells vom Maschinenhersteller über das PLC-Anwenderprogramm angefordert werden. Beispielhafte Möglichkeiten dazu sind:

- Ist der Kanal im Zustand "Reset", wird ein erneuter Kanal-Reset angefordert. Bei entsprechender Einstellung des Reset-Verhaltens (MD20110 \$MC\_RESET\_MODE\_MASK) erfolgt dann eine erneute Ausgabe der aktuellen Werkzeugkorrekturnummer  $D_x$ .
- Starten eines ASUP oder Hersteller-Zyklus, der die Ausgabe der Werkzeugkorrekturnummer  $D_x$  und die Anforderung zum Aktualisieren des Maschinenmodells  $PROTA$  enthält.

#### Werkzeugverschleiß

Minimale Werkzeugänderungen müssen im Maschinenmodell nicht berücksichtigt werden, da sie gewöhnlich sehr viel kleiner als der Kollisionsabstand sind.

Entstehen für die Kollisionsvermeidung relevante Werkzeugänderung, z.B. Durchmesseränderungen bei Schleifwerkzeugen, müssen diese durch explizite Anforderung zum Aktualisieren des Maschinenmodells ( $PROTA$ ) berücksichtigt werden.

### Keine Änderung des Maschinenmodells

Das aktive Maschinenmodell der Kollisionsvermeidung ändert sich **nicht**, wenn in der Maschine ein vollständig modelliertes Maschinenteil mit Werkzeugen, z.B. ein Werkzeugmagazin, bewegt wird.

#### Beispiel: Revolvermagazin einer Drehmaschine

Im Maschinenmodell der Kollisionsvermeidung ist das Revolvermagazin einer Drehmaschine vollständig modelliert:

- Die Geometrie des Magazins und der sich darin befindlichen Werkzeuge
- Die Bewegungen des Magazins durch die Maschinenachsen

Eine Drehung des Revolvermagazins stellt dann keine Änderung des Maschinenmodells dar:

- Da keine Werkzeuge innerhalb des Maschinenmodells verändert werden, bleiben die Geometrien aller Schutzbereiche unverändert.
- Da die Bewegungen der Schutzbereiche durch die Maschinenachsen, von der Kollisionsvermeidung über die kinematische Kette vollständig erfasst werden.

### Randbedingungen

#### Mehrere Spindeln im Kanal

Bei Konfigurationen mit mehreren Spindeln im Kanal geht die Kollisionsvermeidung davon aus, dass ein Werkzeugwechsel in der Masterspindel des Kanals (S1) erfolgt. Durch die Kollisionsvermeidung wird daher nach erfolgtem Werkzeugwechsel ausschließlich der automatische Werkzeugschutzbereich der Masterspindel aktualisiert.

**Nicht unterstützte Werkzeugkonfigurationen**

Werkzeugkonfigurationen gemäß ISO-Mode 4 und 5 (H-Nummern), sowie "Flache D-Nummern" werden von der Kollisionsvermeidung nicht unterstützt.

**3.1.6 Randbedingungen****Kanalzuordnung**

Alle für die Kollisionsvermeidung relevanten Komponenten der Maschine müssen dem **ersten Kanal** der NC zugeordnet sein:


- Alle **Achsen** und **Spindeln** der kinematischen Kette.  
Siehe Funktionshandbuch "Grundfunktionen", Kapitel "Kinematisch Kette"
- Alle **Werkzeuge** von automatischen Werkzeugschutzbereichen der geometrischen Maschinenmodellierung.  
Siehe Kapitel "K8: Geometrische Maschinenmodellierung (Seite 21)"

**Berücksichtigung des Schleppabstandes**

Die Kollisionsvermeidung verwendet für die Abstandsberechnung der Schutzbereiche die Sollpositionen der beteiligten Maschinenachsen. Die Istpositionen der Maschinenachsen weichen aber um den jeweiligen Schleppabstand von der Sollposition ab. Daher ergibt sich auch für die Schutzbereiche eine Abweichung der Soll- von der Istposition. Diese Abweichung muss vom Anwender durch Projektierung eines ausreichend großen Sicherheitsabstandes oder Vergrößerung des Schutzbereiches berücksichtigt werden.

**Kompensationen**

Die verschiedenen Kompensationsfunktionen der NC, z.B. Temperatur-, Spindelsteigungsfehler- und Durchhangkompensation, sorgen dafür, dass die im Werkstückkoordinatensystem programmierten Positionen im Maschinenkoordinatensystem tatsächlich eingenommen werden. Die von den Kompensationen vorgenommenen Positionskorrekturen werden von der Kollisionsvermeidung mit eingerechnet.

 <b>WARNUNG</b>
<b>Kollisionsgefahr</b>
Werden Kompensationen zweckentfremdet eingesetzt, z.B. um Funktionen wie Achskopplungen im Maschinenkoordinatensystem zu realisieren, kann die mit Sollpositionen arbeitende Kollisionsvermeidung nicht mehr zuverlässig durchgeführt werden. Es besteht Kollisionsgefahr.

### Istwertverschiebung im Maschinenkoordinatensystem PRESETON

Bei aktiver Kollisionsvermeidung und Anwendung einer Istwertverschiebung im Maschinenkoordinatensystem PRESETON liegt es in der alleinigen Verantwortung des Anwenders, das geometrische Modell der Kollisionsvermeidung konsistent zu halten.



#### WARNUNG

##### Kollisionsgefahr

Wird durch PRESETON eine Istwertverschiebung im Maschinenkoordinatensystem vorgenommen und das geometrische Modell der Kollisionsvermeidung nicht entsprechend angepasst, kann die mit Sollpositionen arbeitende Kollisionsvermeidung nicht mehr zuverlässig durchgeführt werden. Es besteht Kollisionsgefahr.

### Satzsuchlauf

Bei folgenden Satzsuchlaufarten werden von der Kollisionsvermeidung **keine** Kollisionsberechnungen durchgeführt:

- Typ 1: Satzsuchlauf ohne Berechnung
- Typ 2: Satzsuchlauf mit Berechnung an Kontur
- Typ 4: Satzsuchlauf mit Berechnung an Satzendpunkt

Bei folgender Satzsuchlaufart werden von der Kollisionsvermeidung Kollisionsberechnungen (im Vorlauf) durchgeführt bei:

- Typ 5: Satzsuchlauf mit Berechnung im Modus "Programmtest" (SERUPRO)

### Betriebsarten AUTOMATIK: Unvollständige Schutzbereichsangabe bei Kollision

Ist eine großen Anzahl von Schutzbereichen projiziert, kann es in Ausnahmefällen zu folgendem Verhalten kommen:

- Mehrere Schutzbereiche haben sich gleichzeitig bis auf Kollisionstoleranz angenähert
- Im angezeigten Alarm 26260 "Kollision **zweier** Schutzbereiche" werden nur zwei Schutzbereiche genannt.
- Erst nach einem Wechsel in die Betriebsart JOG wird beim manuellen Verfahren von Achsen die Kollision der anderen Schutzbereiche angezeigt.



## 3.2 Inbetriebnahme

### 3.2.1 Allgemein

#### 3.2.1.1 Übersicht

Die Inbetriebnahme der Funktion "Kollisionsvermeidung" erfolgt mittels:

- Maschinendaten
  - Vorgabe des Mengengerüsts
  - Festlegung allgemeiner Eigenschaften der Kollisionspaare
- Systemvariablen
  - Parametrierung der Kollisionspaare und deren Eigenschaften

#### 3.2.1.2 Aufbau der Systemvariablen

Die Systemvariablen sind nach folgendem Schema aufgebaut:

**\$NP\_<Name>[<Index\_1>,<Index\_2>]**

---

#### Hinweis

Index\_2 ist nicht bei allen Systemvariablen vorhanden.

---

### Allgemein

Die Systemvariablen zur Beschreibung von Schutzbereichen haben folgende Eigenschaften:

- Präfix: **\$NP\_**, (N für NC, P für Protection).
- Sie sind über NC-Programme les- und schreibbar.
- Sie können über Archive gesichert und wieder in die NC eingelesen werden.

### Datentyp

#### STRING

Alle Systemvariablen vom Datentyp STRING haben folgende Eigenschaften:

- Maximale String-Länge: 31 Zeichen
- Es wird keine Unterscheidung zwischen Groß- und Kleinschreibung gemacht  
Beispiel: "Achse1" identisch mit "ACHSE1"

### 3.2 Inbetriebnahme

- Leer- und Sonderzeichen sind zulässig  
Beispiel: "Achse1" nicht identisch mit " Achse 1"
- Namen, die mit **zwei** Unterstrichen "\_\_" **beginnen**, sind für Systemzwecke reserviert und dürfen **nicht** für anwenderdefinierte Namen verwendet werden.

---

#### Hinweis

#### Führendes Leerzeichen

Da Leerzeichen gültige und der Unterscheidung dienende Zeichen sind, dürfen Namen, die mit einem **Leerzeichen**, gefolgt von **zwei** Unterstrichen "\_\_" **beginnen**, prinzipiell für anwenderdefinierte Namen verwendet werden. Aufgrund der Verwechslungsgefahr mit Systemnamen wird dieses Vorgehen **nicht** empfohlen.

---

### Index\_1

Über Index\_1 werden die einzelnen Schutzbereiche adressiert. Index 0 → 1. Schutzbereich, Index 1 → 2. Schutzbereich, ... n → (n+1) Schutzbereich, mit  $n = (\$MN\_MM\_MAXNUM\_3D\_PROT\_AREAS - 1)$

Alle Systemvariablen eines Schutzbereichs haben den gleichen Index.

### Index\_2

Bei Systemvariablen, die ein Kollisionspaar definieren, werden über Index\_2 die Schutzbereiche des Kollisionspaars adressiert.

- 0 → 1. Schutzbereich
- 1 → 2. Schutzbereich

## 3.2.2 Maschinendaten

### 3.2.2.1 Kollisionstoleranz

Mit dem Maschinendatum wird die Kollisionstoleranz (Genauigkeit der Kollisionsprüfung) für alle auf Kollision überwachten Schutzbereiche der NC eingestellt. Wird der Abstand zweier Schutzbereiche kleiner dem Kollisionsabstand, d.h. der Summe aus Sicherheitsabstand (Seite 83) und Kollisionstoleranz, liegt eine Kollision vor.

MD10619 \$MN\_COLLISION\_TOLERANCE = <Kollisionstoleranz>

#### Genauigkeit automatisch erzeugter Schutzbereiche

Die Kollisionstoleranz bestimmt auch die Genauigkeit der Schutzbereichskörper von automatisch erzeugten Schutzbereichen, z.B. automatische Werkzeugschutzbereiche. Die Genauigkeit der mittels Dreiecksflächen angenäherten Schutzbereichskörper beträgt 1/3 der Kollisionstoleranz.

**Auswirkungen**

Je kleiner die Kollisionstoleranz eingestellt wird, umso größer wird die Anzahl der zur Modellierung der automatisch erzeugten Schutzbereiche benötigten Dreiecksflächen und der Rechenzeitbedarf für die Kollisionserkennung.

**Einstellempfehlung**

Kollisionstoleranz  $\approx$  1 mm

**Siehe auch**

Reaktion der Steuerung bei Kollisionsgefahr (Seite 71)

**3.2.2.2 Sicherheitsabstand**

Mit dem Maschinendatum wird der Sicherheitsabstand für alle auf Kollision überwachten Schutzbereiche der NC eingestellt. Die Kollisionsvermeidung gewährleistet, dass der Sicherheitsabstand nicht unterschritten wird.

MD10622 \$MN\_COLLISION\_SAFETY\_DIST = <Sicherheitsabstand>

**Hinweis****Kollisionspaarspezifischer Sicherheitsabstand**

Wenn für ein Kollisionspaar über die Systemvariable \$NP\_SAFETY\_DIST (Seite 87) ein spezifischer Sicherheitsabstand eingestellt wurde, hat dieser Vorrang vor dem im Maschinendatum eingestellten NC-spezifischen Sicherheitsabstand.

**Siehe auch**

Reaktion der Steuerung bei Kollisionsgefahr (Seite 71)

**3.2.2.3 Maximaler Speicherplatz**

Mit dem Maschinendatum wird der Maximalwert des Speicherplatzes in kByte eingestellt, der von der Kollisionsvermeidung belegt werden darf.

MD18896 \$MN\_MM\_MAXNUM\_3D\_COLLISION = <Wert>

Wert	Bedeutung
0	Der Maximalwert des Speicherplatzes wird von der Steuerung automatisch anhand folgender Maschinendaten ermittelt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• MD18890 \$MN_MM_MAXNUM_3D_PROT_AREAS</li> <li>• MD18892 \$MN_MM_MAXNUM_3D_PROT_AREA_ELEM</li> <li>• MD18894 \$MN_MM_MAXNUM_3D_FACETS_INTERN</li> <li>• MD18895 \$MN_MM_MAXNUM_3D_FACETS</li> </ul>
> 0	Maximalwert = parametrierter Wert [kByte]

**Hinweis**

In das Maschinendatum muss nur ein Wert > 0 eingetragen werden, wenn einer der folgenden Alarme angezeigt wird:

- Alarm 26262 "Kein ausreichender Speicherplatz beim Kollisionstest zweier Schutzbereiche"
- Alarm 26263 "Kein ausreichender Speicherplatz bei der Abstandsbestimmung zweier Schutzbereiche"

**Belegter Speicherplatz**

Zur Ermittlung des von der Kollisionsvermeidung belegten Speicherplatzes stehen verschiedene Systemvariablen zur Verfügung. Siehe Kapitel "Speicherplatzbedarf (Seite 90)".

**3.2.2.4 Maximale Anzahl an Kollisionspaaren**

Die maximale Anzahl möglicher Kollisionspaare hat Auswirkungen auf:

- Die Länge m der Systemvariablenfelder (z.B. \$NP\_COLL\_PAIR[ m, ... ] )
- Den für die Kollisionsvermeidung benötigten Anwenderspeicher
- Die Größe der Inbetriebnahmearchive

Mit dem Maschinendatum kann die maximale Anzahl möglicher Kollisionspaare eingeschränkt werden:

MD18898 \$MN\_MM\_MAXNUM\_3D\_COLL\_PAIRS = <Wert>

<Wert>	Bedeutung
0	Für die maximale Anzahl möglicher Kollisionspaare MCP gilt: MCP = Maximalwert des Maschinendatums
x > 0	Für die maximale Anzahl möglicher Kollisionspaare MCP gilt: MCP = x, mit 0 < x ≤ Maximalwert des Maschinendatums
Ein Wert größerer als der zulässige Maximalwert des Maschinendatums, wird intern auf den Maximalwert begrenzt. Es erfolgt dabei keine Rückmeldung an den Anwender.	

**3.2.2.5 Schutzstufen für Kollisionsvermeidung Ein/Aus**

Mit den Maschinendaten wird die Schutzstufe für das Ein-/Ausschalten der Kollisionsvermeidung über die Bedienoberfläche eingestellt. Die Schutzstufe kann, getrennt nach Betriebsart und Schutzbereichstyp, vorgegeben werden.

Maschinendatum = <Schutzstufe>

Nummer	Bezeichner: \$MN_	Bedeutung: Schutzstufe zum Ein-/Ausschalten der Kollisionsvermeidung
MD51160	ACCESS_WRITE_CA_MACH_JOG	Maschinenschutzbereiche, Betriebsart JOG / MDA
MD51161	ACCESS_WRITE_CA_MACH_AUTO	Maschinenschutzbereiche, Betriebsart AUTOMATIK,
MD51162	ACCESS_WRITE_CA_TOOL	Werkzeugschutzbereiche

#### Weitere Informationen

Eine ausführliche Beschreibung zu Schutzstufen findet sich in:

Funktionshandbuch Basisfunktionen; Diverse NC/PLC-Nahtstellensignale und Funktionen > Funktionen > Zugriffsschutz über Kennwort und Schlüsselschalter

## 3.2.3 Systemvariablen

### 3.2.3.1 Übersicht

Mit folgenden Systemvariablen wird ein Kollisionspaar parametrier:

Name	Bedeutung
\$NP_COLL_PAIR	Name eines Schutzbereichs eines Kollisionspaars
\$NP_SAFETY_DIST	Sicherheitsabstand des Schutzbereichpaars

Die Systemvariablen sind in den nachfolgenden Kapiteln ausführlich beschrieben.

#### Hinweis

##### Definierten Ausgangszustand herstellen

Es wird empfohlen, vor Parametrierung der Kollisionsvermeidung einen definierten Ausgangszustand zu erzeugen. Dazu sind die Systemvariablen der Kollisionsvermeidung mit der Funktion DELOBJ() auf ihren Default-Wert zu setzen.

##### Ändern von Systemvariablenwerten

Wird der Wert einer der oben aufgeführten Systemvariablen geändert, wird die Änderung auf der Bedienoberfläche, z.B. SINUMERIK Operate, sofort sichtbar. Das Maschinenmodell der NC wird aber erst nach einer expliziten Anforderung zum Neuberechnen des Maschinenmodells durch Aufruf der Funktion PROTA() (Seite 92) bzw. PROTS() (Seite 93) aktualisiert.

### 3.2.3.2 \$NP\_COLL\_PAIR

#### Funktion

In die Systemvariable werden die Namen der beiden Schutzbereiche eingetragen, die zusammen ein Kollisionspaar bilden. Die Reihenfolge der beiden Schutzbereiche ist dabei beliebig.

#### Kollisionspaare

Da die Kollisionskontrolle eine sehr rechenzeitintensive Aufgabe ist, ist es nicht sinnvoll durch die Kollisionsvermeidung prinzipiell immer alle parametrisierten Schutzbereiche gegenseitig auf Kollision zu überwachen. Beispiele, in denen eine Kollisionskontrolle nicht sinnvoll ist:

- Schutzbereiche, die konstruktionsbedingt nicht miteinander kollidieren können
- Schutzbereiche, die ohne Verankerung an der kinematischen Kette definiert wurden

Aus der Menge der parametrisierten Schutzbereiche sind vom Anwender diejenigen zu bestimmen, die an der Maschine tatsächlich kollidieren können und als so genannte Kollisionspaare zu definieren. Nur diese Schutzbereiche werden von der Kollisionsvermeidung überwacht.

Zur Definition eines Kollisionspaars sind die Namen der beiden Schutzbereiche in zwei Systemvariablen mit dem gleichen Kollisionspaarindex einzutragen. Ein Schutzbereich unter dem Schutzbereichindex 0, der andere unter dem Schutzbereichindex 1.

#### Zugehörigkeit zu einem Kollisionspaar

Mit der Funktion COLLPAIR() (Seite 91) kann überprüft werden, ob zwei Schutzbereiche als Kollisionspaar parametrisiert sind.

#### Syntax

`$NP_COLL_PAIR [<m>, <i>] = "<Name>"`

#### Bedeutung

\$NP_COLL_PAIR:	Name des ersten oder zweiten Schutzbereichs eines Kollisionspaars	
	Datentyp:	STRING
	Defaultwert:	"" (Leerstring)
<m>:	Systemvariablen- bzw. Kollisionspaarindex	
	Datentyp:	INT
	Wertebereich:	0, 1, 2, ... (M - 1) <sup>1)</sup>
<i>:	Schutzbereichsindex	
	Datentyp:	INT
	Wertebereich:	0 (erster Schutzbereich), 1 (zweiter Schutzbereich)

<Name>:	Schutzbereichsname	
	Datentyp:	STRING
1) $M = n * (n - 1) / 2$ mit $n = \$MN\_MM\_MAXNUM\_3D\_PROT\_AREAS$		

## Beispiel

Es sind zwei Schutzbereiche mit den Namen "Rundtisch" und "Werkzeug in Spindel" definiert, die auf Kollision geprüft werden sollen. Die beiden Schutzbereiche sollen gegenseitig auf Kollision überwacht werden. Die Definition dazu erfolgt im siebten Kollisionspaar:

Programmcode	Kommentar
N100 \$NP_COLL_PAIR[6,0] = "Rund- tisch"	; 7. Kollisionpaar, ; 1. Schutzbereich
N110 \$NP_COLL_PAIR[6,1] = "Werkzeug in Spindel"	; 7. Kollisionpaar, ; 2. Schutzbereich

## Randbedingungen

- Bei Bildung eines Kollisionspaars ist darauf zu achten, dass jeder Schutzbereich dieses Paares mindestens ein Schutzbereichselement besitzt, welches mit \$NP\_USAGE (Seite 50) = "C" oder "A" gekennzeichnet ist. Ansonsten kann mit dem Schutzbereich keine Kollisions- oder Abstandsberechnung (Seite 94) durchgeführt werden.
- Die Schutzbereiche eines Kollisionspaars werden nur auf Kollision geprüft, wenn beide Schutzbereiche im Zustand "SB überwacht" sind. Siehe Kapitel "Zustandsdiagramm: Schutzbereich (Seite 75)".

### 3.2.3.3 \$NP\_SAFETY\_DIST

#### Funktion

In die Systemvariable wird der kollisionspaarspezifische Sicherheitsabstand eingetragen. Die Kollisionsvermeidung stellt sicher, dass dieser Sicherheitsabstand nicht unterschritten wird.

Ist in der Systemvariablen ein Wert ungleich 0.0 eingetragen, wird für dieses Kollisionspaar der allgemeine Sicherheitsabstand aus MD10622 \$MN\_COLLISION\_SAFETY\_DIST (Seite 83) nicht beachtet.

Ist in der Systemvariablen der Wert 0.0 eingetragen, wirkt der im Maschinendatum eingestellte Sicherheitsabstand.

#### Syntax

```
$NP_SAFETY_DIST[<m>] = <Wert>
```

### Bedeutung

\$NP_SAFETY_DIST:	Sicherheitsabstand des Kollisionspaars	
	Datentyp:	REAL
	Defaultwert:	0.0
<m>:	Systemvariablen- bzw. Schutzbereichindex	
	Datentyp:	INT
	Wertebereich:	0, 1, 2, ... (M - 1) <sup>1)</sup>
<Wert>:	Sicherheitsabstand	
	Datentyp:	REAL
	Wertebereich:	0.0 ≤ x ≤ + max. REAL-Wert
	Einheit:	mm oder Inch abhängig von der aktuellen Einstellung für Maßangaben
1) $M = n * (n - 1) / 2$ mit n = \$MN_MM_MAXNUM_3D_PROT_AREAS		

### Beispiel

Der Sicherheitsabstand für die Schutzbereiche des siebten Kollisionspaars soll 1.0 mm (Eingabesystem: metrisch) betragen.

Programmcode	Kommentar
N100 \$NP_SAFETY_DIST[6] = 1.0	; 7. Kollisionpaar, ; Sicherheitsabstand=1.0

### Siehe auch

Reaktion der Steuerung bei Kollisionsgefahr (Seite 71)

## 3.2.4 Erweiternde Systemvariablen

### 3.2.4.1 Übersicht

Über folgende Systemvariablen können weitere Informationen zu internen Zuständen und Werten der Kollisionsvermeidung gelesen werden:

- Zustandsdaten (Seite 89)
- Speicherplatzbedarf (Seite 90)
- Bremswegschätzungen (Seite 90)



### 3.2.4.2 Zustandsdaten

Über die nachfolgenden Systemvariablen (BTSS-Variablen) können Zustandsdaten der Kollisionsvermeidung gelesen werden

Systemvariable	BTSS-Variable	Bedeutung
\$AN_COLL_STATE[<m>]	anCollState[<m>]	Aktueller Zustand eines Schutzbereiches (aktiv / inaktiv) bezüglich der Kollisionsvermeidung
\$AN_COLL_STATE_COND[<m>]	anCollStateCond[<m>]	Überwachungszustand (bitcodiert) eines Schutzbereiches
\$AN_COLL_IPO_ACTIVE	anCollIpoActive	Aktivierungszustand der Kollisionsvermeidung im Hauptlauf (aktiv / inaktiv)
\$AN_COLL_IPO_LIMIT	anCollIpoLimit	Geschwindigkeitsreduzierung durch Kollisionsvermeidung im Hauptlauf (aktiv / inaktiv)
\$AN_COLL_LOAD[<i>] <sup>1)</sup>	anCollLoad[<i>] <sup>1)</sup>	Rechenzeitbedarf für Kollisionsvermeidungsfunktion <i>
\$AN_ACTIVATE_COLL_CHECK[<j>]	anActivateColl-Check[<j>]	Aktueller Zustand der NC/PLC-Nahtstelle mit Index <j> für jeweils 8 Byte: DB10 DBX234.0 - DBX.241.7 (Schutzbereiche aktivieren)
\$AN_COLL_CHECK_OFF	anCollCheckOff	Aktueller Zustand der NC/PLC-Nahtstelle: DB10 DBX58.0 - 7 (Schutzbereichsgruppe deaktivieren)
\$AA_COLLPOS[<a>]	aaCollPos	Position der Achse <a> im Maschinenkoordinatensystem (MKS) beim zuletzt aufgetretenen Kollisionsalarm
\$AC_COLLPOS[<k>]	acCollPos	Vektor <k> zur Kollisionsposition im Weltkoordinatensystem beim zuletzt aufgetretenen Kollisionsalarm
a: Achsname i: 0 = Funktion 1, 1 = Funktion 2, 2 = Funktion 3, ... j: Index 0, 1, 2, ... für je ein Bitfeld von 8 Byte Breite. k: Koordinatenindex k = 1, 2, 3 für X-, Y-, Z-Koordinate m: Systemvariablen- bzw. Schutzbereichsindex 0, 1, 2, ... (MD18890 \$MN_MM_MAXNUM_3D_PROT_AREAS - 1)		
1) Die Systemvariable kann durch Beschreiben mit dem Wert 0 zurückgesetzt werden. Jeder andere Wert wird mit einer Fehlermeldung abgelehnt.		

#### Weitere Informationen

- Eine ausführliche Beschreibung der Systemvariablen findet sich in:  
Listenhandbuch Systemvariable
- Eine ausführliche Beschreibung der Nahtstellensignale findet sich in:  
Funktionshandbuch PLC

### 3.2.4.3 Speicherplatzbedarf

Über die nachfolgenden Systemvariablen (BTSS-Variablen) können Daten bezüglich des Speicherplatzbedarfs der Kollisionsvermeidung gelesen werden:

Systemvariable	BTSS-Variable	Bedeutung
\$AN_COLL_MEM_AVAILABLE	anCollMemAvailable	Größe des von der Kollisionsvermeidung reservierten Speicherplatzes in kByte.
\$AN_COLL_MEM_USE_MIN <sup>1)</sup>	anCollMemUseMin <sup>1)</sup>	Minimalwert des von der Kollisionsvermeidung genutzten Speicherplatzes in Prozent des reservierten Speicherplatzes.
\$AN_COLL_MEM_USE_MAX <sup>1)</sup>	anCollMemUseMax <sup>1)</sup>	Maximalwert des von der Kollisionsvermeidung genutzten Speicherplatzes in Prozent des reservierten Speicherplatzes
\$AN_COLL_MEM_USE_ACT <sup>1)</sup>	anCollMemUseAct <sup>1)</sup>	Aktueller Wert des von der Kollisionsvermeidung genutzten Speicherplatzes in Prozent des reservierten Speicherplatzes.

1) Die Systemvariable kann durch Beschreiben mit dem Wert 0 zurückgesetzt werden. Jeder andere Wert wird mit einer Fehlermeldung abgelehnt.

#### Weitere Informationen

Eine ausführliche Beschreibung der Systemvariablen findet sich in:

Listenhandbuch Systemvariable

### 3.2.4.4 Bremswegschätzungen

Über die nachfolgenden Systemvariablen (BTSS-Variablen) kann für eine Achse der geschätzte Gesamtbremsweg (linear genähert) und die anteiligen Bremswege von überlagerten Bewegungen gelesen werden. Die Schätzung berücksichtigt dabei nur den momentanen Zustand der Achse. Sie liefert z.B. den Bremsweg 0.0 für eine Achse, die sich als Teil einer Kreisbahn gerade am Umkehrpunkt befindet.

#### Hinweis

Die Systemvariablen dienen zur Unterstützung bei der Entwicklung von anwenderspezifischen Funktionen im Rahmen der Kollisionsvermeidung und ähnlichen Funktionen.

Tabelle 3-1 Basiskoordinatensystem (BKS)

Systemvariable	BTSS-Variable	Bedeutung
<b>Gesamtbremsweg</b>		
\$AA_DTBREB[<a>]	aaDtbreb	Geschätzter, linear genäherter Gesamtbremsweg
<b>Anteilige Bremswege bei überlagerten Bewegungen</b>		
\$AA_DTBREB_CMD[<a>]	aaDtbrebCmd	Kommandoanteil
\$AA_DTBREB_CORR[<a>]	aaDtbrebCorr	Korrekturanteil
\$AA_DTBREB_DEP[<a>]	aaDtbrebDep	Kopplungsanteil
<a>: Achsname		

Tabelle 3-2 Maschinenkoordinatensystem (MKS)

Systemvariable	BTSS-Variable	Bedeutung
<b>Gesamtbremsweg</b>		
\$AA_DTBREM[<a>]	aaDtbrem	Geschätzter, linear genäherter Gesamtbremsweg
<b>Anteilige Bremswege bei überlagerten Bewegungen</b>		
\$AA_DTBREM_CMD[<a>]	aaDtbremCmd	Kommandoanteil
\$AA_DTBREM_CORR[<a>]	aaDtbremCorr	Korrekturanteil
\$AA_DTBREM_DEP[<a>]	aaDtbremDep	Kopplungsanteil
<a>: Achsname		

**Weitere Informationen**

Eine ausführliche Beschreibung der Systemvariablen findet sich in:

Listenhandbuch Systemvariable

## 3.3 Programmierung

### 3.3.1 Prüfen auf Kollisionspaar (COLLPAIR)

Die Funktion `COLLPAIR(. . .)` ermittelt, ob zwei Schutzbereiche ein Kollisionspaar bilden.

**Syntax**

```
[<RetVal> =] COLLPAIR(<Name_1>,<Name_2>[,<NoAlarm>])
```

**Bedeutung**

COLLPAIR:	Prüfen auf Zugehörigkeit zu einem Kollisionspaar		
<RetVal>:	Rückgabewert der Funktion		
	Datentyp:	INT	
	Wert:	≥ 0	Die beiden Schutzbereiche bilden ein Kollisionspaar. Rückgabewert == Kollisionspaarindex m (siehe \$NP_COLL_PAIR (Seite 86))
		-1	Es wurden entweder weniger als zwei Strings angegeben, oder mindestens einer der beiden ist der Null-String.
		-2	Der im ersten Parameter angegebene Schutzbereich wurde nicht gefunden.
		-3	Der im zweiten Parameter angegebene Schutzbereich wurde nicht gefunden.
		-4	Keiner der beiden angegebenen Schutzbereiche wurde gefunden.
-5	Beide angegebenen Schutzbereiche wurden gefunden, aber nicht gemeinsam in einem Kollisionspaar.		

3.3 Programmierung

<Name_1>:	Name des ersten Schutzbereichs			
	Datentyp:	STRING		
	Wertebereich:	Parametrierte Schutzbereichsnamen		
<Name_2>:	Name des zweiten Schutzbereichs			
	Datentyp:	STRING		
	Wertebereich:	Parametrierte Schutzbereichsnamen		
<NoAlarm>:	Alarmunterdrückung ( <b>optional</b> )			
	Datentyp:	BOOL		
	Wert:	FALSE (Default)	Im Fehlerfall (<RetVal> < 0) wird die Programmabarbeitung angehalten und ein Alarm angezeigt.	
		TRUE	Im Fehlerfall wird die Programmabarbeitung nicht angehalten und es wird kein Alarm angezeigt. Anwendungsfall: Anwenderspezifische Reaktion entsprechend Rückgabewert	

Siehe auch

Zustandsdiagramm: Schutzbereich (Seite 75)

3.3.2 Neuberechnung des Maschinenmodells der Kollisionsvermeidung anfordern (PROTA)

Werden Systemvariable der kinematischen Kette \$NK\_..., der geometrischen Maschinenmodellierung oder der Kollisionsvermeidung \$NP\_... im Teileprogramm geschrieben, muss anschließend die Prozedur PROTA aufgerufen werden, damit die Änderung im NC-internen Maschinenmodell der Kollisionsvermeidung wirksam wird.

Syntax

PROTA [ (<Par> ) ]

Bedeutung

PROTA:	Neuberechnung des Maschinenmodells der Kollisionsvermeidung anfordern	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Löst Vorlaufstopp aus.</li> <li>• Muss alleine im Satz stehen.</li> </ul>	

<Par>:	Parameter (optional)		
	Datentyp:	STRING	
	Wert:	---	Ohne Parameter. Es wird eine Neuberechnung des Maschinenmodells durchgeführt. Die Stati der Schutzbereiche bleiben erhalten.
"R"		Es wird eine Neuberechnung des Maschinenmodells durchgeführt. Die Schutzbereiche werden in ihren Initialisierungsstatus entsprechend \$NP_INIT_STAT (Seite 40) versetzt.	

## Randbedingungen

### Simulation

Die Prozedur `PROTA` darf in Teileprogrammen nicht im Zusammenhang mit der Simulation (`simNC`) verwendet werden.

Beispiel: Vermeidung des Aufrufs von `PROTA`, während die Simulation aktiv ist.

Programmcode	Kommentar
...	
IF \$P_SIM == FALSE	; IF Simulation nicht aktiv
PROTA	; THEN Kollisionsmodell neu berechnen
ENDIF	; ENDIF
...	

## Siehe auch

Schutzbereichszustand setzen (`PROTS`) (Seite 93)

### 3.3.3 Schutzbereichszustand setzen (`PROTS`)

Die Prozedur `PROTS ( . . . )` setzt den Status von Schutzbereichen auf den angegebenen Wert.

## Syntax

```
PROTS (<State>[, <Name_1>, . . . , <Name_n>])
```

## Bedeutung

PROTS:	Status von Schutzbereichen setzen
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muss alleine im Satz stehen.</li> </ul>

<State>:	Status, auf den die angegebenen Schutzbereiche gesetzt werden sollen		
	Datentyp:	CHAR	
	Wert:	"A"oder "a"	Status: Aktiv
		"I"oder "i"	Status: Inaktiv
		"P"oder "p"	Status: Voraktiviert bzw. PLC-gesteuert <sup>1)</sup>
"R"oder "r"		Status: NC-interner Wert des Initialisierungsstatus <sup>2)</sup>	
<Name_1> . . . <Name_n>:	Name eines oder mehrerer Schutzbereiche, die auf den angegebenen Status gesetzt werden sollen ( <b>optional</b> ) Ist kein Name angegeben, wird der angegebenen Status für alle definierten Schutzbereiche gesetzt.		
	Datentyp:	STRING	
	Wertebereich:	Parametrierte Schutzbereichsnamen	
	<b>Hinweis</b> Die maximale Anzahl von Schutzbereichen, die als Parameter angegeben werden können, ist nur abhängig von der maximal möglichen Anzahl von Zeichen pro Programmzeile.		
<sup>1)</sup> Die Aktivierung / Deaktivierung erfolgt über: DB10.DBX234.0 - DBX241.7			
<sup>2)</sup> Der Status wird auf den NC-internen Wert des Initialisierungsstatus gesetzt, d. h. auf den Wert, den die Systemvariable \$NP_INIT_STAT (Seite 40) zum Zeitpunkt des letzten Aufrufs von PROTA(...) (Seite 92) hatte.			

### 3.3.4 Abstandsbestimmung zweier Schutzbereiche (PROTD)

Die Funktion `PROTD ( . . . )` berechnet den Abstand von zwei Schutzbereichen.

Funktionseigenschaften:

- Die Abstandsberechnung erfolgt unabhängig vom Status der Schutzbereiche (aktiviert, deaktiviert, voraktiviert).
- Zur Abstandsberechnung zweier Schutzbereiche werden nur solche Schutzbereichselemente herangezogen, welche mit `$NP_USAGE` (Seite 50) = "C" oder "A" gekennzeichnet sind. Schutzbereichselemente des Schutzbereichs, die mit `$NP_USAGE` = "V" gekennzeichnet sind, werden nicht betrachtet.
- Schutzbereiche, bei denen alle Schutzbereichselemente des Schutzbereichs mit `$NP_USAGE` = "V" gekennzeichnet sind, können nicht zur Abstandsberechnung herangezogen werden.

- Die Abstandsberechnung erfolgt mit den am Ende des Vorgängersatzes gültigen Positionen.
- Überlagerungen, die im Hauptlauf eingerechnet werden, z. B. DRF-Verschiebung oder externe Nullpunktverschiebungen, gehen mit den zum **Interpretationszeitpunkt** der Funktion gültigen Werten in die Abstandsberechnung ein.

---

### Hinweis

#### Synchronisation

Bei Anwendung der Funktion `PROTD ( . . . )` liegt es ausschließlich in der Verantwortung des Anwenders, Haupt- und Vorlauf gegebenenfalls mittels Vorlaufstopp `STOPRE` zu synchronisieren.

---

### Kollision

Liegt zwischen den angegebenen Schutzbereichen eine Kollision vor, liefert die Funktion einen Abstand von 0,0. Eine Kollision liegt vor, wenn sich die beiden Schutzbereiche berühren oder durchdringen.

Der Sicherheitsabstand für die Kollisionsprüfung (MD10622 `$MN_COLLISION_SAFETY_DIST`) wird bei der Abstandsberechnung nicht berücksichtigt.

### Syntax

```
[<RetVal> =] PROTD ([<Name_1>], [<Name_2>], VAR <Vector>[, <System>])
```

### Bedeutung

PROTD:	Abstand der beiden angegebenen Schutzbereiche berechnen	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muss alleine im Satz stehen.</li> </ul>	
<RetVal>:	Rückgabewert der Funktion: Absolutwert des Abstandes der beiden Schutzbereiche oder 0,0 bei Kollision (siehe oben: Absatz Kollision)	
	Datentyp:	REAL
	Wertebereich:	$0,0 \leq x \leq +\text{max. REAL-Wert}$
<Name_1>, <Name_2>:	Namen der beiden Schutzbereiche, deren Abstand zueinander berechnet werden soll ( <b>optional</b> )	
	Datentyp:	STRING
	Wertebereich:	Parametrierte Schutzbereichnamen
	Defaultwert:	"" (Leerstring)
		Sind keine Schutzbereiche angegeben, berechnet die Funktion den aktuell kleinsten Abstand aus allen im Kollisionsmodell enthaltenen aktivierten und voraktivierten Schutzbereichen.

3.4 Beispiel

<Vector>:	Rückgabewert: 3-dimensionaler Abstandsvektor von Schutzbereich <Name_2> zu Schutzbereich <Name_1> mit:	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt;Vector&gt;[0]: X-Koordinate im Weltkoordinatensystem</li> <li>• &lt;Vector&gt;[1]: Y-Koordinate im Weltkoordinatensystem</li> <li>• &lt;Vector&gt;[2]: Z-Koordinate im Weltkoordinatensystem</li> </ul>	
	Bei Kollision: <Vector> == Nullvektor	
Datentyp:	VAR REAL [3]	
Wertebereich:	<Vector> [n]: $0,0 \leq x \leq \pm \text{max. REAL-Wert}$	
<System>:	Maßsystem (inch / metrisch) für Abstand und Abstandsvektor ( <b>optional</b> )	
	Datentyp:	BOOL
	Wert:	FALSE (Default)
TRUE		Maßsystem entsprechend des eingestellten Grundsystems: MD52806 \$MN_ISO_SCALING_SYSTEM

### 3.4 Beispiel

#### 3.4.1 Vorgaben

##### Allgemeines

Anhand einer vereinfachten 3-Achs-Fräsmaschine wird beispielhaft das prinzipielle Vorgehen zur Parametrierung der Kollisionsvermeidung über ein Teileprogramm gezeigt. Im Teileprogramm werden alle für die Kollisionsvermeidung relevanten Systemvariablen geschrieben:

- Kinematische Kette \$NK\_...
- Geometrische Maschinenmodellierung \$NP\_...
- Kollisionsvermeidung \$NP\_...

Im Teileprogramm wird abschließend das Maschinenmodell aktiviert, so dass nach Ausführung des Teileprogramms, die Kollisionsvermeidung für die 3-Achs-Fräsmaschine vollständig parametriert und aktiv ist.

##### Options- und Maschinendaten

Für das Beispiel sind folgende Options- und Maschinendaten einzustellen:

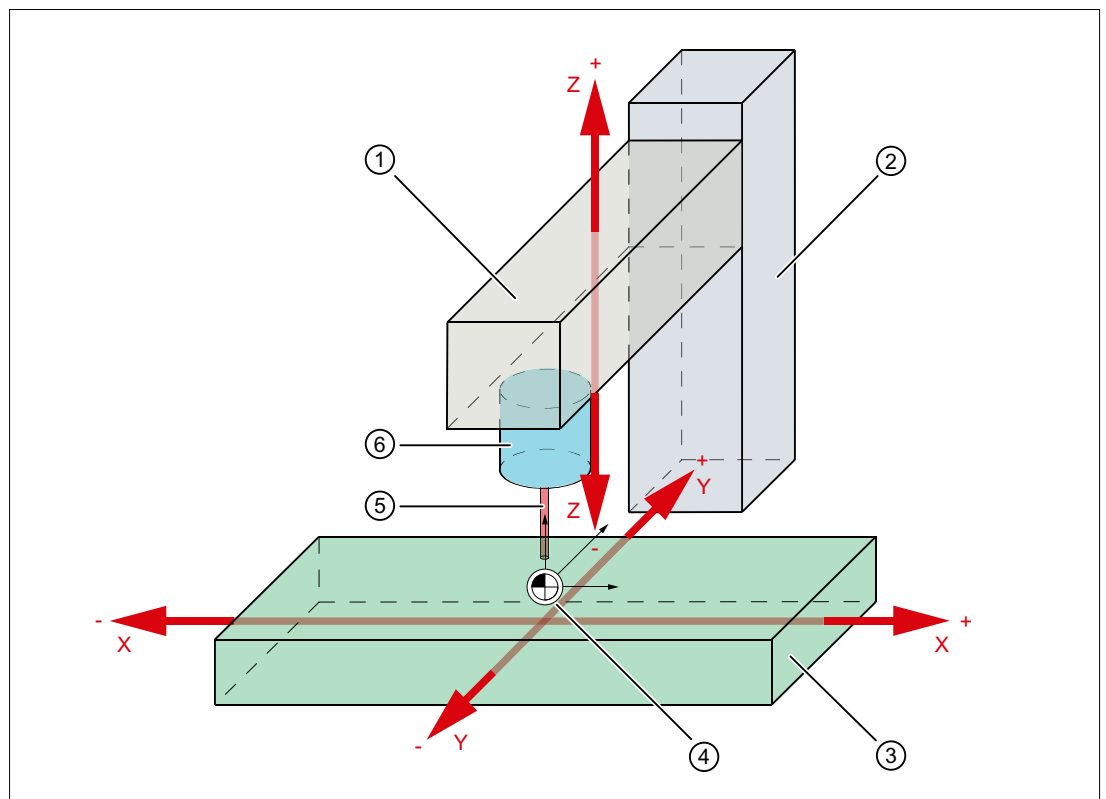
Nr.	Optionsdatum: \$ON_	Wert
MD19830	COLLISION_MASK	1



Nr.	Maschinendatum: \$MN_	Wert
MD10619	COLLISION_TOLERANCE	1
MD18880	MM_MAXNUM_KIN_CHAIN_ELEM	10
MD18890	MM_MAXNUM_3D_PROT_AREAS	10
MD18892	MM_MAXNUM_3D_PROT_AREA_ELEM	10
MD18893	MM_MAXNUM_3D_T_PROT_ELEM	1
MD18894	MM_MAXNUM_3D_FACETS_INTERN	1000
MD18895	MM_MAXNUM_3D_FACETS	3000
MD18896	MM_MAXNUM_3D_COLLISION	0
MD18897	MM_MAXNUM_3D_INTERFACE_IN	16
MD18899	PROT_AREA_TOOL_MASK	1

### Prinzipieller Aufbau der 3-Achs-Fräsmaschine

Das nachfolgende Bild zeigt den prinzipiellen Aufbau der Maschine.



- ① Z-Achse
- ② Ständer
- ③ Tisch
- ④ Maschinennullpunkt = Referenzpunkt
- ⑤ Werkzeug
- ⑥ Werkzeugaufnahme

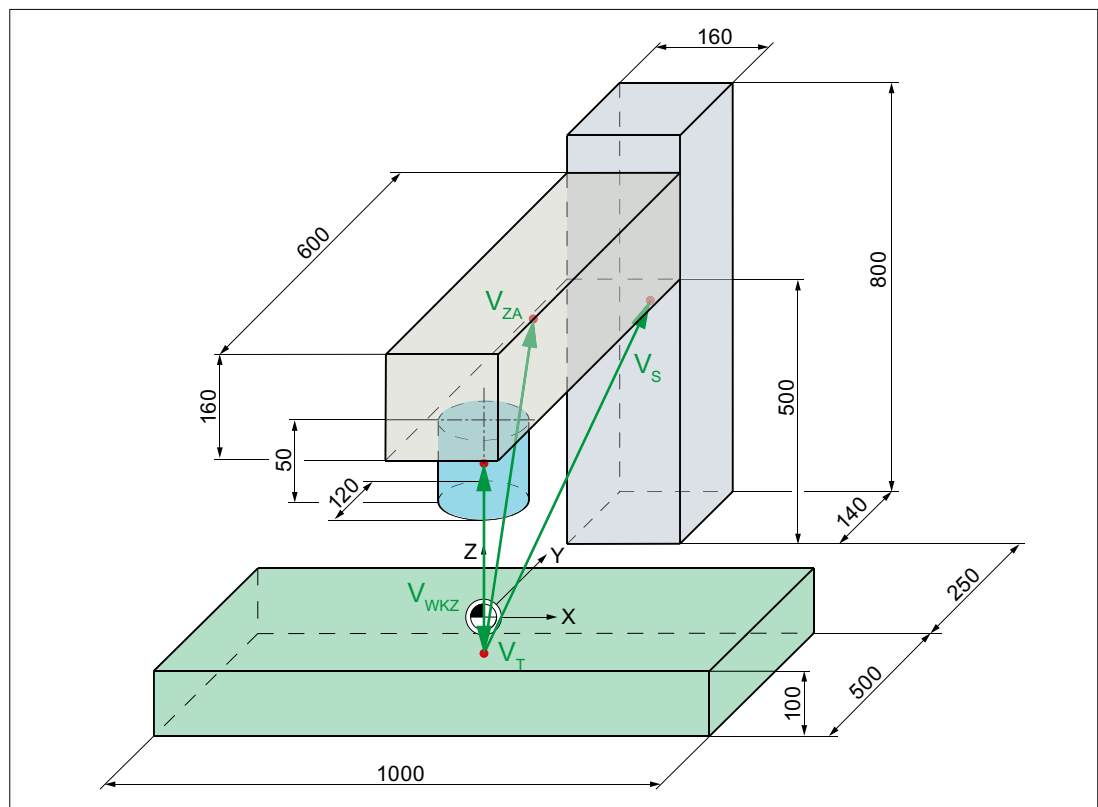
3.4 Beispiel

Den Maschinenteile bzw. Schutzbereichen sind folgende Maschinenachsen zugeordnet .

Maschinenteile bzw. Schutzbereiche	Maschinenachse
Tisch	X1, Y1
Z-Achse	Z1
Ständer	---
Werkzeugaufnahme	Z1
Werkzeug	Z1

Maßzeichnung

In der nachfolgende Maßzeichnung sind die Abmessungen der Schutzbereichselemente sowie deren Lage (Vektoren zum Mittelpunkt des Schutzbereichselements) bezogen auf den Maschinennullpunkt angegeben.



Vektoren zum Mittelpunkt der Schutzbereichselemente

- $v_{WKZ}$     Werkzeugaufnahme (0;0;25)
- $v_{ZA}$      Z-Achse (0;200;130)
- $v_S$       Ständer (0;570;350)
- $v_T$       Tisch (0;0;-50)

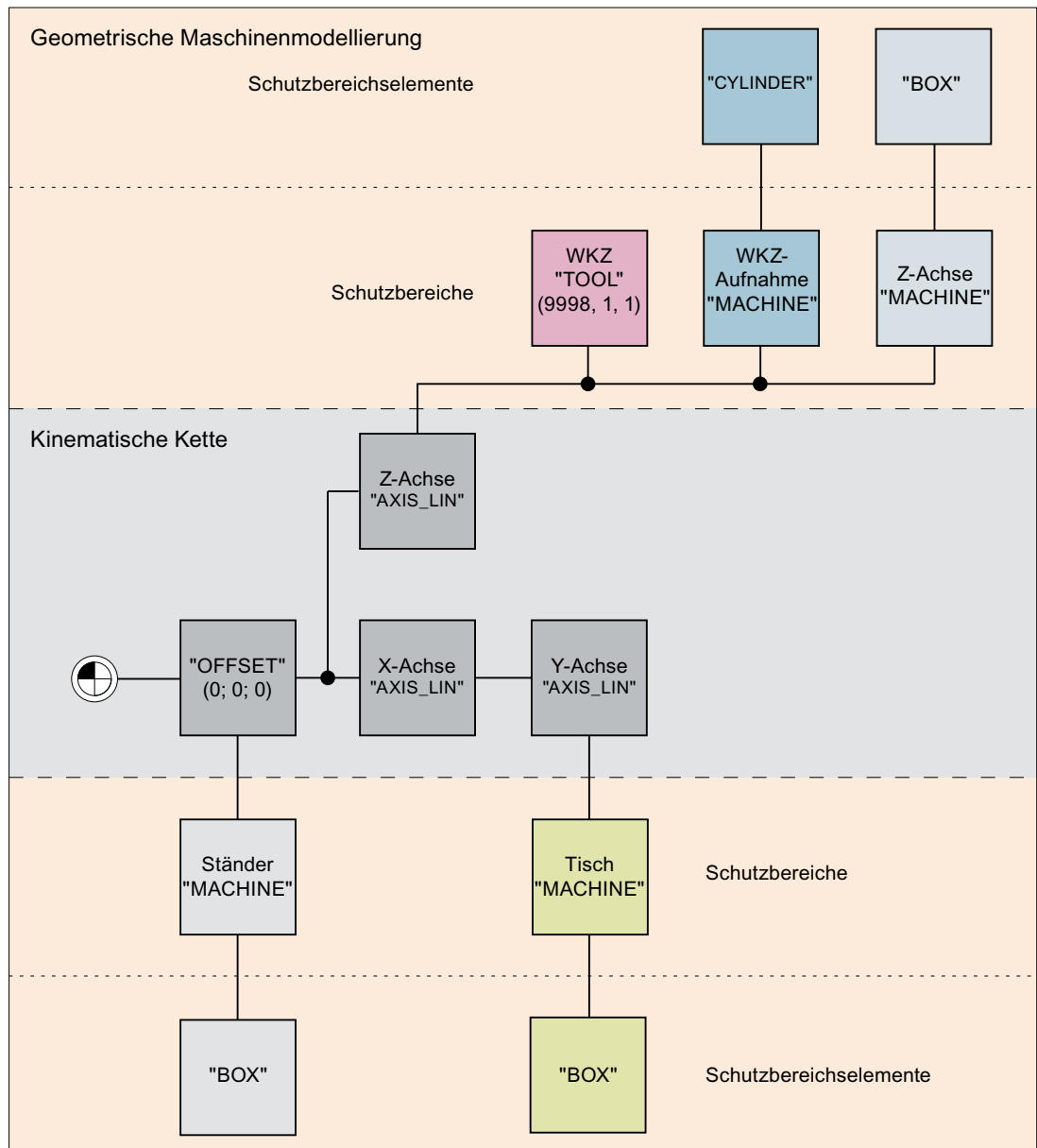
## Kinematische Kette

Die kinematische Kette (siehe nächstes Bild) beginnt mit einem Element vom Typ "Offset". Diesem werden alle statischen Schutzbereiche der Maschine zugeordnet. Im Beispiel ist dies nur der Schutzbereich "Ständer".

Auf das Offset-Element folgen die kinematischen Elemente der Maschinenachsen:

- Z-Achse und X-Achse verfahren unabhängig voneinander  $\Rightarrow$  \$NK\_PARALLEL
- Die Y-Achse verfährt abhängig von der X-Achse  $\Rightarrow$  \$NK\_NEXT

Den kinematischen Elementen der Maschinenachsen sind die verschiedenen Schutzbereiche der geometrischen Maschinenmodellierung zugeordnet



3.4 Beispiel

**Kollisionspaare**

Für das Beispiel wird angenommen, dass nur folgende Kollisionspaare zu berücksichtigen sind:

- Werkzeugaufnahme - Tisch
- Werkzeug - Tisch

**3.4.2 Teileprogramm des Maschinenmodells**

**Programmcode**

```

;*****
;***** Beispiel *****
; Fraesmaschine: 3 Linearachsen, 1 Spindel
; Tisch => X1, Y1
; Z-Achse, Werkzeugaufnahme, Werkzeug => Z1
;*****
; Stand: 11.02.2013, 15:34
;
;=====
; Verwendete Kollisionsmaschinendaten
;=====
; MD10619 $MN_COLLISION_TOLERANCE = 1
;
; MD18880 $MN_MM_MAXNUM_KIN_CHAIN_ELEM = 100
; MD18890 $MN_MM_MAXNUM_3D_PROT_AREAS = 10
; MD18892 $MN_MM_MAXNUM_3D_PROT_AREA_ELEM = 10
; MD18893 $MN_MM_MAXNUM_3D_T_PROT_ELEM = 100
; MD18894 $MN_MM_MAXNUM_3D_FACETS_INTERN = 1000
; MD18895 $MN_MM_MAXNUM_3D_FACETS = 3000
; MD18896 $MN_MM_MAXNUM_3D_COLLISION = 0
; MD18897 $MN_MM_MAXNUM_3D_INTERFACE_IN = 16
; MD18899 $MN_PROT_AREA_TOOL_MASK = 1
;
; MD19830 $ON_COLLISION_MASK = 1 ; Option
;
;
;=====
; Definitionen
;=====
DEF INT RETVAL = 0 ; Rueckgabewert der Loeschfunktion
;
DEF INT C_NKE = 0 ; Index für kinematische Elemente
DEF INT C_NPC = 0 ; Index für Schutzbereiche
DEF INT C_NPE = 0 ; Index für Schutzbereichselemente
DEF INT C_NPP = 0 ; Index für Kollisionspaare
;
;

```

**Programmcode**

```

;=====
; Initialisierung der Kollisionsdaten
;=====
MSG("Schutzbereiche")
G4 F3
; Alle Parameter auf ihre Grundstellung zuruecksetzen
;
RETVAL = DELOBJ("KIN_CHAIN_ELEM")
IF (RETVAL <> 0)
    MSG("Fehler: DELOBJ KIN_CHAIN_ELEM")
    G4 F5
ENDIF
;
RETVAL = DELOBJ("PROT_AREA_ALL")
IF RETVAL <> 0
    MSG("Fehler: DELOBJ PROT_AREA_ALL")
    G4 F5
ENDIF
;
RETVAL = DELOBJ("PROT_AREA_COLL_PAIRS")
IF RETVAL <> 0
    MSG("Fehler: DELOBJ PROT_AREA_COLL_PAIRS")
    G4 F5
ENDIF
;
;
;=====
; Kinematische Kette
;=====
; KE1: ROOT
; -----
$NK_NAME[C_NKE]      = "ROOT"
$NK_NEXT[C_NKE]     = "X-Achse"
$NK_PARALLELEL[C_NKE] = ""
$NK_TYPE[C_NKE]     = "OFFSET"
;
$NK_OFF_DIR[C_NKE, 0] = 0.0      ; X
$NK_OFF_DIR[C_NKE, 1] = 0.0      ; Y
$NK_OFF_DIR[C_NKE, 2] = 0.0      ; Z
;
$NK_AXIS[C_NKE]      = ""
$NK_A_OFF[C_NKE]     = 0.0
;
C_NKE = C_NKE + 1      ; naechstes kinematisches Element
;

```

## 3.4 Beispiel

## Programmcode

```

; -----
; Kinematisches Element: X-Achse
; -----
$NK_NAME[C_NKE]      = "X-Achse"
$NK_NEXT[C_NKE]     = "Y-Achse"
$NK_PARALLEL[C_NKE] = "Z-Achse"
$NK_TYPE[C_NKE]     = "AXIS_LIN"
;
$NK_OFF_DIR[C_NKE, 0] = 1.0      ; X
$NK_OFF_DIR[C_NKE, 1] = 0.0      ; Y
$NK_OFF_DIR[C_NKE, 2] = 0.0      ; Z
;
$NK_AXIS[C_NKE]      = "X1"
$NK_A_OFF[C_NKE]     = 0.0
;
C_NKE = C_NKE + 1      ; naechstes kinematisches Element
;
; -----
; Kinematisches Element: Y-Achse
; -----
$NK_NAME[C_NKE]      = "Y-Achse"
$NK_NEXT[C_NKE]     = ""
$NK_PARALLEL[C_NKE] = ""
$NK_TYPE[C_NKE]     = "AXIS_LIN"
;
$NK_OFF_DIR[C_NKE, 0] = 0.0      ; X
$NK_OFF_DIR[C_NKE, 1] = 1.0      ; Y
$NK_OFF_DIR[C_NKE, 2] = 0.0      ; Z
;
$NK_AXIS[C_NKE]      = "Y1"
$NK_A_OFF[C_NKE]     = 0.0
;
C_NKE = C_NKE + 1      ; naechstes kinematisches Element
;
; -----
; Kinematisches Element: Z-Achse
; -----
$NK_NAME[C_NKE]      = "Z-Achse"
$NK_NEXT[C_NKE]     = ""
$NK_PARALLEL[C_NKE] = ""
$NK_TYPE[C_NKE]     = "AXIS_LIN"
;
$NK_OFF_DIR[C_NKE, 0] = 0.0      ; X
$NK_OFF_DIR[C_NKE, 1] = 0.0      ; Y
$NK_OFF_DIR[C_NKE, 2] = 1.0      ; Z
;
$NK_AXIS[C_NKE]      = "Z1"
$NK_A_OFF[C_NKE]     = 0.0
;
C_NKE = C_NKE + 1      ; naechstes kinematisches Element
;
;

```

**Programmcode**

```

;=====
; Schutzbereiche mit Schutzbereichselementen
;=====
; Schutzbereich 1: Staender
; -----
$NP_PROT_NAME[C_NPC] = "Staender"
$NP_PROT_TYPE[C_NPC] = "MACHINE"
$NP_CHAIN_ELEM[C_NPC] = "ROOT"
$NP_1ST_PROT[C_NPC] = "SBE-Staender"
$NP_PROT_COLOR[C_NPC] = 'HFFA0A0A4' ; AARRGGBB
$NP_BIT_NO[C_NPC] = -1
$NP_INIT_STAT[C_NPC] = "A"
;
C_NPC = C_NPC + 1 ; naechster Schutzbereich
;
; -----
; Schutzbereichselement 1.1: SBE Staender
; -----
$NP_NAME[C_NPE] = "SBE-Staender"
$NP_NEXT[C_NPE] = ""
$NP_NEXTP[C_NPE] = ""
$NP_TYPE[C_NPE] = "BOX"
;
$NP_PARA[C_NPE,0] = 160.0 ; Laenge
$NP_PARA[C_NPE,1] = 140.0 ; Breite
$NP_PARA[C_NPE,2] = 800.0 ; Hoehe
;
$NP_OFF[C_NPE,0] = 0.0 ; Mittelpunkt
$NP_OFF[C_NPE,1] = 570.0 ; X
$NP_OFF[C_NPE,2] = 350.0 ; Y: xxx hinter Tischkante
; Z: Unterkante gleich Unterkante Tisch
;
$NP_DIR[C_NPE,0] = 0.0
$NP_DIR[C_NPE,1] = 0.0
$NP_DIR[C_NPE,2] = 0.0
;
$NP_ANG[C_NPE] = 0.0
;
$NP_COLOR[C_NPE] = 0
$NP_D_LEVEL[C_NPE] = 0
$NP_USAGE[C_NPE] = "V" ; V = nur visualisieren
$NP_FILENAME[C_NPE] = ""
;
C_NPE = C_NPE + 1 ; naechstes Schutzbereichselement
;

```

## 3.4 Beispiel

**Programmcode**

```

;+++++
; Schutzbereich 2: Werkzeugaufnahme
; -----
$NP_PROT_NAME[C_NPC] = "WKZ-Aufnahme"
$NP_PROT_TYPE[C_NPC] = "MACHINE"
$NP_CHAIN_ELEM[C_NPC] = "Z-Achse"
$NP_1ST_PROT[C_NPC] = "SBE-WKZ-Aufnahme"
$NP_PROT_COLOR[C_NPC] = 'HFF000FF' ; AARRGGBB
$NP_BIT_NO[C_NPC] = -1
$NP_INIT_STAT[C_NPC] = "A"
;
C_NPC = C_NPC + 1 ; naechster Schutzbereich
;
; -----
; Schutzbereichselement 2.1: SBE-WKZ-Aufnahme
; -----
$NP_NAME[C_NPE] = "SBE-WKZ-Aufnahme"
$NP_NEXT[C_NPE] = ""
$NP_NEXTP[C_NPE] = ""
$NP_TYPE[C_NPE] = "CYLINDER"
;
; Zylindermasse
$NP_PARA[C_NPE,0] = 50.0 ; Hoehe
$NP_PARA[C_NPE,1] = 60.0 ; Radius
$NP_PARA[C_NPE,2] = 0.0
;
; Mittelpunkt
$NP_OFF[C_NPE,0] = 0.0 ; X
$NP_OFF[C_NPE,1] = 0.0 ; Y
$NP_OFF[C_NPE,2] = 25.0 ; Z: Halbe Hoehe
;
$NP_DIR[C_NPE,0] = 0.0
$NP_DIR[C_NPE,1] = 0.0
$NP_DIR[C_NPE,2] = 0.0
;
$NP_ANG[C_NPE] = 0.0
;
$NP_COLOR[C_NPE] = 0
$NP_D_LEVEL[C_NPE] = 0
$NP_USAGE[C_NPE] = "A"
$NP_FILENAME[C_NPE] = ""
;
C_NPE = C_NPE + 1 ; naechstes Schutzbereichselement
;

```



**Programmcode**

```

; ++++++
; Schutzbereich 3: Werkzeug
; -----
$NP_PROT_NAME[C_NPC] = "WKZ"
$NP_PROT_TYPE[C_NPC] = "TOOL"
$NP_CHAIN_ELEM[C_NPC] = "Z-Achse"
$NP_1ST_PROT[C_NPC] = ""
$NP_PROT_COLOR[C_NPC] = 'HFFFF0000' ; AARRGGBB
$NP_BIT_NO[C_NPC] = -1
$NP_INIT_STAT[C_NPC] = "A"
;
$NP_INDEX[C_NPC,0] = 1 ; nur relevant bei Typ "TOOL"
$NP_INDEX[C_NPC,1] = 9998 ; WKZ-Platz-Nr. / Spindelnr.
$NP_INDEX[C_NPC,2] = 1 ; Magazin-Nr. / -
; TOA-Bereich
;
C_NPC = C_NPC + 1 ; naechster Schutzbereich
;

```

## 3.4 Beispiel

**Programmcode**

```

; ++++++
; Schutzbereich 4: Z-Achse
; -----
$NP_PROT_NAME[C_NPC] = "Z-Achse"
$NP_PROT_TYPE[C_NPC] = "MACHINE"
$NP_CHAIN_ELEM[C_NPC] = "Z-Achse"
$NP_1ST_PROT[C_NPC] = "SBE-Z-Achse"
$NP_PROT_COLOR[C_NPC] = 'HFFA0A0A4' ; AARRGGBB
$NP_BIT_NO[C_NPC] = -1
$NP_INIT_STAT[C_NPC] = "A"
;
C_NPC = C_NPC + 1 ; naechster Schutzbereich
;
; -----
; Schutzbereichselement 4.1: SBE-Horizontaler Staender
; -----
$NP_NAME[C_NPE] = "SBE-Z-Achse"
$NP_NEXT[C_NPE] = ""
$NP_NEXTP[C_NPE] = ""

$NP_TYPE[C_NPE] = "BOX"
;
$NP_PARA[C_NPE,0] = 160.0
$NP_PARA[C_NPE,1] = 600.0
$NP_PARA[C_NPE,2] = 160.0
;
$NP_OFF[C_NPE,0] = 0.0
$NP_OFF[C_NPE,1] = 200.0
$NP_OFF[C_NPE,2] = 130.0
;
$NP_DIR[C_NPE,0] = 0.0
$NP_DIR[C_NPE,1] = 0.0
$NP_DIR[C_NPE,2] = 0.0
;
$NP_ANG[C_NPE] = 0.0
;
$NP_COLOR[C_NPE] = 0
$NP_D_LEVEL[C_NPE] = 0
$NP_USAGE[C_NPE] = "A"
$NP_FILENAME[C_NPE] = ""
;
C_NPE = C_NPE + 1 ; naechstes Schutzbereichselement
;

```

**Programmcode**

```

; ++++++
; Schutzbereich 5: Tisch
; -----
$NP_PROT_NAME[C_NPC] = "Tisch"
$NP_PROT_TYPE[C_NPC] = "MACHINE"
$NP_CHAIN_ELEM[C_NPC] = "Y-Achse"
$NP_1ST_PROT[C_NPC] = "SBE-Tisch"
$NP_PROT_COLOR[C_NPC] = 'HFF00FF00' ; AARRGGBB
$NP_BIT_NO[C_NPC] = -1
$NP_INIT_STAT[C_NPC] = "A"
;
C_NPC = C_NPC + 1 ; naechster Schutzbereich
;
; -----
; Schutzbereichselement 5.1: SBE-Tisch
; -----
$NP_NAME[C_NPE] = "SBE-Tisch"
$NP_NEXT[C_NPE] = ""
$NP_NEXTP[C_NPE] = ""
$NP_TYPE[C_NPE] = "BOX"
;
$NP_PARA[C_NPE,0] = 1000.0
$NP_PARA[C_NPE,1] = 500.0
$NP_PARA[C_NPE,2] = 100.0
;
$NP_OFF[C_NPE,0] = 0.0
$NP_OFF[C_NPE,1] = 0.0
$NP_OFF[C_NPE,2] = -50.0
;
$NP_DIR[C_NPE,0] = 0.0
$NP_DIR[C_NPE,1] = 0.0
$NP_DIR[C_NPE,2] = 0.0
;
$NP_ANG[C_NPE] = 0.0
;
$NP_COLOR[C_NPE] = 0
$NP_D_LEVEL[C_NPE] = 0
$NP_USAGE[C_NPE] = "A"
$NP_FILENAME[C_NPE] = ""
;
C_NPE = C_NPE + 1 ; naechstes Schutzbereichselement
;
;

```

3.5 Datenlisten

```

Programmcode
;=====
; Kollisionspaare
;=====
$NP_COLL_PAIR[C_NPP, 0] = "WKZ-Aufnahme"
$NP_COLL_PAIR[C_NPP, 1] = "Tisch"
;
C_NPP = C_NPP + 1                ; naechstes Kollisionspaar
;
$NP_COLL_PAIR[C_NPP, 0] = "WKZ"
$NP_COLL_PAIR[C_NPP, 1] = "Tisch"
;
C_NPP = C_NPP + 1                ; naechstes Kollisionspaar
;
;
;=====
; Aktivierung des Maschinenmodells
;=====
PROTA
PROTS ("A")
;
M2
;===== ENDE =====
    
```

### 3.5 Datenlisten

#### 3.5.1 Maschinendaten

##### 3.5.1.1 NC-spezifische Maschinendaten

Nummer	Bezeichner: \$MN_	Beschreibung
MD10619	COLLISION_TOLERANCE	Kollisionstoleranz
MD10622	COLLISION_SAFETY_DIST	Sicherheitsabstand
MD18896	MM_MAXNUM_3D_COLLISION	Speicherplatz für die Kollisionsvermeidung

#### 3.5.2 Systemvariablen

Bezeichner	Beschreibung
\$NP_COLL_PAIR	Name des ersten oder zweiten Schutzbereichs eines Kollisionspaars
\$NP_SAFETY_DIST	Sicherheitsabstand des Kollisionspaars
\$AN_COLL_STATE	Aktueller Zustand eines Schutzbereiches bezüglich der Kollisionsvermeidung
\$AN_COLL_STATE_COND	Überwachungszustand (bitcodiert) eines Schutzbereichs

Bezeichner	Beschreibung
\$AN_COLL_IPO_ACTIVE	Aktivierungszustand der Kollisionsvermeidung im Hauptlauf
\$AN_COLL_IPO_LIMIT	Geschwindigkeitsreduzierung durch Kollisionsvermeidung im Hauptlauf
\$AN_COLL_LOAD	Rechenzeitbedarf für Kollisionsvermeidungsfunktion
\$AN_ACTIVATE_COLL_CHECK	Aktueller Zustand der NC/PLC-Nahtstelle DB10, DBX234.0 - DBX.241.7 (Schutzbereiche aktivieren)
\$AN_COLL_CHECK_OFF	Aktueller Zustand der NC/PLC-Nahtstelle DB10, DBB58 (Schutzbereichsgruppen betriebsartenabhängig ausschalten)
\$AA_COLLPOS	Position einer Achse im MKS beim zuletzt aufgetretenen Kollisionsalarm
\$AC_COLLPOS	Vektor zur Kollisionsposition im Weltkoordinatensystem beim zuletzt aufgetretenen Kollisionsalarm
\$AN_COLL_MEM_AVAILABLE	Größe des von der Kollisionsvermeidung reservierten Speicherplatzes in kByte.
\$AN_COLL_MEM_USE_MIN	Minimalwert des von der Kollisionsvermeidung genutzten Speicherplatzes in Prozent des reservierten Speicherplatzes.
\$AN_COLL_MEM_USE_MAX	Maximalwert des von der Kollisionsvermeidung genutzten Speicherplatzes in Prozent des reservierten Speicherplatzes
\$AN_COLL_MEM_USE_ACT	Aktueller Wert des von der Kollisionsvermeidung genutzten Speicherplatzes in Prozent des reservierten Speicherplatzes.
\$AA_DTBREB	Geschätzter, linear genäherter Gesamtbremsweg (BKS)
\$AA_DTBREB_CMD	Kommandoanteil (BKS)
\$AA_DTBREB_CORR	Korrekturanteil (BKS)
\$AA_DTBREB_DEP	Kopplungsanteil (BKS)
\$AA_DTBREM	Geschätzter, linear genäherter Gesamtbremsweg (MKS)
\$AA_DTBREM_CMD	Kommandoanteil (MKS)
\$AA_DTBREM_CORR	Korrekturanteil (MKS)
\$AA_DTBREM_DEP	Kopplungsanteil (MKS)



## K11 Kollisionsvermeidung, extern

### 4.1 Funktionsbeschreibung

#### 4.1.1 Optionen

Die Funktion "Kollisionsvermeidung, extern " ist eine lizenzpflichtige Option:

- **Kollisionsvermeidung ADVANCED** (Maschine, Werkstück): 6FC5800-0AS04-0YB0

#### 4.1.2 Merkmale

Die Funktion "Kollisionsvermeidung, extern" stellt an der Industrial Ethernet-Schnittstelle X120 der NCU-Baugruppe eine proprietäre Datenschnittstelle zur Verfügung. Über diese Schnittstelle werden folgende Daten in Echtzeit übertragen:

- Soll- und Istwerte der Maschinenachsen zur Überwachung und Visualisierung der Maschinenbewegungen
- Statusdaten und Vorgaben zur Beeinflussung der Verfahrbewegungen
- Signale zur Überwachung der externen Applikation

Basierend auf diesen Daten kann auf einem externen Rechner von einem SINUMERIK-Produktpartner eine eigenständige Applikation zur Maschinenvisualisierung und Kollisionsvermeidung realisiert werden.

### 4.2 Inbetriebnahme

#### 4.2.1 Maschinendaten

##### 4.2.1.1 Funktionen der externen Kollisionsvermeidung

Mit dem Maschinendatum werden die Funktionen der externen Kollisionsvermeidung freigegeben:

MD16900 \$MN\_COLLISION\_EXT\_FUNKTION\_MASK.Bit x = 1

Bit	Bedeutung
0	Aktivierung der UDP-Schnittstelle
1 - 31	reserviert

4.2 Inbetriebnahme

**4.2.1.2 Vorschauzeit**

Mit dem Maschinendatum wird die Vorschauzeit eingestellt:

MD16901 \$MN\_COLLISION\_EXT\_PREVIEW\_TIME = <Vorschauzeit>

**4.2.1.3 Vorschau-Zeitschritt**

Mit dem Maschinendatum wird die Größe eines Zeitschritts zur Berechnung der Bewegungsvorschau eingestellt:

MD16902 \$MN\_COLLISION\_EXT\_PREVIEW\_STEP = <Vorschauzeit>

**4.2.1.4 Timeout-Zeit**

Mit dem Maschinendatum wird die Zeit eingestellt, innerhalb der sich die externe Applikation im Rahmen der Lebenszeichenüberwachung spätestens bei der Steuerung zurückgemeldet haben muss:

MD16903 \$MN\_COLLISION\_EXT\_TIMEOUT = <Timeout-Zeit>

Meldet sich die externe Applikation nicht in der hier eingestellten Zeit zurück, wird der Alarm 26300 "Lebenszeichenausfall der externen Kollisionsvermeidung" angezeigt.



## A5: Schutzbereiche

### 5.1 Funktion

Schutzbereiche sind vom Anwender zu definierende statische oder bewegliche 2- bzw. 3-dimensionale Bereiche innerhalb einer Maschine zum Schutz von Maschinenelementen vor Kollisionen.

Folgende Elemente können geschützt werden:

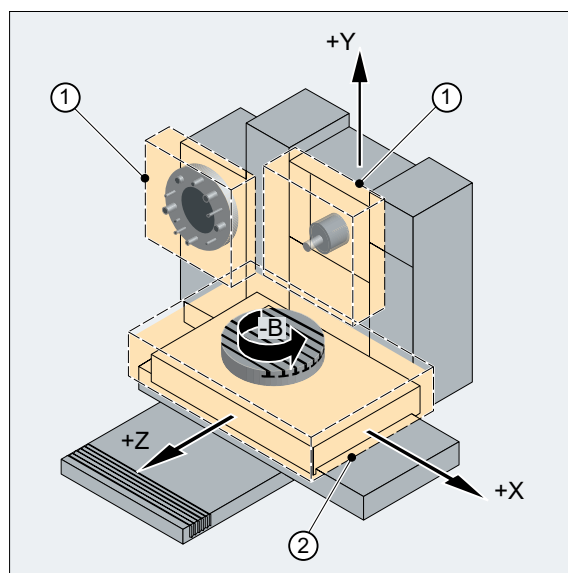
- Feststehende Maschinenelemente (z. B. Werkzeugmagazin, einschwenkbarer Messtaster)
- Bewegliche Maschinenelemente, die zum Werkzeug gehören (z. B. Werkzeug, Werkzeugträger)
- Bewegliche Maschinenelemente, die zum Werkstück gehören (z. B. Teile des Werkstücks, Aufspanntisch, Spannpratzen, Spindelfutter, Reitstock)

Damit der Schutz eines Maschinenelements gewährleistet ist, muss der Schutzbereich so definiert werden, dass er das zu schützende Element vollständig umschließt.

Die Überwachung der Schutzbereiche erfolgt kanalbezogen, d. h., es werden alle aktiven Schutzbereiche eines Kanals gegenseitig auf Kollision überwacht.

Beim automatischen Abarbeiten von Teileprogrammen in der Betriebsart AUTOMATIK bzw. MDA prüft die NC am Anfang jedes Teileprogrammabsatzes, ob es beim Verfahren der programmierten Bahn zu Kollisionen von Schutzbereichen kommen würde.

Nach einer manuellen Deaktivierung eines aktiven Schutzbereichs kann in diesen gefahren werden. Nach Verlassen des Schutzbereichs wird der Schutzbereich automatisch wieder aktiv.



- ① Werkzeugbezogene Schutzbereiche  
 ② Werkstückbezogener Schutzbereich

Bild 5-1 Beispiel für Schutzbereiche an einer Fräsmaschine

## Definieren von Schutzbereichen

Ein Schutzbereich kann 2- oder 3-dimensional aus Polygonzügen mit maximal 10 Eckpunkten und Kreisbögen als Konturelemente definiert werden. Die Definition kann über Befehle im Teileprogramm (siehe "Schutzbereiche definieren (CROTDEF, NROTDEF) (Seite 120)") oder über Systemvariable erfolgen. Die Konturelemente liegen dabei alle in der mit G17, G18 oder G19 wählbaren Ebene.

### 3. Dimension

Die Ausdehnung des Schutzbereiches in der 3. Dimension kann zwischen  $-\infty$  bis  $+\infty$  begrenzt werden:

- $-\infty$  bis  $+\infty$
- $-\infty$  bis oberer Grenzwert
- Unterer Grenzwert bis  $+\infty$
- Unterer Grenzwert bis oberer Grenzwert

### Koordinatensystem

Die Definition eines Schutzbereichs erfolgt bezogen auf die Geometriachsen eines Kanals und daher im Basiskoordinatensystem (BKS).

### Bezug

- Werkzeugbezogene Schutzbereiche  
Koordinaten für **werkzeug**bezogene Schutzbereiche sind absolut, bezogen auf den **Werkzeugträgerbezugspunkt F**, anzugeben.
- Werkstückbezogene Schutzbereiche  
Koordinaten für **werkstück**bezogene Schutzbereiche sind absolut, bezogen auf den Nullpunkt des **Basiskoordinatensystems (BKS)**, anzugeben.

---

### Hinweis

Ist kein werkzeugbezogener Schutzbereich aktiv, wird die Werkzeugbahn gegen die Werkstück-bezogenen Schutzbereiche geprüft.

Ist kein werkstückbezogener Schutzbereich aktiv, findet keine Schutzbereichsüberwachung statt.

---

### Orientierung

Die Orientierung der Schutzbereiche wird bestimmt durch die Festlegung der Ebene (Abszisse/ Ordinate), in der die Konturbeschreibung erfolgt und die senkrecht auf der Kontur des Schutzbereiches stehende Achse (Applikate).

Die Orientierung der Schutzbereiche muss für werkzeug- und werkstückbezogene Schutzbereiche gleich sein.

### Maschinen- / Kanalspezifische Schutzbereiche

- Maschinenspezifische Schutzbereiche  
Daten für maschinenspezifische Schutzbereiche sind einmal in der Steuerung definiert. Diese Schutzbereiche können von allen Kanälen aktiviert werden.
- Kanalspezifische Schutzbereiche  
Daten für kanalspezifische Schutzbereiche sind in einem Kanal definiert. Diese Schutzbereiche können nur von diesem Kanal aktiviert werden.

### Systemvariable

Bei der Definition der Schutzbereiche über Befehle im Teileprogramm werden die Schutzbereichsdaten in Systemvariablen abgelegt. Die Systemvariablen können auch direkt geschrieben werden, d. h. die Definition von Schutzbereichen kann auch direkt in den Systemvariablen vorgenommen werden. Für die Beschreibung der Kontur eines Schutzbereichs gelten dabei die gleichen Randbedingungen wie bei der Schutzbereichsdefinition über Befehle im Teileprogramm (siehe "Schutzbereiche definieren (CROTDEF, NPROTDEF) (Seite 120)").

Die Schutzbereichsdefinitionen umfassen folgende Systemvariablen:

Systemvariable	Typ	Bedeutung
\$SN_PA_ACTIV_IMMED[<n> \$SC_PA_ACTIV_IMMED[<n>	BOOL	Aktivierungstyp Der Schutzbereich ist nach dem Hochlaufen der Steuerung und dem Referenzieren der Achsen sofort aktiv/nicht aktiv.
		FALSE   nicht sofort aktiv
		TRUE   sofort aktiv
\$SN_PA_T_W[<n> \$SC_PA_T_W[<n>	INT	Schutzbereichstyp
		0   Werkstückbezogener Schutzbereich
		1   reserviert
		2   reserviert
		3   Werkzeugbezogener Schutzbereich
\$SN_PA_ORI[<n> \$SC_PA_ORI[<n>	INT	Orientierung des Schutzbereichs, d. h. Polygonzug in der Ebene aus:
		0   1. und 2. Geometrieachse
		1   3. und 1. Geometrieachse
		2   2. und 3. Geometrieachse
\$SN_PA_LIM_3DIM[<n> \$SC_PA_LIM_3DIM[<n>	INT	Art der Begrenzung in der 3. Dimension
		0   keine Begrenzung
		1   Begrenzung in Plus-Richtung
		2   Begrenzung in Minus-Richtung
		3   Begrenzung in Plus- und Minus-Richtung
\$SN_PA_PLUS_LIM[<n> \$SC_PA_PLUS_LIM[<n>	REAL	Wert der Begrenzung in Plus-Richtung in der 3. Dimension
\$SN_PA_MINUS_LIM[<n> \$SC_PA_MINUS_LIM[<n>	REAL	Wert der Begrenzung in Minus-Richtung in der 3. Dimension
\$SN_PA_CONT_NUM[<n> \$SC_PA_CONT_NUM[<n>	INT	Anzahl der gültigen Konturelemente

Systemvariable	Typ	Bedeutung
\$SN_PA_CONT_TYP[<n>, <i>] \$SC_PA_CONT_TYP[<n>, <i>]	INT	Konturtyp[<i>], Konturtyp (G1, G2, G3) des <i>-ten Konturelements
\$SN_PA_CONT_ABS[<n>, <i>] \$SC_PA_CONT_ABS[<n>, <i>]	REAL	Endpunkt der Kontur[<i>], Abszissenwert
\$SN_PA_CONT_ORD[<n>, <i>] \$SC_PA_CONT_ORD[<n>, <i>]	REAL	Endpunkt der Kontur[<i>], Ordinatenwert
\$SN_PA_CENT_ABS[<n>, <i>] \$SC_PA_CENT_ABS[<n>, <i>]	REAL	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], absoluter Abszissenwert
\$SN_PA_CENT_ORD[<n>, <i>] \$SC_PA_CENT_ORD[<n>, <i>]	REAL	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], absoluter Ordinatenwert
\$SN_... sind Systemvariable für NC- bzw. maschinenspezifische Schutzbereiche. \$SC_... sind Systemvariable für kanalspezifische Schutzbereiche. Der Index "<n>" entspricht der Nummer des Schutzbereichs: 0 = 1. Schutzbereich Der Index "<i>" entspricht der Nummer des Konturelements: 0 = 1. Konturelement Die Konturelemente sind in aufsteigender Reihenfolge zu definieren.		

**Hinweis**

Die Systemvariablen der Schutzbereichsdefinitionen werden bei REORG nicht restauriert!

**Daten der Schutzbereichsdefinitionen**

**Datenablage**

Die Schutzbereichsdefinitionen werden in den folgenden Dateien abgelegt:

Datei	Bausteine
_N_NCK_PRO	Datenbaustein für maschinenspezifische Schutzbereiche
_N_CHAN1_PRO	Datenbaustein für kanalspezifische Schutzbereiche im Kanal 1
_N_CHAN2_PRO	Datenbaustein für kanalspezifische Schutzbereiche im Kanal 2

**Datensicherung**

Die Schutzbereichsdefinitionen werden in den folgenden Dateien gesichert:

Datei	Bausteine
_N_INITIAL_INI	Alle Datenbausteine der Schutzbereiche
_N_COMPLETE_PRO	Alle Datenbausteine der Schutzbereiche
_N_CHAN_PRO	Alle Datenbausteine der kanalspezifischen Schutzbereiche

**Aktivieren, Voraktivieren und Deaktivieren von Schutzbereichen**

**Aktivierungsstatus**

Der Aktivierungsstatus eines Schutzbereichs kann folgende Werte annehmen:

- Aktiviert
- Voraktiviert

- Voraktiviert mit bedingtem Stopp
- Deaktiviert

Der Aktivierungsstatus ist immer kanalspezifisch, auch bei maschinenspezifischen Schutzbereichen!

### Aktivieren, Voraktivieren und Deaktivieren im Teileprogramm

Der Aktivierungsstatus eines Schutzbereichs kann über Befehle im Teileprogramm jederzeit verändert werden (siehe "Schutzbereiche aktivieren/deaktivieren (CPROT, NPROT) (Seite 124)").

### Hinweis

Ein Schutzbereich wird erst nach dem Referenzieren aller Geometrieachsen des Kanals, in dem er aktiviert wurde, berücksichtigt.

Schutzbereiche, die zu einem späteren Zeitpunkt vom PLC-Anwenderprogramm aus aktiviert werden sollen (siehe unten), müssen im Teileprogramm voraktiviert werden.

Voraktivierte Schutzbereiche werden über folgende NC/PLC-Nahtstellensignale angezeigt:

- DB21, ... DBX272.0 - 273.1 (Maschinenspezifischer Schutzbereich 1 - 10 voraktiviert) == 1
- DB21, ... DBX274.0 - 275.1 (Kanalspezifischer Schutzbereich 1 - 10 voraktiviert) == 1

### Voraktivieren mit bedingtem Stopp

<b>ACHTUNG</b>
<b>Schutzraumverletzung möglich</b>
Wird ein mit bedingtem Stopp voraktivierter Schutzraum nicht rechtzeitig aktiviert, kann die NC aufgrund des bis zum Aktivierungszeitpunkt nicht berücksichtigten Bremswegs unter Umständen nicht mehr rechtzeitig vor dem Schutzraum anhalten.

Bei einem voraktivierten Schutzbereich mit bedingtem Stopp wird eine Verfahrbewegung **nicht** vor diesem angehalten, wenn die Verfahrbewegung in den Schutzraum hinein führt. Ein Stopp erfolgt nur, wenn der Schutzbereich aktiviert wurde. Dieses Verhalten soll eine vom Anwender steuerbare unterbrechungsfreie Bearbeitung für den Fall ermöglichen, dass der Schutzbereich nur zeitweise benötigt wird.

### Aktivieren über NC/PLC-Nahtstellensignale

Nur Schutzbereiche, die über das Teileprogramm **voraktiviert** wurden, können im PLC-Anwenderprogramm über die NC/PLC-Nahtstellensignale aktiviert werden:

- DB21, ... DBX8.0 - 9.1 (Maschinenspezifischen Schutzbereich 1 - 10 aktivieren) = 1
- DB21, ... DBX10.0 - 11.1 (Kanalspezifischen Schutzbereich 1 - 10 aktivieren) = 1

Die Aktivierung voraktivierter Schutzbereiche muss vor der Verfahrbewegung der Geometrieachsen erfolgen! Erfolgt die Aktivierung während der Verfahrbewegung, werden diese Schutzbereiche für die aktuelle Verfahrbewegung nicht mehr berücksichtigt. Reaktion:

- Alarm 10704 "Schutzbereichsüberwachung ist nicht gewährleistet"
- DB21, ... DBX39.0 (Schutzbereichsüberwachung nicht gewährleistet) = 1

---

#### Hinweis

Die Aktivierung voraktivierter Schutzbereiche muss vor der Verfahrbewegung der Geometrieachsen erfolgen!

---

#### Deaktivieren über NC/PLC-Nahtstellensignale

Nur Schutzbereiche, die über ein Teileprogramm **voraktiviert** und über die NC/PLC-Nahtstellensignale aktiviert wurden, können über die NC/PLC-Nahtstellensignale wieder deaktiviert werden:

- DB21, ... DBX8.0 bis DBX9.1 (Maschinenspezifischen Schutzbereich 1 - 10 aktivieren) = 0
- DB21, ... DBX10.0 bis DBX11.1 (Kanalspezifischen Schutzbereich 1 - 10 aktivieren) = 0

Schutzbereiche, die über ein Teileprogramm direkt **aktiviert** wurden, können vom PLC-Anwenderprogramm aus **nicht** deaktiviert werden.

#### Automatisches Deaktivieren beim Transformationswechsel / Geometrieachstausch

In der Standardeinstellung werden aktive Schutzbereiche beim Wechsel einer Transformation oder beim Geometrieachstausch automatisch deaktiviert. Sollen aktive Schutzbereiche dagegen aktiv bleiben, muss das bitcodierte Maschinendatum MD10618 \$MN\_PROTAREA\_GEOAX\_CHANGE\_MODE entsprechend angepasst werden (siehe "Maschinendaten (Seite 119)").

### Aktivierungsstatus in besonderen Systemzuständen

#### Satzsuchlauf mit Berechnung

Bei Satzsuchlauf mit Berechnung wird immer der zuletzt programmierte Aktivierungszustand eines Schutzbereichs berücksichtigt.

#### Programmtest

In den Betriebsarten AUTOMATIK und MDA werden aktivierte und voraktivierte Schutzbereiche auch im Zustand "Programmtest" überwacht.

#### NC-RESET und Programmende

Der Aktivierungsstatus eines Schutzbereichs bleibt über NC-RESET und Programmende hinaus erhalten.

## Anzeige von Schutzbereichsverletzungen

Verletzungen von aktivierten Schutzbereichen oder mögliche Verletzungen von voraktivierten Schutzbereichen, falls diese aktiviert würden, werden über folgende NC/PLC-Nahtstellensignale angezeigt:

- DB21, ... DBX276.0 - 277.1 (Maschinenspezifischer Schutzbereich 1 - 10 verletzt) == 1
- DB21, ... DBX278.0 - 279.1 (Kanalspezifischer Schutzbereich 1 - 10 verletzt) == 1

## Überprüfen auf Schutzbereichsverletzung

Ob ein vorgegebener Weg von den Geometrieachsen verfahren werden kann, ohne Schutzbereiche zu verletzen, kann mit der Funktion CALCPOSI überprüft werden (siehe "Überprüfung auf Schutzbereichsverletzung, Arbeitsfeldbegrenzung und Software-Endschalter (CALCPOSI) (Seite 127)").

# 5.2 Inbetriebnahme

## 5.2.1 Maschinendaten

### Speicherbedarf

Der für Schutzbereiche benötigte Speicherbedarf wird über folgende Maschinendaten parametrisiert:

- Persistenten Speicher
  - MD18190 \$MN\_MM\_NUM\_PROTECT\_AREA\_NCK (Anzahl der verfügbaren maschinenspezifischen Schutzbereiche)
  - MD28200 \$MC\_MM\_NUM\_PROTECT\_AREA\_CHAN (Anzahl der verfügbaren kanalspezifischen Schutzbereiche)
- Dynamischer Speicher
  - MD28210 \$MC\_MM\_NUM\_PROTECT\_AREA\_ACTIVE (Maximale Anzahl der gleichzeitig im Kanal aktivierbaren Schutzbereiche)
  - MD28212 \$MC\_MM\_NUM\_PROTECT\_AREA\_CONTUR (Maximale Anzahl definierbarer Konturelemente im Kanal)

### Verhalten beim Transformationswechsel / Geometrieachstausch

Mit dem folgenden Maschinendatum wird festgelegt, ob beim Wechsel einer Transformation oder beim Geometrieachstausch aktive Schutzbereiche erhalten bleiben oder deaktiviert werden sollen:

MD10618 \$MN\_PROTAREA\_GEOAX\_CHANGE\_MODE

Bit	Wert	Bedeutung
0	0	Die aktiven Schutzbereiche werden beim Transformationswechsel deaktiviert.
	1	Die aktiven Schutzbereiche bleiben beim Transformationswechsel aktiv.
1	0	Die aktiven Schutzbereiche werden beim Geometrieachstausch deaktiviert.
	1	Die aktiven Schutzbereiche bleiben beim Geometrieachstausch aktiv.

## 5.3 Programmierung

### 5.3.1 Schutzbereiche definieren (CROTDEF, NROTDEF)

Schutzbereiche, die Maschinenelemente vor Kollisionen schützen sollen, werden im Teileprogramm jeweils in Blöcken definiert. Diese enthalten folgende Elemente:

1. Festlegung der Arbeitsebene  
Vor der eigentlichen Schutzbereichsdefinition muss die Arbeitsebene angewählt werden, auf die sich die Konturbeschreibung des Schutzbereichs beziehen soll.
2. Definitionsbeginn  
Je nach NC-Befehl wird entweder ein kanalspezifischer oder maschinenspezifischer Schutzbereich angelegt.
3. Konturbeschreibung des Schutzbereichs  
Die Kontur eines Schutzbereichs wird mittels Verfahrbewegungen beschrieben. Diese werden nicht ausgeführt und haben keine Verbindung zu vorhergehenden oder nachfolgenden Geometriebeschreibungen. Sie definieren ausschließlich den Schutzbereich.
4. Definitionsende

### Syntax

```
DEF INT <Var>
G17/G18/G19
CROTDEF/NROTDEF (<n>, <t>, <AppLim>, <AppPlus>, <AppMinus>)
G0/G1/... X/Y/Z...
...
EXECUTE (<Var>)
```

### Bedeutung

DEF INT <Var>:	Definition einer lokalen Hilfsvariablen vom Datentyp INTEGER
<Var>:	Name der Hilfsvariablen



G17/G18/G19:	Arbeitsebene <b>Hinweis:</b> Die Arbeitsebene darf vor dem Definitionsende nicht geändert werden. Eine Programmierung der Applikate zwischen Definitionsbeginn und -ende ist nicht zulässig.	
CPROTDEF () :	Vordefinierte Prozedur zur Definition eines <b>kanalspezifischen</b> Schutzbereichs	
NPROTDEF () :	Vordefinierte Prozedur zur Definition eines <b>maschinenspezifischen</b> Schutzbereichs	
<n>:	Nummer des definierten Schutzbereichs	
	Datentyp:	INT
<t>:	Typ des Schutzbereichs	
	Datentyp:	BOOL
	Wert:	TRUE <b>Werkzeugbezogener</b> Schutzbereich
		FALSE <b>Werkstückbezogener</b> Schutzbereich
<AppLim>:	Art der Begrenzung in der 3. Dimension	
	Datentyp:	INT
	Wert:	0        keine Begrenzung
		1        Begrenzung in Plus-Richtung
		2        Begrenzung in Minus-Richtung
		3        Begrenzung in Plus- und Minus-Richtung
<AppPlus>:	Wert der Begrenzung in Plus-Richtung der 3. Dimension	
	Datentyp:	REAL
<AppMinus>:	Wert der Begrenzung in Minus-Richtung der 3. Dimension	
	Datentyp:	REAL

<p>G0/G1/... X/Y/Z... ... :</p>	<p>Die Kontur eines Schutzbereichs wird mit maximal 11 Verfahr-              bewegungen in der angewählten Arbeitsebene beschrieben.              Dabei ist die erste Verfahrbewegung die Bewegung an die Kon-              tur. Der letzte Punkt der Konturbeschreibung muss immer mit              dem ersten Punkt der Konturbeschreibung zusammenfallen.</p> <p>Als Schutzbereich gilt der Bereich links von der Kontur:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Innenschutzbereich                  Die Kontur für einen Innenschutzbereich ist gegen den                  Uhrzeigersinn zu beschreiben.</li> <li>• Außenschutzbereich (nur zulässig für werkstückbezogene                  Schutzbereiche!)                  Die Kontur für einen Außenschutzbereich ist im                  Uhrzeigersinn zu beschreiben.</li> </ul> <p>Folgende Konturelemente sind zulässig:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• G0, G1 für gerade Konturelemente</li> <li>• G2 für Kreisabschnitte im Uhrzeigersinn                  Nur zulässig bei werkstückbezogenen Schutzbereichen!                  Nicht zulässig bei werkzeugbezogenen Schutzbereichen,                  da sie nur konvex sein dürfen.</li> <li>• G3 für Kreisabschnitte gegen den Uhrzeigersinn</li> </ul> <p><b>Hinweis:</b>                  Ein Schutzbereich kann nicht durch einen Vollkreis beschrieben                  werden. Ein Vollkreis muss in zwei Teilkreise aufgeteilt werden.</p> <p><b>Hinweis:</b>                  Die Folge G2 → G3 bzw. G3 → G2 ist nicht zulässig! Zwischen die                  beiden Kreissätze muss ein kurzer G1-Satz eingefügt werden.</p>
<p>EXECUTE (&lt;Var&gt;):</p>	<p>Vordefinierte Prozedur, die das Ende der Definition markiert                  Mit EXECUTE wird zur normalen Programmbearbeitung zurück-                  geschaltet.</p>

**Beispiel**

Siehe Beispiel unter "Schutzbereiche aktivieren/deaktivieren (CPROT, NPROT) (Seite 124)".

**Weitere Informationen**

**Maschinenspezifische Schutzbereiche**

Ein maschinenspezifischer Schutzbereich bzw. dessen Kontur wird mittels der  
 Geometrieachsen definiert, d. h. bezogen auf das Basiskoordinatensystem (BKS) eines  
 Kanals. Damit eine korrekte Schutzbereichsüberwachung in allen Kanälen, in denen der  
 maschinenspezifische Schutzbereich aktiv ist, stattfinden kann, muss das  
 Basiskoordinatensystem (BKS) aller betroffenen Kanäle identisch sein:

- Lage des Koordinatenursprungs bezogen auf den Maschinennullpunkt
- Orientierung der Koordinatenachsen

### Bezugspunkt der Konturbeschreibung

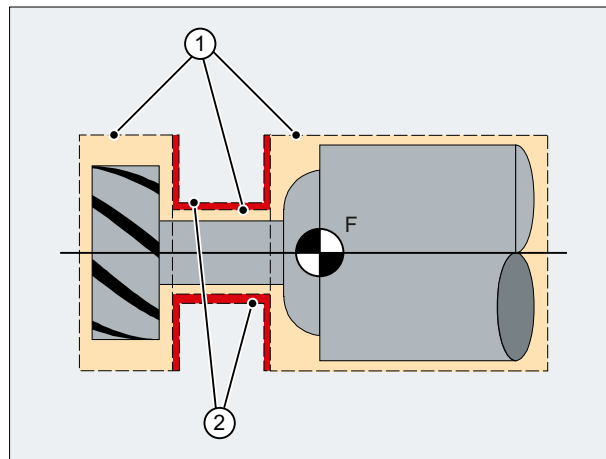
- Werkzeugbezogene Schutzbereiche  
Koordinaten für **werkzeugbezogene** Schutzbereiche sind absolut, bezogen auf den **Werkzeugträgerbezugspunkt F**, anzugeben.
- Werkstückbezogene Schutzbereiche  
Koordinaten für **werkstückbezogene** Schutzbereiche sind absolut, bezogen auf den Nullpunkt des **Basiskoordinatensystems (BKS)**, anzugeben.

### Rotationssymmetrische Schutzbereiche

Bei rotationssymmetrischen Schutzbereichen (z. B. Spindelfutter) muss die Gesamtkontur beschrieben werden, nicht nur die Kontur bis zur Drehmitte.

### Werkzeugbezogene Schutzbereiche

Werkzeugbezogene Schutzbereiche müssen immer konvex sein. Falls ein konkaver Schutzbereich gewünscht ist, ist dieser in mehrere konvexe Schutzbereiche zu zerlegen.



- ① Konvexe Schutzbereiche
- ② Konkave Schutzbereiche (**nicht zulässig!**)
- F Werkzeugträgerbezugspunkt

### Randbedingungen

Während der Definition eines Schutzbereichs dürfen folgende Funktionen nicht aktiv sein bzw. verwendet werden:

- Werkzeugradiuskorrektur (Fräserradiuskorrektur, Schneidenradiuskorrektur)
- Transformation
- Referenzpunktfahren (G74)
- Festpunktfahren (G75)
- Verweilzeit (G4)
- Satzvorlauf-Stopp (STOPRE)
- Programmende (M17, M30)
- M-Funktionen: M0, M1, M2

### 5.3.2 Schutzbereiche aktivieren/deaktivieren (CPROT, NPROT)

Vorher im Teileprogramm definierte Schutzbereiche können jederzeit aktiviert bzw. für eine spätere Aktivierung durch das PLC-Anwenderprogramm voraktiviert werden. Aktive Schutzbereiche können jederzeit wieder deaktiviert werden.

Bei der Aktivierung bzw. Voraktivierung besteht zudem die Möglichkeit, den Bezugspunkt des Schutzbereichs relativ zu verschieben.

---

**Hinweis**

Ein Schutzbereich wird erst nach dem Referenzieren aller Geometrieachsen des Kanals, in dem er aktiviert wurde, berücksichtigt.

---

**Hinweis**

**Überwachung der Schutzbereiche**

Ist kein werkzeugbezogener Schutzbereich aktiv, wird die Werkzeugbahn gegen die werkstückbezogenen Schutzbereiche geprüft.

Ist kein werkstückbezogener Schutzbereich aktiv, findet keine Schutzbereichsüberwachung statt.

---

**Syntax**

CPROT (<n>, <Status>, <XMov>, <YMov>, <ZMov>)  
 NPROT (<n>, <Status>, <XMov>, <YMov>, <ZMov>)

**Bedeutung**

CPROT:	Vordefinierte Prozedur zum Aktivieren eines <b>kanalspezifischen</b> Schutzbereichs		
NPROT:	Vordefinierte Prozedur zum Aktivieren eines <b>maschinenspezifischen</b> Schutzbereichs		
<n>:	Nummer des Schutzbereichs		
	Datentyp:	INT	
<Status>:	Mit diesem Parameter wird der kanalspezifische Aktivierungsstatus gesetzt		
	Datentyp:	INT	
	Wert:	0	Schutzbereich deaktivieren
		1	Schutzbereich voraktivieren
		2	Schutzbereich aktivieren
3		Schutzbereich voraktivieren mit bedingtem Stopp	

<XMov>, <YMov>, <ZMov>:	Additive Verschiebungswerte in X/Y/Z-Richtung Die Verschiebung kann in 1, 2 oder 3 Dimensionen erfolgen. Die Verschiebungswerte beziehen sich auf: <ul style="list-style-type: none"> <li>• den Maschinennullpunkt bei <b>werkstückbezogenem</b> Schutzbereich</li> <li>• den Werkzeugträgerbezugspunkt F bei <b>werkzeugbezogenem</b> Schutzbereich</li> </ul>
Datentyp:	REAL

## Beispiel

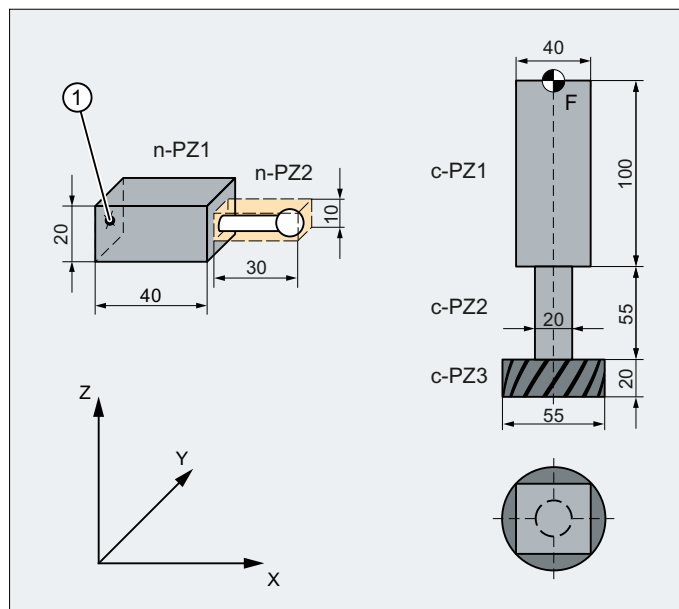
Für eine Fräsmaschine soll eine mögliche Kollision des Fräasers mit dem Messtaster überwacht werden. Die Lage des Messtasters soll bei der Aktivierung durch eine Verschiebung angegeben werden.

Es werden dafür folgende Schutzbereiche definiert:

- Jeweils ein maschinenspezifischer und werkstückbezogener Schutzbereich für den Messtasterhalter (n-PZ1) und für den Messtaster selbst (n-PZ2).
- Jeweils ein kanalspezifischer und werkzeugbezogener Schutzbereich für den Fräserhalter (c-PZ1), den Fräferschaft (c-PZ2) und für den Fräser selbst (c-PZ3).

Die Orientierung aller Schutzbereiche liegt in Z-Richtung.

Die Lage des Bezugspunkts des Messtasters bei der Aktivierung soll bei X = -120, Y = 60 und Z = 80 liegen.



- ① Bezugspunkt für den Schutzbereich des Messtasters  
 F Werkzeugträgerbezugspunkt

Programmcode	Kommentar
DEF INT PROTZONE	; Definition einer Hilfsvariablen

Programmcode	Kommentar
G17	; Arbeitsebene XY
; Definition der Schutzbereiche:	
NPROTDEF(1,FALSE,3,10,-10)	; Schutzbereich n-PZ1
G01 X0 Y-10	
X40	
Y10	
X0	
Y-10	
EXECUTE (PROTZONE)	
NPROTDEF(2,FALSE,3,5,-5)	; Schutzbereich n-PZ2
G01 X40 Y-5	
X70	
Y5	
X40	
Y-5	
EXECUTE (PROTZONE)	
CPROTDEF(1,TRUE,3,0,-100)	; Schutzbereich c-PZ1
G01 X-20 Y-20	
X20	
Y20	
X-20	
Y-20	
EXECUTE (PROTZONE)	
CPROTDEF(2,TRUE,3,-100,-150)	; Schutzbereich c-PZ2
G01 X0 Y-10	
G03 X0 Y10 J10	
X0 Y-10 J-10	
EXECUTE (PROTZONE)	
CPROTDEF(3,TRUE,3,-150,-170)	; Schutzbereich c-PZ3
G01 X0 Y-27.5	
G03 X0 Y27.5 J27.5	
X0 Y27.5 J-27.5	
EXECUTE (PROTZONE)	
; Aktivierung der Schutzbereiche:	
NPROT(1,2,-120,60,80)	; Schutzbereich n-PZ1 mit Verschiebung aktivieren
NPROT(2,2,-120,60,80)	; Schutzbereich n-PZ2 mit Verschiebung aktivieren
CPROT(1,2,0,0,0)	; Schutzbereich c-PZ1 aktivieren
CPROT(2,2,0,0,0)	; Schutzbereich c-PZ2 aktivieren
CPROT(3,2,0,0,0)	; Schutzbereich c-PZ3 aktivieren

## Weitere Informationen

### Aktivierungsstatus nach Hochlaufen der Steuerung

Ein Schutzbereich kann bereits nach dem Hochlaufen der Steuerung und dem Referenzieren der Achsen aktiv sein. Dies ist der Fall, wenn für den Schutzbereich die folgende Systemvariable auf TRUE gesetzt ist:

- \$SN\_PA\_ACTIV\_IMMED[<n>] (für maschinenspezifischen Schutzbereich) bzw.
- \$SC\_PA\_ACTIV\_IMMED[<n>] (für kanalspezifischen Schutzbereich)  
Der Index "<n>" entspricht der Nummer des Schutzbereichs: 0 = 1. Schutzbereich

Der Schutzbereich wird mit dem Status = 2 und ohne Verschiebung aktiviert.

### Mehrfaches Aktivieren eines Schutzbereichs

Ein maschinenspezifischer Schutzbereich kann gleichzeitig in mehreren Kanälen wirksam sein (z. B. Schutzbereich der Pinole bei zwei gegenüberliegenden Schlitten). Die Überwachung der Schutzbereiche erfolgt nur, wenn alle Geometrieachsen referenziert sind.

Ein Schutzbereich ist in einem Kanal nicht gleichzeitig mit verschiedenen Verschiebungen aktivierbar.

### Schutzbereichsüberwachung bei aktiver Werkzeugradiuskorrektur

Bei aktiver Werkzeugradiuskorrektur ist eine funktionsfähige Schutzbereichsüberwachung nur möglich, wenn die Ebene der Werkzeugradiuskorrektur identisch ist mit der Ebene der Schutzbereichsdefinitionen.

## 5.3.3 Überprüfung auf Schutzbereichsverletzung, Arbeitsfeldbegrenzung und Software-Endschalter (CALCPOSI)

### Funktion

Die Funktion CALCPOSI überprüft im Werkstückkoordinatensystem (WKS), ob ausgehend von der Startposition die **Geometrieachsen** einen vorgegebenen Weg verfahren können, ohne aktive Begrenzungen zu verletzen. Für den Fall, dass der Verfahrenweg aufgrund von Begrenzungen nicht vollständig abgefahren werden kann, werden ein positiver, dezimal codierter Statuswert und der maximal mögliche Verfahrenweg zurückgegeben.

### Definition

```
INT CALCPOSI (VAR REAL[3] <Start>, VAR REAL[3] <Dist>, VAR REAL[5]
<Limit>, VAR REAL[3] <MaxDist>, BOOL <MeasSys>, INT <TestLim>)
```

### Syntax

```
<Status> = CALCPOSI (VAR <Start>, VAR <Dist>, VAR <Limit>, VAR
<MaxDist>, <MeasSys>, <TestLim>)
```

**Bedeutung**

CALCPOSI (...):	Vordefinierte Funktion für den Test auf Begrenzungsverletzungen bezüglich der Geometrieachsen		
	Vorlaufstopp:	nein	
	Alleine im Satz:	ja	
<Status>: (Teil 1)	Rückgabewert der Funktion. Negative Werte zeigen Fehlerzustände an.		
	Datentyp:	INT	
	Wertebereich:	$-8 \leq x \leq 100000$	
	Wert:	0	Der Fahrweg kann vollständig abgefahren werden
		-1	In <Limit> ist mindestens eine Komponente negativ.
		-2	Fehler bei einer Transformationsberechnung. Beispiel: Der Fahrweg führt durch eine Singularität, so dass die Achspositionen nicht definiert sind.
		-3	Der angegebene Fahrweg <Dist> und der maximal mögliche Fahrweg <MaxDist> sind linear abhängig. <b>Hinweis</b> Kann nur im Zusammenhang mit <TestLim>, Bit 4 == 1 auftreten.
		-4	Die Projektion der in <Dist> enthaltenen Fahrtrichtung auf die Begrenzungsfläche ist der Nullvektor bzw. die Fahrtrichtung steht senkrecht auf der verletzten Begrenzungsfläche. <b>Hinweis</b> Kann nur im Zusammenhang mit <TestLim>, Bit 5 == 1 auftreten.
		-5	In <TestLim> sind Bit 4 == 1 UND Bit 5 == 1
		-6	Mindestens eine Maschinenachse, die für die Überprüfung der Fahrweggrenzen betrachtet werden muss, ist nicht referenziert.
-7		Funktion Kollisionsvermeidung: Ungültige Definition der kinematischen Kette oder der Schutzbereiche.	
-8	Funktion Kollisionsvermeidung: Die Funktion kann wegen Speichermangel nicht ausgeführt werden.		



<Status>: (Teil 2)	Einerstelle		
	<b>Hinweis</b> Sind gleichzeitig mehrere Grenzen verletzt, wird diejenige gemeldet, die zur stärksten Einschränkung des vorgegebenen Verfahrenswegs führt.		
	Wert:	1	Software-Endschalter begrenzen den Verfahrensweg
		2	Arbeitsfeldbegrenzung begrenzt den Verfahrensweg
		3	Schutzbereiche begrenzen den Verfahrensweg
		4	Funktion Kollisionsvermeidung: Schutzbereiche begrenzen den Verfahrensweg
Zehnerstelle			
Wert:	1x	Der Anfangswert verletzt die Grenze	
	2x	Die vorgegebene Gerade verletzt die Grenze. Dieser Wert wird auch dann zurückgegeben, wenn der Endpunkt selbst keine Grenze verletzt, auf dem Weg vom Start zum Endpunkt aber eine Verletzung eines Grenzwerts auftreten würde (z. B. Durchfahren eines Schutzbereichs, gekrümmte Software-Endschalter im WKS bei nichtlinearen Transformationen, z. B. Transmit).	
<Status>: (Teil 3)	Hunderterstelle		
	Wert:	1xx	UND Einerstelle == 1 oder 2: Der positive Grenzwert ist verletzt.
			UND Einerstelle == 3 <sup>1)</sup> : Es ist ein NC-spez. Schutzbereich verletzt.
	2xx	UND Einerstelle == 1 oder 2: Der negative Grenzwert ist verletzt.	
UND Einerstelle == 3 <sup>1)</sup> : Es ist ein kanalspezifischer Schutzbereich verletzt.			
<Status>: (Teil 4)	Tausenderstelle		
	Wert:	1xxx	UND Einerstelle == 1 oder 2: Faktor, mit dem die Achsnummer multipliziert wird, die die Grenze verletzt. Die Zählung der Achsen beginnt bei 1. Bezug: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Software-Endschalter: Maschinenachsen</li> <li>• Arbeitsfeldbegrenzung: Geometrieachsen</li> </ul> UND Einerstelle == 3 <sup>1)</sup> : Faktor, mit dem die Nummer des verletzten Schutzbereichs multipliziert wird.
<Status>: (Teil 5)	Einhunderttausenderstelle		
	Wert:	0xxxxx	Einhunderttausenderstelle == 0: <Dist> bleibt unverändert
		1xxxxx	In <Dist> wird ein Richtungsvektor zurückgegeben, der die weitere Bewegungsrichtung auf der Begrenzungsfläche definiert. Kann nur bei folgenden Randbedingungen auftreten: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Software-Endschalter oder Arbeitsfeldbegrenzung verletzt (nicht im Startpunkt)</li> <li>• Eine Transformation ist <b>nicht</b> aktiv</li> <li>• &lt;TestID&gt;, Bit 4 oder Bit 5 == 1</li> </ul>

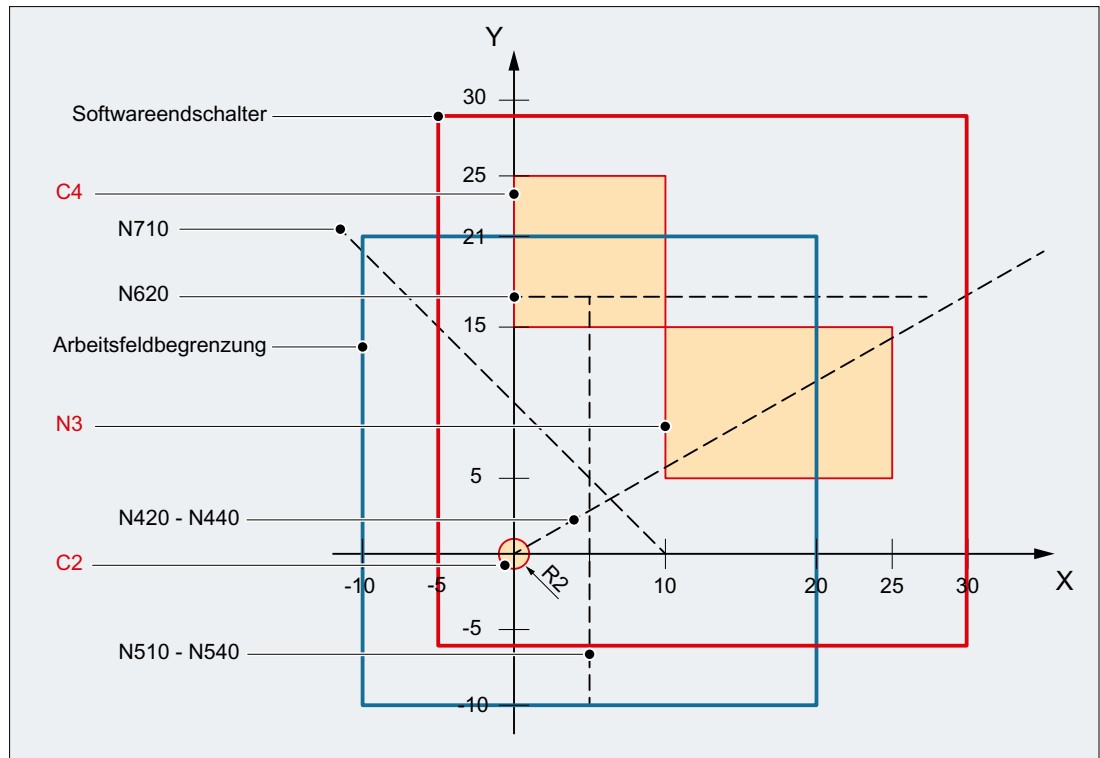
<b>&lt;Start&gt;:</b>	Referenz auf einen Vektor mit den Startpositionen:	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt;Start&gt; [0]: 1. Geometrieachse</li> <li>• &lt;Start&gt; [1]: 2. Geometrieachse</li> <li>• &lt;Start&gt; [2]: 3. Geometrieachse</li> </ul>	
	Parametertyp:	Eingang
	Datentyp:	VAR REAL[3]
	Wertebereich:	-max. REAL-Wert ≤ x[<n>] ≤ +max. REAL-Wert
<b>&lt;Dist&gt;:</b>	Referenz auf einen Vektor.	
	<b>Eingang:</b> inkrementeller Fahrweg	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt;Dist&gt; [0]: 1. Geometrieachse</li> <li>• &lt;Dist&gt; [1]: 2. Geometrieachse</li> <li>• &lt;Dist&gt; [2]: 3. Geometrieachse</li> </ul>	
	<b>Ausgang</b> (nur bei gesetzter Einhunderttausenderstelle im <Status>):	
	<Dist> enthält als Ausgangswert einen Einheitsvektor <b>v</b> , der die weitere Fahrrichtung im WKS definiert.	
	<b>Fall 1:</b> Bildung des Vektors <b>v</b> bei <TestID>, Bit 4 == 1 Die Eingangsvektoren <Dist> und <MaxDist> spannen die Bewegungsebene auf. Diese Ebene wird mit der verletzten Begrenzungsfläche geschnitten. Die Schnittgerade der beiden Ebenen definiert die Richtung des Vektors <b>v</b> . Dabei wird die Orientierung (Vorzeichen) so gewählt, dass der Winkel zwischen dem Eingangsvektor <MaxDist> und <b>v</b> nicht größer als 90 Grad ist.	
	<b>Fall 2:</b> Bildung des Vektors <b>v</b> bei <TestID>, Bit 5 == 1 Der Vektor <b>v</b> ist der Einheitsvektor in Richtung der Projektion des in <Dist> enthaltenen Fahrvektors auf die Begrenzungsfläche. Ist die Projektion des Fahrvektors auf die Begrenzungsfläche der Nullvektor, wird ein Fehler zurückgegeben.	
	Parametertyp:	Ein/Ausgang
Datentyp:	VAR REAL[3]	
	Wertebereich:	-max. REAL-Wert ≤ x[<n>] ≤ +max. REAL-Wert

<Limit>:	<p>Referenz auf ein Feld der Länge 5.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt;Limit&gt; [0 - 2]: Mindestabstände der Geometrieachsen zu den Begrenzungen: <ul style="list-style-type: none"> <li>– &lt;Limit&gt; [0]: 1. Geometrieachse</li> <li>– &lt;Limit&gt; [1]: 2. Geometrieachse</li> <li>– &lt;Limit&gt; [2]: 3. Geometrieachse</li> </ul> </li> </ul> <p>Die Mindestabstände werden eingehalten bei:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Arbeitsfeldbegrenzung: Keine Einschränkungen</li> <li>– Software-Endschalter: Wenn keine Transformation aktiv ist, oder eine Transformation aktiv ist, bei der eine eindeutige Zuordnung der Geometrieachsen zu linearen Maschinenachsen möglich ist, z. B. 5-Achs-Transformationen.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt;Limit&gt; [3]: Enthält den Mindestabstand für lineare Maschinenachsen, die z. B. auf Grund einer nichtlinearen Transformation keiner Geometrieachse zugeordnet werden können. Dieser Wert wird außerdem als Grenzwert bei der Überwachung der konventionellen Schutzbereiche und der Schutzbereiche der Kollisionsvermeidung verwendet.</li> <li>• &lt;Limit&gt; [4]: Enthält den Mindestabstand für rotatorische Maschinenachsen, die z. B. auf Grund einer nichtlinearen Transformation keiner Geometrieachse zugeordnet werden können.</li> </ul> <p><b>Hinweis</b> Dieser Wert wird nur bei der Überwachung der Software-Endschalter von speziellen Transformationen wirksam.</p> <table border="1" data-bbox="603 1017 1476 1129"> <tr> <td>Parametertyp:</td> <td>Eingang</td> </tr> <tr> <td>Datentyp:</td> <td>VAR REAL[5]</td> </tr> <tr> <td>Wertebereich:</td> <td>-max. REAL-Wert ≤ x[n] ≤ +max. REAL-Wert</td> </tr> </table>	Parametertyp:	Eingang	Datentyp:	VAR REAL[5]	Wertebereich:	-max. REAL-Wert ≤ x[n] ≤ +max. REAL-Wert
Parametertyp:	Eingang						
Datentyp:	VAR REAL[5]						
Wertebereich:	-max. REAL-Wert ≤ x[n] ≤ +max. REAL-Wert						
<MaxDist>:	<p>Referenz auf einen Vektor mit dem inkrementellen Verfahrensweg, bei dem der vorgegebene Mindestabstand von einer Achsgrenze von allen beteiligten Maschinenachsen nicht unterschritten wird:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt;Dist&gt; [0]: 1. Geometrieachse</li> <li>• &lt;Dist&gt; [1]: 2. Geometrieachse</li> <li>• &lt;Dist&gt; [2]: 3. Geometrieachse</li> </ul> <p>Ist der Verfahrensweg nicht eingeschränkt, ist der Inhalt dieses Rückgabeparameters gleich dem Inhalt von &lt;Dist&gt;.</p> <p>Bei &lt;TestID&gt;, Bit 4 == 1: &lt;Dist&gt; und &lt;MaxDist&gt; &lt;MaxDist&gt; und &lt;Dist&gt; müssen als Eingangswerte Vektoren enthalten, die eine Bewegungsebene aufspannt. Die beiden Vektoren müssen voneinander linear unabhängig sein. Der Betrag von &lt;MaxDist&gt; ist beliebig. Zur Berechnung der Bewegungsrichtung siehe die Beschreibung zu &lt;Dist&gt;.</p> <table border="1" data-bbox="603 1583 1476 1689"> <tr> <td>Parametertyp:</td> <td>Ausgang</td> </tr> <tr> <td>Datentyp:</td> <td>VAR REAL[3]</td> </tr> <tr> <td>Wertebereich:</td> <td>-max. REAL-Wert ≤ x[&lt;n&gt;] ≤ +max. REAL-Wert</td> </tr> </table>	Parametertyp:	Ausgang	Datentyp:	VAR REAL[3]	Wertebereich:	-max. REAL-Wert ≤ x[<n>] ≤ +max. REAL-Wert
Parametertyp:	Ausgang						
Datentyp:	VAR REAL[3]						
Wertebereich:	-max. REAL-Wert ≤ x[<n>] ≤ +max. REAL-Wert						

<MeasSys>:	Maßsystem (inch / metrisch) für Positions- und Längenangaben ( <b>optional</b> )		
	Datentyp: BOOL		
	Wert:	FALSE (Default)  TRUE	Maßsystem entsprechend des aktuell aktiven G-Befehls aus G-Gruppe 13 (G70, G71, G700, G710). <b>Hinweis</b> Bei aktivem G70 und Grundsystem metrisch oder aktivem G71 und Grundsystem inch werden die Systemvariablen \$AA_IW und \$AA_MW im Grundsystem geliefert und müssen bei Verwendung für CALCPOSI gegebenenfalls umgerechnet werden.  Maßsystem gemäß eingestellttem Grundsystem: MD52806 \$MN_ISO_SCALING_SYSTEM
<TestLim>:	Bitcodierte Auswahl der zu überwachenden Begrenzungen ( <b>optional</b> )		
	Datentyp: INT		
	Defaultwert: Bit 0, 1, 2, 3, 6, 7 == 1 (207)		
	<b>Bit</b>	<b>Dezimal</b>	<b>Bedeutung</b>
	0	1	Software-Endschalter
	1	2	Arbeitsfeldbegrenzung
	2	4	Aktivierte konventionelle Schutzbereiche
	3	8	Voraktivierte konventionelle Schutzbereiche
	4	16	Bei verletzten Software-Endschaltern bzw. Arbeitsfeldbegrenzungen in <Dist> die Verfahrrichtung entsprechend <b>Fall 1</b> (siehe oben) zurückliefern.
	5	32	Bei verletzten Software-Endschaltern bzw. Arbeitsfeldbegrenzungen in <Dist> die Verfahrrichtung entsprechend <b>Fall 2</b> (siehe oben) zurückliefern.
	6	64	Aktivierte Schutzbereiche der Kollisionsvermeidung
7	128	Voraktivierte Schutzbereiche der Kollisionsvermeidung	
8	256	Paare von aktivierten und voraktivierten Schutzbereichen der Kollisionsvermeidung	
<sup>1)</sup> Sind mehrere Schutzbereiche verletzt, wird der Schutzbereich zurückgegeben, der zur stärksten Einschränkung des vorgegebenen Fahrwegs führt.			

## Beispiel

### Begrenzungen



Im Beispiel sind die wirksamen Software-Endschalter und Arbeitsfeldbegrenzungen in der X-Y-Ebene und folgende drei Schutzbereiche dargestellt:

- C2: Werkzeugbezogener kanalspezifischer Schutzbereich, aktiv, kreisförmig, Radius = 2 mm
- C4: Werkstückbezogener, kanalspezifischer Schutzbereich, voraktiviert, quadratisch, Seitenlänge = 10 mm
- N3: Maschinenspezifischer Schutzbereich, aktiv, rechteckig, Seitenlänge = 10 mm x 15 mm

### NC-Programm

Im NC-Programm werden zunächst die Schutzbereiche und Arbeitsfeldbegrenzungen definiert. Anschließend wird die Funktion `CALCPOSI()` mit verschiedenen Parametrierungen aufgerufen.

#### Programmcode

```

N10 DEF REAL _START[3]
N20 DEF REAL _DIST[3]
N30 DEF REAL _LIMIT[5]
N40 DEF REAL _MAXDIST[3]
N50 DEF INT _PA
N60 DEF INT _STATUS

```

**Programmcode**

```
; Werkzeugbezogener Schutzbereich C2
N70 CPROTDEF(2, TRUE, 0)
N80 G17 G1 X-2 Y0
N90 G3 I2 X2
N100 I-2 X-2
N110 EXECUTE(_PA)

; Werkstückbezogener Schutzbereich C4
N120 CPROTDEF(4, FALSE, 0)
N130 G17 G1 X0 Y15
N140 X10
N150 Y25
N160 X0
N170 Y15
N180 EXECUTE(_PA)

; Maschinenspezifischer Schutzbereich N3
N190 NPROTDEF(3, FALSE, 0)
N200 G17 G1 X10 Y5
N210 X25
N220 Y15
N230 X10
N240 Y5
N250 EXECUTE(_PA)

; Schutzbereiche aktivieren bzw. voraktivieren
N260 CPROT(2, 2, 0, 0, 0)
N270 CPROT(4, 1, 0, 0, 0)
N280 NPROT(3, 2, 0, 0, 0)

; Arbeitsfeldbegrenzungen definieren
N290 G25 XX=-10 YY=-10
N300 G26 XX=20 YY=21
N310 _START[0] = 0.
N320 _START[1] = 0.
N330 _START[2] = 0.
N340 _DIST[0] = 35.
N350 _DIST[1] = 20.
N360 _DIST[2] = 0.
N370 _LIMIT[0] = 0.
N380 _LIMIT[1] = 0.
N390 _LIMIT[2] = 0.
N400 _LIMIT[3] = 0.
N410 _LIMIT[4] = 0.
N420 _STATUS = CALCPOSI(_START, _DIST, _LIMIT, _MAXDIST)
N430 _STATUS = CALCPOSI(_START, _DIST, _LIMIT, _MAXDIST,,3)
N440 _STATUS = CALCPOSI(_START, _DIST, _LIMIT, _MAXDIST,,1)
N450 _START[0] = 5.
N460 _START[1] = 17.
N470 _START[2] = 0.
N480 _DIST[0] = 0.
N490 _DIST[1] = -27.
N500 _DIST[2] = 0.
N510 _STATUS = CALCPOSI(_START, _DIST, _LIMIT, _MAXDIST,,14)
N520 _STATUS = CALCPOSI(_START, _DIST, _LIMIT, _MAXDIST,, 6)
N530 _LIMIT[1] = 2.
```

**Programmcode**

```

N540 _STATUS = CALCPOSI(_START, _DIST, _LIMIT, _MAXDIST,, 6)
N550 _START[0] = 27.
N560 _START[1] = 17.1
N570 _START[2] = 0.
N580 _DIST[0] = -27.
N590 _DIST[1] = 0.
N600 _DIST[2] = 0.
N610 _LIMIT[3] = 2.
N620 _STATUS = CALCPOSI(_START, _DIST, _LIMIT, _MAXDIST,,12)
N630 _START[0] = 0.
N640 _START[1] = 0.
N650 _START[2] = 0.
N660 _DIST[0] = 0.
N670 _DIST[1] = 30.
N680 _DIST[2] = 0.
N690 TRANS X10
N700 AROT Z45
N710 _STATUS = CALCPOSI(_START,_DIST, _LIMIT, _MAXDIST)
; Frames aus N690 und N700 wieder löschen
N720 TRANS
N730 _START[0] = 0.
N740 _START[1] = 10.
N750 _START[2] = 0.
; Vektoren _DIST und _MAXDIST definieren die Bewegungsebene
N760 _DIST[0] = 30.
N770 _DIST[1] = 30.
N780 _DIST[2] = 0.
N790 _MAXDIST[0] = 1.
N800 _MAXDIST[1] = 0.
N810 _MAXDIST[2] = 1.
N820 _STATUS = CALCPOSI(_START, _DIST, _LIMIT, _MAXDIST,,17)
N830 M30

```

**Ergebnisse von CALCPOSI()**

N...	<Status>	<MaxDist>[0] Δ X	<MaxDist>[1] Δ Y	Bemerkungen
420	3123	8.040	4.594	N3 wird verletzt.
430	1122	20.000	11.429	Keine Überwachung der Schutzbereiche, Arbeitsfeldbegrenzung wird verletzt.
440	1121	30.000	17.143	Nur noch Überwachung der Software-Endschalter aktiv.
510	4213	0.000	0.000	Startpunkt verletzt C4
520	0000	0.000	-27.000	Voraktivierter C4 wird nicht überwacht. Der vorgegebene Weg kann vollständig verfahren werden.
540	2222	0.000	-25.000	Wegen _LIMIT[1] = 2 wird der Verfahrenweg durch die Arbeitsfeldbegrenzung eingeschränkt.

N...	<Status>	<MaxDist>[0] $\Delta$ X	<MaxDist>[1] $\Delta$ Y	Bemerkungen
620	4223	-13.000	0.000	Abstand zu C4 wegen C2 und <code>_LIMIT[3]</code> insgesamt 4 mm. Abstand C2 $\rightarrow$ N3 von 0,1 mm führt nicht zur Beschränkung des Verfahrwegs.
710	1221	0.000	21.213	Frame mit Translation und Rotation aktiv. Der zulässige Verfahrweg in <code>_DIST</code> gilt im verschobenen und gedrehten WKS.
820	102121	18.000	18.000	Der Software-Endschalter der Y-Achse wird verletzt. Mit <code>&lt;_TESTLIM&gt; = 17</code> wird die Berechnung einer Weiterfahrrichtung angefordert. Diese Richtung steht in <code>&lt;_DIST&gt;</code> (0.707, 0.0, 0.707). Sie ist gültig, da in <code>&lt;_STATUS&gt;</code> die Einhunderttausenderstelle gesetzt ist.

## Weitere Informationen

### Achsstatus "Referenziert"

Alle von `CALCPOSI ()` betrachteten Maschinenachsen müssen referenziert sein.

### Kreisbezogene Wegangaben

Alle kreisbezogenen Wegangaben werden **immer** als Radiusangabe interpretiert. Dies ist insbesondere bei Planachsen mit aktivierter Durchmesserprogrammierung (`DIAMON / DIAM90`) zu berücksichtigen.

### Verfahrwegreduzierung

Wird der angegebene Verfahrweg einer Achsen begrenzt, sind im Rückgabewert `<MaxDist>` auch die Verfahrwege der anderen Achsen anteilmäßig reduziert. Der resultierende Endpunkt liegt dadurch weiterhin auf der vorgegebenen Bahn.

### Rundachsen

Rundachsen werden nur überwacht, wenn es keine Modulo-Rundachsen sind.

Es ist zulässig, dass für eine oder mehrere der beteiligten Achsen keine Software-Endschalter bzw. Arbeitsfeldbegrenzungen oder Schutzbereiche definiert sind.

### Software-Endschalter- und Arbeitsfeldbegrenzungs-Status

Software-Endschalter und Arbeitsfeldbegrenzungen werden nur berücksichtigt, wenn diese bei Ausführung von `CALCPOSI ()` aktiv sind. Der Status kann z. B. beeinflusst werden über:

- Maschinendaten: `MD21020 $MC_WORKAREA_WITH_TOOL_RADIUS`
- Settingdaten: `$AC_WORKAREA_CS_...`
- NC/PLC-Nahtstellensignale: `DB31, ... DBX12.2 / 3`
- Befehle: `WALIMON / WALIMOF`

### Software-Endschalter und Transformationen

Bei `CALCPOSI ()` können bei verschiedenen kinematischen Transformationen (z. B. `TRANSMIT`) aufgrund von Mehrdeutigkeiten an bestimmten Stellen des Verfahrbereichs die



Positionen der Maschinenachsen (MKS) nicht immer eindeutig aus den Positionen der Geometrieachsen (WKS) bestimmt werden. Im normalen Verfahrbetrieb ergibt sich die Eindeutigkeit in der Regel aus der Vorgeschichte und der Bedingung, dass einer kontinuierlichen Bewegung im WKS eine kontinuierliche Bewegung der Maschinenachsen im MKS entsprechen muss. Bei der Überwachung der Software-Endschalter wird deshalb in derartigen Fällen die zum Ausführungszeitpunkt von `CALCPOSI()` vorliegende Maschinenposition zur Auflösung der Mehrdeutigkeit verwendet.

---

### Hinweis

#### Vorlaufstopp

Bei Verwendung von `CALCPOSI()` im Zusammenhang mit Transformationen liegt es in der alleinigen Verantwortung des Anwenders, zur Synchronisation der Maschinenachsposten mit dem Vorlauf vor `CALCPOSI()` einen Vorlaufstopp (`STOPRE`) zu programmieren.

---

### Schutzbereichsabstand und konventionelle Schutzbereiche

Bei konventionellen Schutzbereichen ist **nicht** gewährleistet, dass bei einer Verfahrbewegung auf dem vorgegebenen Verfahrweg der im Parameter `<Limit>[3]` angegebene Sicherheitsabstand gegenüber allen Schutzbereichen eingehalten wird. Es ist nur gewährleistet, dass bei Verlängerung des in `<Dist>` zurückgelieferten Endpunkts um den Sicherheitsabstand in Verfahrrichtung kein Schutzbereich verletzt wird. Die Gerade kann aber in ihrem Verlauf beliebig dicht an einem Schutzbereich vorbei führen.

### Schutzbereichsabstand und Schutzbereiche der Kollisionsvermeidung

Bei Schutzbereichen der Kollisionsvermeidung ist gewährleistet, dass bei einer Verfahrbewegung auf dem vorgegebenen Verfahrweg, der im Parameter `<Limit>[3]` angegebene Sicherheitsabstand gegenüber allen Schutzbereichen eingehalten wird.

Der im Parameter `<Limit>[3]` angegebene Sicherheitsabstand wird nur wirksam, wenn gilt:

`<Limit>[3] > (MD10619 $MN_COLLISION_TOLERANCE)`

Ist in Parameter `<TestLim>` Bit 4 gesetzt (Berechnung der weiteren Verfahrrichtung), ist der in `<DIST>` enthaltene Richtungsvektor nur dann gültig, wenn die Einhunderttausenderstelle im Rückgabewert der Funktion (`<Status>`) gesetzt ist. Kann eine solche Richtung nicht ermittelt werden, weil entweder Schutzbereiche verletzt wurden oder eine Transformation aktiv ist, bleibt der Eingangswert in `<DIST>` unverändert. Eine weitere Fehlermeldung erfolgt nicht.

## 5.4 Besonderheiten

### 5.4.1 Zeitweise Freigabe von Schutzbereichen

Tritt beim Start oder während einer Verfahrbewegung eine Schutzbereichsverletzung auf, kann unter bestimmten Voraussetzungen der Schutzbereich vorübergehend, d. h. zeitweise, zum Durchfahren freigegeben werden. Sowohl in den Betriebsarten AUTOMATIK und MDA als auch in der Betriebsart JOG erfolgt die zeitweise Freigabe von Schutzbereichen über Bedienhandlungen.

Siehe auch:

- Verhalten in den Betriebsarten AUTOMATIK und MDA (Seite 138)
- Verhalten in der Betriebsart JOG (Seite 139)

---

### Hinweis

Eine zeitweise Freigabe ist **nur** bei **werkstückbezogenen** Schutzbereichen möglich! **Werkzeugbezogene** Schutzbereiche müssen entweder im Teileprogramm deaktiviert oder über die NC/PLC-Nahtstelle in den Zustand "voraktiviert" versetzt werden.

---

Die zeitweise Freigabe eines Schutzbereichs ist nach folgenden Ereignissen beendet:

- Hochlauf der Steuerung
- Betriebsarten AUTOMATIK oder MDA: Das Satzende liegt außerhalb des Schutzbereichs
- Betriebsart JOG: Das Ende der Verfahrbewegung liegt außerhalb des Schutzbereichs
- Der Schutzbereich wird aktiviert

## 5.4.2 Verhalten in den Betriebsarten AUTOMATIK und MDA

In den Betriebsarten AUTOMATIK und MDA werden keine Verfahrbewegungen in oder durch aktive Schutzbereiche freigegeben:

- Eine Verfahrbewegung, die von außerhalb in einen aktiven Schutzbereich hinein führen würde, wird am Satzendpunkt des letzten, außerhalb des Schutzbereichs liegenden Satzes angehalten.
- Eine Verfahrbewegung, die innerhalb eines aktiven Schutzbereichs beginnt, wird nicht gestartet.

### Zeitweises Freigeben von Schutzbereichen

Wird in der Betriebsart AUTOMATIK oder MDA eine Verfahrbewegung aufgrund einer Schutzbereichsverletzung angehalten, wird dies dem Bediener durch einen Alarm angezeigt. Entscheidet der Bediener, dass die Verfahrbewegung fortgesetzt werden kann, kann er das Durchfahren von Schutzbereichen freigegeben.

Die Freigabe ist nur temporär und erfolgt über das Auslösen von NC-Start:

DB21, ... DBX7.1 (NC-Start) = 1

Pro verletzten Schutzraum wird ein Alarm angezeigt. Für jeden freizugebenden Schutzraum muss vom Bediener ein NC-Start-Signal ausgelöst werden.

Die Verfahrbewegung wird fortgesetzt, wenn alle Schutzbereiche die zum Anhalten der Verfahrbewegung geführt haben, freigegeben sind.

### Fortsetzen einer Verfahrbewegung ohne zeitweises Freigeben

Eine Verfahrbewegung wurde aufgrund einer Schutzbereichsverletzung mit Alarm angehalten. Wird der betroffene Schutzbereich über die NC/PLC-Nahtstelle in den Zustand "voraktiviert" versetzt, kann die Verfahrbewegung mit NC-Start fortgesetzt werden, ohne dass der Schutzbereich zeitweise freigegeben wird.

### Stärkere Absicherung der Freigabe von Schutzbereichen

Soll die Freigabe eines Schutzbereichs stärker als nur durch NC-Start abgesichert werden, ist dies vom Maschinenhersteller bzw. Anwender im PLC-Anwenderprogramm auszuführen.

## 5.4.3 Verhalten in der Betriebsart JOG

### Gleichzeitiges Verfahren mehrerer Geometrieachsen

In der Betriebsart JOG können Verfahrbewegungen in mehreren Geometrieachsen gleichzeitig ausgeführt werden. Der Verfahrbereich jeder beteiligten Geometrieachse wird achsspezifisch zum Startzeitpunkt der Verfahrbewegung bezüglich der Verfahrbereichsgrenzen (Software-Endschalter, Arbeitsfeldbegrenzung, etc.) und aktiven Schutzbereiche begrenzt. Eine sichere Überwachung aller aktiven Schutzbereiche kann dabei nicht gewährleistet werden. Als Rückmeldung an den Anwender erfolgt:

- Alarm 10704 "Schutzbereichsüberwachung nicht gewährleistet"
- DB31, ... DBX39.0 (Schutzbereichsüberwachung nicht gewährleistet) = 1

Nach dem Ende der Verfahrbewegungen wird der Alarm automatisch gelöscht.

Liegt die aktuelle Position innerhalb eines aktivierten oder voraktivierten Schutzbereichs, werden folgende Aktionen ausgelöst:

- Alarmmeldung 10702 "NC-Schutzbereich im Handbetrieb verletzt" bzw. 10703 "Kanalspezifischer Schutzbereich im Handbetrieb verletzt" mit Angabe des verletzten Schutzbereichs und der verfahrenen Achse.
- Weitere Verfahrbewegungen werden gesperrt.
- Für den betroffenen Schutzbereich wird das folgende NC/PLC-Nahtstellensignal gesetzt:  
DB21, ... DBX276.0 – 277.1 (Maschinenspezifischer Schutzbereich 1 - 10 verletzt) == 1  
bzw.  
DB21, ... DBX278.0 – 279.1 (Kanalspezifischer Schutzbereich 1 - 10 verletzt) == 1

Zum Fortsetzen siehe Absatz "Zeitweises Freigeben von Schutzbereichen".

#### Beispiel:

Drei aktivierte Schutzbereiche und gleichzeitiges Verfahren von zwei Geometrieachsen:

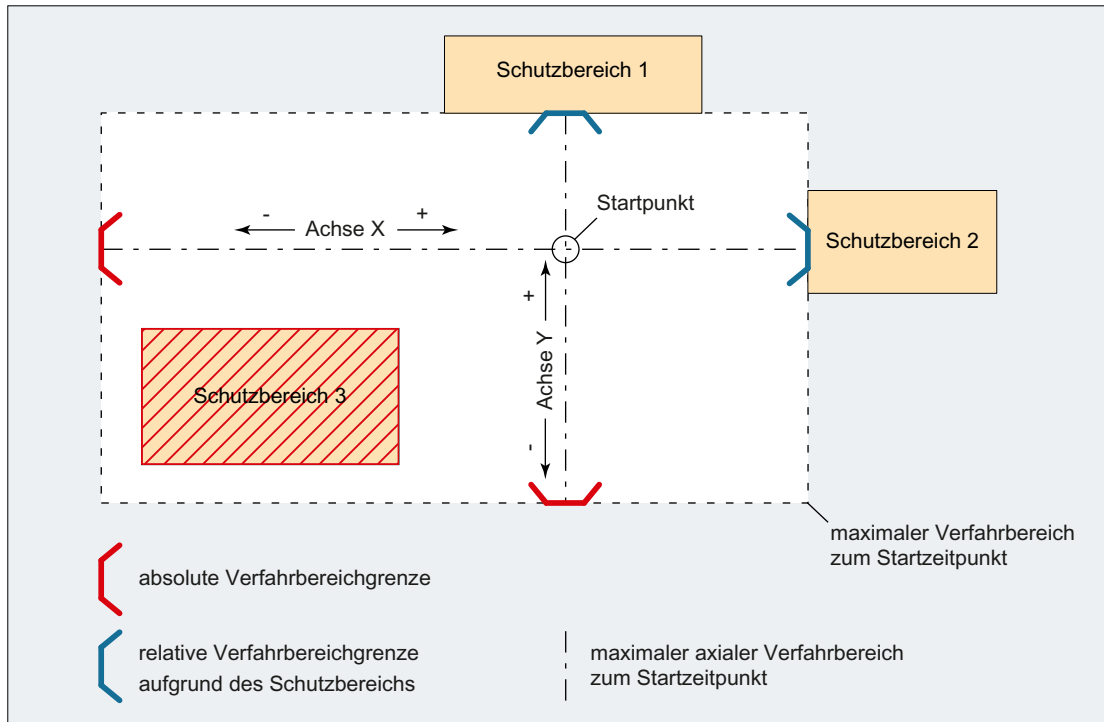


Bild 5-2 Bewegungsbereich der Geometriachsen zum Startzeitpunkt

Zum Startzeitpunkt der Verfahrbewegungen der Achsen X und Y werden, ausgehend vom Startpunkt, die achserspezifischen Verfahrbereichsgrenzen ermittelt:

- X Achse
  - positive Verfahrrichtung: Schutzbereich 2
  - negative Verfahrrichtung: absolute Verfahrbereichsgrenze (z. B. Software-Endschalter)
- Y Achse
  - positive Verfahrrichtung: Schutzbereich 1
  - negative Verfahrrichtung: absolute Verfahrbereichsgrenze (z. B. Arbeitsfeldbegrenzung)

Der sich daraus ergebende maximale Verfahrbereich zum Startzeitpunkt berücksichtigt dabei nicht den Schutzbereich 3. Somit wäre eine Schutzbereichsverletzung im Schutzbereich 3 möglich.

**Hinweis**

Aktivierte und voraktivierte Schutzbereiche werden auch in den manuellen Betriebsarten JOG, INC und DRF überwacht.

## Begrenzung der Verfahrbewegung einer Achse

Wird die Verfahrbewegung einer Achse durch das Erreichen eines Schutzbereichs begrenzt, wird Alarm 10706 "NC-Schutzbereich im Handbetrieb erreicht" bzw. 10707 "Kanalspezifischer Schutzbereich im Handbetrieb erreicht" mit Angabe des erreichten Schutzbereichs und der verfahrenen Achse gemeldet. Es ist beim Verfahren einer Achse mit JOG sicher gestellt, dass kein Schutzbereich verletzt ist. (Dieses Verhalten ist analog dem Fahren auf Software-Endschalter bzw. Arbeitsfeldbegrenzung.)

Der Alarm wird gelöscht:

- Beim Fahren einer Achse, die nicht in den Schutzbereich führt.
- Beim Freigeben des Schutzbereichs.
- Beim Hochlaufen der Steuerung.

Wird an einer Schutzbereichsgrenze eine Bewegung Richtung des Schutzbereichs gestartet, wird ebenfalls Alarm 10706 bzw. 10707 gemeldet und die Bewegung wird nicht gestartet.

## Zeitweises Freigeben von Schutzbereichen

Wird innerhalb oder auf der Grenze eines aktivierten Schutzbereichs eine Verfahrbewegung gestartet, wird Alarm 10702 "NC-Schutzbereich im Handbetrieb verletzt" bzw. 10703 "Kanalspezifischer Schutzbereich im Handbetrieb verletzt" mit Angabe des verletzten Schutzbereichs und der verfahrenen Achse gemeldet und die Verfahrbewegung nicht gestartet. Die Verfahrbewegung kann ausgeführt werden, wenn der betroffene Schutzbereich dafür zeitweise freigegeben wird. Folgende Aktionen sind dazu auszuführen:

- Erzeugen einer positiven Flanke auf dem NC/PLC-Nahtstellensignal:  
DB21, ... DBX1.1 (Schutzbereich freigeben)
- Erneuter Start der gleichen Verfahrbewegung.

---

### Hinweis

Für den zeitweise freigegebenen Schutzbereich wird beim Durchfahren das NC/PLC-Nahtstellensignal "Schutzbereich verletzt" gesetzt:

DB21, ... DBX276.0 – 277.1 (Maschinenspezifischer Schutzbereich 1 - 10 verletzt) == 1  
bzw.

DB21, ... DBX278.0 – 279.1 (Kanalspezifischer Schutzbereich 1 - 10 verletzt) == 1

---

Wird eine Verfahrbewegung gestartet, die nicht in den freigegebenen Schutzbereich führt, wird die Freigabe zurückgesetzt.

Sind durch die Verfahrbewegung weitere Schutzbereiche betroffen, werden pro Schutzbereich weitere Alarmer 10702 bzw. 10703 angezeigt. Die in den Alarmen angezeigten Schutzbereiche können durch das Erzeugen weiterer positiver Flanken auf dem NC/PLC-Nahtstellensignal DB21, ... DBX1.1 freigegeben werden.

### Verhalten bei Betriebsartenwechsel

Die in der Betriebsart JOG gegebenen zeitweisen Freigaben von Schutzbereichen bleiben nach einem Wechsel in die Betriebsart AUTOMATIK bzw. MDA erhalten. Ebenso bleiben die zeitweisen Freigaben, die in der Betriebsart AUTOMATIK bzw. MDA gegeben wurden, bei einem Wechsel in die Betriebsart JOG erhalten.

### Rücksetzen einer Freigabe

Mit dem nächsten Stillstand einer Geometrieachse, bei dem der zeitweise freigegebene Schutzbereich vollständig verlassen wurde, wird die Freigabe intern und an der NC/PLC-Nahtstelle rückgesetzt:

DB21, ... DBX276.0 – 277.1 (Maschinenspezifischer Schutzbereich 1 - 10 verletzt) == 0

bzw.

DB21, ... DBX278.0 – 279.1 (Kanalspezifischer Schutzbereich 1 - 10 verletzt) == 0

## 5.5 Randbedingungen

### Einschränkungen der Schutzbereichsüberwachung

Eine Schutzbereichsüberwachung ist in folgenden Fällen **nicht** möglich:

- Verfahrbewegungen von Orientierungsachsen
- **Feststehende maschinenspezifische** Schutzräume bei Stirnseitentransformation (TRANSMIT) oder Zylindermanteltransformation (TRACYL)  
**Ausnahme:** Rotationssymmetrische Schutzbereiche um die Spindelachse. Dabei darf keine DRF-Verschiebung aktiv sein.
- Gegenseitiges Überwachen von **werkzeugbezogenen** Schutzräumen

### Positionierachsen

Bei Positionierachsen wird nur der programmierte Satzendpunkt überwacht. Während der Verfahrbewegung einer Positionierachse wird Alarm 10704 "Schutzbereichsüberwachung nicht gewährleistet" angezeigt.

### Achstausch

Bezüglich der Schutzbereiche wird nach einem Achstausch im abgebenden Kanal von der letzten im Kanal angefahrenen Position ausgegangen. Verfahrbewegungen im übernehmenden Kanal werden nicht berücksichtigt. Es ist daher darauf zu achten, dass ein Achstausch nicht aus einer Position mit Schutzraumverletzung erfolgt.

Ist eine für den Achstausch vorgesehene Achse in einem Kanal nicht aktiv, wird die zuletzt im Kanal angefahrne Position der Achse als aktuelle Position angenommen. Wurde diese Achse noch nicht im Kanal verfahren, wird die Position 0,0 angenommen.

## Verhalten bei überlagerten Bewegungen

Überlagerte Bewegungen, die im Hauptlauf eingerechnet werden, können von der Satzaufbereitung bezüglich der aktiven Schutzbereiche nicht berücksichtigt werden.

Es erfolgen folgende Reaktionen:

- Alarm 10704 "Schutzbereichsüberwachung nicht gewährleistet"
- DB31, ... DBX39.0 = 1 (Schutzbereichsüberwachung nicht gewährleistet)

## 5.6 Beispiel

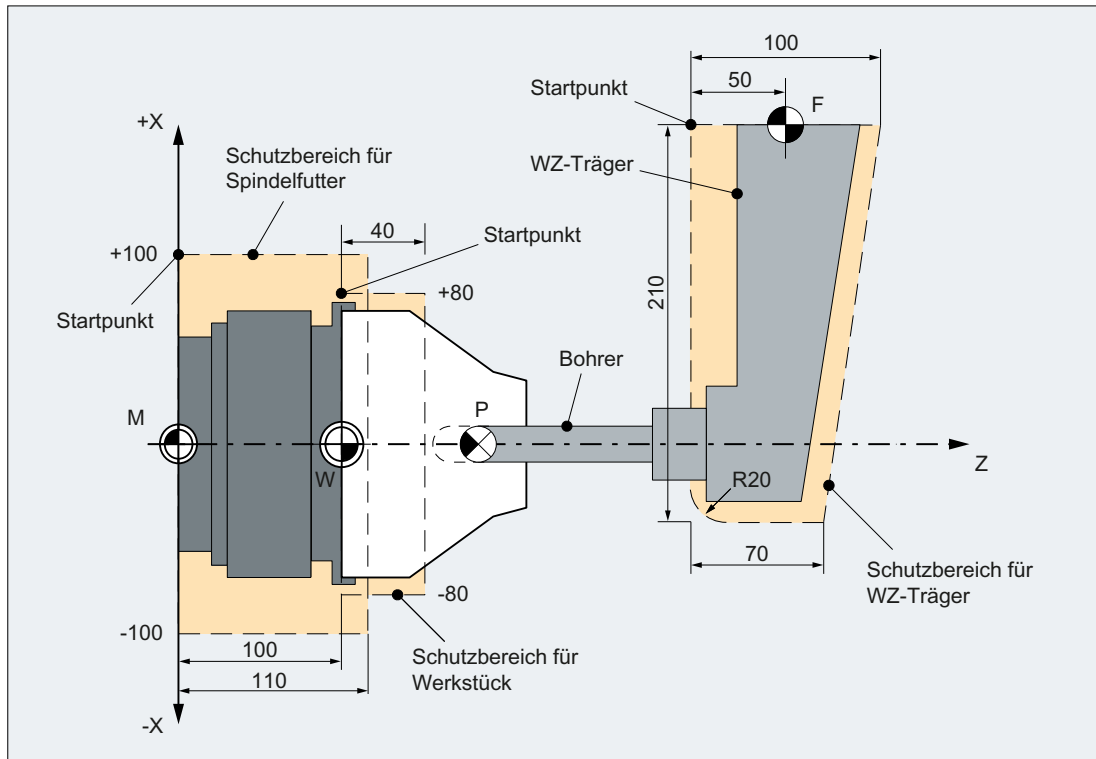
### 5.6.1 Schutzbereiche an einer Drehmaschine

Für eine Drehmaschine sollen folgende Innenschutzbereiche definiert werden:

- ein maschinenspezifischer und werkstückbezogener Schutzbereich für das Spindelfutter, ohne Begrenzung in der 3. Dimension
- ein kanalspezifischer Schutzbereich für das Werkstück, ohne Begrenzung in der 3. Dimension
- ein kanalspezifischer, werkzeugbezogener Schutzbereich für den Werkzeugträger, ohne Begrenzung in der 3. Dimension

Zur Definition des Schutzbereichs für das Werkstück wird der Werkstücknullpunkt in den Maschinennullpunkt gelegt.

Bei der Aktivierung wird der Schutzbereich um 100 mm in der Z-Achse in positiver Richtung verschoben.



### 5.6.2 Schutzbereichsdefinition im Teileprogramm

Teileprogramm Ausschnitt zur Schutzbereichsdefinition:

Programmcode	Kommentar
DEF INT AB	
G18	; Arbeitsebene ZX
NPROTDEF(1,FALSE,0,0,0)	; Definitionsbeginn: Schutzbereich für Spindelfutter
G01 X100 Z0	; Konturbeschreibung: Verfahrbewegung an die Kontur
G01 X-100 Z0	; Konturbeschreibung: 1. Konturelement
G01 X-100 Z110	; Konturbeschreibung: 2. Konturelement
G01 X100 Z110	; Konturbeschreibung: 3. Konturelement
G01 X100 Z0	; Konturbeschreibung: 4. Konturelement
EXECUTE(AB)	; Definitionsende: Schutzbereich für Spindelfutter
CPROTDEF(1,FALSE,0,0,0)	; Definitionsbeginn: Schutzbereich für Werkstück
G01 X80 Z0	; Konturbeschreibung: Verfahrbewegung an die Kontur
G01 X-80 Z0	; Konturbeschreibung: 1. Konturelement
G01 X-80 Z40	; Konturbeschreibung: 2. Konturelement
G01 X80 Z40	; Konturbeschreibung: 3. Konturelement
G01 X80 Z0	; Konturbeschreibung: 4. Konturelement



Programmcode	Kommentar
EXECUTE (AB)	; Definitionsende: Schutzbereich für Werkstück
CPROTDEF (2, TRUE, 0, 0, 0)	; Definitionsbeginn: Schutzbereich für Werkzeugträger
G01 X0 Z-50	; Konturbeschreibung: Verfahrbewegung an die Kontur
G01 X-190 Z-50	; Konturbeschreibung: 1. Konturelement
G03 X-210 Z-30 I-20	; Konturbeschreibung: 2. Konturelement
G01 X-210 Z20	; Konturbeschreibung: 3. Konturelement
G01 X0 Z50	; Konturbeschreibung: 4. Konturelement
G01 X0 Z-50	; Konturbeschreibung: 5. Konturelement
EXECUTE (AB)	; Definitionsende: Schutzbereich für Werkzeugträger

### 5.6.3 Schutzbereichsdefinition mit Systemvariablen

#### Maschinenspezifischer Schutzbereich für das Spindelfutter

Systemvariable	Wert	Beschreibung
\$SN_PA_ACTIV_IMMED[0]	0	Schutzbereich für Spindelfutter nicht sofort aktiv
\$SN_PA_T_W[0]	0	Schutzbereich für Spindelfutter ist werkstückbezogen
\$SN_PA_ORI[0]	1	Orientierung des Schutzbereichs: 1 = 3. und 1. Geometrieachse
\$SN_PA_LIM_3DIM[0]	0	Art der Begrenzung in der 3. Dimension: 0 = keine Begrenzung
\$SN_PA_PLUS_LIM[0]	0	Wert der Begrenzung in Plus-Richtung in der 3. Dimension
\$SN_PA_MINUS_LIM[0]	0	Wert der Begrenzung in Minus-Richtung in der 3. Dimension
\$SN_PA_CONT_NUM[0]	4	Anzahl der gültigen Konturelemente
\$SN_PA_CONT_TYP[0,0]	1	Konturtyp[<i>] : 1 = G1 für Gerade, Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 1
\$SN_PA_CONT_TYP[0,1]	1	Konturtyp[<i>] : 1 = G1 für Gerade, Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 2
\$SN_PA_CONT_TYP[0,2]	1	Konturtyp[<i>] : 1 = G1 für Gerade, Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 3
\$SN_PA_CONT_TYP[0,3]	1	Konturtyp[<i>] : 1 = G1 für Gerade, Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 4
\$SN_PA_CONT_TYP[0,4]	1	Konturtyp[<i>] : 1 = G1 für Gerade, Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 5
\$SN_PA_CONT_TYP[0,5]	0	Konturtyp[<i>] : 0 = nicht definiert, Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 6
\$SN_PA_CONT_TYP[0,6]	0	Konturtyp[<i>] : 0 = nicht definiert, Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 7
\$SN_PA_CONT_TYP[0,7]	0	Konturtyp[<i>] : 0 = nicht definiert, Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 8
\$SN_PA_CONT_TYP[0,8]	0	Konturtyp[<i>] : 0 = nicht definiert, Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 9
\$SN_PA_CONT_TYP[0,9]	0	Konturtyp[<i>] : 0 = nicht definiert, Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 10

5.6 Beispiel

Systemvariable	Wert	Beschreibung
\$SN_PA_CONT_ORD[0,0]	-100	Endpunkt der Kontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 1
\$SN_PA_CONT_ORD[0,1]	-100	Endpunkt der Kontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 2
\$SN_PA_CONT_ORD[0,2]	100	Endpunkt der Kontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 3
\$SN_PA_CONT_ORD[0,3]	100	Endpunkt der Kontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 4
\$SN_PA_CONT_ORD[0,4]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 5
\$SN_PA_CONT_ORD[0,5]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 6
\$SN_PA_CONT_ORD[0,6]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 7
\$SN_PA_CONT_ORD[0,7]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 8
\$SN_PA_CONT_ORD[0,8]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 9
\$SN_PA_CONT_ORD[0,9]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 10
\$SN_PA_CONT_ABS[0,0]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 1
\$SN_PA_CONT_ABS[0,1]	110	Endpunkt der Kontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 2
\$SN_PA_CONT_ABS[0,2]	110	Endpunkt der Kontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 3
\$SN_PA_CONT_ABS[0,3]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 4
\$SN_PA_CONT_ABS[0,4]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 5
\$SN_PA_CONT_ABS[0,5]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 6
\$SN_PA_CONT_ABS[0,6]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 7
\$SN_PA_CONT_ABS[0,7]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 8
\$SN_PA_CONT_ABS[0,8]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 9
\$SN_PA_CONT_ABS[0,9]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 10
\$SN_PA_CENT_ORD[0,0]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 1
\$SN_PA_CENT_ORD[0,1]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 2
\$SN_PA_CENT_ORD[0,2]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 3
\$SN_PA_CENT_ORD[0,3]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 4

Systemvariable	Wert	Beschreibung
\$\$SN_PA_CENT_ORD[0,4]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 5
\$\$SN_PA_CENT_ORD[0,5]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 6
\$\$SN_PA_CENT_ORD[0,6]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 7
\$\$SN_PA_CENT_ORD[0,7]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 8
\$\$SN_PA_CENT_ORD[0,8]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 9
\$\$SN_PA_CENT_ORD[0,9]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 10
\$\$SN_PA_CENT_ABS[0,0]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 1
\$\$SN_PA_CENT_ABS[0,1]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 2
\$\$SN_PA_CENT_ABS[0,2]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 3
\$\$SN_PA_CENT_ABS[0,3]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 4
\$\$SN_PA_CENT_ABS[0,4]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 5
\$\$SN_PA_CENT_ABS[0,5]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 6
\$\$SN_PA_CENT_ABS[0,6]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 7
\$\$SN_PA_CENT_ABS[0,7]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 8
\$\$SN_PA_CENT_ABS[0,8]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 9
\$\$SN_PA_CENT_ABS[0,9]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Spindelfutter, Konturelement 10

#### Kanalspezifischer Schutzbereich für das Werkstück

Systemvariable	Wert	Anmerkung
\$\$SC_PA_ACTIV_IMMED[0]	0	Schutzbereich für Werkstück nicht sofort aktiv
\$\$SC_PA_TW[0]	0	Schutzbereich für Werkstück ist werkstückbezogen
\$\$SC_PA_ORI[0]	1	Orientierung des Schutzbereichs: 1 = 3. und 1. Geometrieachse
\$\$SC_PA_LIM_3DIM[0]	0	Art der Begrenzung in der 3. Dimension: 0 = keine Begrenzung
\$\$SC_PA_PLUS_LIM[0]	0	Wert der Begrenzung in Plus-Richtung in der 3. Dimension
\$\$SC_PA_MINUS_LIM[0]	0	Wert der Begrenzung in Minus-Richtung in der 3. Dimension
\$\$SC_PA_CONT_NUM[0]	4	Anzahl der gültigen Konturelemente
\$\$SC_PA_CONT_TYP[0,0]	1	Konturtyp[<i>] : 1 = G1 für Gerade, Schutzbereich Werkstück, Konturelement 1
\$\$SC_PA_CONT_TYP[0,1]	1	Konturtyp[<i>] : 1 = G1 für Gerade, Schutzbereich Werkstück, Konturelement 2

5.6 Beispiel

Systemvariable	Wert	Anmerkung
\$SC_PA_CONT_TYP[0,2]	1	Konturtyp[<i>] : 1 = G1 für Gerade, Schutzbereich Werkstück, Konturelement 3
\$SC_PA_CONT_TYP[0,3]	1	Konturtyp[<i>] : 1 = G1 für Gerade, Schutzbereich Werkstück, Konturelement 4
\$SC_PA_CONT_TYP[0,4]	1	Konturtyp[<i>] : 1 = G1 für Gerade, Schutzbereich Werkstück, Konturelement 5
\$SC_PA_CONT_TYP[0,5]	0	Konturtyp[<i>] : 0 = nicht definiert, Schutzbereich Werkstück, Konturelement 6
\$SC_PA_CONT_TYP[0,6]	0	Konturtyp[<i>] : 0 = nicht definiert, Schutzbereich Werkstück, Konturelement 7
\$SC_PA_CONT_TYP[0,7]	0	Konturtyp[<i>] : 0 = nicht definiert, Schutzbereich Werkstück, Konturelement 8
\$SC_PA_CONT_TYP[0,8]	0	Konturtyp[<i>] : 0 = nicht definiert, Schutzbereich Werkstück, Konturelement 9
\$SC_PA_CONT_TYP[0,9]	0	Konturtyp[<i>] : 0 = nicht definiert, Schutzbereich Werkstück, Konturelement 10
\$SC_PA_CONT_ORD[0,0]	-80	Endpunkt der Kontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 1
\$SC_PA_CONT_ORD[0,1]	-80	Endpunkt der Kontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 2
\$SC_PA_CONT_ORD[0,2]	80	Endpunkt der Kontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 3
\$SC_PA_CONT_ORD[0,3]	80	Endpunkt der Kontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 4
\$SC_PA_CONT_ORD[0,4]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 5
\$SC_PA_CONT_ORD[0,5]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 6
\$SC_PA_CONT_ORD[0,6]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 7
\$SC_PA_CONT_ORD[0,7]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 8
\$SC_PA_CONT_ORD[0,8]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 9
\$SC_PA_CONT_ORD[0,9]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 10
\$SC_PA_CONT_ABS[0,0]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 1
\$SC_PA_CONT_ABS[0,1]	40	Endpunkt der Kontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 2
\$SC_PA_CONT_ABS[0,2]	40	Endpunkt der Kontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 3
\$SC_PA_CONT_ABS[0,3]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 4
\$SC_PA_CONT_ABS[0,4]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 5
\$SC_PA_CONT_ABS[0,5]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 6

Systemvariable	Wert	Anmerkung
\$SSC_PA_CONT_ABS[0,6]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 7
\$SSC_PA_CONT_ABS[0,7]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 8
\$SSC_PA_CONT_ABS[0,8]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 9
\$SSC_PA_CONT_ABS[0,9]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 10
\$SSC_PA_CENT_ORD[0,0]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 1
\$SSC_PA_CENT_ORD[0,1]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 2
\$SSC_PA_CENT_ORD[0,2]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 3
\$SSC_PA_CENT_ORD[0,3]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 4
\$SSC_PA_CENT_ORD[0,4]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 5
\$SSC_PA_CENT_ORD[0,5]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 6
\$SSC_PA_CENT_ORD[0,6]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 7
\$SSC_PA_CENT_ORD[0,7]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 8
\$SSC_PA_CENT_ORD[0,8]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 9
\$SSC_PA_CENT_ORD[0,9]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 10
\$SSC_PA_CENT_ABS[0,0]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 1
\$SSC_PA_CENT_ABS[0,1]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 2
\$SSC_PA_CENT_ABS[0,2]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 3
\$SSC_PA_CENT_ABS[0,3]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 4
\$SSC_PA_CENT_ABS[0,4]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 5
\$SSC_PA_CENT_ABS[0,5]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 6
\$SSC_PA_CENT_ABS[0,6]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 7
\$SSC_PA_CENT_ABS[0,7]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 8
\$SSC_PA_CENT_ABS[0,8]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 9
\$SSC_PA_CENT_ABS[0,9]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkstück, Konturelement 10

## Kanalspezifischer Schutzbereich für den Werkzeugträger

Systemvariable	Wert	Anmerkung
\$SC_PA_ACTIV_IMMED[1]	0	Schutzbereich für Werkzeugträger nicht sofort aktiv
\$SC_PA_TW[1]	3	Schutzbereich für Werkzeugträger ist werkzeugbezogen
\$SC_PA_ORI[1]	1	Orientierung des Schutzbereichs: 1 = 3. und 1. Geometrieachse
\$SC_PA_LIM_3DIM[1]	0	Art der Begrenzung in der 3. Dimension: 0 = keine Begrenzung
\$SC_PA_PLUS_LIM[1]	0	Wert der Begrenzung in Plus-Richtung in der 3. Dimension
\$SC_PA_MINUS_LIM[1]	0	Wert der Begrenzung in Minus-Richtung in der 3. Dimension
\$SC_PA_CONT_NUM[1]	5	Anzahl der gültigen Konturelemente
\$SC_PA_CONT_TYP[1,0]	1	Konturtyp[<i>] : 1 = G1 für Gerade, Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 1
\$SC_PA_CONT_TYP[1,1]	3	Konturtyp[<i>] : 3 = G3 für Kreiselement gegen den Uhrzeiger- sinn, Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 2
\$SC_PA_CONT_TYP[1,2]	1	Konturtyp[<i>] : 1 = G1 für Gerade, Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 3
\$SC_PA_CONT_TYP[1,3]	1	Konturtyp[<i>] : 1 = G1 für Gerade, Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 4
\$SC_PA_CONT_TYP[1,4]	1	Konturtyp[<i>] : 1 = G1 für Gerade, Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 5
\$SC_PA_CONT_TYP[1,5]	0	Konturtyp[<i>] : 0 = nicht definiert, Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 6
\$SC_PA_CONT_TYP[1,6]	0	Konturtyp[<i>] : 0 = nicht definiert, Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 7
\$SC_PA_CONT_TYP[1,7]	0	Konturtyp[<i>] : 0 = nicht definiert, Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 8
\$SC_PA_CONT_TYP[1,8]	0	Konturtyp[<i>] : 0 = nicht definiert, Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 9
\$SC_PA_CONT_TYP[1,9]	0	Konturtyp[<i>] : 0 = nicht definiert, Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 10
\$SC_PA_CONT_ORD[1,0]	-190	Endpunkt der Kontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 1
\$SC_PA_CONT_ORD[1,1]	-210	Endpunkt der Kontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 2
\$SC_PA_CONT_ORD[1,2]	-210	Endpunkt der Kontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 3
\$SC_PA_CONT_ORD[1,3]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 4
\$SC_PA_CONT_ORD[1,4]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 5
\$SC_PA_CONT_ORD[1,5]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 6
\$SC_PA_CONT_ORD[1,6]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 7
\$SC_PA_CONT_ORD[1,7]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 8
\$SC_PA_CONT_ORD[1,8]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 9

Systemvariable	Wert	Anmerkung
\$SSC_PA_CONT_ORD[1,9]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 10
\$SSC_PA_CONT_ABS[1,0]	-50	Endpunkt der Kontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 1
\$SSC_PA_CONT_ABS[1,1]	-30	Endpunkt der Kontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 2
\$SSC_PA_CONT_ABS[1,2]	20	Endpunkt der Kontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 3
\$SSC_PA_CONT_ABS[1,3]	50	Endpunkt der Kontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 4
\$SSC_PA_CONT_ABS[1,4]	-50	Endpunkt der Kontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 5
\$SSC_PA_CONT_ABS[1,5]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 6
\$SSC_PA_CONT_ABS[1,6]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 7
\$SSC_PA_CONT_ABS[1,7]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 8
\$SSC_PA_CONT_ABS[1,8]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 9
\$SSC_PA_CONT_ABS[1,9]	0	Endpunkt der Kontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 10
\$SSC_PA_CENT_ORD[1,0]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[ <i>i</i> ], Ordinatenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 1
\$SSC_PA_CENT_ORD[1,1]	-190	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 2
\$SSC_PA_CENT_ORD[1,2]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 3
\$SSC_PA_CENT_ORD[1,3]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 4
\$SSC_PA_CENT_ORD[1,4]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 5
\$SSC_PA_CENT_ORD[1,5]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 6
\$SSC_PA_CENT_ORD[1,6]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 7
\$SSC_PA_CENT_ORD[1,7]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 8
\$SSC_PA_CENT_ORD[1,8]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 9
\$SSC_PA_CENT_ORD[1,9]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Ordinatenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 10
\$SSC_PA_CENT_ABS[1,0]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 1
\$SSC_PA_CENT_ABS[1,1]	-30	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 2
\$SSC_PA_CENT_ABS[1,2]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 3

5.7 Datenlisten

Systemvariable	Wert	Anmerkung
\$SC_PA_CENT_ABS[1,3]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 4
\$SC_PA_CENT_ABS[1,4]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 5
\$SC_PA_CENT_ABS[1,5]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 6
\$SC_PA_CENT_ABS[1,6]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 7
\$SC_PA_CENT_ABS[1,7]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 8
\$SC_PA_CENT_ABS[1,8]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 9
\$SC_PA_CENT_ABS[1,9]	0	Mittelpunkt der Kreiskontur[<i>], Abszissenwert Schutzbereich Werkzeugträger, Konturelement 10

5.6.4 Aktivierung der Schutzbereiche

Teileprogramm Ausschnitt zur Aktivierung der Schutzbereiche für Spindelfutter, Werkstück und Werkzeugträger:

Programmcode	Kommentar
NPROT(1,2,0,0,0)	; Schutzbereich: Spindelfutter
CPROT(1,2,0,0,100)	; Schutzbereich: Werkstück mit Verschiebung um 100 mm in der Z-Achse.
CPROT(2,2,0,0,0)	; Schutzbereich: Werkzeugträger

5.7 Datenlisten

5.7.1 Maschinendaten

5.7.1.1 NC-spezifische Maschinendaten

Nummer	Bezeichner: \$MN_	Beschreibung
10618	PROTAREA_GEOAX_CHANGE_MODE	Verhalten beim Transformationswechsel und Geometrieachstausch
18190	MM_NUM_PROTECT_AREA_NCK	Anzahl der verfügbaren maschinenspezifischen Schutzbereiche



### 5.7.1.2 Kanal-spezifische Maschinendaten

Nummer	Bezeichner: \$MC_	Beschreibung
28200	MM_NUM_PROTECT_AREA_CHAN (SRAM)	Anzahl der verfügbaren kanalspezifischen Schutzbereiche
28210	MM_NUM_PROTECT_AREA_ACTIVE	Maximale Anzahl der gleichzeitig im Kanal aktivierbaren Schutzbereiche
28212	MM_NUM_PROTECT_AREA_CONTUR	Maximale Anzahl definierbarer Konturelemente im Kanal



## TE9: Achspaar-Kollisionsschutz

### 6.1 Kurzbeschreibung

---

#### Hinweis

#### Compile-Zyklus

Vor Inbetriebnahme der Funktion ist sicherzustellen, dass der entsprechende Compile-Zyklus geladen und aktiviert ist (siehe Funktionshandbuch "Technologien", Kapitel "Installation und Aktivierung ladbarer Compile-Zyklen").

---

#### Funktion

Die Funktion "Achspaar-Kollisionsschutz" ermöglicht die paarweise Überwachung von Maschinenachsen, die auf einem gemeinsamen Führungselement einer Maschine angeordnet sind, auf Kollision und maximalen Abstand.

#### Funktionskürzel

Das Kürzel für funktionsspezifische Bezeichner von Maschinendaten, Systemvariablen etc. der Funktion ist:

PROTECT (axial collision PROTECTion)

#### Maximale Anzahl Achspaare

Es können maximal **20** Achspaare parametrierbar werden.

### 6.2 Funktionsbeschreibung

Die Funktion "Achspaar Kollisionsschutz" ist eine Schutzfunktion für Maschinenachsen, die in einer Werkzeugmaschine so angebracht sind (z. B. auf einer gemeinsamen Führungsschiene), dass sie aufgrund fehlerhafter Bedienung oder Programmierung miteinander kollidieren könnten.

Die Überwachung der Maschinenachsen erfolgt immer paarweise, d. h. es sind immer jeweils zwei Maschinenachsen zu parametrieren, die gegeneinander überwacht werden. Die überwachten Maschinenachsen können dabei in unterschiedlichen Maschinenkoordinatensystemen liegen.

## Kollisionsschutz

Die Funktion berechnet zyklisch aus den aktuellen Istpositionen und Istgeschwindigkeiten sowie dem Offset der Maschinenkoordinatensysteme und den achsspezifischen Bremsbeschleunigungen den Abstand der Stillstandspositionen der Maschinenachsen. Ergibt sich dabei ein Abstand kleiner dem parametrisierten Schutzfenster, werden die Maschinenachsen bis zum Stillstand abgebremst. Der über das Schutzfenster vorgegebene Mindestabstand wird dabei nicht unterschritten.

## Abstandsüberwachung

Über eine entsprechende Wahl des Offsetvektors kann die Funktion auch dazu verwendet werden, den Abstand der Maschinenachsen auf einen Maximalwert (maximaler Abstandsvektor) zu überwachen.

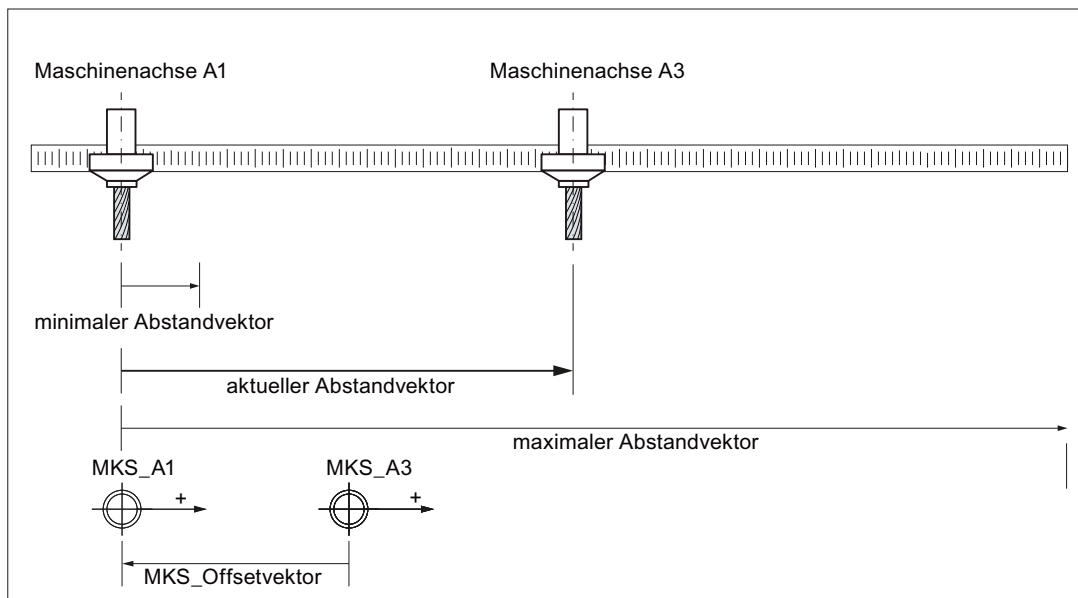


Bild 6-1 Prinzipieller Aufbau

## Überwachungsstatus

Der aktuelle Status eines Achspaares kann aus der im NC-Programm optional zu definierenden globalen Anwendervariablen (GUD) `_PROTECT_STATUS` (Seite 162) gelesen werden.

## 6.3 Inbetriebnahme

### 6.3.1 Freigabe der Technologiefunktion (Option)

Die Funktion ist eine Option, die über das Lizenzmanagement der Hardware zugeordnet werden muss:

6FC5800-0AN06-0YB0, "RMCC/PROT Kollisionsschutz Achsen"

Zu Testzwecken kann die Funktion durch Setzen des Optionsdatums freigegeben werden:

MD19610 \$ON\_TECHNO\_EXTENSION\_MASK[ 2 ], BIT4 = 1

### 6.3.2 Aktivierung der Technologiefunktion

#### Aktivierungsregeln

Die Aktivierung der Funktion muss kanalspezifisch für folgende Kanäle der NC erfolgen:

- Unabhängig davon, welchen Kanälen die zu überwachenden Maschinenachsen zugeordnet sind, immer im 1. Kanal der NC
- In allen Kanälen, denen per Maschinendatenparametrierung von der Funktion zu überwachende Maschinenachsen zugeordnet sind
- In allen Kanälen, denen zu einem späteren Zeitpunkt z.B. durch Achstausch, von der Funktion zu überwachenden Maschinenachsen zugeordnet werden

#### Aktivierung

Die Aktivierung der Funktion erfolgt kanalspezifische über das Maschinendatum:

MD60972 \$MN\_CC\_ACTIVE\_IN\_CHAN\_PROT[ 0 ], Bit n = 1

mit n = 0, 1, 2, ..., entsprechend dem (n+1)-ten Kanal der NC

### 6.3.3 Aktivierung der Zusatzfunktionen

Die Aktivierung der Zusatzfunktionen erfolgt achspaarsspezifisch über das Optionsdatum:

MD61535 \$MN\_CC\_PROTECT\_OPTIONS[ <a> ]

mit a = 0, 1, 2, ... (maximale Anzahl Achspare - 1) entsprechend Achspaar 1, 2, 3, ...

Bit	Wert	Bedeutung
0	1	Achspaarsspezifische Aktivierung / Deaktivierung der Funktion "Achspaar-Kollisionsschutz" über NC/PLC-Nahtstellensignal (Seite 164) <b>Hinweis</b> Nach Aktivierung dieser Zusatzfunktion befindet sich die Schutzfunktion im Überwachungsstatus (Seite 162) == 1 (angewählt, aber noch nicht aktiv)

### 6.3.4 Definition eines Achspaares

Die Definition eines zu überwachenden Maschinenachspaares erfolgt achspaarsspezifisch im Maschinendatum:

MD61516 \$MN\_CC\_PROTECT\_PAIRS[ <a> ] = <yyxx>

mit  $a = 0, 1, 2, \dots$  (maximale Anzahl Achspaare - 1) entsprechend Achspaar 1, 2, 3, ...

<yyxx>	Bedeutung
xx	1. und 2. Dezimalstelle $\Rightarrow$ Achsnummer der 1. Maschinenachse
yy	3. und 4. Dezimalstelle $\Rightarrow$ Achsnummer der 2. Maschinenachse

### Beispiel

Definition des 1. Achspaars:

- 1. Achse: 4. Maschinenachse
- 2. Achse: 12. Maschinenachse

MD61516 \$MN\_CC\_PROTECT\_PAIRS[ 0 ] = 1204

## 6.3.5 Freifahrrichtung

Über das Maschinendatum wird die Verfahrrichtung zum Freifahren der jeweiligen Maschinenachse eingestellt:

MD61517 \$MN\_CC\_PROTECT\_SAFE\_DIR[ <a> ] = <yyxx>

mit  $a = 0, 1, 2, \dots$  (maximale Anzahl Achspaare - 1) entsprechend Achspaar 1, 2, 3, ...

<yyxx>	Bedeutung
xx	Freifahrrichtung für die 1. Achse des Achspaars
yy	Freifahrrichtung für die 2. Achse des Achspaars
Freifahrrichtung in positiver Verfahrrichtung der Maschinenachse: xx bzw. yy > 0	
Freifahrrichtung in negativer Verfahrrichtung der Maschinenachse: xx bzw. yy = 0	

### Hinweis

#### Änderung der Freifahrrichtung

Eine Änderung der Freifahrrichtung im Maschinendatum MD61517

\$MN\_CC\_PROTECT\_SAFE\_DIR[<Achspaar>] darf nur vorgenommen werden, wenn die Schutzfunktion für das Achspaar nicht aktiv ist (MD61516

\$MN\_CC\_PROTECT\_PAIRS[<Achspaar>] == 0).

## 6.3.6 Offset der Maschinenkoordinatensysteme

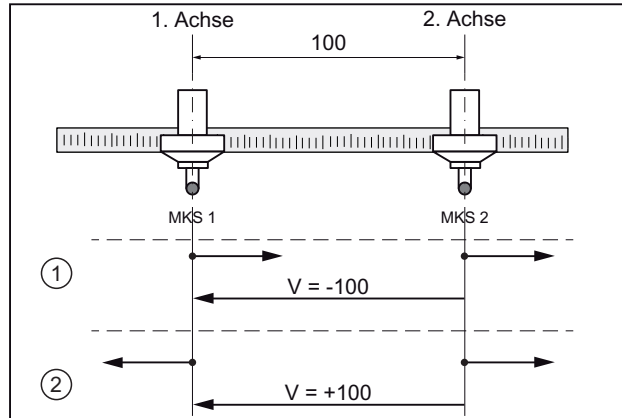
Liegen die Maschinenachsen des Achspaars in verschiedenen Maschinenkoordinatensystemen, muss der entsprechende Verschiebungsvektor in folgendem Maschinendatum angegeben werden:

MD61518 \$MN\_CC\_PROTECT\_OFFSET[ <a> ] = <Verschiebungsvektor>

mit  $a = 0, 1, 2, \dots$  (maximale Anzahl Achspaare - 1) entsprechend Achspaar 1, 2, 3, ...

Der Verschiebungsvektor ist als Vektor vom Ursprung des Maschinenkoordinatensystems der 2. Achse des Achspaares zum Ursprung des Maschinenkoordinatensystems der 1. Achse, bezogen auf das Maschinenkoordinatensystem der 1. Achse, anzugeben.

Liegen beide Maschinenachsen im selben Maschinenkoordinatensystem, ist als Verschiebungsvektor der Wert 0 anzugeben.



- ① Fall 1: Gleichsinnige MKS-Orientierung  
 ② Fall 2: Gegensinnige MKS-Orientierung  
 V Verschiebungsvektor

#### Hinweis

#### Änderung des Verschiebungsvektors

Eine Änderung des Verschiebungsvektors im Maschinendatum MD61518  $\$MN\_CC\_PROTECT\_OFFSET[<Achspaar>]$  darf nur vorgenommen werden, wenn die Schutzfunktion für das Achspaar nicht aktiv ist (MD61516  $\$MN\_CC\_PROTECT\_PAIRS[<Achspaar>] == 0$ ).

### 6.3.7

#### Schutzfenster

Über das Maschinendatum wird das Schutzfenster bzw. der Mindestabstand festgelegt, den die Achsen des Achspaares nicht unterschreiten dürfen:

MD61519  $\$MN\_CC\_PROTECT\_WINDOW[ <a> ] = <Mindestabstand>$

mit  $a = 0, 1, 2, \dots$  (maximale Anzahl Achspaare - 1) entsprechend Achspaar 1, 2, 3, ...

Bei Annäherung des Abstands an den Mindestabstand werden die Achsen mit der funktionspezifischen Beschleunigung (Seite 162) abgebremst.

Über die Schutzfenster-Erweiterung (Seite 160) kann das Schutzfenster, z.B. in einem NC-Programm, dynamisch erweitert werden.

---

#### Hinweis

#### Änderung des Schutzfensters

Eine Änderung des Schutzfensters im Maschinendatum MD61519  
 $\$MN\_CC\_PROTECT\_WINDOW[<Achspaar>]$  darf auch vorgenommen werden, wenn die Schutzfunktion für das Achspaar **aktiv** ist (MD61516  
 $\$MN\_CC\_PROTECT\_PAIRS[<Achspaar>] \neq 0$ ).

---

### 6.3.8 Orientierung

Über das Maschinendatum wird die Orientierung der Achsen des Achspaares zueinander angegeben:

MD61532  $\$MN\_CC\_PROTECT\_DIR\_IS\_REVERSE[ <a> ] = <Wert>$

mit  $a = 0, 1, 2, \dots$  (maximale Anzahl Achspare - 1) entsprechend Achspaar 1, 2, 3, ...

<Wert>	Bedeutung
0	Geichsinnige Orientierung
1	Gegensinnige Orientierung

---

#### Hinweis

#### Änderung der Orientierung

Eine Änderung der Orientierung im Maschinendatum MD61532  
 $\$MN\_CC\_PROTECT\_DIR\_IS\_REVERSE[<Achspaar>]$  darf nur vorgenommen werden, wenn die Schutzfunktion für das Achspaar nicht aktiv ist (MD61516  
 $\$MN\_CC\_PROTECT\_PAIRS[<Achspaar>] == 0$ ).

---

### 6.3.9 Schutzfenster-Erweiterung

Über das Maschinendatum kann das Schutzfenster (Seite 159) dynamisch **vergrößert** werden:

MD61533  $\$MN\_CC\_PROTECT\_WINDOW\_EXTENSION[ <a> ] = <Erweiterung>$

mit  $a = 0, 1, 2, \dots$  (maximale Anzahl Achspare - 1) entsprechend Achspaar 1, 2, 3, ...

Das wirksame Schutzfenster eines Achspaares ergibt sich somit zu:

$$\begin{aligned} \text{Wirksames Schutzfenster}[<Achspaar>] = \\ & \text{MD61519 } \$MN\_CC\_PROTECT\_WINDOW[<Achspaar>] + \\ & \text{MD61533 } \$MN\_CC\_PROTECT\_WINDOW\_EXTENSION[<Achspaar>] \end{aligned}$$



Eine Verkleinerung des Schutzfenster durch Eingabe eines negativen Wertes ist **nicht** möglich.

---

#### Hinweis

#### Änderung der Schutzfenster-Erweiterung

Eine Änderung der Schutzfenster-Erweiterung im Maschinendatum MD61533 \$MN\_CC\_PROTECT\_WINDOW\_EXTENSION[<Achspaar>] darf auch bei aktiver Schutzfunktion, z.B. aus dem NC-Programm heraus, vorgenommen und mit Auslösen von "Maschinendaten wirksam setzen" aktiviert werden.

---

### 6.3.10 Aktivierung der Schutzfunktion

#### Statische Aktivierung über Maschinendaten

Die statische Aktivierung der Schutzfunktion für ein Achspaar erfolgt, sobald folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

- Beide Maschinenachsen des Achspaares sind referenziert
- Für das Achspaar sind gültige Maschinenachsen parametrier:  
MD61516 \$MN\_CC\_PROTECT\_PAIRS[<Achspaar>] = <gültiges Maschinenachspaar>
- Die Zusatzfunktion "Achspaarsspezifische Aktivierung / Deaktivierung über achsspezifische NC/PLC-Nahtstellensignale" ist nicht aktiv:  
MD61535 \$MN\_CC\_PROTECT\_OPTIONS[<Achspaar>], Bit 0 = 0

#### Dynamische Aktivierung über NC/PLC-Nahtstellensignal

Die dynamische Aktivierung der Schutzfunktion für ein Achspaar erfolgt, sobald folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

- Beide Maschinenachsen des Achspaares sind referenziert
- Für das Achspaar sind gültige Maschinenachsen parametrier:  
MD61516 \$MN\_CC\_PROTECT\_PAIRS[<Achspaar>] = <gültiges Maschinenachspaar>
- Die Zusatzfunktion "Achspaarsspezifische Aktivierung / Deaktivierung über achsspezifische NC/PLC-Nahtstellensignale" ist aktiv:  
MD61535 \$MN\_CC\_PROTECT\_OPTIONS[<Achspaar>], Bit 0 = 1
- Das achsspezifische NC/PLC-Nahtstellensignal zur Aktivierung der Schutzfunktion ist für eine der beiden Maschinenachsen des Achspaares gesetzt:  
DB31, ... .DBX24.3 == 1

#### Abstand kleiner als das Schutzfenster

Ist zum Zeitpunkt, zu dem die Schutzfunktion aktiv wird, der Abstand der beiden Maschinenachsen kleiner dem parametrieren Mindestabstand des Schutzfenster, müssen die Maschinenachsen vom Maschinenbediener freigefahren werden. Die Steuerung erlaubt in diesem Zustand nur Verfahrbewegungen in der parametrieren Freifahrrichtung (Seite 158) der Maschinenachsen.

## Überwachungsstatus

Der aktuelle Überwachungsstatus eines Achspaares kann über die globale Anwendervariable `_PROTECT_STATUS` (Seite 162) gelesen werden.

### 6.3.11 Achsspezifische Beschleunigung

Die Beschleunigung, mit der durch die Schutzfunktion bei kritischen Annäherung die beiden Maschinenachsen des Achspaares abgebremst werden, wird eingestellt über:

MD63514 `$MA_CC_PROTECT_ACCEL[<Achse>] = <Beschleunigung>`

mit `<Achse>`: Maschinenachsname z.B. AX1, AX2, ...

---

#### Hinweis

##### Ohne Ruckbegrenzung

Die in MD63514 `$MA_CC_PROTECT_ACCEL` eingestellte Bremsbeschleunigung wirkt ohne Ruckbegrenzung.

---

#### Vorrang der funktionspezifischen Beschleunigung

Zur Berechnung des Bremszeitpunktes wird von der Schutzfunktion ausschließlich die funktionspezifische Beschleunigung der Maschinenachsen aus MD63514 `$MA_CC_PROTECT_ACCEL` verwendet. Die aktuelle Beschleunigung der Maschinenachse im Kanal wird von der Schutzfunktion nicht berücksichtigt

---

#### Hinweis

##### Bahnbezug

Werden von der Schutzfunktion überwachte Maschinenachsen von einem Kanal im Bahnbezug mit anderen Achsen verfahren, geht dieser Bahnbezug verloren, sobald der Achsverbund aufgrund der Schutzfunktion abgebremst wird. Die von der Schutzfunktion überwachten Maschinenachsen werden dabei mit ihren funktionspezifischen Beschleunigungen aus Maschinendatum MD63514 `$MA_CC_PROTECT_ACCEL` abgebremst. Die übrigen Achsen des Achsverbundes werden mit der aktuellen Bahnbeschleunigung des Kanals abgebremst.

---

### 6.3.12 Überwachungsstatus (GUD)

Der aktuelle Status eines Achspaares wird über die globale Anwendervariable `_PROTECT_STATUS` angezeigt.

Die Variable ist standartmäßig nicht vorhanden. Bei Bedarf muss sie in der Definitionsdatei GUD.DEF definiert werden.

#### Definition

```
DEF NCK INT _PROTECT_STATUS[ <Anzahl parametrierter Achspaares> ]
```

mit <Anzahl parametrierter Achspaare> = 1, 2, 3, ... (maximale Anzahl Achspaare)

#### Wertebereich

Wert	Bedeutung: Die Überwachung des Achspaars ist ...
0	nicht aktiv
1	angewählt, aber noch nicht aktiv
2	aktiv, die Achsen werden aktuell <b>nicht</b> gebremst
3	aktiv, die Achsen werden aktuell <u>gebremst</u>
4	abgewählt, aber noch aktiv

### 6.3.13 PLC-Schnittstelle: Achsspezifische Bremsvorgänge

Über das Maschinendatum kann innerhalb des allgemeinen Systemvariablenfeldes \$A\_DBD ein Doppelwort (vier Byte) eine achsspezifische Bremschnittstelle festgelegt werden. Über die Bremschnittstelle wird bei einer kritischen Annäherung der Achsen des Achspaars das aktuelle Abbremsen der Maschinenachsen angezeigt.

MD61534 \$MN\_CC\_PROTECT\_A\_DBD\_INDEX = <Wert>

<Wert>	Bedeutung
-1	Deaktivierung der Ausgabe.
≥ 0	Index der Bremschnittstelle innerhalb des Systemvariablenfeldes: \$A_DBD[ <Index> ] mit Index = 0, 4, 8, 12, ...

#### Hinweis

##### Doppelwort-Index

Der Anfangsindex kann im Maschinendatum byteweise (0, 1, 2, ...) angegeben werden. Da auf die Systemvariable \$A\_DBD von der PLC aus doppelwortweise zugegriffen wird, wird ein Anfangsindex der nicht auf einer Doppelwortgrenze (0, 4, 8, ...) liegt, auf die nächste Doppelwortgrenze (0, 4, 8, 12, ...) **abgerundet**:  $\text{Index} = (\text{Index DIV } 4) * 4$

#### Bremschnittstelle

Jedem Bit der Bremschnittstelle ist eine Maschinenachse zugeordnet:

Bit n: (n+1)-te Maschinenachse, mit n = 0, 1, 2, ...

Bit	31	30	29	28	...	3	2	1	0
MA <sup>1)</sup>	---	31	30	29	...	4	3	2	1
1) Maschinenachsnummer									

Bit n	Bedeutung
0	Die Maschinenachse (n+1) wird nicht gebremst
1	Die Maschinenachse (n+1) wird gebremst

## 6.4 Randbedingungen

### Weitere Informationen

Für das Lesen der Bremsschnittstelle vom PLC-Anwenderprogramm aus steht der Baustein FC21, Funktion 3 zur Verfügung.

Funktionshandbuch PLC; FC21: Transfer Datenaustausch NC/PLC > Funktion 3, 4: Schneller Datenaustausch PLC-NC

### 6.3.14 PLC-Schnittstelle: Achspaar-spezifische Aktivierung der Schutzfunktion

Wenn die Zusatzfunktion "Aktivierung / Deaktivierung der Funktion "Achspaar-Kollisionsschutz" über NC/PLC-Nahtstellensignal (Seite 157)" aktiv ist, kann mit dem achsspezifischen Nahtstellensignal die Schutzfunktion für das Achspaar vom PLC-Anwenderprogramm aus ein- und ausgeschaltet werden:

DB31, ... .DBX24.3 (Kollisionsschutz einschalten)

#### Einschalten

Die Schutzfunktion ist eingeschaltet, wenn das achsspezifische Nahtstellensignal für eine der beiden Maschinenachsen des Achspaares gesetzt ist.

#### Ausschalten

Die Schutzfunktion ist ausgeschaltet, wenn das achsspezifische Nahtstellensignal für beiden Maschinenachsen des Achspaares zurückgesetzt ist.

## 6.4 Randbedingungen

### 6.4.1 Achsen

#### Gleicher Achstyp

**Beide** Maschinenachsen eines Achspaares müssen vom **gleichen** Achstyp sein:

- Linearachse:
  - MD30300 \$MA\_IS\_ROT\_AX = 0
  - MD30310 \$MA\_ROT\_IS\_MODULO = 0
- Rundachse:
  - MD30300 \$MA\_IS\_ROT\_AX = 1
  - MD30310 \$MA\_ROT\_IS\_MODULO = 0

#### Modulo Rundachsen

**Keine** Maschinenachsen eines Achspaares darf eine **Modulo-Rundachse** sein:

- MD30300 \$MA\_IS\_ROT\_AX = 1 (Rundachse)
- MD30310 \$MA\_ROT\_IS\_MODULO = 1 (Fehler: Modulo-Rundachse !)

## 6.4.2 Achscontainer

Ändert sich die Zuordnung der zu überwachenden Maschinenachsen dynamisch im Ablauf des Fertigungsprozesses, z.B. bei Verwendung von Achscontainern, muss die Funktion vor der Änderung, z.B. der Achscontainer-Drehung, deaktiviert, dann umparametriert und wieder aktiviert werden.

### Beispiel

Die Schutzfunktion soll die logischen Maschinenachsen 1 und 13 überwachen. Diese beziehen sich auf die Slots 1 und 2 des Achscontainers CT1. Die zugehörigen realen Maschinenachsen sind AX1 und AX13.

Bei der Achscontainer-Drehung wird der Achscontainer um einen Schritt weitergeschaltet, was zu einem Tausch der realen Maschinenachsen führt.

Die Freifahrtrichtung der Maschinenachse AX13 liegt in positiver Verfahrrichtung. Die Freifahrtrichtung der Maschinenachse AX1 liegt in negativer Verfahrrichtung.

#### Parametrierung der NC

Logische Maschinenachsen: Achsnummer 1 und 13

- MD10002 \$MN\_AXCONF\_LOGIC\_MACHAX\_TAB [ 0 ] = "CT1\_SL1" (log. Masch.Achse 1)
- MD10002 \$MN\_AXCONF\_LOGIC\_MACHAX\_TAB [ 12 ] = "CT1\_SL2" (log. Masch.Achse 13)

Achscontainer CT1, Slot 1 und Slot 2

- MD12750 \$MN\_AXCT\_NAME\_TAB[ 0 ] = "CT1"
- MD12701 \$MN\_AXCT\_AXCONF\_ASSIGN\_TAB1[ 0 ] = "AX1" (Slot 1)
- MD12701 \$MN\_AXCT\_AXCONF\_ASSIGN\_TAB1[ 1 ] = "AX13" (Slot 2)

Reale Maschinenachsen: Maschinenachsnamen AX1 und AX13

- MD10000 \$MN\_AXCONF\_MACHAX\_NAME\_TAB[ x ] = "AX1"
- MD10000 \$MN\_AXCONF\_MACHAX\_NAME\_TAB[ y ] = "AX13"

#### Parametrierung der Funktion "Achspaar-Kollisionsschutz" vor der Achscontainer-Drehung

- MD61516 \$MN\_CC\_PROTECT\_PAIRS[0] = 01 13
- MD61517 \$MN\_CC\_PROTECT\_SAVE\_DIR[0] = 01 00

#### Achscontainer-Drehung durchführen

1. Deaktivierung der Schutzfunktion  
MD61516 \$MN\_CC\_PROTECT\_PAIRS[0] = 00 00
2. Zur Übernahme der Maschinendatenänderung Reset im 1. Kanal der NC auslösen.  
MD60972 \$MN\_CC\_ACTIVE\_IN\_CHAN\_PROT[0], BITx, ...
3. Achscontainer-Drehung ausführen  
AXCTSWED(CT1)

**Neuparametrierung der Funktion "Achspaar-Kollisionsschutz" nach der Achscontainer-Drehung:**

- MD61516 \$MN\_CC\_PROTECT\_PAIRS[0] = 13 01
- MD61517 \$MN\_CC\_PROTECT\_SAFE\_DIR[0] = 01 00

oder

- MD61516 \$MN\_CC\_PROTECT\_PAIRS[0] = 01 13
- MD61517 \$MN\_CC\_PROTECT\_SAFE\_DIR[0] = 00 01

Zur Übernahme der Maschinendatenänderung "Reset" im 1. Kanal der NC auslösen.

### 6.4.3 Link-Achsen

Sind die Achsen eines Achspaares Link-Achsen, d.h. über die Funktion "NCU-Link" werden die Sollwerte der Maschinenachsen von Kanälen verschiedener NCUs erzeugt, können die Achsen gegeneinander weder überwacht noch geschützt werden.

### 6.4.4 Interpolatorische Kopplungen

#### Annahme

1. Eine Maschinenachse ist Bestandteil einer interpolatorischen Kopplung z. B. :
  - generische Kopplung (CP)
  - Mitschleppen (TRAIL)
  - Leitwertkopplung (LEAD)
  - elektronisches Getriebe (EG)
  - Synchronspindel (COUP)
2. Die Maschinenachse wird **nicht** im **ersten** Kanal der NC verfahren.
3. Die Maschinenachse wird durch die Funktion "Achspaar-Kollisionsschutz" überwacht.

#### Auswirkung

Wird die Maschinenachse nicht im ersten Kanal der NC verfahren, stehen die von der interpolatorischen Kopplung erzeugten Anteile für den Positions- und Geschwindigkeitssollwert erst nach einer **Totzeit** von **einem Interpolatortakt** der Funktion "Achspaar-Kollisionsschutz" zur Verfügung. Die Überwachung der Maschinenachsen erfolgt dadurch um diese Anteile versetzt. Der Betrag der Anteile ist dabei abhängig vom Interpolatortakt und der aktuellen Geschwindigkeit und Beschleunigung der Maschinenachse.

## 6.5 Beispiele

### 6.5.1 Kollisionsschutz

Das Bild zeigt die Anordnung der 3 Maschinenachsen und die Verschiebung und Orientierung der Maschinenkoordinatensysteme (MKS).

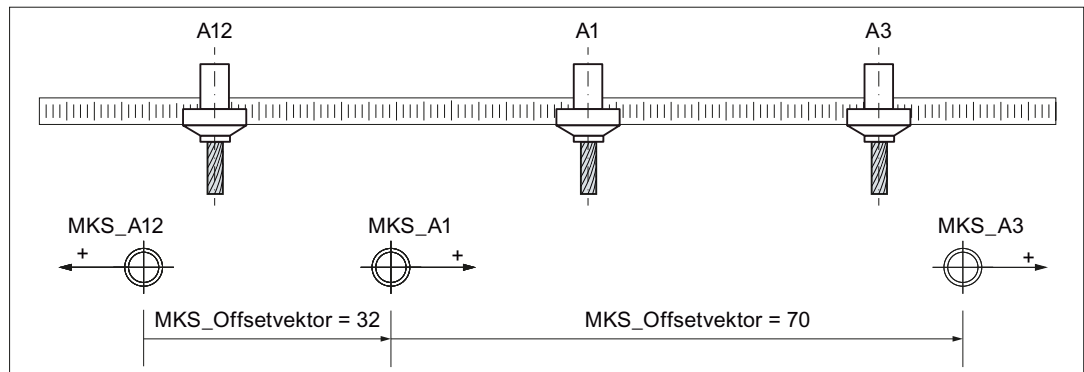


Bild 6-2 Kollisionsschutz für 2 Achspaare

#### Parametrierung: Schutzfunktion 1

Achspaar: 1. Maschinenachse A3, 2. Maschinenachse A1

- MD61516 \$MN\_CC\_PROTECT\_PAIRS[0] = 01 03

Freifahrtrichtung: A1 in negativer Richtung, A3 in positiver Richtung

- MD61517 \$MN\_CC\_PROTECT\_SAFE\_DIR[0] = 00 01

Offsetvektor von Maschinenkoordinatensystem MKS\_A1 nach MKS\_A3 bezogen auf MKS\_A3

- MD61518 \$MN\_CC\_PROTECT\_OFFSET[0] = 70.0

Schutzfenster beispielhaft 10.0 mm

- MD61519 \$MN\_CC\_PROTECT\_WINDOW[0] = 10.0

Orientierung Maschinenkoordinatensysteme zueinander: gleichsinnig

- MD61532 \$MN\_CC\_PROTECT\_DIR\_IS\_REVERSE[0] = 0

Schutzfenster-Erweiterung: keine

- MD61533 \$MN\_CC\_PROTECT\_WINDOW\_EXTENSION[0] = 0.0

#### Parametrierung: Schutzfunktion 2

Achspaar: 1. Maschinenachse A1, 2. Maschinenachse A12

- MD61516 \$MN\_CC\_PROTECT\_PAIRS[1] = 12 01

Freifahrtrichtung: A12 in positiver Richtung, A1 in positiver Richtung

- MD61517 \$MN\_CC\_PROTECT\_SAFE\_DIR[1] = 01 01

## 6.5 Beispiele

Offsetvektor von Maschinenkoordinatensysteme MKS\_A12 nach MKS\_A1 bezogen auf MKS\_A1

- MD61518 \$MN\_CC\_PROTECT\_OFFSET[1] = 32.0

Schutzfenster beispielhaft 5.0 mm

- MD61519 \$MN\_CC\_PROTECT\_WINDOW[1] = 5.0

Orientierung Maschinenkoordinatensysteme zueinander: gegensinnig

- MD61532 \$MN\_CC\_PROTECT\_DIR\_IS\_REVERSE[1] = 1

Schutzfenster-Erweiterung: um 5.0 mm auf insgesamt 10.0 mm

- MD61533 \$MN\_CC\_PROTECT\_WINDOW\_EXTENSION[1] = 5.0

## 6.5.2 Kollisionsschutz und Abstandsbegrenzung

Das Bild zeigt die Anordnung der beiden Maschinenachsen, die Verschiebung und Orientierung der Maschinenkoordinatensysteme (MKS) sowie den minimalen und maximalen Abstandsvektor.

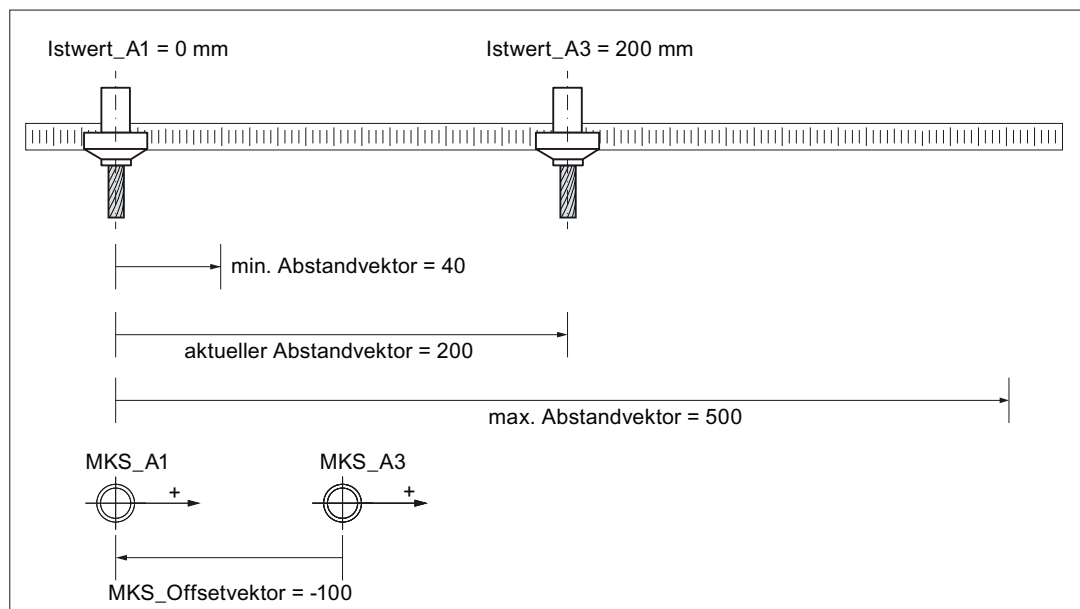


Bild 6-3 Kollisionsschutz und Abstandsbegrenzung für ein Achspaar

### Parametrierung: Schutzfunktion 1 - Kollisionsschutz

Achspaar: 1. Maschinenachse A1, 2. Maschinenachse A3

- MD61516 \$MN\_CC\_PROTECT\_PAIRS[0] = 03 01

Freifahrtrichtung: A1 in negativer Richtung, A3 in positiver Richtung

- MD61517 \$MN\_CC\_PROTECT\_SAFE\_DIR[0] = 01 00



Offsetvektor von Maschinenkoordinatensystem MKS\_A3 nach MKS\_A1 bezogen auf MKS\_A1

- MD61518 \$MN\_CC\_PROTECT\_OFFSET[0] = -100.0

Schutzfenster beispielhaft 40.0 mm

- MD61519 \$MN\_CC\_PROTECT\_WINDOW[0] = 40.0

Orientierung Maschinenkoordinatensysteme zueinander: gleichsinnig

- MD61532 \$MN\_CC\_PROTECT\_DIR\_IS\_REVERSE[0] = 0

Schutzfenster-Erweiterung: keine

- MD61533 \$MN\_CC\_PROTECT\_WINDOW\_EXTENSION[0] = 0.0

### Parametrierung: Schutzfunktion 2 - Abstandsbegrenzung

Achspaar: 1. Maschinenachse A1, 2. Maschinenachse A3

- MD61516 \$MN\_CC\_PROTECT\_PAIRS[1] = 03 01

Freifahrtrichtung: A1 in positiver Richtung, A3 in negativer Richtung

- MD61517 \$MN\_CC\_PROTECT\_SAFE\_DIR[1] = 00 01

Offsetvektor = "Offsetvektor Maschinenkoordinatensystem MKS\_A3 nach MKS\_A1 bezogen auf MKS\_A1" - "maximaler Abstandsvektor bezogen auf MKS\_A1"

---

#### Hinweis

##### Maximaler Abstandsvektor

Der maximale Abstandsvektor von der 1. Maschinenachse zu 2. Maschinenachse ist der Vektor vom Ursprung des Maschinenkoordinatensystems der 1. Maschinenachse zur maximal erlaubten Position der 2. Maschinenachse bezogen auf das Maschinenkoordinatensystems der 1. Maschinenachse.

---

- MD61518 \$MN\_CC\_PROTECT\_OFFSET[1] = -100.0 - 500.0 = 400.0

Schutzfenster beispielhaft 20.0 mm

- MD61519 \$MN\_CC\_PROTECT\_WINDOW[1] = 20.0

Orientierung Maschinenkoordinatensysteme zueinander: gleichsinnig

- MD61532 \$MN\_CC\_PROTECT\_DIR\_IS\_REVERSE[1] = 0

Schutzfenster-Erweiterung: keine

- MD61533 \$MN\_CC\_PROTECT\_WINDOW\_EXTENSION[1] = 0.0

Steht die Maschinenachse A1 auf 0, wird mit den oben gemachten Einstellungen der Verfahrbereich der Maschinenachse A3 auf den Bereich -60.0 bis 380.0 bezogen auf MKS\_A3 beschränkt.



## A3: Achsüberwachungen

### 7.1 Konturüberwachung

#### 7.1.1 Konturfehler

Konturfehler entstehen durch Signalverzerrungen im Lageregelkreis.

Man unterscheidet lineare und nichtlineare Signalverzerrungen.

#### Lineare Signalverzerrungen

Lineare Signalverzerrungen entstehen durch:

- Nicht optimal eingestellte Drehzahl- bzw. Lageregler
- Ungleiche Schleppabstände der an der Bahn beteiligten Achsen  
Hierfür sind typischerweise die Vorsteuerungs-Typen, DSC-Einstellung und Ersatzzeitkonstanten der Vorsteuerung gleich einzustellen. Weiterhin sollten geprüft werden: Lagesollwertfilter (z.B. AX\_JERK\_MODE und AX\_JERK\_TIME), sowie Kv (vor allem bei FFWOF, FFW\_MODE=0 oder FFW\_MODE=3).
- Ungleiche Dynamik der Vorschubantriebe  
Eine ungleiche Antriebsdynamik führt insbesondere an Konturänderungen zu Bahnabweichungen. Kreise werden durch eine ungleiche Dynamik der beiden Vorschubantriebe zu Ellipsen verzerrt.

#### Nichtlineare Signalverzerrungen

Nichtlineare Signalverzerrungen entstehen durch:

- Wirksamwerden der Strombegrenzung innerhalb des Bearbeitungsbereichs
- Wirksamwerden der Begrenzung des Drehzahlsollwerts
- Umkehrspanne innerhalb und/oder außerhalb des Lageregelkreises  
Beim Durchfahren einer Kreisbahn treten vor allem Konturfehler durch die Umkehrspanne und durch Reibung auf.  
Beim Fahren von Geraden entsteht ein Konturfehler durch eine Umkehrspanne außerhalb des Lageregelkreises z. B. durch eine kippende Frässpindel. Sie führt zu einem Parallelversatz zwischen Ist- und Sollbahn. Dieser ist umso größer, je flacher die Steigung der Geraden verläuft.
- Nichtlineares Reibungsverhalten der Schlittenführungen

## 7.1.2 Schleppabstandsüberwachung

### Funktion

Regelungstechnisch entsteht beim Verfahren einer Maschinenachse immer ein gewisser Schleppabstand, d. h. eine Differenz zwischen Soll- und Istposition.

Der sich einstellende Schleppabstand ist abhängig von:

- Lageregelkreisverstärkung  
MD32200 \$MA\_POSCTRL\_GAIN (KV-Faktor)
- Maximale Beschleunigung  
MD32300 \$MA\_MAX\_AX\_ACCEL (Maximale Achsbeschleunigung)
- Maximale Geschwindigkeit  
MD32000 \$MA\_MAX\_AX\_VELO (Maximale Achsgeschwindigkeit)
- Bei aktiver Vorsteuerung:  
Genauigkeit des Streckenmodells und den Parametern:  
MD32610 \$MA\_VELO\_FFW\_WEIGHT (Faktor für Geschwindigkeits-Vorsteuerung)  
MD32620 \$MA\_FFW\_MODE (Vorsteuerungsart)  
MD32800 \$MA\_EQUIV\_CURRCTRL\_TIME (Ersatzzeitkonstante Stromregelkreis für Vorsteuerung)  
MD32810 \$MA\_EQUIV\_SPEEDCTRL\_TIME (Ersatzzeitkonstante Drehzahlregelkreis für Vorsteuerung)
- Lagesollwertfilter  
MD32402 \$MA\_AX\_JERK\_MODE (Filtertyp für axiale Ruckbegrenzung)  
MD32410 \$MA\_AX\_JERK\_TIME (Zeitkonstante für den axialen Ruckfilter)  
MD32910 4ma\_dyn\_match\_TIME (Zeitkonstante der Dynamikanpassung)

In der Beschleunigungsphase wird der Schleppabstand beim Verfahren einer Maschinenachse zunächst immer größer. Nach einer von der Parametrierung des Lageregelkreises abhängigen Zeit bleibt er dann im Idealfall konstant. Aufgrund äußerer Einflüsse kommt es während eines Bearbeitungsvorgangs immer zu mehr oder weniger großen Schwankungen des Schleppabstandes. Damit diese Schwankungen des Schleppabstandes keinen Alarm auslösen, ist für die Schleppabstandsüberwachung ein Toleranzband vorzugeben, innerhalb dessen sich der Schleppabstand bewegen darf:

MD36400 \$MA\_CONTOUR\_TOL (Toleranzband Konturüberwachung)

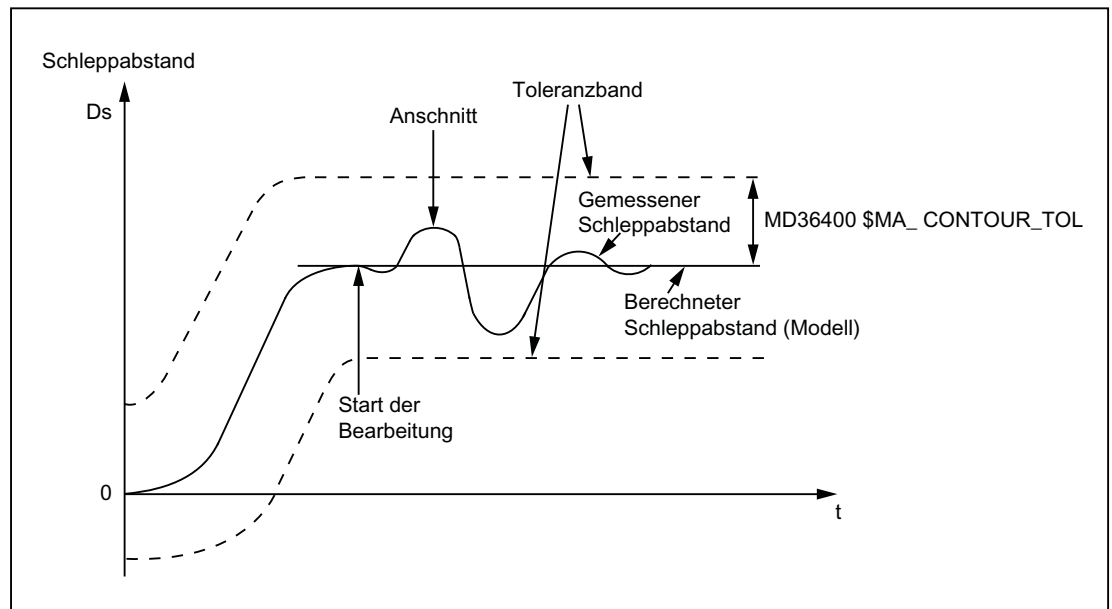


Bild 7-1 Schleppabstandsüberwachung

### Wirksamkeit

Die Schleppabstandsüberwachung ist nur wirksam bei aktiver Lageregelung und folgenden Achstypen:

- Linearachsen mit und ohne Vorsteuerung
- Rundachsen mit und ohne Vorsteuerung
- Lagegeregelten Spindeln

### Fehlerfall

Bei Überschreiten der parametrisierten Toleranzgrenze wird folgender Alarm angezeigt:

25050 "Achse <Achsenname> Konturüberwachung"

Die betroffene Achse / Spindel wird im Nachführbetrieb über die parametrisierte Bremsrampe stillgesetzt:

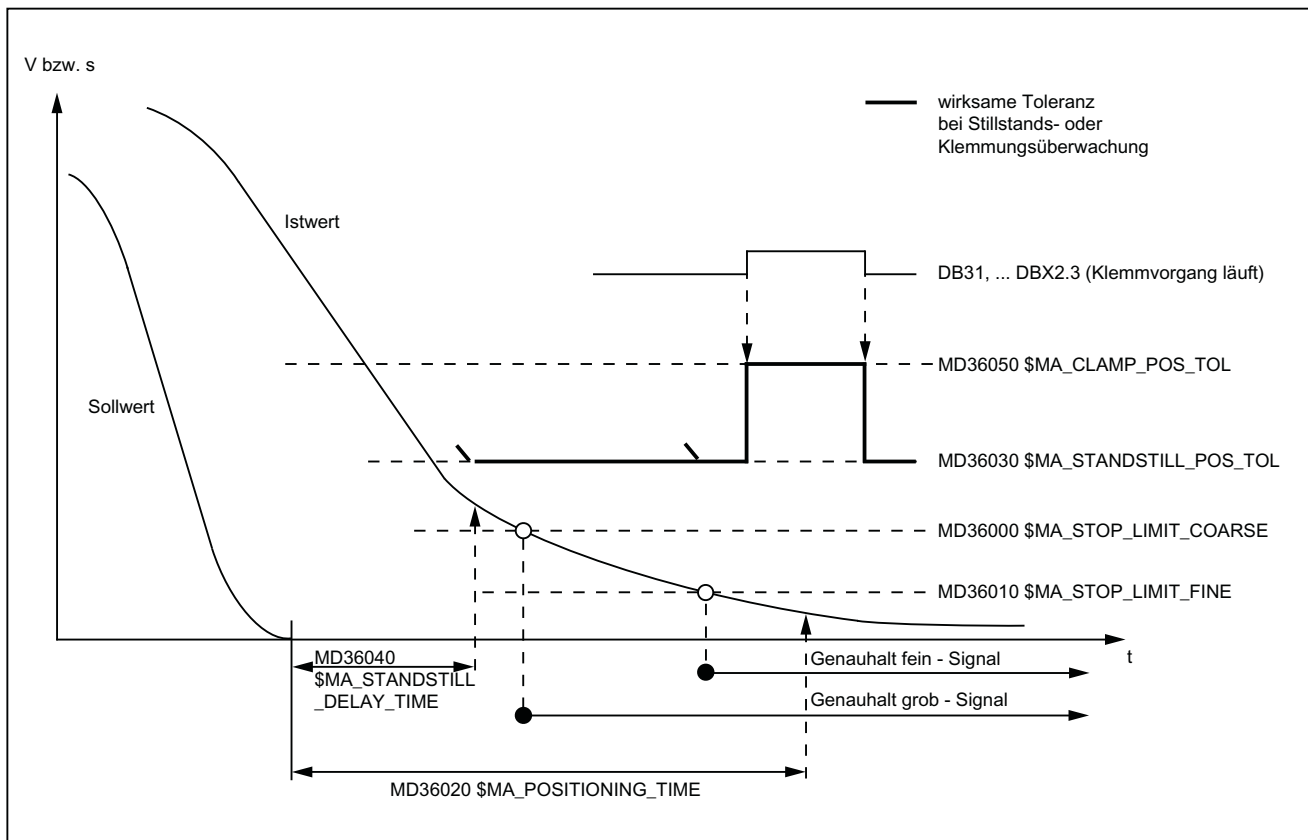
MD36610 \$MA\_AX\_EMERGENCY\_STOP\_TIME  
(Maximale Zeitdauer der Bremsrampe bei Fehlerzuständen)

## 7.2 Positionier-, Stillstands- und Klemmungsüberwachung

### 7.2.1 Zusammenhang zwischen Positionier-, Stillstands- und Klemmungsüberwachung

#### Übersicht

Die folgende Übersicht zeigt den Zusammenhang zwischen Positionier-, Stillstands- und Klemmungsüberwachung:



### 7.2.2 Positionierüberwachung

#### Funktion

Zum Abschluss eines Positioniervorgangs:

- Sollgeschwindigkeit = 0 UND
- DB31, ... DBX64.6/7 (Fahrbefehl minus/plus) = 0

überwacht die Positionierüberwachung, dass der Schleppabstand jeder beteiligten Maschinenachse innerhalb der Verzögerungszeit kleiner der Genauhalttoleranz fein wird:

MD36010 \$MA\_STOP\_LIMIT\_FINE (Genauhalt fein)

MD36020 \$MA\_POSITIONING\_TIME (Verzögerungszeit Genauhalt fein)

Nach dem Erreichen von "Genauhalt fein" wird die Positionierüberwachung abgeschaltet.

---

#### Hinweis

Je kleiner die Genauhalttoleranz fein gewählt wird, desto länger dauert der Positioniervorgang und damit die Zeit bis zum Satzwechsel.

---

### Regeln zur MD-Einstellung

MD36010 \$MA_STOP_LIMIT_FINE	MD36020 \$MA_POSITIONING_TIME
groß	kann relativ kurz gewählt werden
klein	muss relativ lang gewählt werden

MD32200 \$MA_POSCTRL_GAIN (KV-Faktor)	MD36020 \$MA_POSITIONING_TIME
klein	muss relativ lang gewählt werden
groß	kann relativ kurz gewählt werden

### Wirksamkeit

Die Positionierüberwachung ist nur wirksam bei aktiver Lageregelung und folgenden Achstypen:

- Linearachsen
- Rundachsen
- Lagegeregelten Spindeln

### Fehlerfall

Bei Überschreiten der parametrisierten Positionierüberwachungszeit wird folgender Alarm angezeigt:

25080 "Achse <Achsenname> Positionierüberwachung"

Die betroffene Achse wird im Nachführbetrieb über die parametrisierte Bremsrampe stillgesetzt:

MD36610 \$MA\_AX\_EMERGENCY\_STOP\_TIME

(Maximale Zeitdauer der Bremsrampe bei Fehlerzuständen)

### 7.2.3 Stillstandsüberwachung

#### Funktion

Zum Abschluss eines Positioniervorgangs:

- Sollgeschwindigkeit = 0 **UND**
- DB31, ... DBX64.6/7 (Fahrbefehl minus/plus) = 0

überwacht die Stillstandsüberwachung, dass der Schleppabstand jeder beteiligten Maschinenachse innerhalb der Verzögerungszeit kleiner der Stillstandstoleranz wird:

MD36040 \$MA\_STANDSTILL\_DELAY\_TIME (Verzögerungszeit Stillstandsüberwachung)

MD36030 \$MA\_STANDSTILL\_POS\_TOL (Stillstandstoleranz)

Nach Erreichen des erforderlichen Genauhalt-Zustandes ist der Positioniervorgang abgeschlossen:

DB31, ... DBX60.6/7 (Position erreicht mit Genauhalt grob/fein) = 1

Die Positionierüberwachung wird abgeschaltet und von der Stillstandsüberwachung abgelöst.

Die Stillstandsüberwachung überwacht die Einhaltung der Stillstandstoleranz. Solange keine neue Fahranforderung ansteht, darf die Maschinenachse die Stillstandstoleranz nicht verlassen.

#### Wirksamkeit

Die Stillstandsüberwachung ist nur wirksam bei aktiver Lageregelung und folgenden Achstypen:

- Linearachsen
- Rundachsen
- Lagegeregelten Spindeln

#### Fehlerfall

Bei Überschreiten der Verzögerungszeit und / oder der Stillstandstoleranz wird folgender Alarm angezeigt:

25040 "Achse <Achsenname> Stillstandsüberwachung"

Die betroffene Achse wird im Nachföhrbetrieb über die parametrisierte Bremsrampe stillgesetzt:

MD36610 \$MA\_AX\_EMERGENCY\_STOP\_TIME

(Maximale Zeitdauer der Bremsrampe bei Fehlerzuständen)



## 7.2.4 Parametersatzabhängige Genauhalt- und Stillstandstoleranz

Zur Anpassung an unterschiedliche Bearbeitungssituationen und / oder Achsdynamiken, z. B.:

- Betriebszustand A: Hohe Genauigkeit, lange Bearbeitungszeit
- Betriebszustand B: Geringere Genauigkeit, kürzere Bearbeitungszeit
- Änderung der Massenverhältnisse nach Getriebeumschaltung

können die Positionstoleranzen:

- MD36000 \$MA\_STOP\_LIMIT\_COARSE (Genauhalt grob)
- MD36010 \$MA\_STOP\_LIMIT\_FINE (Genauhalt fein)
- MD36030 \$MA\_STANDSTILL\_POS\_TOL (Stillstandstoleranz)

parametersatzabhängig mit einem gemeinsamen Faktor bewertet werden:

MD36012 \$MA\_STOP\_LIMIT\_FACTOR (Faktor Genauhalt grob / fein und Stillstand)

Da der Faktor für alle drei Positionstoleranzen gemeinsam gilt, bleibt das Verhältnis der Werte untereinander konstant.

## 7.2.5 Klemmungsüberwachung

### 7.2.5.1 Funktion

Bei Maschinenachsen, die nach Abschluss eines Positioniervorgangs mechanisch geklemmt werden, kann es aufgrund des Klemmvorgangs zu einer Verschiebung der Achse aus der Sollposition kommen. Durch das Setzen des NC/PLC-Nahtstellensignals DB31, ... DBX2.3 (Klemmvorgang läuft) wird für die Dauer des Klemmvorgangs statt der Stillstandstoleranz (MD36030 \$MA\_STANDSTILL\_POS\_TOL) die Klemmungstoleranz (MD36050 \$MA\_CLAMP\_POS\_TOL) überwacht. Wird die Klemmungstoleranz überschritten, wird der Alarm 26000 "Klemmungsüberwachung" angezeigt.

#### Alarmverzögerungszeit

Soll eine zeitlich begrenzte Überschreitung der Klemmungstoleranz zugelassen werden, muss über das Maschinendatum MD36051 \$MA\_CLAMP\_POS\_TOL\_TIME eine Alarmverzögerungszeit vorgegeben werden. Die Alarmausgabe erfolgt dann bei einer Überschreitung der Klemmungstoleranz erst nach Ablauf der parametrisierten Zeit. Wird vor Ablauf der Zeit die Klemmungstoleranz wieder unterschritten, erfolgt keine Alarmausgabe. Mit der nächsten Überschreitung der Klemmungstoleranz wird die Zeit neu gestartet.

Damit vor Ablauf der Alarmverzögerungszeit auf die Überschreitung der Klemmungstoleranz reagiert werden kann, wird das achsspezifische NC/PLC-Nahtstellensignal DB31, ... DBX102.3 (Klemmungstoleranz überschritten) gesetzt. Bei Unterschreitung der Klemmungstoleranz wird das Signal wieder zurückgesetzt.

### 7.2.5.2 Maschinendaten

#### Klemmungstoleranz

In das Maschinendatum wird die gegenüber der Stillstandstoleranz größere Klemmungstoleranz eingetragen:

MD36050 \$MA\_CLAMP\_POS\_TOL[<Achse>] = <Klemmungstoleranz>

#### Alarmverzögerungszeit

Soll eine zeitlich begrenzte Überschreitung der Klemmungstoleranz toleriert werden, muss in das Maschinendatum die maximal zulässige Alarmverzögerungszeit eingetragen werden.

MD36051 \$MA\_CLAMP\_POS\_TOL\_TIME[<Achse>] = <Alarmverzögerungszeit>

Bei einer Überschreitung der Klemmungstoleranz wird der Alarm 26000 "Klemmungsüberwachung" erst nach Ablauf der Alarmverzögerungszeit angezeigt.

Wird die Klemmungstoleranz vor Ablauf der Alarmverzögerungszeit wieder unterschritten, erfolgt keine Alarmausgabe.

Mit der nächsten Überschreitung der Klemmungstoleranz wird die Alarmverzögerungszeit neu gestartet.

#### Spezielle Klemmungsfunktionen

Über das Maschinendatum werden die speziellen Klemmungsfunktionen, die das Lösen und Setzen der Klemmung im Teileprogrammablauf automatisieren, bitweise aktiviert:

MD36052 \$MA\_STOP\_ON\_CLAMPING[<Achse>], <Bit> = <Wert>

<Bit>	<Wert >	Bedeutung
0		Automatisches Anhalten zum Lösen der Klemmung
	0	Nicht aktiv
	1	Aktiv
1		Optimiertes Lösen der Klemmung
	0	Nicht aktiv
	1	Aktiv, Voraussetzung: Bit 0 == 1
2		Automatisches Anhalten zum Setzen der Klemmung
	0	Nicht aktiv
	1	Aktiv

### 7.2.5.3 NC/PLC-Nahtstellensignale

#### Aktivierung der Klemmungsüberwachung

Die Aktivierung der Klemmungsüberwachung erfolgt durch Setzen des NC/PLC-Nahtstellensignals:

DB31, ... DBX2.3 = 1 (Klemmvorgang läuft)

### Überschreitung der Klemmungstoleranz

Das Überschreiten der Klemmungstoleranz wird durch das NC/PLC-Nahtstellensignal angezeigt:

DB31, ... DBX102.3 == 1 (Klemmungstoleranz überschritten)

Das Signal wird **gesetzt**, wenn innerhalb der Alarmverzögerungszeit die Klemmungstoleranz überschritten wird.

Das Signal wird **zurückgesetzt**, wenn innerhalb der Alarmverzögerungszeit die Klemmungstoleranz unterschritten wird oder für die Achse Nachführbetrieb aktiviert wird.

#### 7.2.5.4 Fehlerreaktionen

Fehlerreaktionen bei Überschreitung der Klemmungstoleranz:

- Alarm 26000 "Klemmungsüberwachung" wird angezeigt
- Die Achse wird mit der parametrierten Maximalbeschleunigung stillgesetzt:  
MD32300 \$MA\_MAX\_AX\_ACCEL  
Dabei wird die maximale Zeitdauer der Bremsrampe bei Fehlerzuständen überwacht:  
MD36610 \$MA\_AX\_EMERGENCY\_STOP\_TIME
- Für die Achse wird Nachführbetrieb aktiviert:  
DB31, ... DBX61.3 == 1
- Das Signal "Klemmungstoleranz überschritten" wird zurückgesetzt:  
DB31, ... DBX102.3 == 0

#### 7.2.5.5 Klemmungsfunktion "Automatisches Anhalten zum Lösen der Klemmung"

Durch die Klemmungsfunktion "Automatisches Anhalten zum Lösen der Klemmung" wird bei Bahnsteuerbetrieb vor dem Verfahrssatz der Klemmungsachse ein NC-interner Stopp eingefügt.

Der Stopp wird nicht wirksam bzw. der Bahnsteuerbetrieb nicht unterbrochen, wenn vor dem Satzwechsel die Reglerfreigabe (DB31, ... DBX2.1) der Klemmungsachse gesetzt ist.

Ist vor dem Satzwechsel die Reglerfreigabe der Klemmungsachse **nicht** gesetzt, wird der Stopp wirksam.

#### Parametrierung

MD36052 \$MA\_STOP\_ON\_CLAMPING[ <Klemmungsachse> ] = 'H01'

#### Voraussetzungen / Annahmen

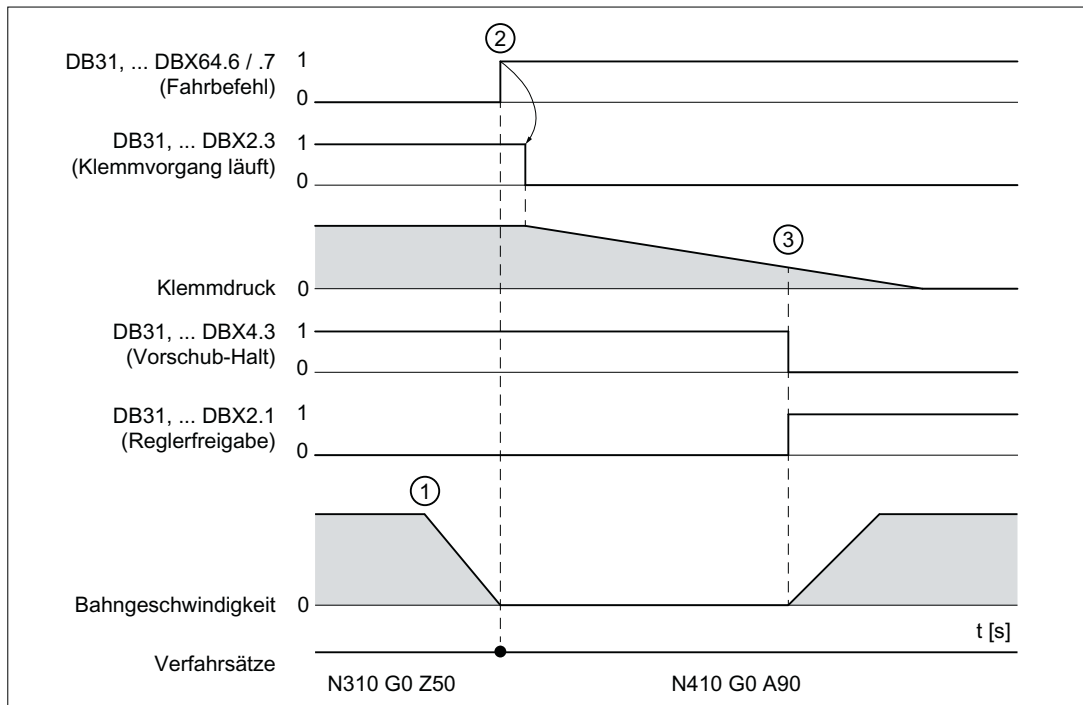
- Wenn für die Klemmungsachse ein **Fahrbefehl** (DB31, ... DBX64.6 / .7) ansteht, wird die Klemmung durch das PLC-Anwenderprogramm **gelöst**.
- Zwischen Reglerfreigabe (DB31, ... DBX2.1) und Klemmung der Klemmungsachse muss folgender Zusammenhang bestehen:

Reglerfreigabe	⇒	Klemmungsachse
nicht gesetzt	⇒	geklemmt
gesetzt	⇒	nicht geklemmt

**Beispiel**

Programmcode	Kommentar
N100 G0 X0 Y0 Z0 A0 G90 G54 F500	; Grundstellung anfahren
N101 G641 ADIS=.1 ADISPOS=5	; Bahnsteuerbetrieb einschalten
N210 G1 X10	; Verfahrsatz
N220 G1 X5 Y20	; "
<b>N310 G0 Z50</b>	; Positioniersatz
<b>N410 G0 A90</b>	; " (Klemmungsachse)
N510 G0 X100	; "
N520 G0 Z2	; "
N610 G1 Z-4	; Verfahrsatz
N620 G1 X0 Y-20	; "

Schematischer Verlauf der NC/PLC-Nahtstellensignale und Zustände für die Sätze N310 und N410:



- ① NC: Aufgrund des automatisch eingefügten Stopps wird zum Satzende von N310 angehalten.
- ② NC → PLC: Nach dem Satzwechsel wird der Fahrbefehl für die Klemmungsachse gesetzt  
PLC: Aufgrund des Fahrbefehls wird die Klemmung gelöst.
- ③ PLC → NC: Der Klemmdruck ist ausreichend abgebaut. Die Klemmungsachse wird zum Verfahren freigegeben.

### 7.2.5.6 Klemmungsfunktion "Zeitoptimiertes Lösen der Klemmung"

Durch die Klemmungsfunktion "Zeitoptimiertes Lösen der Klemmung" wird im Zusammenhang mit der Klemmungsfunktion "Automatisches Anhalten zum Lösen der Klemmung" bei Bahnsteuerbetrieb das Lösen der Klemmung NC-intern durch vorausschauendes Setzen des Fahrbefehls für die Klemmungsachse angefordert. Der Fahrbefehl wird nur gesetzt, wenn bis zum Verfahren der Klemmungsachse ausschließlich positioniert (G0-Sätze) und nicht bearbeitet (G1-Sätze) wird.

Um den Bezug zum Verfahrssatz der Klemmungsachse zu erhalten, wird der Fahrbefehl maximal zwei Eilgangsätze (G0), einschließlich eventuell intern erzeugter Zwischensätze, vor dem Verfahrssatz gesetzt, .

#### Aktivierung

MD36052 \$MA\_STOP\_ON\_CLAMPING[ <Klemmungsachse> ] = 'H03'

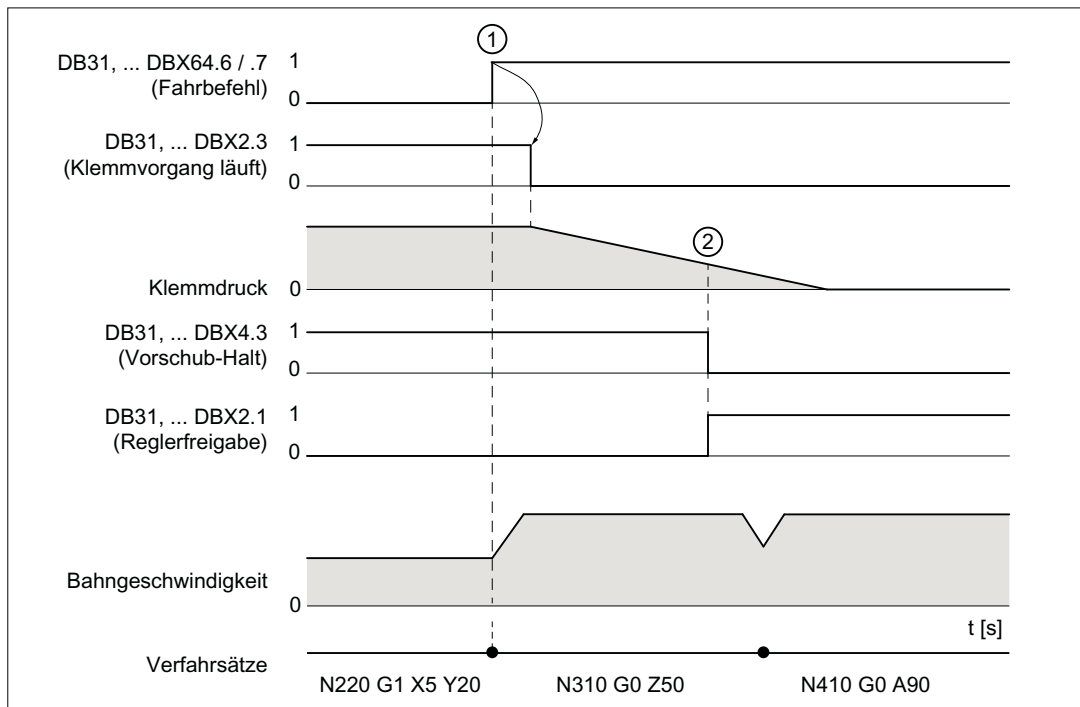
#### Voraussetzungen / Annahmen

- Wenn für die Klemmungsachse ein **Fahrbefehl** (DB31, ... DBX64.6 / .7) ansteht, wird die Klemmung durch das PLC-Anwenderprogramm **gelöst**.
- Während andere Achsen mit Eilgang (G0) verfahren, muss die Klemmungsachse **nicht** geklemmt sein.

#### Beispiel

Programmcode	Kommentar
N100 G0 X0 Y0 Z0 A0 G90 G54 F500	; Grundstellung anfahren
N101 G641 ADIS=.1 ADISPOS=5	; Bahnsteuerbetrieb einschalten
N210 G1 X10	; Bearbeitungssatz
<b>N220 G1 X5 Y20</b>	; "
<b>N310 G0 Z50</b>	; Positioniersatz
<b>N410 G0 A90</b>	; " ( <b>Klemmungsachse</b> )
N510 G0 X100	; "
N520 G0 Z2	; "
N610 G1 Z-4	; Bearbeitungssatz
N620 G1 X0 Y-20	; "

Schematischer Verlauf der NC/PLC-Nahtstellensignale und Zustände für die Sätze N220 bis N410:



- ① NC → PLC: Der Fahrbefehl für die Klemmungsachse wird aufgrund des Satzwechsels gesetzt. PLC: Aufgrund des Fahrbefehls wird die Klemmung gelöst.
- ② PLC → NC: Der Klemmdruck ist ausreichend abgebaut. Die Klemmungsachse wird zum Verfahren freigegeben.

### 7.2.5.7

#### Klemmungsfunktion "Automatisches Anhalten zum Setzen der Klemmung"

Der Klemmungsvorgang nimmt eine gewisse Zeit in Anspruch. Im Bahnsteuerbetrieb müsste dazu ein expliziter Stopp der Verfahrbewegung durch Programmierung von z.B. G09, G60 oder einer Hilfsfunktionsausgabe vorgesehen werden, damit die Klemmung sicher wirkt, bevor mit der Bearbeitung begonnen wird.

Durch die Klemmungsfunktion "Automatisches Anhalten zum Setzen der Klemmung" wird im Bahnsteuerbetrieb der Stopp der Verfahrbewegung automatisch durchgeführt. Der Stopp der Verfahrbewegung erfolgt dabei **vor** bzw. **im** nächsten Bearbeitungssatz (Verfahrersatz ohne Eilgang G0), wenn die Klemmungsachse bis dahin noch nicht geklemmt ist. Das Kriterium, dass die Klemmung erfolgt und die weiteren Verfahrbewegungen freigegeben sind, ist das Setzen der kanalspez. Vorschub-Override durch das PLC-Anwenderprogramm ungleich 0% (DB21, ... DBB4 ≠ 0%)

#### Aktivierung

MD36052 \$MA\_STOP\_ON\_CLAMPING[ <Klemmungsachse> ] = 'H04'

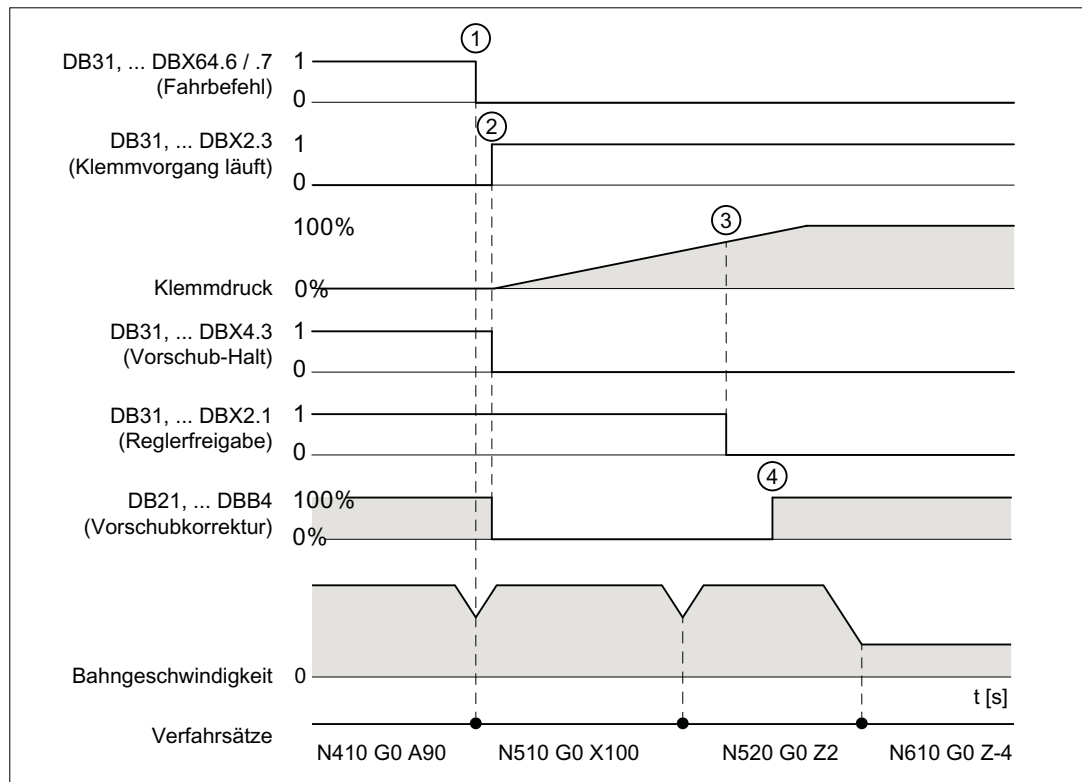
**Voraussetzungen / Annahmen**

- Wenn für die Klemmungsachse **kein** Fahrbefehl (DB31, ... DBX64.6 / .7) ansteht, wird die Klemmung durch das PLC-Anwenderprogramm **geschlossen**, .
- Während andere Achsen mit Eilgang (G0) verfahren, muss die Klemmungsachse **nicht** geklemmt sein.
- Wenn die kanalspez. Vorschub-Override **ungleich 0%** ist (DB21, ... DBB4 ≠ 0%), ist die Klemmungsachse **geklemmt**.

**Beispiel**

Programmcode	Kommentar
N100 G0 X0 Y0 Z0 A0 G90 G54 F500	; Grundstellung anfahren
N101 G641 ADIS=.1 ADISPOS=5	; Bahnsteuerbetrieb einschalten
N210 G1 X10	; Bearbeitungssatz
N220 G1 X5 Y20	; "
N310 G0 Z50	; Positioniersatz
<b>N410 G0 A90</b>	; " ( <b>Klemmungsachse</b> )
<b>N510 G0 X100</b>	; "
<b>N520 G0 Z2</b>	; "
<b>N610 G1 Z-4</b>	; Bearbeitungssatz
N620 G1 X0 Y-20	; "

Schematischer Verlauf der NC/PLC-Nahtstellensignale und Zustände für die Sätze N410 bis N610:



- ① NC → PLC: Der Fahrbefehl für die Klemmungsachse wird aufgrund des Satzwechsels zurückgesetzt
- ② PLC: Die Klemmung wird eingeleitet
- ③ PLC → NC: Der Klemmdruck ist zum Rücksetzen der Reglerfreigabe ausreichend groß
- ④ PLC → NC: Freigabe der Bearbeitung N610 durch Setzen der kanalspez. Vorschubfreigabe ungleich 0%

### 7.2.5.8

## Randbedingungen

### Unterbrochener Bahnsteuerbetrieb



Wird während der oben beschriebenen Klemmungsfunktionen der Bahnsteuerbetrieb und damit auch die Funktion "LookAhead" durch Sätze ohne Verfahrbewegung (z. B. Ausgabe einer M-Funktion M82 / M83) unterbrochen, verhalten sich die Funktionen wie folgt:

- **Klemmungsfunktion: "Zeitoptimiertes Lösen der Achsklemmung"**  
(MD36052 \$MA\_STOP\_ON\_CLAMPING[<Achse>] = 'B011')  
Die Funktion wirkt sich nicht mehr aus, da das vorausschauende Setzen des Fahrbefehls nur für Sätze mit aktivem Bahnsteuerbetrieb durchgeführt wird. Die Ausgabe der M-Funktion M82 im Satz N320 des unten stehenden Beispielprogramms bewirkt einen Stopp der Verfahrbewegung und unterbricht somit den Bahnsteuerbetrieb.  
Das von der Funktion ansonsten bewirkte "vorausschauende" Anhalten auf N410 ist nicht erforderlich, da durch N320 sowieso angehalten wird.
- **Klemmungsfunktion: "Automatisches Anhalten zum Setzen der Klemmung"**:  
(MD36052 \$MA\_STOP\_ON\_CLAMPING[<Achse>] = 'B100')  
Die Funktion erzeugt unabhängig von M83 einen Stopp, der abhängig von "Vorschub-Override 0%" durchgeführt wird. Das Anhalten vor dem ersten Bearbeitungssatz ist somit gegeben.

---

### Hinweis

#### Klemmungsfunktionen ohne Klemmung verwenden

Folgende Klemmungsfunktionen können auch unabhängig vom Klemmen der Achse verwendet werden:

- "Automatisches Anhalten zum Lösen der Klemmung":  
MD36052 \$MA\_STOP\_ON\_CLAMPING[<Achse>] = 'B001'  
**Verhalten:** Es wird im aktuellen Satz auf der Bahn gestoppt, wenn die Reglerfreigabe (DB31, ... DBX2.1) für die parametrisierte <Achse> **nicht** gesetzt ist, sie aber in einem der nachfolgenden Sätze verfahren wird.
- "Automatisches Anhalten zum Setzen der Klemmung":  
MD36052 \$MA\_STOP\_ON\_CLAMPING[<Achse>] = 'B100'  
**Verhalten:** Es wird im aktuellen Satz auf der Bahn gestoppt, wenn am Übergang von Eilgang- (G0) zu Verfahrätzen (G1) die kanalspezifische Vorschub-Override (DB21, ... DBB4) == 0% ist.

In beiden Fällen wird sichergestellt, dass die Bahnbewegung im Bahnsteuerbetrieb bereits vor dem Beginn des betreffenden Satzes gestoppt ist und nicht erst innerhalb des Satzes angehalten wird.

---

Tabelle 7-1 Beispielprogramm: Unterbrochener Bahnsteuerbetrieb

Programmcode	Kommentar
N100 G0 X0 Y0 Z0 A0 G90 G54 F500	; Grundstellung anfahren
N101 G641 ADIS=.1 ADISPOS=5	; Bahnsteuerbetrieb einschalten
N210 G1 X10	; Verfahrersatz
N220 G1 X5 Y20	; "
N310 G0 Z50	; Eilgangsatz
N320 M82	; <b>Unterbrechung</b> des Bahnsteuerbetriebs
N410 G0 A90	; Eilgangsatz

Programmcode	Kommentar
N420 M83	; <b>Unterbrechung</b> des Bahnsteuerbetriebs
N510 G0 X100	; Eilgangsatz
N520 G0 Z2	; "
N610 G1 Z-4	; Verfahrersatz
N620 G1 X0 Y-20	; "

### Satzwechselkriterium: Klemmungstoleranz

Nach Aktivierung der Klemmungsüberwachung (DB31, ... DBX2.3) wirkt als Satzwechselkriterium bei Verfahrersätzen, bei denen am Satzende angehalten wird, für die Klemmungsachse nicht mehr die Genauhalt- sondern die Klemmungstoleranz:

MD36050 \$MA\_CLAMP\_POS\_TOL (Klemmungstoleranz bei Nahtstellensignal "Klemmung aktiv")

### Verhalten beim Lösen der Klemmung

Ist die Klemmungsachse durch den Klemmungsvorgang aus der Sollposition bewegt worden, wird sie nach dem Lösen der Klemmung und dem Setzen der Reglerfreigabe (DB31, ... DBX2.1) von der NC wieder auf die Sollposition verfahren. Die Rückpositionierung erfolgt abhängig davon, ob für die Achse während des Klemmungsvorgangs "Nachführbetrieb" aktiv war:

- DB31, ... DBX1.4 == 0 (Nachführbetrieb nicht aktiv) ⇒ Sprungförmig durch den Lageregler
- DB31, ... DBX1.4 == 1 (Nachführbetrieb aktiv) ⇒ Interpolatorisches Verfahren

---

### Hinweis

Als Kriterium zur Aktivierung des Nachführbetriebs (DB31, ... DBX1.4) können vom PLC-Anwenderprogramm folgende Daten ausgewertet werden:

- DB31, ... DBX60.6/.7 (Position erreicht mit Genauhalt grob/fein)
  - Istposition der Klemmungsachse
- 

### Nachführbetrieb

Die Klemmungsüberwachung ist im Nachführbetrieb nicht aktiv

DB31, ... DBX1.4 == 1 (Nachführbetrieb).

## 7.3 Drehzahlsollwertüberwachung

### Funktion

Der Drehzahlsollwert setzt sich zusammen aus:

- Drehzahlsollwert des Lagereglers
- Drehzahlsollwertanteil der Vorsteuerung (nur bei aktiver Vorsteuerung)
- Driftkompensation (nur bei Antrieben mit analoger Sollwertschnittstelle)

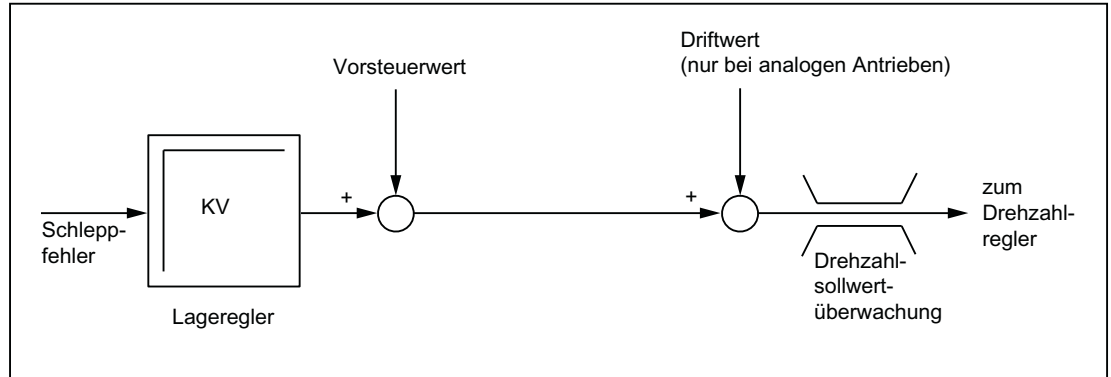


Bild 7-2 Drehzahlsollwertberechnung

Die Drehzahlsollwertüberwachung stellt durch Begrenzung der Stell- bzw. Ausgangsgröße (10 V bei analoger Sollwertschnittstelle oder Nenndrehzahl bei digitalen Antrieben) sicher, dass die physikalischen Begrenzungen der Antriebe nicht überschritten werden:

MD36210 \$MA\_CTRLLOUT\_LIMIT (Maximaler Drehzahlsollwert)

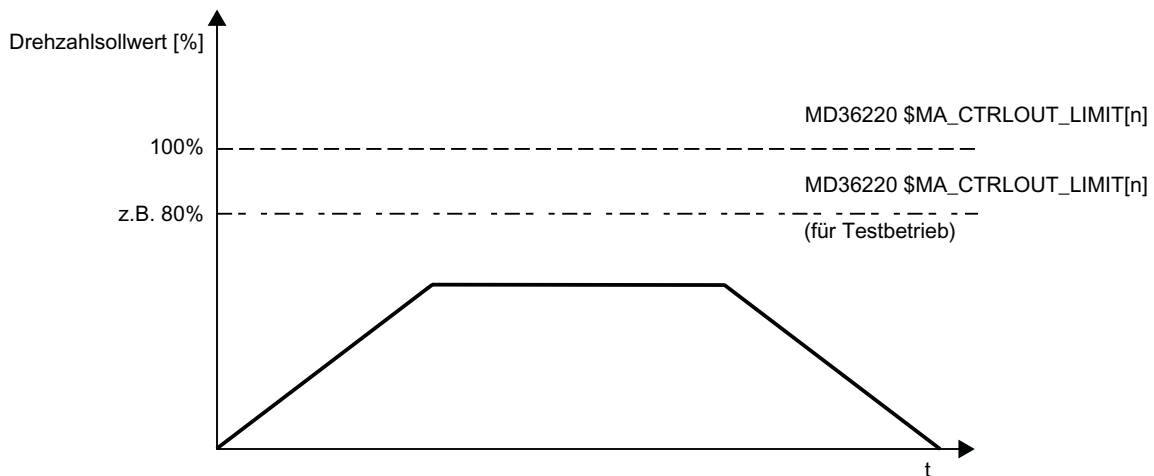


Bild 7-3 Drehzahlsollwertbegrenzung

### Verzögerung Drehzahlsollwertüberwachung

Damit es nicht in jedem Fall einer Drehzahlbegrenzung zu einer Fehlerreaktion kommt, kann eine Verzögerungszeit parametrisiert werden:

MD36220 \$MA\_CTRLLOUT\_LIMIT\_TIME (Verzögerung Drehzahlsollwertüberwachung)

Erst wenn eine Drehzahlbegrenzung länger als die eingestellte Zeit erforderlich wird, erfolgt die entsprechende Fehlerreaktion.

### Wirksamkeit

Die Drehzahlsollwertüberwachung ist nur für lagegeregelte Achsen aktiv und kann nicht ausgeschaltet werden.

### Fehlerfall

Bei Überschreiten der parametrisierten Verzögerungszeit wird folgender Alarm angezeigt:

25060 "Achse <Achsenname> Drehzahlsollwertbegrenzung"

Die betroffene Achse wird im Nachführbetrieb über die parametrisierte Bremsrampe stillgesetzt:

MD36610 \$MA\_AX\_EMERGENCY\_STOP\_TIME

(Maximale Zeitdauer der Bremsrampe bei Fehlerzuständen)

---

### Hinweis

Mit dem Erreichen der Drehzahlsollwertüberwachung wird der Lageregelkreis der Achse durch die Begrenzung nichtlinear. Hieraus resultieren Konturfehler, sofern die Achse an der Konturerzeugung beteiligt ist.

---

## 7.4 Istgeschwindigkeitsüberwachung

### Funktion

Die Istgeschwindigkeitsüberwachung überwacht, dass die aktuelle Istgeschwindigkeit einer Achse/Spindel den parametrisierten Schwellwert nicht überschreitet:

MD36200 \$MA\_AX\_VELO\_LIMIT (Schwellwert Geschwindigkeitsüberwachung)

Der Schwellwert sollte 10-15% über der parametrisierten Maximalgeschwindigkeit liegen:

- Bei Achsen:  
MD32000 \$MA\_MAX\_AX\_VELO (Maximale Achsgeschwindigkeit)
- Bei Spindeln:  
MD35110 \$MA\_GEAR\_STEP\_MAX\_VELO\_LIMIT[n] (Maximaldrehzahl der Getriebestufe)

Mit dieser Einstellung tritt eine Überschreitung des Schwellwerts der Geschwindigkeitsüberwachung normalerweise nicht auf (Ausnahme: Antriebsfehler).

### Aktivierung

Die Istgeschwindigkeitsüberwachung wird aktiv, sobald das aktive Messsystem gültige Istwerte (Gebergrenzfrequenz nicht überschritten) liefert.

## Wirksamkeit

Die Istgeschwindigkeitsüberwachung ist nur wirksam bei aktiver Lageregelung und folgenden Achstypen:

- Linearachsen
- Rundachsen
- Gesteuerten und lagegeregelten Spindeln

## Fehlerfall

Bei Überschreitung des Schwellwerts wird folgender Alarm angezeigt:

25030 "Achse <Achsname> Istgeschwindigkeit Alarmgrenze"

Die betroffene Achse wird im Nachführbetrieb über die parametrisierte Bremsrampe stillgesetzt:

MD36610 \$MA\_AX\_EMERGENCY\_STOP\_TIME

(Maximale Zeitdauer der Bremsrampe bei Fehlerzuständen)

## 7.5 Messsystem-Überwachung

Die NC hat keinen direkten Zugriff auf die Messsystem-Hardware, die Messsystem-Überwachungen werden deshalb hauptsächlich von der Antriebs-Software durchgeführt.

### Überwachungsfunktionen im Antrieb

- Überwachung von Hardware-Fehlern (z. B. Messsystem-Ausfall, Leitungsbruch)
- Nullmarkenüberwachung

#### Weitere Informationen:

Funktionshandbuch Antriebsfunktionen SINAMICS S120

Im Antrieb durchgeführte Messsystem-Überwachungen werden auf NC-Alarme (Alarm 25000 und folgende) oder NC-Reaktionen (z. B. Abbruch von Referenzieren oder fliegendem Messen) abgebildet. Das genaue Verhalten der NC ist abhängig von der Einstellung im Maschinendatum:

MD36310 \$MA\_ENC\_ZERO\_MONITORING

Wert	Bedeutung	
= 0	Überwachung von HW-Fehlern:	<p>EIN</p> <p>Bei detektierten Hardware-Fehlern im aktiven Messsystem wird der POWER ON-Alarm 25000 angezeigt: "Achse &lt;Achsnamen&gt; Hardwarefehler aktiver Geber"</p> <p>Die betroffene Achse wird im Nachführbetrieb über die parametrisierte Bremsrampe stillgesetzt: MD36610 \$MA_AX_EMERGENCY_STOP_TIME (Maximale Zeitdauer der Bremsrampe bei Fehlerzuständen)</p> <p>Bei detektierten Hardware-Fehlern im passiven Messsystem wird der Alarm 25001 angezeigt: "Achse &lt;Achsnamen&gt; Hardwarefehler passiver Geber"</p> <p>Es erfolgt keine weitere Alarmreaktion.</p>
	Nullmarkenüberwachung:	<p>AUS</p> <p>Die Alarme 25020 und 25021 (s. u.) werden unterdrückt.</p>
= 100	Keine Nullmarkenüberwachung sowie Ausblenden sämtlicher Geberüberwachungen (d. h. neben Alarm 25020 (25021) werden auch die Alarme 25000 (25001) und 25010 (25011) unterdrückt.	
> 0 aber < 100	Überwachung von HW-Fehlern:	EIN (s. o.)
	Nullmarkenüberwachung:	<p>EIN</p> <p>Bei Ansprechen der Nullmarkenüberwachung im aktiven Messsystem wird der Alarm 25020 angezeigt: "Achse &lt;Achsnamen&gt; Nullmarkenüberwachung aktiver Geber"</p> <p>Die betroffene Achse wird im Nachführbetrieb über die parametrisierte Bremsrampe stillgesetzt: MD36610 \$MA_AX_EMERGENCY_STOP_TIME (Maximale Zeitdauer der Bremsrampe bei Fehlerzuständen)</p> <p>Bei Ansprechen der Nullmarkenüberwachung im passiven Messsystem wird der Alarm 25021 angezeigt: "Achse &lt;Achsnamen&gt; Nullmarkenüberwachung passiver Geber"</p> <p>Es erfolgt keine weitere Alarmreaktion.</p>
> 100	Überwachung von HW-Fehlern:	<p>EIN mit abgeschwächter Fehlermeldung:</p> <p>Der POWER ON-Alarm 25000 wird durch den Reset-Alarm 25010 ersetzt, der Reset-Alarm 25001 durch den Cancel-Alarm 25011.</p>
	Nullmarkenüberwachung:	EIN (s. o.)

Details zu den Alarmen siehe:

**Weitere Informationen:**  
Diagnosehandbuch

**Hinweis**

Bei Hardware-Fehlern wird der Referenzierstatus der Maschinenachse zurückgesetzt:  
DB31, ... DBX60.4/5 (Referenziert/Synchronisiert 1/2) = 0

## Überwachungsfunktionen im NC

- Gebergrenzfrequenzüberwachung
- Plausibilitätskontrolle bei Absolutwertgebern

### 7.5.1 Gebergrenzfrequenzüberwachung

#### Funktion

Die NC-seitige Gebergrenzfrequenzüberwachung basiert auf den Projektier- und Telegramm-Informationen des Antriebs. Sie überwacht, dass die Geberfrequenz die projektierte Gebergrenzfrequenz nicht überschreitet:

MD36300 \$MA\_ENC\_FREQ\_LIMIT (Gebergrenzfrequenz)

Die Gebergrenzfrequenzüberwachung bezieht sich immer auf das in der NC/PLC-Nahtstelle angewählte, aktive Messsystem:

DB31, ... DBX1.5 / 1.6 (Lagemesssystem 1/2)

#### Wirksamkeit

Die Gebergrenzfrequenzüberwachung ist wirksam bei:

- Linearachsen
- Rundachsen
- Gesteuerten und lagegeregelten Spindeln

## Fehlerfall

Bei Überschreiten der Gebergrenzfrequenz erfolgt:

- Meldung an die PLC:  
DB31, ... DBX60.2 bzw. 60.3 = 1 (Gebergrenzfrequenz überschritten 1 bzw. 2)
- Spindeln  
Spindeln werden nicht stillgesetzt, sondern drehen drehzahl geregelt weiter.  
Wird die Spindeldrehzahl soweit reduziert, dass die Geberfrequenz die Gebergrenzfrequenz wieder unterschreitet, wird das Istwertsystem der Spindel automatisch neu synchronisiert.
- Achsen  
Es wird folgender Alarm angezeigt:  
21610 "Kanal <Kanalnummer> Achse <Achsenname> Geber <Gebernummer> -Frequenz überschritten"  
Die betroffene Achse wird im Nachführbetrieb über die parametrisierte Bremsrampe stillgesetzt:  
MD36610 \$MA\_AX\_EMERGENCY\_STOP\_TIME  
(Maximale Zeitdauer der Bremsrampe bei Fehlerzuständen)

---

### Hinweis

Nach Überschreitung der Gebergrenzfrequenz muss eine lagegeregelt Maschinachse neu referenziert werden (siehe Funktionshandbuch "Achsen und Spindeln", Kapitel "R1: Referenzieren").

---

## 7.5.2 Plausibilitätskontrolle bei Absolutwertgebern

### Funktion

Bei Absolutwertgebern (MD30240 \$MA\_ENC\_TYPE = 4) werden vom Messsystem gelieferte Absolutwerte zur Plausibilitätskontrolle des Istwerts genutzt.

Dazu vergleicht die NC den softwaretechnisch zyklisch im Lageregler-Takt anhand der Inkrementalinformationen des Gebers mitgeführten Positionswert mit einem unmittelbar aus den Absolut- und Inkrementalinformationen des Gebers neu gebildeten Positionswert und überwacht, dass die ermittelte Positionsdifferenz die zulässige Abweichung nicht überschreitet:

MD36310 \$MA\_ENC\_ZERO\_MONITORING (zulässige Abweichung in 1/2 Grobstrichen zwischen der absoluten und der inkrementellen Geberspur)

---

### Hinweis

Die Plausibilitätskontrolle bei Absolutwertgebern deckt vor allem Abweichungen aufgrund von Verschmutzungen der Absolutspur bzw. Störungen der Absolutwert-Übertragung auf. Kleine Verfälschungen der Inkrementalspur (Störimpulse, Pulsfehler) werden dagegen nicht erkannt, die Plausibilitätskontrolle reagiert in solchen Fällen erst bei Abweichungen im Millimeterbereich. Sie ist deshalb als Zusatzüberwachung gedacht, die vornehmlich Störungen der Absolutlage diagnostizieren hilft.

---



---

### Hinweis

#### Rotatorische Absolutwertgeber

Soll die Plausibilitätskontrolle bei einem rotatorischen Absolutwertgeber eingesetzt werden, muss bei der Einstellung des Modulo-Bereichs (MD34220 \$MA\_ENC\_ABS\_TURNS\_MODULO) der SINAMICS-Parameter p0979 berücksichtigt werden.

---

### Hinweis

#### Hochrüstung der NC-Software

Ist bei Absolutwertgebern die Plausibilitätskontrolle aktiv (MD36310 > 0), müssen bei einer Hochrüstung der NC-Software die bisherigen Einstellwerte von MD36310 überprüft und ggf. erhöht werden.

---

## Nullmarken-Diagnose

Bei Absolutwertgebern muss bei der Inbetriebnahme die zulässige Abweichung für die Plausibilitätskontrolle ermittelt werden. Dies kann erfolgen über das Maschinendatum:

MD36312 \$MA\_ENC\_ABS\_ZEROMON\_WARNING (Nullmarkenüberwachung Warnschwelle)

Wert	Bedeutung
0	keine Nullmarken-Diagnose
> 0	zulässige Abweichung in 1/2 Grobstrichen zwischen der absoluten und der inkrementellen Geberspur

### Vorgehensweise bei der Inbetriebnahme:

1. Nullmarkenüberwachung deaktivieren:  
MD36310 \$MA\_ENC\_ZERO\_MONITORING = 0
2. Nullmarken-Diagnose aktivieren:  
MD36312 \$MA\_ENC\_ABS\_ZEROMON\_WARNING = 1
3. Achse bewegen und Systemvariable \$VA\_ENC\_ZERO\_MON\_ERR\_CNT (Anzahl der erkannten Grenzwert-Überschreitungen) beobachten.
4. Falls \$VA\_ENC\_ZERO\_MON\_ERR\_CNT ≠ 0:  
MD36312-Wert erhöhen und Schritt 3 wiederholen.
5. Falls \$VA\_ENC\_ZERO\_MON\_ERR\_CNT = 0 (über einen längeren Zeitraum!):  
Der richtige Wert für MD36310 ist gefunden! Wert aus MD36312 in MD36310 übernehmen und anschließend MD36312 auf "0" setzen.

---

### Hinweis

Abhängig von der Steifigkeit der Maschine (optimal sind möglichst kleine Last-Massen/ Trägheitsmomente) und der Regler-Einstellungen wird das Regelspiel unterschiedlich stark "pendeln". Dies muss durch maschinenspezifische Grenzwert-Eingabe in MD36310 berücksichtigt werden.

---

## Fehlerfall

### Alarm 25020

Bei Ansprechen der Plausibilitätskontrolle im **aktiven** Messsystem wird Alarm 25020 angezeigt:

"Achse <Achsname> Nullmarkenueberwachung aktiver Geber"

Die betroffene Achse wird im Nachführbetrieb über die parametrisierte Bremsrampe stillgesetzt:

MD36610 \$MA\_AX\_EMERGENCY\_STOP\_TIME

(Maximale Zeitdauer der Bremsrampe bei Fehlerzuständen)

### Alarm 25021

Bei Ansprechen der Plausibilitätskontrolle im **passiven** Messsystem wird Alarm 25021 angezeigt:

"Achse <Achsname> Nullmarkenueberwachung passiver Geber"

Es erfolgt keine weitere Alarmreaktion.

---

### Hinweis

Im Fehlerfall geht die Justage des Absolutwertgebers verloren und die Achse ist nicht mehr referenziert. Eine Neujustage des Absolutwertgebers muss durchgeführt werden (siehe Funktionshandbuch "Achsen und Spindeln, Kapitel "Referenzieren bei Absolutwertgebern").

---

### Hinweis

Fehler in der Inkrementalspur, die nicht durch die Amplitudenüberwachung erfasst werden können, können zu Positionsabweichungen im Millimeter-Bereich führen. Die Abweichung ist dabei abhängig von der Gitterteilung/Strichzahl und der Verfahrgeschwindigkeit der Achse bei Auftreten des Fehlers.

Eine vollständige Positionsüberwachung ist nur durch Redundanz, d. h. durch Vergleich mit einem unabhängigen zweiten Messsystem möglich.

---

## 7.5.3 Anwenderspezifische Fehlerreaktionen

### Anwenderspezifische Nullmarkenüberwachung

Das standardmäßige Alarm- und Reaktionsverhalten der Nullmarkenüberwachung kann bei absoluten Messsystemen (MD30240 \$MA\_ENC\_TYPE = 4) mit Hilfe von Systemvariablen anwenderspezifisch angepasst werden. Damit hat der Anwender die Möglichkeit, per Synchronaktion oder OEM-Applikation eine eigene Überwachung zu realisieren und alle in diesem Applikations-Zusammenhang vorhandenen Reaktionsmöglichkeiten zu nutzen, z. B.:

- Alarm absetzen
- Zyklen nutzen (z. B. Werkzeugwechsel-Position anfahren)
- ...

Beispiel:

Der Anwender kann das Alarm- und Reaktionsverhalten so anpassen, dass bei einem teuren Werkstück, bei dem das Stillsetzen der Achse infolge eines Alarms zur Beschädigung führen würde, die Bearbeitung erst beendet wird, bevor mit entsprechenden Synchronaktions-Befehlen die Bearbeitungsgüte des Werkstücks bewertet wird.

## Wirksamkeit

Die anwenderspezifische Überwachung kann parallel oder alternativ zur standardmäßigen Nullmarkenüberwachung wirksam sein, abhängig von der Einstellung im Maschinendatum:

MD36310 \$MA\_ENC\_ZERO\_MONITORING

Wert	Bedeutung
0	Soll ausschließlich eine anwenderspezifische Überwachung realisiert werden, muss die standardmäßige Nullmarkenüberwachung deaktiviert werden: MD36310 = 0 <b>und</b> MD36312 = 0
> 0	Anwenderspezifische Überwachung und Standard-Nullmarkenüberwachung wirken parallel.
100	Alle Geberüberwachungen sind ausgeschaltet.

Wenn beide Überwachungen wirksam sind (MD36310 > 0), kann eine **kaskadierte Überwachung** realisiert werden.

Beispiel:

Bei einem Wert unterhalb des im MD36310 angegebenen Schwellenwerts setzt die anwenderspezifische Überwachung eine Vorwarnung ab, erst bei Überschreiten des Schwellenwerts erkennt dann die Standard-Nullmarkenüberwachung auf Störung und schaltet ab.

**Systemvariablen**

Zur Realisierung der anwenderspezifischen Fehlerreaktionen stehen folgende Systemvariablen zur Verfügung:

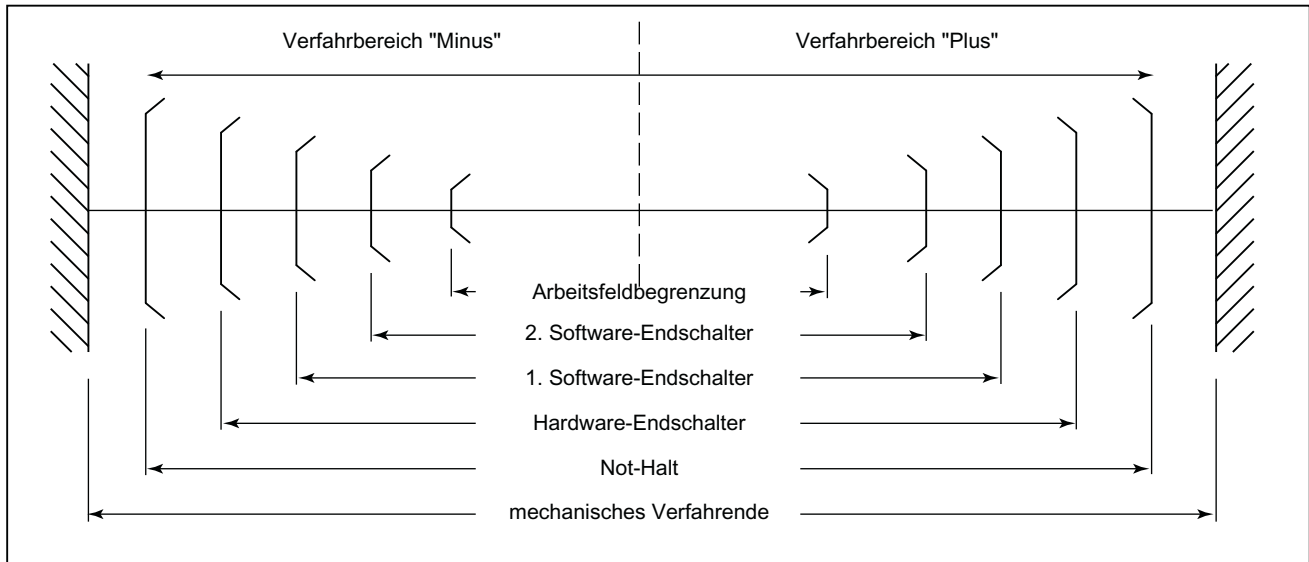
Systemvariable	Bedeutung
\$VA_ENC_ZERO_MON_ERR_CNT[<n>,<Achse>]	<p>Anzahl der erkannten Grenzwert-Überschreitungen</p> <p>Enthält die aktuelle Anzahl der erkannten Grenzwert-Überschreitungen beim Vergleich zwischen absoluter und inkrementeller Geberspur</p> <p>Der Wert wird auf 0 zurückgesetzt bei:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• POWER ON</li> <li>• An- bzw. Abwahl von Parken</li> </ul> <p>Reset bewirkt kein Zurücksetzen.</p>
\$VA_ABSOLUTE_ENC_DELTA_INIT[<n>,<Achse>]	<p>Anfangs-Differenz bei Absolutgeber</p> <p>Enthält den Anfangs-Differenzwert zwischen der letzten im statischen NC-Speicher gepufferten Absolut-Position und der aktuellen Absolut-Position.</p> <p>Format des Differenzwerts: Zahl der internen Inkremente (siehe MD10200 \$MN_INT_INCR_PER_MM bzw. MD10210 \$MN_INT_INCR_PER_DEG)</p> <p>Der Wert wird aktualisiert bei:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• POWER ON</li> <li>• Warmstart</li> <li>• Abwahl von Parken</li> <li>• Rückkehr unter die Gebergrenzfrequenz</li> </ul> <p>Es erfolgt kein Rücksetzen bei Reset.</p>

<n>: Gebernummer

<Achse>: Achsname

## 7.6 Endschalter-Überwachung

Übersicht der Endbegrenzungen und möglichen Endschalter-Überwachungen:



### 7.6.1 Hardware-Endschalter

#### Funktion

Ein Hardware-Endschalter wird normalerweise am Verfahrbereichsende einer Maschinenachse angebracht. Er dient zum Schutz vor einem versehentlichen Überfahren des maximalen Verfahrbereichs der Maschinenachse, während die Maschinenachse noch nicht referenziert ist.

Wird der Hardware-Endschalter ausgelöst, setzt das vom Maschinenhersteller erstellte PLC-Anwenderprogramm das entsprechende Nahtstellensignal:

DB31, ... DBX12.0/1 = 1 (Hardware-Endschalter minus/plus)

#### Parametrierung

Das Bremsverhalten der Maschinenachse bei Erreichen des Hardware-Endschalters ist parametrierbar über das Maschinendatum:

MD36600 \$MA\_BRAKE\_MODE\_CHOICE (Bremsverhalten bei Hardware-Endschalter)

Wert	Bedeutung
0	Bremsen mit der parametrierten axialen Beschleunigung
1	Schnellstopp (Sollgeschwindigkeit = 0)

### Wirksamkeit

Die Hardware-Endschalterüberwachung ist nach dem Hochlauf der Steuerung in allen Betriebsarten aktiv.

### Auswirkung

Bei Erreichen des Hardware-Endschalters erfolgt:

- Alarm 21614 "Kanal <Kanalnummer> Achse <Achsenname> Hardware-Endschalter <Richtung>"
- Abbremsen der Maschinenachse entsprechend dem parametrisierten Bremsverhalten.
- Steht die Achse/Spindel in einem interpolatorischen Zusammenhang mit anderen Achsen/Spindeln, so werden auch diese gemäß ihrem parametrisierten Bremsverhalten abgebremst.
- Die Verfahrtasten der betroffenen Maschinenachse werden richtungsabhängig gesperrt.

## 7.6.2 Software-Endschalter

### Funktion

Software-Endschalter dienen zur Begrenzung des Verfahrbereiches einer Maschinenachse. Pro Maschinenachse stehen pro Verfahrrichtung zwei (1. und 2.) Software-Endschalter zur Verfügung:

MD36100 POS\_LIMIT\_MINUS (1. Software-Endschalter minus)

MD36110 POS\_LIMIT\_PLUS (1. Software-Endschalter plus)

MD36120 POS\_LIMIT\_MINUS2 (2. Software-Endschalter minus)

MD36130 POS\_LIMIT\_PLUS2 (2. Software-Endschalter plus)

Standardmäßig ist der 1. Software-Endschalter aktiv. Durch das PLC-Anwenderprogramm kann richtungsspezifisch der 2. Software-Endschalter aktiviert werden:

DB31, ... DBX12.2 / 12.3 (2. Software-Endschalter minus / plus)

### Wirksamkeit

Die Software-Endschalter sind wirksam:

- Sofort nach dem erfolgreichem Referenzieren der Maschinenachse.
- In allen Betriebsarten.

### Randbedingungen

- Die Software-Endschalter beziehen sich auf das Maschinenkoordinatensystem.
- Die Software-Endschalter müssen innerhalb des Bereichs der Hardware-Endschalter liegen.

- Die Maschinenachse kann auf die Position des aktiven Software-Endschalters gefahren werden.
- **PRESET**  
Nach Verwendung der Funktion **PRESET** erfolgt keine Software-Endschalterüberwachung mehr. Die Maschinenachse muss erst erneut referenziert werden.
- **Endlos drehende Rundachsen**  
Bei endlos drehenden Rundachsen erfolgt keine Software-Endschalterüberwachung:  
MD30310 \$MA\_ROT\_IS\_MODULO == 1 (Modulo-Wandlung für Rundachse und Spindel)  
Ausnahme: Aufbau-Rundachsen

## Auswirkungen

### Automatik-Betriebsarten (AUTOMATIK, MDA)

- Ohne Transformation, ohne überlagerte Bewegung, unveränderter Software-Endschalter: Ein Teileprogrammsatz, dessen programmierte Verfahrbewegung zu einem Überfahren des Software-Endschalters führen würde, wird nicht begonnen.
- Mit Transformation:  
Abhängig von der Transformationsart ergeben sich unterschiedliche Reaktionen:
  - Verhalten wie oben.  
oder
  - Der Teileprogrammsatz, dessen programmierte Verfahrbewegung zu einem Überfahren des Software-Endschalters führen würde, wird begonnen. Die betroffene Maschinenachse kommt auf dem aktiven Software-Endschalter zum Stehen. Die anderen an der Verfahrbewegung beteiligten Maschinenachsen werden abgebremst. Die programmierte Kontur wird dabei verlassen.
- Mit überlagerter Bewegung  
Der Teileprogrammsatz, dessen programmierte Verfahrbewegung zu einem Überfahren des Software-Endschalters führen würde, wird begonnen. Maschinenachsen, die mit überlagerter Bewegung verfahren werden oder worden sind, kommen auf dem jeweiligen aktiven Software-Endschalter zum Stehen. Die anderen an der Verfahrbewegung beteiligten Maschinenachsen werden abgebremst. Die programmierte Kontur wird dabei verlassen.

### Manuelle Betriebsarten

- **JOG ohne Transformation**  
Die Maschinenachse kommt auf der Software-Endschalterposition zum Stehen.
- **JOG mit Transformation**  
Die Maschinenachse kommt auf der Software-Endschalterposition zum Stehen. Andere an der Verfahrbewegung beteiligte Maschinenachsen werden abgebremst. Die vorgegebene Bahn wird dabei verlassen.

### Allgemein

- Umschalten des Software-Endschalters (1. ↔ 2. Software-Endschalter)  
Liegt die Istposition der Maschinenachse nach dem Umschalten hinter dem Software-Endschalter, wird die Maschinenachse mit der maximal zulässigen Beschleunigung angehalten.
- Überfahren des Software-Endschalters in der Betriebsart JOG  
Ist die Position eines Software-Endschalters erreicht und soll per erneuter Betätigung der Verfahrtaste weiter in dieser Richtung verfahren werden, wird ein Alarm angezeigt und die Achse nicht weiter verfahren:  
Alarm 10621 "Kanal <Kanalnummer> Achse <Achsenname> steht auf Software-Endschalter <Richtung>"

## 7.7 Arbeitsfeldbegrenzungs-Überwachung

### 7.7.1 Allgemein

#### Funktion

Mit der Funktion "Arbeitsfeldbegrenzung" kann der Verfahrbereich von Geometrie- und Zusatzachsen eines Kanals auf einen zulässigen Arbeitsbereich eingegrenzt werden. Die Funktion überwacht das Einhalten der Arbeitsfeldgrenzen sowohl in der Betriebsart AUTOMATIK als auch in der Betriebsart JOG.

Folgende Varianten stehen zur Verfügung:

- Arbeitsfeldbegrenzung im Basiskoordinatensystem (BKS)  
Die Angabe der Verfahrbereichsgrenzen erfolgt bezogen auf das Basiskoordinatensystem.
- Arbeitsfeldbegrenzung im Werkstück-Koordinatensystem (WKS) oder im einstellbaren Nullpunktsystem (ENS)  
Die Angabe der Verfahrbereichsgrenzen erfolgt bezogen auf das Werkstück-Koordinatensystem oder das Einstellbare Nullpunktsystem.

Die beiden Überwachungsarten sind unabhängig voneinander. Sind beide gleichzeitig aktiv, wirkt richtungsabhängig diejenige Verfahrbereichsgrenze, welche den Verfahrbereich der Achse am weitesten einschränkt.



## Bezugspunkt am Werkzeug

Die Berücksichtigung der Werkzeugdaten (Werkzeuglänge und Werkzeugradius) und damit der Bezugspunkt am Werkzeug bei der Überwachung der Arbeitsfeldebegrenzung ist abhängig vom Status der Transformation im Kanal:

- **Transformation nicht aktiv**

Ohne Transformation wird bei Verfahrbewegungen mit einem aktiven Werkzeug die Position der Werkzeugspitze P überwacht, d. h. bei der Überwachung wird die Werkzeuglänge automatisch berücksichtigt.

Die Berücksichtigung des Werkzeugradius muss separat aktiviert werden:

MD21020 \$MC\_WORKAREA\_WITH\_TOOL\_RADIUS (Berücksichtigung des Werkzeugradius bei Arbeitsfeldebegrenzung)

- **Transformation aktiv**

Bei bestimmten Transformationen kann die Überwachung der Arbeitsfeldebegrenzung vom Verhalten ohne Transformation abweichen:

- Die Werkzeuglänge ist Bestandteil der Transformation (\$MC\_TRAFO\_INCLUDES\_TOOL\_X = TRUE):  
In diesem Fall wird die Werkzeuglänge nicht berücksichtigt, d. h. die Überwachung bezieht sich auf den Werkzeugträgerbezugspunkt.
- Transformation mit Orientierungsänderung:  
Bei Transformationen mit Orientierungsänderung bezieht sich die Überwachung immer auf den Werkzeugmittelpunkt. MD21020 hat keinen Einfluss.

---

### Hinweis

Das Maschinendatum \$MC\_TRAFO\_INCLUDES\_TOOL... wird nur bei bestimmten Transformationen ausgewertet. Bedingung für eine mögliche Auswertung ist, dass die Orientierung des Werkzeugs in Bezug auf das Basiskoordinatensystem durch die Transformation nicht verändert werden kann. Bei den Standardtransformationen ist diese Bedingung nur für die Transformationsart "Schräge Achse" erfüllt.

---

## Verhalten

### Automatikbetriebsarten

- Mit / ohne Transformation  
Der Teileprogrammsatz, dessen programmierte Verfahrbewegung zu einem Überfahren der Arbeitsfeldebegrenzung führen würde, wird nicht ausgeführt.
- Mit überlagerter Bewegung  
Die Achse, die durch eine überlagerte Bewegung die Arbeitsfeldebegrenzung verletzen würde, wird mit maximaler Bremsbeschleunigung ohne Ruckbegrenzung (*BRISK*) abgebremst und kommt auf der Position der Arbeitsfeldebegrenzung zum Stehen. Andere an der Bewegung beteiligte Achsen werden entsprechend des aktuellen Beschleunigungsverhaltens (z.B. *SOFT*) abgebremst. Durch unterschiedliche Bremsbeschleunigungen kann dabei der Bahnzusammenhang verloren gehen (Konturverletzung).

### Manuelle Betriebsarten

- JOG mit / ohne Transformation  
Die Achse kommt auf der Position der Arbeitsfeldebegrenzung zum Stehen.

### Einschaltverhalten

Bewegt sich eine Achse beim Einschalten der Arbeitsfeldbegrenzung außerhalb des zulässigen Arbeitsfeldes, wird sie sofort mit maximaler Beschleunigung angehalten.

### Überfahren der Arbeitsfeldbegrenzung in der Betriebsart JOG

In der Betriebsart JOG wird eine Achse von der Steuerung maximal bis zu ihrer Arbeitsfeldgrenze verfahren. Nach einer erneuten Betätigung der Verfahrtaste wird ein Alarm angezeigt und die Achse nicht weiter verfahren.

### Geometrieachstausch

Über das folgende Maschinendatum ist einstellbar, ob beim Geometrieachstausch die aktive Arbeitsfeldbegrenzung erhalten bleibt oder deaktiviert wird:

MD10604 \$MN\_WALIM\_GEOAX\_CHANGE\_MODE = <Wert>

<Wert>	Bedeutung
0	Die Arbeitsfeldbegrenzung wird beim Geometrieachstausch deaktiviert.
1	Die Arbeitsfeldbegrenzung bleibt beim Geometrieachstausch aktiviert.

## 7.7.2 Arbeitsfeldbegrenzung im BKS

### Anwendung

Durch die "Arbeitsfeldbegrenzung im BKS" wird der Arbeitsraum einer Werkzeugmaschine so begrenzt, dass die umliegenden Anlageteile (z. B. Werkzeugrevolver, Messstationen) vor Beschädigung geschützt sind.

### Arbeitsfeldgrenzen

Die unteren und oberen Arbeitsfeldgrenzen der einzelnen Achsen werden über Settingdaten eingestellt oder über Teileprogrammanweisungen programmiert:

#### Arbeitsfeldbegrenzung über Settingdaten

Die Einstellungen erfolgen über die sofort wirksamen achsspezifischen Settingdaten:

SD43420 \$SA\_WORKAREA\_LIMIT\_PLUS (Arbeitsfeldbegrenzung plus)

SD43430 \$SA\_WORKAREA\_LIMIT\_MINUS (Arbeitsfeldbegrenzung minus)

#### Programmierte Arbeitsfeldbegrenzung

Die Programmierung erfolgt über die G-Befehle:

G25 X...Y...Z... untere Arbeitsfeldbegrenzung

G26 X...Y...Z... obere Arbeitsfeldbegrenzung

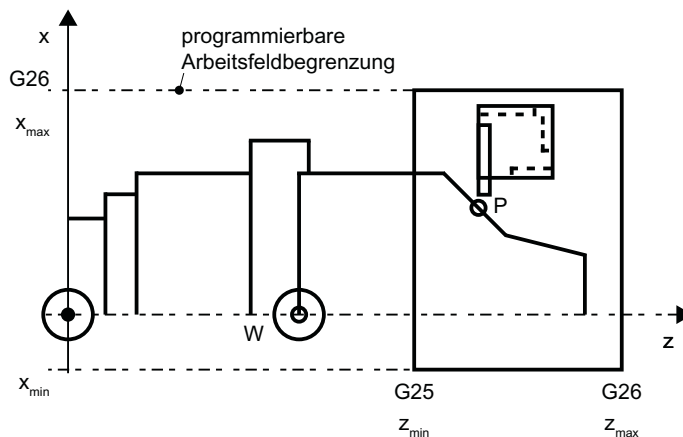


Bild 7-4 Programmierter Arbeitsfeldbegrenzung

Die programmierte Arbeitsfeldbegrenzung hat Vorrang und überschreibt die in SD43420 und SD43430 eingetragenen Werte.

## Aktivierung/Deaktivierung

### Arbeitsfeldbegrenzung über Settingdaten

Die Aktivierung bzw. Deaktivierung der Arbeitsfeldbegrenzung für einzelne Achsen erfolgt richtungsspezifisch über die sofort wirksamen Settingdaten:

SD43400 \$SA\_WORKAREA\_PLUS\_ENABLE (Arbeitsfeldbegrenzung in positiver Richtung aktiv)

SD43410 \$SA\_WORKAREA\_MINUS\_ENABLE (Arbeitsfeldbegrenzung in negativer Richtung aktiv)

Wert	Bedeutung
0	Die Arbeitsfeldbegrenzung in positiver bzw. negativer Richtung ist <b>ausgeschaltet</b> .
1	Die Arbeitsfeldbegrenzung in positiver bzw. negativer Richtung ist <b>aktiv</b> .

### Programmierte Arbeitsfeldbegrenzung

Die Aktivierung bzw. Deaktivierung der gesamten "Arbeitsfeldbegrenzung im BKS" erfolgt durch die Teileprogrammanweisungen:

WALIMON      Arbeitsfeldbegrenzung EIN

bzw.

WALIMOF      Arbeitsfeldbegrenzung AUS

## Ändern der Arbeitsfeldbegrenzung

### Arbeitsfeldbegrenzung über Settingdaten

HMI-Bedienoberfläche: Bedienbereich "Parameter"

- Automatikbetriebsarten:
  - Änderungen: nur im RESET-Zustand möglich
  - Wirksamkeit: sofort
- Manuelle Betriebsarten:
  - Änderungen: immer möglich
  - Wirksamkeit: mit Start der nächsten Verfahrbewegung

#### Programmierte Arbeitsfeldbegrenzung

Die Arbeitsfeldbegrenzung kann im Teileprogramm über G25 bzw. G26 <Achsnamen> <Wert> geändert werden. Die Änderung ist sofort wirksam.

Der neue Wert der Arbeitsfeldbegrenzung bleibt auch nach NC-RESET und POWER ON erhalten, wenn für SD43420 und SD43430 die Sicherung in die remanente Datenhaltung des NC aktiviert wurde:

```
MD10710 $MN_PROG_SD_RESET_SAVE_TAB[0] = 43420
```

```
MD10710 $MN_PROG_SD_RESET_SAVE_TAB[1] = 43430
```

#### Löschstellung

Die Löschstellung der Arbeitsfeldbegrenzung (WALIMON oder WALIMOF) ist einstellbar über:

```
MD20150 $MC_GCODE_RESET_VALUES (Löschstellung der G-Gruppen)
```

### 7.7.3 Arbeitsfeldbegrenzung im WKS/ENS

#### Anwendung

Die "Arbeitsfeldbegrenzung im WKS/ENS" ermöglicht eine flexible werkstückspezifische Begrenzung des Verfahrbereichs der Kanalachsen im Werkstückkoordinatensystem (WKS) oder Einstellbaren Nullpunktsystem (ENS). Sie ist hauptsächlich für den Einsatz im Bereich konventioneller Drehmaschinen gedacht.

#### Voraussetzung

Die Kanalachsen müssen referenziert sein.

#### Arbeitsfeldbegrenzungsgruppe

Damit beim Umschalten von Achszuordnungen, z. B. beim Ein/Ausschalten von Transformationen oder des aktiven Frames, die achsspezifischen Arbeitsfeldgrenzen nicht für alle Kanalachsen neu geschrieben werden müssen, stehen Arbeitsfeldbegrenzungsgruppen zur Verfügung.

Eine Arbeitsfeldbegrenzungsgruppe umfasst folgende Daten:

- Arbeitsfeldgrenzen für alle Kanalachsen
- Bezugssystem der Arbeitsfeldbegrenzung

Die Anzahl der Arbeitsfeldbegrenzungsgruppen wird kanalspezifisch eingestellt im Maschinendatum:

MD28600 \$MC\_MM\_NUM\_WORKAREA\_CS\_GROUPS

Pro Kanal sind maximal 10 Arbeitsfeldbegrenzungsgruppen möglich.

### Arbeitsfeldgrenzen einstellen

Die Arbeitsfeldgrenzen innerhalb eines Kanals werden für jede Kanalachse über folgende Systemvariablen eingestellt:

- \$P\_WORKAREA\_CS\_LIMIT\_PLUS[<WALimNo>, <Ax>]
- \$P\_WORKAREA\_CS\_LIMIT\_MINUS[<WALimNo>, <Ax>]

mit: <WALimNo> = Arbeitsfeldbegrenzungsgruppe

Wertebereich: 0 (Gruppe 1) ... 9 (Gruppe 10)

<Ax> = Kanalachsname

### Arbeitsfeldgrenzen freigeben

Die Arbeitsfeldgrenzen innerhalb eines Kanals werden für jede Kanalachse über folgende Systemvariablen freigegeben:

- \$P\_WORKAREA\_CS\_PLUS\_ENABLE[<WALimNo>, <Ax>]
- \$P\_WORKAREA\_CS\_MINUS\_ENABLE[<WALimNo>, <Ax>]

mit: <WALimNo> = Arbeitsfeldbegrenzungsgruppe

Wertebereich: 0 (Gruppe 1) ... 9 (Gruppe 10)

<Ax> = Kanalachsname

Durch die richtungsspezifische Freigabe ist es möglich, den Arbeitsbereich für eine Achse nur in einer Richtung zu begrenzen.

Durch die Freigabe erfolgt keine Aktivierung.

### Bezugssystem auswählen

Das Bezugssystem für eine Arbeitsfeldbegrenzungsgruppe innerhalb eines Kanals wird über folgende Systemvariable eingestellt:

\$P\_WORKAREA\_CS\_COORD\_SYSTEM[<WALimNo>] = <Wert>

mit: <WALimNo> = Arbeitsfeldbegrenzungsgruppe

Wertebereich: 0 (Gruppe 1) ... 9 (Gruppe 10)

<Wert>	Bedeutung
1	Bezugssystem ist das WKS.
3	Bezugssystem ist das ENS.

### Arbeitsfeldgrenzen einschalten

Das Einschalten der Arbeitsfeldbegrenzungen einer Arbeitsfeldbegrenzungsgruppe erfolgt im Teileprogramm über den G-Befehl `WALCS<n>`

mit: `<n>` = Nummer der Arbeitsfeldbegrenzungsgruppe  
 Wertebereich: 1 ... 10

### Arbeitsfeldgrenzen ausschalten

Das Ausschalten der im Kanal aktiven Arbeitsfeldbegrenzungen einer Arbeitsfeldbegrenzungsgruppe erfolgt im Teileprogramm über den G-Befehl `WALCS0`.

### Arbeitsfeldgrenzen ändern

Über die oben genannten Systemvariablen können die Arbeitsfeldgrenzen jederzeit geändert werden. Änderungen werden mit dem nächsten Einschalten der Arbeitsfeldbegrenzungsgruppe (`WALCSn`) wirksam.

### Datenablage

Die Systemvariablen der Arbeitsfeldbegrenzungen werden remanent im statischen Speicher der NC abgelegt.

---

#### Hinweis

Bei Linearachsen wird bei der Ablage der Begrenzungswerte die Grundeinstellung für das Maßsystem (MD10240 \$MN\_SCALING\_SYSTEM\_IS\_METRIC) berücksichtigt.

---

### Datensicherung

Die Systemvariablen der Arbeitsfeldbegrenzungen können in eigenen Dateien gesichert werden:

- `_N_CHx_WAL`  
Zur Sicherung der Systemvariablenwerte für den Kanal x.
- `_N_COMPLETE_WAL`  
Zur Sicherung der Systemvariablenwerte für alle Kanäle.

**Hinweis**

Die Systemvariablen der Arbeitsfeldbegrenzungen sind Bestandteil der Datei "\_N\_INITIAL\_INI".

**Verhalten in Betriebsart JOG**

Ausgangssituation:

- In der Betriebsart JOG verfahren gleichzeitig **mehrere** Geometrieachsen (z. B. durch mehrere Handräder).
- Zwischen dem Basiskoordinatensystem (BKS) und dem Bezugskoordinatensystem der Arbeitsfeldbegrenzung (WKS oder ENS) ist ein **drehender** Frame aktiv.

Verhalten bei Ansprechen einer Arbeitsfeldbegrenzung:

- Die Verfahrbewegungen der nicht betroffenen Geometrieachsen werden fortgesetzt.
- Die betroffene Geometrieachse wird auf der Arbeitsfeldgrenze gestoppt.

**Löschstellung einstellen**

Die Arbeitsfeldbegrenzungsgruppe, die bei Hochlauf, Reset bzw. Teileprogrammende und Teileprogrammstart wirksam werden soll, wird kanalspezifisch voreingestellt über das Maschinendatum:

MD20150 \$MC\_GCODE\_RESET\_VALUE[59] = <n>

mit: <n> = Nummer der Arbeitsfeldbegrenzungsgruppe

Wertebereich: 1 ... 10

Ob die voreingestellte Arbeitsfeldbegrenzungsgruppe bei Hochlauf und Reset bzw. Teileprogrammende tatsächlich zur Anwendung kommt, ist von folgender Einstellung abhängig:

MD20152 \$MC\_GCODE\_RESET\_MODE[59] = <Wert>

<Wert>	Bedeutung
0	Die Arbeitsfeldgruppe gemäß MD20150 wird wirksam (Grundeinstellung).
1	Die letzte aktive Arbeitsfeldgruppe bleibt aktiv.

## 7.7.4 Beispiel: Arbeitsfeldbegrenzung im WKS/ENS

### Annahme

#### Kanalachsen

Im Kanal sind vier Achsen definiert:

- Linearachsen: X, Y, Z
- Rundachse: A (nicht modulo)

### Anforderungen

#### Kanalachsen

Im Kanal sind vier Achsen definiert:

- Linearachsen: X, Y, Z
- Rundachse: A (nicht modulo)

#### Arbeitsfeldbegrenzungsgruppen

Im Kanal sollen drei Arbeitsfeldbegrenzungsgruppen zur Verfügung stehen:

MD28600 \$MC\_MM\_NUM\_WORKAREA\_CS\_GROUP = 3

Von diesen drei Arbeitsfeldbegrenzungsgruppen werden im Folgenden zwei Gruppen definiert.

#### Koordinatensysteme

- Arbeitsfeldbegrenzungsgruppe 1: Arbeitsfeldbegrenzung im Einstellbaren Nullpunktsystem (**ENS**).
- Arbeitsfeldbegrenzungsgruppe 2: Arbeitsfeldbegrenzung im Werkstückkoordinatensystem (**WKS**).

### Arbeitsfeldbegrenzungsgruppe 1

- X-Achse in Plus-Richtung: 10 mm
- X-Achse in Minus-Richtung: keine Begrenzung
- Y-Achse in Plus-Richtung: keine Begrenzung
- Y-Achse in Minus-Richtung: 25 mm
- Z-Achse in Plus-Richtung: keine Begrenzung
- Z-Achse in Minus-Richtung: keine Begrenzung
- A-Achse in Plus-Richtung: 10 Grad
- A-Achse in Minus-Richtung: -40 Grad



**Definition über Systemvariablen im NC-Programm****Programmcode**

```

; Arbeitsfeldbegrenzungsgruppe 1
$P_WORKKAREA_CS_COORD_SYSTEM[1] = 3           ; Arbeitsfeldbegrenzung im ENS
$P_WORKKAREA_CS_PLUS_ENABLE[1,X] = TRUE
$P_WORKKAREA_CS_LIMIT_PLUS[1,X] = 10
$P_WORKKAREA_CS_MINUS_ENABLE[1,X] = FALSE
$P_WORKKAREA_CS_PLUS_ENABLE[1,Y] = FALSE
$P_WORKKAREA_CS_MINUS_ENABLE[1,Y] = TRUE
$P_WORKKAREA_CS_LIMIT_MINUS[1,Y] = 25
$P_WORKKAREA_CS_PLUS_ENABLE[1,Z] = FALSE
$P_WORKKAREA_CS_MINUS_ENABLE[1,Z] = FALSE
$P_WORKKAREA_CS_PLUS_ENABLE[1,A] = TRUE
$P_WORKKAREA_CS_LIMIT_PLUS[1,A] = 10
$P_WORKKAREA_CS_MINUS_ENABLE[1,A] = TRUE
$P_WORKKAREA_CS_LIMIT_MINUS[1,A] = -40

```

**Arbeitsfeldbegrenzungsgruppe 2**

- X-Achse in Plus-Richtung: 10 mm
- X-Achse in Minus-Richtung: keine Begrenzung
- Y-Achse in Plus-Richtung: 34 mm
- Y-Achse in Minus-Richtung: -25 mm
- Z-Achse in Plus-Richtung: keine Begrenzung
- Z-Achse in Minus-Richtung: -600 mm
- A-Achse in Plus-Richtung: keine Begrenzung
- A-Achse in Minus-Richtung: keine Begrenzung

**Definition über Systemvariablen im NC-Programm****Programmcode**

```

; Arbeitsfeldbegrenzungsgruppe 2
$P_WORKKAREA_CS_COORD_SYSTEM[2] = 1           ; Arbeitsfeldbegrenzung im WKS
$P_WORKKAREA_CS_PLUS_ENABLE[2,X] = TRUE
$P_WORKKAREA_CS_LIMIT_PLUS[2,X] = 10
$P_WORKKAREA_CS_MINUS_ENABLE[2,X] = FALSE
$P_WORKKAREA_CS_PLUS_ENABLE[2,Y] = TRUE
$P_WORKKAREA_CS_LIMIT_PLUS[2,Y] = 34
$P_WORKKAREA_CS_MINUS_ENABLE[2,Y] = TRUE
$P_WORKKAREA_CS_LIMIT_MINUS[2,Y] = -25
$P_WORKKAREA_CS_PLUS_ENABLE[2,Z] = FALSE
$P_WORKKAREA_CS_MINUS_ENABLE[2,Z] = TRUE
$P_WORKKAREA_CS_LIMIT_PLUS[2,Z] = -600

```

**Programmcode**

```
$P_WORKAREA_CS_PLUS_ENABLE[2,A] = FALSE  
$P_WORKAREA_CS_MINUS_ENABLE[2,A] = FALSE
```

**Aktivierung**

Die Aktivierung der Arbeitsfeldbegrenzungsgruppen erfolgt im NC-Programm mit dem Befehl `WALCS<x>`, mit x: Nummer der Arbeitsfeldbegrenzungsgruppe

## 7.8 Parken einer Maschinenachse

Wird eine Maschinenachse in den Zustand "Parken" versetzt, werden bezüglich dieser Achse keine Geberistwerte mehr erfasst, sowie alle in den vorherigen Kapiteln beschriebenen Überwachungen (Messsystem-, Stillstands-, Klemmungsüberwachung etc.) ausgeschaltet.

**Aktivierung / Deaktivierung**

**Parken aktivieren**

Die Funktion "Parken" wird für eine Maschinenachse durch **Rücksetzen** der achsspezifischen NC/PLC-Nahtstellensignale für die Lagemesssysteme und der Reglerfreigabe **aktiviert**:

- DB31, ... DBX1.5 = 0 (Lagemesssystem 1)
- DB31, ... DBX1.6 = 0 (Lagemesssystem 2)
- DB31, ... DBX2.1 = 0 (Reglerfreigabe)

Der Geberstatus der Lagemesssysteme der Achse wird daraufhin auf "Nicht referenziert" gesetzt:

- DB31, ... DBX60.4 = 0 (Referenziert/Synchronisiert, Lagemesssystem 1)
- DB31, ... DBX60.5 = 0 (Referenziert/Synchronisiert, Lagemesssystem 2)

Folgende weitere NC/PLC-Nahtstellensignale werden ebenfalls zurückgesetzt:

- DB31, ... DBX61.5 = 0 (Lageregler aktiv)
- DB31, ... DBX61.6 = 0 (Drehzahlregler aktiv)
- DB31, ... DBX61.7 = 0 (Stromregler aktiv)
- DB31, ... DBX93.7 = 0 (Impulse freigegeben)
- DB31, ... DBX102.5 = 0 (Lagemesssystem 1 eingeschaltet)
- DB31, ... DBX102.6 = 0 (Lagemesssystem 2 eingeschaltet)

### Parken deaktivieren

Die Funktion "Parken" wird für eine Maschinenachse durch **Setzen** der achsspezifischen NC/PLC-Nahtstellensignale für das zu aktivierende Lagemesssystem und der Reglerfreigabe **deaktiviert**:

- DB31, ... DBX1.5 = 1 (Lagemesssystem 1)  
bzw.  
DB31, ... DBX1.6 = 1 (Lagemesssystem 2) = 1
- DB31, ... DBX2.1 = 1 (Reglerfreigabe) = 1

Die Lageregelung wird für die Maschinenachse an der aktuellen Position wieder aktiv.

Der Geberstatus der Lagemesssysteme ist abhängig vom Messsystemtyp:


- Inkrementelles Lagemesssystem  $\Rightarrow$  Zustand "Nicht referenziert"
  - DB31, ... DBX60.4 = 0 (Referenziert/Synchronisiert, Lagemesssystem 1)
  - DB31, ... DBX60.5 = 0 (Referenziert/Synchronisiert, Lagemesssystem 2)
- Absolutes Lagemesssystem  $\Rightarrow$  Zustand "Referenziert/Synchronisiert"
  - DB31, ... DBX60.4 = 1 (Referenziert/Synchronisiert, Lagemesssystem 1)
  - DB31, ... DBX60.5 = 1 (Referenziert/Synchronisiert, Lagemesssystem 2)

Folgende weitere NC/PLC-Nahtstellensignale werden ebenfalls wieder gesetzt:

- DB31, ... DBX61.5 = 1 (Lageregler aktiv)
- DB31, ... DBX61.6 = 1 (Drehzahlregler aktiv)
- DB31, ... DBX61.7 = 1 (Stromregler aktiv)
- DB31, ... DBX93.7 = 1 (Impulse freigegeben)
- DB31, ... DBX102.5 = 1 (Lagemesssystem 1 eingeschaltet)
- DB31, ... DBX102.6 = 1 (Lagemesssystem 2 eingeschaltet)

### Inkrementelle Lagemesssysteme

Nach dem Ausschalten des Zustands "Parken" müssen inkrementelle Lagemesssysteme zum Erreichen des Geberstatus "Referenziert" neu referenziert werden.

 <b>WARNUNG</b>
<b>Fehlsynchronisation des Lagemesssystems durch Versatz der Maschinenachsen-Istposition</b>
<p>Wurden während des "Parkens" Veränderungen am Lagemesssystem vorgenommen, die eine Änderung an den parametrisierten Maschinendaten erforderlich machen, z. B. Anbau eines anderen Gebers, muss das Lagemesssystem vollständig neu vermessen und referenziert werden. Siehe Funktionshandbuch "Achsen und Spindeln", Kapitel "R1: Referenzieren".</p>

### Maschinenachse ohne Lagemesssystem

Bei einer Maschinenachse ohne Lagemesssystem (drehzahlgeregelte Spindel) wird ein dem "Parken" entsprechender Zustand durch Wegnahme der Reglerfreigabe aktiviert:

- DB31, ... DBX2.1 = 0 (Reglerfreigabe)

## 7.9 Parken des passiven Lagemesssystems

### 7.9.1 Funktion

Im Unterschied zur Funktion "Parken einer Maschinenachse (Seite 210)", bei der alle Lagemesssysteme einer Maschinenachse ausgeschaltet werden, hat der Anwender mit der Funktion "Parken des passiven Lagemesssystems" die Möglichkeit, nur das passive Lagemesssystem einer Maschinenachse zu "parken" (d. h. die Geberauswertung und -überwachung im Antrieb und in der Steuerung auszuschalten), während das aktive Lagemesssystem in Betrieb bleiben kann.

---

#### Hinweis

Erläuterungen bezüglich aktives/passives Messsystem siehe Funktionshandbuch "Achsen und Spindeln", Kapitel "Soll-/Istwertsystem".

---

### Anwendung

Die Funktion "Parken des passiven Lagemesssystems" kann z. B. in folgenden Fällen angewendet werden:

- Wechsel von Vorsatzköpfen mit und ohne eingebautem Geber  
Über die Funktion "Parken des passiven Lagemesssystems" ist es möglich, Vorsatzköpfe mit und ohne eingebautem Geber für unterschiedliche Bearbeitungsaufgaben abwechselnd auf der Hauptspindel zu montieren, ohne dass die fehlenden Gebersignale Antriebs- und Steuerungsfehler verursachen.  
Siehe auch:
  - Beispiel: Vorsatzkopfwechsel bei einem direkten Lagemesssystem (Seite 216)
  - Beispiel: Vorsatzkopfwechsel bei zwei direkten Lagemesssystemen (Seite 221)
- Verwendung von linearen Lagemesssystemen, die nicht im gesamten Verfahrbereich einer Maschinenachse verfügbar sind  
Über die Funktion "Parken des passiven Lagemesssystems" ist es möglich, den Bereich außerhalb des linearen Lagemesssystems zu durchfahren, ohne dass die fehlenden Gebersignale Antriebs- und Steuerungsfehler verursachen.  
Siehe auch:
  - "Beispiel: Messsystemumschaltung bei bereichsweise fehlenden Gebern (Seite 225)".

## Aktivierung / Deaktivierung

### Aktivierung

Das passive Lagemesssystem einer Maschinenachse wird unter folgenden Bedingungen geparkt:

- Für das Messsystem ist die Funktion "Parken des passiven Lagemesssystems" eingeschaltet:  
MD31046 \$MA\_ENC\_PASSIVE\_PARKING[<n>] = 1  
mit <n> = 0 (Lagemesssystem 1) bzw. 1 (Lagemesssystem 2)

---

### Hinweis

MD31046 ist **nicht wirksam**:

- bei Achsen mit weniger als zwei Gebern:  
MD30200 \$MA\_NUM\_ENCS < 2
- bei simulierten Gebern:  
MD30240 \$MA\_ENC\_TYPE = 0

---

### Hinweis

Für Lagemesssysteme, die als Motormesssysteme verwendet werden, sollte die Funktion "Parken des passiven Lagemesssystems" ausgeschaltet sein (MD31046 = 0)!

---

### und

- Vom Anwender wird das folgende NC/PLC-Nahtstellensignal auf "0" gesetzt:  
DB31, ... DBX1.5 (Lagemesssystem 1) = 0  
bzw.  
DB31, ... DBX1.6 (Lagemesssystem 2) = 0

Die Steuerung setzt daraufhin das Statussignal für den Einschaltzustand des Lagemesssystems auf "0":

DB31, ... DBX102.5 (Lagemesssystem 1 eingeschaltet) == 0

bzw.

DB31, ... DBX102.6 (Lagemesssystem 2 eingeschaltet) == 0

Das Lagemesssystem wird jetzt nicht mehr überwacht und aktualisiert.

### Deaktivierung

"Parken" wird ausgeschaltet, wenn das Lagemesssystem vom Anwender aktiv geschaltet wird:

DB31, ... DBX1.5 (Lagemesssystem 1) = 1

bzw.

DB31, ... DBX1.6 (Lagemesssystem 2) = 1

Die Steuerung setzt daraufhin das Statussignal für den Einschaltzustand des Lagemesssystems wieder auf "1":

DB31, ... DBX102.5 (Lagemesssystem 1 eingeschaltet) == 1

bzw.

DB31, ... DBX102.6 (Lagemesssystem 2 eingeschaltet) == 1

---

#### Hinweis

Die Umschaltung auf ein geparktes Lagemesssystem dauert länger als auf ein nicht geparktes Lagemesssystem. Aufgrund der Zeitdauer sollte die Umschaltung im Achsstillstand vorgenommen werden.

---

## Position des Lagemesssystems

### Absolute Lagemesssysteme

Bei absoluten Lagemesssystemen entspricht die Position nach dem Ausschalten von "Parken" der aktuellen Absolutposition des Gebers.

Das Lagemesssystem ist referenziert:

DB31, ... DBX60.4 (Referenziert/Synchronisiert, Lagemesssystem 1) == 1

bzw.

DB31, ... DBX60.5 (Referenziert/Synchronisiert, Lagemesssystem 2) == 1

### Inkrementelle Lagemesssysteme

Bei inkrementellen Lagemesssystemen entspricht die Position nach dem Ausschalten von "Parken" grundsätzlich der letzten Ausschaltposition des Lagemesssystems.

Die Umschaltung auf das geparkte Lagemesssystem erfolgt nur, wenn die parametrisierte zulässige Abweichung zwischen den Istwerten der beiden Lagemesssysteme (siehe MD36500 \$MA\_ENC\_CHANGE\_TOL) nicht überschritten wird. Andernfalls muss der Anwender die Funktion "Parken einer Maschinenachse" anwenden, bei der keine derartige Überprüfung stattfindet.

Das Lagemesssystem ist **nicht** referenziert:

DB31, ... DBX60.4 (Referenziert/Synchronisiert, Lagemesssystem 1) == 0

bzw.

DB31, ... DBX60.5 (Referenziert/Synchronisiert, Lagemesssystem 2) == 0

### Inkrementelle Lagemesssysteme mit Positionsübernahme

Alternativ besteht bei inkrementellen Lagemesssystemen mit aktiver Funktion "Parken des passiven Lagemesssystems" (MD31046 \$MA\_ENC\_PASSIVE\_PARKING[<n>] = 1) die Möglichkeit, nach dem Ausschalten von "Parken" die Position und ggf. auch den "Referenziert"-Status vom zuvor aktiven Lagemesssystem zu übernehmen.

Diese Funktion ist für jedes Lagemesssystem einer Maschinenachse einschaltbar über das Maschinendatum:

MD34210 \$MA\_ENC\_REFP\_STATE[<n>]


mit  $\langle n \rangle = 0$  (Lagemesssystem 1) bzw. 1 (Lagemesssystem 2)

Wert	Bedeutung
1	Nur die Position wird vom zuvor aktiven Lagemesssystem übernommen. Das Lagemesssystem ist <b>nicht</b> referenziert: DB31, ... DBX60.4 (Referenziert/Synchronisiert, Lagemesssystem 1) == 0 bzw. DB31, ... DBX60.5 (Referenziert/Synchronisiert, Lagemesssystem 2) == 0
2	Position <b>und</b> "Referenziert"-Status werden vom zuvor aktiven Lagemesssystem übernommen. Das Lagemesssystem ist referenziert: DB31, ... DBX60.4 (Referenziert/Synchronisiert, Lagemesssystem 1) == 1 bzw. DB31, ... DBX60.5 (Referenziert/Synchronisiert, Lagemesssystem 2) == 1

#### Hinweis

Nur bei inkrementellen Lagemesssystemen werden in Abhängigkeit von MD34210 \$MA\_ENC\_REFP\_STATE[ $\langle n \rangle$ ] und nur bei aktiver Funktion "Parken des passiven Lagemesssystems" (MD31046 \$MA\_ENC\_PASSIVE\_PARKING[ $\langle n \rangle$ ] = 1) Position und "Referenziert"-Status vom zuvor aktiven Lagemesssystem übernommen.

Die übernommene Position hat die Genauigkeit des zuvor aktiven Lagemesssystems. Sollte diese Genauigkeit nicht ausreichen, ist das Lagemesssystem neu zu referenzieren.

 <b>WARNUNG</b>
<b>Fehlsynchronisation des Lagemesssystems durch Versatz der Maschinenachsen-Istposition</b>
Wurden während des "Parkens" Veränderungen am Lagemesssystem vorgenommen, die eine Änderung an den parametrisierten Maschinendaten erforderlich machen, z. B. Anbau eines anderen Gebers, muss das Lagemesssystem vollständig neu vermessen und referenziert werden. Siehe Funktionshandbuch "Achse und Spindeln", Kapitel "R1: Referenzieren".

## 7.9.2 Randbedingungen

### Wechselwirkung mit "Dual-Position-Feedback"

Die Anwendung der Funktion "Parken des passiven Lagemesssystems" kann **nicht** in Verbindung mit der Funktion "Dual-Position-Feedback" (MD32960 \$MA\_POSCTRL\_DUAL\_FEEDBACK\_TIME > 0) genutzt werden.

### Wechselwirkung mit "Lagedifferenz-Aufschaltung"

Die Anwendung der Funktion "Parken des passiven Lagemesssystems" kann **nicht** in Verbindung mit der Funktion "Lagedifferenz-Aufschaltung" (MD32950 \$MA\_POSCTRL\_DAMPING > 0) genutzt werden.

### Wechselwirkung mit APC (Option)

Die Funktion "Parken des passiven Lagemesssystems" kann **nicht** in Verbindung mit der Antriebsfunktion "Advanced Positioning Control (APC)" genutzt werden.

### Wechselwirkung mit Geber-Safety-Schutzkonzept

In Verbindung mit der Funktion "Parken des passiven Lagemesssystems" ist **nur** das 1-Geber-Safety-Schutzkonzept einsetzbar.

### Wechselwirkung beim Ziehen und Stecken am DRIVE-CLiQ

Werden statt der Geberleitung die DRIVE-CLiQ-Leitungen z. B. zwischen SMC und Motor Module gezogen und gesteckt, so können solche Geber nur über die Funktion "Parken einer Maschinenachse (Seite 210)" fehlerfrei entparkt werden.

## 7.9.3 Beispiel: Vorsatzkopfwechsel bei einem direkten Lagemesssystem

### Ausgangssituation

- Der Vorsatzkopf "A" hat einen Geber E2.
- Der Vorsatzkopf "B" hat keinen Geber.
- Die Spindel "SP" hat einen Geber E1.
- In MD13060 \$MN\_DRIVE\_TELEGRAM\_TYPE (Standard-Telegramm-Typ für PROFIdrive) ist einer der beiden folgenden Telegrammtypen projektiert:
  - Telegramm 116 (Motorgeber + ein externer Geber)  
oder
  - Telegramm 136 (Motorgeber + ein externer Geber, zzgl. Momentenvorsteuerung)
- In der Spindel "SP" sind folgende Lagemesssysteme projektiert:
  - Motorgeber E1 als Lagemesssystem 1
  - Direkter Geber E2 als Lagemesssystem 2
- Aktuell ist Vorsatzkopf "A" mit Geber E2 auf der Spindel montiert.

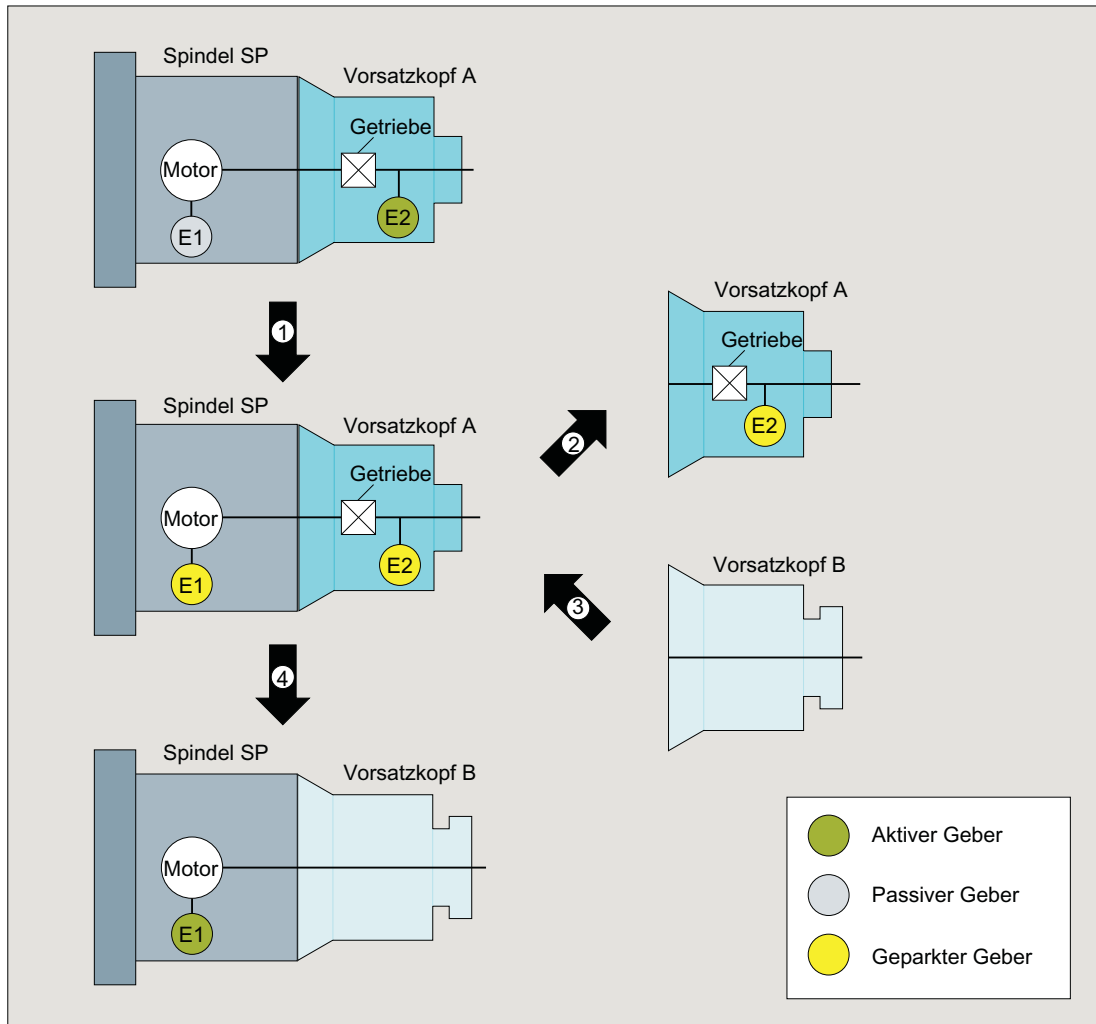


- Lagemesssystem 2 ist das aktive Messsystem:  
DB31, ... DBX1.6 = 1  
Lagemesssystem 1 ist passiv.
- Die Funktion "Parken des passiven Lagemesssystems" ist:
  - nicht aktiv für Lagemesssystem 1:  
MD31046 \$MA\_ENC\_PASSIVE\_PARKING [ 0 ] = 0
  - aktiv für Lagemesssystem 2:  
MD31046 \$MA\_ENC\_PASSIVE\_PARKING[ 1 ] = 1

## Ziel

Der Anwender möchte vom Vorsatzkopf "A" auf Vorsatzkopf "B" wechseln.

Durchführung



- ① Vor dem Wechsel eines Vorsatzkopfs muss der Anwender über die Funktion "Parken einer Maschinenachse (Seite 210)" alle Lagemesssysteme der Maschinenachse ausschalten:

DB31, ... DBX1.5 (Lagemesssystem 1) = 0

DB31, ... DBX1.6 (Lagemesssystem 2) = 0

Die Steuerung setzt daraufhin die Statussignale für die Lagemesssysteme zurück:

DB31, ... DBX102.5 (Lagemesssystem 1 eingeschaltet) == 0

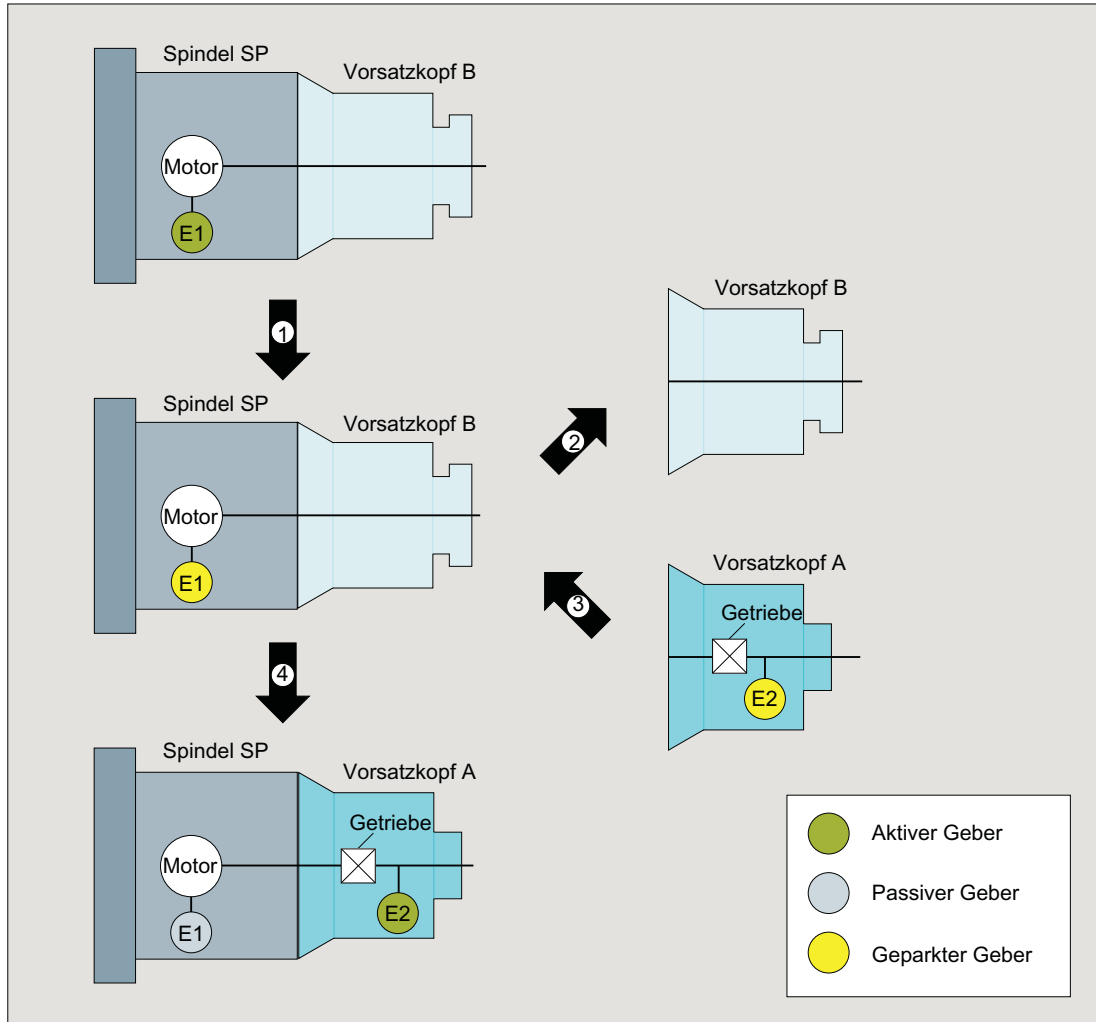
DB31, ... DBX102.6 (Lagemesssystem 2 eingeschaltet) == 0
- ② Der Anwender wartet die Statussignale ab und entfernt erst dann den Vorsatzkopf "A" von der Spindel. Dabei wird auch die Geberleitung zwischen Vorsatzkopf "A" und Kupplung elektrisch getrennt. Das Fehlen von Geber E2 erzeugt keine NC- oder Antriebsfehler.

- ③ Jetzt wird der Vorsatzkopf "B" auf der Spindel montiert.
- ④ Der Anwender schaltet nur das Lagemesssystem 1 ein:  
DB31, ... DBX1.5 (Lagemesssystem 1) = 1  
Die Steuerung setzt daraufhin das Statussignal:  
DB31, ... DBX102.5 (Lagemesssystem 1 eingeschaltet) == 1  
Da für Lagemesssystem 2 die Funktion "Parken des passiven Lagemesssystems" aktiv ist, wird das Lagemesssystem 2 nicht passiv, sondern bleibt im Zustand "Parken".

## Ziel

Als Nächstes möchte der Anwender wieder den Vorsatzkopf "A" einwechseln.

Durchführung



- ① Der Anwender schaltet über die Funktion "Parken einer Maschinenachse" Lagemesssystem 1 aus:  
 DB31, ... DBX1.5 (Lagemesssystem 1) = 0  
 Die Steuerung setzt daraufhin das Statussignal für das Lagemesssystem zurück:  
 DB31, ... DBX102.5 (Lagemesssystem 1 eingeschaltet) == 0
- ② Der Anwender wartet das Statussignal ab und entfernt erst dann den Vorsatzkopf "B" von der Spindel.
- ③ Jetzt wird der Vorsatzkopf "A" auf der Spindel montiert.
- ④ Der Anwender schaltet Lagemesssystem 2 aktiv:  
 DB31, ... DBX1.6 (Lagemesssystem 2) = 1  
 Damit wird gleichzeitig auch Lagemesssystem 1 eingeschaltet, da für Lagemesssystem 1 (Motormesssystem!) die Funktion "Parken des passiven Lagemesssystems" nicht aktiv ist. Lagemesssystem 1 wird zum passiven Lagemesssystem.  
 Die Steuerung setzt die Statussignale für die Lagemesssysteme:  
 DB31, ... DBX102.5 (Lagemesssystem 1 eingeschaltet) == 1  
 DB31, ... DBX102.6 (Lagemesssystem 2 eingeschaltet) == 1

## 7.9.4 Beispiel: Vorsatzkopfwechsel bei zwei direkten Lagemesssystemen

### Ausgangssituation

- Der Vorsatzkopf "A" hat einen Geber E3.
- Der Vorsatzkopf "B" hat keinen Geber.
- Die Spindel "SP" hat zwei Geber E1 und E2.
- In MD13060 \$MN\_DRIVE\_TELEGRAM\_TYPE (Standard-Telegramm-Typ für PROFIdrive) ist einer der beiden folgenden Telegrammtypen projektiert:
  - Telegramm 118 (zwei externe Geber)  
oder
  - Telegramm 138 (zwei externe Geber, zzgl. Momentenvorsteuerung)

#### Weitere Informationen:

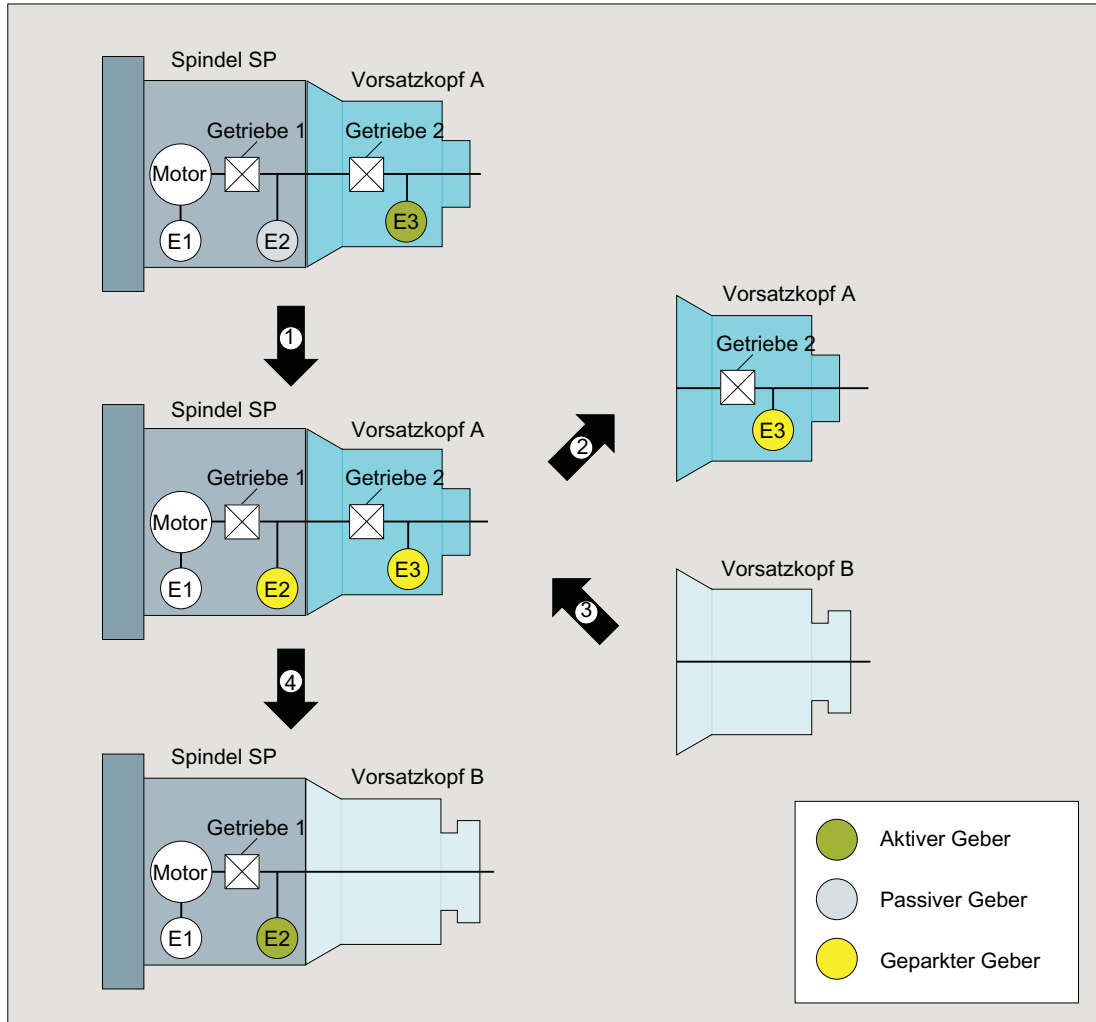
Informationen bezüglich Geberzuordnung siehe:  
Inbetriebnahmehandbuch Inbetriebnahme CNC: NC, PLC, Antrieb; Kommunikation  
zwischen NC und Antrieb > Antriebe: Achse zuordnen

- In der Spindel "SP" sind folgende Lagemesssysteme projektiert:
  - Direkter Geber E2 als Lagemesssystem 1
  - Direkter Geber E3 als Lagemesssystem 2
- Aktuell ist Vorsatzkopf "A" mit Geber E3 auf der Spindel montiert.
- Lagemesssystem 2 ist das aktive Messsystem:  
DB31, ... DBX1.6 = 1  
Lagemesssystem 1 ist passiv.
- Die Funktion "Parken des passiven Lagemesssystems" ist:
  - nicht aktiv für Lagemesssystem 1:  
MD31046 \$MA\_ENC\_PASSIVE\_PARKING[ 0 ] = 0
  - aktiv für Lagemesssystem 2:  
MD31046 \$MA\_ENC\_PASSIVE\_PARKING[ 1 ] = 1

### Ziel

Der Anwender möchte vom Vorsatzkopf "A" auf Vorsatzkopf "B" wechseln.

Durchführung



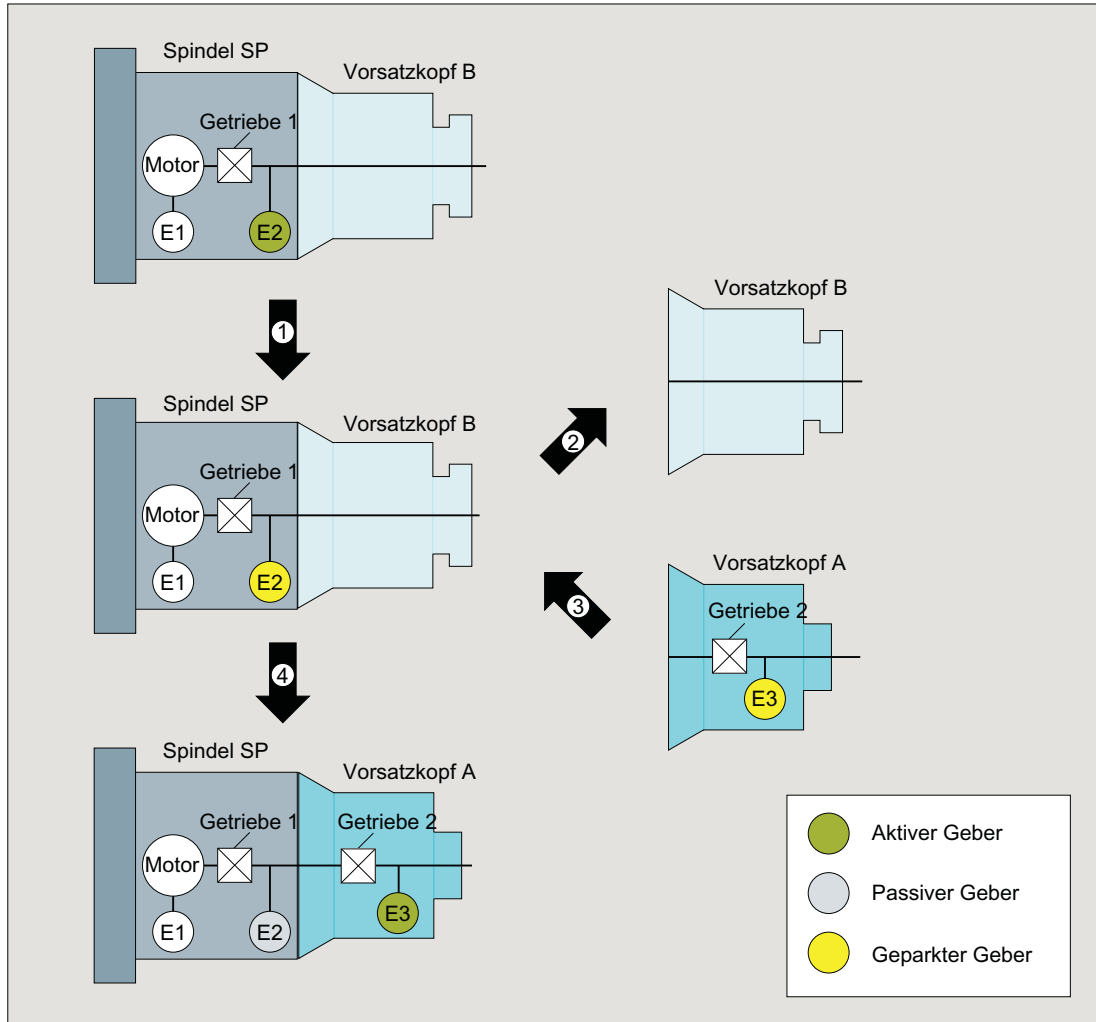
- ① Vor dem Wechsel eines Vorsatzkopfs muss der Anwender über die Funktion "Parken einer Maschinenachse (Seite 210)" alle Lagemesssysteme der Maschinenachse ausschalten:  
 DB31, ... DBX1.5 (Lagemesssystem 1) = 0  
 DB31, ... DBX1.6 (Lagemesssystem 2) = 0  
 Die Steuerung setzt daraufhin die Statussignale für die Lagemesssysteme zurück:  
 DB31, ... DBX102.5 (Lagemesssystem 1 eingeschaltet) == 0  
 DB31, ... DBX102.6 (Lagemesssystem 2 eingeschaltet) == 0
- ② Der Anwender wartet die Statussignale ab und entfernt erst dann den Vorsatzkopf "A" von der Spindel. Dabei wird auch die Geberleitung zwischen Vorsatzkopf "A" und Kupplung elektrisch getrennt. Das Fehlen von Geber E3 erzeugt keine NC- oder Antriebsfehler.

- ③ Jetzt wird der Vorsatzkopf "B" auf der Spindel montiert.
- ④ Der Anwender schaltet nur das Lagemesssystem 1 ein:  
DB31, ... DBX1.5 (Lagemesssystem 1) = 1  
Die Steuerung setzt das Statussignal:  
DB31, ... DBX102.5 (Lagemesssystem 1 eingeschaltet) == 1  
Da für Lagemesssystem 2 die Funktion "Parken des passiven Lagemesssystems" aktiv ist, wird das Lagemesssystem 2 nicht passiv, sondern bleibt im Zustand "Parken".

## Ziel

Als Nächstes möchte der Anwender wieder den Vorsatzkopf "A" einwechseln.

Durchführung



- ① Der Anwender schaltet über die Funktion "Parken einer Maschinenachse" Lagemesssystem 1 aus:  
 DB31, ... DBX1.5 (Lagemesssystem 1) = 0  
 Die Steuerung setzt daraufhin das Statussignal für das Lagemesssystem zurück:  
 DB31, ... DBX102.5 (Lagemesssystem 1 eingeschaltet) == 0
- ② Der Anwender wartet das Statussignal ab und entfernt erst dann den Vorsatzkopf "B" von der Spindel.
- ③ Jetzt wird der Vorsatzkopf "A" auf der Spindel montiert.
- ④ Der Anwender schaltet Lagemesssystem 2 aktiv:  
 DB31, ... DBX1.6 (Lagemesssystem 2) = 1  
 Damit wird gleichzeitig auch Lagemesssystem 1 eingeschaltet, da für Lagemesssystem 1 die Funktion "Parken des passiven Lagemesssystems" nicht aktiv ist. Lagemesssystem 1 wird zum passiven Lagemesssystem.  
 Die Steuerung setzt die Statussignale für die Lagemesssysteme:  
 DB31, ... DBX102.5 (Lagemesssystem 1 eingeschaltet) == 1  
 DB31, ... DBX102.6 (Lagemesssystem 2 eingeschaltet) == 1



## 7.9.5 Beispiel: Messsystemumschaltung bei bereichsweise fehlenden Gebern

Im folgenden Beispiel ist das direkte lineare Lagemesssystem nur in den Bearbeitungszoneen vorhanden, während in den Bereichen außerhalb der Bearbeitungszoneen nur das Motormesssystem zur Verfügung steht.

### Ausgangssituation

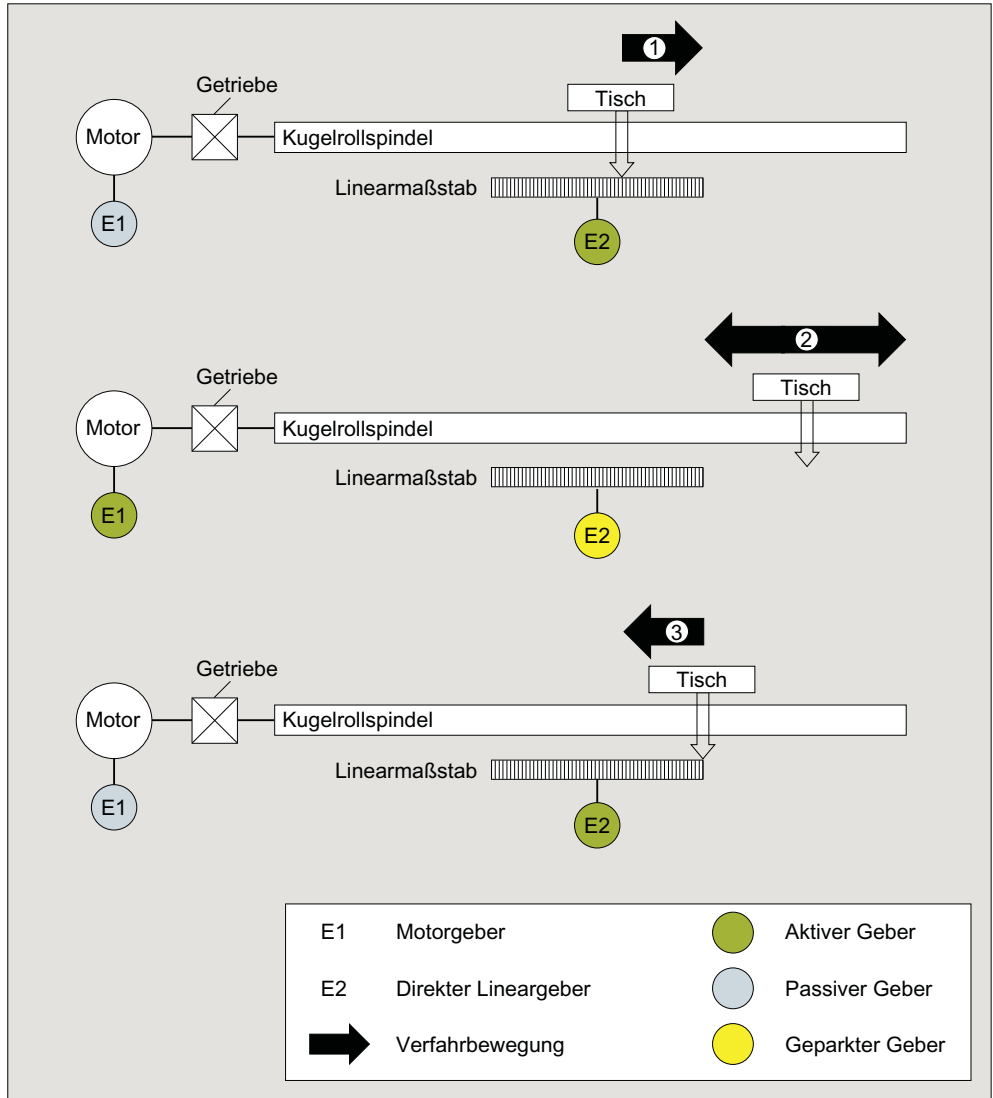
- Die Linearachse "X" hat zwei inkrementelle Geber:
  - Motorgeber E1
  - Direkter Lineargeber E2
- Der direkte Lineargeber E2 ist nur im Bearbeitungsbereich vorhanden.
- In MD13060 \$MN\_DRIVE\_TELEGRAM\_TYPE (Standard-Telegramm-Typ für PROFIdrive) ist einer der beiden folgenden Telegrammtypen projektiert:
  - Telegramm 116 (Motorgeber + ein externer Geber)  
oder
  - Telegramm 136 (Motorgeber + ein externer Geber, zzgl. Momentenvorsteuerung)
- Für die Maschinenachse sind folgende Lagemesssysteme projektiert:
  - Motorgeber E1 als Lagemesssystem 1
  - Direkter Lineargeber E2 als Lagemesssystem 2
- Beim Einschalten der Maschine schaltet der Anwender beide Lagemesssysteme ein:
  - DB31, ... DBX1.5 (Lagemesssystem 1) = 1
  - DB31, ... DBX1.6 (Lagemesssystem 2) = 1

Bei gleichzeitiger Aktivierung beider Lagemesssysteme wird von der Steuerung Lagemesssystem 1 als aktives Lagemesssystem ausgewählt.
- Zur Bearbeitung wird auf das Lagemesssystem 2 umgeschaltet:
  - DB31, ... DBX1.5 (Lagemesssystem 1) = 0
  - DB31, ... DBX1.6 (Lagemesssystem 2) = 1
- Die Funktion "Parken des passiven Lagemesssystems" ist:
  - nicht aktiv für Lagemesssystem 1:  
MD31046 \$MA\_ENC\_PASSIVE\_PARKING[ 0 ] = 0
  - aktiv für Lagemesssystem 2:  
MD31046 \$MA\_ENC\_PASSIVE\_PARKING[ 1 ] = 1
- Die Übernahme der Position und des "Referenziert"-Status für Lagemesssystem 2 ist eingeschaltet:  
MD34210 \$MA\_ENC\_REFP\_STATE[ 1 ] = 2

### Ziel

Beim Durchfahren des Bereichs außerhalb des linearen Lagemesssystems E2 sollen die fehlenden Gebersignale keine Fehler im Antrieb und in der Steuerung verursachen.

Durchführung



- ① Bevor der Tisch das Ende des linearen Lagemesssystems erreicht, muss auf das Motormesssystem umgeschaltet werden. Dies erreicht der Anwender durch Aktivierung beider Lagemesssysteme:  
 DB31, ... DBX1.5 (Lagemesssystem 1) = 1  
 DB31, ... DBX1.6 (Lagemesssystem 2) = 1  
 Über die Funktion "Parken des passiven Lagemesssystems" wird das nach der Messsystemumschaltung passive lineare Lagemesssystem von der Steuerung geparkt.  
 Die Steuerung setzt das Statussignal zurück:  
 DB31, ... DBX102.6 (Lagemesssystem 2 eingeschaltet) == 0  
 Der Anwender wartet das Statussignal ab, bevor er die Fahrt in den Bereich außerhalb des linearen Lagemesssystems fortsetzt.
- ② Durchfahren des Bereichs außerhalb des linearen Lagemesssystems mit dem Motormesssystem.

- ③ Wenn der Tisch in den Bereich des linearen Lagemesssystems zurückkehrt, schaltet der Anwender im Stillstand vom Motormesssystem auf das lineare Lagemesssystem um:  
 DB31, ... DBX1.5 (Lagemesssystem 1) = 0  
 DB31, ... DBX1.6 (Lagemesssystem 2) = 1  
 Die Steuerung setzt das Statussignal:  
 DB31, ... DBX102.6 (Lagemesssystem 2 eingeschaltet) == 1  
 Das Motormesssystem wird zum passiven Lagemesssystem.

## Ergebnis

Beide Lagemesssysteme sind referenziert. Die Position des linearen Lagemesssystems entspricht der Position des Motormesssystems zum Umschaltzeitpunkt. Reicht die Positionsgenauigkeit nicht aus, ist das lineare Lagemesssystem neu zu referenzieren.

## 7.10 Umschalten von Geberdatensätzen

### Anwendungsfall

Bedingt durch wechselnde Bearbeitungsaufgaben können an einem und demselben Leistungsteil nacheinander unterschiedliche Vorsatzköpfe zum Einsatz kommen.

Für jeden mit Motor oder Geber ausgerüsteten Vorsatzkopf ist im Antrieb ein Motordatensatz (MDS) und Geberdatensatz (EDS) zu parametrieren. Diese Datensätze sind im PLC-Programm beim Wechsel der Vorsatzköpfe umzuschalten. Eine MDS/EDS-Umschaltung kann dabei nur indirekt über eine Umschaltung des Antriebsdatensatzes (DDS) erfolgen.

### Funktion

<b>ACHTUNG</b>
<b>Maschinenschaden</b>
Wenn die nachfolgenden Antriebsparameter und Maschinendaten unterschiedlich eingestellt sind, verfährt die Achse möglicherweise nicht mit der programmierten Geschwindigkeit und nicht auf die programmierte Position.
Die Änderung der Maschinendaten muss zeitgleich und konsistent mit der Geberdatensatzumstellung im Zustand Parken erfolgen.

Die steuerungsseitige Nutzung der Geberdatensatzumschaltung beschränkt sich auf folgende SINAMICS-Antriebsparameter:

- p0408 (Rotatorischer Geber Strichzahl)
- p0418 (Feinauflösung der Gebernachbildung Gx\_XIST1 (in Bits))
- p0419 (Feinauflösung Absolutwert Gx\_XIST2 (in Bits))

Damit sind Geberdatensätze mit gleichem Gebertyp aber unterschiedlichen Geberstrichzahlen umschaltbar.

Die steuerungsseitige Nutzung wird über folgendes Maschinendatum aktiviert:

MD31700 \$MA\_ENC\_EDS\_ACTIVE (EDS-Nutzung aktivieren)

Wert	Bedeutung
0	Geberdatensatzumschaltung EDS wird nicht genutzt
1	Geberdatensatzumschaltung EDS wird genutzt

Für die Antriebsparameter p0408, p0418 und p0419 gibt es jeweils ein zugehöriges Maschinendatum, das passend zum aktiven Geberdatensatz parametrieren muss:

- MD31710 \$MA\_ENC\_RESOL\_EDS (Geberstriche pro Umdrehung bei EDS-Nutzung)
- MD31720 \$MA\_ENC\_PULSE\_MULT\_EDS (Geber-Vervielfachung (Hochauflösung) bei EDS-Nutzung)
- MD31730 \$MA\_ABS\_INC\_RATIO\_EDS (Absolutgeber: Verhältnis Absolut- zu Inkrementalauflösung bei EDS-Nutzung)

### Wirksamkeit

Wenn MD31700 \$MA\_ENC\_EDS\_ACTIVE = 1 ist, sind folgende Maschinendaten nicht mehr wirksam:

- MD30260 \$MA\_ABS\_INC\_RATIO (Absolutgeber: Verhältnis Absolutauflösung zu Inkrementalauflösung)
- MD31020 \$MA\_ENC\_RESOL (Geberstriche pro Umdrehung)
- MD31025 \$MA\_ENC\_PULSE\_MULT (Geber-Vervielfachung (Hochauflösung))

Mit der Antriebsdatensatzumschaltung in DB3x.DBX21.0 - 4 werden auch die Geberdatensätze umgeschaltet. Die Umschaltung wird im Zustand Parken durchgeführt (siehe Kapitel "Parken einer Maschinenachse (Seite 210)" und "Parken des passiven Lagemesssystems (Seite 212)").

---

### Hinweis

Wenn MD31700 \$MA\_ENC\_EDS\_ACTIVE = 1 ist, findet keine Plausibilitätsprüfung der eingestellten Werte zwischen Antrieb und Steuerung statt.

---

NC/PLC-Nahtstellensignal:

- DB31, ... DBX21.7 (Impulsfreigabe)
- DB31, ... DBX21.6 (Integratorsperre n-Regler)
- DB31, ... DBX21.5 (Motoranwahl)
- DB31, ... DBX21.0 - 4 (Anforderung zum Umschaltung von Motor- und/oder Antriebsdatensatz)  
Die Schnittstelle ist flexibel parametrierbar über: DB31, ... .DBX130.0 - 4

## Randbedingungen

SINUMERIK-Randbedingungen:

- Es stehen nur Maschinendaten für rotatorische Geber zur Verfügung.
- Eine Verfahrbereichserweiterung bei Absolutwertgebern  
MD30270 \$MA\_ENC\_ABS\_BUFFERING = 0 ist nicht zulässig.

SINAMICS-Randbedingungen finden Sie in folgender Literatur.

## Weitere Informationen

Funktionshandbuch Antriebsfunktionen SINAMICS S120;  
Grundlagen des Antriebssystems > Datensätze

- DDS: Antriebsdatensatz (Drive Data Set)
- EDS: Geberdatensatz (Encoder Data Set)

## Weitere Maschinendaten

Neben den Maschinendaten der Achsüberwachung sind folgende weitere Maschinendaten einzustellen bzw. zu prüfen:

### Alle Maschinenachsen

- MD31030 \$MA\_LEADSCREW\_PITCH (Steigung der Kugelrollspindel)
- MD31050 \$MA\_DRIVE\_AX\_RATIO\_DENOM (Nenner Lastgetriebe)
- MD31060 \$MA\_DRIVE\_AX\_RATIO\_NUMERA (Zähler Lastgetriebe)
- MD31070 \$MA\_DRIVE\_ENC\_RATIO\_DENOM (Nenner Messgetriebe)
- MD31080 \$MA\_DRIVE\_ENC\_RATIO\_NUMERA (Zähler Messgetriebe)
- MD32810 \$MA\_EQUIV\_SPEEDCTRL\_TIME (Ersatzzeitkonstante Drehzahlregelkreis für Vorsteuerung)
- Geberauflösung: siehe Funktionshandbuch "Achsen und Spindeln", Kapitel "G2: Geschwindigkeiten, Soll-/Istwertsysteme, Regelung".

### Maschinenachsen mit analoger Drehzahlsollwertschnittstelle

- MD32260 \$MA\_RATED\_VELO (Nenn-Motordrehzahl)
- MD32250 \$MA\_RATED\_OUTVAL (Nenn-Ausgangsspannung)

## 7.11 Datenlisten

### 7.11.1 Maschinendaten

#### 7.11.1.1 NC-spezifische Maschinendaten

Nummer	Bezeichner: \$MN_	Beschreibung
10604	WALIM_GEOAX_CHANGE_MODE	Arbeitsfeldbegrenzung beim Umschalten von Geometriachsen
10710	PROG_SD_RESET_SAVE_TAB	Zu aktualisierende Settingdaten

#### 7.11.1.2 Kanal-spezifische Maschinendaten

Nummer	Bezeichner: \$MC_	Beschreibung
20150	GCODE_RESET_VALUES	Löschstellung der G-Gruppen
21020	WORKAREA_WITH_TOOL_RADIUS	Berücksichtigung des Werkzeugradius bei Arbeitsfeldbegrenzung
24130	TRAFO_INCLUDES_TOOL_1	Werkzeugbehandlung bei aktiver 1. Transformation
24230	TRAFO_INCLUDES_TOOL_2	Werkzeugbehandlung bei aktiver 2. Transformation
24330	TRAFO_INCLUDES_TOOL_3	Werkzeugbehandlung bei aktiver 3. Transformation
24426	TRAFO_INCLUDES_TOOL_4	Werkzeugbehandlung bei aktiver 4. Transformation
24436	TRAFO_INCLUDES_TOOL_5	Werkzeugbehandlung bei aktiver 5. Transformation
24446	TRAFO_INCLUDES_TOOL_6	Werkzeugbehandlung bei aktiver 6. Transformation
24456	TRAFO_INCLUDES_TOOL_7	Werkzeugbehandlung bei aktiver 7. Transformation
24466	TRAFO_INCLUDES_TOOL_8	Werkzeugbehandlung bei aktiver 8. Transformation
24476	TRAFO_INCLUDES_TOOL_9	Werkzeugbehandlung bei aktiver 9. Transformation
24486	TRAFO_INCLUDES_TOOL_10	Werkzeugbehandlung bei aktiver 10. Transformation
25106	TRAFO_INCLUDES_TOOL_11	Werkzeugbehandlung bei aktiver 11. Transformation
25116	TRAFO_INCLUDES_TOOL_12	Werkzeugbehandlung bei aktiver 12. Transformation
25126	TRAFO_INCLUDES_TOOL_13	Werkzeugbehandlung bei aktiver 13. Transformation
25136	TRAFO_INCLUDES_TOOL_14	Werkzeugbehandlung bei aktiver 14. Transformation
25146	TRAFO_INCLUDES_TOOL_15	Werkzeugbehandlung bei aktiver 15. Transformation
25156	TRAFO_INCLUDES_TOOL_16	Werkzeugbehandlung bei aktiver 16. Transformation
25166	TRAFO_INCLUDES_TOOL_17	Werkzeugbehandlung bei aktiver 17. Transformation
25176	TRAFO_INCLUDES_TOOL_18	Werkzeugbehandlung bei aktiver 18. Transformation
25186	TRAFO_INCLUDES_TOOL_19	Werkzeugbehandlung bei aktiver 19. Transformation
25196	TRAFO_INCLUDES_TOOL_20	Werkzeugbehandlung bei aktiver 20. Transformation
28600	MM_NUM_WORKAREA_CS_GROUPS	Anzahl an Koordinatensystem-spezifischen Arbeitsfeldbegrenzungen

## 7.11.1.3 Achs-/Spindel-spezifische Maschinendaten

Nummer	Bezeichner: \$MA_	Beschreibung
30200	NUM_ENCS	Anzahl der Geber
30240	ENC_TYPE	Geber-Typ der Istwerterfassung (Lageistwert)
30260	ABS_INC_RATIO	Absolutwertgeber: Verhältnis der Auflösung von Absolutwert zu Inkrementalwert
30270	ENC_ABS_BUFFERING	Absolutwertgeber: Verfahrbereichserweiterung
30310	ROT_IS_MODULO	Modulo-Wandlung für Rundachse/Spindel
30800	WORK_AREA_CHECK_TYPE	Art der Prüfung der Arbeitsfeldgrenzen
31020	ENC_RESOL	Geberstriche pro Umdrehung
31025	ENC_PULSE_MULT	Geber-Vervielfachung (Hochauflösung)
31046	ENC_PASSIVE_PARKING	Parken des passiven Lagemesssystems
31700	ENC_EDS_ACTIVE	EDS-Nutzung aktivieren
31710	ENC_RESOL_EDS	Geberstriche pro Umdrehung bei EDS-Nutzung
31720	ENC_PULSE_MULT_EDS	Geber-Vervielfachung (Hochauflösung) bei EDS-Nutzung
31730	ABS_INC_RATIO_EDS	Absolutwertgeber: Verhältnis Absolutauflösung zu Inkrementalauf- lösung bei EDS-Nutzung
32200	POSCTRL_GAIN[n]	$K_v$ -Faktor
32250	RATED_OUTVAL	Nennausgangsspannung
32260	RATED_VELO	Motorenndrehzahl
32300	MAX_AX_ACCEL	Maximale Achsbeschleunigung
32800	EQUIV_CURRCTRL_TIME	Ersatzzeitkonstante Stromregelkreis für Vorsteuerung
32810	EQUIV_SPEEDCTRL_TIME	Ersatzzeitkonstante Drehzahlregelkreis für Vorsteuerung
32910	DYN_MATCH_TIME[n]	Zeitkonstante der Dynamikanpassung
34210	ENC_REFP_STATE	Geberstatus
35160	SPIND_EXTERN_VELO_LIMIT	Spindeldrehzahlbegrenzung von PLCC
36000	STOP_LIMIT_COARSE	Genauhalt grob
36010	STOP_LIMIT_FINE	Genauhalt fein
36020	POSITIONING_TIME	Verzögerungszeit Genauhalt fein
36030	STANDSTILL_POS_TOL	Stillstandstoleranz
36040	STANDSTILL_DELAY_TIME	Verzögerungszeit Stillstandsüberwachung
36050	CLAMP_POS_TOL	Klemmungstoleranz bei NST "Klemmung aktiv"
36052	STOP_ON_CLAMPING	Sonderfunktionen bei geklemmter Achse
36060	STANDSTILL_VELO_TOL	Maximale Geschwindigkeit/Drehzahl "Achse/Spindel steht"
36100	POS_LIMIT_MINUS	1. Software-Endschalter minus
36110	POS_LIMIT_PLUS	1. Software-Endschalter plus
36120	POS_LIMIT_MINUS2	2. Software-Endschalter minus
36130	POS_LIMIT_PLUS2	2. Software-Endschalter plus
36200	AX_VELO_LIMIT	Schwellwert für Geschwindigkeitsüberwachung
36210	CTRLOUT_LIMIT	Maximaler Drehzahlsollwert
36220	CTRLOUT_LIMIT_TIME	Verzögerungszeit für Drehzahlsollwertüberwachung
36300	ENC_FREQ_LIMIT	Gebergrenzfrequenz

Nummer	Bezeichner: \$MA_	Beschreibung
36302	ENC_FREQ_LIMIT_LOW	Gebergrenzfrequenz für Geber-Neusynchronisation
36310	ENC_ZERO_MONITORING	Nullmarkenüberwachung
36312	ENC_ABS_ZEROMON_WARNING	Nullmarkenüberwachung Warnschwelle
36400	CONTOUR_TOL	Toleranzband Konturüberwachung
36500	ENC_CHANGE_TOL	Maximale Toleranz bei Lageistwertumschaltung
36510	ENC_DIFF_TOL	Toleranz Messsystem-Gleichlauf
36600	BRAKE_MODE_CHOICE	Bremsverhalten bei Hardware-Endschalter
36610	AX_EMERGENCY_STOP_TIME	Maximale Zeitdauer der Bremsrampe bei Fehlern
36620	SERVO_DISABLE_DELAY_TIME	Abschaltverzögerung Reglerfreigabe

## 7.11.2 Settingdaten

### 7.11.2.1 Achs-/Spindel-spezifische Settindaten

Nummer	Bezeichner: \$SA_	Beschreibung
43400	WORKAREA_PLUS_ENABLE	Arbeitsfeldbegrenzung in positiver Richtung aktiv
43410	WORKAREA_MINUS_ENABLE	Arbeitsfeldbegrenzung in negativer Richtung aktiv
43420	WORKAREA_LIMIT_PLUS	Arbeitsfeldbegrenzung plus
43430	WORKAREA_LIMIT_MINUS	Arbeitsfeldbegrenzung minus



## K6: Konturtunnel-Überwachung

### 8.1 Kurzbeschreibung

#### 8.1.1 Konturtunnel-Überwachung

##### Funktion

Es wird die absolute Bewegung der Werkzeugspitze im Raum überwacht. Die Funktion arbeitet kanalspezifisch.

##### Modell

Über der programmierten Bahn einer Bearbeitung wird ein runder Tunnel definiert, dessen Durchmesser vorgegeben werden kann. Achsbewegungen werden optional angehalten, wenn Bahnabweichungen der Werkzeugspitze durch Achsfehler größer als der definierte Tunnel werden.

##### Reaktion

Bei erkannter Abweichung reagiert das System schnellstmöglich. Es vergeht jedoch mindestens ein Interpolatortakt, bevor eine der beiden folgenden Reaktionen erfolgt:

- Das Verlassen des Tunnels löst einen Alarm aus und die Achsen fahren weiter.
- Das Verlassen des Tunnels löst einen Alarm aus und die Achsbewegungen werden abgebremst.

##### Bremsmethoden

Wenn der Überwachungstunnel verlassen wird, kann wahlweise über eine der beiden folgenden Methoden abgebremst werden:

- Bremsrampe
- Drehzahlsollwert Null und Nachführbetrieb

##### Einsatz

Die Funktion kann bei 2D- und 3D-Bahnen eingesetzt werden. Bei 2D ist die Überwachungsfläche durch parallele Linien zur programmierten Bahn definiert. Der Überwachungsbereich wird durch 2 oder 3 Geometrieachsen bestimmt.

Die Überwachung von Synchronachsen, Positionierachsen usw., die nicht Geometrieachsen sind, erfolgt direkt auf Maschinenachsebene mit der "Konturüberwachung".

### Beispiel

Das folgende Bild zeigt schematisch an einem einfachen Beispiel die Gestalt des Überwachungsbereichs.

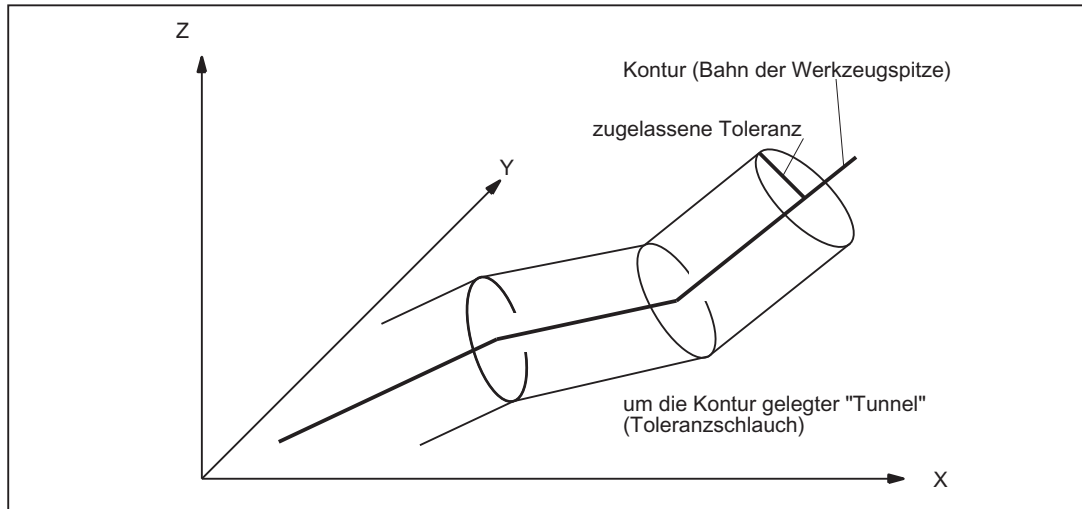


Bild 8-1 Lage des Konturtunnels um programmierte Bahn

Solange die errechnete Ist-Position der Werkzeugspitze innerhalb des skizzierten Tunnels bleibt, wird die Bewegung normal fortgesetzt. Verlässt die errechnete Ist-Position den Tunnel, wird (in der Standardeinstellung) ein Alarm ausgelöst und die Achsen werden mit "Rampenstopp" stillgesetzt. Über Maschinendaten lässt sich die Reaktion beim Verlassen des Tunnels auch abschalten (Alarm, aber Bewegung fortsetzen) oder verschärfen (Schnellstopp).

### Analyse

Der errechnete Abstand zwischen programmierter Bahn und Ist-Werten kann auf einen Analogausgang gelegt werden, um im normalen Betrieb den Verlauf der Konturfehler analysieren zu können (Qualitätskontrolle).

## 8.1.2 Programmierbare Konturgenauigkeit

### Funktion

Als Alternative zu der unter "Konturtunnel-Überwachung" beschriebenen Möglichkeit, die Bearbeitungsgenauigkeit zu überwachen und bei zu großen Abweichungen die Bearbeitung abubrechen, steht auch die Möglichkeit zur Verfügung, eine gewählte Genauigkeit in jedem Fall zu erzielen, wobei nötigenfalls die Bahngeschwindigkeit herabgesetzt wird. Die Details zu dieser Funktion finden sich unter dem Thema "Programmierbare Konturgenauigkeit".

## 8.2 Konturtunnel-Überwachung

### Überwachungsziel

Ziel der Überwachung ist es, die Bewegung der Achsen still zu setzen, wenn wegen Achsabweichungen die Distanz zwischen Werkzeugspitze (Istwert) und der programmierten Bahn (Sollwert) einen vorgegebenen Wert (Tunnelradius) überschreitet.

### Tunnelgröße

Für die Überwachungsfunktion ist die Angabe des Radius des zu überwachenden Konturtunnels um die programmierte Bahn erforderlich:

MD21050 \$MC\_CONTOUR\_TUNNEL\_TOL (Ansprechschwelle für Konturtunnel-Überwachung)

Wird das Maschinendatum mit 0.0 besetzt, so erfolgt keine Überwachung. Der Wert des Maschinendatums wird von der Steuerung bei Neukonfiguration übernommen.

### Parametrierbares Bremsverhalten

Das Bremsverhalten beim Ansprechen der Überwachung kann über das folgende Maschinendatum eingestellt werden:

MD21060 \$MC\_CONTOUR\_TUNNEL\_REACTION (Reaktion bei Ansprechen der Konturtunnel-Überwachung)

Wert	Bedeutung
0	Alarm anzeigen und die Bearbeitung fortsetzen
1	Bremsen gemäß Bremsrampe (Standardvorbereitung)
2	Schnellstopp (Drehzahlsollwert = 0)

### Geberumschaltung

Die Umschaltung zwischen zwei Gebersystemen ergibt in der Regel eine sprunghafte Veränderung der Ist-Position der Werkzeugspitze. Die Veränderung allein durch die Geberumschaltung darf nicht so groß werden, dass die Werkzeugspitze den Überwachungstunnel durchbricht. Der im MD21050 vorgegebene Radius muss größer sein als die zulässige Toleranz bei der Istwertgeberumschaltung:

MD36500 \$MA\_ENC\_CHANGE\_TOL (Toleranz bei Lageistwertumschaltung)

### Aktivierung

Die Überwachung wird nur unter folgenden Bedingungen aktiv:

- MD21050 ist größer als 0.0.
- Es sind mindestens zwei Geometrieachsen definiert.

### Stillsetzen

Die Überwachung kann stillgesetzt werden durch Wirksamsetzen der Maschinendaten-Einstellung:

MD21050 = 0.0.

### Analyse-Ausgang

Die Werte der Abweichung des Istwerts der Werkzeugspitze von der programmierten Bahn können zur Analyse auf einem schnellen Analogausgang ausgegeben werden (Genauigkeitsüberwachung).

Die Zuordnung eines Analogausgangs für die Ausgabe des Konturfehlers erfolgt im Maschinendatum:

MD21070 \$MC\_CONTOUR\_ASSIGN\_FASTOUT

Wert	Bedeutung
0	keine Ausgabe (Standardvorbesetzung)
1	Ausgabe auf Ausgang 1
2	Ausgabe auf Ausgang 2
...	...
8	Ausgabe auf Ausgang 8

### Maßstab

Der im MD21050 hinterlegte Tunnelradius entspricht der Spannung 10 V am Ausgang.

## 8.3 Programmierbare Konturgenauigkeit

### Funktion

Die Funktion "Programmierbare Konturgenauigkeit" begrenzt den Konturfehler aufgrund von Regelverhalten und Ruckfilter auf einen vorgegebenen Wert, indem sie die Bahngeschwindigkeit an gekrümmten Konturen im notwendigen Maße reduziert. Sie ermöglicht dadurch dem Anwender die Einstellung eines Kompromisses zwischen Genauigkeit und Produktivität einer Bearbeitung.

---

### Hinweis

Die Funktion "LookAhead" stellt sicher, dass an keiner Stelle der Bahn eine größere Geschwindigkeit gefahren wird, als zur Einhaltung der geforderten Konturgenauigkeit möglich ist.

---

## Projektierung

Die Wirkungsweise und Parametrierung der Funktion wird bestimmt durch das Maschinendatum:

MD20470 \$MC\_CPREC\_WITH\_FFWD (Programmierbare Konturgenauigkeit)

Wert	Bedeutung
0	Die Funktion "Programmierbare Konturgenauigkeit" ist bei gleichzeitig aktiver Vorsteuerung unwirksam.
1	Die Funktion "Programmierbare Konturgenauigkeit" ist auch bei Vorsteuerung wirksam. Die Absenkung der Bahngeschwindigkeit wird bei aktiver Vorsteuerung auf Grundlage des effektiven $K_V$ -Faktors mit Vorsteuerung berechnet.
2	Wie 1, die Funktion wird aber mit MD32415 \$MA_EQUIV_CPREC_TIME (Zeitkonstante für die programmierbare Konturgenauigkeit) parametrierung. Das Ruckfilter wird korrekt eingerechnet. Das Settingdatum SD42450 \$SC_CONTPREC bestimmt den erlaubten Konturfehler (siehe "Parametrierung").
3	Wie 2, aber eine eventuell mit CTOL programmierte Konturgenauigkeit hat Vorrang vor SD42450 \$SC_CONTPREC. Das Ruckfilter wird korrekt eingerechnet. Die programmierte Konturgenauigkeit CTOL bestimmt den erlaubten Konturfehler (siehe "Parametrierung"). \$SC_CONTPREC ist nur dann relevant, wenn CTOL nicht programmiert wurde.
4	Die Funktion "Programmierbare Konturgenauigkeit" ist unabhängig von Vorsteuerung und Ruckfilter wirksam. Es wird ausschließlich MD32415 \$MA_EQUIV_CPREC_TIME in der Berechnung des Konturfehlers betrachtet. Alle Zeitkonstanten, die Einflüsse auf den Konturfehler haben, müssen aufsummiert im MD32415 \$MA_EQUIV_CPREC_TIME eingetragen werden.
5	Wie 4, aber eine eventuell mit CTOL programmierte Konturgenauigkeit hat Vorrang vor SD42450 \$SC_CONTPREC.

Bei den Funktionsvarianten MD20470 = 2 oder 3 geht die Steuerung davon aus, dass es eine Ruckfilter-Zeitkonstante (MD32410 \$MA\_AX\_JERK\_TIME) gibt, bei der die Einstellung der Regelstrecke mit Vorsteuerung einen vernachlässigbar kleinen Konturfehler erzeugt. Dieser Wert muss in das Maschinendatum MD32415 \$MA\_EQUIV\_CPREC\_TIME (siehe "Parametrierung") eingetragen werden.

Zur Berechnung des Konturfehlers auf Grundlage des eingestellten Ruckfiltertyps (MD32402 \$MA\_AX\_JERK\_MODE) wird folgender Wert verwendet:

- bei aktiver Vorsteuerung die Differenz:  
MD32410 \$MA\_AX\_JERK\_TIME - MD32415 \$MA\_EQUIV\_CPREC\_TIME
- ohne Vorsteuerung der volle Wert aus MD32410 \$MA\_AX\_JERK\_TIME

Dieses Vorgehen erlaubt dem Inbetriebnehmer, von einer zunächst genauen, aber möglicherweise zu harten Einstellung durch eine Erhöhung der Ruckfilter-Zeitkonstanten zu einer weichen Einstellung mit kontrolliertem Genauigkeitsverlust zu wechseln.

Soll die Funktion "Programmierbare Konturgenauigkeit" zusammen mit dem Ruckfiltertyp "FIR-Tiefpass" (MD32402 \$MA\_AX\_JERK\_MODE = 5) verwendet werden, muss bei der Inbetriebnahme über das speicherkonfigurierende Maschinendatum MD38020 \$MA\_MM\_CPREC\_FIR\_POINTS Speicherplatz für die Kennlinienapproximation von FIR-Filtern bereitgestellt werden. Ohne spezifischen Speicherplatz (MD38020 = 0) ist die Ausführung der Funktion nicht möglich und es wird Alarm 10990 ausgegeben.

Einschränkungen:

- Die Funktion arbeitet nicht mit dem Ruckfiltertyp "Bandsperre" (MD32402 \$MA\_AX\_JERK\_MODE = 3).
- Die Funktionsvarianten MD20470 = 2 oder 3 sind in erster Linie für die Verwendung mit Vorsteuerung gedacht. Ist eine der beiden Funktionsvarianten bei ausgeschalteter Vorsteuerung aktiv, wird ein Konturfehler addiert, der sich aus dem  $K_V$ -Faktor ergibt. Die Bahngeschwindigkeit wird dabei wesentlich stärker reduziert.

---

#### Hinweis

Die Funktionsvarianten MD20470 = 0 bzw. 1 werden nicht mehr empfohlen. Sie stellen lediglich noch die Kompatibilität zu älteren Softwareständen her.

---

## Parametrierung

### Konturgenauigkeit

Der maximale Konturfehler für die Bahn der Geometrieachsen auf gekrümmten Konturen wird bestimmt:

- bei MD20470 \$MC\_CPREC\_WITH\_FFW = 2 durch das Settingdatum: SD42450 \$SC\_CONTPREC (Konturgenauigkeit)
- bei MD20470 \$MC\_CPREC\_WITH\_FFW = 3 durch die mit CTOL programmierte Konturtoleranz.

Je kleiner der Wert und je kleiner der  $K_V$ -Faktor der Geometrieachsen, umso stärker wird der Bahnvorschub auf gekrümmten Konturen abgesenkt.

### Mindestbahnvorschub

Über das folgende Settingdatum kann der Anwender für die Funktion "Programmierbare Konturgenauigkeit" einen Mindestbahnvorschub vorgeben:

SD42460 \$SC\_MINFEED (Mindestbahnvorschub bei CPRECON)

Der Vorschub wird nicht unter diesen Wert begrenzt, es sei denn, ein niedrigerer F-Wert wurde programmiert oder die dynamischen Begrenzungen der Achsen erzwingen eine niedrigere Bahngeschwindigkeit.

### Zeitkonstante für die programmierbare Konturgenauigkeit

Die Ersatzzeitkonstante für die Funktionsvarianten MD20470 = 2 oder 3 (siehe "Projektierung") wird eingetragen in das Maschinendatum:

MD32415 \$MA\_EQUIV\_CPREC\_TIME (Zeitkonstante für die programmierbare Konturgenauigkeit)

MD32415 muss diejenige Ruckfilter-Zeitkonstante (MD32410 \$MA\_AX\_JERK\_TIME) enthalten, bei der der Konturfehler bei aktiver Vorsteuerung vernachlässigbar klein ist.

## Programmierung

Die "Programmierbare Konturgenauigkeit" kann mit den modalen G-Befehlen CPRECON und CPRECOF im Teileprogramm ein- und ausgeschaltet werden.

Beispiel:

Programmcode	Kommentar
N10 G0 X0 Y0	
N20 CPRECON	; Einschalten der "Programmierbaren Konturgenauigkeit".
N30 G1 G64 X100 F10000	; Bearbeitung mit 10 m/min im Bahnsteuerbetrieb.
N40 G3 Y20 J10	; Automatische Vorschubbegrenzung im Kreissatz.
N50 G1 X0	; Vorschub wieder ohne Begrenzung (10 m/min).
...	
N100 CPRECOF	; Ausschalten der "Programmierbaren Konturgenauigkeit".
N110 G0 ...	

Die beiden modalen G-Befehle CPRECON und CPRECOF bilden die G-Gruppe 39 (Programmierbare Konturgenauigkeit).

## Verhalten bei Teileprogrammstart und nach Reset/Teileprogrammende

Bei Teileprogrammstart und nach Reset/Teileprogrammende wird die für die G-Gruppe 39 projektierte Steuerungs-Grundstellung wirksam:

MD20110 \$MC\_RESET\_MODE\_MASK (Festlegung der Steuerungs-Grundstellung nach Reset/TP-Ende)

MD20112 \$MC\_START\_MODE\_MASK (Festlegung der Steuerungs-Grundstellung nach Teileprogrammstart)

## Randbedingungen

### Positionierachsen

Die Funktion betrachtet nur die Geometrieachsen der Bahn. Auf die Geschwindigkeiten von Positionierachsen hat sie keinen Einfluss.

## Literatur

Informationen zu MD32402 \$MA\_AX\_JERK\_MODE (Filtertyp für axiale Ruckbegrenzung) und MD32410 \$MA\_AX\_JERK\_TIME (Zeitkonstante für den axialen Ruckfilter) siehe:

- Funktionshandbuch Grundfunktionen; Beschleunigung (B2), Kapitel: "Funktionen" > "Ruckfilter (Lagesollwertfilter, achsspezifisch)"

Informationen zu CTOL siehe:

- Funktionshandbuch Grundfunktionen; Bahnsteuerbetrieb, Genauhalt, LookAhead (B1), Kapitel: "Kontur-/Orientierungstoleranz"

## 8.4 Randbedingungen

### Verfügbarkeit der Funktion "Konturtunnel-Überwachung"

Die Funktion ist eine Option ("Konturüberwachung durch Tunnelfunktion"), die über das Lizenzmanagement der Hardware zugeordnet werden muss.

### Mitschleppen

Wird bei aktiver Konturtunnel-Überwachung eine Mitschleppkopplung zwischen zwei Geometrieachsen programmiert, hat dies immer ein Ansprechen der Konturtunnel-Überwachung zur Folge. Die Konturtunnel-Überwachung muss in diesem Fall vor Programmierung der Mitschleppkopplung ausgeschaltet werden:

MD21050 \$MC\_CONTOUR\_TUNNEL\_TOL = 0.0

## 8.5 Datenlisten

### 8.5.1 Maschinendaten

#### 8.5.1.1 Kanal-spezifische Maschinendaten

Nummer	Bezeichner: \$MC_	Beschreibung
20110	RESET_MODE_MASK	Festlegung der Steuerungs-Grundstellung nach Reset/TP-Ende
20112	START_MODE_MASK	Festlegung der Steuerungs-Grundstellung nach Teilprogrammstart
20470	CPREC_WITH_FFW	Programmierbare Konturgenauigkeit
21050	CONTOUR_TUNNEL_TOL	Ansprechschwelle für Konturtunnel-Überwachung
21060	CONTOUR_TUNNEL_REACTION	Reaktion bei Ansprechen der Konturtunnel-Überwachung
21070	CONTOUR_ASSIGN_FASTOUT	Zuordnung eines Analogausgangs für die Ausgabe des Konturfehlers

#### 8.5.1.2 Achs-/Spindel-spezifische Maschinendaten

Nummer	Bezeichner: \$MA_	Beschreibung
32402	AX_JERK_MODE	Filtertyp für axiale Ruckbegrenzung
32410	AX_JERK_TIME	Zeitkonstante für den axialen Ruckfilter



Nummer	Bezeichner: \$MA_	Beschreibung
32415	EQUIV_CPREC_TIME	Zeitkonstante für die programmierbare Konturgenauigkeit
36500	ENC_CHANGE_TOL	Maximale Toleranz bei Lageistwertumschaltung

## 8.5.2 Settingdaten

### 8.5.2.1 Kanal-spezifische Settingdaten

Nummer	Bezeichner: \$SC_	Beschreibung
42450	CONTPREC	Konturgenauigkeit
42460	MINFEED	Mindestbahnvorschub bei CPRECON



# TE1: Abstandsregelung

## 9.1 Kurzbeschreibung

### 9.1.1 Kurzbeschreibung

#### Funktion

Die Technologiefunktion "Abstandsregelung" dient zur Aufrechterhaltung eines technologisch erforderlichen ein- (1D) bzw. dreidimensionalen (3D) Abstandes innerhalb eines definierten Bearbeitungsprozesses. Der dabei aufrecht zu haltende Abstand ist z. B. die Entfernung eines Werkzeugs von der zu bearbeitenden Werkstückoberfläche.

#### Funktionskürzel

Das Kürzel der Technologiefunktion "Abstandsregelung" für funktionspezifische Bezeichner von Programmbefehlen, Maschinendaten etc. ist:

CLC (= Clearance Control)

#### Funktionsbeschränkung

Die Technologiefunktion "Abstandsregelung" ist auch bei Steuerungen mit mehr als einem NC-Kanal nur im ersten NC-Kanal anwendbar.

Daraus folgt:

- Als abstandsgeregelte Achsen dürfen nur Kanalachsen des ersten NC-Kanals verwendet werden.
- Die Verwendung von Teileprogrammbefehlen der Abstandsregelung ist nur in Teileprogrammen erlaubt, die im ersten NC-Kanal abgearbeitet werden.

---

#### Hinweis

Die Technologiefunktion "Abstandsregelung" ist nur im **ersten** NC-Kanal anwendbar!

---

#### Compile-Zyklus

Die Technologiefunktion "Abstandsregelung" ist ein Compile-Zyklus.

Zur Beschreibung der systemspezifischen Verfügbarkeit und Handhabung von Compile-Zyklen (siehe Funktionshandbuch "Technologien", Kapitel "Installation und Aktivierung ladbarer Compile-Zyklen").

## 9.1.2 Funktionsbeschreibung

Die weitere Beschreibung der Funktionalität der Technologiefunktion "Abstandsregelung" erfolgt beispielhaft anhand der Technologie Laserschneiden.

### Laserschneiden

Beim Laserschneiden wird ein aufgeweiteter, paralleler Laserstrahl über Lichtwellenleiter oder Spiegel auf eine im Laser-Bearbeitungskopf montierte Sammellinse geführt. Die Sammellinse fokussiert den Laserstrahl in ihrem Brennpunkt. Typische Brennweiten sind dabei ca. 5 bis 20 cm.

Die relative Lage des Brennpunkts zum Werkstück ist beim Laserschneiden ein extrem kritischer Prozess-Parameter, der innerhalb einer Toleranz von  $\leq 100 \mu\text{m}$  konstant gehalten werden muss.

Der prozesstechnisch wichtige Abstand zwischen Brennpunkt und Werkstück wird üblicherweise mit Hilfe eines schnellen kapazitiven Abstandssensors gemessen. Die analoge Ausgangsspannung des Abstandssensors ist näherungsweise proportional zum Abstand des Sensors von der Werkstückoberfläche.

Über eine analoge Peripheriebaugruppe wird die Ausgangsspannung des Abstandssensors als digitaler Eingangswert in die Steuerung übertragen und erzeugt dort bei Abweichungen vom Sollabstand einen zusätzlichen Geschwindigkeitssollwert für die Bewegungsachsen des Bearbeitungskopfes.

### Systemüberblick

Einen Überblick über die zur Abstandregelung benötigten Systemkomponenten gibt folgendes Bild:

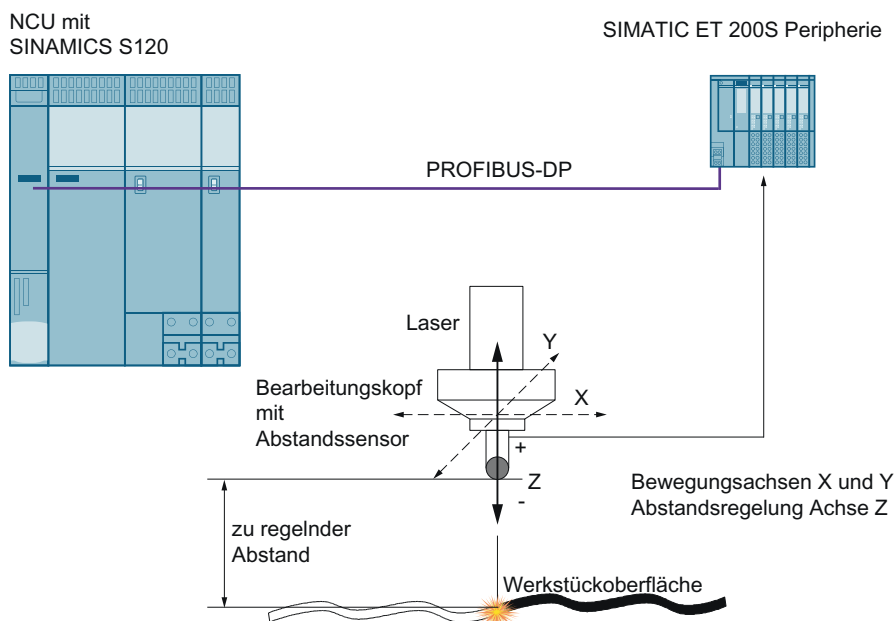


Bild 9-1 Systemkomponenten zur Abstandregelung mit SINUMERIK NCU

## 1D- / 3D-Bearbeitungen

Die Abstandsregelung kann sowohl bei 1D- als auch bei 3D-Bearbeitungen mit bis zu fünf interpolierenden Achsen eingesetzt werden.

- 1D-Bearbeitung  
Bei der 1D-Bearbeitung wird nur eine Achse durch die Abstandsregelung beeinflusst. Z. B. Achse Z, wie in dem unter Systemüberblick aufgezeigten Maschinen-Konfigurationsbeispiel (siehe voriges Bild). Die Abstandsregelung wirkt dabei nur in Richtung der Achse Z.
- 3D-Bearbeitung  
Die Positionierung des Werkzeugs erfolgt durch drei Linearachsen. Die Orientierung des Werkzeugvektors durch eine oder zwei Rundachsen (5-Achs-Bearbeitung). Durch die Abstandsregelung werden bis zu drei Linearachsen beeinflusst. Die Ausgleichsbewegung ist wahlweise in Richtungen folgender Vektoren vorgebar:
  - Vektor der Werkzeugorientierung (Standardfall)
  - Beliebiger programmierbarer Vektor (Kompensationsvektor)

## 9.2 Abstandsregelung

### 9.2.1 Regeldynamik

#### Regelkreisverstärkung $K_V$

Die Dynamik des geschlossenen Regelkreises (Sensor-Steuerung-Achse) wird bestimmt von der max. einstellbaren Regelkreisverstärkung  $K_V$ .

Die Regelkreisverstärkung  $K_V$  ist definiert als:

$$K_V = \frac{\text{Geschwindigkeit [m/min]}}{\text{Schleppabstand [mm]}} ; \quad \text{in } \left[ \frac{\text{[m/min]}}{\text{[mm]}} \right]$$

## Kennlinien der Abstandsregelung

Die Abstandsregelung basiert auf den beiden im nachfolgenden Bild dargestellten Kennlinien:

- Kennlinie des Abstandssensors (Sensor-Eigenschaft)
- Kennlinie der Abstandsregelung (über Maschinendaten parametrierbar)

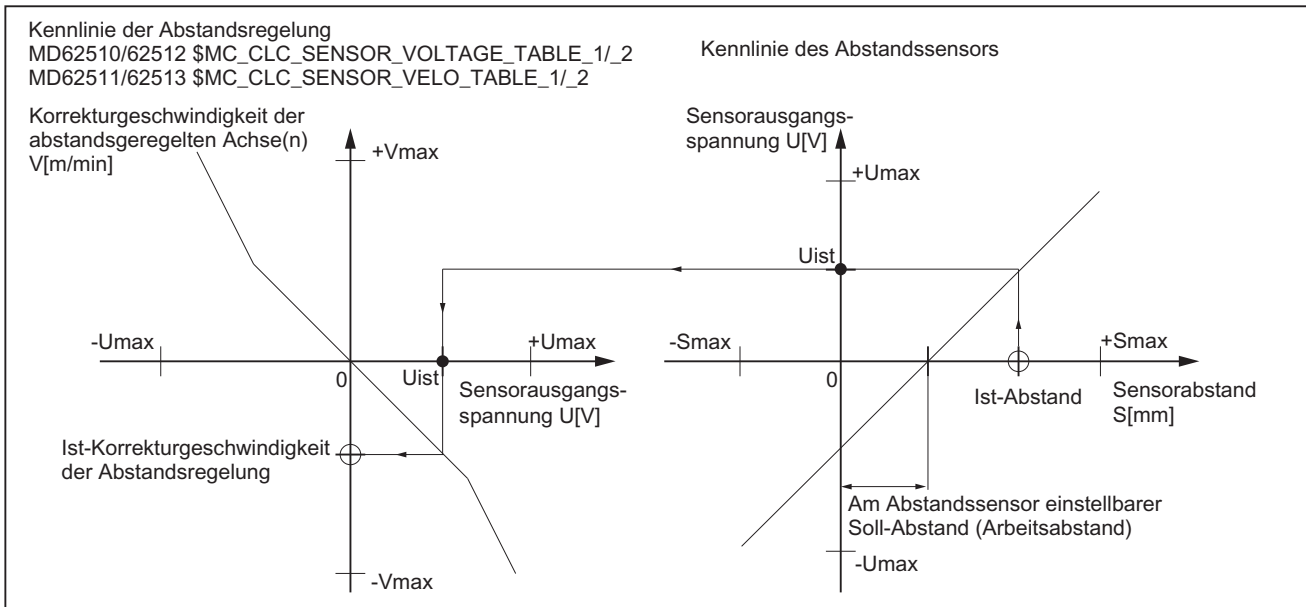


Bild 9-2 Zusammenhang der Kennlinien: Abstandssensor und Abstandsregelung

- Der Abstandssensor erfasst den Ist-Abstand zur Werkstückoberfläche und liefert als Ausgangsgröße eine dem Abstand annähernd direkt proportionale Spannung in Volt.
- Die Abstandsregelung ermittelt anhand der parametrierten Spannungs-/Geschwindigkeits-Kennlinie aus der vom Abstandssensor gelieferten Spannung die dem Abstand entsprechende Korrekturgeschwindigkeit für die abstandsgeregelten Achsen.

Aus Sicht der Steuerung hat die Regelkreisverstärkung die Einheit [(mm/min)/Volt]. Die Normierung auf [(mm/min)/mm] kann ebenso wie die Normierung des Sollabstandes in [mm] nur unter Einbeziehung der Sensor-Elektronik erfolgen.

## Max. Regelkreisverstärkung

Die maximal erreichbare Regelkreisverstärkung wird von den folgenden Verzögerungs- und Reaktionszeiten des Gesamtsystems bestimmt:

1. Reaktionszeit des Sensors
2. Verzögerungszeit des A/D-Wandlers
3. Verzögerungs-/Totzeiten der Signalverarbeitung
4. Reaktionszeit des Lagereglers
5. Reaktionszeiten von Drehzahl- und Stromregler
6. Zeitkonstanten von Motor und Mechanik

In der Praxis relevant sind jedoch nur die Punkte 3 und 4.

In Summe ergeben die aufgeführten Einflussgrößen eine effektive Zeitkonstante. Eine, bezogen auf diese Zeitkonstante, zu groß eingestellte Regelkreisverstärkung führt zu Eigenschwingungen der zu regelnden Achse/Achsen im Bereich einiger Hertz.

Die Inbetriebnahme der Abstandregelung hat das Ziel, die entscheidenden Zeitkonstanten in der Weise zu minimieren, dass die prozesstechnisch erforderliche Regelkreisverstärkung ohne Auftreten von Eigenschwingungen eingestellt werden kann.

## Totzeit

Um ein hochdynamisches Regelverhalten zu erreichen, findet die Abstandsregelung auf der höchstpriorären Lageregler-Ebene des NC statt.

Für über Feldbus angeschlossene Peripheriebaugruppen und Antriebe ergibt sich eine Totzeit  $T_{\text{tot}}$  von:

$$T_{\text{tot}} = 2 * \text{Lagereglertakt} + 2 * \text{Drehzahlreglertakt} + \text{Eingangsvorhaltezeit } T_i$$

## 9.2.2 Geschwindigkeitsvorsteuerung

### Eliminieren der Verzögerungszeit

Die für den Lageregler eingestellte Regelkreisverstärkung  $K_V$  entspricht einer Verzögerungszeit  $\Delta t$ . Die Verzögerungszeit  $\Delta t$  ist dabei die Zeit, die vergeht bis die zu regelnde Achse bei einer Geschwindigkeitsvorgabe  $v$  mit ihrer Istposition der Sollposition gefolgt ist.

Mit einer Verzögerungszeit:

$$\Delta t = \frac{1}{K_V}$$

und einer Regelkreisverstärkung  $K_V$  in Sekunden:

$$\left[ \frac{\text{m/min}}{\text{mm}} \right] = \left[ \frac{1000 \text{ mm/60 s}}{\text{mm}} \right] = 16,667 \left[ \frac{1}{\text{s}} \right]$$

ergibt sich bei einer angenommenen Regelkreisverstärkung  $K_V = 4$  die entsprechende Verzögerungszeit  $\Delta t$  zu:

$$\Delta t = \frac{1}{4 * 16,667 \left[ \frac{1}{\text{s}} \right]} = 14,999 \text{ ms}$$

### Optimierung des Regelverhaltens

Falls das Regelverhalten der Achse durch die Geschwindigkeitsvorsteuerung zu hart wird, kann das Regelverhalten mit folgenden achsspezifischen NC-Maschinendaten optimiert werden:

- MD32410 \$MA\_AX\_JERK\_TIME (Zeitkonstante für den axialen Ruckfilter)
- MD32610 \$MA\_VELO\_FFW\_WEIGHT (Vorsteuerfaktor der Drehzahlvorsteuerung)

Zusätzliche Dämpfungsmöglichkeiten bieten die Geschwindigkeitsfilter des Antriebs SINAMICS S120:

- Parameter 1414 ff. (Zeitkonstante Drehzahlsollwertfilter 1, 2)

**Hinweis**

Jede dämpfende Maßnahme ergibt einen zusätzlichen Beitrag zur Vergrößerung der Gesamtzeitkonstante des Regelkreises!

**Weitere Informationen:**

Die vollständige Beschreibung zur Geschwindigkeitsvorsteuerung findet sich in: Funktionshandbuch Überwachen und Kompensieren; Kompensationen, Dynamische Vorsteuerung (Schleppfehler-Kompensation)

**9.2.3 Regelkreisstruktur**

Die folgenden Bilder geben einen Überblick über die Einbettung der Abstandsregelung in die Regelkreisstruktur des NC-Lagereglers und den internen Aufbau der Abstandsregelung.

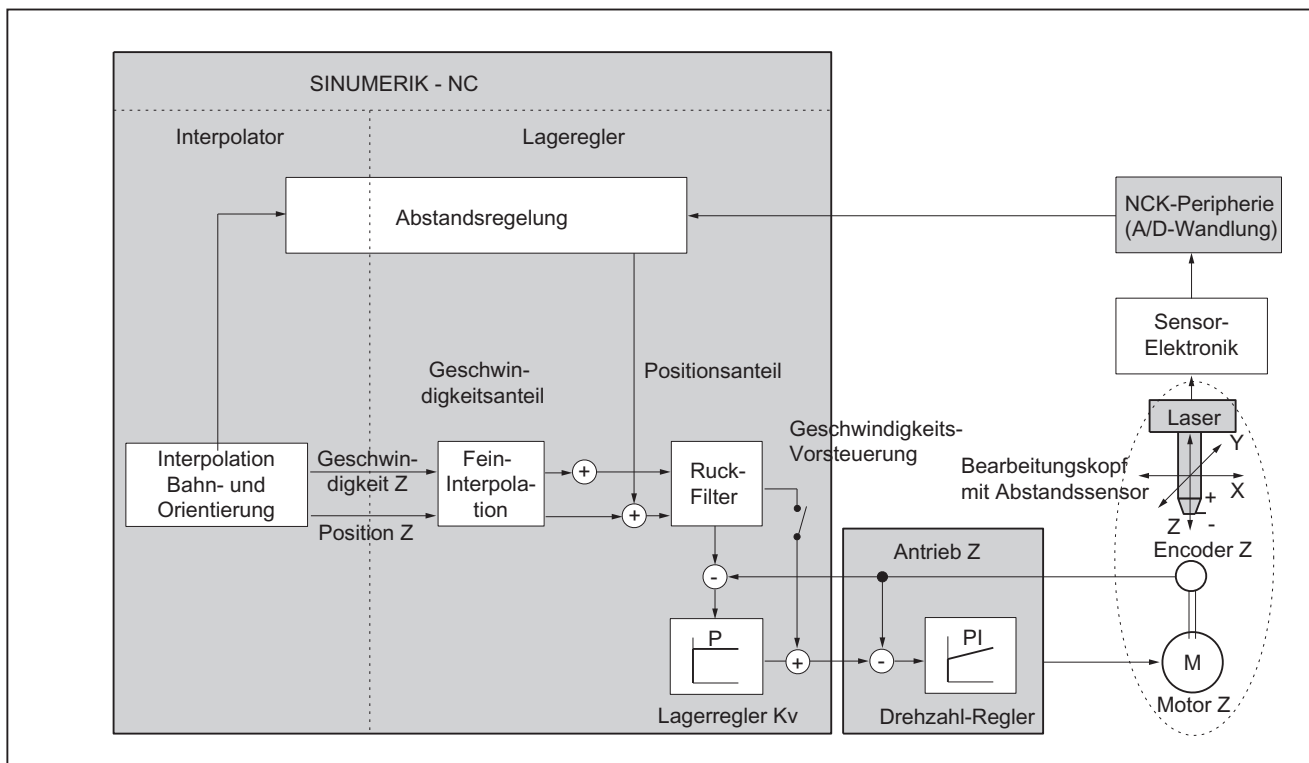


Bild 9-3 Regelstruktur Lageregler mit Abstandsregelung (Prinzip)



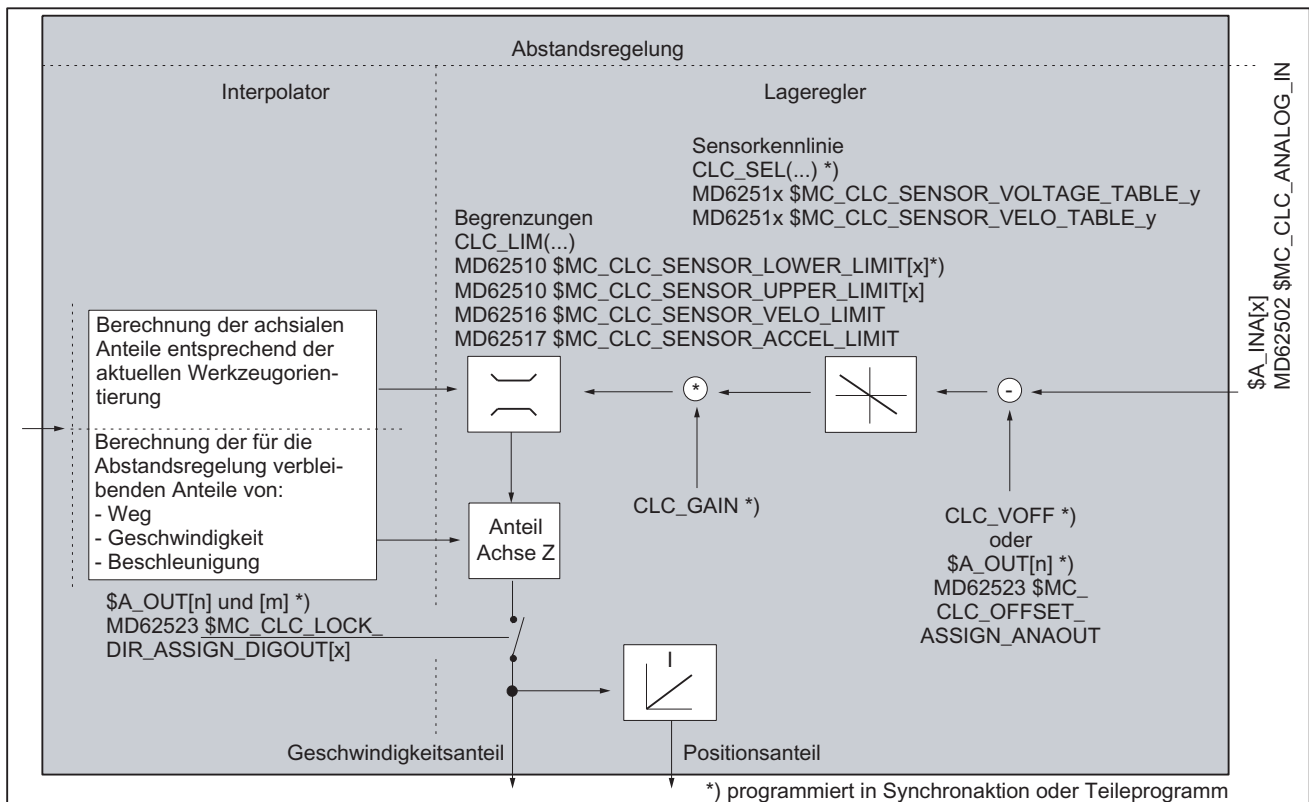


Bild 9-4 Regelstruktur Abstandsregelung (Prinzip)

## 9.2.4 Kompensationsvektor

### Standard-Kompensationsvektor

Im Standardfall sind der Kompensationsvektor der Abstandsregelung und der Vektor der Werkzeugorientierung identisch. Demzufolge erfolgt die Ausgleichsbewegung der Abstandsregelung im Standardfall immer in Richtung der Werkzeugorientierung.

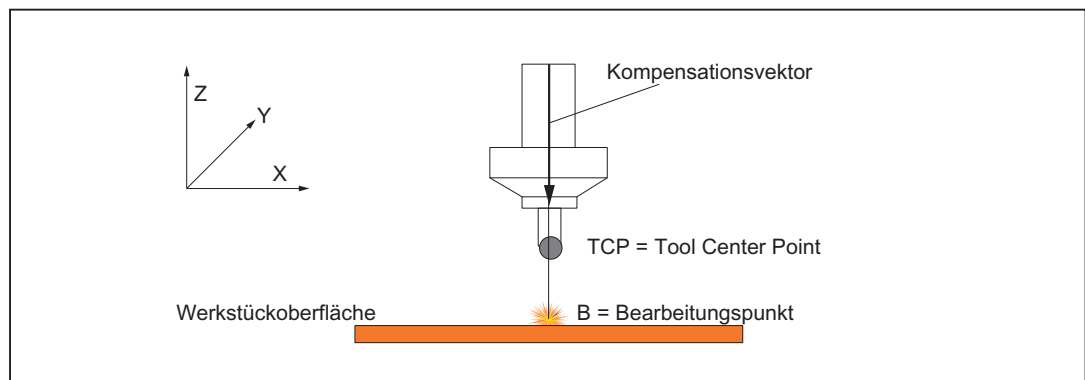


Bild 9-5 Abstandsregelung mit Standard-Kompensationsvektor

**Hinweis**

Die zur Bearbeitung des Werkstücks erforderliche Verfahrbewegung des Bearbeitungskopfes erfolgt in allen Bildern dieses Kapitels in Richtung der Y-Koordinate, d. h. senkrecht zur Zeichenebene.

Solange die Werkzeugorientierung und damit auch der Kompensationsvektor senkrecht zur Werkstückoberfläche ist, ergibt sich bei Ausgleichsbewegungen der Abstandsregelung kein nachteiliges Verhalten für den Bearbeitungsprozess.

Wird aus technologischen Gründen ein Werkzeuganstellwinkel erforderlich, sodass die Werkzeugorientierung nicht mehr senkrecht zur Werkstückoberfläche ist, ergibt sich bei Ausgleichsbewegungen der Abstandsregelung entlang des Standard-Kompensationsvektors ein Versatz des Bearbeitungspunkts auf der Werkstückoberfläche.

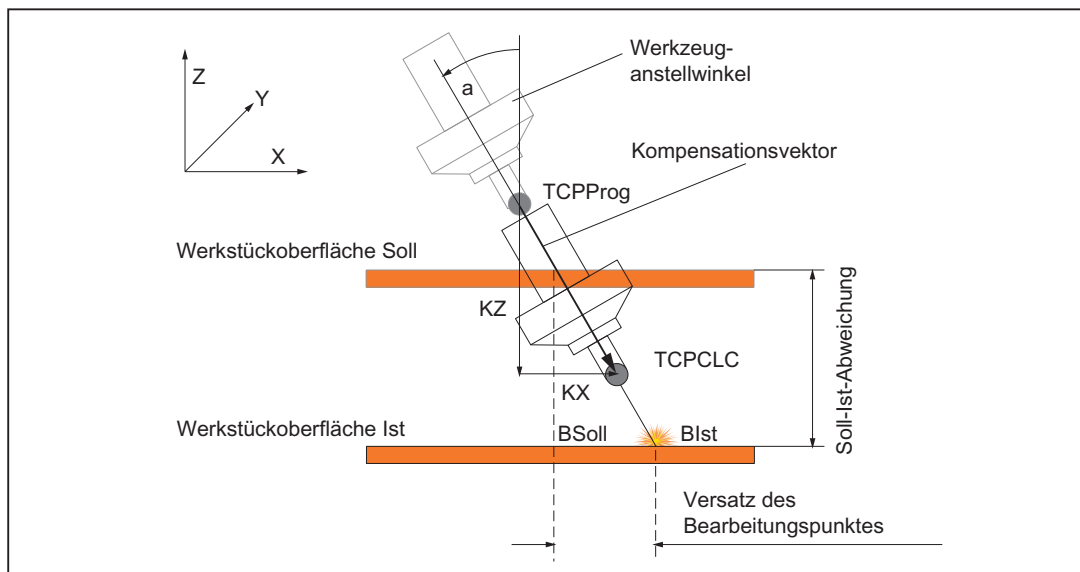


Bild 9-6 Standard-Kompensationsvektor

Die Ursache für den Versatz des Bearbeitungspunktes ist der X-Anteil ( $K_x$ ) des Kompensationsvektors parallel zur Werkstückoberfläche. Um diesen Anteil verschiebt sich der TCP des Werkzeugs und damit der Bearbeitungspunkt B.

**Programmierbarer Kompensationsvektor**

Bei Verwendung des programmierbaren Kompensationsvektors erfolgen die Ausgleichsbewegungen der Abstandsregelung nicht in Richtung der Werkzeugorientierung, sondern in Richtung des programmierten Vektors.

Durch Vorgabe des programmierbaren Kompensationsvektors senkrecht zur Werkstückoberfläche, entfällt der oben genannte X-Anteil ( $K_x$ ). Dadurch entsteht kein Versatz des Bearbeitungspunktes (B) durch die Ausgleichsbewegung der Abstandsregelung.

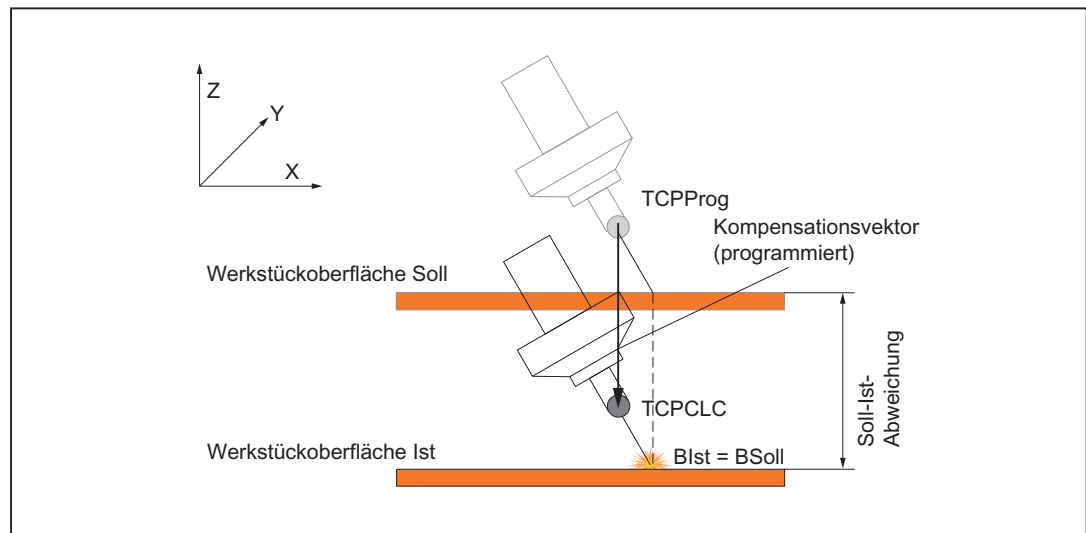


Bild 9-7 Programmierbarer Kompensationsvektor

## Orientierungsänderungen

Entsprechend den oben gemachten Aussagen entsteht auch bei einer Orientierungsänderung des Bearbeitungskopfes mit aktiver Abstandsregelung ein unterschiedliches Verhalten.

Im folgenden Bild links der Standardfall (Kompensationsvektor == Vektor der Werkzeugorientierung), rechts mit programmiertem Kompensationsvektor.

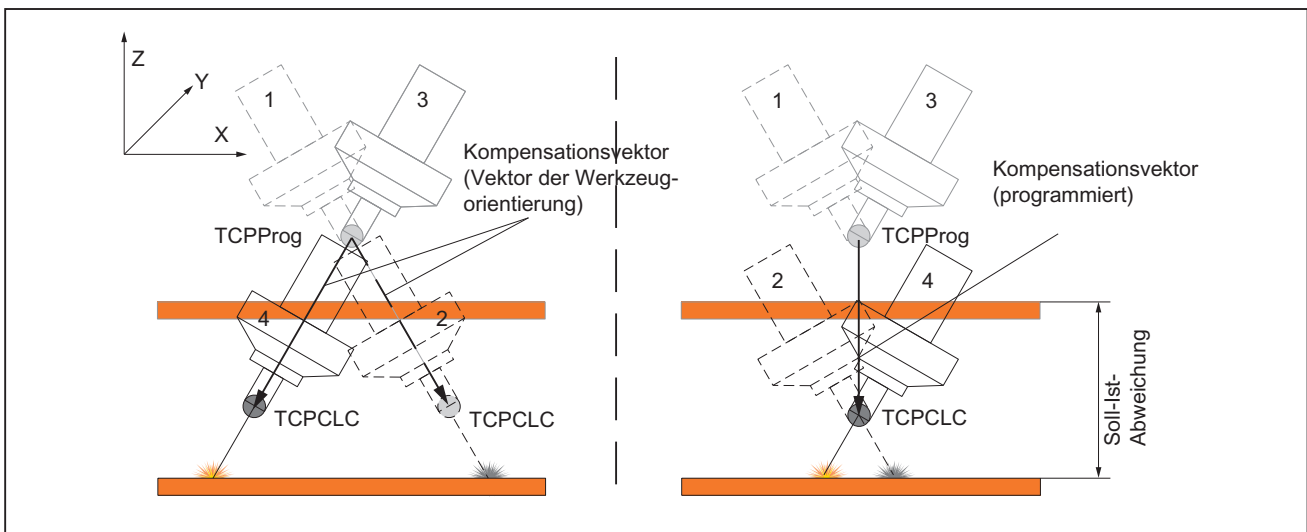


Bild 9-8 Orientierungsänderung des Bearbeitungskopfes

Die einzelnen Positionen des Bearbeitungskopfes bedeuten:

1. Programmierte Position des Bearbeitungskopfes
2. Tatsächliche Position des Bearbeitungskopfes mit aktiver Abstandsregelung vor der Orientierungsänderung

3. Programmierte Position des Bearbeitungskopfes nach der Orientierungsänderung
4. Tatsächliche Position des Bearbeitungskopfes mit aktiver Abstandsregelung nach der Orientierungsänderung

Die an der Maschine sichtbare Bewegung des Bearbeitungskopfes erfolgt bei der Orientierungsänderung direkt von Position 2 nach Position 4.

## 9.3 Technologische Eigenschaften der Abstandsregelung

Die Abstandsregelung ist durch folgende technologische Eigenschaften gekennzeichnet:

- **Dynamik**  
Die überlagerte Sensor-Bewegung nutzt die aktuell von der programmierten Achsbewegung verbleibende Rest-Dynamik (Geschwindigkeit und Beschleunigung) aus. Der von der Rest-Beschleunigung zu nutzende Anteil kann als Prozentwert über ein Maschinendatum eingestellt werden.
- **Sensor-Kennlinie**  
Die Verstärkungskennlinie eines Sensors kann mit bis zu 10 Stützpunkten vorgegeben werden.
- **Sensoren**  
Es können zwei Sensoren mit unterschiedlichen Verstärkungskennlinien (z. B. ein mechanischer und ein kapazitiver Sensor) verwendet werden. Die aktive Sensorkennlinie ist durch einen Sprachbefehl im Teileprogramm Satz-synchron umschaltbar.
- **Regelkreisverstärkung der Abstandsregelung**  
Die per NC-Maschinendaten parametrisierte Regelkreisverstärkung der Abstandsregelung ist durch einen Sprachbefehl im Teileprogramm Satz-synchron änderbar.
- **Bewegungsbegrenzung**  
Die per NC-Maschinendaten parametrisierte untere und obere Begrenzung der durch die Abstandsregelung erzeugten Achsbewegungen ist durch einen Sprachbefehl im Teileprogramm Satz-synchron änderbar.  
Das Erreichen einer Begrenzung wird durch einen Alarm angezeigt. Die Alarmreaktion (Stopp aller Verfahrbewegungen oder nur Anzeige) ist parametrierbar. Über ein PLC-Signal kann der aktuelle Positionsoffset eingefroren werden.
- **Ausschaltverhalten**  
Das Ausschaltverhalten der Abstandsregelung kann wahlweise programmiert werden mit Synchronisation auf die aktuellen Achspositionen (keine Ausgleichsbewegung) oder mit Ausgleichsbewegung der Achsen auf die zuletzt programmierten Achspositionen (Achspositionen ohne Abstandsregelung).
- **Programmierbarer Sollabstand**  
Um den an der Sensor-Elektronik eingestellten Soll-Abstand satzbezogen zu verändern, kann ein zusätzlicher Spannungswert programmiert werden.

- **Einflussmöglichkeiten über die PLC-Nahtstelle**  
An der PLC-Nahtstelle sind folgende Signale verfügbar:  
Zustandssignale:
  - Regelung aktiv
  - überlagerte Bewegung im Stillstand
  - untere Begrenzung erreicht
  - obere Begrenzung erreichtSteuersignale:
  - Bahnoverride für Sensorbewegung wirksam
- **Zustandsdaten der Abstandsregelung**  
Sowohl die aktuellen als auch die Min/Max-Werte des Sensorsignals und des Positionsoffsets sind als GUD- und/oder BTSS-Variablen verfügbar.
- **Sensor-Signal**  
Das Sensor-Signal kann über ein PT1-Filter mit einstellbarer Zeitkonstante geglättet werden.

## 9.4 Sensor-Kollisionsüberwachung

### Sensor-Signal

Verfügt der verwendete Abstandssensor über ein zusätzliches Signal "Sensor-Kollision" zur Erkennung einer Kollision des Sensors mit dem bearbeitenden Werkstück, kann dieses Signal über einen digitalen NC-Peripherieeingang der Abstandsregelung zur Verfügung gestellt werden.

Als Reaktion auf dieses Signal führt die Abstandsregelung eine Rückzugsbewegung in allen abstandsgeregelten Achsen durch. Die Rückzugsbewegung wird dabei unabhängig vom aktuellen Wert des Geschwindigkeits-Overrides mit maximaler Verfahrgeschwindigkeit in positiver Regelrichtung bis zum Erreichen der aktuell gültigen oberen Begrenzung des Regelbereiches durchgeführt. Gleichzeitig erfolgt ein Stopp der Bahnbewegung.

Nach dem Stopp aller Verfahrbewegungen kann die Teileprogrammbearbeitung mit NC-START fortgesetzt werden.

### Parametrierung

Der digitale Peripherieeingang, auf den das Signal "Sensor-Kollision" verdrahtet ist, wird der Abstandsregelung über folgendes Maschinendatum zugeordnet:

MD62504 \$MC\_CLC\_SENSOR\_TOUCHED\_INPUT (digitaler Peripherieeingang für Signal "Sensor-Kollision")

Die Angabe des digitalen Peripherieeingangs erfolgt dabei über die Eingangsnummer, analog der Angabe für die Systemvariablen der digitalen I/O-Peripherie \$A\_IN/\$A\_OUT mit \$A\_IN[Eingangsnummer].

Eine negative Eingangsnummer bewirkt, dass das Signal "Sensor-Kollision" von der Abstandsregelung intern invertiert verarbeitet wird (Drahtbruchsicherung).

## 9.5 Inbetriebnahme

### 9.5.1 Inbetriebnahme

#### Compile-Zyklus

Vor Inbetriebnahme der Technologiefunktion ist sicherzustellen, dass der entsprechende Compile-Zyklus geladen und aktiviert ist (siehe Funktionshandbuch "Technologien", Kapitel "Installation und Aktivierung ladbarer Compile-Zyklen").

### 9.5.2 Aktivieren der Technologiefunktion

Die Technologiefunktion wird aktiviert über das Maschinendatum:

MD60940 \$MN\_CC\_ACTIVE\_IN\_CHAN\_CLC[0], Bit n = 1

n = Kanal-Nummer - 1; Bit0 = 1. Kanal, Bit1 = 2. Kanal, usw.

---

#### Hinweis

Die Technologiefunktion kann für mehrere Kanäle gleichzeitig aktiviert werden.

---

### 9.5.3 Speicherkonfiguration durchführen

Die Technologiefunktion benötigt **zusätzliche** Daten im NC-internen Satzspeicher. Für folgende speicherkonfigurierende kanalspezifische Maschinendaten sind die Werte zu erhöhen:

- MD28090 \$MC\_MM\_NUM\_CC\_BLOCK\_ELEMENTS += 4 (Anzahl Satzelemente für Compile-Zyklen)
- MD28100 \$MN\_MM\_NUM\_CC\_BLOCK\_USER\_MEM += 20 (Größe des Satzspeichers für Compile-Zyklen (DRAM) in kByte)

### 9.5.4 Parametrierung der Eingangssignale

Folgende Eingangssignale sind in den Maschinendaten zu parametrieren:

- Eingangsspannung des Abstandssensors
  - 1 analoger Eingang
- Eingangssignal "Sensor-Kollision (Optional)"
  - 1 digitaler Eingang

## Analoger Eingang

Folgende Maschinendaten sind für den analogen Eingang zu parametrieren:

- MD10300 \$MN\_FASTIO\_ANA\_NUM\_INPUTS (Anzahl der aktiven analogen NC-Eingänge)
- MD10362 \$MN\_HW\_ASSIGN\_ANA\_FASTIN (pro Analog-Modul) (Hardwarezuordnung der schnellen analogen NC-Eingänge)  
Die Spezifikation der physikalischen Adresse aktiviert das analoge Eingangsmodul

## Digitaler Eingang

Folgende Maschinendaten sind für den digitalen Eingang zu parametrieren:

- MD10350 \$MN\_FASTIO\_DIG\_NUM\_INPUTS (Anzahl der aktiven digitalen NC-Eingangsbytes)
- MD10366 \$MN\_HW\_ASSIGN\_DIG\_FASTIN (pro Digital-Modul) (Hardwarezuordnung der externen digitalen NC-Eingänge)  
Die Spezifikation der physikalischen Adresse aktiviert das digitale Eingangsmodul.

Die vollständige Beschreibung der analogen und digitalen Eingänge findet sich in:

### Weitere Informationen

Funktionshandbuch Basisfunktionen; Digitale und analoge NC-Peripherie

## 9.5.5 Parametrierung des programmierbaren Kompensationsvektors

### Bezugs-Koordinatensystem

Über den programmierbaren Kompensationsvektor wird die Richtung vorgegeben, in der die Kompensationsbewegung der Abstandsregelung erfolgt. Der Kompensationsvektor bezieht sich immer auf das Basiskoordinatensystems (Maschinenkoordinatensystem).

Die Anfangskordinaten  $[X_a, Y_a, Z_a]$  des Kompensationsvektors entsprechen dem Koordinatenursprung des Basiskoordinatensystems und sind daher immer gleich  $[0, 0, 0]$ .

Die Endkoordinaten  $[X_e, Y_e, Z_e]$  des Kompensationsvektor werden durch die Istpositionen von 3 Kanalachsen, den sogenannten Richtungsachsen gebildet.

### Richtungsachsen

Die Richtungsachsen müssen folgende Bedingungen erfüllen:

1. Die Richtungsachsen müssen Kanalachsen des Kanals sein in dem die Abstandsregelung aktiviert wird.
2. Die Richtungsachsen müssen Linearachsen sein.

#### Hinweis:

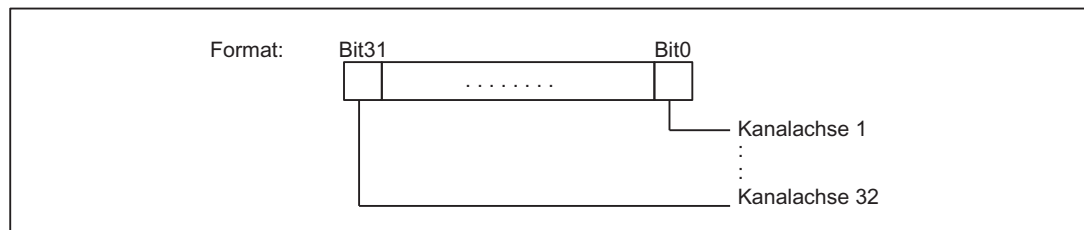
Da die Richtungsachsen nur zur Interpolation der Richtungskomponenten eingesetzt werden, benötigen sie keine mechanischen Achsen und können deshalb als Simulationsachsen parametrierung werden.

3. Als Maßeinheit der Richtungsachsen muss [mm] oder [inch] angewählt sein.
4. Die Richtungsachsen dürfen nicht Bestandteil einer Achskopplung wie z. B. Transformation, elektronisches Getriebe etc. sein.
5. Um sicherzustellen, dass die Bahndynamik nicht aufgrund der Achsdynamik der Richtungsachsen begrenzt wird, sind folgenden Maschinendaten der Richtungsachsen gleich oder höher als die entsprechenden Werte der Geometrieachsen des Kanals einzustellen:
  - MD32000 \$MA\_MAX\_AX\_VELO[x] (Maximale Achsgeschwindigkeit)
  - MD32200 \$MA\_POSCTRL\_GAIN[x] (KV-Faktor)
  - MD32230 \$MA\_MAX\_AX\_ACCEL[x] (Konfiguration Lageregler-Struktur)  
x = Achsnummer

Die Festlegung welche Kanalachse Richtungsachse ist, erfolgt über das Maschinendatum:

- MD62528 \$MC\_CLC\_PROG\_ORI\_AX\_MASK (Progr. Orientierungsvektor: Achsmaske)

Jedes Maschinendatenbit entspricht einer Kanalachse.



- Koordinate X = Kanalachse entsprechend Bit a
- Koordinate Y = Kanalachse entsprechend Bit b
- Koordinate Z = Kanalachse entsprechend Bit c  
mit  $a < b < c$

### Aktueller Differenzwinkel

Der Differenzwinkel ist der Winkel zwischen dem Vektor der Werkzeugorientierung und dem Kompensationsvektor. Soll der aktuelle Differenzwinkel von der Abstandsregelung in eine Systemvariable \$AC\_PARAM[n] ausgegeben werden, ist der Index n der Systemvariablen in folgendes Maschinendatum einzutragen:

MD65530 \$MC\_CLC\_PROG\_ORI\_ANGLE\_AC\_PARAM ()

### Zulässiger Grenzwinkel

Über den zulässigen Grenzwinkel wird der maximal erlaubte Differenzwinkel zwischen dem Vektor der Werkzeugorientierung und dem Kompensationsvektor vorgegeben. Der Grenzwinkel wird über das folgende Maschinendatum parametrisiert:

MD65520 \$MC\_CLC\_PROG\_ORI\_MAX\_ANGLE ()



## 9.5.6 Parametrierung der Abstandsregelung

### Teileprogrammname

Zur Deklaration der funktionspezifischen Teileprogrammname CLC\_GAIN und CLC\_VOFF sind folgende Maschinendaten zu parametrieren:

- MD10712 \$MN\_NC\_USER\_CODE\_CONF\_NAME\_TAB[0] = "OMA1" (Liste umprojektierter NC-Codes)
- MD10712 \$MN\_NC\_USER\_CODE\_CONF\_NAME\_TAB[1] = "CLC\_GAIN"
- MD10712 \$MN\_NC\_USER\_CODE\_CONF\_NAME\_TAB[2] = "OMA2"
- MD10712 \$MN\_NC\_USER\_CODE\_CONF\_NAME\_TAB[3] = "CLC\_VOFF"

### 1D-/3D-Abstandsregelung

Die Auswahl zwischen 1D- oder 3D-Abstandsregelung erfolgt über das Maschinendatum:

- MD62500 \$MC\_CLC\_AXNO = <n> (Achszuordnung der Abstandsregelung)
  - <n> > 0: 1D-Abstandsregelung mit <n> = Achsnummer der abstandsgeregelten Kanalachse
  - <n> = -1: 1. im Kanal konfigurierte 5-Achstransformation
  - <n> = -2: 2. im Kanal konfigurierte 5-Achstransformation

### Eingangssignale

Die oben parametrierten Eingangssignale des Abstandssensors werden über folgende Maschinendaten der Abstandsregelung bekannt gemacht (siehe auch Kapitel "Parametrierung der Eingangssignale (Seite 254)"):

- MD62502 \$MN\_CLC\_ANALOG\_IN = <n> (Analogeingang für die Anstandsregelung)  
<n> = Eingangsnummer, analog der Adressierung der Systemvariablen \$A\_INA[<n>]
- MD62504 \$MN\_CLC\_SENSOR\_TOUCHED\_INPUT = <n> (Zuordnung eines Eingangsbits für das Signal "Sensor-Kollision")  
<n> = Eingangsnummer, analog der Adressierung der Systemvariablen \$A\_IN[<n>]

### Genauhalt

Um eine programmierte Satzwechselbedingung "Genauhalt grob/fein erreicht" (G601/G602) erfüllen zu können, muss die von der Abstandsregelung erzeugte Verfahrensgeschwindigkeit in den abstandsgeregelten Achsen mindestens für die Dauer der Stillstand-Verzögerungszeit kleiner als die Stillstand-Geschwindigkeitstoleranz sein.

Zur Optimierung der Satzwechselzeit sind folgende Maschinendaten anzupassen:

- MD36000 \$MA\_STOP\_LIMIT\_COARSE[<x>] (Genauhalt grob)
- MD36010 \$MA\_STOP\_LIMIT\_FINE[<x>] (Genauhalt fein)
- MD36020 \$MA\_POSITIONING\_TIME[<x>] (Verzögerungszeit Genauhalt fein)

- MD36040 \$MA\_STANDSTILL\_DELAY\_TIME[<x>] (Verzögerungszeit Stillstandsüberwachung)
- MD36060 \$MA\_STANDSTILL\_VELO\_TOL[<x>] (Schwellgeschwindigkeit/Drehzahl "Achse/Spindel steht")  
<x> = Achsnummer der abstandsgeregelten Maschinenachse

## 9.5.7 Inbetriebnahme der Abstandsregelung

### Abstandssensor

Die Ausgänge des Abstandssensors sind an den Peripheriebaugruppen anzuschließen, die über folgende Maschinendaten aktiviert wurden:

- MD10362 \$MN\_HW\_ASSIGN\_ANA\_FASTIN (E/A-Adresse der Peripheriebaugr.) (Hardwarezuordnung der schnellen analogen NC-Eingänge)
- MD10366 \$MN\_HW\_ASSIGN\_DIG\_FASTIN (E/A- Adresse der Peripheriebaugr.) (Hardwarezuordnung der externen digitalen NC-Eingänge)

(Siehe auch Kapitel "Randbedingungen > Peripheriebaugruppen (Seite 276)")

### Regelsinn testen

Zum Testen des Regelsinns der Abstandsregelung kann folgendermaßen vorgegangen werden:

- Einschalten der Anstandsregelung über ein Teileprogramm mit CLC(1) (siehe Kapitel "Ein- und Ausschalten der Abstandsregelung (CLC) (Seite 260)")
- Generieren einer Eingangsspannung z. B. durch folgende Synchronaktion:

#### Programmcode

```
N100 $AC_TIMER[1]=2.5
N110 ID = 1 EVERY $AC_TIMER[1] >= 2.5 DO $AC__TIMER[1]=0
N120 ID = 2 WHENEVER $AC_TIMER[1] < 2.0 DO $A_OUTA[6] = 100000.0 *
($AC_TIMER[1] - 1.0)
N130 ID = 3 WHENEVER $AC_TIMER[1] >= 2.0 DO $A_OUTA[6] = 0.0
```

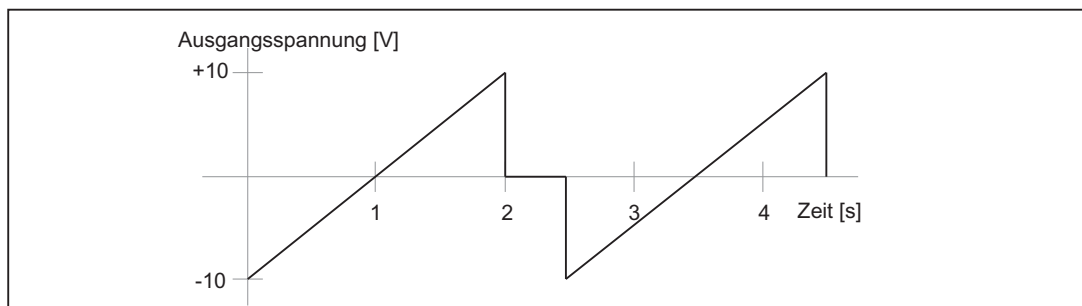


Bild 9-9 Ausgangsspannung der Synchronaktion

Die Spannungsvorgabe über den in der Synchronaktion verwendeten analogen Ausgang \$A\_OUTA[6] wird von der Abstandsregelung von der Eingangsspannung des Abstandssensors subtrahiert, hat also die entgegengesetzte Polarität des Eingangssignals.

Damit die Abstandsregelung den Analogausgang 6 (\$A\_OUTA[6]) als zusätzlichen, den Sensoreingang überlagernden Eingang verwendet, ist folgendes Maschinendatum zu setzen:

MD62522 \$MN\_CLC\_OFFSET\_ASSIGN\_ANAOUT = 6 (Hardwarezuordnung der externen digitalen NC-Eingänge)

---

### Hinweis

Vor dem erstmaligen Einschalten der Abstandsregelung ist darauf zu achten, dass Kollisionsfreiheit im gesamten für die Abstandsregelung freigegebenen Arbeitsraum besteht:

- MD62505 \$MC\_CLC\_SENSOR\_LOWER\_LIMIT (Untere Bewegungsgrenze der Abstandsregelung)
  - MD62506 \$MC\_CLC\_SENSOR\_UPPER\_LIMIT (Obere Bewegungsgrenze der Abstandsregelung)
- 

Ein falscher Regelsinn kann durch jeweils eine der folgenden Maßnahmen korrigiert werden:

- Umpolung des Analogeingangs
- Vorzeichenänderung aller Werte in den Maschinendaten:
  - MD62511 \$MC\_CLC\_SENSOR\_VELO\_TABLE\_1 (Koordinate Geschwindigkeit der Stützpunkte Sensorkennlinie 1)
  - MD62513 \$MC\_CLC\_SENSOR\_VELO\_TABLE\_2 (Koordinate Geschwindigkeit der Stützpunkte Sensorkennlinie 2)

## Sensorsignal

### Signalqualität

Die Qualität des analogen Eingangssignals kann mittels der funktionsspezifischen Anzeigedaten überprüft werden (siehe Kapitel "Funktionsspezifische Anzeigedaten (Seite 273)").

### Eingangsspannungsbereich

Der Eingangsspannungsbereich für das Messsignal des Sensors kann über das Maschinendatum für den Bewertungsfaktor für die analogen NC-Eingänge angepasst werden:

MD10320 \$MN\_FASTIO\_ANA\_INPUT\_WEIGHT[<Analogeingang>] = <Bewertungsfaktor>

Damit der Bewertungsfaktor von der Abstandsregelung eingerechnet wird, muss folgendes Maschinendatum gesetzt werden:

MD62508 \$MC\_CLC\_SPECIAL\_FEATURE\_MASK, Bit 13 = 1

## Funktionsspezifische Alarmtexte

Zur Anzeige der funktionsspezifischen Alarmtexte müssen diese zuerst in die entsprechende HMI-Datenhaltung eingebracht werden (siehe Funktionshandbuch "Technologien", Kapitel "Installation und Aktivierung ladbarer Compile-Zyklen - Anlegen von Alarmtexten").

## Abschluss

Es wird empfohlen, nach Abschluss der Inbetriebnahme eine Datensicherung durchzuführen.

### Weitere Informationen:

Inbetriebnahmehandbuch IBN CNC: NC, PLC, Antrieb

## 9.6 Programmierung

### 9.6.1 Ein- und Ausschalten der Abstandsregelung (CLC)

#### Syntax

*CLC(Mode)*

*Mode*

- Format: Integer
- Wertebereich: -1, 0, 1, 2, 3

CLC(...) ist ein Prozedur-Aufruf und muss daher in einem eigenen Teileprogramm-Satz programmiert werden.

#### Funktionalität

Zum Ein-/Ausschalten der Abstandsregelung stehen folgende Modi zur Verfügung:

- CLC(1)  
Einschalten der Abstandsregelung mit Kompensationsvektor in Richtung der Werkzeugorientierung  
Die Auswertung des Sensor-Kollisionssignals ist ausgeschaltet.
- CLC(2)  
Einschalten der Abstandsregelung mit Kompensationsvektor in Richtung der Werkzeugorientierung  
Die Auswertung des Sensor-Kollisionssignals ist eingeschaltet.
- CLC(3)  
Einschalten der Abstandsregelung mit programmiertem Kompensationsvektor  
Die Auswertung des Sensor-Kollisionssignals ist ausgeschaltet.

- CLC(0)  
Ausschalten der Abstandsregelung ohne Herausfahren des Positionsoffsets. Wenn sich die abstandsgeregelten Achsen aufgrund des Sensorsignals zum Ausschaltzeitpunkt noch bewegen, werden sie gestoppt. Das Werkstückkoordinatensystem (WKS) wird anschließend auf die entsprechenden Stillstandpositionen synchronisiert. Dabei wird ein automatischer Vorlaufstopp ausgeführt.
- CLC(-1)  
Ausschalten der Abstandsregelung mit Herausfahren des Positionsoffsets. Wenn sich die abstandsgeregelten Achsen aufgrund des Sensorsignals zum Ausschaltzeitpunkt noch bewegen, werden sie gestoppt. Ein Positionsoffset zur zuletzt programmierten Position wird mit dem Ausschaltbefehl automatisch herausgefahren.


## RESET-Verhalten

Bei Reset (NC-RESET oder Programmende) wird implizit CLC(0) ausgeführt.

## Parametrierbares RESET-Verhalten

Das Restverhalten einer 1D-Abstandsregelung kann festgelegt werden über das kanalspezifische NC-OEM Maschinendatum:

- MD62524 \$MC\_CLC\_ACTIVE\_AFTER\_RESET (Restverhalten bei aktiver CLC)

 <b>VORSICHT</b>
<b>Abstandsregelung</b>
Nur im Zusammenhang mit einer 1D-Abstandsregelung ist das kanalspezifische NC-OEM-Maschinendatum MD62524 wirksam.
Bei einer 3D-Abstandsregelung wird bei Reset immer CLC(0) wirksam.

Folgendes Verhalten ist parametrierbar:

- MD62524 \$MC\_CLC\_ACTIVE\_AFTER\_RESET = 0  
Die Abstandsregelung verhält sich bei Reset wie beim Ausschalten mit CLC(0) (siehe Abschnitt "Funktionalität").
- MD62524 \$MC\_CLC\_ACTIVE\_AFTER\_RESET = 1  
Der aktuelle Zustand der Abstandsregelung bleibt erhalten.

## Randbedingungen

Folgende Randbedingungen sind zu beachten:

## Bahnsteuerbetrieb

Ein-/Ausschalten der Abstandsregelung (CLC(*Mode*)) während aktivem Bahnsteuerbetriebes (G64/G64x) führt zu einem Geschwindigkeitseinbruch der Bahnbewegungen. Zur Vermeidung derartiger Geschwindigkeitseinbrüche, ist die Abstandsregelung vor einem Bahnabschnitt mit konstanter Bahngeschwindigkeit einzuschalten. Während des entsprechenden Bahnabschnittes kann dann gegebenenfalls über den programmierbaren Verstärkungsfaktor der Abstandsregelung (CLC\_GAIN) die Abstandsregelung blockiert und wieder freigegeben werden.

## Satzwechsel mit Genauhalt

Ist Genauhalt zum Satzende (G60/G09 mit G601/G602) aktiv, kann der Satzwechsel aufgrund von Achsbewegungen, ausgelöst durch das Sensorsignal der Abstandsregelung, verzögert werden.

## Sensorkollisionsüberwachung

Ein digitaler Eingang für ein zusätzliches Kollisionssignal kann vom Sensor mit dem folgenden Maschinendatum konfiguriert werden:

MD62504 \$MC\_CLC\_SENSOR\_TOUCHED\_INPUT (Zuordnung eines Eingangssignals für das Signal "Sensor-Kollision")

Diese Kollisionsüberwachung kann durch abwechselnde Programmierung von CLC(1)/CLC(2) satzsynchron ein- und ausgeschaltet werden.

Als Reaktion auf das Kollisionssignal des Sensors fährt die Abstandsregelung unabhängig von der Feedrate-Override-Einstellung mit maximaler Geschwindigkeit in Plus-Richtung, bis sie die aktuell gültige obere Begrenzung erreicht. Gleichzeitig wird die Bahnbewegung gestoppt.

Mit NC-START ist das Fortsetzen der Bearbeitung möglich.

## 3D-Abstandsregelung und 5-Achs-Transformation

Wird eine 3D-Abstandsregelung eingeschaltet, bevor die zur Abstandsregelung in Richtung der Werkzeugorientierung benötigte 5-Achs-Transformation aktiviert wurde, arbeitet die Abstandsregelung abhängig von der aktiven Arbeitsebene (G17/G18/G19):

- G17: Richtung der Abstandsregelung = Z
- G18: Richtung der Abstandsregelung = Y
- G19: Richtung der Abstandsregelung = X

### Einschalten der 5-Achs-Transformation

Beim Einschalten der 5-Achs-Transformation muss die durch die Rundachspositionen vorgegebene Werkzeugorientierung mit der bei Einschalten der Abstandsregelung durch die aktive Arbeitsebene festgelegten Regelrichtung übereinstimmen.

Stimmen Werkzeugorientierung der 5-Achs-Transformation und Regelrichtung der Abstandsregelung nicht überein, wird folgender CLC-Alarm angezeigt:

- Alarm "75016 Kanal *Nummer* Satz *Nummer* CLC: Orientierung geändert bei TRAFOOF."

### Ausschalten der 5-Achs-Transformation

Wird bei aktiver Abstandsregelung die 5-Achs-Transformation ausgeschaltet, wird die letzte Regelrichtung vor dem Ausschalten der 5-Achs-Transformation beibehalten.

## Werkzeugradius-Korrektur

Eine 3D-Abstandsregelung darf nur ausgeschaltet werden, wenn zum Ausschaltzeitpunkt keine Werkzeugradiuskorrektur im Kanal aktiv ist (G40). Bei aktiver Werkzeugradiuskorrektur (G41/G42) wird folgender Alarm angezeigt:

- Alarm "75015 Kanal *Nummer* Satz *Nummer* CLC(0) bei aktiver WRK."

## Kompensationsvektor

### Istposition der Richtungsachsen

Wird die Abstandsregelung mit programmierbarem Kompensationsvektor bei einer Position von 0 in allen 3 Richtungsachsen eingeschaltet, kann daraus kein Kompensationsvektor berechnet werden. Es wird dann folgender Alarm angezeigt:

- Alarm "75019 Kanal *Nummer*, Fehler-ID: 1, Winkel 0.0"

### Referenzieren der Richtungsachsen

Vor dem Aktivieren der Abstandsregelung mit programmierbarem Kompensationsvektor CLC(3) müssen die Richtungsachsen referenziert werden.

### Nahtstellensignale der Richtungsachsen

Vor dem Aktivieren der Abstandsregelung mit programmierbarem Kompensationsvektor CLC(3) sind durch das PLC-Anwenderprogramm für alle 3 Richtungsachsen folgende Nahtstellensignale zu setzen:

- DBX31, ... DBX1.5 = 1 (Lagemesssystem 1)
- DBX31, ... DBX2.1 = 1 (Reglerfreigabe)
- DBX31, ... DBX21.7 = 1 (Impulsfreigabe)  
x = Achsnummer

### Umschalten der Abstandsregelung

Ein direktes Umschalten der Abstandsregelung von CLC(1) oder CLC(2) nach CLC(3) oder umgekehrt ist nicht möglich. Eine derartige Umschaltung wird ohne Rückmeldung ignoriert. Wird eine Umschaltung notwendig, ist die Abstandsregelung mit CLC(0) oder CLC(-1) zuerst auszuschalten und dann im gewünschten Mode wieder einzuschalten.

### Interpolation des Kompensationsvektors

Soll der Kompensationsvektor bezüglich seiner Orientierung einer nichtlinearen Werkstückoberfläche z. B. Kreisbogen folgen, kann dies durch entsprechende Programmierung der Richtungsachsen erreicht werden.

### Beispiel

Orientierung des Kompensationsvektors senkrecht zu einer halbkreisförmigen Werkstückoberfläche. Die Programmierung der Verfahrbewegung ist nicht berücksichtigt.

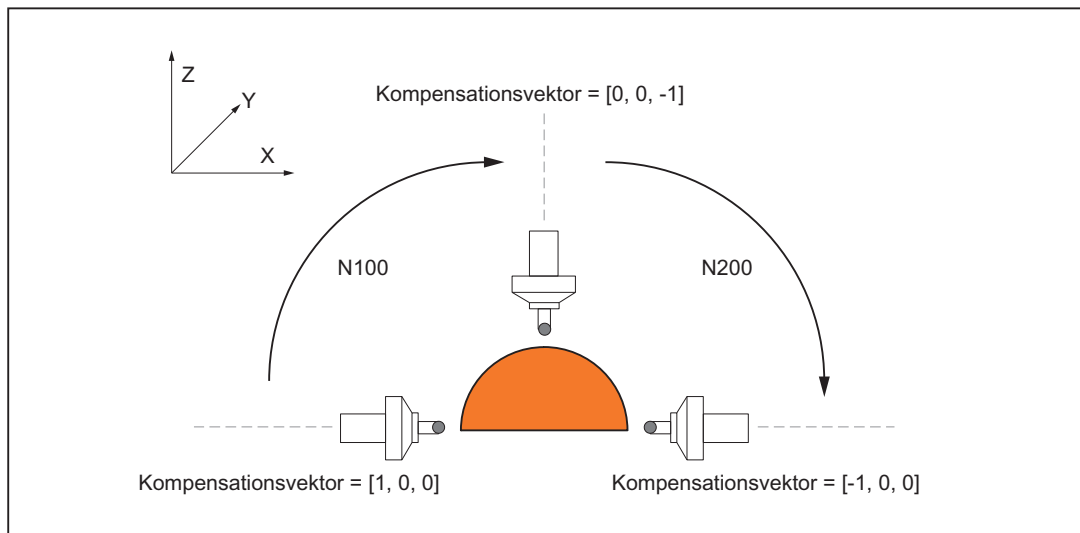


Bild 9-10 Interpolation des Kompensationsvektors

Vor dem Teileprogrammsatz N100 ist der Kompensationsvektor durch Programmierung der Richtungsachsen auf  $[1, 0, 0]$  orientiert worden. Im Teileprogrammsatz N100 wird die Endposition des Kompensationsvektors durch Programmierung der Richtungsachsen auf  $[0, 0, -1]$  orientiert.

Die Zwischenwerte entstehen durch Bahninterpolation aller im Teileprogrammsatz programmierten Achsen:

- Geometrieachsen für die Bewegung des Bearbeitungskopfes
- Richtungsachsen des Kompensationsvektors

Eine Zerlegung der Bewegung in die Teileprogrammsätze N100 und N200 ist notwendig, da sich ansonsten eine antiparallele Orientierung des Kompensationsvektors von  $[1, 0, 0]$  am Anfang der Bewegung und  $[-1, 0, 0]$  am Ende der Bewegung (Halbkreis) ergäbe. Der Interpolator würde in diesem Fall nur die X-Koordinate des Kompensationsvektors interpolieren und die Orientierung des Kompensationsvektors würde sich nicht ändern.

#### Antiparallele Orientierung des Kompensationsvektors

Wird in einem Teileprogrammsatz eine antiparallele Orientierung des Kompensationsvektors programmiert, wird folgender Alarm angezeigt:

- Alarm "75018 Kanal *Nummer*Satz *Nummer*CLC in programmierbare Richtung, Fehler-ID: 1"

---

#### Hinweis

##### Interpolation des Kompensationsvektors

Die Interpolation des Kompensationsvektors ist wie oben beschrieben keine echte Vektorinterpolation, sondern entsteht durch Interpolation der Istpositionen der Richtungsachsen.

---

Dies hat zur Folge, dass bei einer Änderung des Kompensationsvektors aufgrund der Werkstückkontur, die Interpolation der Richtungsachsen mit in die Bahninterpolation der Geometrieachsen eingeht. Um den Einfluss der Richtungsachsen auf die Bahninterpolation möglichst gering zu halten, wird empfohlen, die Dynamik der Richtungsachsen mindestens



gleich groß oder größer (ca. Faktor 10) als die Dynamik der Geometrieachsen zu parametrieren.

Weiter ist bei einer Umorientierung (Drehung) des Kompensationsvektors das Verhältnis des programmierten Fahrweges zur parametrisierten Dynamik der Richtungsachsen zu beachten. Das Verhältnis sollte so gewählt werden, dass der programmierte Fahrweg aufgrund der Achsdynamik nicht in einem bzw. einigen wenigen Interpolationstakten abgefahren wird. Dies führt zu hohen Belastungen an der Maschine und unter Umständen zu axialen Alarmen mit Abbruch der Teileprogrammbearbeitung.

### Beispiel

Drehung des Kompensationsvektors und damit des Bearbeitungskopfes um 90°:

- Ausgangsorientierung: Parallel zur Koordinatenachse X
- Zielorientierung Parallel zur Koordinatenachse Y  
Ungünstige Programmierung der Umorientierung:
- $[1, 0, 0] \rightarrow [0, 1, 0]$   
Vorteilhafte Programmierung der Umorientierung:
- $[100, 0, 0] \rightarrow [0, 100, 0]$

### Drehung des Werkstückkoordinatensystems

Der Kompensationsvektor bezieht sich, wie oben beschrieben, immer auf das Basiskoordinatensystem (Maschinenkoordinatensystem). Erfolgt zur Bearbeitung des Werkstücks eine Transformation des Werkstückkoordinatensystems (Drehung, Spiegelung) so, dass die Koordinatenachsen der beiden Koordinatensysteme nicht mehr parallel und gleichorientiert verlaufen, ist eine entsprechende Transformation für den Kompensationsvektor vorzunehmen.



#### VORSICHT

#### Kein gleichorientierter Verlauf

Erfolgt eine Transformation des Werkstückkoordinatensystems so, dass die Koordinatenachsen des Basis- und Werkstückkoordinatensystems nicht mehr parallel und gleichorientiert verlaufen, liegt die entsprechende Transformation des Kompensationsvektors in der alleinigen Verantwortung des Anwenders.

## 9.6.2 Regelkreisverstärkung (CLC\_GAIN)

### Syntax

$CLC\_GAIN = Faktor$

Faktor

- Format: Real
- Wertebereich:  $y 0.0$

CLC\_GAIN ist eine NC-Adresse und kann daher zusammen mit anderen Anweisungen in einem Teileprogrammsatz geschrieben werden.

Bei Programmierung eines negativen Faktors wird ohne Alarm der Betragswert verwendet.

## Funktionalität

Die aktuelle Regelkreisverstärkung der Abstandsregelung ergibt sich aus der aktiven, über Maschinendaten vorgegebenen Kennlinie:

- MD62510 \$MC\_CLC\_SENSOR\_VOLTAGE\_TABLE1 (Koordinate Spannung der Stützpunkte Sensorkennlinie 1)
- MD62511 \$MC\_CLC\_SENSOR\_VELO\_TABLE1 (Koordinate Geschwindigkeit der Stützpunkte Sensorkennlinie 1) bzw.
- MD62512 \$MC\_CLC\_SENSOR\_VOLTAGE\_TABLE2 (Koordinate Spannung der Stützpunkte Sensorkennlinie 2)
- MD62513 \$MC\_CLC\_SENSOR\_VELO\_TABLE2 (Koordinate Geschwindigkeit der Stützpunkte Sensorkennlinie 2)

Über CLC\_GAIN kann die Regelkreisverstärkung der Kennlinie multiplikativ mit einem programmierbaren Faktor beaufschlagt werden.

### ACHTUNG

#### Unpräzise Kennlinie

Ein Vergrößern der Verstärkung ( $CLC\_GAIN > 1.0$ ) kann zu Schwingungen der geregelten Achsen führen!

## Aktivierungszeitpunkt

Die geänderte Regelkreisverstärkung wird in dem Teileprogrammsatz wirksam, in dem CLC\_GAIN programmiert wurde, bzw. wenn dieser Satz keine ausführbaren Anweisungen enthält, im nächsten Teileprogrammsatz mit ausführbaren Anweisungen.

## Verhalten bei Kennlinienumschaltung

Der programmierte Faktor bleibt auch nach einem Umschalten der Verstärkungskennlinie (CLC\_SEL) wirksam, d. h. er wirkt sofort auf die neu angewählte Kennlinie.

## Verhalten bei CLC\_GAIN=0.0

Wird die Regelkreisverstärkung der Abstandsregelung mit CLC\_GAIN=0.0 ausgeschaltet, bleibt der zum Ausschaltzeitpunkt vorhandene CLC-Positionsoffset unverändert erhalten. Dies kann z. B. beim Laserschneiden von Blechen dazu verwendet werden, um ohne einzusinken bereits herausgefallene Blechausschnitte zu "überfliegen".

Wird bei aktiver 3D-Abstandsregelung und ausgeschalteter Regelkreisverstärkung (CLC\_GAIN=0.0) die Werkzeugorientierung verändert, wird der CLC-Offsetvektor mitgedreht. Dies führt in der Regel zu einer Verschiebung des CLC-Arbeitspunktes auf der Werkstückoberfläche (siehe folgendes Bild).

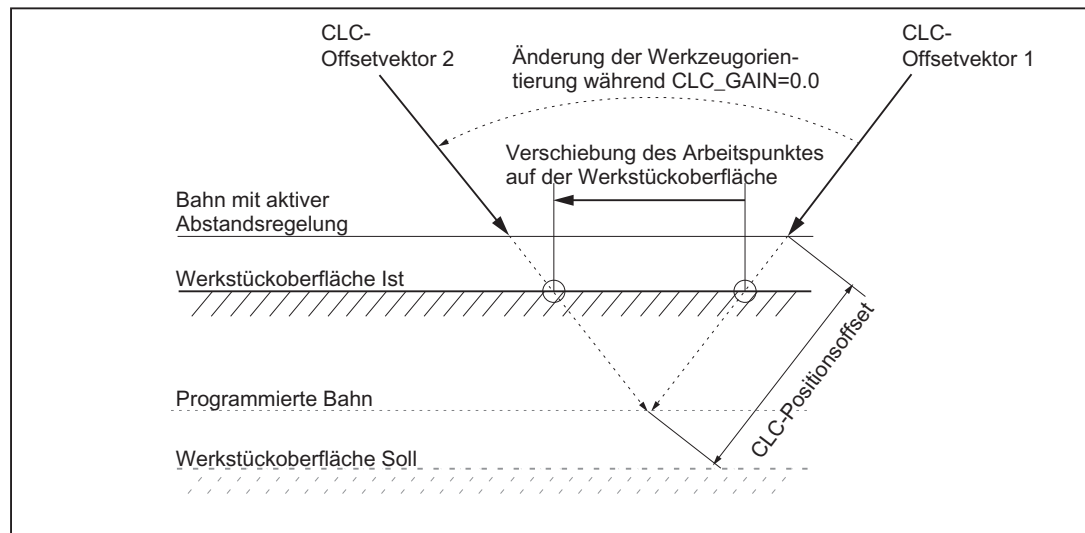


Bild 9-11 Verhalten des CLC-Versatzvektors während CLC\_GAIN=0.0

## Rücksetzen

Innerhalb eines Teileprogramms muss ein geänderter Verstärkungsfaktor durch explizite Programmierung von CLC\_GAIN=1.0 rückgesetzt werden.

## RESET-Verhalten

Nach Power-On-Reset, NC-RESET oder Programmende ist CLC\_GAIN=1.0 wirksam.

## 9.6.3 Begrenzung des Regelbereichs (CLC\_LIM)

### Syntax

CLC\_LIM(*Untergrenze, Obergrenze*)

*Untergrenze, Obergrenze*

Format und Wertebereich wie Maschinendaten:

- MD62505 \$MC\_CLC\_SENSOR\_LOWER\_LIMIT[n] (Untere Bewegungsgrenze der Abstandsregelung)
- MD62506 \$MC\_CLC\_SENSOR\_UPPER\_LIMIT[n] (Obere Bewegungsgrenze der Abstandsregelung)

CLC\_LIM(...) ist ein Prozedur-Aufruf, und muss daher in einem eigenen Teileprogramm-Satz programmiert werden.

## Funktionalität

Der maximale Regelbereich der Abstandsregelung kann über CLC\_LIM satzspezifisch angepasst werden. Begrenzt wird die maximal programmierbare Unter- bzw. Obergrenze durch den im jeweiligen Maschinendatum vorgegebenen Grenzwert:

- MD62505 \$MC\_CLC\_SENSOR\_LOWER\_LIMIT[1] (Untere Bewegungsgrenze der Abstandsregelung)
- MD62506 \$MC\_CLC\_SENSOR\_UPPER\_LIMIT[1] (Obere Bewegungsgrenze der Abstandsregelung)

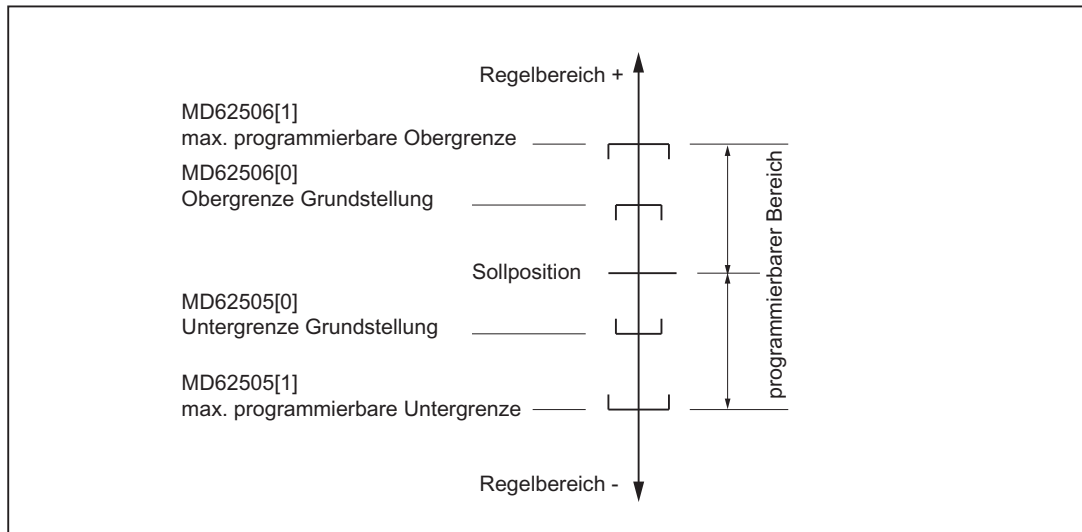


Bild 9-12 Wertebereichsgrenzen für Unter- und Obergrenze

Die Begrenzung des Regelbereiches wirkt relativ zur aktuell programmierten Sollposition der Achse. Werden die Begrenzungen so verändert, dass die Istposition außerhalb der Begrenzung liegt, wird von der Abstandsregelung automatisch in den Begrenzungsbereich zurückgefahren.

## Rücksetzen

Innerhalb eines Teileprogramms kann eine veränderte Begrenzung des Regelbereiches durch explizite Programmierung von CLC\_LIM ohne Argumente "CLC\_LIM( )" rückgesetzt werden. Anschließend sind wieder die Begrenzungen aus den folgenden Maschinendaten wirksam:

- MD62505 \$MC\_CLC\_SENSOR\_LOWER\_LIMIT[0] (Untere Bewegungsgrenze der Abstandsregelung)
- MD62506 \$MC\_CLC\_SENSOR\_UPPER\_LIMIT[0] (Obere Bewegungsgrenze der Abstandsregelung)

## RESET-Verhalten

Nach Power-On-Reset, NC-RESET und Programmende wird die Voreinstellung aus den oben aufgeführten Maschinendaten wirksam.

## Fehlermeldungen

Folgende Programmierfehler werden mit einem Alarm angezeigt:

- Programmierung von mehr als 2 Argumenten
  - CLC-Alarm "75005 Kanal *Nummer* Satz *Nummer* CLC\_LIM: allgemeiner Programmierfehler"
- Programmierung von Argumenten außerhalb der zulässigen Grenzen
  - CLC-Alarm "750010 Kanal *Nummer* Satz *Nummer* CLC\_LIM Wert größer als MD-Grenze"

## 9.6.4 Richtungsabhängiges Sperren der Verfahrbewegung

### Syntax

$\$A\_OUT[Nummer] = Freigabesignal$

Nummer

Nummer des parametrisierten digitalen Ausganges (siehe Abschnitt "Parametrierung")

- Format: Integer
- Wertebereich: 1, 2, . . . max. Anzahl digitaler Ausgänge

*Freigabesignal*

Invertierbares Freigabesignal (siehe Abschnitt "Parametrierung")

- Format: Integer
- Wertebereich: 0, 1

Die Systemvariable  $\$A\_OUT[n]$  kann satzsynchron in Teileprogramm oder asynchron über Synchronaktionen gesetzt werden.

### Funktionalität

Über parametrierbare digitale Ausgänge (Systemvariable  $\$A\_OUT$ ), lässt sich die durch die Abstandsregelung erzeugte Verfahrbewegung (Stellgröße) richtungsabhängig sperren. So lange z. B. die negative Verfahrrichtung gesperrt ist, verfahren die abstandsgeregelten Achsen aufgrund des Sensorsignals nur in positiver Verfahrrichtung.

Dies kann z. B. beim Laserschneiden von Blechen dazu verwendet werden, um ohne einzusinken bereits herausgefallene Blechausschnitte zu "überfliegen".

## Parametrierung

Die Parametrierung der digitalen Ausgänge erfolgt über das Maschinendatum:

- MD62523 \$MC\_CLC\_LOCK\_DIR\_ASSIGN\_DIGOUT[n] (Zuordnung der Digitalausgänge für Verriegelung der CLC-Bewegung)
  - n = 0 → digitaler Ausgang zum Sperren der negativen Verfahrrichtung
  - n = 1 → digitaler Ausgang zum Sperren der positiven Verfahrrichtung

## Beispiel

Folgende digitale Ausgänge sollen verwendet werden:

- \$A\_OUT[3] zum Sperren der negativen Verfahrrichtung
- \$A\_OUT[4] zum Sperren der positiven Verfahrrichtung

Parametrierung in den Maschinendaten:

- MD62523 \$MC\_CLC\_LOCK\_DIR\_ASSIGN\_DIGOUT[0] = 3 (Zuordnung der Digitalausgänge für Verriegelung der CLC-Bewegung)
- MD62523 \$MC\_CLC\_LOCK\_DIR\_ASSIGN\_DIGOUT[1] = 4

Wirkung:

- \$A\_OUT[3] = 0 → Die negative Verfahrrichtung ist freigegeben
- \$A\_OUT[3] = 1 → Die negative Verfahrrichtung ist gesperrt
- \$A\_OUT[4] = 0 → Die positive Verfahrrichtung ist freigegeben
- \$A\_OUT[4] = 1 → Die positive Verfahrrichtung ist gesperrt

## Invertierung der Auswertung

Durch Eingabe der negativen Nummer des digitalen Ausgangs, wird das digitale Ausgangssignal invertiert ausgewertet:

Parametrierung in den Maschinendaten:

- MD62523 \$MC\_CLC\_LOCK\_DIR\_ASSIGN\_DIGOUT[0] = -3 (Zuordnung der Digitalausgänge für Verriegelung der CLC-Bewegung)
- MD62523 \$MC\_CLC\_LOCK\_DIR\_ASSIGN\_DIGOUT[1] = -4

Wirkung:

- \$A\_OUT[3] = 0 → Die negative Verfahrrichtung ist gesperrt
- \$A\_OUT[3] = 1 → Die negative Verfahrrichtung ist freigegeben
- \$A\_OUT[4] = 0 → Die positive Verfahrrichtung ist gesperrt
- \$A\_OUT[4] = 1 → Die positive Verfahrrichtung ist freigegeben

## 9.6.5 Satzweise vorgebbarer Spannungsoffset (CLC\_VOFF)

### Syntax

CLC\_VOFF = *Spannungsoffset*

Spannungsoffset

- Format: Real
- Einheit: Volt
- Wertebereich: keine Einschränkungen

CLC\_VOFF ist eine NC-Adresse und kann daher zusammen mit anderen Anweisungen in einem Teileprogrammsatz geschrieben werden.

### Funktionalität

Über CLC\_VOFF kann der Abstandsregelung ein konstanter Spannungsoffset vorgegeben werden, der von der Eingangsspannung des Abstandssensors subtrahiert wird. Der programmierte Spannungsoffset bewirkt somit eine Änderung des Sollabstandes zwischen Wertstück und Abstandssensor bzw. eine Verschiebung des Arbeitspunktes der Abstandsregelung.

Der quantitative Einfluss des Spannungsoffsets ist abhängig von den weiteren Parametern der Abstandsregelung und kann daher nicht allgemeingültig normiert werden.

### Aktivierungszeitpunkt

Der Spannungsoffset wird in dem Teileprogrammsatz wirksam, in dem CLC\_VOFF programmiert wurde, bzw. wenn dieser Satz keine ausführbaren Anweisungen enthält, im nächsten Teileprogrammsatz mit ausführbaren Anweisungen.

### Rücksetzen

Innerhalb eines Teileprogramms muss ein Spannungsoffset durch explizite Programmierung von CLC\_VOFF =0.0 rückgesetzt werden.

### RESET-Verhalten

Nach Power-On-Reset, NC-RESET oder Programmende ist CLC\_VOFF =0.0 wirksam.

## 9.6.6 Per Synchronaktion vorgebbarer Spannungsoffset

### Syntax

$\$A\_OUTA[Nummer] = \textit{Spannungsoffset}$

*Nummer*

Nummer des parametrisierten analogen Ausganges (siehe Abschnitt "Parametrierung")

- Format: Integer
- Wertebereich: 1, 2, . . . max. Anzahl analoger Ausgänge

*Spannungsoffset*

Wie Spannungsoffset bei CLC\_VOFF (siehe Kapitel "Satzweise vorgebbarer Spannungsoffset (CLC\_VOFF) (Seite 271)").

### Funktionalität

Über einen parametrierbaren analogen Ausgang (Systemvariable \$A\_OUTA), lässt sich der Abstandsregelung ein Spannungsoffset vorgeben, der wie CLC\_VOFF von der Eingangsspannung des Abstandssensors subtrahiert wird.

Durch Programmierung des analogen Ausganges innerhalb einer Synchronaktion kann der Spannungsoffset im Interpolatortakt angepasst werden.

### Parametrierung

Die Parametrierung des analogen Ausganges erfolgt über das Maschinendatum:

MD62522 \$MC\_CLC\_OFFSET\_ASSIGN\_ANAOUT (Änderung des Soll-Abstands durch Überlagerung des Sensorsignals)

### Beispiel

Am analogen Eingang \$A\_INA[3] liegt eine externe Spannung Uext, die als kontinuierlich veränderbarer Spannungsoffset z. B. zu Test- oder Inbetriebnahmezwecken der Sensorspannung überlagert werden soll. Als analoger Ausgang für den Spannungsoffset der Abstandsregelung wird \$A\_OUTA[2] verwendet.

Parametrierung des analogen Ausganges für den Spannungsoffset der Abstandsregelung:

MD62522 \$MC\_CLC\_OFFSET\_ASSIGN\_ANAOUT = 2 (Änderung des Soll-Abstands durch Überlagerung des Sensorsignals)

Die Zuweisung des analogen Eingangs \$A\_INA[3] auf den analogen Ausgang der Abstandsregelung \$A\_OUTA[2] erfolgt innerhalb einer Synchronaktion:

```
ID=1 DO $A_OUTA[2] = $A_INA[3]
```

## 9.6.7 Auswahl der aktiven Sensorkennlinie (CLC\_SEL)

### Syntax

CLC\_SEL(*Kennliniennummer*)



*Kennliniennummer*

- Format: Integer
- Wertebereich: 1, 2

CLC\_SEL(...) ist ein Prozedur-Aufruf und muss daher in einem eigenen Teileprogramm-Satz programmiert werden.

Mit *Kennliniennummer* = 2 wird die Kennlinie 2 angewählt. Bei jedem anderen Wert wird ohne Alarm die Kennlinie 1 angewählt.

**Funktionalität**

Mit CLC\_SEL kann zwischen den in den Maschinendaten definierten Sensorkennlinien umgeschaltet werden.

- Kennlinie 1:
  - MD62510 \$MC\_CLC\_SENSOR\_VOLTAGE\_TABLE\_1 (Koordinate Spannung der Stützpunkte Sensorkennlinie 1)
  - MD62511 \$MC\_CLC\_SENSOR\_VELO\_TABLE\_1 (Koordinate Geschwindigkeit der Stützpunkte Sensorkennlinie 1)
- Kennlinie 2:
  - MD62512 \$MC\_CLC\_SENSOR\_VOLTAGE\_TABLE\_2 (Koordinate Spannung der Stützpunkte Sensorkennlinie 2)
  - MD62513 \$MC\_CLC\_SENSOR\_VELO\_TABLE\_2 (Koordinate Geschwindigkeit der Stützpunkte Sensorkennlinie 2)

**RESET-Verhalten**

Nach Power-On-Reset, NC-RESET oder Programmende ist Kennlinie 1 wirksam.

## 9.7 Funktionsspezifische Anzeigedaten

Die Technologiefunktion "Abstandsregelung" stellt spezifische Anzeigedaten zur Unterstützung der Inbetriebnahme bzw. zu Service-Zwecken bereit.

**Anwendungsmöglichkeiten**

Anwendungsmöglichkeiten der Anzeigedaten sind z. B.:

- Ermittlung der Formabweichungen und kurzzeitig auftretender Regelfehler über die Variablen für den maximalen und minimalen Positionsoffset bzw. der Sensoreingangsspannung.
- Ermittlung des vom A/D-Wandlers erfasste Spannungsrauschens über die Variablen für die maximale und minimale Sensoreingangsspannung. Voraussetzungen sind dabei ein konstanter Abstand des Abstandssensors von der Werkstückoberfläche und das Ausschalten der Abstandsregelung mittels CLC\_GAIN = 0.0.

Die Erfassung der minimalen und maximalen Werte erfolgt im Lagereglertakt.

## Variablen-Typen

Die Anzeigedaten stehen sowohl als kanalspezifische GUD- (Global User Data) als auch als BTSS-Variable zur Verfügung.

### 9.7.1 Kanalspezifische GUD-Variable

Als Anzeigedaten stellt die Technologiefunktion "Abstandsregelung" folgende kanalspezifische GUD-Variablen für SINUMERIK Operate zur Verfügung:

Tabelle 9-1 Kanalspezifische GUD-Variable

GUD-Variable	Bezeichnung	Einheit	Zugriff
CLC_DISTANCE[0]	aktueller Positionsoffset	mm	nur lesen
CLC_DISTANCE[1]	absolutes Minimum des Positions- offsets	mm	lesen/schreiben
CLC_DISTANCE[2]	absolutes Maximum des Positions- offsets	mm	lesen/schreiben
CLC_VOLTAGE[0]	aktuelle Sensoreingangsspan- nung	V	nur lesen
CLC_VOLTAGE[1]	absolutes Minimum der Sensorein- gangsspannung	V	lesen/schreiben
CLC_VOLTAGE[2]	absolutes Maximum der Senso- reingangsspannung	V	lesen/schreiben

Nach erfolgter Inbetriebnahme der Technologiefunktion werden die genannten GUD-Variablen nicht automatisch auf der HMI-Oberfläche angezeigt.

## SINUMERIK Operate

Zum Anlegen und Anzeigen der GUD-Variablen sind bei SINUMERIK Operate folgende Bedienhandlungen durchzuführen.

1. Kennwort setzen  
Es ist das Kennwort der Schutzstufe 1: (Maschinenhersteller) einzugeben.
2. Falls noch keine SGUD.DEF Datei vorhanden ist:  
**Bedienbereichumschaltung > Inbetriebnahme > Systemdaten > Verzeichnis NC-Daten**  
öffnen: Cursor auf Definitionen stellen > **Neu...**
  - Name: SGUD
  - Typ: DEF  
mit **OK** bestätigen.  
Die Datei wird daraufhin im Editor geöffnet.

1. GUD-Variablen-Definitionen editieren  
 DEF CHAN REAL CLC\_DISTANCE[3] ; Array of real, 3 elements  
 DEF CHAN REAL CLC\_VOLTAGE[3] ; Array of real, 3 elements  
 M30

2. Datei speichern und Editor schließen

3. Datei SGUD.DEF aktivieren

Die GUD-Variablen der Abstandsregelung werden jetzt angezeigt unter:

**Bedienbereichsumschaltung > Parameter > Anwendervariablen > Kanal GUD**

## SINUMERIK NC

Die neu angelegten und bereits angezeigten GUD-Variablen werden von der Abstandsregelung erst nach einem NC-POWER ON-RESET erkannt und mit aktuellen Werten versorgt.

---

### Hinweis

Nach dem Anlegen der GUD-Variablen muss ein NC-POWER ON-RESET ausgelöst werden, damit die Abstandsregelung die GUD-Variablen aktualisiert.

---

## 9.7.2

### BTSS-Variable

Die Technologiefunktion "Abstandsregelung" stellt folgende kanalspezifischen BTSS-Variablen als Anzeigedaten für die HMI-Applikation zur Verfügung:

BTSS-Variable	Bezeichnung	Einheit	Zugriff
CLC[0]	aktueller Positionsoffset	mm	nur lesen
CLC[1]	absolutes Minimum des Positionsoffsets	mm	lesen/schreiben
CLC[2]	absolutes Maximum des Positionsoffsets	mm	lesen/schreiben
CLC[3]	aktuelle Sensoreingangsspannung	V	nur lesen
CLC[4]	absolutes Minimum der Sensoreingangsspannung	V	lesen/schreiben
CLC[5]	absolutes Maximum der Sensoreingangsspannung	V	lesen/schreiben
CLC[6]	1. Komponente des normierten Werkzeugorientierungsvektors	-	nur lesen
CLC[7]	2. Komponente des normierten Werkzeugorientierungsvektors	-	nur lesen
CLC[8]	3. Komponente des normierten Werkzeugorientierungsvektors	-	nur lesen

Damit auf die BTSS-Variablen zugegriffen werden kann, müssen sie noch im System bekannt gemacht bzw. definiert werden.

## Definieren der BTSS-Variablen

Zum Definieren der BTSS-Variablen sind folgenden Bedienhandlungen durchzuführen.

1. Anlegen der CLC-spezifischen Definitions-Datei: **CLC.NSK**

**Hinweis:**

Es wird empfohlen, die Datei nicht im Verzeichnis \MMC2 sondern unter \OEM anzulegen, damit sie nicht durch die Installation eines neuen Softwarestandes überschrieben wird.

2. Definieren der CLC-spezifischen BTSS-Variablen

In die Datei CLC.NSK ist folgende Zeile einzufügen:

```
LINK("CLC" ,200,"2 1 1 1 1F# /NC 5 0 1",100)
```

3. Anlegen bzw. Erweitern der Anwender-spezifischen Definitions-Datei: **USER.NSK**  
(siehe Punkt 1.: Hinweis)

4. In der Datei USER.NSK ist der Aufruf der CLC-spezifischen Definitions-Datei CLC.NSK zu ergänzen. Dazu ist folgende Zeile einzufügen:

```
CALL (CLC.NSK)
```

## LinkItem verwenden

Zur Verwendung der BTSS-Variablen in einem DDE-Control, muss die Eigenschaft "LinkItem" des DDE-Controls gemäß dem folgenden Beispiel gesetzt werden:

```
label1.LinkItem = "CLC[u1,1,9] (" "!d%15.4lf" ") "
```

Der Format-String kann gegebenenfalls angepasst werden.

Die folgenden Code-Zeilen zeigen beispielhaft die Verteilung der durch den NCDDE-Zugriff gelieferten Variablen auf ein Feld von Labels:

```
FOR i = 0 To 8
    label2.Caption[i] = Trim$(Mid$(label1.Caption, 1+15*i, 15))
NEXT
```

## 9.8 Funktionsspezifische Alarmtexte

Zum Vorgehen beim Anlegen von funktionsspezifischen Alarmtexten siehe Funktionshandbuch Technologien, Installation und Aktivierung ladbarer Compile- Zyklen.

## 9.9 Randbedingungen

### 9.9.1 Peripheriebaugruppen

Die analoge Ausgangsspannung des Abstandsensors muss zur A/D-Wandlung über eine Peripheriebaugruppe mit analogem Eingang an die NC angeschlossen werden.

## Anschlussmöglichkeiten

Der Anschluss der Peripherie SIMATIC ET 200S erfolgt bei einer SINUMERIK NCU über PROFIBUS-DP / PROFINET IO. Der Abstandssensor wird über eine analoge S7 Peripheriebaugruppe angeschlossen.

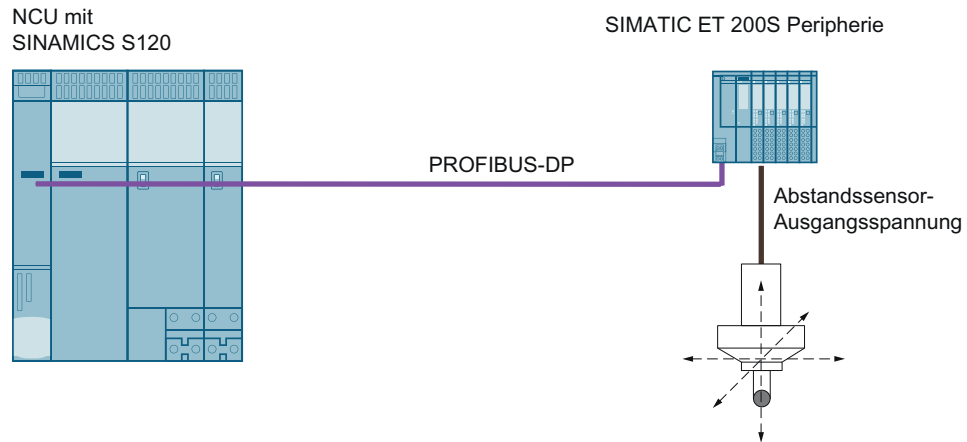


Bild 9-13 Peripheriebaugruppen-Anschluss bei SINUMERIK NCU

## Geeignete Peripheriebaugruppen

Da die A/D-Wandlungszeit direkt in die Totzeit des Regelkreises der Abstandsregelung eingeht, darf nur eine Peripheriebaugruppe mit kleiner Wandlungszeit verwendet werden.

Für die Abstandsregelung geeignete SIMATIC S7 Peripheriebaugruppen sind beispielsweise:

- Analoges Peripheriemodul 2 AI, U, High Speed für ET 200S
- Analoges Peripheriemodul 2 AO, U, High Speed für ET 200S

## Anschluss der Peripheriebaugruppen

Die SIMATIC Peripheriegeräte der Baureihe ET200, z. B. ET200M, werden mittels HW-Konfig wie üblich in das S7-Projekt eingebracht und konfiguriert.

### Hinweis

Zur Überprüfung, ob eine im Hardware-Katalog angewählte Baugruppe mit der in der Automatisierungsanlage vorhandenen Baugruppe übereinstimmt, wird folgendes Vorgehen empfohlen:

1. Notieren Sie sich die Artikelnummern aller in der Automatisierungsanlage verwendeten Baugruppen.
2. Wählen Sie im Hardware-Katalog die entsprechende Baugruppe an und vergleichen sie die Artikelnummer der in der Automatisierungsanlage verwendeten Baugruppe mit der Artikelnummer, die im Hardware-Katalog angezeigt wird. Beide Artikelnummern müssen übereinstimmen.

### 9.9.1.1 Externe Glättungsfilter

Soll zur Glättung der Ausgangsspannung des Abstandssensors vor der A/D-Wandlung der Ausgangsspannung durch die Peripheriebaugruppe ein externer Filter zwischengeschaltet werden, ist dabei sicherzustellen, dass die resultierende Zeitkonstante klein gegenüber dem Lagereglertakt der NC ist.

---

#### Hinweis

Es ist regelungstechnisch günstiger ein großes Signal-Rausch-Verhältnis über elektromagnetische Abschirmmaßnahmen zu erzielen, als durch die Verwendung von Glättungsfiltern im Signalpfad.

---

## 9.9.2 Funktionsspezifische Randbedingungen

### Vollständiger NC-Stop

Soll im Zusammenhang mit NC-Stop nicht nur die programmierte Bahnbewegung, sondern auch die Verfahrbewegung der abstandsgeregelten Achsen gestoppt werden, sind dazu folgende NC/PLC-Nahtstellensignale zu setzen:

- DB21, ... DBX7.3 = 1 (NC-Stop)
- DB21, ... DBX7.4 = 1 (NC-Stop Achsen und Spindeln)

### Nachführen

Wird eine abstandsgeregelte Achse als Alarmreaktion oder über das entsprechende NC/PLC-Nahtstellensignal in den Zustand "Nachführen" geschaltet, erfolgt auch keine Sollwertausgabe seitens der Abstandsregelung mehr an diese Achse.

### Fahren ohne Software-Endschalter

Sollen die abstandsgeregelten Achsen unreferenziert verfahren werden (Fahren ohne Software-Endschalter), müssen dennoch für die achsspezifischen Software-Endschalter Werte außerhalb des benutzten Verfahrbereichs parametrisiert werden:

- MD36100 \$MA\_POS\_LIMIT\_MINUS (1. Software-Endschalter minus)
- MD36110 \$MA\_POS\_LIMIT\_PLUS (1. Software-Endschalter plus)
- MD36120 \$MA\_POS\_LIMIT\_MINUS2 (2. Software-Endschalter minus)
- MD36130 \$MA\_POS\_LIMIT\_PLUS2 (2. Software-Endschalter plus)

Die Abstandsregelung berücksichtigt die Maschinendaten auch im unreferenzierten Zustand einer Achse.

## Digital-/Analog-Eingänge sperren

Sowohl der Analogeingang für die Eingangsspannung des Abstandssensors als auch der Digitaleingang den die Abstandsregelung im Rahmen der Sonderfunktion "Schnellabheben im Lagereglertakt" verwendet, sind von der PLC aus nicht beeinflussbar (sperrbar):

DB10, DBB0 (Sperrung der digitalen NC-Eingänge)

DB10, DBB146 (Sperrung der analogen NC-Eingänge)

Siehe dazu auch die Beschreibung zum Maschinendatum:

- MD62508 \$MC\_CLC\_SPECIAL\_FEATURE\_MASK, Bit 4 und 5 (Spezielle Funktionen und Betriebsarten der Abstandsregelung)

## Gantry-Achsen: Nur Leitachsen

Nur eine der abstandsgeregelten Achsen darf als Leitachse eines Gantry-Verbunds konfiguriert sein:

MD37100 \$MA\_GANTRY\_AXIS\_TYPE (Gantry-Achsdefinition)

Die Verwendung von Folgeachsen eines Gantry-Verbunds ist nicht zulässig.

## Anzeige der Achspositionen

Die tatsächliche aktuelle Achsposition einer abstandsgeregelten Achse als Summe aus interpolatorischer Achsposition und dem aktuellen Positionsoffset der Abstandsregelung wird im Maschinen-Grundbild nicht angezeigt:

- SINUMERIK HMI Advanced:  
Die tatsächliche aktuelle Achsposition wird im Service-Bild: **Bedienbereichsumschaltung > Diagnose > Service Anzeigen > Achse/Spindel** als "Lageistwert" angezeigt.
- SINUMERIK Operate:  
Die tatsächliche aktuelle Achsposition wird im Service-Bild: **Bedienbereichsumschaltung > Diagnose > Achsdialog > Service Achse** > als "Lageistwert-Messsystem 1 und 2" angezeigt.

## Keine virtuellen Achsen

Abstandsgeregelte Achsen dürfen nicht als virtuellen Achsen parametrieren werden:

MD30132 \$MA\_IS\_VIRTUAL\_AX[<Achse>] (Achse ist virtuelle Achse)

## Rechenzeitbedarf

An Steuerungen, bei denen die parametrisierten Taktzeiten von Interpolations- und Lagereglertakt gegenüber der jeweiligen Standardeinstellung stark optimiert wurde, ist der zusätzliche Rechenzeitbedarf der Technologiefunktion "Abstandsregelung" zu berücksichtigen.

Der zusätzliche Rechenzeitbedarf entsteht ab der Aktivierung der Abstandsregelung im Teileprogramm `CLC ( . . . )`. Bei Überschreitung des Interpolations- oder Lageregelakttes wird folgender Alarm angezeigt:

- Alarm: "4240 Rechenzeitüberlauf auf der IPO- oder Lagereglerebene, IP *Teileprogrammstelle*"

Die Bearbeitung des Teileprogramms wird abgebrochen.

## 1D-Abstandsregelung

In folgender Situation kann der Alarm "1016: Systemfehler, ID550010" auftreten:

- Die abstandsgeregelte Achse (z.B. Z-Achse) ist als Geometrieachse parametrier
- Innerhalb einer beliebigen Befehlsfolge in der implizit oder explizit `STOPRE` ausgelöst wird, wird die Abstandsregelung mit `CLC(0)` ausgeschaltet

Es wird daher empfohlen, die abstandsgeregelte Achse einer 1D-Abstandsregelung (z.B. Z-Achse) so zu parametrieren, dass sie keine Geometrieachse des Kanals mehr ist.

### Parametrierung: Maschinendaten

- `MD20050 $MC_AXCONF_GEOAX_ASSIGN_TAB[<Z-Achse>] = 0`
- `MD20060 $MC_AXCONF_GEOAX_NAME_TAB[<Z-Achse>] = "NO_Z_AXIS"`

### Programmierung: Drehungen um die Z-Achse

Da die Z-Achse nach der Umparametrierung keine Geometrieachse mehr ist, muss für Drehungen um die Z-Achse statt der vordefinierten Funktion `CROT ( )` die vordefinierte Prozedur `CRPL ( )` verwendet werden:

`CROT (Z, <Winkel>) → CRPL (1, <Winkel>)`

## 9.10 Datenlisten

### 9.10.1 Maschinendaten

#### 9.10.1.1 NC-spezifischen Maschinendaten

Nummer	Bezeichner: \$MN_	Beschreibung
10300	FASTIO_ANA_NUM_INPUTS	Anzahl der aktiven analogen NC-Eingänge
10350	FASTIO_DIG_NUM_INPUTS	Anzahl der aktiven digitalen NC-Eingangsbytes
10362	HW_ASSIGN_ANA_FASTIN	Hardware-Zuordnung der externen analogen NC-Eingänge: 0...7
10712	NC_USER_CODE_CONF_NAME_TAB	Liste der umbenannten NC-Bezeichner



## 9.10.1.2 Kanal-spezifische Maschinendaten

Nummer	Bezeichner: \$MC_	Beschreibung
28090	MM_NUM_CC_BLOCK_ELEMENTS	Anzahl der Compile-Zyklen-Satzelemente (DRAM)
28100	MM_NUM_CC_BLOCK_USER_MEM	Speicherplatz für Compile-Zyklen-Satzelemente (DRAM) in kB
28254	MM_NUM_AC_PARAM	Anzahl Parameter für Synchronaktionen
<b>Abstandsregelung</b>		
62500	CLC_AXNO	Achszuordnung für die Abstandsregelung
62502	CLC_ANALOG_IN	Analogeingang für die Anstandsregelung
62504	CLC_SENSOR_TOUCHED_INPUT	Zuordnung eines Eingangsbits für das Signal "Sensor-Kollision"
62505	CLC_SENSOR_LOWER_LIMIT	Untere Bewegungsgrenze der Abstandsregelung
62506	CLC_SENSOR_UPPER_LIMIT	Obere Bewegungsgrenze der Abstandsregelung
62508	CLC_SPECIAL_FEATURE_MASK	Spezielle Funktionen und Betriebsarten der Abstandsregelung
62510	CLC_SENSOR_VOLTAGE_TABLE_1	Koordinate Spannung der Stützpunkte Sensorkennlinie 1
62511	CLC_SENSOR_VELO_TABLE_1	Koordinate Geschwindigkeit der Stützpunkte Sensorkennlinie 1
62512	CLC_SENSOR_VOLTAGE_TABLE_2	Koordinate Spannung der Stützpunkte Sensorkennlinie 2
62513	CLC_SENSOR_VELO_TABLE_2	Koordinate Geschwindigkeit der Stützpunkte Sensorkennlinie 2
62516	CLC_SENSOR_VELO_LIMIT	Geschwindigkeit der Abstandsregelbewegung
62516	CLC_SENSOR_ACCEL_LIMIT	Beschleunigung der Abstandsregelbewegung
62520	CLC_SENSOR_STOP_POS_TOL	Positionstoleranz für die Zustandsmeldung "Stillstand Abstandsregelung"
62521	CLC_SENSOR_STOP_DWELL_TIME	Wartezeit für die Zustandsmeldung "Stillstand Abstandsregelung"
62522	CLC_OFFSET_ASSIGN_ANAOUT	Änderung des Soll-Abstands durch Überlagerung des Sensorsignals
62523	CLC_LOCK_DIR_ASSIGN_DIGOUT	Zuordnung der Digitalausgänge für Verriegelung der CLC-Bewegung
62524	CLC_ACTIVE_AFTER_RESET	Abstandsregelung bleibt nach RESET weiterhin aktiv
62525	CLC_SENSOR_FILTER_TIME	Zeitkonstante der PT1-Filterung des Sensorsignals
62528	CLC_PROG_ORI_AX_MASK	Progr. Orientierungsvektor: Achsmaske
62529	CLC_PROG_ORI_MAX_ANGLE	Progr. Orientierungsvektor: Maximaler Differenzwinkel
62530	CLC_PROG_ORI	Progr. Orientierungsvektor: Index der \$AC_PARAM-Variablen zur Ausgabe des aktuellen Differenzwinkels

### 9.10.1.3 Achs-/Spindel-spezifische Maschinendaten

Nummer	Bezeichner: \$MA_	Beschreibung
32070	CORR_VELO	Achsgeschwindigkeit für Handrad, externe Nullpunktverschiebung, SA-Abstandsregelung
32410	AX_JERK_TIME	Zeitkonstante für axiales Rückfilter
32610	VELO_FFW_WEIGHT	Vorsteuerfaktor für die Geschwindigkeitsvorsteuerung
36000	STOP_LIMIT_COARSE	Genauhalt grob
36010	STOP_LIMIT_FINE	Genauhalt fein
36040	STANDSTILL_DELAY_TIME	Verzögerungszeit Stillstandsüberwachung
36060	STANDSTILL_VELO_TOL	Geschwindigkeit für Achse/Spindel gestoppt
36750	AA_OFF_MODE	Art der Werte-Verrechnung bei axialer Positionsüberlagerung

### 9.10.2 Parameter Antrieb (SINAMICS S120)

Nummer	Kurzname	Langname
p1414[0...n]	n_soll_filt Akt	Drehzahlsollwertfilter Aktivierung 1, 2
p1415[0...n]	n_soll_filt 1 Typ	Drehzahlsollwertfilter 1 Typ
p1416[0...n]	n_soll_filt 1 T	Drehzahlsollwertfilter 1 Zeitkonstante
p1417[0...n]	n_soll_filt 1 fn_n	Drehzahlsollwertfilter 1 Nenner-Eigenfrequenz
p1418[0...n]	n_soll_filt 1 D_n	Drehzahlsollwertfilter 1 Nenner-Dämpfung
p1419[0...n]	n_soll_filt 1 fn_z	Drehzahlsollwertfilter 1 Zähler-Eigenfrequenz
p1420[0...n]	n_soll_filt 1 D_z	Drehzahlsollwertfilter 1 Zähler-Dämpfung
p1421[0...n]	n_soll_filt 2 Typ	Drehzahlsollwertfilter 2 Typ
p1422[0...n]	n_soll_filt 2 T	Drehzahlsollwertfilter 2 Zeitkonstante
p1423[0...n]	n_soll_filt 2 fn_n	Drehzahlsollwertfilter 2 Nenner-Eigenfrequenz
p1424[0...n]	n_soll_filt 2 D_n	Drehzahlsollwertfilter 2 Nenner-Dämpfung
p1425[0...n]	n_soll_filt 2 fn_z	Drehzahlsollwertfilter 2 Zähler-Eigenfrequenz
p1426[0...n]	n_soll_filt 2 D_z	Drehzahlsollwertfilter 2 Zähler-Dämpfung

### 9.10.3 Signale

#### 9.10.3.1 Signale an Kanal

DB-Nummer	Byte.Bit	Beschreibung
21, ...	1.4	Stopp CLC-Bewegung
21, ...	1.5	Feedrate-Override wirkt auf CLC

**9.10.3.2 Signale von Kanal**

<b>DB-Nummer</b>	<b>Byte.Bit</b>	<b>Beschreibung</b>
21, ...	37.3	CLC ist aktiv
21, ...	37.4-5	CLC-Bewegung ist im Stillstand
21, ...	37.4	CLC-Bewegung an unterer Bewegungsgrenze
21, ...	37.5	CLC-Bewegung an oberer Bewegungsgrenze



## K3: Kompensationen

### 10.1 Einführung

#### Genauigkeitsfehler

Die Genauigkeit von Werkzeugmaschinen wird durch Abweichungen von der idealen Geometrie, Fehler in der Kraftübertragung und in den Messsystemen beeinträchtigt. Bei der Bearbeitung großer Werkstücke führen Temperaturunterschiede und mechanische Kräfte häufig zu hohem Präzisionsverlust.

#### Kompensationsfunktionen

Ein Teil dieser Abweichungen lässt sich in der Regel bei der Inbetriebnahme der Maschine messen und während des Betriebs, gestützt auf die Lageistwert-Geber und zusätzliche Sensorik, kompensieren. Dazu besitzen moderne CNC-Steuerungen achsspezifisch wirksame Kompensationsfunktionen.

#### Parametrierung

Die Kompensationsfunktionen lassen sich für jede Maschine mit Hilfe von achsspezifischen Maschinendaten individuell einstellen.

#### Wirksamkeit

Die Kompensationen wirken in allen Betriebsarten der Steuerung, sobald die Eingangsdaten zur Verfügung stehen. Alle Kompensationen, die von der Kenntnis des absoluten Lageistwerts abhängen, werden erst mit Erreichen des Referenzpunkts aktiviert.

#### Positionsanzeige

Die normale Ist- und Sollpositionsanzeige berücksichtigt die Kompensationswerte nicht und zeigt die Positionswerte einer "idealen Maschine" an. Die Kompensationswerte werden im Bedienbereich "Diagnose" im Fenster "Service-Achse/Spindel" angezeigt.

## 10.2 Temperaturkompensation

### 10.2.1 Funktion

#### Verformung durch Temperatureinfluss

Durch Wärmeeinfluss von den Antrieben oder aus der Umgebung (z. B. Sonneneinstrahlung, Luftzug) kommt es zu einer Ausdehnung des Maschinenbetts und der Maschinenteile. Diese Ausdehnung ist u. a. abhängig von der Temperatur und von der Wärmeleitfähigkeit der Maschinenteile.

#### Auswirkungen

Aufgrund der Wärmeausdehnung der Maschinenteile ändern sich abhängig von der Temperatur die Istpositionen der einzelnen Achsen. Dies wirkt sich negativ auf die Genauigkeit der bearbeiteten Werkstücke aus.

#### Temperaturkompensation

Durch Aktivierung der Funktion "Temperaturkompensation" können Istwertveränderungen aufgrund von Temperatureinflüssen achsspezifisch kompensiert werden.

#### Sensorik

Für die Temperaturkompensation werden in der Regel neben den Lageistwerten von den vorhandenen Messgebern noch mehrere Temperatursensoren zur Erfassung eines Temperaturprofils benötigt.

Da die temperaturbedingten Änderungen relativ langsam ablaufen, kann die Erfassung und Vorverarbeitung des Temperaturprofils durch die PLC beispielsweise im Minutentakt erfolgen.

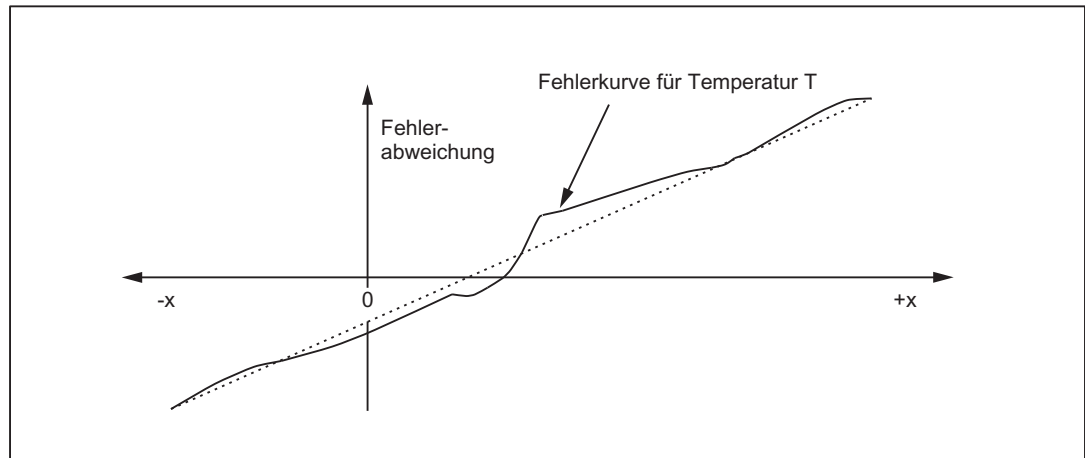
#### Fehlerkurven

Für die Temperaturkompensation sind bei gegebener Temperatur (T) die Istwertverschiebungen über den Positionierbereich der Achse zu messen und grafisch aufzutragen. Damit erhält man für diesen Temperaturwert eine zugehörige Fehlerkurve. Derartige Fehlerkurven sind für verschiedene Temperaturen zu ermitteln.

#### Fehlerkurvenverlauf

Wählt man einen Achspositionsbezugspunkt  $P_0$ , so beobachtet man bei Temperaturänderung eine Verschiebung des Bezugspunkts (entspricht dem "positionsunabhängigen Anteil" der Temperaturkompensation) und aufgrund der Längenänderungen eine zusätzliche Verschiebung der anderen Positionspunkte, die mit dem Abstand zum Bezugspunkt wächst (entspricht dem "positionsabhängigen Anteil" der Temperaturkompensation).

Für eine gegebene Temperatur T ist die Fehlerkurve in der Regel ausreichend genau durch eine Gerade darstellbar, deren Geradensteigung und Lage der Bezugsposition von der Temperatur abhängen:



### Kompensationsgleichung

Der Kompensationswert  $\Delta K_x$  berechnet sich aus der aktuellen Istposition  $P_x$  dieser Achse und der Temperatur T nach folgender Gleichung:

$$\Delta K_x = K_0(T) + \tan\beta(T) \cdot (P_x - P_0)$$

Dabei bedeuten:

- $\Delta K_x$ : Temperaturkompensationswert der Achse an der Position  $P_x$
- $K_0$ : positionsunabhängiger Temperaturkompensationswert der Achse
- $P_x$ : Istposition der Achse
- $P_0$ : Bezugsposition der Achse
- $\tan\beta$ : Koeffizient für die positionsabhängige Temperaturkompensation (entspricht der Steigung der angenäherten Fehlergerade)

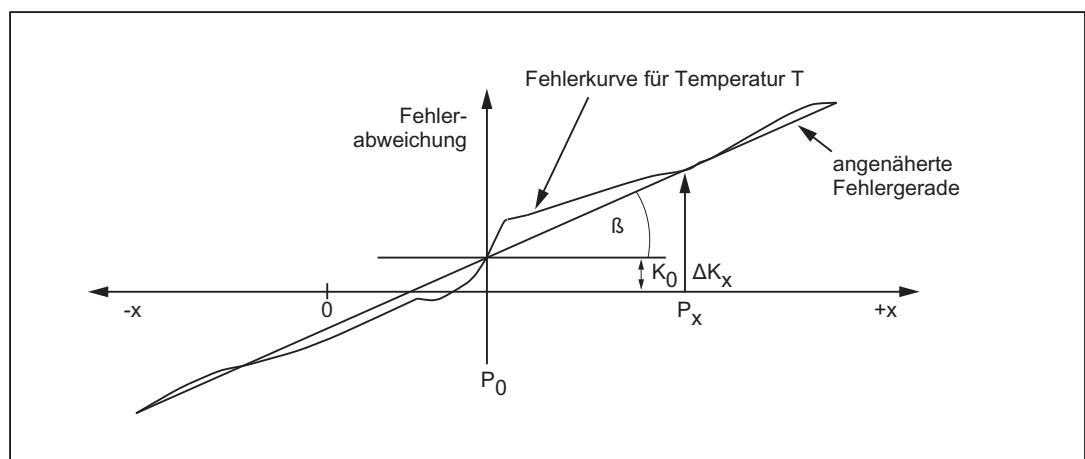


Bild 10-1 Angenäherte Fehlergerade für Temperaturkompensation

## Wirksamkeit

Damit die Temperaturkompensation wirksam ist, müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

1. Der Kompensationstyp ist angewählt (MD32750, siehe "Inbetriebnahme (Seite 289)").
2. Die zum Kompensationstyp zugehörigen Parameter sind vorgegeben (siehe "Inbetriebnahme (Seite 289)").
3. Die Achse ist referenziert:  
DB31, ... DBX60.4 bzw. 60.5 =1 (Referenziert/Synchronisiert 1 bzw. 2)

Sobald diese Bedingungen erfüllt sind, wird in allen Betriebsarten der zum aktuellen Positionswert zugehörige Temperaturkompensationswert additiv auf den Sollwert aufgeschaltet und von der Maschinenachse verwendet. Bei positivem Kompensationswert  $\Delta K_x$  fährt die Achse in negativer Richtung.

Falls anschließend die Referenzposition z. B. wegen Überschreiten der Encoderfrequenz wieder verloren geht (DB31, ... DBX60.4 bzw. 60.5 = 0), wird die Kompensationsverarbeitung ausgeschaltet.

## Takt

Die Ermittlung der Kompensationswerte erfolgt im Interpolatortakt.

## Anzeige

Der zur aktuellen Istposition gehörige Summen-Kompensationswert aus Temperatur- und Durchhangkompensation wird im Bedienbereich "Diagnose" im Fenster "Service-Achse/Spindel" angezeigt.

## Parameteranpassungen bei Temperaturänderungen

Da die angenäherte Fehlergerade nur für den momentanen Temperaturwert gilt, müssen bei steigender oder fallender Temperatur die Parameter der sich neu ergebenden Fehlergeraden wieder an den NC übergeben werden. Nur so ist sichergestellt, dass die Wärmeausdehnungen immer richtig kompensiert werden.

Da sich bei Änderung der Temperatur T die von ihr abhängigen Parameter ( $K_0$ ,  $\tan\beta$  und  $P_0$ ) ändern, können diese von der PLC oder über Synchronaktionen stets überschrieben werden.

Der Maschinenhersteller hat somit die Möglichkeit, die mathematischen und technologischen Zusammenhänge zwischen den Achspositionen und den Temperaturwerten mit Hilfe eines PLC-Anwenderprogramms abzubilden und somit die jeweiligen Parameter der Temperaturkompensation zu berechnen. Die Übertragung der Temperaturparameter zur NC erfolgt mit Hilfe der variablen Dienste FB2 (GET) "Daten lesen" und FB3 (PUT) "Daten schreiben".

Nähere Informationen bzgl. Handhabung und Versorgung von FB2 und FB3 siehe:

### **Weitere Informationen:**

Funktionshandbuch PLC



## Kompensationswert glätten

Damit es bei sprungförmigen Änderungen der Temperaturkompensationsparameter weder zu einer Überlastung der Maschine noch zu einem Ansprechen von Überwachungen kommt, werden die Kompensationswerte steuerungsintern auf mehrere IPO-Takte verteilt, sobald sie den maximalen Kompensationswert pro IPO-Takt (MD32760, siehe "Inbetriebnahme (Seite 289)") überschreiten.

## 10.2.2 Inbetriebnahme

### Temperaturabhängige Parameter

Für jede Achse können Fehlerkurven für verschiedene Temperaturen definiert werden. Für jede Fehlerkurve sind die folgenden Parameter zu bestimmen und als Settingdaten zu hinterlegen:

- Positionsunabhängiger Temperaturkompensationswert  $K_0$ :  
SD43900 \$SA\_TEMP\_COMP\_ABS\_VALUE
- Bezugsposition  $P_0$  für die positionsabhängige Temperaturkompensation:  
SD43920 \$SA\_TEMP\_COMP\_REF\_POSITION
- Steigungswinkel  $\tan\beta$  für die positionsabhängige Temperaturkompensation:  
SD43910 \$SA\_TEMP\_COMP\_SLOPE

### Temperaturkompensationstyp und Aktivierung

Die Auswahl des Temperaturkompensationstyps und die Aktivierung der Temperaturkompensation erfolgt über das achsspezifische Maschinendatum:

MD32750 \$MA\_TEMP\_COMP\_TYPE (Temperaturkompensationstyp)

Bit	Wert	Bedeutung	zugehörige Parameter
0		Positionsunabhängige Temperaturkompensation	SD43900
	0	nicht aktiv	
	1	aktiv	
1		Positionsabhängige Temperaturkompensation	SD43920, SD43910
	0	nicht aktiv	
	1	aktiv	
2		Temperaturkompensation in Werkzeugrichtung	MD20390 \$MC_TOOL_TEMP_COMP_ON (Aktivierung Temperaturkomp. Werkzeufl.)
	0	nicht aktiv	
	1	aktiv	

### Maximaler Kompensationswert pro IPO-Takt

Der pro IPO-Takt maximal mögliche Kompensationswert, d. h. die durch die Temperaturkompensation in einem IPO-Takt maximal verfahrbare Strecke, wird begrenzt durch das Maschinendatum:

MD32760 \$MA\_COMP\_ADD\_VELO\_FACTOR (Geschwindigkeitsüberhöhung durch Kompensation)

Der angegebene Wert wirkt als Faktor und bezieht sich auf die maximale Achsgeschwindigkeit (MD32000 \$MA\_MAX\_AX\_VELO).

Durch MD32760 wird auch die Steigung der Fehlergeraden ( $\tan \beta$ ) der Temperaturkompensation maximal begrenzt.

### 10.2.3 Beispiel

#### 10.2.3.1 Inbetriebnahme der Temperaturkompensation für die Z-Achse einer Drehmaschine

Nachfolgend wird die Vorgehensweise für die Inbetriebnahme der Temperaturkompensation anhand eines Beispiels (Z-Achse einer Drehmaschine) erläutert.

#### Fehlerverlauf der Z-Achse ermitteln

Um den temperaturbedingten Fehlerverlauf der Z-Achse zu ermitteln, wird wie folgt vorgegangen:

- Gleichmäßiges Erwärmen durch Verfahren im gesamten Verfahrbereich der Z-Achse (im Beispiel: von 500 mm bis 1500 mm)
- Vermessen der Achsposition in Schritten von 100 mm
- Messen der aktuellen Temperatur an der Kugelrollspindel
- Durchführung des Verfah-Messzyklus alle 20 Minuten

Anhand der aufgenommenen Daten können die mathematischen und technologischen Zusammenhänge und daraus die Parameter der Temperaturkompensation abgeleitet werden. Im folgenden Bild sind die ermittelten Fehlerabweichungen für eine bestimmte Temperatur, bezogen auf die von der NC angezeigte Istposition der Z-Achse, grafisch dargestellt.

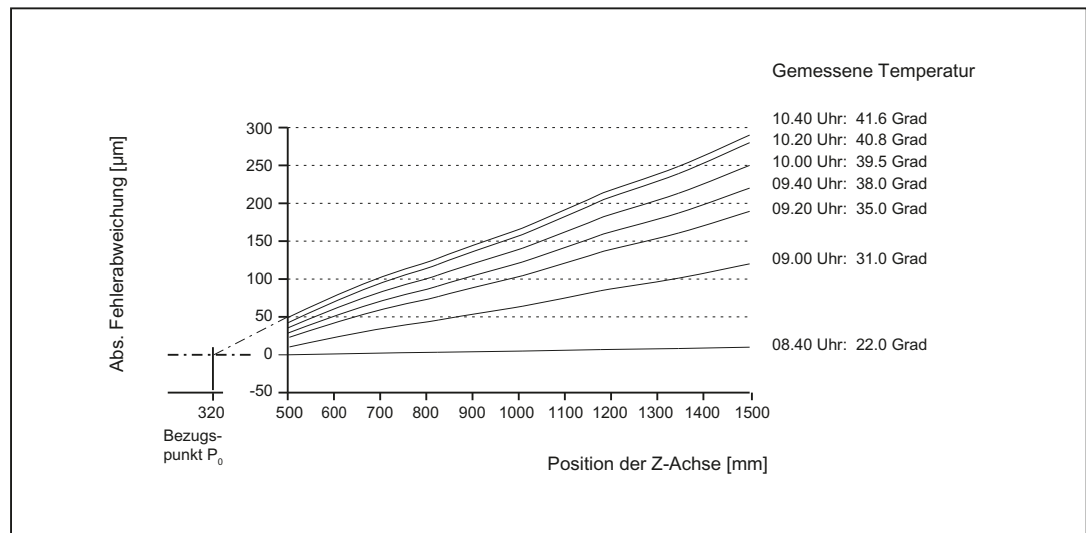


Bild 10-2 Ermittelte Fehlerkurven der Z-Achse

## Parameter bestimmen

Anhand der ermittelten Messergebnisse (siehe vorhergehendes Bild) sind nun die Parameter der Temperaturkompensation zu bestimmen.

### Bezugsposition $P_0$

Wie vorhergehendes Bild zeigt, gibt es prinzipiell zwei Varianten für die Parametrierung der Bezugsposition  $P_0$ :

1.  $P_0 = 0$  mit positionsunabhängigem Temperaturkompensationswert  $K_0 \neq 0$
2.  $P_0 \neq 0$  mit positionsunabhängigem Temperaturkompensationswert  $K_0 = 0$

In diesen Fall wird die Variante 2 gewählt, womit der positionsunabhängige Temperaturkompensationswert immer 0 ist. Somit besteht der Temperaturkompensationswert nur aus der positionsabhängigen Komponente.

Es ergeben sich folgende Parameter:

- MD32750 \$MA\_TEMP\_COMP\_TYPE = 2  
(nur positionsabhängige Temperaturkompensation aktiv)
- $P_0 = 320$  mm → SD43920 \$SA\_TEMP\_COMP\_REF\_POSITION = 320  
(Bezugsposition für positionsabhängige Temperaturkompensation)

### Koeffizient $\tan\beta$ (T)

Um die Abhängigkeit des Koeffizienten  $\tan\beta$  der positionsabhängigen Temperaturkompensation von der Temperatur zu ermitteln, wird die Fehlerkurvensteigung über der gemessenen Temperatur grafisch aufgetragen:

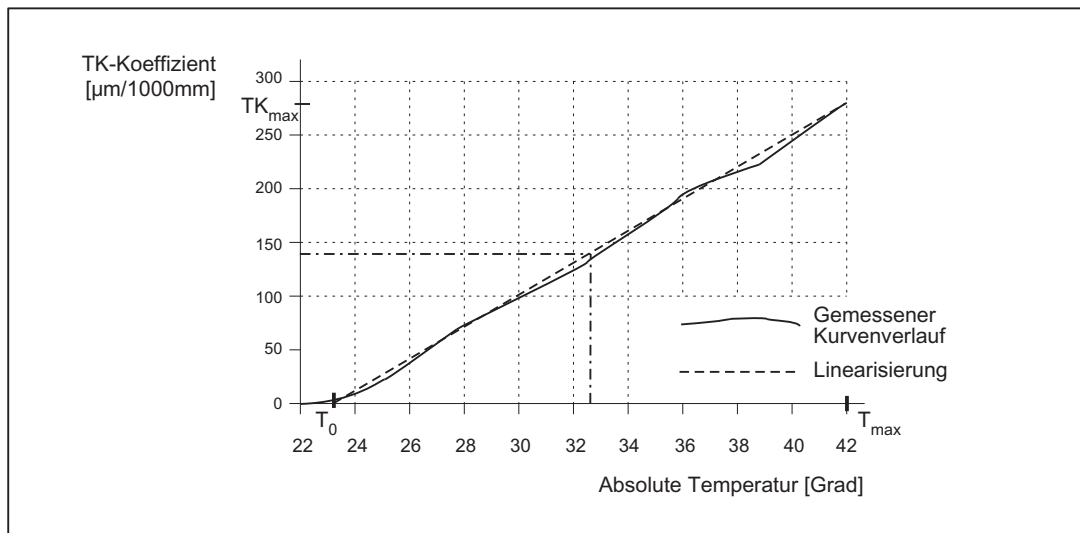


Bild 10-3 Verlauf des Koeffizienten  $\tan\beta$  in Abhängigkeit von der gemessenen Temperatur T

Bei entsprechender Linearisierung ergibt sich für den Koeffizienten  $\tan\beta$  folgende Abhängigkeit von T:

$$\tan\beta(T) = (T - T_0) * TK_{\max} * 10^{-6} / (T_{\max} - T_0)$$

mit

$T_0$  = Temperatur, bei der der positionsabhängige Fehler = 0 ist; [Grad]

$T_{\max}$  = maximal gemessene Temperatur; [Grad]

$TK_{\max}$  = Temperaturkoeffizient bei  $T_{\max}$ ; [ $\mu\text{m}/1000 \text{ mm}$ ]

Entsprechend den Werten aus obigem Bild somit:

$$T_0 = 23^\circ$$

$$T_{\max} = 42^\circ$$

$$TK_{\max} = 270 \mu\text{m}/1000 \text{ mm}$$

Daraus ergibt sich  $\tan\beta$  (T) zu:

$$\begin{aligned} \tan\beta(T) &= (T - 23) [\text{Grad}] * 270 [\mu\text{m}/1000 \text{ mm}] * 10^{-6} / (42 - 23) [\text{Grad}] \\ &= (T - 23) [\text{Grad}] * 14,21 [\mu\text{m}/1000 \text{ mm}] * 10^{-6} \end{aligned}$$

Beispiel:

Bei einer Temperatur T = 32,3 Grad ergibt sich:  $\tan\beta = 0,000132$

## PLC-Anwenderprogramm

Im PLC-Anwenderprogramm ist nach obiger Formel der der gemessenen Temperatur entsprechende Koeffizient  $\tan\beta$  (T) zu berechnen und in folgendes Settingdatum der NC zu schreiben:

SD43910 \$SA\_TEMP\_COMP\_SLOPE (Steigungswinkel für positionsabhängige Temperaturkompensation)

Nach obigem Beispiel:

SD43910 \$SA\_TEMP\_COMP\_SLOPE = 0,000132

## 10.3 Losekompensation

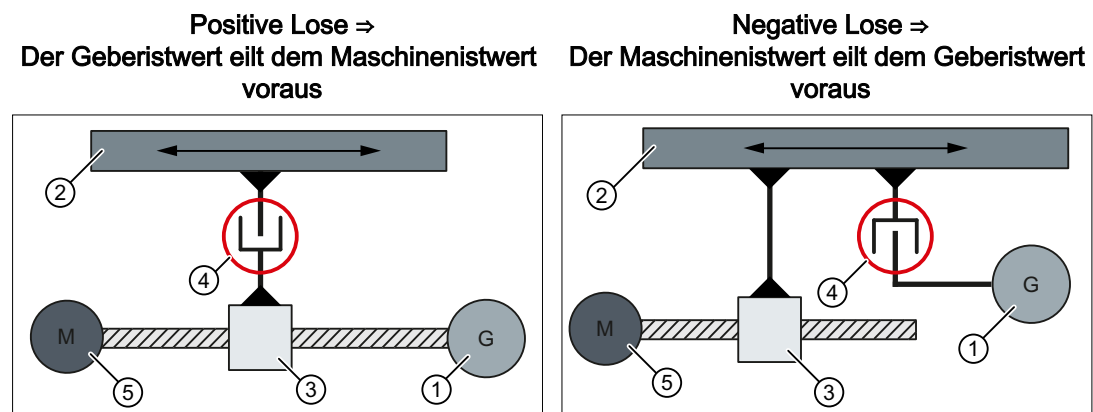
### 10.3.1 Mechanische Losekompensation

#### 10.3.1.1 Funktion

Mechanische Lose können im Antriebsstrang von bewegten Maschinenteilen (Maschinenachsen), z. B. an der Kugelrollspindel, oder in der Verbindung zum Messsystem auftreten.

#### Auswirkungen

Bei einer Maschinenachse mit indirektem Messsystem führt eine mechanische Lose zu einer Differenz zwischen der über das Messsystem ermittelten Istposition der NC und der tatsächlichen Istposition des Maschinenteils. Die Maschinenachse fährt bei Richtungsumkehr um den Betrag der Lose falsch:



Der Tisch fährt zu kurz, da sich der Geberwert aufgrund der Lose schon verändert (voraus eilt), während der Tisch noch steht.

- ① Geber
- ③ Kugelrollspindel
- ⑤ Motor

Der Tisch fährt zu weit, da sich der Geberwert aufgrund der Lose noch nicht verändert (nach eilt), während der Tisch schon verfährt.

- ② bewegtes Maschinenteil (Tisch)
- ④ mechanische Lose

#### Kompensation

Zur Kompensation der mechanischen Lose wird der Istwert der Maschinenachse bei jedem Richtungswechsel um den bei der Inbetriebnahme (Seite 294) eingestellten achsspezifischen Kompensationswert korrigiert.

### Wirksamkeit

Die mechanische Losekompensation einer Maschinenachse wirkt in allen Betriebsarten.  
Voraussetzung:

- Inkrementelles Messsystem: Geberstatus == "Referenziert"
- Absolutwertgeber: Geberstatus == "Synchronisiert"

### Anzeige der wirksamen Kompensationswerte

Die bei der aktuellen Istposition der Maschinenachse wirksamen Kompensationswerte werden an der Bedienoberfläche achsspezifisch angezeigt.

SINUMERIK Operate: Bedienbereich "Diagnose" > ETC-Taste (">") > "Achsd Diagnose" > "Service Achse" >

- "Abs. Kompensationswert Messsystem 1"
- "Abs. Kompensationswert Messsystem 2"
- "Kompensationswert aus SSFK"

## 10.3.1.2 Inbetriebnahme: Achsspezifische Maschinendaten

### Kompensationswert

In das Maschinendatum wird der Kompensationswert der mechanischen Umkehrlose eingetragen.

MD32450 \$MA\_BACKLASH[ <aktives Messsystem> ] = <Kompensationswert>

### Messung

- Verfahren der Maschinenachse bzw. des Maschinenteils mit hoher Geschwindigkeit auf eine beliebige Messposition.
- Messen der Istposition des Maschinenteils
- Berechnen des Losekompensationswerts  $K_L$   
 $K_L = \text{"Angezeigte Istposition der Maschinenachse"} - \text{"Gemessene Istposition des Maschinenteils"}$ 
  - $K_L > 0$  (**positive Lose**)  $\Rightarrow$  **positiver** Kompensationswert
  - $K_L < 0$  (**negative Lose**)  $\Rightarrow$  **negativer** Kompensationswert

### Überprüfung

Um die Wirkung der Kompensation zu überprüfen, wird empfohlen, die Messung der mechanischen Umkehrlose nach dem Aktivieren des Maschinendatums zu wiederholen.

### Kreisformtest

Zur Visualisierung der mechanischen Umkehrlose kann der in der Bedienoberfläche integrierte Kreisformtest verwendet werden.

SINUMERIK Operate: Bedienbereich "Inbetriebnahme" > "Optimierung/Test" > "Kreisformtest"

### Zweites Messsystem

Ist an der Maschinenachse ein zweites Messsystem vorhanden, muss der Kompensationswert auch für dieses ermittelt und in das Maschinendatum eingetragen werden:

MD32450 \$MA\_BACKLASH[ <Messsystem 2> ]

Bei einer Messsystemumschaltung wird automatisch der zugehörige Kompensationswert verwendet.

### Parametersatzabhängiger Bewertungsfaktor

Bei parametersatzabhängiger mechanischer Lose wird in das folgende Maschinendatum der parametersatzspezifische Faktor eingegeben, mit dem der Kompensationswert der Umkehrlose (MD32450 \$MA\_BACKLASH) beaufschlagt wird:

MD32452 \$MA\_BACKLASH\_FACTOR[ <Parametersatz 1 ... n> ] = <Faktor>

### Wirksamer Kompensationswert

Der wirksame Kompensationswert  $K_p$  eines Parametersatzes berechnet sich zu:

$$K_p = ( \text{MD32450 } \$MA\_BACKLASH[ \text{ <aktives Messsystem> } ] ) * ( \text{MD32452 } \$MA\_BACKLASH\_FACTOR[ \text{ <Parametersatz> } ] )$$

### Losekompensationsmodus

Das Verhalten der mechanischen Losekompensation einer Maschinenachse wird eingestellt mit dem Maschinendatum:

MD32454 \$MA\_BACKLASH\_MODE

Bit	Bedeutung
0	Restaurieren des zuletzt wirksamen Losekompensationswerts nach Hochlauf der Steuerung
	= 0   Der Losekompensationswert wird <b>nicht</b> restauriert (Standardeinstellung).
	= 1   Der Losekompensationswert wird restauriert.
<b>Voraussetzung</b> Das nach dem Hochlauf der Steuerung aktive Messsystem muss justiert und synchronisiert sein: <ul style="list-style-type: none"> <li>• MD34210 \$MA_ENC_REFP_STATE[&lt;aktives Messsystem&gt;] == 2</li> <li>• DB31, ... .DBX60.4 - 5 == 1 (Messsystem 1 / 2: Referenziert, Synchronisiert)</li> </ul>	
1	Auswirkung anderer Kompensationsfunktionen (Temperaturkompensation, Durchhang- und Winkligkeitsfehlerkompensation)
	= 0   Die Losekompensation reagiert auf andere Kompensationsbewegungen (Standardeinstellung).
	= 1   Die Losekompensation reagiert <b>nicht</b> auf andere Kompensationsbewegungen.

## 10.3.2 Dynamische Losekompensation

### 10.3.2.1 Funktion

#### Dynamische Lose

Eine dynamische Lose kann bei Maschinentypen mit Gleitführungen auftreten. Abhängig von der Achsdynamik (Geschwindigkeit, Ruck, etc.), mit der eine Endposition angefahren wird, erreicht der Maschinenschlitten die programmierte Endposition oder bleibt bereits vorher in der Haftreibung stecken. Der Positionsfehler, der dabei entsteht, ist richtungssymmetrisch.

#### Kompensation

Zur Kompensation der dynamischen Lose wird der halbe, vorzeichenbehaftete Kompensationswert (MD32456, siehe "Inbetriebnahme: Achsspezifische Maschinendaten (Seite 297)") entsprechend der jeweiligen Verfahrrichtung der Achse aufgeschaltet. Die Aufschaltung des Kompensationswerts erfolgt rampenförmig.

#### Aktivierung

Die dynamische Losekompensation wird durch die PLC ausschließlich in den erforderlichen Situationen aktiviert:

DB31, ... DBX25.0 (Dynamische Losekompensation aktivieren)

---

#### Hinweis

Die "erforderlichen" Situationen für die Aktivierung der dynamischen Losekompensation werden vom Maschinenhersteller im PLC-Anwenderprogramm festgelegt. Solche Situationen können entstehen beim Verfahren von Achsen mit G1, in der Betriebsart JOG oder über ein Handrad.

---

Die erfolgreiche Aktivierung wird über das folgende Nahtstellensignal von der NC an die PLC zurückgemeldet:

DB31, ... DBX102.0 (Dynamische Losekompensation aktiv)

#### Voraussetzung

Die zu kompensierende Achse muss referenziert sein.

#### Anzeige

Der zur aktuellen Istposition gehörige Kompensationswert wird im Bedienbereich "Diagnose" im Fenster "Service-Achse/Spindel" als Summen-Kompensationswert aus SSK, mechanischer und dynamischer Losekompensation angezeigt.



### 10.3.2.2 Inbetriebnahme: Achsspezifische Maschinendaten

#### Kompensationswert

Als Voraussetzung zur Inbetriebnahme der dynamischen Losekompensation muss die Inbetriebnahme der mechanischen Losekompensation bereits durchgeführt worden sein (siehe Kapitel "Inbetriebnahme: Achsspezifische Maschinendaten (Seite 294)"). Zur Ermittlung des Kompensationswerts für die dynamische Losekompensation ist die dort beschriebene Messung mit einer **kleinen** Verfahrgeschwindigkeit zu wiederholen. Der so ermittelte Losekompensationswert wird für das entsprechende Messsystem in das Maschinendatum eingetragen:

MD32456 \$MA\_BACKLASH\_DYN[ <aktives Messsystem> ] = <Kompensationswert für dynamische Losekompensation>

#### Maximale Toleranz bei Lageistwertumschaltung

Es besteht die Möglichkeit geboten, den Losekompensationswert bei Richtungsumkehr der betreffenden Achse in mehreren Teilstücken aufzuschalten. Damit wird vermieden, dass ein Sollwertsprung auf den Achsen zu entsprechenden Fehlern führt. Der Inhalt des achsspezifischen Maschinendatums bestimmt die Schrittweite, mit der der Losekompensationswert (MD32450) aufgeschaltet wird:

MD36500 \$MA\_ENC\_CHANGE\_TOL (Maximale Toleranz bei Lageistwertumschaltung)

Es ist zu beachten, dass die Losekompensation erst nach <n> Servotakten eingerechnet ist (<n> = MD32450 / MD36500). Eine zu große Zeitspanne kann zur Auslösung von Stillstandsüberwachungsalarmlen führen. Ist MD36500 > MD32450, wird die Kompensation in einem Servotakt ausgeführt.

#### Kompensationswertänderung

Mit dem Maschinendatum wird die Geschwindigkeit, mit welcher der Kompensationswert herausgefahren wird, in Prozent der maximalen Achsgeschwindigkeit (MD32000 \$MA\_MAX\_AX\_VELO) eingestellt:

MD32457 \$MA\_BACKLASH\_DYN\_MAX\_VELO = <Prozentwert der maximalen Achsgeschwindigkeit>

### 10.3.3 Dual-Position-Feedback

Bei der Funktion "Dual-Position-Feedback" werden im Unterschied zur konventionellen (mechanischen oder dynamischen) Losekompensation zwei Messsysteme, die mechanisch über ein losebehaftetes Getriebe gekoppelt sind, für die Lageregelung genutzt. Dabei werden die Vorteile des direkten mit den Vorteilen des indirekten Messsystems kombiniert:

- Direktes Messsystem: Die Lageregelung mit direktem, d.h. lastseitigem Geber, korrigiert die Lose "automatisch".
- Indirektes Messsystem: Die Lageregelung mit indirektem, d.h. motorseitigem Geber, ist "robust" und "stabil" gegenüber der Unstetigkeit einer Lose.

Bei jeder Sollwert-Änderung wird zunächst ausschließlich mit den Geber-Informationen des indirekten Messsystems robust und schwingungsfrei geregelt. In einer parametrierbaren Verzögerungszeit wechselt die Regelung gleitend auf die Beobachtung des direkten Messsystems und erreicht dadurch die benötigte lastseitige Genauigkeit. Die Regelvorgänge sollten zu diesem Zeitpunkt nur noch kleine Wege betragen, da inzwischen die Zahnflanken anliegen, d.h. die Lose ist durchfahren.

Bei Verwendung der Funktion "Dual-Position-Feedback" kann dann auf eine Vermessung und mathematische Kompensation der Lose verzichtet werden.

## Voraussetzungen

Für eine zu kompensierende Achse müssen folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- Direktes und indirektes Messsystem, mechanisch gekoppelt:
  - MD30200 \$MA\_NUM\_ENCS = 2
  - MD31040 \$MA\_ENC\_IS\_DIRECT[ 0 ] = 0 oder 1
  - MD31040 \$MA\_ENC\_IS\_DIRECT[ 1 ] = 1 oder 0
- Der Messsystemabgleich ist freigegeben:  
MD34102 \$MA\_REFP\_SYNC\_ENCS = 1
- Beide Messsysteme sind referenziert:
  - DB31, ... DBX60.4 (Referenziert / Synchronisiert 1 / 2) = 1
  - DB31, ... DBX60.5 (Referenziert / Synchronisiert 1 / 2) = 1

## Anwendung

Typische Anwendungen sind Hauptspindeln an Drehmaschinen, die eine lose-behaftete Mechanik zwischen Motor und Drehspindel haben (z.B. Getriebe). Dennoch benötigen diese Achsen für die Genauigkeit beim C-Achs-Betrieb ein direktes Messsystem (lastseitig).

Durch die mechanischen Gegebenheiten, wie Lose und Steifigkeit, kann aber die Achse nicht die gleiche Lageregeldynamik mit lastseitigem Geber fahren (im Vergleich zu Lageregelung auf Motorgeber). Hierfür bietet Dual-Position-Feedback die Lösung.

Der Kv-Faktor muss nicht reduziert werden und es kann dennoch auf den direkten Geber positioniert werden.

### 10.3.3.1 Inbetriebnahme: Achsspezifische Maschinendaten

#### Verzögerungszeit

In das Maschinendatum wird die Verzögerungszeit eingetragen, in welcher die Regelung gleitend vom indirekten zum direkten Messsystem wechselt.

MD32960 \$MA\_POSCTRL\_DUAL\_FEEDBACK\_TIME = <Verzögerungszeit>

Ist die Verzögerungszeit Null, ist die Funktion inaktiv und nur das aktive Messsystem (DB31, ... .DBX1.5 / .6 (Lagemesssystem 1 / 2) ) für die Lageregelung wirksam.

---

#### Hinweis

Nach Aktivierung der Funktion "Dual-Position-Feedback" bleiben alle bereits existierenden Messsystem-Kompensationen und -Überwachungen unverändert aktiv und müssen eventuell vom Anwender deaktiviert werden (z. B. Löschen der Losekompensationswerte).

---

### 10.3.3.2 Randbedingungen

#### Referenzieren und fliegendes Messen

Die Funktionen "Referenzieren" und "Messen" beziehen sich auch bei aktiver Funktion "Dual Position Feedback" auf das aktive Messsystem (DB31, ... .DBX1.5 / .6 (Lagemesssystem 1 / 2) ).

#### Weitere Informationen

- Funktionshandbuch Achse und Spindeln; Referenzieren
- Funktionshandbuch Technologien, Messen

## 10.4 Nickkompensation

### 10.4.1 Funktionsbeschreibung

#### 10.4.1.1 Optionen

Die Funktion "Nickkompensation" ist eine lizenzpflichtige Option. Folgende Ausprägungen stehen zur Verfügung:

- **Nickkompensation ECO:** 6FC5800-0AS20-0YB0  
Nickkompensation in **einer** Maschinenachse mit **einer** Beschleunigenden Achse:
- **Nickkompensation ADVANCED:** 6FC5800-0AS21-0YB0  
Nickkompensation in einer **beliebigen Anzahl** von Maschinenachsen

#### 10.4.1.2 Merkmale

Die Nickkompensation dient zur Kompensation von dynamischen Positionsabweichungen in einer Maschinenachse aufgrund von Beschleunigungsvorgängen in einer anderen oder auch derselben Maschinenachse. Die Positionsabweichungen ergeben sich dabei aufgrund von mechanischen Nachgiebigkeiten innerhalb der Maschine.

Beispielhaft wird dies im nachfolgenden Bild anhand einer schematisch dargestellten 3-achsigen Fahrständermaschine aufgezeigt. Wird die Y-Achse mit der  $a_Y$  beschleunigt, ergeben

sich aufgrund der mechanischen Nachgiebigkeit in der Maschine in der Z-Achse  
Positionsabweichungen  $\Delta z$ .

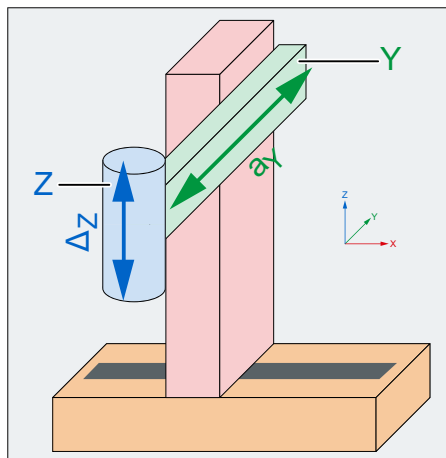


Bild 10-4 3-achsige Fahrständermaschine

**Begriffsdefinitionen**

- **Achsen der Nickkompensation**  
Im weiteren Verlauf werden die an der Nickkompensation beteiligten Maschinenachsen wie folgt bezeichnet:
  - **Kompensierende Achse**  
Eine Maschinenachse, in der Beschleunigungsvorgänge von anderen Maschinenachsen zu Positionsabweichungen führen, die durch die Nickkompensation kompensiert werden. Im Bild: Kompensierende Achse → Z-Achse
  - **Beschleunigende Achse**  
Maschinenachse, deren Beschleunigungsvorgänge aufgrund der Nachgiebigkeit innerhalb der Maschine zu Positionsabweichung in der Kompensierenden Achse führen. Im Bild: Beschleunigende Achse → Y-Achse
  - **Adaptionsachse**  
Maschinenachse, deren Position beim Verfahren der Beschleunigenden Achse die Größe der Positionsabweichung in der Kompensierende Achse beeinflusst. Im Bild: Adaptionsachse → X-Achse
- **Nachgiebigkeitsfaktor**  
Der Nachgiebigkeitsfaktor N beschreibt die Größe der Positionsabweichung  $\Delta$  der Kompensierenden Achse bei einer Verfahrbewegung der Beschleunigenden Achse mit der Beschleunigung a. Der Nachgiebigkeitsfaktor N ist der Quotient aus der Positionsabweichung  $\Delta$  der Kompensierenden Achse und der verursachenden Beschleunigung a der Beschleunigenden Achse:  $N = \Delta / a$

---

**Hinweis****Weitere Informationen**

Die Ermittlung des Nachgiebigkeitsfaktors ist ausführlich beschrieben in:

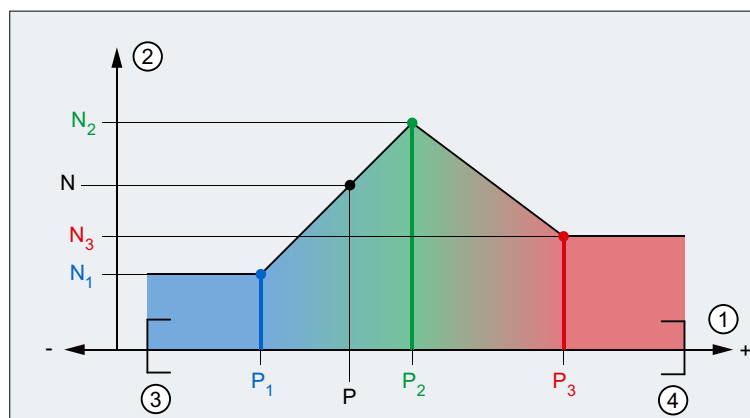
- Inbetriebnahmehandbuch Inbetriebnahme CNC: NC, PLC, Antrieb; Inbetriebnahme NC > Nickkompensation
  - Online-Hilfe  
Die Online-Hilfe zur Nickkompensation wird auf der Bedienoberfläche von SINUMERIK Operate aufgerufen über: Inbetriebnahme > NC > Nickkompensation > HELP-Taste auf der Bedientafelfront
- 
- **Kompensationswert**  
Der aktuelle Kompensationswert  $\Delta$  ergibt sich durch die Multiplikation des aktuellen Nachgiebigkeitsfaktors N mit der aktuellen Beschleunigung a der Verursachenden Achse

**Randbedingungen**

- **Rundachsen**  
Weder die Kompensierende, die Beschleunigende noch die Adaptionssache darf eine Rundachse sein.
- **Unterschiede zum Compile-Zyklus "RMCC/NOCO Nickkompensation"**  
(6FC5800-0AN63-0YB0)
  - Die Funktionalität der Systemfunktion "Nickkompensation" ist im Gegensatz zum Compile-Zyklus "RMCC/NOCO" ausschließlich auf die Kompensation der Nickbewegung beschränkt. Die im Compile-Zyklus darüber hinaus gehenden Funktionen, wie die Kompensation von Fliehkräften, die Berücksichtigung von Rundachsstellungen sowie umfangreichere Positionstabellen, stehen mit der Systemfunktion nicht zur Verfügung.
  - Die Systemfunktion "Nickkompensation" und der Compile-Zyklus "RMCC/NOCO" können nur alternativ verwendet werden.
  - Eine Übernahme der Parametrierdaten des Compile-Zyklus "RMCC/NOCO" zur Parametrierung der Systemfunktion "Nickkompensation" ist nicht möglich.

**10.4.1.3 Positionsabhängiger Nachgiebigkeitsfaktor**

Ist die Nachgiebigkeit der Maschine abhängig von der Position einer weiteren Maschinenachse (Adaptionssache), können bis zu drei verschiedenen Positionen der Adaptionssache als Stützpunkte der Adaptionsskennlinie ausgewählt und die dort wirksamen Nachgiebigkeitsfaktoren ermittelt werden. Die Positionen (P1, P2, P3) und die dort wirksamen Nachgiebigkeitsfaktoren (N1, N2, N3) sind in den Maschinendaten der Kompensierenden Achse zu hinterlegen. Beim Verfahren der Beschleunigenden Achse wird dann der wirksame Nachgiebigkeitsfaktor abhängig von der Position der Adaptionssache durch Linearinterpolation zwischen den Stützpunkten berechnet.



- ① Verfahrbereich Adaptionssache mit  $P_1 < P_2 < P_3$
- ② Nachgiebigkeitsfaktor der Kompensierenden Achse
- ③ Verfahrbereichsgrenze -
- ④ Verfahrbereichsgrenze +

Bild 10-5 Kompensationskennlinie

Aktuelle Position: P	Nachgiebigkeitsfaktor: N
P kleiner gleich $P_1$ bis Verfahrbereichsgrenze minus	$N = N_1$
P zwischen $P_1$ und $P_2$	$N = \text{Linearinterpolation zwischen } N_1 \text{ und } N_2$
P gleich $P_2$	$N = N_2$
P zwischen $P_2$ und $P_3$	$N = \text{Linearinterpolation zwischen } N_2 \text{ und } N_3$
P größer gleich $P_3$ bis Verfahrbereichsgrenze plus	$N = N_3$

#### 10.4.1.4 Kompensationsbeziehungen

Eine Kompensationsbeziehung beschreibt folgende Abhängigkeiten des Kompensationswertes:

- Von der Beschleunigung der Beschleunigenden Achse
- Von der Position der Adaptionssachse
- Von der Nachgiebigkeit der Maschine

In den Maschinendaten einer Kompensierenden Achse können bis zu drei Kompensationsbeziehungen parametrisiert werden. Pro Kompensationsbeziehung sind dazu folgende Daten einstellbar:

- Beschleunigende Achse
- Adaptionssachse
- Anzahl Positionen der Adaptionssachse
- Positionen der Adaptionssachse
- Nachgiebigkeitsfaktoren an den Positionen

#### Beschleunigende Achsen bzw. Adaptionssachsen

Als Beschleunigende Achse oder Adaptionssachse kann jede beliebige **lineare** Maschinenachse der NC verwendet werden. Auch die Kompensierende Achse selbst.

#### Gesamt-Kompensationswert

Der auf die Kompensierende Achse wirkende Gesamt-Kompensationswert ist die Summe der Kompensationswerte der einzelnen Kompensationsbeziehungen.

## 10.4.2 Inbetriebnahme: Maschinendaten

### 10.4.2.1 Übersicht

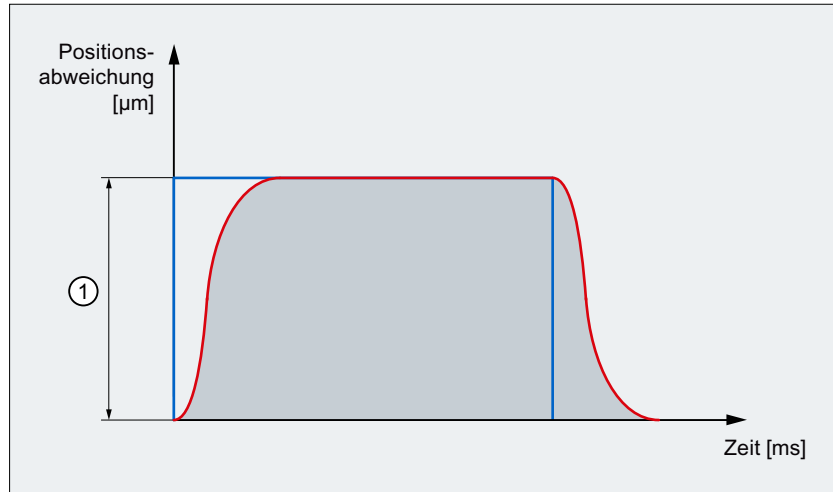
Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick mit welchen Maschinendaten die Nickkompensation parametrierung wird:

Nummer	Name: \$MA_	Bedeutung
MD37302	NOCO_FILTER_TIME	Zeitkonstante zur Glättung der Nickkompensationswerte (Seite 305)
<b>Kompensationsbeziehung 1</b>		
MD37310	NOCO_INPUT_AX_1	Maschinenachse, die eine Nickbewegung verursacht (Seite 305)
MD37312	NOCO_ADAPT_AX_1	Maschinenachse, deren Position die Nickbewegung beeinflusst (Seite 306)
MD37314	NOCO_ADAPT_NUM_1	Anzahl der Positionen der Adaptionenkennlinie der Nickkompensation (Seite 307)
MD37316	NOCO_ADAPT_POS_1	Positionen der Adaptionenkennlinie der Nickkompensation (Seite 308)
MD37318	NOCO_COMPLIANCE_1	Nachgiebigkeitsfaktoren zur Nickkompensation (Seite 309)
<b>Kompensationsbeziehung 2</b>		
MD37320	NOCO_INPUT_AX_2	Siehe MD37310
MD37322	NOCO_ADAPT_AX_2	Siehe MD37312
MD37324	NOCO_ADAPT_NUM_2	Siehe MD37314
MD37326	NOCO_ADAPT_POS_2	Siehe MD37316
MD37328	NOCO_COMPLIANCE_2	Siehe MD37318
<b>Kompensationsbeziehung 3</b>		
MD37330	NOCO_INPUT_AX_3	Siehe MD37310
MD37332	NOCO_ADAPT_AX_3	Siehe MD37312
MD37334	NOCO_ADAPT_NUM_3	Siehe MD37314
MD37336	NOCO_ADAPT_POS_3	Siehe MD37316
MD37338	NOCO_COMPLIANCE_3	Siehe MD37318



### 10.4.2.2 Zeitkonstante zur Glättung der Nickkompensationswerte

Über das Maschinendatum wird die Zeitkonstante eingestellt, mit der das Aufschalten des Gesamt-Nickkompensationswerts geglättet wird.



- ① Positionsabweichung
- Blau: Sollwert
  - Rot: Istwert

MD37302 \$MA\_NOCO\_FILTER\_TIME[<Komp. Achse>] = <Zeitkonstante>

#### Hinweis

##### Abschalten der Glättung

Die Glättung wird abgeschaltet bzw. ist nicht wirksam, wenn die Zeitkonstante kleiner als 10 % des Lageregler-Takts eingestellt wird:

Zeitkonstante < 0,1 \* MD10061 \$MN\_POSCTRL\_CYCLE\_TIME

### 10.4.2.3 Beschleunigende Achse

In das Maschinendatum ist die Nummer der Maschinenachse einzutragen, deren Beschleunigungsvorgänge zu Positionsabweichungen in der Kompensierenden Achse führen.

Die Nummer der Beschleunigenden Achse bezieht sich auf die im Maschinendatum MD10002 \$MN\_AXCONF\_LOGIC\_MACHAX\_TAB parametrisierten Maschinenachsen der NC. Die Nummer der Maschinenachse ist dabei der entsprechende Maschinendatenindex + 1.

MD37310 \$MA\_NOCO\_INPUT\_AX\_1[<Komp. Achse>] = <Maschinenachsennummer>

#### Beispiel

Durch die Nachgiebigkeit der Maschine ergibt sich bei Beschleunigung der Y-Achse eine Positionsabweichung in der Z-Achse.

- Kompensierende Achse: AX3 (Z-Achse)
- Beschleunigende Achse: AX2 (Y-Achse)

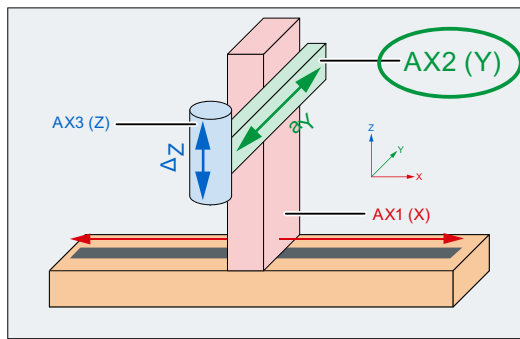


Bild 10-6 Beschleunigende Achse AX2 (Y-Achse)

```
MD10002 $MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[ 0 ] = "AX1" ; X-Achse
MD10002 $MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[ 1 ] = "AX2" ; Y-Achse
MD10002 $MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[ 2 ] = "AX3" ; Z-Achse
```

```
MD37310 $MA_NOCO_INPUT_AX_1[ AX3 ] = 2 ; Beschleunigende Achse = Y-Achse
```

#### 10.4.2.4 Adaptionssachse

In das Maschinendatum ist die Nummer der Maschinenachse einzutragen, deren Istposition die Positionsabweichung in der Kompensierenden Achse beeinflusst.

Die Nummer der Maschinenachse bezieht sich auf die im Maschinendatum MD10002 \$MN\_AXCONF\_LOGIC\_MACHAX\_TAB parametrisierten Maschinenachsen der NC. Die Nummer der Maschinenachse ist dabei der entsprechende Maschinendatenindex + 1.

```
MD37312 $MA_NOCO_ADAPT_AX_1[<Komp. Achse>] = <Maschinenachsnummer>
```

#### Hinweis

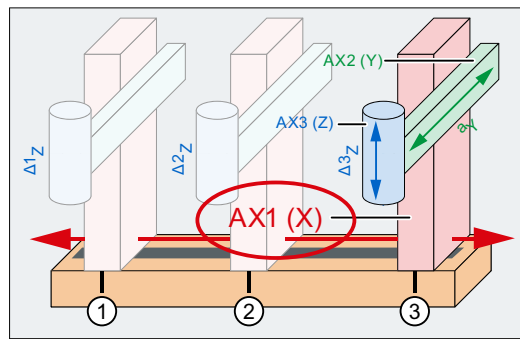
##### Aktivierung der positionsabhängigen Adaption

Die positionsabhängige Adaption wird nur dann aktiv, wenn eine Adaptionssachse und mehr als eine Position (MD37314 \$MA\_NOCO\_ADAPT\_NUM\_1 (Seite 307)) parametrisiert sind.

#### Beispiel

Durch die Nachgiebigkeit der Maschine ergibt sich bei Beschleunigung der Y-Achse eine Positionsabweichung in der Z-Achse. Die Positionsabweichung ist darüber hinaus abhängig von der Position der X-Achse.

- Kompensierende Achse: AX3 (Z-Achse)
- Beschleunigende Achse: AX2 (Y-Achse)
- Adaptionssachse: AX1 (X-Achse)



①, ②, ③ Achspositionen der Adaptionsschneise AX1 (X-Achse)

Bild 10-7 Adaptionsschneise AX1 (X-Achse)

```
MD10002 $MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[ 0 ] = "AX1" ; X-Achse
MD10002 $MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[ 1 ] = "AX2" ; Y-Achse
MD10002 $MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[ 2 ] = "AX3" ; Z-Achse
```

```
MD37312 $MA_NOCO_ADAPT_AX_1[ AX3 ] = 1 ; Adaptionsschneise = X-Achse
```

#### 10.4.2.5 Anzahl Positionen der Adaptionsschneise

In das Maschinendatum ist für die positionsabhängige Adaption die Anzahl der Achspositionen einzutragen, für die jeweils eine andere Nachgiebigkeit wirkt:

```
MD37314 $MA_NOCO_ADAPT_NUM_1[<Komp. Achse>] = <Anzahl>
```

#### Hinweis

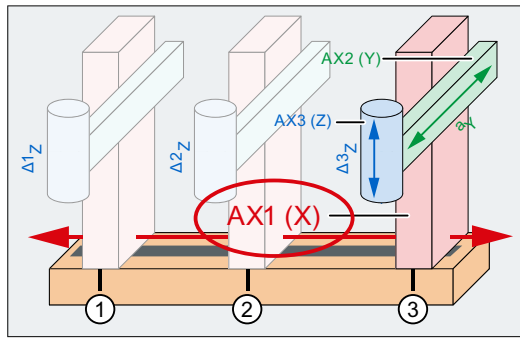
##### Aktivierung der positionsabhängigen Adaption

Die positionsabhängige Adaption wird nur dann aktiv, wenn mehr als eine Position und eine Adaptionsschneise (MD37312 \$MA\_NOCO\_ADAPT\_AX\_1 (Seite 306)) parametrisiert sind.

#### Beispiel

An drei Positionen des Verfahrbereichs der Adaptionsschneise (X-Achse) sollen Stützpunkte der Adaptionsschneise parametrisiert werden.

- Kompensierende Achse: AX3 (Z-Achse)
- Beschleunigende Achse: AX2 (Y-Achse)
- Adaptionsschneise: AX1 (X-Achse)



①, ②, ③ Achspositionen der Adaptionssache AX1 (X-Achse)

Bild 10-8 Anzahl Achspositionen der Adaptionssache AX1 (X-Achse)

```
MD10002 $MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[ 0 ] = "AX1" ; X-Achse
MD10002 $MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[ 1 ] = "AX2" ; Y-Achse
MD10002 $MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[ 2 ] = "AX3" ; Z-Achse
```

```
MD37314 $MA_NOCO_ADAPT_NUM_1[ AX3 ] = 3 ; Anzahl der Achspositionen
```

**Siehe auch:**

- Achspositionen: MD37316 \$MA\_NOCO\_ADAPT\_POS\_1 (Seite 308)
- Nachgiebigkeitsfaktoren: MD37318 \$MA\_NOCO\_COMPLIANCE\_1 (Seite 309)

**10.4.2.6 Positionen der Adaptionssachse**

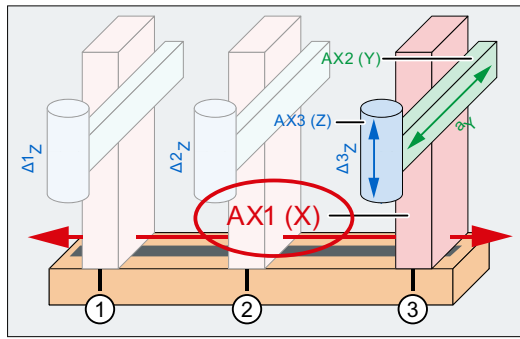
In das Maschinendatum sind für die Stützpunkte der Adaptionssachse die Positionen der Adaptionssachse einzutragen, an denen ein eigener Nachgiebigkeitsfaktor parametrierbar ist:

```
MD37316 $MA_NOCO_ADAPT_POS_1[<Index>, <Komp. Achse>] = <Position>
```

**Beispiel**

Für die Adaptionssachse werden Stützpunkte an den Positionen -100.0, 0.0, und 120.0 der Adaptionssachse AX1 (X-Achse) parametrierbar.

- Kompensierende Achse: AX3 (Z-Achse)
- Beschleunigende Achse: AX2 (Y-Achse)
- Adaptionssachse: AX1 (X-Achse)



- ① Position 1: -100.0
- ② Position 2: 0.0
- ③ Position 3: 120.0

Bild 10-9 Achspositionen der Adaptionsachse AX1 (X-Achse)

```
MD10002 $MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[ 0 ] = "AX1" ; X-Achse
MD10002 $MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[ 1 ] = "AX2" ; Y-Achse
MD10002 $MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[ 2 ] = "AX3" ; Z-Achse
```

```
MD37316 $MA_NOCO_ADAPT_POS_1[ 0, AX3 ] = -100.0
MD37316 $MA_NOCO_ADAPT_POS_1[ 1, AX3 ] = 0.0
MD37316 $MA_NOCO_ADAPT_POS_1[ 2, AX3 ] = 120.0
```

**Siehe auch:**

- Anzahl Achspositionen: MD37314 \$MA\_NOCO\_ADAPT\_NUM\_1 (Seite 307)
- Nachgiebigkeitsfaktoren: MD37318 \$MA\_NOCO\_COMPLIANCE\_1 (Seite 309)

### 10.4.2.7 Nachgiebigkeitsfaktoren

In das Maschinendatum sind die zu den jeweiligen Positionen der Adaptionskennlinie (MD37316 \$MA\_NOCO\_ADAPT\_POS\_1 (Seite 308)) gehörenden Nachgiebigkeitsfaktoren einzutragen.

```
MD37318 $MA_NOCO_COMPLIANCE_1[<Index>, <Komp. Achse>] =
<Nachgiebigkeitsfaktor>
```

**Ohne positionsabhängige Adaption**

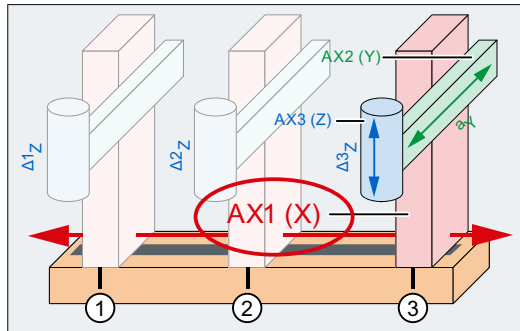
Wenn keine positionsabhängige Adaption parametrierbar ist (MD37312 \$MA\_NOCO\_ADAPT\_AX\_1 (Seite 306) == 0), muss der Nachgiebigkeitsfaktor im Index 0 eingetragen werden:

```
MD37318 $MA_NOCO_COMPLIANCE_1[ 0, <Komp. Achse>] = <Nachgiebigkeitsfaktor>
```

**Beispiel**

An den Positionen -100.0, 0.0, und 120.0 des Verfahrbereichs der Adaptionssachse (X-Achse) wurden für die Kompensierende Achse AX3 (Z-Achse) die Nachgiebigkeitsfaktoren -12 , -25 und -10  $\mu\text{m} / \text{m/s}^2$  ermittelt.

- Kompensierende Achse: AX3 (Z-Achse)
- Beschleunigende Achse: AX2 (Y-Achse)
- Adaptionssachse: AX1 (X-Achse)



- ① Nachgiebigkeitsfaktor an Position 1: -12  $\mu\text{m} / \text{m/s}^2$
- ② Nachgiebigkeitsfaktor an Position 2: -25  $\mu\text{m} / \text{m/s}^2$
- ③ Nachgiebigkeitsfaktor an Position 3: -10  $\mu\text{m} / \text{m/s}^2$

Bild 10-10 Adaptionssachse: AX1 (X-Achse )

```
MD10002 $MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[ 0 ] = "AX1" ; X-Achse
MD10002 $MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[ 1 ] = "AX2" ; Y-Achse
MD10002 $MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[ 2 ] = "AX3" ; Z-Achse
```

```
MD37318 $MA_NOCO_COMPLIANCE_1[ 0, AX3 ] = -0.000012
MD37318 $MA_NOCO_COMPLIANCE_1[ 1, AX3 ] = -0.000025
MD37318 $MA_NOCO_COMPLIANCE_1[ 2, AX3 ] = -0.000010
```

**Siehe auch:**

- Anzahl Achspositionen: MD37314 \$MA\_NOCO\_ADAPT\_NUM\_1 (Seite 307)

10.4.2.8 Funktionsplan

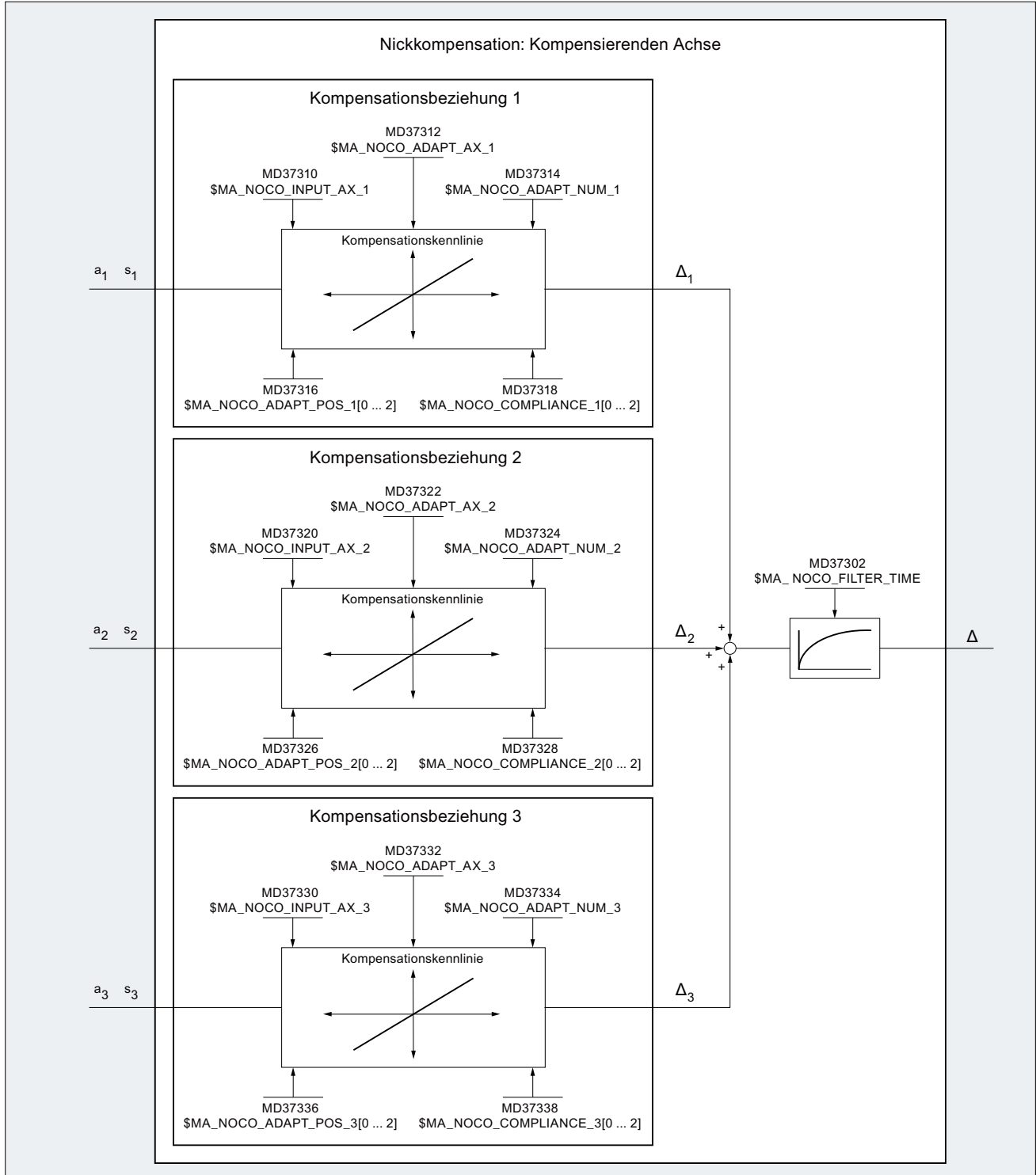


Bild 10-11 Funktionsplan einer Kompensierenden Achse

## 10.5 Interpolatorische Kompensation

### 10.5.1 Allgemeine Eigenschaften

#### Funktion

Mit der "Interpolatorischen Kompensation" können bei Achsen Abweichungen zwischen gewünschter und tatsächlicher Achsposition durch Spindelsteigungs-, Messsystem-, Durchhang- und Winkligkeitsfehler kompensiert werden. Dazu müssen die Abweichung messtechnisch ermittelt und die entsprechenden Kompensationswerte in einer oder mehreren Kompensationstabellen in der NC hinterlegt werden. Im Betrieb wird dann für eine Kompensationsachse anhand ihres aktuellen Sollposition aus der oder den Kompensationstabellen der zugehörige Kompensationswert ermittelt. Zwischen den Stützpunkten der Kompensationstabellen wird linear interpoliert.

Innerhalb der "Interpolatorischen Kompensation" wird zwischen den beiden folgenden Kompensationsmethoden unterschieden:

- Kompensation von Spindelsteigungsfehler und Messsystemfehler
- Kompensation von Durchhang und Winkligkeitsfehler

#### Begriffe

- **Kompensationswert**  
Zusätzlicher Sollwert, der so auf die Kompensationsachse aufgeschaltet wird, dass die Differenz zwischen gewünschter und tatsächlicher Achsposition Null wird.
- **Basisachse**  
Achse, über deren Soll- oder -Istposition aus der Kompensationstabelle der Kompensationswert ermittelt wird.
- **Kompensationsachse**  
Achse, auf deren Soll- oder -Istposition der Kompensationswert aufgeschaltet wird.
- **Stützpunkt**  
Wertepaar innerhalb einer Kompensationstabelle, bestehend aus einer Soll- oder -Istposition der Basisachse (Stützstelle) und dem zugehörigen Kompensationswert (Stützwert).
- **Kompensationstabelle**  
Festgelegte Anzahl von Stützpunkten für einen definierten Verfahrbereich der Basisachse.
- **Kompensationsbeziehung**  
Einheit aus Basisachse, Kompensationsachse und Kompensationstabelle.

#### Eingabe von Kompensationstabellen

Zuerst ist die Größe der Kompensationstabelle, d. h. die Anzahl der Stützpunkte, über Maschinendaten festzulegen. Nach dem nächsten POWER ON werden die Kompensationstabellen von der NC generiert und mit dem Wert "0" vorbesetzt.



Die Eingabe von Korrekturwerten sowie zusätzlichen Tabellenparametern in den Kompensationstabellen erfolgt mit speziellen Systemvariablen. Das Laden kann auf zwei verschiedene Arten durchgeführt werden:

- Durch Starten eines NC-Programms mit den Parameterwerten.
- Durch Übertragen der Kompensationstabellen von einem externen Rechner auf die Steuerung.

---

**Hinweis**

Das Laden der jeweiligen Kompensationstabellen ist nur möglich, wenn die entsprechende Kompensationsfunktion für **alle** Achsen **nicht** aktiv ist:

- MD32700 \$MA\_ENC\_COMP\_ENABLE[<Achse>] == 0
  - MD32710 \$MA\_CEC\_ENABLE[<Achse>] == 0
- 

Die Kompensationsdaten bleiben auch bei ausgeschalteter Steuerung erhalten.

---

**Hinweis**

Bei Änderung der Maschinendaten:

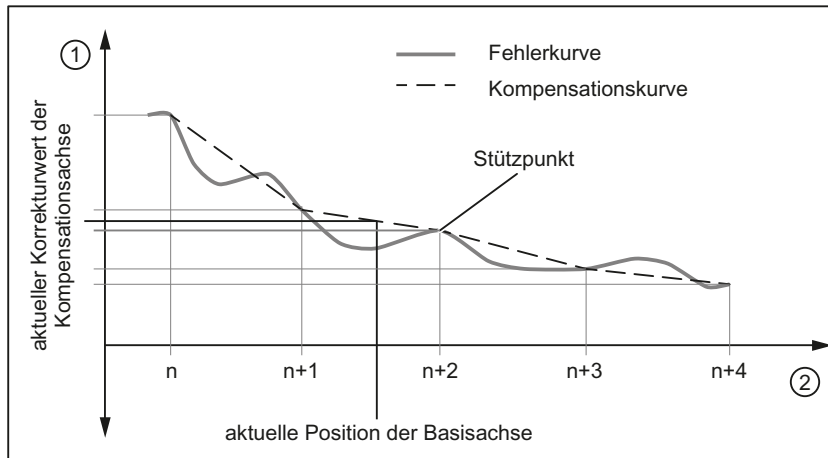
- MD18342 \$MN\_MM\_CEC\_MAX\_POINTS
- MD38000 \$MA\_MM\_ENC\_COMP\_MAX\_POINTS

wird mit dem nächsten Systemhochlauf der statische Anwenderspeicher formatiert (siehe Funktionshandbuch "Grundfunktionen", Kapitel "S7: Speicherkonfiguration").

---

### Zwischenwertberechnung

Die über Anfangs- und Endposition festgelegte Verfahrstrecke innerhalb der kompensiert werden soll, wird in mehrere gleichgroße Teilstrecken unterteilt. Die Anzahl der Teilstrecken ist wird abhängig von der Fehlerkurve und der gewünschten Genauigkeit festgelegt. Die Positionen, die die Teilstrecken begrenzen, werden nachfolgend als Stützstellen bezeichnet. Jeder Stützstelle ist ein Stütz- bzw. Kompensationswert zuzuordnen. Zwischen zwei Stützstellen wird der wirksame Kompensationswert durch **Linearinterpolation** ermittelt.



① Kompensationswerte der Kompensationsachse

② Position der Basisachse

Bild 10-12 Zwischenwertberechnung durch Linearinterpolation

### Randbedingungen

#### Kompensationswert am Referenzpunkt

Es wird empfohlen, eine Kompensationstabelle so aufzubauen, dass am Referenzpunkt der Achse der Kompensationswert den Wert "0" hat.

## 10.5.2 Spindelsteigungsfehler- und Messsystemfehlerkompensation

### 10.5.2.1 Funktionsbeschreibung

#### Spindelsteigungs- und Messsystemfehler

Das Messprinzip der "indirekten Messung" bei NC-gesteuerten Maschinen geht davon aus, dass an jeder beliebigen Stelle innerhalb des Verfahrbereichs die Steigung der Kugelrollspindel konstant ist, so dass die Istposition der Achse von der Position der Antriebsspindel abgeleitet werden kann (Idealfall). Durch Fertigungstoleranzen bei Spindeln kommt es jedoch zu mehr oder weniger großen Maßabweichungen (sog. Spindelsteigungsfehler).

Hierzu addieren sich noch die vom verwendeten Messsystem (unterschiedliche Teilungen) sowie dessen Anbringung an die Maschine bedingten Maßabweichungen (sog. Messsystemfehler) und weitere evtl. maschinenabhängige Fehlerquellen.

## Kompensation

Bei der "Messsystemfehler-Kompensation" (nachfolgend als **MSFK** bezeichnet) sind Basis- und Kompensationsachse immer identisch. Sie ist daher eine **axiale Kompensation**, bei der eine Definition der Basis- und Kompensationsachse innerhalb der Kompensationstabelle nicht erforderlich ist.

---

### Hinweis

Die Spindelsteigungsfehler-Kompensation (**SSFK**) ist ein Teil der Messsystemfehler-Kompensation.

---

Bei der MSFK wird im Interpolatortakt der achsspezifische Lageistwert um den zugehörigen Korrekturwert verändert und von der Maschinenachse unmittelbar verfahren. Ein positiver Korrekturwert führt zu einer Bewegung der zugehörigen Maschinenachse in negativer Richtung.

Die Größe des Korrekturwerts ist nicht begrenzt und wird auch nicht überwacht. Um infolge der Kompensation unzulässig hohe Geschwindigkeiten und Beschleunigungen der Maschinenachse zu vermeiden, sollten die Korrekturwerte entsprechend klein gewählt werden. Ansonsten können bei großen Korrekturwerten andere Achsüberwachungen zu Alarmmeldungen führen (z. B. Konturüberwachung, Drehzahlsollwertbegrenzung).

Falls die zu kompensierende Achse ein 2. Lagemesssystem besitzt, so ist für jedes Messsystem eine eigene Kompensationstabelle zu erstellen und zu aktivieren. Bei Umschaltung zwischen den beiden Messsystemen wird automatisch die jeweils zugehörige Tabelle verwendet.

## Voraussetzungen / Wirksamkeit

Die MSFK ist erst unter folgenden Voraussetzungen wirksam:

- Die Kompensationswerte sind im statischen Anwenderspeicher abgelegt und wirksam (nach POWER ON).
- Die Funktion wurde für die jeweilige Maschinenachse aktiviert:  
MD32700 \$MA\_ENC\_COMP\_ENABLE [*e*] = 1

mit: *e* = Lagemesssystem  
*e* = 0 Messsystem 1  
*e* = 1 Messsystem 2

- Die Achse wurde referenziert:  
DB31, ... DBX60.4 bzw. 60.5 = 1 (Referenziert/Synchronisiert 1 bzw. 2)

Sobald diese Bedingungen erfüllt sind, wird in allen Betriebsarten der achsspezifische Lageistwert um den zugehörigen Korrekturwert verändert und von der Maschinenachse unmittelbar verfahren.

Falls anschließend die Referenz z. B. wegen Überschreiten der Encoderfrequenz wieder verloren geht (DB31, ... DBX60.4 bzw. 60.5 = 0), wird die Kompensationsverarbeitung ausgeschaltet.

### 10.5.2.2 Inbetriebnahme

#### Maschinendaten

##### Anzahl der Kompensations-Stützpunkte

Für jede Maschinenachse sowie für jedes Messsystem (falls ein 2. Messsystem vorhanden ist) ist die Anzahl der reservierten Stützpunkte der Kompensationstabelle anzugeben:

MD38000 \$MA\_MM\_ENC\_COMP\_MAX\_POINTS[<e>,<AXi>]

- <e>: Lagemesssystem
- <AXi>: Achse

Die Anzahl der Stützpunkte einer Kompensationstabelle errechnet sich aus den zugehörigen Systemvariablen (siehe unten):

- Endposition: \$AA\_ENC\_COMP\_MAX[...]
- Anfangsposition: \$AA\_ENC\_COMP\_MIN[...]
- Stützpunktabstand: \$AA\_ENC\_COMP\_STEP[...]

Anzahl der Stützpunkte = ((Endposition - Anfangsposition) / Stützpunktabstand ) + 1

## Systemvariablen

Für jede Maschinenachse sowie für jedes Messsystem (falls ein 2. Messsystem vorhanden ist) sind die positionsbezogenen Korrekturen sowie zusätzliche Tabellenparameter in Form von Systemvariablen zu hinterlegen:

- **\$AA\_ENC\_COMP\_MIN[<e>,<AXi>] (Anfangsposition)**  
Die Anfangsposition ist die Achsposition, bei der die Kompensationstabelle für die betroffene Achse beginnt ( $\Delta$  Stützpunkt 0).  
Der zur Anfangsposition zugehörige Korrekturwert ist \$AA\_ENC\_COMP[<e>,0,<AXi>].  
Für alle Positionen kleiner der Anfangsposition wird der Korrekturwert des Stützpunkts 0 verwendet (gilt nicht für Tabelle mit Modulo-Funktion).
- **\$AA\_ENC\_COMP\_MAX[<e>,<AXi>] (Endposition)**  
Die Endposition ist die Achsposition, bei der die Kompensationstabelle für die betroffene Achse endet ( $\Delta$  Stützpunkt <k>).  
Der zur Endposition zugehörige Korrekturwert ist \$AA\_ENC\_COMP[<e>,<k>,<AXi>].  
Für alle Positionen größer der Endposition wird der Korrekturwert des Stützpunkts <k> verwendet (Ausnahme bei Tabelle mit Modulo-Funktion).  
Für den Stützpunkt <k> gelten folgende Randbedingungen:
  - bei  $k = MD38000 - 1$ :  
Die Kompensationstabelle wird voll genutzt!
  - bei  $k < MD38000 - 1$ :  
Die Kompensationstabelle wird nicht voll genutzt. Die in der Tabelle eingetragenen Korrekturwerte größer k sind wirkungslos.
  - bei  $k > MD38000 - 1$ :  
Die Kompensationstabelle wird steuerungsintern begrenzt, indem die Endposition verkleinert wird. Die Korrekturwerte größer k sind wirkungslos.
- **\$AA\_ENC\_COMP\_STEP[<e>,<AXi>] (Stützpunktabstand)**  
Der Stützpunktabstand legt die Distanz zwischen den Korrekturwerten der jeweiligen Kompensationstabelle fest.

- **\$AA\_ENC\_COMP[<e>,<N>,<AXi>]** (Korrekturwert für Stützpunkt N der Kompensationstabelle)

<N> = Stützpunkt (Achsposition)

Für jeden einzelnen Stützpunkt ist der jeweilige Korrekturwert in die Tabelle einzutragen.

<N> ist durch die Anzahl der maximal möglichen Stützpunkte der jeweiligen Kompensationstabelle (MD38000 \$MA\_MM\_ENC\_COMP\_MAX\_POINTS) begrenzt:

$$0 \leq N \leq \text{MD38000} - 1$$

Die Größe des Korrekturwerts ist nicht begrenzt.

#### Hinweis

Der erste und letzte Korrekturwert bleibt über den gesamten Verfahrbereich aktiv, d. h. diese Korrekturwerte sollten den Wert "0" haben, falls sich die Kompensationstabelle nicht über den gesamten Verfahrbereich erstreckt.

- **\$AA\_ENC\_COMP\_IS\_MODULO[<e>,<AXi>]** (Kompensation mit Modulo-Funktion)

Systemvariable zur Aktivierung/Deaktivierung der Kompensation mit Modulo-Funktion:


– \$AA\_ENC\_COMP\_IS\_MODULO[<e>,<AXi>] = 0: Kompensation **ohne** Modulo-Funktion

– \$AA\_ENC\_COMP\_IS\_MODULO[<e>,<AXi>] = 1: Kompensation **mit** Modulo-Funktion

Bei Aktivierung der Kompensation mit Modulo-Funktion wird die Kompensationstabelle zyklisch wiederholt, d. h. auf den Korrekturwert an der Stelle \$AA\_ENC\_COMP\_MAX ( $\triangleq$  Stützpunkt \$AA\_ENC\_COMP[<e>,<k>,<AXi>]) folgt unmittelbar sofort der Korrekturwert an der Stelle \$AA\_ENC\_COMP\_MIN ( $\triangleq$  Stützpunkt \$AA\_ENC\_COMP[<e>,<0>,<AXi>]).

Sinnvollerweise sollte bei Rundachsen mit Modulo 360° als Anfangsposition 0° (\$AA\_ENC\_COMP\_MIN) und als Endposition 360° (\$AA\_ENC\_COMP\_MAX) vorgegeben werden.

Dabei sind diese beiden Korrekturwerte gleich einzugeben, sonst springt der Kompensationswert beim Übergang von MAX auf MIN und umgekehrt.

 **VORSICHT**

**Falsche Korrekturwerte**

Beim Schreiben der Korrekturwerte einer Korrekturtabelle ist darauf zu achten, dass lückenlos allen Stützpunkten innerhalb des parametrisierten Bereichs ein Wert zugewiesen wird. Nicht beschriebene Korrekturwerte enthalten sonst zufällige Werte.

#### Hinweis

Tabellenparameter, welche Positionsangaben enthalten, werden beim Maßsystemwechsel (Änderung von MD10240 \$MN\_SCALING\_SYSTEM\_IS\_METRIC) automatisch umgerechnet.

Die Positionsangaben werden immer im aktuellen Maßsystem interpretiert. Die Umrechnung muss extern vorgenommen werden.

Eine automatische Umrechnung der Positionsangaben kann wie folgt projiziert werden:

$$\text{MD10260 } \$\text{MN\_CONVERT\_SCALING\_SYSTEM} = 1$$

Die externe Umrechnung entfällt damit.

#### Weitere Informationen

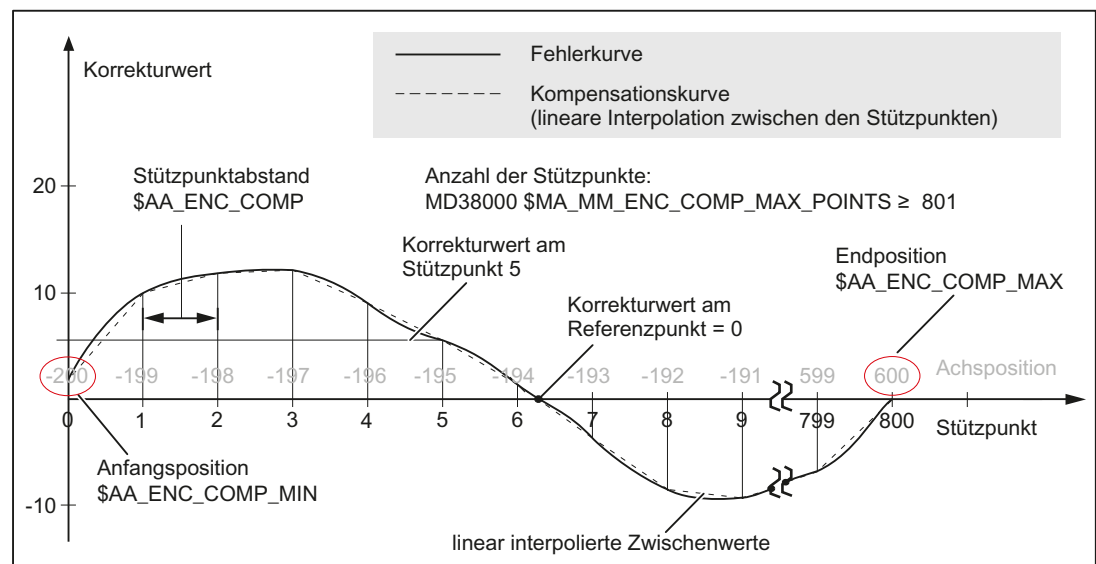
Funktionshandbuch Basisfunktionen; Geschwindigkeiten, Soll-/Istwertssysteme, Regelung

### 10.5.2.3 Beispiel

Beispielhafte Parametrierung einer Kompensationstabelle:

- Maschinenachse: X1
- Messsystem: 1
- Anfangsposition: -200 mm
- Endposition: 600 mm
- Stützpunktabstand: 1 mm
- Stützpunkanzahl: MD38000 \$MA\_MM\_ENC\_COMP\_MAX\_POINTS = ((600 - -200) / 1) + 1 = 801

Der Speicherbedarf im statischen Anwenderspeicher beträgt: 801 \* 8 Byte = 6408 Byte



#### Programm zum Schreiben der Systemvariablen

Programmcode	Kommentar
%_N_AX_EEC_INI	
CHANDATA(1)	
\$AA_ENC_COMP[0,0,X1]=0.003	1.Korrekturwert (Stützpunkt 0): +3µm
\$AA_ENC_COMP[0,1,X1]=0.01	2.Korrekturwert (Stützpunkt 1): +10µm
\$AA_ENC_COMP[0,2,X1]=0.012	3.Korrekturwert (Stützpunkt 2): +12µm
...	
\$AA_ENC_COMP[0,800,X1]=-0.0	Letzter Korrekturwert (Stützpunkt 800): 0µm
\$AA_ENC_COMP_STEP[0,X1]=1.0	Stützpunktabstand 1.0 mm
\$AA_ENC_COMP_MIN[0,X1]=-200.0	Kompensation beginnt bei -200.0 mm
\$AA_ENC_COMP_MAX[0,X1]=600.0	Kompensation endet bei +600.0 mm
\$AA_ENC_COMP_IS_MODULO[0,X1]=0	Kompensation ohne Modulo-Funktion
M17	

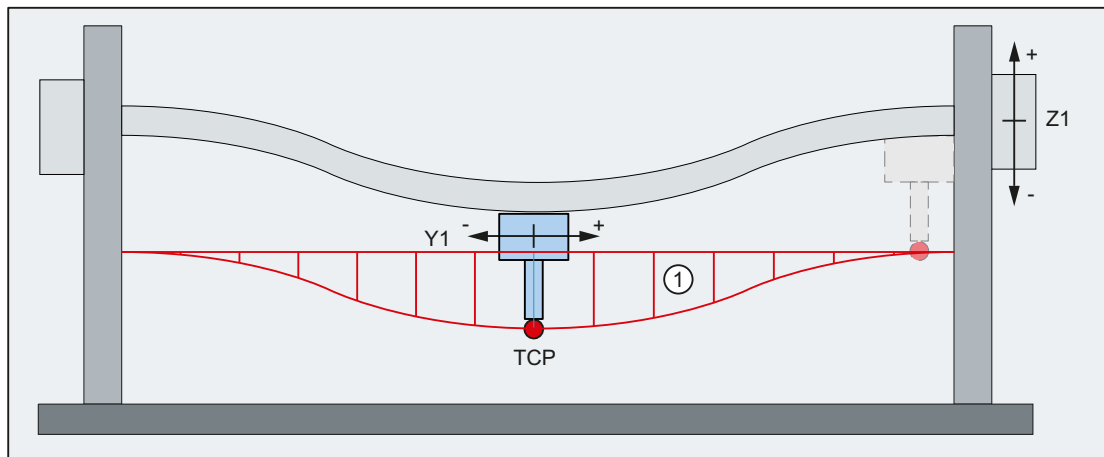
## 10.5.3 Durchhang- und Winkligkeitsfehlerkompensation

### 10.5.3.1 Allgemeine Informationen

#### Funktion

Die Durchhang- und Winkligkeitsfehlerkompensation (Cross Error Compensation, CEC) ist eine achsspezifische Kompensation, bei der die Sollposition der **Kompensationsachse** mit einem Korrektur- bzw. Kompensationswert beaufschlagt wird. Der Kompensationswert wird dabei von der aktuellen Sollposition einer oder mehrerer **Basisachsen** abgeleitet.

- **Durchhangfehler**  
Beim Durchhangfehler führt das Eigengewicht eines Maschinenteils oder Werkstücks zu einem positionsabhängigen Fehler des Tool Center Point (TCP).
- **Winkligkeitsfehler**  
Beim Winkligkeitsfehler führt eine Abweichung vom idealen Winkel, in dem Geometrieachsen zueinander stehen, zu einem positionsabhängigen Fehler des Tool Center Point (TCP).



① Positionsfehler in Z1 in Abhängigkeit der Position von Y1

Bild 10-13 Beispiel: Durchhangfehler

#### Fehlerkompensation

Zur Fehlerkompensation ist an verschiedenen Stützstellen (Sollpositionen) der Basisachse (Y1) der jeweilige Positionsfehler zu ermitteln und in die Kompensationstabelle einzutragen. Beim Verfahren der Basisachse (Y1) berechnet die Steuerung im Interpolatortakt den aktuellen Kompensationswert für die Kompensationsachse (Z1), durch lineare Interpolation zwischen den Stützstellen. Der Kompensationswert wird zum Sollwert der Kompensationsachse (Z1) addiert. Ein positiver Kompensationswert führt dabei zu einer Verfahrbewegung der Kompensationsachse (Z1) in negativer Verfahrrichtung.



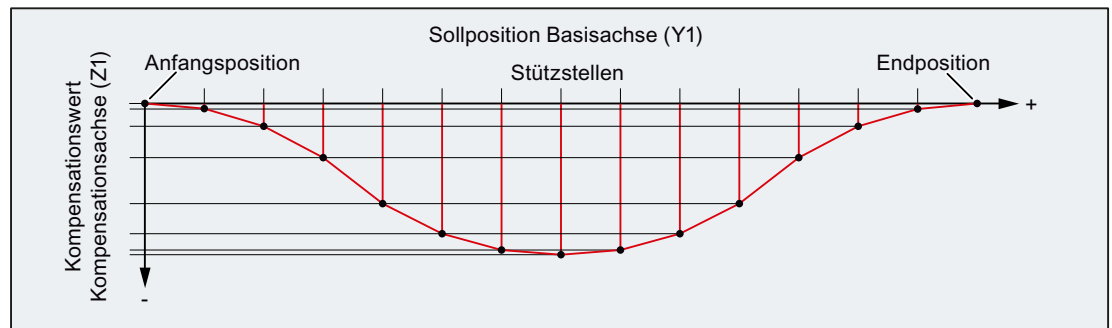


Bild 10-14 Kompensationstabelle

### Summenkompensationswert

Eine Kompensationsachse kann mit Kompensationswerten von mehreren Kompensationstabellen beaufschlagt werden. Der resultierende Summenkompensationswert ist die Summe aller Einzelkompensationswerte.

### Parametriermöglichkeiten

- **Eine** Achse kann als Basisachse für **mehrere** Kompensationstabellen definiert werden.
- **Mehrere** Kompensationstabellen können auf **eine** Kompensationsachse wirken. Der Gesamtkompensationswert ergibt sich aus der Summe der Kompensationswerte der einzelnen Kompensationstabellen.
- Eine Achse kann gleichzeitig Basis- und Kompensationsachse sein. Für die Berechnung der Kompensationswerte wird die programmierte Sollposition verwendet.
- Der Wirkungsbereich der Kompensation (Anfangs- und Endposition der Basisachse) und der Stützpunkt Abstand sind für jede Kompensationstabelle definierbar.
- Die Kompensation kann **richtungsabhängig** wirken.
- Jede Kompensationstabelle verfügt über eine **Modulfunktion** für zyklische Auswertung.
- Für jede Kompensationstabelle kann ein **Gewichtungsfaktor** berücksichtigt werden, mit dem der Tabellenwert multipliziert wird.
- Durch **Tabellenmultiplikation** kann der aktuelle Kompensationswert  $K_A$  der Kompensationstabelle A mit dem aktuellen Kompensationswert  $K_x$  einer beliebigen Kompensationstabelle X, d. h. auch mit sich selbst, multipliziert werden. Das Ergebnis der Tabellenmultiplikation wird zum aktuellen Kompensationswert  $K_A$  der Kompensationstabelle A addiert und ergibt dann den in der Kompensationsachse wirksamen Summenkompensationswert  $SK_A$ .  

$$SK_A = K_A + K_A * K_x$$
- **Achsspezifische** Aktivierung für alle Kompensationsbeziehungen der Achse über das Maschinendatum:  
MD32710 \$MA\_CEC\_ENABLE[<Achse>]
- **Tabellenspezifische** Aktivierung über das Settingdatum:  
SD41300 \$SN\_CEC\_TABLE\_ENABLE[<Tabelle>]  
Anwendungsbeispiel: Bearbeitungsabhängige Änderung der Kompensationsbeziehung durch Umschaltung der aktiven Kompensationstabelle über Teileprogramm/ Synchronaktion oder PLC-Anwenderprogramm.

## Anwendungsbeispiele

### Kompensation von kurzweiligen sich wiederholenden Fehlern

Zur Kompensation von kurzweiligen sich wiederholenden Fehlern in einer Achse wird eine Kompensationstabelle mit Modulo-Funktion für den kurzweiligen sich wiederholenden Fehleranteil zusammen mit einer zweiten Kompensationstabelle ohne Modulo-Funktion für den aperiodischen Fehleranteil für dieselbe Achse parametrieret.

### Anwenderspezifische Spindelsteigungsfehlerkompensation

Für eine anwenderspezifische Spindelsteigungsfehlerkompensation wird eine Kompensationstabelle mit derselben Achse als Basis- und Kompensationsachse parametrieret.

Nachteilig ist hierbei allerdings, dass im Gegensatz zur Standardfunktion eine Messsystemumschaltung nicht automatisch berücksichtigt wird.

## 10.5.3.2 Inbetriebnahme: Maschinendaten

Nummer	Bezeichner	Bedeutung
NC-spezifische Maschinendaten		
MD10240	\$MN_SCALING_SYSTEM_IS_METRIC	Grundsystem metrisch
MD10260	\$MN_CONVERT_SCALING_SYSTEM	Grundsystem Umschaltung aktiv
MD18342	\$MN_MM_CEC_MAX_POINTS	Stützpunktzahl pro Kompensationstabelle
achsspezifische Maschinendaten		
MD32710	\$MA_CEC_ENABLE	Freigabe der Durchhangkompensation
MD32711	\$MA_CEC_SCALING_SYSTEM_METRIC	Maßsystem der Durchhangkompensation
MD32720	\$MA_CEC_MAX_SUM	Maximaler Kompensationswert bei Durchhangkompensation
MD32730	\$MA_CEC_MAX_VELO	Maximale Geschwindigkeitsänderung bei CEC

### Maßsystem (MD10240, MD10260, MD32711)

Das in der Steuerung wirksame Maßsystem (metrisch oder inch), wird festgelegt über:

MD10240 \$MN\_SCALING\_SYSTEM\_IS\_METRIC = <Maßsystem>

### Maßsystemumschaltung ohne automatische Umrechnung

Tabellenparameter mit Positionsangaben werden bei einer Maßsystemumschaltung automatisch umgerechnet.

Die Positionsangaben werden immer im aktuellen Maßsystem interpretiert. Die Umrechnung muss extern vorgenommen werden.

### Maßsystemumschaltung mit automatischer Umrechnung

Die automatische Umrechnung der Positionsangaben wird aktiviert über:

MD10260 \$MN\_CONVERT\_SCALING\_SYSTEM = TRUE

Dadurch wird das im folgenden Maschinendatum eingestellte Maßsystem für alle Kompensationstabellen der Achse wirksam:

MD32711 \$MA\_CEC\_SCALING\_SYSTEM\_METRIC = <Maßsystem>

Damit werden alle Positionsangaben zusammen mit dem Summenkompensationswert im projizierten Maßsystem ausgewertet. Externe Umrechnungen der Positionsangaben sind bei einem Maßsystemwechsel nicht mehr erforderlich.

### Achsspezifische Aktivierung (MD32710)

Die achsspezifische Aktivierung für alle Kompensationsbeziehungen der Achse erfolgt über:

MD32710 \$MA\_CEC\_ENABLE[<Achse>] = TRUE

### Stützpunktanzahl pro Kompensationstabelle (MD18342)

Die Stützpunktanzahl pro Kompensationstabelle wird eingestellt über:

MD18342 \$MN\_MM\_CEC\_MAX\_POINTS[<Tabellenindex>] = <Stützpunktanzahl>

Die benötigte Stützpunktanzahl einer Kompensationstabelle berechnet sich aus den in den Systemvariablen eingestellten Werten von Maximalwert, Minimalwert und der Schrittweite der Tabelle:

<Stützpunktanzahl> = (\$AN\_CEC\_MAX - \$AN\_CEC\_MIN) / \$AN\_CEC\_STEP + 1

### Überwachung (MD32720, MD32730)

#### Absolute Begrenzung

Zur Vermeidung unzulässig großer Ausgleichsbewegungen der Kompensationsachse wird der Summenkompensationswert auf den im Maschinendatum angegebenen Maximalwert überwacht:

MD32720 \$MA\_CEC\_MAX\_SUM[<Kompensationsachse>] = <Maximalwert>

Bei einer Überschreitung wird der Summenkompensationswert auf den Maximalwert begrenzt und der Alarm 20124 "Summe der Kompensationswerte zu groß" angezeigt.

#### Begrenzung der Änderung

Zur Vermeidung unzulässig großer dynamischer Belastungen der Kompensationsachse wird die Änderung des Summenkompensationswerts auf den im Maschinendatum angegebenen Maximalwert überwacht:

MD32730 \$MA\_CEC\_MAX\_VELO[<Kompensationsachse>] = <Prozent der maximalen Achsgeschwindigkeit (MD32000 \$MA\_MAX\_AX\_VELO)>

Bei einer Überschreitung wird die Änderung des Summenkompensationswerts auf den Maximalwert begrenzt und der Alarm 20125 "zu schnelle Änderung des Kompensationswertes" angezeigt.

Der durch die Begrenzung verminderte Verfahrensweg wird ausgegeben, sobald sich der Kompensationswert wieder aus der Begrenzung gelöst hat.

## 10.5.3.3 Inbetriebnahme: Settingdaten

Nummer	Bezeichner	Bedeutung
SD41300	\$SN_CEC_TABLE_ENABLE	Freigabe der Kompensationstabelle
SD41310	\$SN_CEC_TABLE_WEIGHT	Gewichtungsfaktor

## Freigabe der Kompensationstabelle (SD41300)

Mit dem Settingdatum wird die Auswertung der Kompensationstabelle frei gegeben:

SD41300 \$SN\_CEC\_TABLE\_ENABLE[<Tabellenindex>] = TRUE

Erst ab dem Zeitpunkt der Freigabe wird der über die Kompensationstabelle ermittelte Kompensationswert zum Summenkompensationswert der Kompensationsachse addiert.

## Gewichtungsfaktor (SD41310)

In das Settingdatum ist der Gewichtungsfaktor einzutragen, mit dem der aus der Kompensationstabelle ermittelte Kompensationswert multipliziert wird:

SD41310 \$SN\_CEC\_TABLE\_WEIGHT[<Tabellenindex>] = <Gewichtungsfaktor>

Standardmäßig hat der Gewichtungsfaktor den Wert 1.0. Mit einem Gewichtungsfaktor von 0.0 wird die Kompensationstabelle unwirksam.

## 10.5.3.4 Inbetriebnahme: Systemvariable

Bezeichner	Bedeutung
NC-spezifische Systemvariablen	
\$AN_CEC	Kompensationswerte
\$AN_CEC_DIRECTION	Richtungsabhängigkeit
\$AN_CEC_INPUT_AXIS	Basisachse
\$AN_CEC_INPUT_NCU	Basisachse auf NCU
\$AN_CEC_IS_MODULO	Modulo-Funktion
\$AN_CEC_MAX	Endposition
\$AN_CEC_MIN	Anfangsposition
\$AN_CEC_MULT_BY_TABLE	Multiplikation
\$AN_CEC_OUTPUT_AXIS	Kompensationsachse
\$AN_CEC_OUTPUT_NCU	Kompensationsachse auf NCU
\$AN_CEC_STEP	Stützstellenabstand
\$AN_CEC_TYPE	Tabellentyp
Achsspezifische Systemvariablen	
\$VA_CEC_COMP_VAL	Aktueller Kompensationswert

## Kompensationswerte (\$AN\_CEC)

In die Systemvariable sind die Kompensationswerte der Kompensationstabellen einzutragen:

---

$\$AN\_CEC[\langle\text{Tabellenindex}\rangle, \langle\text{Stützpunktindex}\rangle] = \langle\text{Kompensationswert}\rangle$   
 $\langle\text{Stützpunktindex}\rangle = 0 \leq x \leq (\text{Wert von MD18342}[\langle\text{Tabellenindex}\rangle]) - 1$

---

**Hinweis**

Vor dem Beschreiben der Systemvariablen \$AN\_CEC müssen alle Kompensationsfunktionen für alle Achsen ausgeschaltet werden:

- MD32700 \$MA\_ENC\_COMP\_ENABLE[<Achse>] = 0
  - MD32710 \$MA\_CEC\_ENABLE[<Achse>] = 0
- 

**Basisachse (\$AN\_CEC\_INPUT\_AXIS)**

In die Systemvariable ist die Basisachse, d.h. der Name der Achse, deren Sollposition als Eingang für die Kompensationstabelle verwendet wird, einzutragen:

$\$AN\_CEC\_INPUT\_AXIS[\langle\text{Tabellenindex}\rangle] = \langle\text{Kanalachsname}\rangle$  oder  
 $\langle\text{Maschinenachsname}\rangle$

**Kompensationsachse (\$AN\_CEC\_OUTPUT\_AXIS)**

In die Systemvariable ist die Kompensationsachse, d.h. der Name der Achse, zu deren Sollwert der Kompensationswert addiert wird, einzutragen:

$\$AN\_CEC\_OUTPUT\_AXIS[\langle\text{Tabellenindex}\rangle] = \langle\text{Kanalachsname}\rangle$  oder  
 $\langle\text{Maschinenachsname}\rangle$

---

**Hinweis**

Sind in mehrkanaligen Systemen die Namen von Kanal- und Maschinenachsen gleich, müssen die Standard-Achsnamen AX1, AX2, etc. verwendet werden.

---

**Stützstellenabstand (\$AN\_CEC\_STEP)**

In die Systemvariable ist der Abstand zwischen zwei Stützstellen (Positionswerten der Basisachse) der Kompensationstabelle einzutragen.

$\$AN\_CEC\_STEP[\langle\text{Tabellenindex}\rangle] = \langle\text{Stützstellenabstand}\rangle$

Der Stützstellenabstand ist innerhalb einer Kompensationstabelle konstant.

**Anfangsposition (\$AN\_CEC\_MIN)**

In die Systemvariable ist die Sollposition der Basisachse für die erste Stützstelle bzw. dem Anfang der Kompensationstabelle einzutragen.

$\$AN\_CEC\_MIN[\langle \text{Tabellenindex} \rangle] = \langle \text{Anfangsposition} \rangle$

---

**Hinweis**

**Sollposition kleiner der Anfangsposition**

Für alle Sollposition kleiner der Anfangsposition wird der Kompensationswert des ersten Stützpunkts verwendet.

Ausnahme: Kompensationstabellen mit Modulo-Funktion

---

**Endposition (\$AN\_CEC\_MAX)**

In die Systemvariable ist die Sollposition der Basisachse für die letzte Stützstelle bzw. dem Ende der Kompensationstabelle einzutragen.

$\$AN\_CEC\_MAX[\langle \text{Tabellenindex} \rangle] = \langle \text{Endposition} \rangle$

---

**Hinweis**

**Sollposition größer der Endposition**

Für alle Sollposition größer der Endposition wird der Kompensationswert des letzten Stützpunkts verwendet.

Ausnahme: Kompensationstabellen mit Modulo-Funktion

---

**Basis- bzw. Kompensationsachse auf NCU (\$AN\_CEC\_INPUT\_NCU, \$AN\_CEC\_OUTPUT\_NCU)**

In die Systemvariable ist bei einer Durchhangkompensation mit Link-Achsen als Basis- oder Kompensationsachse die Nummer der NCU einzutragen, an der die Achse angeschlossen ist.

$\$AN\_CEC\_INPUT\_NCU[\langle \text{Tabellenindex} \rangle]$  bzw.  $\$AN\_CEC\_OUTPUT\_NCU[\langle \text{Tabellenindex} \rangle] = \langle \text{NCU-Nummer} \rangle$

**Richtungsabhängige Kompensation (\$AN\_CEC\_DIRECTION)**

In die Systemvariable ist die Verfahrrichtung der Basisachse einzutragen, bei der die Kompensation wirken soll.

$\$AN\_CEC\_DIRECTION[\langle \text{Tabellenindex} \rangle] = \langle \text{Richtung} \rangle$

- 0: in beiden Verfahrrichtungen
- 1: nur in positiver Verfahrrichtung
- -1: nur in negativer Verfahrrichtung

**Tabellenmultiplikation (\$AN\_CEC\_MULT\_BY\_TABLE)**

Durch Tabellenmultiplikation kann der aktuelle Kompensationswert K der Kompensationstabelle mit dem aktuellen Kompensationswert  $K_x$  einer beliebigen Kompensationstabelle X, d. h. auch mit sich selbst, multipliziert werden. Das Ergebnis der Tabellenmultiplikation wird zum aktuellen Kompensationswert K der Kompensationstabelle addiert und ergibt dann den in der Kompensationsachse wirksamen Summenkompensationswert SK.

$$SK = K + K * K_x$$

In die Systemvariable ist die Nummer der Kompensationstabelle einzutragen, mit dessen Kompensationswert der aktuelle Kompensationswert multipliziert werden soll.

`$AN_CEC_MULT_BY_TABLE[<Tabellenindex>] = <Tabellennummer X>`

`<Tabellennummer X> = <Tabellenindex X> + 1`

**Modulo-Funktion (\$AN\_CEC\_IS\_MODULO)**

Wird bei einer Kompensationstabelle die Modulo-Funktion aktiviert, wird der Eingangswert, d.h. die Sollposition der Basisachse, modulo dem Eingangsbereich der Kompensationstabelle gerechnet. Das bedeutet, dass auf den Kompensationswert der Endposition wieder der Kompensationswert der Anfangsposition bzw. bei umgekehrter Durchlaufrichtung auf den Kompensationswert der Anfangsposition wieder der Kompensationswert der Endposition folgt.

`$AN_CEC_IS_MODULO[<Tabellenindex>] = <Wert>`

- 0: Kompensation ohne Modulo-funktion
- 1: Kompensation mit Modulo-funktion

**Hinweis****Gleiche Kompensationswerte**

Es wird empfohlen, bei aktiver Modulo-funktion die Kompensationswerte der Anfangs- und Endposition gleich einzustellen.

**Hinweis****Modulo-Rundachse**

Für eine Modulo-Rundachse muss die Modulo-funktion der Kompensation aktiviert werden.

**Beispiel: Parametrierung bei Modulo-Rundachse**

```
$MA_IS_ROT_AX[AX1] = 1 ; Rundachse
$MA_ROT_IS_MODULO[AX1] = 1 ; Modulo 360°
$AN_CEC_INPUT_AXIS[0] = AX1
$AN_CEC_MIN[0] = 0.0
$AN_CEC_MAX[0] = 360.0
$AN_CEC_STEP[0] = 1.0
$AN_CEC_IS_MODULO[0] = 1
```

```
$MN_MM_CEC_MAX_POINTS = 361  
$AN_CEC[0, 0] = $AN_CEC[0, 360] = 0.1
```

### Tabellentyp (\$AN\_CEC\_TYPE)

In die Systemvariable ist der Tabellentyp d.h. der Typ der Kompensation einzutragen.

`$AN_CEC_TYPE[<Tabellenindex>] = <Typ>`

- 0: Allgemeine interpolatorische Kompensation
- 1: Zylinderfehlerkompensation

### Aktueller Kompensationswert (\$VA\_CEC\_COMP\_VAL)

Die Systemvariable liefert den aktuell wirksamen Kompensationswert der Achse:

`<Aktueller Kompensationswert> = $VA_CEC_COMP_VAL[<Achse>]`

#### 10.5.3.5 Inbetriebnahme: Prinzipielle Vorgehensweise

Als erster Inbetriebnahmeschritt müssen die Kompensationstabellen definiert werden. Dazu ist die für die jeweilige Kompensationstabelle benötigte Anzahl an Stützpunkten einzustellen. Mit dem nächsten Warmstart werden die Kompensationstabellen in der Steuerung angelegt und mit Defaultwerten vorbelegt.

Als zweiter Inbetriebnahmeschritt ist Parametrierung der Kompensationsdaten mittels Systemvariablen vorzunehmen. Dies ist auf zwei verschiedenen Arten möglich:

- Starten eines NC-Programms, in dem die Systemvariablen geschrieben werden.
- Übertragen der Kompensationstabellen von einem externen Rechner auf die Steuerung.

---

#### Hinweis

Vor dem Laden der Kompensationstabellen müssen alle Kompensationsfunktionen für alle Achsen ausgeschaltet werden:

- MD32700 \$MA\_ENC\_COMP\_ENABLE[<Achse>] == 0
  - MD32710 \$MA\_CEC\_ENABLE[<Achse>] == 0
- 

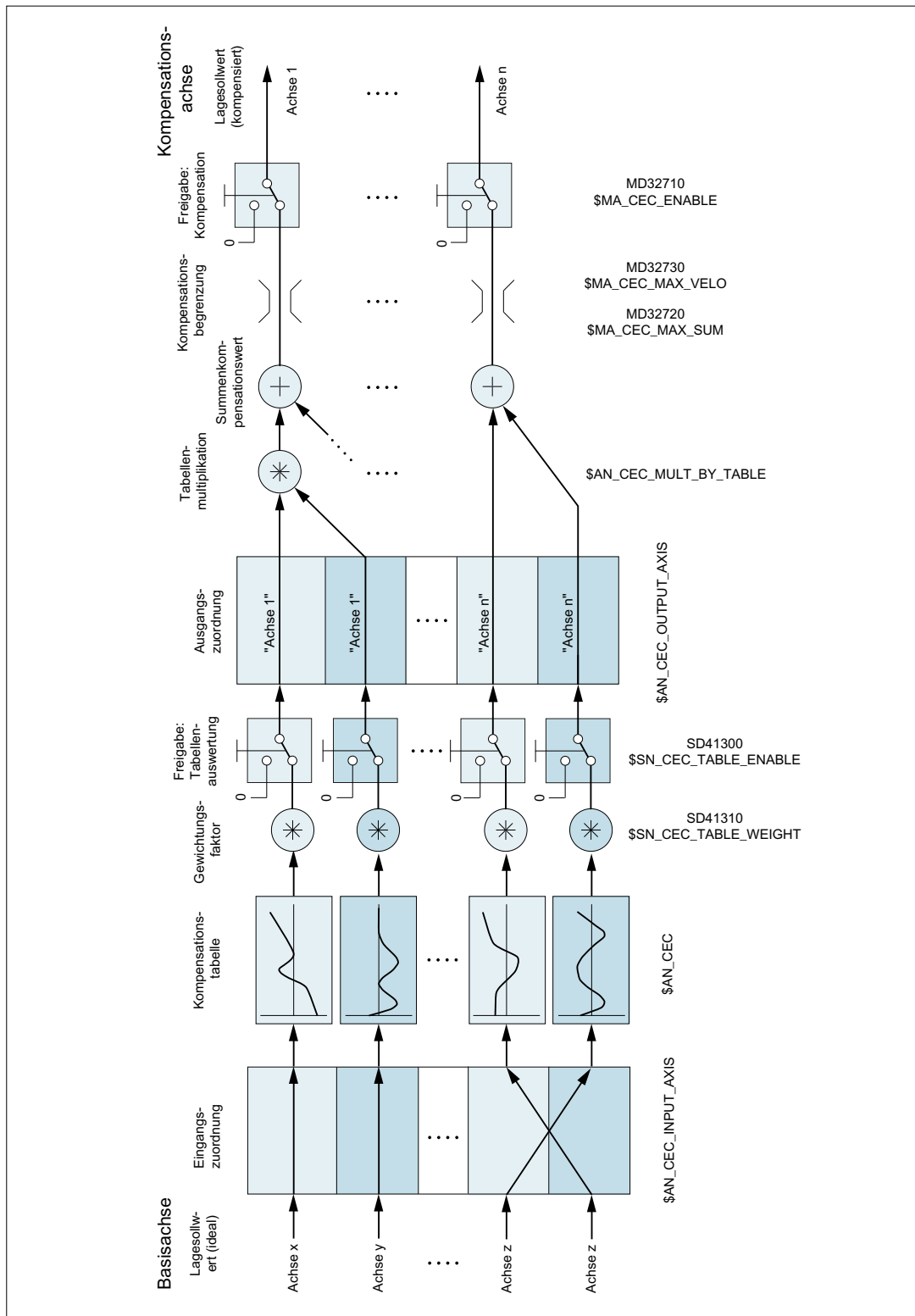
### Ablauf

1. Parametrieren der Stützpunktzahl der Kompensationstabellen:  
MD18342 \$MN\_MM\_CEC\_MAX\_POINTS
2. Parametrieren der Überwachungen:
  - Absolute Begrenzung: MD32720 \$MA\_CEC\_MAX\_SUM
  - Begrenzung der Änderung: MD32730 \$MA\_CEC\_MAX\_VELO



3. Parametrieren der Maßsystemumschaltung
  - ohne automatische Umrechnung:  
MD10240 \$MN\_SCALING\_SYSTEM\_IS\_METRIC
  - mit automatischer Umrechnung:
    - MD10240 \$MN\_SCALING\_SYSTEM\_IS\_METRIC
    - MD10260 \$MN\_CONVERT\_SCALING\_SYSTEM
    - MD32711 \$MA\_CEC\_SCALING\_SYSTEM\_METRIC
4. **Warmstart** der NC zur Aktivierung der Maschinendatenänderungen auslösen
5. Parametrieren der Gewichtungsfaktoren der Kompensationstabellen  
SD41310\$SN\_CEC\_TABLE\_WEIGHT
6. Parametrieren der Tabellenparameter in den Systemvariablen \$AN\_CEC\_...
7. Prüfen bzw. Referenzieren der aktuellen Messsysteme der Basis- und Kompensationsachsen:  
DB31, ... DBX60.4 bzw. 60.5 == 1 (Referenziert/Synchronisiert 1 bzw. 2)
8. Freigabe der Kompensationen:
  - Tabellenspezifisch: SD41300 CEC\_TABLE\_ENABLE
  - Achsspezifisch: MD32710 \$MA\_CEC\_ENABLE

10.5.3.6 Inbetriebnahme: Übersichtsgraphik



### 10.5.3.7 Beispiel 1: Durchhangkompensation

Abhängig von der Position der Achse Y1 wird auf die Sollposition der Achse Z1 ein zusätzlicher Kompensationswert aufgeschaltet.

Verwendete Kompensationstabelle: Tabelle 1  $\Rightarrow$  Index = 0

#### Kompensationsparameter

- Anfangsposition: -400.0
- Endposition: 400.0
- Stützstellenabstand: 8.0

#### Stützpunktzahl

$MD18342 \ \$MN\_MM\_CEC\_MAX\_POINTS[0] = (400.0 - -400.0) / 8.0 + 1 = 101$

Der Speicherbedarf im statischen Anwenderspeicher beträgt mit 8 Byte je Kompensationswert mindestens 808 Byte.

Programmcode	Kommentar
%_N_NC_CEC_INI	; Schreiben der Kompensationsdaten
CHANDATA(1)	; Kompensationstabelle 1, Index 0
\$AN_CEC[0,0]=0	; 1. Kompensationswert = 0 $\mu$ m
\$AN_CEC[0,1]=0.01	; 2. Kompensationswert = 10 $\mu$ m
\$AN_CEC[0,2]=0.012	; 3. Kompensationswert = 12 $\mu$ m
...	
\$AN_CEC[0,100]=0	; 101. Kompensationswert = 0 $\mu$ m
\$AN_CEC_INPUT_AXIS[0]=AX2	; Basisachse Y1 $\Rightarrow$ Maschinenachsname AX2
\$AN_CEC_OUTPUT_AXIS[0]=AX3	; Kompensationsachse Z1 $\Rightarrow$ Maschinenachsname AX3
\$AN_CEC_STEP[0]=8.0	; Stützpunktstand 8.0mm
\$AN_CEC_MIN[0]=-400.0	; Anfangsposition: Y1 = -400mm
\$AN_CEC_MAX[0]=400.0	; Endposition: Y1 = +400mm
\$AN_CEC_DIRECTION[0]=0	; In beiden Verfahrrichtungen von Y1 kompensieren
\$AN_CEC_MULT_BY_TABLE[0]=0	; Keine Tabellenmultiplikation
\$AN_CEC_IS_MODULO[0]=0	; Keine Modulo-Funktion

10.5.3.8 Beispiel 2: Kompensation mit Tabellenmultiplikation

Kompensation der Durchbiegung des Fundaments eines Bohrwerkes mit Tabellenmultiplikation.

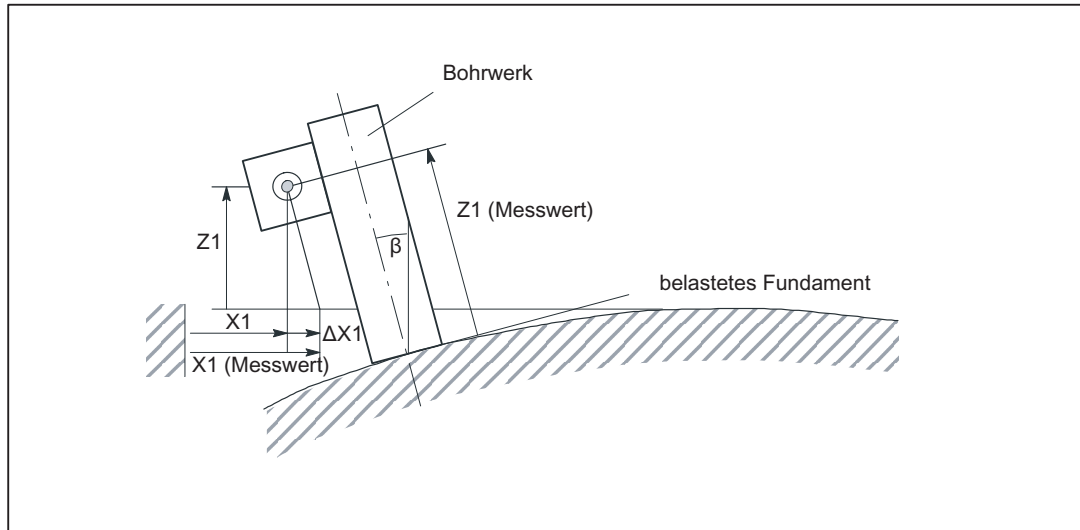


Bild 10-15 Durchbiegung des Fundaments

Bei Großmaschinen kann die Durchbiegung des Fundaments zu Neigung der gesamten Maschine führen.

Die Kompensation in der Achse X1 ist abhängig von:

- Der Position der Achse X1, da diese den Neigungswinkel  $\beta$  bestimmt
- Der Position der Achse Z1, in der sich der Bohrer befindet.

Der Summenkompensationswert  $\Delta X1_{Gesamt}$  berechnet sich aus den Kompensationswerten  $\Delta X1$  und  $\Delta Z1$ :

$$\Delta X1_{Gesamt} = \Delta Z1 * \Delta X1 = \Delta Z1 * \sin\beta(X1) \approx \Delta Z1 * \beta(X1)$$

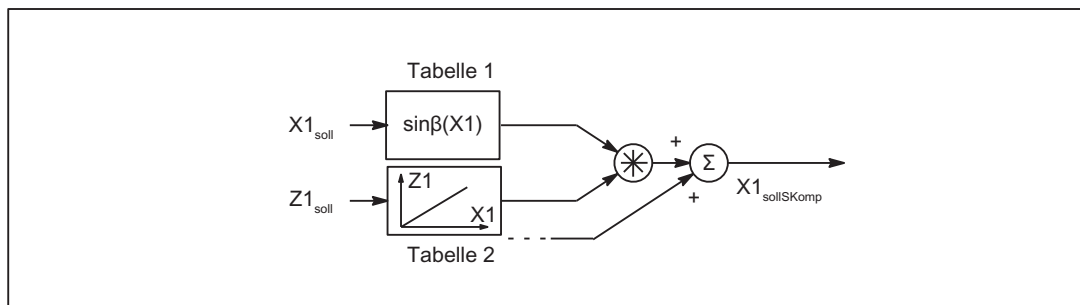


Bild 10-16 Tabellenmultiplikation

**Kompensationstabelle 1 (Tabellenindex: 0)**

- Basisachse: X1
- Kompensationsachse: X1
- Kompensationswerte: Sinus des positionsabhängigen Kippwinkels  $\beta$ , mit  $\beta = f(\text{Position von X1})$

**Kompensationstabelle 2 (Tabellenindex: 1)**

- Basisachse: Z1
- Kompensationsachse: X1
- Kompensationswerte: Rückwirkung der Position der Achse Z1 auf die gemessene Position der Achse X1

**Tabellenmultiplikation**

Für Kompensationsbeziehung 1 (Tabellenindex: 0) ist die Tabellenmultiplikation mit der Kompensationsbeziehung 2 einzustellen:

`$AN_CEC_MULT_BY_TABLE[ 0 ] = 2`

**10.5.3.9****Beispiel 3: 2-dimensionales Feld von Kompensationswerten**

Für Flachbettmaschinen ergibt sich in der Praxis oft der Anwendungsfall, dass die Durchgangkompensationswerte der Z-Achse von den Achspositionen der X- und Y-Achse abhängig sind. Daher bietet sich die Organisation der Kompensationswerte in einem 2-dimensionalen Feld an.

Im vorliegenden Beispiel wird die mögliche Vorgehensweise zur Durchgangkompensation an einem Gitter mit einer Größe von 4 x 5 (Zeilen x Spalten) näher erläutert. Die Größe des Messbereichs beträgt 2000 x 900 mm<sup>2</sup>. Die Kompensationswerte werden auf der X-Achse in Schritten von 500 mm und auf der Y-Achse in Schritten von 300 mm ermittelt. An den Schnittpunkten des Gitters (X-Y-Ebene) befinden sich die Stützpunkte mit den jeweiligen Kompensationswerten. Kompensationswerte zwischen diesen Stützpunkten werden linear interpoliert.

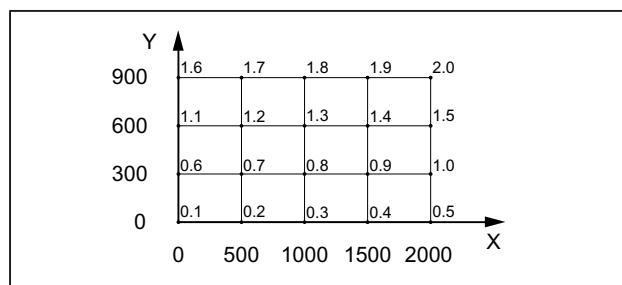


Bild 10-17 Kompensationswerte der Z-Achse

**Hinweis**

**Bedienoberfläche SINUMERIK Operate**

Der aktuell wirksame Kompensationswert der Z-Achse aufgrund der Durchhangkompensation wird auf der Bedienoberfläche SINUMERIK Operate angezeigt unter:

Bedienbereich: "Diagnose" > "Achsdiagnose" > "Service Achse" > Signal: "Kompensation Durchhang + Temperatur"

**Realisierung**

Pro Zeile des vierzeiligen Gitters wird eine Kompensationstabelle mit jeweils fünf Stützpunkten eingerichtet. In der ersten Kompensationstabelle werden, beginnend bei Stützpunkt 1, in aufsteigender Reihenfolge die Kompensationswerte 0,1 bis 0,5 der ersten Zeile eingetragen. In der ersten Kompensationstabelle nach gleichem Schema die Kompensationswerte 0,6 bis 1,0 der zweiten Zeile usw.. Diese für die Position der X-Achse relevanten Kompensationstabellen werden im weiteren Verlauf mit **f-Tabellen** und die Tabellenwerte als **f<sub>i</sub>(x)**, mit i: Nummer der Tabelle, bezeichnet.

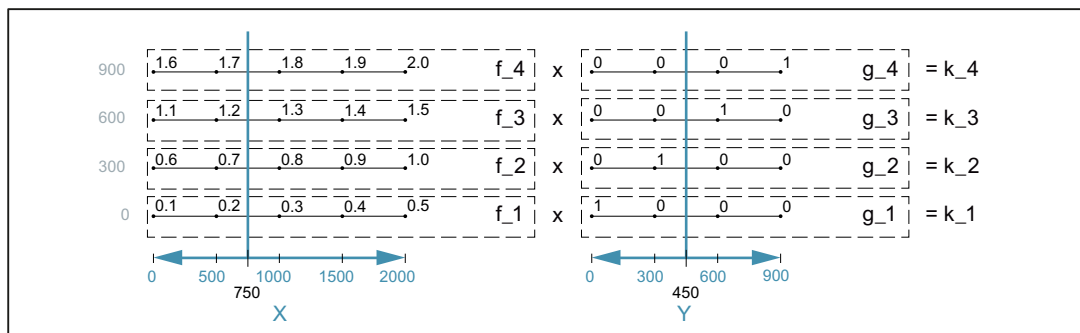
Zur Berücksichtigung der Position der Y-Achse werden weitere Kompensationstabellen benötigt. Diese Kompensationstabellen werden im weiteren Verlauf als **g-Tabellen** und die Tabellenwerte als **g<sub>j</sub>(y)** bezeichnet. Die Anzahl der f- und g-Tabellen sind gleich. Im Beispiel jeweils vier.

In den g-Tabellen wird jeweils ein Kompensationswert auf 1 gesetzt und alle weiteren auf 0. Die Position des Kompensationswerts 1 innerhalb der Tabelle richtet sich nach der Tabellennummer. Bei der ersten g-Tabelle befindet sich der Kompensationswert 1 an der ersten Stützpunktstelle und bei der zweiten g-Tabelle befindet sich der Kompensationswert 1 an der zweiten Stützpunktstelle usw. Durch die Multiplikation der g-Tabellen mit den f-Tabellen wird jeweils der richtige Kompensationswert der f-Tabelle durch Multiplikation mit 1 ausgewählt. Die nicht relevanten Kompensationswerte werden durch die Multiplikation mit 0 ausgeblendet.

Der Summenkompensationswert D<sub>z</sub> an der Stelle (x/y) wird nach folgender Rechenvorschrift ermittelt:

$$D_z(x/y) = f_1(x) * g_1(y) + f_2(x) * g_2(y) + f_3(x) * g_3(y) + f_4(x) * g_4(y) = k_1 + k_2 + k_3 + k_4$$

An der Stelle D<sub>z</sub>(750/450) berechnet sich der Summenkompensationswert der Z-Achse dann zu:



$$\begin{aligned}
 Dz(750/450) &= f_1(750) * g_1(450) + f_2(750) * g_2(450) + \\
 &\quad f_3(750) * g_3(450) + f_4(750) * g_4(450) \\
 &= 0,25 * 0,0 + 0,75 * 0,5 + \\
 &\quad 1,25 * 0,5 + 1,75 * 0,0 \\
 &= 1,0
 \end{aligned}$$

## Parametrierung

### Parametrierung der Maschinendaten per NC-Programm

Programmcode	Kommentar
; Stützpunktzahl der Kompensationstabellen	
\$MN_MM_CEC_MAX_POINTS[0]=5	; Kompensationstabelle 1
\$MN_MM_CEC_MAX_POINTS[1]=5	; Kompensationstabelle 2
\$MN_MM_CEC_MAX_POINTS[2]=5	; Kompensationstabelle 3
\$MN_MM_CEC_MAX_POINTS[3]=5	; Kompensationstabelle 4
\$MN_MM_CEC_MAX_POINTS[4]=4	; Kompensationstabelle 5
\$MN_MM_CEC_MAX_POINTS[5]=4	; Kompensationstabelle 6
\$MN_MM_CEC_MAX_POINTS[6]=4	; Kompensationstabelle 7
\$MN_MM_CEC_MAX_POINTS[7]=4	; Kompensationstabelle 8
; Überwachungen für Achse Z1 entsprechend 3. Maschinenachse	
\$MA_CEC_MAX_SUM[AX3]=10.0	; max. Summenkompensationswert
\$MA_CEC_MAX_VELO[AX3]=100.0	; max. Änderung

### Einstellen der Tabellenparameter (Systemvariablen) per NC-Programm

Programmcode	Kommentar
; Zum Beschreiben der Kompensationstabellen muss die	
; Kompensation für die Achse Z1 (Kompensationsachse)	
; zuvor ausgeschaltet werden.	
\$MA_CEC_ENABLE[Z1] = FALSE	
NEWCONF	; \$MA_CEC_ENABLE wirksam setzen
; Festlegen der Werte f <sub>i</sub> (x) in den f-Tabellen:	
; Funktionswerte f <sub>1</sub> (x) für Tabelle mit Index [0]	
\$AN_CEC[0,0]=0.1	
\$AN_CEC[0,1]=0.2	
\$AN_CEC[0,2]=0.3	
\$AN_CEC[0,3]=0.4	
\$AN_CEC[0,4]=0.5	
; Funktionswerte f <sub>2</sub> (x) für Tabelle mit Index [1]	
\$AN_CEC[1,0]=0.6	
\$AN_CEC[1,1]=0.7	

Programmcode	Kommentar
\$AN_CEC[1,2]=0.8	
\$AN_CEC[1,3]=0.9	
\$AN_CEC[1,4]=1.0	
; Funktionswerte f_3(x) für Tabelle mit Index [2]	
\$AN_CEC[2,0]=1.1	
\$AN_CEC[2,1]=1.2	
\$AN_CEC[2,2]=1.3	
\$AN_CEC[2,3]=1.4	
\$AN_CEC[2,4]=1.5	
; Funktionswerte f_4(x) für Tabelle mit Index [3]	
\$AN_CEC[3,0]=1.6	
\$AN_CEC[3,1]=1.7	
\$AN_CEC[3,2]=1.8	
\$AN_CEC[3,3]=1.9	
\$AN_CEC[3,4]=2.0	
; Auswertung der f-Tabellen mit den Kompensationswerten freigeben	
\$SN_CEC_TABLE_ENABLE[0]=TRUE	
\$SN_CEC_TABLE_ENABLE[1]=TRUE	
\$SN_CEC_TABLE_ENABLE[2]=TRUE	
\$SN_CEC_TABLE_ENABLE[3]=TRUE	
; Gewichtungsfaktor der f-Tabellen festlegen	
\$SN_CEC_TABLE_WEIGHT[0]=1.0	
\$SN_CEC_TABLE_WEIGHT[1]=1.0	
\$SN_CEC_TABLE_WEIGHT[2]=1.0	
\$SN_CEC_TABLE_WEIGHT[3]=1.0	
; Änderungen der folgenden Tabellenparameter werden erst	
; nach Warmstart wirksam	
; Basisachse X1 festlegen	
\$AN_CEC_INPUT_AXIS[0]=(X1)	
\$AN_CEC_INPUT_AXIS[1]=(X1)	
\$AN_CEC_INPUT_AXIS[2]=(X1)	
\$AN_CEC_INPUT_AXIS[3]=(X1)	
; Kompensationsachse Z1 festlegen	
\$AN_CEC_OUTPUT_AXIS[0]=(Z1)	
\$AN_CEC_OUTPUT_AXIS[1]=(Z1)	
\$AN_CEC_OUTPUT_AXIS[2]=(Z1)	
\$AN_CEC_OUTPUT_AXIS[3]=(Z1)	



Programmcode	Kommentar
<pre>; Stützpunktabstand für die Kompensationswerte der f-Tabellen festlegen \$AN_CEC_STEP[0]=500.0 \$AN_CEC_STEP[1]=500.0 \$AN_CEC_STEP[2]=500.0 \$AN_CEC_STEP[3]=500.0  ; Kompensation beginnt bei X1=0 \$AN_CEC_MIN[0]=0.0 \$AN_CEC_MIN[1]=0.0 \$AN_CEC_MIN[2]=0.0 \$AN_CEC_MIN[3]=0.0  ; Kompensation endet bei X1=2000 \$AN_CEC_MAX[0]=2000.0 \$AN_CEC_MAX[1]=2000.0 \$AN_CEC_MAX[2]=2000.0 \$AN_CEC_MAX[3]=2000.0  ; Werte der f-Tabellen mit Index [t1] werden mit Werten der g-Tabellen ; mit der Nummer [t2] multipliziert ; entspricht der oben ausgeführten Rechenvorschrift \$AN_CEC_MULT_BY_TABLE[0]=5 \$AN_CEC_MULT_BY_TABLE[1]=6 \$AN_CEC_MULT_BY_TABLE[2]=7 \$AN_CEC_MULT_BY_TABLE[3]=8  ; Festlegen der g-Tabellenwerte für g_i(y): ; Funktionswerte g_1(x) für Tabelle mit Index [4] \$AN_CEC[4,0]=1.0 \$AN_CEC[4,1]=0.0 \$AN_CEC[4,2]=0.0 \$AN_CEC[4,3]=0.0  ; Funktionswerte g_2(x) für Tabelle mit Index [5] \$AN_CEC[5,0]=0.0 \$AN_CEC[5,1]=1.0 \$AN_CEC[5,2]=0.0 \$AN_CEC[5,3]=0.0  ; Funktionswerte g_3(x) für Tabelle mit Index [6] \$AN_CEC[6,0]=0.0 \$AN_CEC[6,1]=0.0 \$AN_CEC[6,2]=1.0 \$AN_CEC[6,3]=0.0</pre>	

Programmcode	Kommentar
<pre>; Funktionswerte g_4(x) für Tabelle mit Index [7] \$AN_CEC[7,0]=0.0 \$AN_CEC[7,1]=0.0 \$AN_CEC[7,2]=0.0 \$AN_CEC[7,3]=1.0  ; Auswertung der g-Tabellen mit den Kompensationswerten freigeben \$\$SN_CEC_TABLE_ENABLE[4]=TRUE \$\$SN_CEC_TABLE_ENABLE[5]=TRUE \$\$SN_CEC_TABLE_ENABLE[6]=TRUE \$\$SN_CEC_TABLE_ENABLE[7]=TRUE  ; Gewichtungsfaktor für die g-Tabellen festlegen \$\$SN_CEC_TABLE_WEIGHT[4]=1.0 \$\$SN_CEC_TABLE_WEIGHT[5]=1.0 \$\$SN_CEC_TABLE_WEIGHT[6]=1.0 \$\$SN_CEC_TABLE_WEIGHT[7]=1.0  ; Änderungen der folgenden Tabellenparameter werden ; erst nach Power On wirksam ;Basisachse Y1 festlegen \$AN_CEC_INPUT_AXIS[4]=(Y1) \$AN_CEC_INPUT_AXIS[5]=(Y1) \$AN_CEC_INPUT_AXIS[6]=(Y1) \$AN_CEC_INPUT_AXIS[7]=(Y1)  ; Kompensationsachse Z1 festlegen \$AN_CEC_OUTPUT_AXIS[4]=(Z1) \$AN_CEC_OUTPUT_AXIS[5]=(Z1) \$AN_CEC_OUTPUT_AXIS[6]=(Z1) \$AN_CEC_OUTPUT_AXIS[7]=(Z1)  ; Stützpunkt Abstand für die Kompensationswerte der g-Tabellen festlegen \$AN_CEC_STEP[4]=300.0 \$AN_CEC_STEP[5]=300.0 \$AN_CEC_STEP[6]=300.0 \$AN_CEC_STEP[7]=300.0  ;Kompensation beginnt bei Y1=0 \$AN_CEC_MIN[4]=0.0 \$AN_CEC_MIN[5]=0.0 \$AN_CEC_MIN[6]=0.0 \$AN_CEC_MIN[7]=0.0</pre>	

Programmcode	Kommentar
;Kompensation endet bei Y1=900	
\$AN_CEC_MAX[4]=900.0	
\$AN_CEC_MAX[5]=900.0	
\$AN_CEC_MAX[6]=900.0	
\$AN_CEC_MAX[7]=900.0	
; Kompensation wieder aktivieren	
\$MA_CEC_ENABLE[Z1]=TRUE	
NEWCONF	
; Programmtests um die Wirksamkeit der Kompensation zu überprüfen	
G01 F1000 X0 X0 Z0 G90	
R1=0 R2=0	
LOOP_Y:	
LOOP_X:	
STOPRE	
X=R1 Y=R2	
M0	; warten, um den CEC-Wert zu prüfen
R1=R1+500	
IF R1 <=2000 GOTOB LOOP_X	
R1=0	
R2=R2+300	
IF R2<=900 GOTOB LOOP_Y	

## 10.5.4 Erweiterung der Durchgangkompensation mit NCU-Link

### 10.5.4.1 Parametrierung allgemein

#### Basis- und Kompensationsachsen

Die Parametrierung der Basisachse (Eingang) und Kompensationsachse (Ausgang) einer Kompensationstabelle erfolgt im Zusammenhang mit Link-Achsen (siehe Funktionshandbuch "Grundfunktionen", Kapitel "Dezentrale Systeme") durch folgende Systemvariablen:

- \$AN\_CEC\_INPUT\_NCU
- \$AN\_CEC\_INPUT\_AXIS
- \$AN\_CEC\_OUTPUT\_NCU
- \$AN\_CEC\_OUTPUT\_AXIS

Dabei sind folgende Randbedingungen zu beachten:

- Die Basis- und Kompensationsachsen der Durchhangkompensation müssen als Kanalachsen auf derselben NCU interpoliert werden.
- Die zugehörigen Maschinenachsen können an unterschiedlichen NCUs angeschlossen sein.
- Die Systemvariablen werden erst nach **Warmstart** der NCU wirksam.
- Die Datensicherung erfolgt mit Maschinenachsnamen.

#### Allgemeine Inbetriebnahme der Durchhangkompensation

Zur allgemeinen Inbetriebnahme der Durchhangkompensation siehe Kapitel "Inbetriebnahme: Prinzipielle Vorgehensweise (Seite 328)".

### 10.5.4.2 Parametrierung mit Kanalachsnamen

Die Parametrierung der Basis- und Kompensationsachsen mit Kanalachsnamen erfolgt über folgende Systemvariablen:

- Eingangssachse  
\$AN\_CEC\_INPUT\_AXIS[<CEC-Tabellennummer>] = <Kanalachsname>
- Ausgangssachse  
\$AN\_CEC\_OUTPUT\_AXIS[<CEC-Tabellennummer>] = <Kanalachsname>

#### Beispiel: Kopplung von Achse "ZZ" (AX2, NCU 2) an "XR" (AX1, NCU 1)

Es sind zwei Teileprogramme, TP1 für Kanal 1 und TP2 für Kanal 2, zu erstellen. In diesen werden die Systemvariablen der Basis- und Kompensationsachse der Kompensationstabelle geschrieben.

Ausschnitt aus TP1, Kanal 1: \$AN\_CEC\_INPUT\_AXIS[0] = "XR"

Ausschnitt aus TP2, Kanal 2: \$AN\_CEC\_OUTPUT\_AXIS[0] = "ZZ"

### 10.5.4.3 Parametrierung mit Maschinenachsnamen

Die Parametrierung der Basis- und Kompensationsachsen mit Maschinenachsnamen erfolgt über folgende Systemvariablen:

- Basisachsen
  - \$AN\_CEC\_INPUT\_NCU[<CEC-Tabellennummer>] = <NCU-Nummer>
  - \$AN\_CEC\_INPUT\_AXIS[<CEC-Tabellennummer>] = <Maschinenachsname>
- Kompensationsachsen
  - \$AN\_CEC\_OUTPUT\_NCU[<CEC-Tabellennummer>] = <NCU-Nummer>
  - \$AN\_CEC\_OUTPUT\_AXIS[<CEC-Tabellennummer>] = <Kanalachsname>

#### Beispiel: Kopplung der Achse "ZZ" (AX2, NCU 2) an "XR" (AX1, NCU 1)

Es ist ein Teileprogramm zu erstellen, das in einem beliebigen Kanal der NCU 1 gestartet werden kann. In diesem werden die Systemvariablen der Basis- und Kompensationsachse der Kompensationstabelle mit Maschinenachsnamen und NCU-Nummer geschrieben.

Teileprogramm:

```
$AN_CEC_INPUT_NCU[0] = 1
$AN_CEC_INPUT_AXIS[0] = "AX1"
$AN_CEC_OUTPUT_NCU[0] = 2
$AN_CEC_OUTPUT_AXIS[0] = "AX2"
```

---

**Hinweis**

- Die NCU-Nummer muss im NC-Programm vor dem Achsnamen geschrieben werden.
  - Eine Durchhangkompensation zwischen NC1\_AX1 und NC2\_AX2 ist nicht möglich.
- 

#### 10.5.4.4 Achscontainer

Die Durchhangkompensation kann auch im Zusammenhang mit Container-Achsen (siehe Funktionshandbuch "Grundfunktionen", Kapitel "Dezentrale Systeme") verwendet werden. Dabei ist zu beachten, dass bei der Verwendung von Container-Achsen nach jeder Achscontainer-Drehung bezüglich der Durchhangkompensation andere Maschinenachsen gekoppelt sind. Um auch nach einer Achscontainer-Drehung die Kopplung zwischen zwei bestimmten Maschinenachsen beizubehalten, müssen nach jeder Drehung die Systemvariablen zur Parametrierung der Basis- und Kompensationsachsen der Kompensationstabelle anwenderseitig entsprechend neu geschrieben werden.

**Voraussetzung**

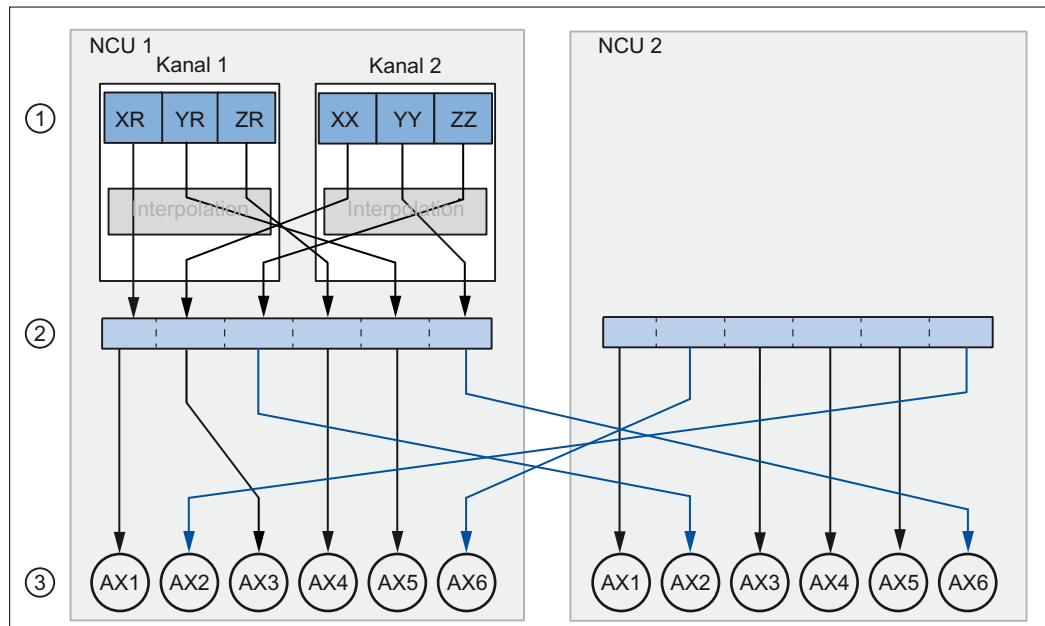
Der Achscontainer muss sich beim Einschalten der Durchhangkompensation in Grundstellung ( $\$AN\_AXCTAS == 0$ ) befinden.

**ACHTUNG****Änderung der Maschinenachsen**

Nach einer Achscontainer-Drehung bleiben weiter die gleichen Kanalachsen gekoppelt. Die dabei gekoppelten Maschinenachsen können sich ändern.

### 10.5.4.5 Konfigurationsbeispiel 1: NCU-Link mit starrer Kopplung

Im Konfigurationsbeispiel 1 sind die beiden Kanäle der NCU 1 und die über Maschinendatum MD20080 \$MC\_AXCONF\_CHANAX\_NAME\_TAB definierten Kanalachsennamen dargestellt. Die Konfiguration der NCU 2 ist nicht dargestellt.



- ① Zuordnung von Kanalachsen zu Maschinenachsen:  
MD20070 \$MC\_AXCONF\_MACHAX\_USED[0 ... 2]
- ② Zuordnung von logischen zu realen Maschinenachsen:  
MD10002 \$MN\_AXCONF\_LOGIC\_MACHAX\_TAB
- ③ Maschinenachsenamen:  
MD10000 \$MN\_AXCONF\_MACHAX\_NAME\_TAB

Bild 10-18 Konfiguration 1: NCU-Link mit starrer Kopplung

Die Kanalachse ZZ (NCU1, Kanal 2) ist mit der Maschinenachse AX2 von NCU 2 verbunden. D.h., damit die Maschinenachse AX2 der NCU 2 verfährt, muss im 2. Kanal der NCU 1 die Achse ZZ verfahren werden. Beispielsweise über folgende Befehle in einem NC-Programm:  
POS[ZZ]=10 FA[ZZ]=1000

#### Parametrierung

Die Parametrierung in den Maschinendaten der beiden NCUs erfolgt über die nachfolgend aufgeführten NC-Programme NC\_P1 und NC\_P2.

#### NC-Programm NC\_P1: Parametrierung der Maschinendaten für NCU 1

##### Programmcode

```
; ##### NCU1 #####
; NC-spezifische Maschinendaten
$MN_NCU_LINKNO = 1
$MN_MM_NCU_LINK_MASK = 1
```

**Programmcode**

```

$MN_MM_LINK_NUM_OF_MODULES= 2
$MN_MM_SERVO_FIFO_SIZE = 3
$MN_ASSIGN_CHAN_TO_MODE_GROUP[1]=1
$MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[0] = "NC1_AX1"
$MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[1] = "NC1_AX3"
$MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[2] = "NC2_AX2"
$MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[3] = "NC1_AX4"
$MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[4] = "NC1_AX5"
$MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[5] = "NC2_AX6"
; Kanal-spezifische Maschinendaten: Kanal 1
CHANDATA(1)
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[0]=1
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[1]=5
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[2]=4
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[3]=0
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[4]=0
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[5]=0
$MC_AXCONF_CHANAX_NAME_TAB[0] = "XR"
$MC_AXCONF_CHANAX_NAME_TAB[1] = "YR"
$MC_AXCONF_CHANAX_NAME_TAB[2] = "ZR"
; Kanal-spezifische Maschinendaten: Kanal 2
CHANDATA(2)
$MC_REFP_NC_START_LOCK=0
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[0]=2
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[1]=6
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[2]=3
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[3]=0
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[4]=0
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[5]=0
$MC_AXCONF_CHANAX_NAME_TAB[0] = "XX"
$MC_AXCONF_CHANAX_NAME_TAB[1] = "YY"
$MC_AXCONF_CHANAX_NAME_TAB[2] = "ZZ"
M30

```

**NC-Programm NC\_P2: Parametrierung der Maschinendaten für NCU 2****Programmcode**

```

; ##### NCU-2 #####
; NC-spezifische Maschinendaten
$MN_NCU_LINKNO = 2
$MN_MM_NCU_LINK_MASK = 1
$MN_MM_LINK_NUM_OF_MODULES= 2
$MN_MM_SERVO_FIFO_SIZE = 3
$MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[0] = "NC2_AX1"

```

**Programmcode**

```

$MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[1] = "NC1_AX6"
$MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[2] = "NC2_AX3"
$MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[3] = "NC2_AX4"
$MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[4] = "NC2_AX5"
$MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[5] = "NC1_AX2"
; Kanal-spezifische Maschinendaten: Kanal 1
CHANDATA(1)
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[0]=1
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[1]=2
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[2]=3
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[3]=4
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[4]=5
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[5]=6
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[6]=0
M30

```

**10.5.4.6 Konfigurationsbeispiel 2: NCU-Link mit Achscontainer**

Konfigurationsbeispiel 2 enthält einen Achscontainer CT1 (siehe Funktionshandbuch "Grundfunktionen", Kapitel "Dezentrale Systeme"). Die Parametrierung der im Achscontainer enthaltenen Achsen erfolgt über MD12701 \$MN\_AXCT\_AXCONF\_ASSIGN\_TAB1. Der Achscontainer ist ein NCU-übergreifendes Objekt, das nur einmal für alle NCUs existiert.

Die logische Maschinenachse der Kanalachse YR verweist auf den Slot CT1\_SL3 und der Kanalachse YY auf den Slot CT1\_SL4. Die Kanalachsen der NCU2 sind nicht dargestellt.

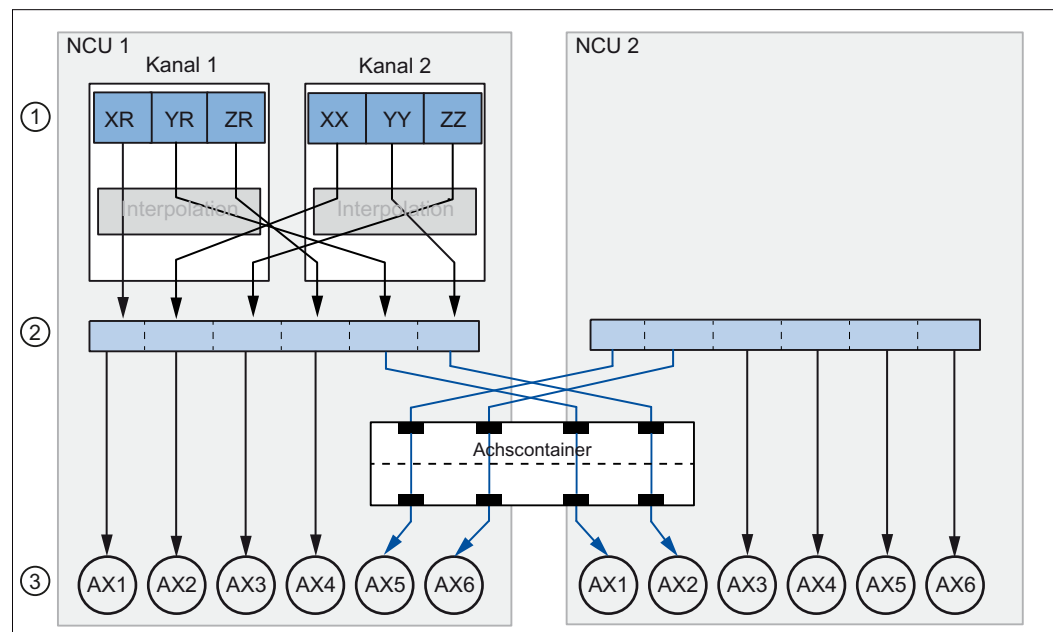
Container-Achsen sind folgende Maschinenachsen:

- NC1\_AX5
- NC1\_AX6
- NC2\_AX1
- NC2\_AX2

**Achskonstellation in Grundstellung des Achscontainers**

In Grundstellung des Achscontainers nach dem Hochlauf der NCUs, ist die Kanalachse YR mit NC2\_AX1 und die Kanalachse YY mit NC2\_AX2 verbunden.

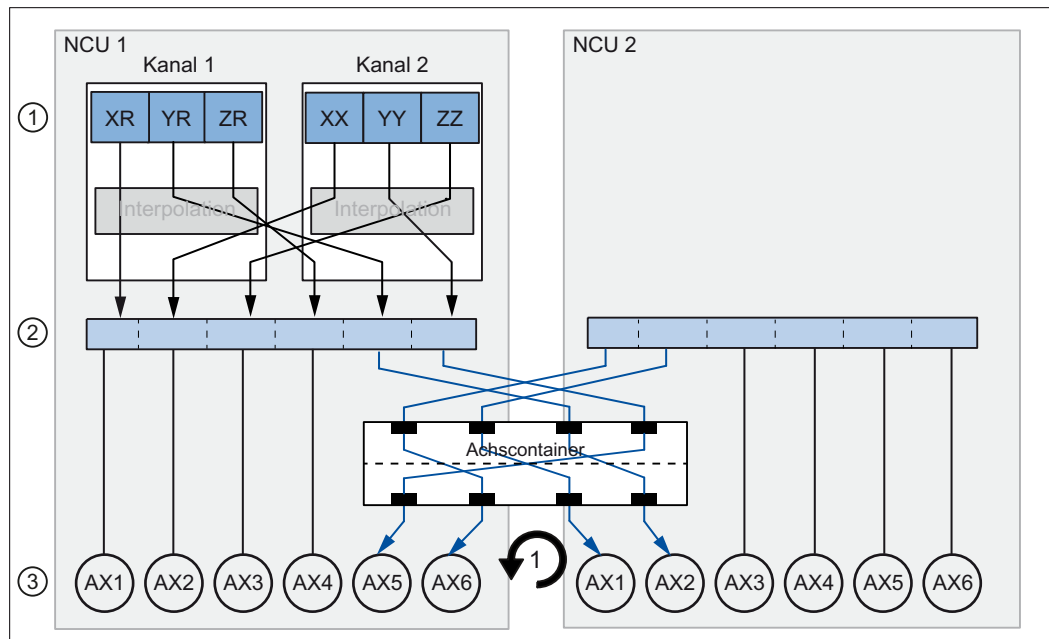




- ① MD20070 \$MC\_AXCONF\_MACHAX\_USED.
- ② MD10002 \$MN\_AXCONF\_LOGIC\_MACHAX\_TAB
- ③ MD10000 \$MN\_AXCONF\_MACHAX\_NAME\_TAB

#### Achskonstellation nach einem Schritt des Achscontainers

Nach Drehung des Achscontainers um einen Schritt ist die Kanalachse YR mit NC2\_AX2 und die Kanalachse YY mit NC1\_AX5 verbunden.



- ① MD20070 \$MC\_AXCONF\_MACHAX\_USED.
- ② MD10002 \$MN\_AXCONF\_LOGIC\_MACHAX\_TAB
- ③ MD10000 \$MN\_AXCONF\_MACHAX\_NAME\_TAB

### NC-Programm NC\_P1: Parametrierung der Maschinendaten für NCU 1

**Programmcode**

```

; ##### NCU1 #####
; NC-spezifische Maschinendaten
$MN_NCU_LINKNO = 1
$MN_MM_NCU_LINK_MASK = 1
$MN_MM_LINK_NUM_OF_MODULES= 2
$MN_MM_SERVO_FIFO_SIZE = 3
$MN_ASSIGN_CHAN_TO_MODE_GROUP[1]=1
$MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[0] = "NC1_AX1"
$MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[1] = "NC1_AX3"
$MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[2] = "NC2_AX2"
$MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[3] = "NC1_AX4"
$MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[4] = "CT1_SL3"
$MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[5] = "CT1_SL4"
$MN_AXCT_AXCONF_ASSIGN_TAB1[0] = "NC1_AX5"
$MN_AXCT_AXCONF_ASSIGN_TAB1[1] = "NC1_AX6"
$MN_AXCT_AXCONF_ASSIGN_TAB1[2] = "NC2_AX1"
$MN_AXCT_AXCONF_ASSIGN_TAB1[3] = "NC2_AX2"
$SN_AXCT_SWWIDTH[0] = 1
; Kanal-spezifische Maschinendaten: Kanal 1
CHANDATA(1)
    
```

**Programmcode**

```

$MC_AXCONF_MACHAX_USED[0]=1
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[1]=5
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[2]=4
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[3]=0
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[4]=0
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[5]=0
$MC_AXCONF_CHANAX_NAME_TAB[0] = "XR"
$MC_AXCONF_CHANAX_NAME_TAB[1] = "YR"
$MC_AXCONF_CHANAX_NAME_TAB[2] = "ZR"
; Kanal-spezifische Maschinendaten: Kanal 1
CHANDATA(2)
$MC_REFP_NC_START_LOCK=0
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[0]=2
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[1]=6
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[2]=3
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[3]=0
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[4]=0
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[5]=0
$MC_AXCONF_CHANAX_NAME_TAB[0] = "XX"
$MC_AXCONF_CHANAX_NAME_TAB[1] = "YY"
$MC_AXCONF_CHANAX_NAME_TAB[2] = "ZZ"
M30

```

**NC-Programm NC\_P2: Parametrierung der Maschinendaten für NCU 2****Programmcode**

```

; ##### NCU-2 #####
; NC-spezifische Maschinendaten
$MN_NCU_LINKNO = 2
$MN_MM_NCU_LINK_MASK = 1
$MN_MM_LINK_NUM_OF_MODULES= 2
$MN_MM_SERVO_FIFO_SIZE = 3
$MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[0] = "CT1_SL1"
$MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[1] = "CT1_SL2"
$MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[2] = "NC2_AX3"
$MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[3] = "NC2_AX4"
$MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[4] = "NC2_AX5"
$MN_AXCONF_LOGIC_MACHAX_TAB[5] = "NC2_AX6"
CHANDATA(1)
; Kanal-spezifische Maschinendaten: Kanal 1
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[0]=1
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[1]=2
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[2]=3
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[3]=4

```

**Programmcode**

```
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[4]=5  
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[5]=6  
$MC_AXCONF_MACHAX_USED[6]=0  
M30
```

## 10.5.5 Richtungsabhängige Spindelsteigungsfehler-Kompensation

### 10.5.5.1 Funktionsbeschreibung

Bei zu großen richtungsabhängigen Differenzen in den Kompensationspunkten, bei einer nicht konstanten Lose bzw. bei sehr hohen Anforderungen an die Genauigkeit kann eine richtungsabhängige Kompensation der Spindelsteigungsfehler oder Messsystemfehler (bei direkter Positionserfassung) erforderlich sein.

### Richtungsabhängige Spindelsteigungsfehler-Kompensation

Bei der "Richtungsabhängige Spindelsteigungsfehler-Kompensation" ("Richtungsabhängige SSFK" oder auch "Bidirektionale SSFK") werden je Achse zwei Kompensationstabellen verwendet. Eine Kompensationstabelle für die positive und eine für die negative Verfahrrichtung. In die Kompensationstabellen wird die Abweichung im jeweiligen Kompensationspunkt als Differenz zwischen idealem Soll- und gemessenem Istwert eingetragen. Kompensationswerte von Zwischenwerten berechnet die Steuerung automatisch per Linearinterpolation.

### Voraussetzungen / Wirksamkeit

Die "Richtungsabhängigen SSFK" wird in der SINUMERIK-Steuerung als Sonderfall der "Durchhangkompensation" realisiert. Es gelten daher die Voraussetzungen und Bedingungen der "Durchhangkompensation" (siehe "Durchhang- und Winkligkeitsfehlerkompensation (Seite 320)").

Die Wirksamkeit der Kompensation kann durch Referenzmessung z. B. mit dem Laserinterferometer oder im einfachsten Fall über die Service-Anzeige der jeweiligen Achse überprüft werden.

---

### Hinweis

Wird die "Richtungsabhängige SSFK" parallel zur Durchhangkompensation und Korrektur der Winkligkeit verwendet, müssen die Randbedingungen dieser Funktionen zusammen betrachtet werden, z. B. die Zuordnung der Tabellen <t> zur jeweiligen Funktion.

---

## 10.5.5.2 Inbetriebnahme

### Messung der Fehler- bzw. Korrekturwerte

Bei der Inbetriebnahme der "Richtungsabhängigen SSFK" werden wie bei der Inbetriebnahme der "Richtungsunabhängigen SSFK" richtungsabhängige Fehlerkurven je Achse mit einem geeigneten Messgerät (z. B. Laserinterferometer) ermittelt (siehe Kapitel "Spindelsteigungsfehler- und Messsystemfehlerkompensation (Seite 314)"). Für die Durchführung der Messung ist ein Teileprogramm mit Messpunkten und Wartezeiten zu erstellen (siehe Kapitel "Beispiel (Seite 352)": Programm "BI\_SSFK\_MESS\_AX1\_X.MPF").

Da die verschiedenen Messgeräte unterschiedliche Unterstützungsmöglichkeiten bei der praktischen Umsetzung im Zusammenhang mit einer SINUMERIK-Steuerung bieten, wird dieser Vorgang im Folgenden nur allgemein und steuerungsbezogen beschrieben.

---

#### Hinweis

Die Messung zur Ermittlung der Spindelsteigungsfehler ist im Rahmen der Erstinbetriebnahme erst dann durchzuführen, wenn in den Maschinendaten die Verfahrrichtungen der Achsen in Bezug auf das Maschinenkoordinatensystem korrekt eingestellt sind.

---

## Inbetriebnahme (Prinzip)

1. Anzahl der Kompensations-Stützpunkte festlegen (siehe auch Kapitel "Kompensation von Durchhang und Winkligkeitsfehler: Inbetriebnahme (Seite 328)")  
Für die richtungsabhängige SSFK ist jeder Achse jeweils eine Kompensationstabelle für die positive und negative Verfahrrichtung zuzuordnen. Die Anzahl der Kompensations-Stützpunkte einer Tabelle wird festgelegt über:  
MD18342 \$MN\_MM\_CEC\_MAX\_POINTS[ <Kompensationstabellen-Index> ]

### VORSICHT

#### Möglicher Datenverlust

Eine Änderung des speicherkonfigurierenden Maschinendatums MD18342 \$MN\_MM\_CEC\_MAX\_POINTS hat eine Umkonfiguration des NC-Speichers im nächsten Hochlauf der Steuerung zur Folge. Dabei kann es zum Verlust aller anwenderspezifischen Daten kommen. Siehe Funktionshandbuch "Grundfunktionen", Kapitel "Speicherkonfiguration".

Erstellen eines Inbetriebnahmearchivs:

Bedienbereich: "Inbetriebnahme" > "ETC"-Taste > "IBN-Archive" > "Inbetriebnahmearchiv erstellen" > "OK" > Auswahl: "NC-Daten"

#### Beispiel

- X-Achse: positive Verfahrrichtung, Tabelle 1, 11 Stützpunkte
- X-Achse: negative Verfahrrichtung, Tabelle 2, 11 Stützpunkte

Maschinendaten:

- MD18342 \$MN\_MM\_CEC\_MAX\_POINTS[ 0 ] = 11
- MD18342 \$MN\_MM\_CEC\_MAX\_POINTS[ 1 ] = 11

2. Erstelltes Inbetriebnahmearchiv einlesen:  
Bedienbereich: "Inbetriebnahme" > "ETC"-Taste > "IBN-Archive" > "Inbetriebnahmearchiv einlesen" > "OK"  
Anschließend stehen die Kompensationstabellen zur Verfügung.
3. Zur Vereinfachung der Inbetriebnahme ein NC-Programm erstellen, durch das die Kompensationsparameter in die Maschinendaten und Systemvariablen geschrieben werden (siehe Kapitel "Beispiel (Seite 352)").
4. Das NC-Programm in der Steuerung ausführen:  
Betriebsart: "AUTOMATIK" > Anwahl Programm > NC-Start
5. Power-On (Warmstart) auslösen.
6. Es können nun Vergleichsmessungen mit dem Laserinterferometer durchgeführt werden.
7. Zur weiteren Verbesserung des Kompensationsergebnisses ist es denkbar, einzelne Kompensationswerte im Programm zu korrigieren. Nach wiederholtem Einlesen der Tabelle ist kein POWER ON mehr notwendig.

---

**Hinweis****NC\_CEC.INI**

Die über "Inbetriebnahme" > "Systemdaten" (aus dem Ordner "NC-Aktive-Daten" > "Durchhang-Winkligkeit Komp") kopierte Datei "NC\_CEC.INI" beinhaltet alle vereinbarten Durchhang-/Winkligkeits- und richtungsabhängigen SSFK-Tabellen.

---

**Hinweis****Umkehrlose**

Die Umkehrlose ist auf den Wert **0** zu setzen:

- MD32450 \$MA\_BACKLASH [ <Messsystem> ] = 0
- 

**Kompensationsparameter**

Die Kompensationsparameter werden über folgende Systemvariablen eingestellt:

- \$AN\_CEC[ <Tabelle>, <Stützpunkt> ] (Kompensationswert)
  - \$AN\_CEC\_INPUT\_AXIS[ <Tabelle> ] (Basisachse)
  - \$AN\_CEC\_OUTPUT\_AXIS[ <Tabelle> ] (Kompensationsachse)
- 

**Hinweis**

Basis- und Kompensationsachse sind bei der "Richtungsabhängigen SSFK" **immer identisch**.

---

- \$AN\_CEC\_STEP[ <Tabelle> ] (Stützpunktabstand)
  - \$AN\_CEC\_MIN[ <Tabelle> ] (Anfangsposition)
  - \$AN\_CEC\_MAX[ <Tabelle> ] (Endposition)
  - \$AN\_CEC\_DIRECTION[ <Tabelle> ] (Richtung)
- 

**Hinweis**

Die Einstellung \$AN\_CEC\_DIRECTION[<t>] = 0 (Tabelle wirkt für beide Verfahrrichtungen der Basisachse) ist bei der "Richtungsabhängigen SSFK" **nicht** relevant.

---

- \$AN\_CEC\_IS\_MODULO[ <Tabelle> ] (Kompensation mit Modulo-Funktion)
- 

**Hinweis**

Zur Beschreibung der Systemvariablen, siehe Kapitel "Kompensation von Durchhang und Winkligkeitsfehler: Inbetriebnahme (Seite 328)".

---

**Maßsystem**

Siehe Kapitel "Kompensation von Durchhang und Winkligkeitsfehler: Inbetriebnahme (Seite 328)".

## Überwachung

Siehe Kapitel "Kompensation von Durchhang und Winkligkeitsfehler: Inbetriebnahme (Seite 328)".

### 10.5.5.3 Beispiel

Das folgenden Beispiel zeigt die Parametrierung der richtungsabhängigen Kompensationstabellen für eine Achse (Maschinenachse AX1). Dabei werden alle Parameterwerte der Kompensationstabellen über ein Programm geschrieben.

#### Kompensationsparameter

- Basisachse = Kompensationsachse = Maschinenachse AX1
- Stützpunktabstand: 58.0 mm
- Anfangsposition: -585.0 mm
- Endposition: -5.0 mm

#### Tabellendefinition

Als richtungsabhängigen Kompensationstabellen werden für die Maschinenachse AX1 die 1. und 2. Kompensationstabelle mit jeweils 11 Kompensations-Stützpunkten definiert:

- MD18342 \$MN\_MM\_CEC\_MAX\_POINTS[ 0 ] = 11 (Tabelle 1: **positive** Verfahrrichtung)
- MD18342 \$MN\_MM\_CEC\_MAX\_POINTS[ 1 ] = 11 (Tabelle 2: **negative** Verfahrrichtung)

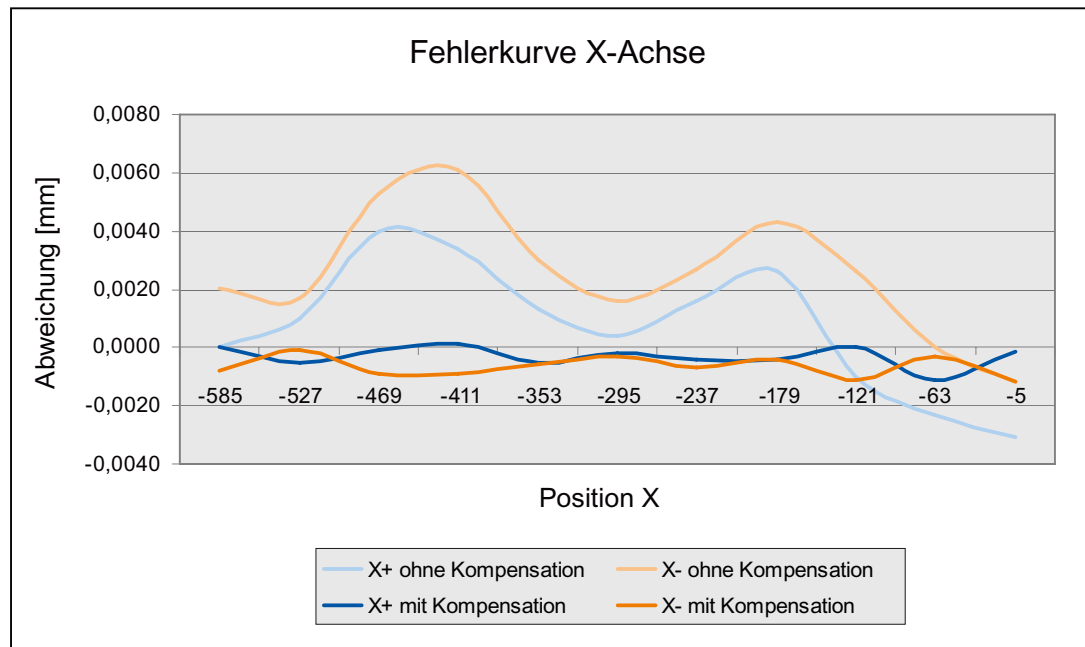
#### Stützpunkte und Korrekturwerte

Stützpunkte		Abweichungen bzw. Korrekturwerte		Abweichung mit Kompensation	
Index	Position [mm]	pos. Verfahrrichtung [mm]	neg. Verfahrrichtung [mm]	pos. Verfahrrichtung [mm]	neg. Verfahrrichtung [mm]
0	-585 <sup>1)</sup>	0,0000	0,0020	0,0000	-0,0008
1	-527	0,0010	0,0017	-0,0005	-0,0001
2	-469	0,0040	0,0053	-0,0001	-0,0009
3	-411	0,0034	0,0061	0,0001	-0,0009
4	-353	0,0013	0,0030	-0,0005	-0,0006
5	-295	0,0004	0,0016	-0,0002	-0,0003
6	-237	0,0016	0,0027	-0,0004	-0,0007
7	-179	0,0026	0,0043	-0,0004	-0,0004
8	-121	-0,0010	0,0026	0,0000	-0,0011
9	-63	-0,0023	0,0000	-0,0011	-0,0003
10	-5 <sup>2)</sup>	-0,0031	-0,0012	-0,0001	-0,0012

1) Anfangsposition: \$AC\_CEC\_MIN[ <Tabelle> ]

2) Endposition: \$AC\_CEC\_MAX[ <Tabelle> ]





## Programmierung

Durch das Programm "BI\_SSFK\_TAB\_AX1\_X.MPF" werden folgende Aktionen ausgeführt:

- Deaktivierung der Kompensation
- Deaktivierung der zu schreibenden Kompensationstabellen (aktive Tabellen können nicht beschrieben werden).
- Schreiben der Kompensationswerte in die Kompensationstabellen für die positive und negative Verfahrriichtung der X-Achse
- Schreiben der Kompensationsparameter

```

; Richtungsabhängige SSFK
; 1.Achse AX1
; Tabelle 1 - positive Verfahrriichtung
; Tabelle 2 - negative Verfahrriichtung
;--- Deaktivierung der Kompensation und der Tabellen
CHANDATA(1)
$MA_CEC_ENABLE[AX1]=0          ; Kompensation AUS
$SN_CEC_TABLE_ENABLE[0]=0      ; Tabelle 1 sperren
$SN_CEC_TABLE_ENABLE[1]=0      ; Tabelle 2 sperren
NEWCONF
;--- 1. Kompensationstabelle, positive Verfahrriichtung
;----- Kompensationswerte
$AN_CEC[0,0]=0                 ; Korrekturwert Stützpunkt 0
$AN_CEC[0,1]=0.001            ; Korrekturwert Stützpunkt 1
$AN_CEC[0,2]=0.004            ; Korrekturwert Stützpunkt 2

```

## 10.5 Interpolatorische Kompensation

```

$AN_CEC[0,3]=0.0034           ; Korrekturwert Stützpunkt 3
$AN_CEC[0,4]=0.0013           ; Korrekturwert Stützpunkt 4
$AN_CEC[0,5]=0.0004           ; Korrekturwert Stützpunkt 5
$AN_CEC[0,6]=0.0016           ; Korrekturwert Stützpunkt 6
$AN_CEC[0,7]=0.0026           ; Korrekturwert Stützpunkt 7
$AN_CEC[0,8]=-0.001           ; Korrekturwert Stützpunkt 8
$AN_CEC[0,9]=-0.0023          ; Korrekturwert Stützpunkt 9
$AN_CEC[0,10]=-0.0031         ; Korrekturwert Stützpunkt 10
; ----- Kompensationsparame-
ter
$AN_CEC_INPUT_AXIS[0]=(AX1)   ; Basisachse
$AN_CEC_OUTPUT_AXIS[0]=(AX1)  ; Kompensationsachse
$AN_CEC_STEP[0]=58.0          ; Stützpunktabstand
$AN_CEC_MIN[0]=-585.0         ; Anfangsposition
$AN_CEC_MAX[0]=-5.0           ; Endposition
$AN_CEC_DIRECTION[0]=1        ; Tabelle wirkt für positive Verfahr-
richtungen
$AN_CEC_MULT_BY_TABLE[0]=0    ; keine Multiplikation (hier nicht relevant)
$AN_CEC_IS_MODULO[0]=0        ; Kompensation ohne Modulo-Funktion
; --- 2. Kompensationstabelle, negative Verfahr-
richtung
; ----- Kompensationswerte
$AN_CEC[1,0]=0.002           ; Korrekturwert Stützpunkt 0
$AN_CEC[1,1]=0.0017          ; Korrekturwert Stützpunkt 1
$AN_CEC[1,2]=0.0053          ; Korrekturwert Stützpunkt 2
$AN_CEC[1,3]=0.0061          ; Korrekturwert Stützpunkt 3
$AN_CEC[1,4]=0.003           ; Korrekturwert Stützpunkt 4
$AN_CEC[1,5]=0.0016          ; Korrekturwert Stützpunkt 5
$AN_CEC[1,6]=0.0027          ; Korrekturwert Stützpunkt 6
$AN_CEC[1,7]=0.0043          ; Korrekturwert Stützpunkt 7
$AN_CEC[1,8]=0.0026          ; Korrekturwert Stützpunkt 8
$AN_CEC[1,9]=0.000           ; Korrekturwert Stützpunkt 9
$AN_CEC[1,10]=-0.0012        ; Korrekturwert Stützpunkt 10
; ----- Kompensationsparame-
ter
$AN_CEC_INPUT_AXIS[1]=(AX1)   ; Basisachse
$AN_CEC_OUTPUT_AXIS[1]=(AX1)  ; Kompensationsachse
$AN_CEC_STEP[1]=58.0          ; Stützpunktabstand
$AN_CEC_MIN[1]=-585.0         ; Anfangsposition
$AN_CEC_MAX[1]=-5.0           ; Endposition
$AN_CEC_DIRECTION[1]=-1       ; Tabelle wirkt für negative Verfahr-
richtungen
$AN_CEC_MULT_BY_TABLE[1]=0    ; keine Multiplikation (hier nicht relevant)
$AN_CEC_IS_MODULO[1]=0        ; Kompensation ohne Modulo-Funktion (nur bei Rundach-
sen)
; --- Aktivierung der Kompensation und der Tabellen
$MA_CEC_ENABLE[AX1]=1         ; Kompensation EIN
$$SN_CEC_TABLE_ENABLE[0]=1    ; Tabelle 1 freigeben
$$SN_CEC_TABLE_ENABLE[1]=1    ; Tabelle 2 freigeben

```

```

NEWCONF
M17                               ; Programmende

```

## 10.5.6 Zylinderfehlerkompensation

### 10.5.6.1 Optionen

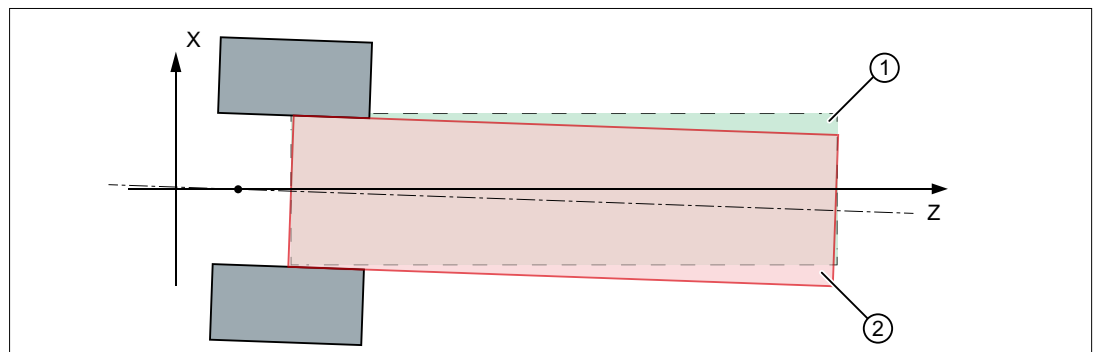
Zur Verwendung der Funktion "Zylinderfehlerkompensation" wird folgende Option benötigt:

- SINUMERIK Grinding Advanced (6FC5800-0AS35-0YB0)

### 10.5.6.2 Funktion

Die Zylinderfehlerkompensation dient zur Kompensation von Aufspannfehlern beim Rundschleifen. Kompensiert wird dabei eine Verschiebung und/oder Verdrehung des Werkstücks in der Bearbeitungsebene.

Im Gegensatz zur Durchhang- und Winkligkeitsfehlerkompensation (Seite 320), auf der die Zylinderfehlerkompensation basiert, werden nur zwei Stützpunkte zur Definition der Kompensationsfunktion (Gerade) verwendet.



- ① Sollposition des Zylinders  
 ② Istposition des Zylinders

Bild 10-19 Zylinderfehler aufgrund fehlerhafter Aufspannung

### 10.5.6.3 Inbetriebnahme

Nummer	Bezeichner	Bedeutung
SD41300	\$SN_CEC_TABLE_ENABLE	Freigabe der Kompensationstabelle
SD41310	\$SN_CEC_TABLE_WEIGHT	Gewichtungsfaktor
SD41320	\$SN_CEC_0	Kompensationswert an der Anfangsposition
SD41321	\$SN_CEC_1	Kompensationswert an der Endposition
SD41330	\$SN_CEC_BAS_0	Messpunkt P1: Basiswert
SD41331	\$SN_CEC_BAS_1	Messpunkt P2: Basiswert

Nummer	Bezeichner	Bedeutung
SD41335	\$SN_CEC_BAS_STORE_0	Merker für Messpunkt P1: Basiswert
SD41336	\$SN_CEC_BAS_STORE_1	Merker für Messpunkt P2: Basiswert
SD41340	\$SN_CEC_COMP_0	Messpunkt P1: Zylinderfehler
SD41341	\$SN_CEC_COMP_1	Messpunkt P2: Zylinderfehler
SD41350	\$SN_CEC_COMP_STORE_0	Merker für Messpunkt P1: Zylinderfehler
SD41351	\$SN_CEC_COMP_STORE_1	Merker für Messpunkt P2: Zylinderfehler
SD41355	\$SN_CEC_CALC	Start der Berechnung durch 0/1-Flanke
SD41356	\$SN_CEC_CALC_ADD	Absolute oder additive Kompensationswerte

**Hinweis****Tabellenindex**

Alle nachfolgend beschriebenen Maschinendaten, Settingdaten und Systemvariablen mit dem gleichen **Index** <math>\leftrightarrow</math> gehören zur gleichen Kompensationstabelle.

**Kompensationsfunktion**

Die Kompensationsfunktion der Zylinderfehlerkompensation ist eine Gerade der Form:

$$\Delta X = m \cdot Z + b$$

$\Delta X$ : Kompensationswert für die Sollposition der Kompensationsachse

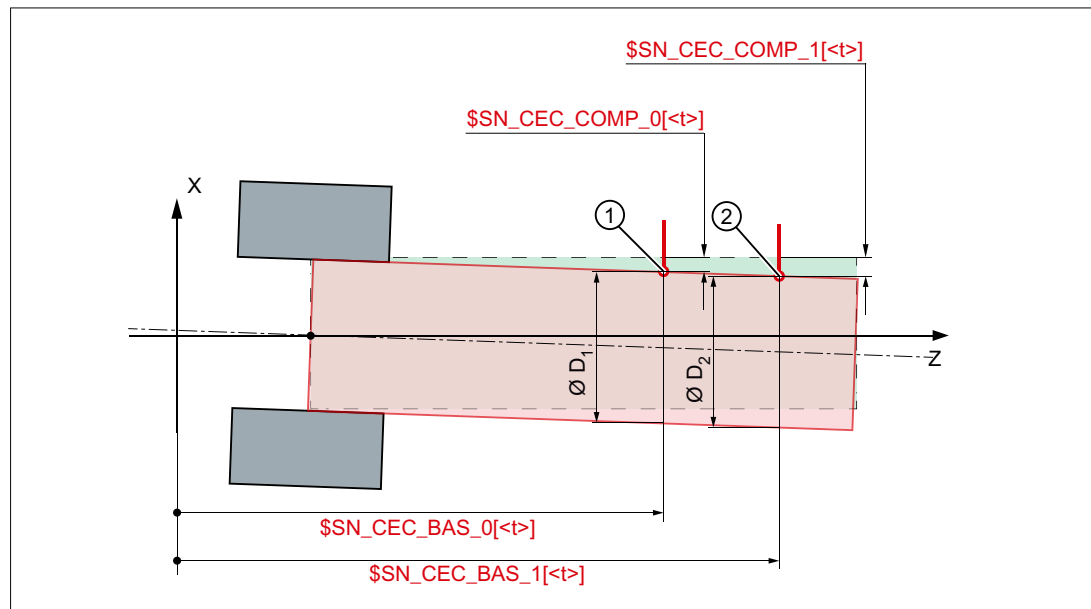
m: Steigung der Kompensationsgeraden

z: Sollposition der Basisachse

b: Verschiebung der Kompensationsgeraden

**Messpunkte**

Damit die Steuerung die Kompensationsfunktion berechnen kann, muss an zwei Stellen des aufgespannten zylindrischen Werkstücks der Fehler in der Kompensationsachse gemessen werden. Im nachfolgenden Bild ist, entsprechend der beim Schleifen üblichen Bearbeitungsebene G18 (Z/X), die Basisachse mit Z und die Kompensationsachse mit X bezeichnet.



① Messpunkt P1

② Messpunkt P2

---  $\$SN\_CEC\_BAS\_0/1$  : Positionen der Messpunkte in der Basisachse (Z)

---  $\$SN\_CEC\_COMP\_0/1$ : Zylinderfehler an den Messpunkten in Kompensationsachse (X)

---  $\varnothing D_1 == \varnothing D_2$

Bild 10-20 Messpunkte der Zylinderfehlerkompensation

Für die Messpunkte muss folgende Bedingung eingehalten werden:

$$Z_{P1} < Z_{P2} \Rightarrow \$SN\_CEC\_BAS\_0 < \$SN\_CEC\_BAS\_1$$

## Grundlegende Inbetriebnahme

Die Zylinderfehlerkompensation basiert auf der Durchhangkompensation (CEC) (Seite 320). Daher müssen vor Inbetriebnahme der Zylinderfehlerkompensation, zuerst die nachfolgenden Kompensationsparameter in den Systemvariablen der Durchhangkompensation eingestellt werden. Dazu werden in einem NC-Programm die erforderlichen Werte in die Systemvariablen geschrieben.

Programmcode	Kommentar
$\$AN\_CEC\_INPUT\_AXIS[<t>] = "<Basisachse>"$	; Name der Basisachse
$\$AN\_CEC\_OUTPUT\_AXIS[<t>] = "<Kompensationsachse>"$	; Name der Kompensationsachse
$\$AN\_CEC\_MIN[<t>] = <Anfangsposition>$	; Anfangsposition des Verfahrbereichs in dem die Kompensation wirken soll
$\$AN\_CEC\_MAX[<t>] = <Endposition>$	; Endposition des Verfahrbereichs in dem die Kompensation wirken soll
$\$AN\_CEC\_STEP[<t>] = <Stützpunktstand>$	; Stützpunktstand = Endposition - Anfangsposition
$\$AN\_CEC\_DIRECTION[<t>] = 0$	; keine Richtungsabhängigkeit
$\$AN\_CEC\_IS\_MODULO[<t>] = FALSE$	; keine Modulo-Funktionalität

Programmcode	Kommentar
\$AN_CEC_MULT_BY_TABLE[<t>] = 0	; keine Multiplikation mit einer anderen Tabelle
\$AN_CEC_TYPE = 1	; Kompensationstyp = Zylinderfehlerkompensation

**Stützpunktabstand (\$AN\_CEC\_STEP)**

Aufgrund der Geraden als Kompensationsfunktion werden bei der Zylinderfehlerkompensation nur zwei Stützpunkte benötigt. Daher ergibt sich der Stützpunktabstand als Differenz von End- und Anfangsposition:

$$\$AN\_CEC\_STEP[<t>] = \$AN\_CEC\_MAX[<t>] - \$AN\_CEC\_MIN[<t>]$$

**Einstellen der Zylinderfehlerkompensation**

Nachfolgend ist aufgezeigt, wie beim Einstellen einer Zylinderfehlerkompensation prinzipiell vorzugehen ist.

1. Festlegen, ob die aktuellen Kompensationswerte absolut oder relativ wirken:

Settingdatum	Bedeutung
SD41356 \$SN_CEC_CALC_ADD[<t>]	Absolute oder additive Kompensationswerte (0: absolut, 1: relativ)

2. Festlegen des Gewichtungsfaktor mit dem die Kompensationswerte beaufschlagt werden:

Settingdatum	Bedeutung
SD41310 \$SN_CEC_TABLE_WEIGHT[<t>]	Gewichtungsfaktor

Über den Gewichtungsfaktor kann die Kennlinie vertikal verschoben werden.

3. Ermitteln des **Fehlers** in Richtung der Kompensationsachse (X) an zwei Messpunkten.
4. Übernehmen der Messpunkte (Basiswert und Fehler bzw. Kompensationswert) in die Kompensationsdaten:

	Basiswert (Z)	Kompensationswert (X)
Messpunkt P1	SD41330 \$SN_CEC_BAS_0[<t>]	SD41340 \$SN_CEC_COMP_0[<t>]
Messpunkt P2	SD41331 \$SN_CEC_BAS_1[<t>]	SD41341 \$SN_CEC_COMP_1[<t>]

5. Auslösen eines positiven Flankenwechsels (0→1) zum Start der Berechnung der Kompensationsfunktion:

Settingdatum	Bedeutung
SD41355 \$SN_CEC_CALC[<t>]	Start der Berechnung durch 0→1-Flanke

6. Die Steuerung berechnet die Kompensationswerte für den Anfangs- und Endpunkt der Kompensationsgeraden, absolut oder relativ, abhängig von Settingdatum SD41356 \$SN\_CEC\_CALC\_ADD[<t>]:

Absolut:

- SD41320 \$SN\_CEC\_0[<t>] = <berechneter Kompensationswert an der Anfangsposition>
- SD41321 \$SN\_CEC\_1[<t>] = <berechneter Kompensationswert an der Endposition>

Relativ:

- SD41320 \$SN\_CEC\_0[<t>] = SD41320 \$SN\_CEC\_0[<t>] + <berechneter Kompensationswert an der Anfangsposition>
- SD41321 \$SN\_CEC\_1[<t>] = SD41321 \$SN\_CEC\_1[<t>] + <berechneter Kompensationswert an der Endposition>

Settingdatum	Bedeutung
SD41320 \$SN_CEC_0[<t>]	Kompensationswert an der Anfangsposition
SD41321 \$SN_CEC_1[<t>]	Kompensationswert an der Endposition

Die Messwerte werden nach der Berechnung in Merker geschrieben und anschließend gelöscht:

- Merker = Messwert
- Messwert = 0.0

Settingdatum	Bedeutung
Merker	
SD41335 \$SN_CEC_BAS_STORE_0[<t>]	Merker für Messpunkt P1: Basiswert
SD41350 \$SN_CEC_COMP_STORE_0[<t>]	Merker für Messpunkt P1: Zylinderfehler
SD41336 \$SN_CEC_COMP_STORE_0[<t>]	Merker für Messpunkt P2: Basiswert
SD41351 \$SN_CEC_COMP_STORE_1[<t>]	Merker für Messpunkt P2: Zylinderfehler
Gelöschte Messwerte	
SD41330 \$SN_CEC_BAS_0[<t>]	Messpunkt P1: Basiswert
SD41340 \$SN_CEC_COMP_0[<t>]	Messpunkt P1: Zylinderfehler
SD41331 \$SN_CEC_BAS_1[<t>]	Messpunkt P2: Basiswert
SD41341 \$SN_CEC_COMP_1[<t>]	Messpunkt P2: Zylinderfehler

7. Freigabe zur Verwendung der Kompensationstabelle setzen:

Settingdatum	Bedeutung
SD41300 \$SN_CEC_TABLE_ENABLE[<t>]	Freigabe der Kompensationstabelle

### Hinweis

#### SINUMERIK Toolbox

In der SINUMERIK Toolbox wird die Datei CNC\_TAB\_CONF.MPF mitgeliefert. Sie enthält ein Beispiel wie die Zylinderfehlerkompensation innerhalb eines NC-Programms parametrieren werden kann.

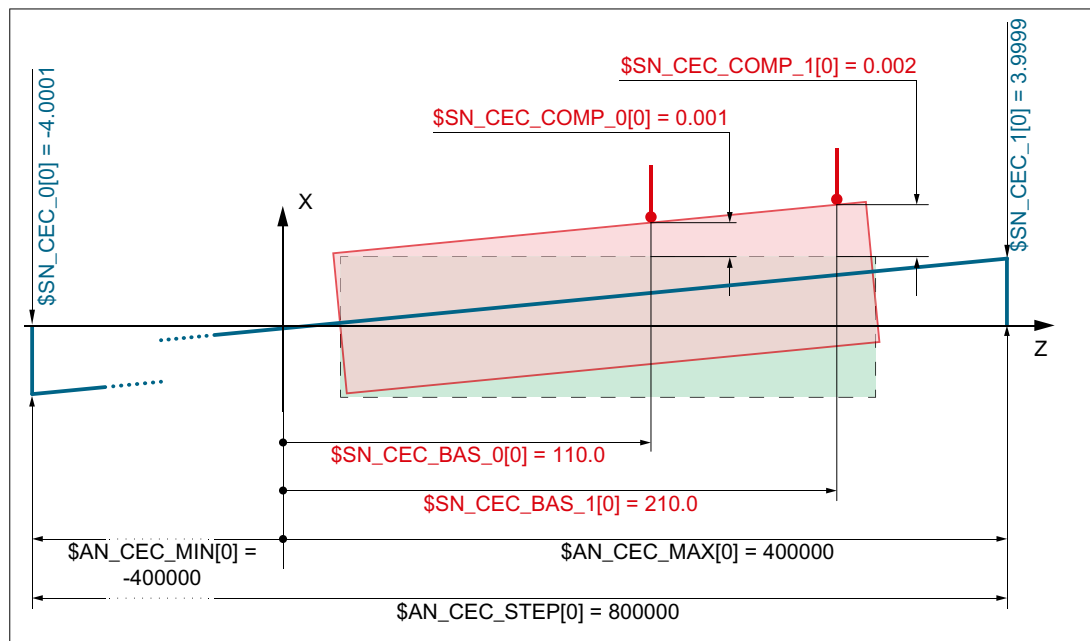
### 10.5.6.4 Beispiele

In den nachfolgenden Beispielen wird für die Zylinderfehlerkompensation die erste Kompensationstabelle (Index 0) verwendet.

#### Beispiel 1: Zylinderfehlerkompensation mit absoluten Kompensationswerten

##### Überblick der kennlinienbestimmenden Kompensationsparameter

Für das Beispiel werden die im nachfolgenden Bild dargestellten Kompensationsparameter verwendet.



##### Allgemeine Kompensationsdaten

Settingdatum	\$SN_...	Wert	Bedeutung
SD41300	CEC_TABLE_ENABLE[0]	FALSE	Freigabe
SD41310	CEC_TABLE_WEIGHT[0]	1	Gewichtungsfaktor
SD41356	CEC_CALC_ADD[0]	FALSE	<b>Absolute</b> Kompensationswerte <sup>1)</sup>

1) Die nachfolgend berechneten Kompensationswerte werden in die Settingdaten SD41320 \$SN\_CEC\_0[0] und SD41321 \$SN\_CEC\_1[0] geschrieben, d.h. sie werden absolut verwendet. Bei TRUE würden sie auf bereits vorhandenen Kompensationswerten addiert werden.

##### Achsen, Kompensationsbereich und Tabelleneigenschaften

Systemvariable	\$AN_...	Wert	Bedeutung
CEC_INPUT_AXIS[0]		(Z)	Basisachse
CEC_OUTPUT_AXIS[0]		(X)	Kompensationsachse
CEC_MIN[0]		-400000 mm	Anfangsposition



Systemvariable \$AN_...	Wert	Bedeutung
CEC_MAX[0]	400000 mm	Endposition
CEC_STEP[0]	800000 mm	Stützpunktabstand
CEC_DIRECTION[0]	0	Die Kompensationstabelle gilt für beide Verfahr- richtungen der Basisachse.
CEC_IS_MODULO[0]	FALSE	keine Modulo-Funktion aktiv
CEC_MULT_BY_TABLE[0]	0	keine Tabellen-Multiplikation aktiv

### Messpunkte

Settingdatum \$SN_...	Wert	Bedeutung
SD41330 CEC_BAS_0[0]	110.0 mm	Messpunkt P1: Basiswert
SD41331 CEC_BAS_1[0]	210.0 mm	Messpunkt P2: Basiswert
SD41340 CEC_COMP_0[0]	0.001 mm	Messpunkt P1: Zylinderfehler
SD41341 CEC_COMP_1[0]	0.002 mm	Messpunkt P2: Zylinderfehler

### Berechnung der Kompensationswerte

Die Berechnung der Kompensationswerte erfolgt durch die Steuerung aufgrund einer steigenden Flanke (0→1) im Settingdatum SD41355 \$SN\_CEC\_CALC[0]. Die nachfolgend aufgezeigten Berechnungen dienen daher nur der Veranschaulichung.

- Kompensationsfunktion  $\Delta X = f(Z)$ :

$$\Delta X = m * Z + b = \frac{X_{P2} - X_{P1}}{Z_{P2} - Z_{P1}} * Z + b \quad (1)$$

- Berechnung der Steigung m:

$$m = \frac{SD41341 \$SN\_CEC\_COMP\_1[0] - SD41340 \$SN\_CEC\_COMP\_0[0]}{SD41331 \$SN\_CEC\_BAS\_1[0] - SD41330 \$SN\_CEC\_BAS\_0[0]}$$

$$= \frac{0.002 - 0.001}{210.0 - 110.0} = 1 * 10^{-5} \quad (2)$$

- Berechnung der Verschiebung b → Messpunkt P1(110.0, 0.001) und (2) eingesetzt in (1):  
0,001 = 1\*10<sup>-5</sup> \* 110,0 + b

$$b = -1 * 10^{-4} \quad (3)$$

- Resultierende Kompensationsfunktion → (3) und (2) eingesetzt in (1):

$$\Delta X = 1 * 10^{-5} * Z - 1 * 10^{-4}$$

- Berechnung der Kompensationswerte → Anfangs- bzw. Endposition eingesetzt in (4):

$$SD41320 \$SN\_CEC\_0[0] = \Delta X_{COMP\_0} = 1 * 10^{-5} * -400000 - 1 * 10^{-4} = -4,0001$$

$$SD41321 \$SN\_CEC\_1[0] = \Delta X_{COMP\_1} = 1 * 10^{-5} * 400000 - 1 * 10^{-4} = 3,9999$$

Settingdatum \$SN_...	Wert	Bedeutung
SD41320 CEC_0[0]	-4.0001 mm	Kompensationswert an der Anfangsposition
SD41321 CEC_1[0]	3.9999 mm	Kompensationswert an der Endposition

Settingdatum	\$SN_...	Wert	Bedeutung
SD41330	CEC_BAS_0[0]	0.0 mm	Messpunkt P1: Basiswert (gelöscht)
SD41331	CEC_BAS_1[0]	0.0 mm	Messpunkt P2: Basiswert (gelöscht)
SD41335	CEC_BAS_STORE_0[0]	110.0 mm	Merker für Messpunkt P1: Basiswert
SD41336	CEC_BAS_STORE_1[0]	210.0 mm	Merker für Messpunkt P2: Basiswert
SD41340	CEC_COMP_0[0]	0.0 mm	Messpunkt P1: Zylinderfehler (gelöscht)
SD41341	CEC_COMP_1[0]	0.0 mm	Messpunkt P2: Zylinderfehler (gelöscht)
SD41350	CEC_COMP_STORE_0[0]	0.001 mm	Merker für Messpunkt P1: Zylinderfehler
SD41351	CEC_COMP_STORE_1[0]	0.002 mm	Merker für Messpunkt P2: Zylinderfehler

### Beispiel 2: Zylinderfehlerkompensation mit relativen Kompensationswerten

Beispiel 2 basiert auf den Kompensationsdaten von Beispiel 1. Die Zylinderfehlerkompensation erfolgt ebenfalls über die erste Kompensationstabelle (Index 0).

Im Beispiel 2 wird der Zylinderfehler im Unterschied zu Beispiel 1 nur an zwei anderen Messpunkten ermittelt. Die Kompensationswerte sollen relativ wirken, d.h. sie werden zu den bereits vorhandenen Kompensationswerten aus Beispiel 1 **addiert**.

#### Allgemeine Kompensationsdaten

Settingdatum	\$SN_...	Wert	Bedeutung
SD41356	CEC_CALC_ADD[0]	TRUE	<b>Relative</b> Kompensationswerte <sup>1)</sup>
1) Die nachfolgend berechneten Kompensationswerte werden auf die Settingdaten SD41320 \$SN_CEC_0[0] und SD41321 \$SN_CEC_1[0] <b>addiert</b> .			

#### Messpunkte

Settingdatum	\$SN_...	Wert	Bedeutung
SD41330	CEC_BAS_0[0]	10.0 mm	Messpunkt P1: Basiswert
SD41331	CEC_BAS_1[0]	410.0 mm	Messpunkt P2: Basiswert
SD41340	CEC_COMP_0[0]	0.0 mm	Messpunkt P1: Zylinderfehler
SD41341	CEC_COMP_1[0]	-0.003 mm	Messpunkt P2: Zylinderfehler

### Berechnung der Kompensationswerte

Die Berechnung der Kompensationswerte erfolgt durch die Steuerung aufgrund einer steigenden Flanke (0→1) im Settingdatum SD41355 \$SN\_CEC\_CALC[0]:

- Kompensationsfunktion:  $\Delta X = m * Z + b = -7,5 * 10^{-6} * Z + 7,5 * 10^{-5}$
- Berechnete Kompensationswerte:
  - $\Delta X_{\text{COMP}_0} = 3,000075 \text{ mm}$
  - $\Delta X_{\text{COMP}_1} = -2,999925 \text{ mm}$
- Addition der berechneten zu den aktuellen Kompensationswerten:
  - $\text{SD41320 } \$\text{SN\_CEC\_CEC\_0[0]} = \text{SD41320 } \$\text{SN\_CEC\_CEC\_0[0]} + \Delta X_{\text{COMP}_0} = -4.0001 \text{ mm} + 3,000075 = -1.000025 \text{ mm}$
  - $\text{SD41321 } \$\text{SN\_CEC\_CEC\_1[0]} = \text{SD41321 } \$\text{SN\_CEC\_CEC\_1[0]} + \Delta X_{\text{COMP}_1} = 3.9999 \text{ mm} - 2,999925 \text{ mm} = 0,999975$

Settingdatum	\$SN_CEC_...	Wert	Bedeutung
SD41320	CEC_0[0]	-1.000025 mm	Kompensationswert an der Anfangsposition
SD41321	CEC_1[0]	0.999975 mm	Kompensationswert an der Endposition
SD41330	CEC_BAS_0[0]	0.0 mm	Messpunkt P1: Basiswert (gelöscht)
SD41331	CEC_BAS_1[0]	0.0 mm	Messpunkt P2: Basiswert (gelöscht)
SD41335	CEC_BAS_STORE_0[0]	10.0 mm	Merker für Messpunkt P1: Basiswert
SD41336	CEC_BAS_STORE_1[0]	410.0 mm	Merker für Messpunkt P2: Basiswert
SD41340	CEC_COMP_0[0]	0.0 mm	Messpunkt P1: Zylinderfehler (gelöscht)
SD41341	CEC_COMP_1[0]	0.0 mm	Messpunkt P2: Zylinderfehler (gelöscht)
SD41350	CEC_COMP_STORE_0[0]	0.0 mm	Merker für Messpunkt P1: Zylinderfehler
SD41351	CEC_COMP_STORE_1[0]	-0.003 mm	Merker für Messpunkt P2: Zylinderfehler

## 10.5.7 Randbedingungen

### Kompensierte Istposition

Folgende Funktionen basieren auf der kompensierten Istposition:

- Messen
- Teach In
- Software-Endschalter

### Anzeige der Istposition

In der Istpositionsanzeige im Maschinenkoordinatensystem wird die Istposition der Achse ohne Kompensation (ideale Maschine) angezeigt.

In der Service-Anzeige "Achse/Spindel" (Bedienbereich "Diagnose") wird die Istposition der Achse mit Kompensation (MSFK und Losekompensation) angezeigt.

### Anzeige der Kompensationswerte

In der Service-Anzeige "Achse/Spindel" (Bedienbereich "Diagnose") werden folgende Kompensationswerte angezeigt:

- "Absoluter Kompensationswert Messsystem 1" bzw. 2  
Anzeigewert ist die sich aus der aktuellen Istposition der Basis- und Kompensationsachse ergebende Summe der Kompensationswerte von MSFK und Losekompensation.
- Kompensation Durchhang + Temperatur  
Anzeigewert ist die sich aus der aktuellen Istposition der Basis- und Kompensationsachse ergebende Summe der Kompensationswerte von Durchhang- und Temperaturkompensation.

### Verlust des Referenzierstatus der Basisachse

Wechselt der Referenzierstatus des aktiven Messsystems der Basisachse von "Referenziert / Synchronisiert" auf "Nicht Referenziert / Synchronisiert" (DB31, ... DBX60.4 oder .5: 1→0), wird die MSFK und/oder Durchhangkompensation in den entsprechenden Achsen (Basis- / Kompensationsachse) ausgeschaltet.

Wechselt anschließend der Referenzierstatus des aktiven Messsystems der Basisachse von "Nicht Referenziert / Synchronisiert" wieder auf "Referenziert / Synchronisiert" (DB31, ... DBX60.4 oder .5: 0→1), wird die MSFK und/oder Durchhangkompensation in den entsprechenden Achsen (Basis- / Kompensationsachse) wieder eingeschaltet.

### Reglerfreigaben

Ist eine Kompensationsbeziehung aktiv, sollte die Reglerfreigabe (DB31, ... DBX2.1) immer für Basis- und Kompensationsachse gleichermaßen gesetzt sein.

### Ausgabe der Verfahrsignale

Die Verfahrsignale der Kompensationsachse werden nur beim Ein-/Ausschalten der Kompensation und bei einer Änderung der Anzahl aktiver Kompensationstabellen ausgegeben.

Eine aus der Bewegung der Basisachse resultierende Verfahrbewegung der Kompensationsachse führt nicht zur Ausgabe von Verfahrsignalen in der Kompensationsachse.

## 10.6 Dynamische Vorsteuerung (Schleppfehler-Kompensation)

### 10.6.1 Allgemeine Eigenschaften

#### Axialer Schleppfehler

Als axialer Schleppfehler wird die bleibende Regelabweichung des Lagereglers beim Verfahren einer Maschinenachse bezeichnet. Anders ausgedrückt, der axiale Schleppfehler ist die Differenz zwischen der Sollposition und der Istposition der Maschinenachse bei Geschwindigkeit ungleich "0".

#### Auswirkungen

Der Schleppfehler führt insbesondere bei Beschleunigungsvorgängen an Konturkrümmungen, z. B. Kreisen und Ecken, zu einem unerwünschten, geschwindigkeitsabhängigen Konturfehler.

#### Kompensation

Mit Hilfe der "Dynamischen Vorsteuerung" kann der axiale Schleppfehler nahezu auf Null reduziert werden. Die Funktion wird daher auch als "Schleppfehler-Kompensation" bezeichnet. Die Reduktion der Schleppabstände in den interpolierenden Achsen führt außerdem dazu, dass die Konturfehler weniger geschwindigkeitsabhängig sind und dass Konturverzerrungen minimiert werden.

#### Methoden

Es gibt zwei Methoden der "Dynamischen Vorsteuerung":

- Drehzahlvorsteuerung (geschwindigkeitsabhängig)
- Momentenvorsteuerung (beschleunigungsabhängig)

#### Aktivierung

Die Auswahl und Aktivierung der Vorsteuerungsmethode erfolgt über das Maschinendatum: MD32620 \$MA\_FFW\_MODE (Vorsteuerungsart)

Um Konturfehler zu vermeiden, wird empfohlen \$MA\_FFW\_MODE = 4 einzustellen.

Wert	Bedeutung
0	keine Vorsteuerung
1	Drehzahlvorsteuerung mit PT1-Symmetrierung
2	Momentenvorsteuerung mit PT1-Symmetrierung
3	Drehzahlvorsteuerung mit Tt-Symmetrierung
4	Momentenvorsteuerung mit Tt-Symmetrierung

Modus 1 und 2 werden aus Kompatibilitätsgründen weiter angeboten.

## Ein-/Ausschalten im Teileprogramm

Über das folgende achsspezifische Maschinendatum kann festgelegt werden, dass die Vorsteuerung für die jeweilige Achse/Spindel vom Teileprogramm ein- und ausschaltbar ist:

MD32630 \$MA\_FFW\_ACTIVATION\_MODE (Vorsteuerung aktivieren von Programm)

Wert	Bedeutung
0	Die Vorsteuerung kann nicht über das Teileprogramm ein- bzw. ausgeschaltet werden. Für die Achse/Spindel wirkt somit stets der mit MD32620 \$MA_FFW_MODE vorgegebene Zustand.
1	Die Vorsteuerung kann vom Teileprogramm ein- bzw. ausgeschaltet werden. Die Anweisung wird sofort wirksam.
2	Die Vorsteuerung kann vom Teileprogramm ein- bzw. ausgeschaltet werden. Die Anweisung wird erst im nächsten Achsstillstand wirksam.

Das Ein-/Ausschalten der Vorsteuerung über das Teileprogramm erfolgt über die Anweisungen:

FFWON: Vorsteuerung EIN

FFWOF: Vorsteuerung AUS

Die Standardeinstellung (d. h. auch nach Reset, M30) wird vorgegeben mit dem kanalspezifischen Maschinendatum:

MD20150 \$MC\_GCODE\_RESET\_VALUES (Löschstellung der G-Gruppen)

FFWON/FFWOF wird für alle Achsen/Spindeln im Achsbetrieb wirksam, bei denen:

MD32630 \$MA\_FFW\_ACTIVATION\_MODE = 1 (bzw. 2)

und

MD32620 \$MA\_FFW\_MODE = 1, 2, 3 oder 4

Bei miteinander interpolierenden Achsen sollte die MD32630-Einstellung identisch eingestellt sein.

Das Ein- bzw. Ausschalten der Vorsteuerung sollte nur während des Stillstandes der Achse/Spindel im Achsbetrieb erfolgen, um ein Rucken zu vermeiden. Deshalb wird die Umschaltung automatisch bis zum nächsten Stillstand mittels Vorlaufstopp verzögert.

Wenn die Achsen mit Vorsteuerung optimiert sind, wird nicht empfohlen, die Vorsteuerung im Teileprogramm auszuschalten.

Es wird also MD32630=0 empfohlen.

---

### Hinweis

Für asynchron zur Teileprogrammabarbeitung fahrende Kommando- oder PLC-Achsen hat ein Vorlaufstopp keine Wirkung. Um sicherzustellen, dass FFWON/FFWOF erst beim nächsten Stillstand der Achse/Spindel im Achsbetrieb wirkt, muss explizit für jede Achse/Spindel im Achsbetrieb MD32630 = 2 eingestellt werden (siehe auch "Vorsteuerung bei Kommando- und PLC-Achsen (Seite 371)").

---

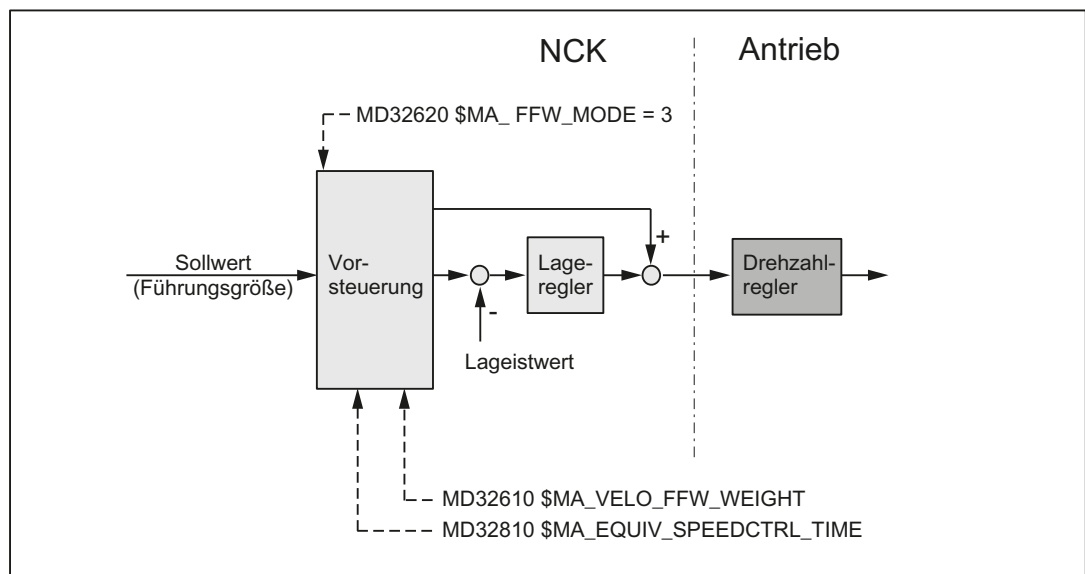
## 10.6.2 Drehzahlvorsteuerung

### Funktion

Bei der Drehzahlvorsteuerung wird zusätzlich ein Geschwindigkeitssollwert auf den Eingang des Drehzahlreglers gegeben. Damit kann bei konstanter Geschwindigkeit der Schleppabstand fast vollständig reduziert werden (d. h. die Regeldifferenz wird 0).

### Inbetriebnahme

Für die Drehzahlvorsteuerung sind folgende achsspezifische Parameter bei der Inbetriebnahme festzulegen:



#### Ersatzzeitkonstante des Drehzahlregelkreises (MD32810)

Für eine korrekt eingestellte Drehzahlvorsteuerung ist die Ersatzzeitkonstante des Drehzahlregelkreises genau zu bestimmen (z. B. grafisch aus einer Drehzahlsollwert-Sprungantwort) und in das folgende Maschinendatum einzutragen:

MD32810 \$MA\_EQUIV\_SPEEDCTRL\_TIME (Ersatzzeitkonstante Drehzahlregelkreis für Vorsteuerung)

#### Vorsteuerfaktor für Drehzahlvorsteuerung (MD32610)

Der zusätzliche Geschwindigkeitssollwert kann mit einem Faktor gewichtet werden:

MD32610 \$MA\_VELO\_FFW\_WEIGHT

Wertebereich: 0 ... 1

"0" bedeutet: keine Vorsteuerung. Standardmäßig hat der Faktor den Wert 1 ( $\hat{=}$  100%).

Der Faktor sollte auf 100% eingestellt bleiben, da dieser Wert bei einem optimal eingestellten Regelkreis für die Achse/Spindel sowie einer exakt ermittelten Ersatzzeitkonstanten des Drehzahlregelkreises die optimale Einstellung ist.

### Feinabstimmung

Durch geringfügige Veränderungen (Feinabstimmung) der Ersatzzeitkonstanten des Drehzahlregelkreises (MD32810) kann die Drehzahlvorsteuerung für die jeweilige Achse/Spindel optimiert werden.

Die Feineinstellung (Ersatzzeitkonstante, Trägheitsmoment) kann auch automatisch von AST (AutoServoTuning) ermittelt werden. Ebenso wird der Abgleich der interpolierenden Achsen ("Dynamikanpassung") durch AST erledigt.

Zur Überprüfung ist die Achse/Spindel mit konstanter Geschwindigkeit zu verfahren und in der Service-Anzeige "Achse/Spindel" die "Regeldifferenz" zu kontrollieren.

Um dies an der Service-Anzeige gut feststellen zu können, wählt man am Besten eine kleine Beschleunigung und einen großen Vorschub. Man erhält dadurch sehr lange Beschleunigungsphasen, in denen sich die Regeldifferenz gut ablesen lässt.

Beispiel:

MD32300 \$MA\_MAX\_AX\_ACCEL = 0,1 ; maximale Achsbeschleunigung = 0,1 m/s<sup>2</sup>  
MD32000 \$MA\_MAX\_AX\_VELO = 20000,0 ; maximale Achsgeschwindigkeit  
= 20000,0 mm/min

```
;Teileprogramm zum Einstellen der Ersatzzeitkonstanten  
G1 F20000  
FFWON  
LOOP:  
X1000  
X0  
GOTOB LOOP  
M30
```

### Weitere Informationen

Ausführliche Informationen zur Einstellung der Ersatzzeitkonstanten des Drehzahlregelkreises (MD32810) siehe:

- Funktionshandbuch Achsen und Spindeln; Geschwindigkeiten, Soll-/Istwertsysteme, Regelung (G2), Optimierung der Regelung

## 10.6.3 Momentenvorsteuerung

### Funktion

Bei der Momentenvorsteuerung wird ein dem Moment proportionaler zusätzlicher Stromsollwert direkt auf den Eingang des Stromreglers aufgeschaltet. Dieser Wert wird mit Hilfe der Beschleunigung und des Trägheitsmoments gebildet.

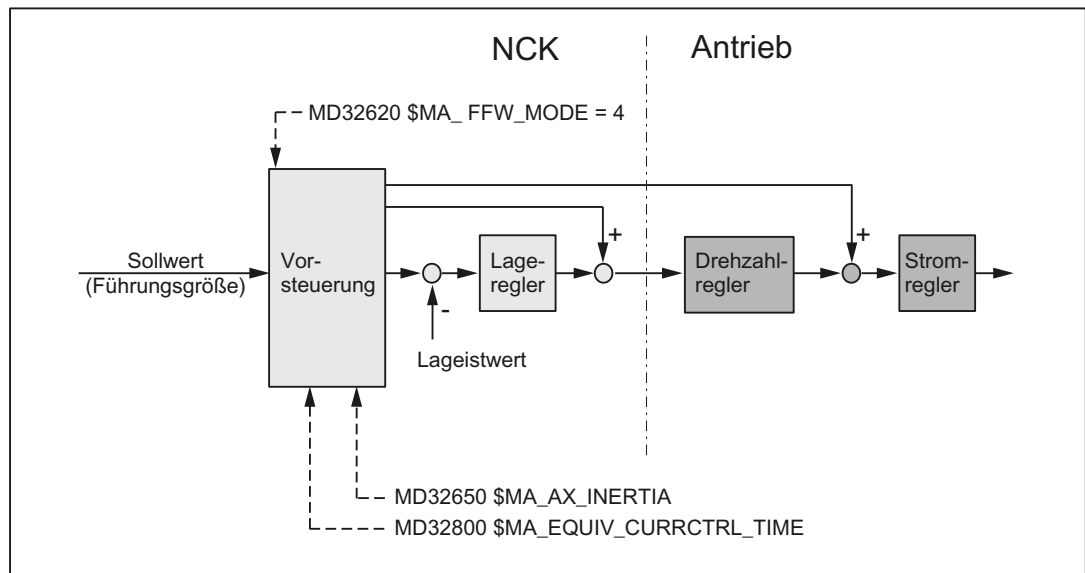


## Anwendung

Die Momentenvorsteuerung wird zum Erreichen hoher Konturgenauigkeiten bei höchsten Dynamikanforderungen benötigt. Damit kann bei richtiger Einstellung der Schleppabstand auch bei Beschleunigungsvorgängen fast vollständig kompensiert werden.

## Inbetriebnahme

Für die Momentenvorsteuerung sind folgende achsspezifische Parameter bei der Inbetriebnahme festzulegen:



### Ersatzzeitkonstante des Stromregelkreises (MD32800)

Für eine korrekt eingestellte Momentenvorsteuerung ist die Ersatzzeitkonstante des Stromregelkreises genau zu bestimmen (z. B. grafisch aus der Sprungantwort des Stromregelkreises) und in das folgende Maschinendatum einzutragen:

MD32800 \$MA\_EQUIV\_CURRCTRL\_TIME (Ersatzzeitkonstante Stromregelkreis für Vorsteuerung)

### Gesamt-Trägheitsmoment der Achse (MD32650)

Die Momentenvorsteuerung bietet bereits Vorteile im Vergleich zur Drehzahlvorsteuerung - auch wenn das tatsächliche Trägheitsmoment nicht genau bekannt ist. Bei beladungsabhängigen Achsen wird empfohlen, die leere Achse zu messen und die hier ermittelte Gesamtträgheit zu verwenden. Zur Feinabstimmung der AX\_INERTIA::

MD32650 \$MA\_AX\_INERTIA (Trägheit für Drehmomentvorsteuerung)

### Feinabstimmung

Durch geringfügige Veränderungen (Feinabstimmung) der Werte in MD32800 und MD32650 kann die Momentenvorsteuerung für die jeweilige Achse/Spindel optimiert werden. Die Feineinstellung (Ersatzzeitkonstante, Trägheitsmoment) kann automatisch von AST (AutoServoTuning) ermittelt werden. Ebenso wird der Abgleich der interpolierenden Achsen ("Dynamikanpassung") durch AST erledigt.

Zur Überprüfung sollte die Lagereglerdifferenz über die Trace-Funktionalität aufgezeichnet werden. Dabei ist der Schleppabstand neben der Konstantfahrt insbesondere auch bei Beschleunigungsvorgängen der Achse/Spindel zu beobachten.

---

**Hinweis**

Aufgrund der sehr schnellen Zeitabläufe bei den Beschleunigungsvorgängen kann bei der Inbetriebnahme der Momentenvorsteuerung die Service-Anzeige nicht zur Überprüfung der Feinabstimmung verwendet werden.

---

**Weitere Informationen**

Ausführliche Informationen zur Einstellung der Ersatzzeitkonstanten des Stromregelkreises (MD32810) siehe:

- Funktionshandbuch Achsen und Spindeln; Geschwindigkeiten, Soll-/Istwertsysteme, Regelung, Optimierung der Regelung

## 10.6.4 Dynamikanpassung

**Funktion**

Bei miteinander interpolierenden Achsen mit unterschiedlichem Zeitverhalten der axialen Regelkreise kann über die Dynamikanpassung das gleiche Zeitverhalten erzielt werden, um eine optimale Konturgenauigkeit ohne Verlust von Regelgüte zu erhalten.

**Inbetriebnahme**

**Zeitkonstante der Dynamikanpassung (MD32910)**

Als Zeitkonstante der Dynamikanpassung ist die Differenz der Ersatzzeitkonstanten des "langsamsten" Drehzahl- bzw. Stromregelkreises zu der jeweiligen Achse in das folgende Maschinendatum einzugeben.

MD32910 \$MA\_DYN\_MATCH\_TIME (Zeitkonstante der Dynamikanpassung)

Beispiel:

Ersatzzeitkonstanten des Drehzahlregelkreises (MD32810) bei aktiver Drehzahlvorsteuerung der Achsen 1, 2 und 3:

- Achse 1: 2 ms
- Achse 2: 4 ms (ist dynamisch langsamste Achse)
- Achse 3: 1 ms

Damit ergeben sich für die Zeitkonstante der Dynamikanpassung (MD32910) folgende Werte:

- Achse 1: 2 ms
- Achse 2: 0 ms
- Achse 3: 3 ms

#### Aktivierung (MD32900)

Die Dynamikanpassung ist nur wirksam, wenn das folgende Maschinendatum gesetzt ist:

MD32900 \$MA\_DYN\_MATCH\_ENABLE = 1

#### Weitere Filter

Zur Dynamikanpassung können weitere Filter eingesetzt werden:

- MD32890 \$MA\_DESVAL\_DELAY\_ENABLE (Axiales Sollwert-Phasenfilter)
- MD32895 \$MA\_DESVAL\_DELAY\_TIME (Zeitkonstante für das axiale Sollwert-Phasenfilter)

#### Weitere Informationen

Funktionshandbuch Achsen und Spindeln; Geschwindigkeiten, Soll-/Istwertsysteme, Regelung, Optimierung der Regelung

### 10.6.5 Vorsteuerung bei Kommando- und PLC-Achsen

#### Funktion

Bei Kommando- und PLC-Achsen muss wie folgt verhindert werden, dass die Vorsteuerung bei höheren Geschwindigkeiten ein-/ausgeschaltet wird:

MD32630 \$MA\_FFW\_ACTIVATION\_MODE = 2

Mit dieser Einstellung wird die *FFWON/FFWOF*-Anweisung ausschließlich unterhalb der für diese Achse projektierten Stillstandsgeschwindigkeit (MD36060 \$MA\_STANDSTILL\_VELO\_TOL) wirksam.

Fällt die Umschaltungsanweisung mit einer Achsbewegung zusammen, wird die angeforderte Umschaltung erst im nachfolgenden Stillstand der Achse ausgeführt. Damit wird ein schlagartiger Auf-/Abbau des Schleppfehlers vermieden.

---

#### Hinweis

Eine zu hoch eingestellte Stillstandsgeschwindigkeit kann zum Umschalten der Vorsteuerung in der Bewegung führen. Abhängig vom vorhandenen Schleppfehler können Überwachungen ansprechen.

---

## Inbetriebnahme

Um die Vorsteuerung bei Kommando- und PLC-Achsen zu überprüfen, empfiehlt sich folgendes Vorgehen:

1. Stillstandsgeschwindigkeit im MD36060 kontrollieren.
2. Vorhandenen Schleppfehler der Achse im Stillstand kontrollieren.
3. Umschaltbedingung einstellen und wirksam setzen:  
MD32630 = 2
4. Achse im Teileprogramm über POSA-Anweisung verfahren.
5. FFWON während der Achsbewegung ausführen.
6. Der in der Service-Anzeige "Achse/Spindel" angezeigte  $K_V$ -Faktor und Schleppfehler darf dabei nicht springen.
7. Ein höherer  $K_V$ -Faktor und ein kleinerer Schleppfehler stellen sich erst bei einer dem Stillstand folgenden Verfahrbewegung ein. Die Vorsteuerung ist erst ab dem Stillstand aktiv.

Analog zum Einschalten der Vorsteuerung gilt für den Ausschaltvorgang:

1. Achse im Teileprogramm über POSA-Anweisung verfahren.
2. FFWOF während der Achsbewegung ausführen.
3. Der in der Service-Anzeige "Achse/Spindel" angezeigte  $K_V$ -Faktor und Schleppfehler darf dabei nicht springen.
4. Ein niedrigerer  $K_V$ -Faktor und ein größerer Schleppfehler stellen sich erst bei einer dem Stillstand folgenden Verfahrbewegung ein. Die Vorsteuerung ist erst ab dem Stillstand inaktiv.

## Beispiel

Im nachfolgenden Programmbeispiel wird die Achse A asynchron zur Bahn verfahren. Während der Verfahrbewegung wird versucht, die Vorsteuerung im Kanal einzuschalten. Im Gegensatz zu den Geometrieachsen X, Y und Z wird die Vorsteuerung bei der Achse A aber nicht sofort wirksam. Hier wird der Stillstand nach dem Satz N60 abgewartet. Im Satz N70 fährt die Achse A dann mit Vorsteuerung.

Programmcode
N10 FFWOF
N20 POSA[A]=1000 FA[A]=10000
N30 G4 F1
N40 <b>FFWON</b>
N50 G0 X10 Y10 Z10
N60 WAITP(A)
N70 POSA[A]=1500 FA[A]=10000
N80 WAITP(A)
M30

## 10.6.6 Randbedingungen

### Miteinander interpolierende Achsen

Auch bei miteinander interpolierenden Achsen sind die Vorsteuer-Parameter **für jede Achse** optimal einzustellen, d. h. auch miteinander interpolierende Achsen können unterschiedliche Vorsteuer-Parameter haben.

### Konturüberwachung überprüfen

Da die beiden Ersatzzeitkonstanten:

- MD32810 \$MA\_EQUIV\_SPEEDCTRL\_TIME (Ersatzzeitkonstante Drehzahlregelkreis für Vorsteuerung)

und

- MD32800 \$MA\_EQUIV\_CURRCTRL\_TIME (Ersatzzeitkonstante Stromregelkreis für Vorsteuerung)

auch die Konturüberwachung beeinflussen, ist diese anschließend zu überprüfen.

#### Weitere Informationen

A3: Achsüberwachungen (Seite 171)

### Einfluss auf $K_V$ -Faktor

Bei richtig eingestellter Vorsteuerung erhält die Regelstrecke für das Verhalten der Führungsgröße bei Drehzahlvorsteuerung die Dynamik des Drehzahlregelkreises bzw. bei Momentenvorsteuerung die Dynamik des Stromregelkreises; d. h. der in MD32200 \$MA\_POS\_CTRLGAIN eingetragene  $K_V$ -Faktor hat kaum Einfluss auf das Führungsverhalten (z. B. Eckenfehler, Überschwingen, Kreis-/Radiusfehler).

Die Vorsteuerung wiederum hat keinen Einfluss auf das Störverhalten (Gleichlauf). Hierbei ist der im MD32200 vorgegebene  $K_V$ -Faktor der wirksame Faktor.

### Service-Anzeige " $K_V$ -Faktor"

Bei aktiver Vorsteuerung wird der in der Service-Anzeige "Achse/Spindel" angezeigte  $K_V$ -Faktor der Achse (entspricht dem für das Führungsverhalten wirksamen  $K_V$ -Faktor) sehr groß.

## 10.7 Reibkompensationen Überblick

Neben der Massenträgheit und den Bearbeitungskräften beeinflussen die Reibungskräfte in den Getrieben und Führungsbahnen der Maschine das dynamische Verhalten einer Maschinenachse. Insbesondere beim Beschleunigen einer Maschinenachse aus dem Stillstand wirkt sich der Übergang von Haft- zu Gleitreibung negativ aus. Durch die sprunghafte Änderung der Reibkraft, ergibt sich kurzzeitig ein erhöhter Schleppabstand. Bei interpolierenden Achsen führt dies zu signifikanten Konturfehlern. Bei Kreisen treten diese, aufgrund des Stillstands einer der beteiligten Achse im Moment der Richtungsumkehr, besonders an den Quadrantenübergängen auf.

Um die Konturgenauigkeit an diesen Stellen zu verbessern, wird zur Reibkompensation - nach der Richtungsumkehr der Maschinenachse (beim Beschleunigen) - ein zusätzlicher Sollwertimpuls (Geschwindigkeits- oder Momentenaufschaltimpuls) aufgeschaltet.

### Reibkompensationen

Es stehen folgende Funktionen zur Reibkompensation zur Verfügung:

- Reibkompensation mit konstantem Kompensationswert (Seite 374)  
Unabhängig von der Beschleunigung der Maschinenachse, wird immer der gleiche Impuls auf den Geschwindigkeitssollwert aufgeschaltet.  
Einstellbar sind die Amplitude und die Abklingzeit des Geschwindigkeitsaufschaltimpulses.
- Reibkompensation mit adaptiver Kennlinie (Seite 380)  
Abhängig von der Beschleunigung der Maschinenachse wird der Geschwindigkeitsaufschaltimpuls aus einer parametrierbaren Kennlinie ermittelt.  
Einstellbar sind drei verschiedene Beschleunigungswerte, sowie die minimale und maximale Amplitude und die Abklingzeit des Geschwindigkeitsaufschaltimpulses.
- Reibkompensation mit adaptiven Kennlinien (Seite 384) (Lizenzpflichtige Option: 6FC5800-0AS06-0YB0)  
Abhängig von der Beschleunigung der Maschinenachse wird der Geschwindigkeitsaufschaltimpuls aus bis zu drei parametrierbaren Kennlinie ermittelt.  
Einstellbar sind bis zu neun verschiedene Beschleunigungswerte. Für jeden Beschleunigungswert können Gewichtungsfaktoren für die Amplitude, die Wirkzeit und die Abklingzeit des Geschwindigkeitsaufschaltimpulses vorgegeben werden.  
Ist der Geschwindigkeitsaufschaltimpuls zur Erreichung des gewünschten Ergebnisses nicht ausreichend, kann ein zusätzlicher Momentenaufschaltimpuls parametrierbar werden.

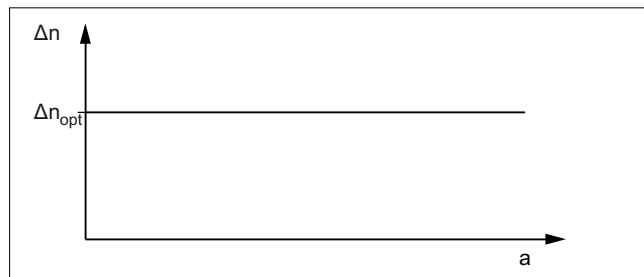
## 10.8 Reibkompensation mit konstantem Kompensationswert

### 10.8.1 Funktionsbeschreibung

Die nachfolgend beschriebene Reibkompensation mit konstantem Kompensationswert ist für Anwendungen mit folgenden Rahmenbedingungen gedacht:

- Der zur Reibkompensation erforderliche Geschwindigkeitsaufschaltimpuls ist beschleunigungs**unabhängig**.
- Zur Modellierung des Geschwindigkeitsaufschaltimpuls ist eine beschleunigungs**unabhängige** Amplitude und eine beschleunigungs**unabhängig** Abklingzeit ausreichend.
- Zur Reibkompensation im positiven und negativen Umkehrpunkt ist derselbe Geschwindigkeitsaufschaltimpuls ausreichend.
- Die Anforderung an die Konturgenauigkeit in den Umkehrpunkten ist eher gering.

Das folgende Bild zeigt eine mit dieser Funktion einstellbare beispielhafte Kennlinie:



$\Delta n_{\text{opt}}$  Amplitude des Geschwindigkeitsaufschaltimpulses  
 a Beschleunigung im Quadrantenübergang

## 10.8.2 Inbetriebnahme

Zur Ermittlung des achsspezifischen Kompensationswertes  $\Delta n_{\text{opt}}$  sind mit dem Kreisformtest (Seite 376) bei unterschiedlichen Beschleunigungen die jeweils optimale Amplitude des Geschwindigkeitsaufschaltimpulses  $\Delta n_{\text{opt,a}}$  zu bestimmen. Die unterschiedlichen Beschleunigungen sollten den gesamten Dynamikbereich der Maschinenachse abdecken.

### Berechnung der Beschleunigung am Quadrantenübergang

Bei einer Kreisbahn berechnet sich die Beschleunigung  $a$  einer Maschinenachse bei der Richtungsumkehr am Quadrantenübergang aus dem Kreisradius  $r$  und der Bahngeschwindigkeit  $v$  zu:  $a = v^2 / r$

### Hinweis

Über den Vorschub-Override lässt sich die Bahngeschwindigkeit  $v$  und damit die achsspezifische Beschleunigung  $a$  auf einfache Weise variieren.

### Auswertung der ermittelten Wertepaare ( $a$ , $\Delta n_{\text{opt,a}}$ )

Zur Ermittlung des Kompensationswertes  $\Delta n_{\text{opt}}$  wird empfohlen, die im Kreisformtest ermittelten Wertepaare aus Beschleunigung  $a$  und der dazugehörigen optimalen Amplitude des Geschwindigkeitsaufschaltimpulses  $\Delta n_{\text{opt,a}}$  graphisch aufzutragen:  $\Delta n_{\text{opt,a}} = f(a)$

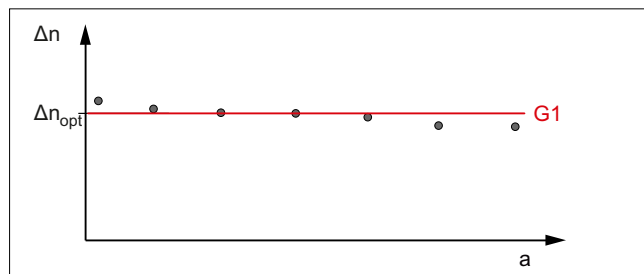


Bild 10-21 Achsspezifische Kennlinienermittlung

Die optimale Amplitude des Geschwindigkeitsaufschaltimpulses  $\Delta n_{\text{opt}}$  ergibt sich durch das Einzeichnen der Geraden G1.

## Achsspezifische Maschinendaten

### Aktivierung der Reibkompensation

Die Aktivierung der Reibkompensation erfolgt über:

- MD32500 \$MA\_FRICT\_COMP\_ENABLE[ <Achse> ] = **TRUE (1)**

### Aktivierung der Reibkompensation mit konstantem Kompensationswert

Die Aktivierung der Reibkompensation mit konstantem Kompensationswert erfolgt über:

- MD32490 \$MA\_FRICT\_COMP\_MODE[ <Achse> ] = **1**
- MD32510 \$MA\_FRICT\_COMP\_ADAPT\_ENABLE[ <Achse> ] = **FALSE (0)**

### Geschwindigkeitssollwertimpuls: Amplitude

Die Amplitude des Geschwindigkeitssollwertimpulses wird eingestellt über:

MD32520 \$MA\_FRICT\_COMP\_CONST\_MAX[ <Achse> ] = <Amplitude>

### Geschwindigkeitssollwertimpuls: Abklingzeit

Die Abklingzeit des Geschwindigkeitssollwertimpulses wird eingestellt über:

MD32540 \$MA\_FRICT\_COMP\_TIME[ <Achse> ] = <Zeitkonstante>

## 10.8.2.1 Kreisformtest

### Inbetriebnahme über Kreisformtest

Die Inbetriebnahme der Reibkompensation erfolgt am einfachsten mit dem in der Bedienoberfläche integrierte Kreisformtest. Dabei wird während des Abfahrens eines Kreises anhand der Lageistwerte der beteiligten Maschinenachsen, die an der Maschine erzeugte Kreiskontur erfasst. Die Abweichungen von der programmierten idealen Kreiskontur, insbesondere an den Quadrantenübergängen, werden graphisch dargestellt.

Der Kreisformtest findet sich auf der Bedienoberfläche unter:

- SINUMERIK Operate: "Bedienbereichsumschaltung" > "Inbetriebnahme" > "Optimierung/Test" > "Kreisformtest"

### Ablauf

Der Ablauf der Inbetriebnahme der Reibkompensation für eine Maschinenachse gliedert sich in folgende Schritte:

1. Einstellen der Beschleunigung  $a_1$  über Bahngeschwindigkeit  $v_n$  und Kreisradius  $r$
2. Kreisformtest **ohne** Reibkompensation durchführen
3. Kreisformtest **mit** Reibkompensation mit kleinen Anfangswerten für Amplitude und Abklingzeit durchführen
4. Kreisformtest **mit** Reibkompensation durch schrittweises verändern der Parameterwerte optimieren



5. Die optimierten Parameterwerte graphisch auftragen. Z.B. Amplitude =  $f(a_n)$
6. Einstellen der nächsten Beschleunigung  $a_n$  und fortfahren mit Punkt 2.

### Kreisformtest ohne Reibkompensation durchführen

Zur Ermittlung der Ausgangsgüte der Kreiskontur an den Quadrantenübergänge ist ein Kreisformtest ohne Reibkompensation durchzuführen. Die Reibkompensation ist dazu vorübergehend auszuschalten:

MD32500 FRICT\_COMP\_ENABLE[ <Achse> ] = 0

Ein typisches Aussehen von Quadrantenübergängen ohne Reibkompensation zeigt folgendes Bild:

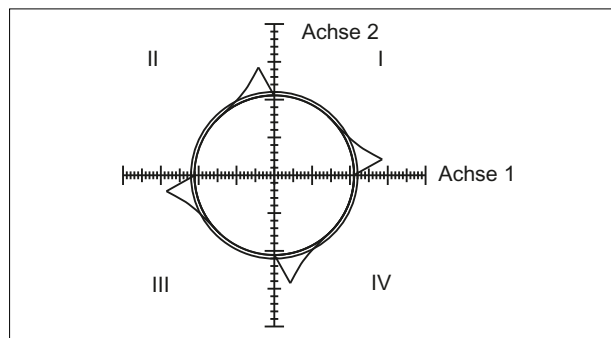


Bild 10-22 Quadrantenübergänge ohne Reibkompensation

Anschließend ist die Reibkompensation wieder einzuschalten:

MD32500 FRICT\_COMP\_ENABLE[ <Achse> ] = 1

### Kreisformtest mit Reibkompensation durchführen

Es wird empfohlen, als Anfangswerte für den Geschwindigkeitsaufschaltimpuls einen kleinen Amplitudewert, sowie eine Abklingzeit von wenigen Lageregler-Takten einzustellen, z. B.:

- MD32520 \$MA\_FRICT\_COMP\_CONST\_MAX[ <Achse> ] = 10 [mm/min]
- MD32540 \$FRICT\_COMP\_TIME[ <Achse> ] = 0,008 [s]

Über den mit diesen Werten durchgeführten Kreisformtest, kann eine erste Einschätzung der Reibkompensation vorgenommen werden.

#### Amplitude zu klein

Eine zu kleinen Amplitudenwert (MD32520) erkennt man im Kreisformtest daran, dass die Konturabweichungen an den Quadrantenübergängen nicht ausreichend kompensiert sind.

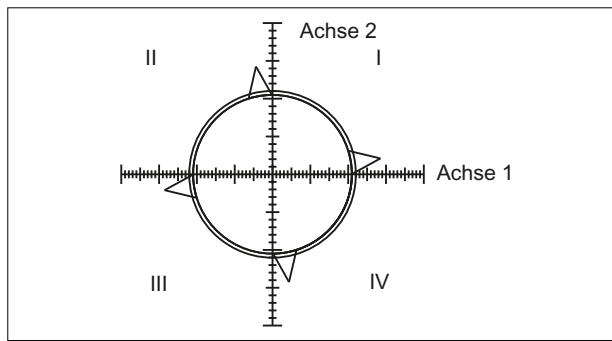


Bild 10-23 Amplitude zu klein

**Amplitude zu groß**

Einen zu großen Amplitudenwert (MD32520) erkennt man im Kreisformtest daran, dass die Konturabweichungen an den Quadrantenübergängen überkompensiert sind.

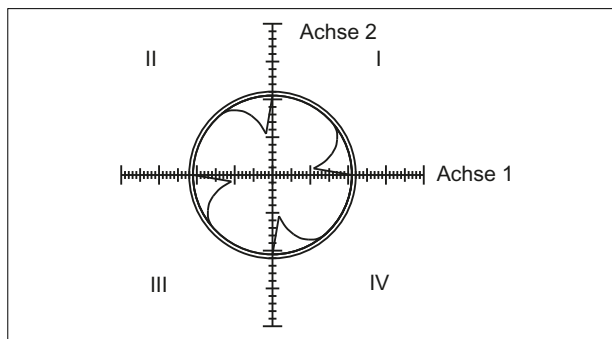


Bild 10-24 Amplitude zu groß

**Abklingzeit zu kurz**

Eine zu kurze Abklingzeit (MD32540) erkennt man im Kreisformtest daran, dass die Konturabweichungen an den Quadrantenübergängen kurzzeitig kompensiert werden, jedoch unmittelbar danach wieder größer werden.

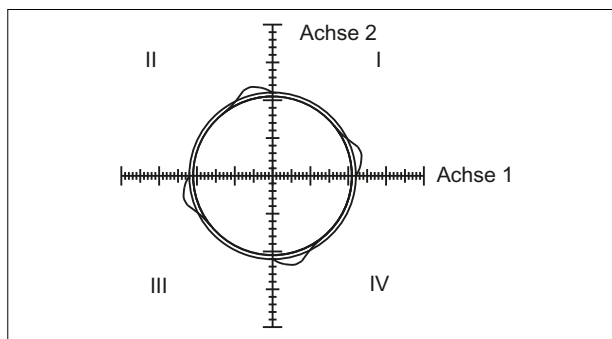


Bild 10-25 Abklingzeit zu kurz

**Abklingzeit zu lang**

Eine zu lange Abklingzeit (MD32540) erkennt man im Kreisformtest daran, dass die Konturabweichung an den Quadrantenübergängen zuerst kompensiert wird. Vorausgesetzt, der optimale Amplitudenwert wurde bereits eingestellt. Durch die zu lange Abklingzeit wirkt die

Kompensation aber nach und führt zu einer Überkompensation an der nachfolgenden Kreiskontur.

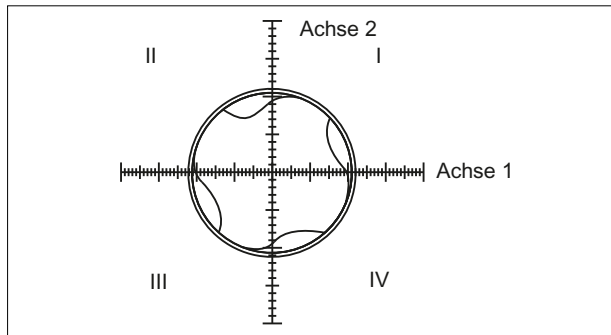


Bild 10-26 Abklingzeit zu lang

### Gut eingestellte Reibkompensation

Bei gut eingestellter Reibkompensation sind "keine" Konturfehler an den Quadrantenübergängen mehr erkennbar.

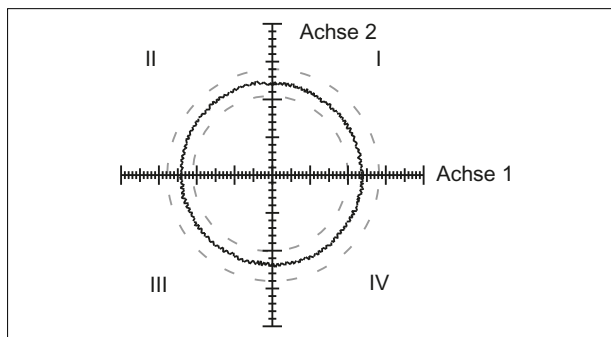


Bild 10-27 Gut eingestellte Reibkompensation

### Siehe auch

Reibkompensation mit adaptiver Kennlinie (Seite 380)

### 10.8.3 Randbedingungen

#### Rückwirkung von sollwertbezogenen Kompensationen

Folgende sollwertbezogenen Kompensationen wirken sich auf den Lagesollwert aus und müssen daher für die Achsen, für die ein Kreisformtest durchgeführt wird, ausgeschaltet werden:

- Durchhang- und Winkligkeitskompensation (CEC)  
MD32710 \$MA\_CEC\_ENABLE[ <Achse> ] = 0
- Richtungsabhängige Spindelsteigungsfehler-Kompensation (SSFK):  
MD32710 \$MA\_CEC\_ENABLE[ <Achse> ] = 0
- Temperaturkompensation:  
MD32750 \$MA\_TEMP\_COMP\_TYPE[ <Achse> ] = 0

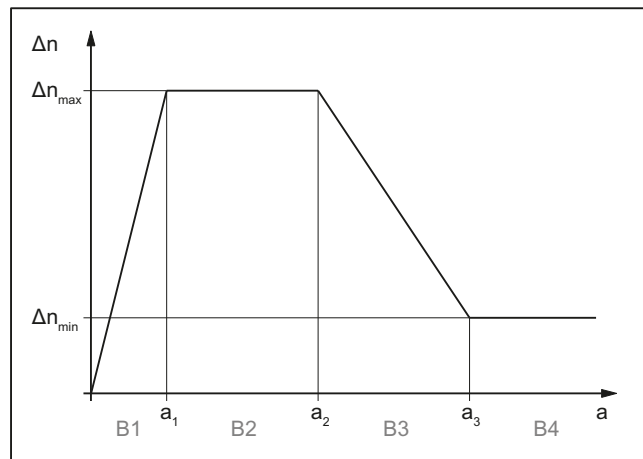
## 10.9 Reibkompensation mit adaptiver Kennlinie

### 10.9.1 Funktionsbeschreibung

Die Reibkompensation mit adaptiver Kennlinie ist für Anwendungen mit folgenden Anforderungen gedacht:

- Der zur Reibkompensation erforderliche Geschwindigkeitsaufschaltimpuls ist beschleunigungsabhängig.
- Die Modellierung der Kennlinie durch drei verschiedene Beschleunigungsstützpunkte und einer minimalen und maximalen Amplitude des Geschwindigkeitsaufschaltimpulses sind ausreichend.
- Zur Modellierung des Geschwindigkeitsaufschaltimpuls ist eine beschleunigungs**abhängige** Amplitude und eine beschleunigungs**unabhängige** Abklingzeit ausreichend.
- Zur Reibkompensation im positiven und negativen Umkehrpunkt ist derselbe Geschwindigkeitsaufschaltimpuls ausreichend.
- Bei größeren Beschleunigungen ist ein kleinerer Kompensationswert notwendig als bei kleineren Beschleunigungen.
- Die Anforderung an die Konturgenauigkeit in den Umkehrpunkten ist hoch.

Das folgende Bild zeigt eine mit dieser Funktion einstellbare beispielhafte Kennlinie:



$\Delta n_{\max}$  Maximale Amplitude des Geschwindigkeitsaufschaltimpulses

$\Delta n_{\min}$  Minimale Amplitude des Geschwindigkeitsaufschaltimpulses

$a_1, a_2, a_3$  Beschleunigungsstützpunkte 1, 2 und 3

$a_3$

B1 ... Beschleunigungsbereich 1 ... 4

B4

Die Amplitude des Geschwindigkeitsaufschaltimpulses  $\Delta n$  berechnet sich im jeweiligen Beschleunigungsbereich B1 bis B4 zu:

Bereich	Beschleunigung $a$	Amplitude des Geschwindigkeitsaufschaltimpulses $\Delta n$
B1	$a < a_1$	$\Delta n = \Delta n_{\max} * a / a_1$
B2	$a_1 \leq a \leq a_2$	$\Delta n = \Delta n_{\max}$
B3	$a_2 < a < a_3$	$\Delta n = \Delta n_{\max} + [(\Delta n_{\min} - \Delta n_{\max}) / (a_3 - a_2)] * (a - a_2)$
B4	$a \geq a_3$	$\Delta n = \Delta n_{\min}$

## 10.9.2 Inbetriebnahme

Zur Ermittlung der achsspezifischen Kennlinienparameter sind mit dem Kreisformtest (Seite 376) bei unterschiedlichen Beschleunigungen die jeweils optimale Amplitude des Geschwindigkeitsaufschaltimpulses  $\Delta n_{\text{opt},a}$  zu bestimmen. Die unterschiedlichen Beschleunigungen sollten den gesamten Dynamikbereich der Maschinenachse abdecken. Besonders ist dabei auf eine ausreichend große Anzahl von Messungen bei niedrigen Beschleunigungen und größeren Kreisradien zu achten.

### Berechnung der Beschleunigung am Quadrantenübergang

Bei einer Kreisbahn berechnet sich die Beschleunigung  $a$  einer Maschinenachse bei der Richtungsumkehr am Quadrantenübergang aus dem Kreisradius  $r$  und der Bahngeschwindigkeit  $v$  zu:  $a = v^2 / r$

### Hinweis

Über den Vorschub-Override lässt sich die Bahngeschwindigkeit  $v$  und damit die achsspezifische Beschleunigung  $a$  auf einfache Weise variieren.

### Auswertung der ermittelten Wertepaare ( $a$ , $\Delta n_{opt,a}$ )

Zur Ermittlungen der Beschleunigungsstützpunkte  $a_1$ ,  $a_2$  und  $a_3$  und der minimalen und maximalen Amplitude des Geschwindigkeitsaufschaltimpulses  $\Delta n_{min}$  und  $\Delta n_{max}$  wird empfohlen, die im Kreisformtest ermittelten Wertepaare aus Beschleunigung  $a$  und der dazugehörigen optimalen Amplitude des Geschwindigkeitsaufschaltimpulses  $\Delta n_{opt,a}$  graphisch aufzutragen:  $\Delta n_{opt,a} = f(a)$

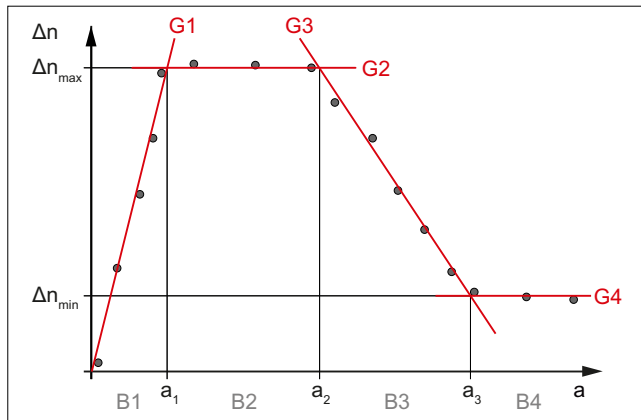


Bild 10-28 Achsspezifische Kennlinienermittlung

Die Beschleunigungsstützpunkte  $a_1$ ,  $a_2$  und  $a_3$  und der minimalen und maximalen Amplitude des Geschwindigkeitsaufschaltimpulses  $\Delta n_{min}$  und  $\Delta n_{max}$  ergeben sich durch das Einzeichnen der Geraden G1 ...G4.

## Achsspezifische Maschinendaten

### Aktivierung der Reibkompensation

Die Aktivierung der Reibkompensation erfolgt über::

MD32500 \$MA\_FRICT\_COMP\_ENABLE[ <Achse> ] = TRUE (1)

### Aktivierung der Reibkompensation mit adaptiver Kennlinie

Die Aktivierung der Reibkompensation mit adaptiver Kennlinie erfolgt über:

- MD32490 \$MA\_FRICT\_COMP\_MODE[ <Achse> ] = 1
- MD32510 \$MA\_FRICT\_COMP\_ADAPT\_ENABLE[ <Achse> ] = TRUE (1)

**Kennlinienparameter: Beschleunigung  $a_1$ ,  $a_2$  und  $a_3$** 

Die bei einer Kreisbahn beim Richtungswechsel an den Quadrantenübergängen auftretende achsspezifische Beschleunigung  $a$  berechnet sich aus dem Radius  $r$  und der Bahngeschwindigkeit  $v$  zu:  $a = v^2 / r$

Die Beschleunigungen  $a_1$ ,  $a_2$  und  $a_3$ , sind in monoton steigender Reihenfolge ( $a_1 < a_2 < a_3$ ) in die Maschinendaten einzutragen.

- MD32550 \$MA\_FRICT\_COMP\_ACCEL1[ <Achse> ] = < $a_1$ >
- MD32560 \$MA\_FRICT\_COMP\_ACCEL2[ <Achse> ] = < $a_2$ >
- MD32570 \$MA\_FRICT\_COMP\_ACCEL3[ <Achse> ] = < $a_3$ >

**Kennlinienparameter: Amplitude  $\Delta n_{\min}$  und  $\Delta n_{\max}$** 

Die maximale und minimale Amplitude des Geschwindigkeitsaufschaltimpulses ( $\Delta n_{\max}$ ,  $\Delta n_{\min}$ ) sind in folgende Maschinendaten einzutragen:

- MD32520 \$MA\_FRICT\_COMP\_CONST\_MAX[ <Achse> ] = < $\Delta n_{\max}$ >
- MD32530 \$MA\_FRICT\_COMP\_CONST\_MIN[ <Achse> ] = < $\Delta n_{\min}$ >

**Hinweis**

Lassen sich bei sehr kleinen Bahngeschwindigkeiten keine befriedigenden Ergebnisse erzielen, ist ggf. die Rechenfeinheit zu erhöhen:

- MD10200 \$MA\_INT\_INCR\_PER\_MM (Rechenfeinheit für Linearpositionen)
- MD10210 \$MA\_INT\_INCR\_PER\_DEG (Rechenfeinheit für Winkelpositionen)

**Geschwindigkeitssollwertimpuls: Abklingzeit**

Die Abklingzeit des Geschwindigkeitssollwertimpulses wird eingestellt über:

MD32540 \$MA\_FRICT\_COMP\_TIME[ <Achse> ] = <Abklingzeit>

**10.9.3 Randbedingungen****Rückwirkung von sollwertbezogenen Kompensationen**

Folgende sollwertbezogenen Kompensationen wirken sich auf den Lagesollwert aus und müssen daher für die Achsen, für die ein Kreisformtest durchgeführt wird, ausgeschaltet werden:

- Durchhang- und Winkligkeitskompensation (CEC)  
MD32710 \$MA\_CEC\_ENABLE[ <Achse> ] = 0
- Richtungsabhängige Spindelsteigungsfehler-Kompensation (SSFK):  
MD32710 \$MA\_CEC\_ENABLE[ <Achse> ] = 0
- Temperaturkompensation:  
MD32750 \$MA\_TEMP\_COMP\_TYPE[ <Achse> ] = 0

## 10.10 Reibkompensation mit adaptiven Kennlinien

### 10.10.1 Funktionsbeschreibung

Die Reibkompensation mit adaptiven Kennlinien hat folgende Eigenschaften:

- Für eine schnelle und einfache Optimierung kann die Inbetriebnahme über die Bedienoberfläche SINUMERIK Operate geführt vorgenommen werden.
- Bei der geführten Inbetriebnahme werden Testbewegungen wahlweise für eine oder zwei Achsen automatisch generiert.
- Die Kompensationswerte können pro Achse, z.B. bei einer hängenden Achsen, für jeden Umkehrpunkt (richtungsabhängig) getrennt eingestellt werden.
- Bei Bezug auf die Sollposition (Kompensationsmode (Seite 385) = 3) werden durch die frühe Aufschaltung des Kompensationswerts bessere Ergebnisse erzielt.
- Wenn der Geschwindigkeitsaufschaltimpuls zur Erreichung des gewünschten Ergebnisses, z.B. bei Direktantrieben, nicht ausreicht, kann zusätzlich ein Impuls auf den Momentensollwert aufgeschaltet werden.
- Es können vier Kompensationskennlinien mit bis zu neun Beschleunigungsstützpunkten vorgegeben werden.
- Einstellbare Parameter für den Geschwindigkeitsaufschaltimpuls:
  - Verzögerungszeit
  - Amplitude <sup>1)</sup>
  - Wirkzeit <sup>1)</sup>
  - Anstiegszeit
  - Abklingzeit <sup>1)</sup>
- Einstellbare Parameter für den Momentenaufschaltimpuls:
  - Amplitude <sup>1)</sup>
  - Verzögerungszeit
  - Anstiegszeit
- Eine parallel aktive Temperatur-, Spindelsteigungsfehler- und/oder Durchhangkompensation hat keine Rückwirkung auf die Reibkompensation.

1): Beschleunigungsabhängig adaptierbare Parameter

---

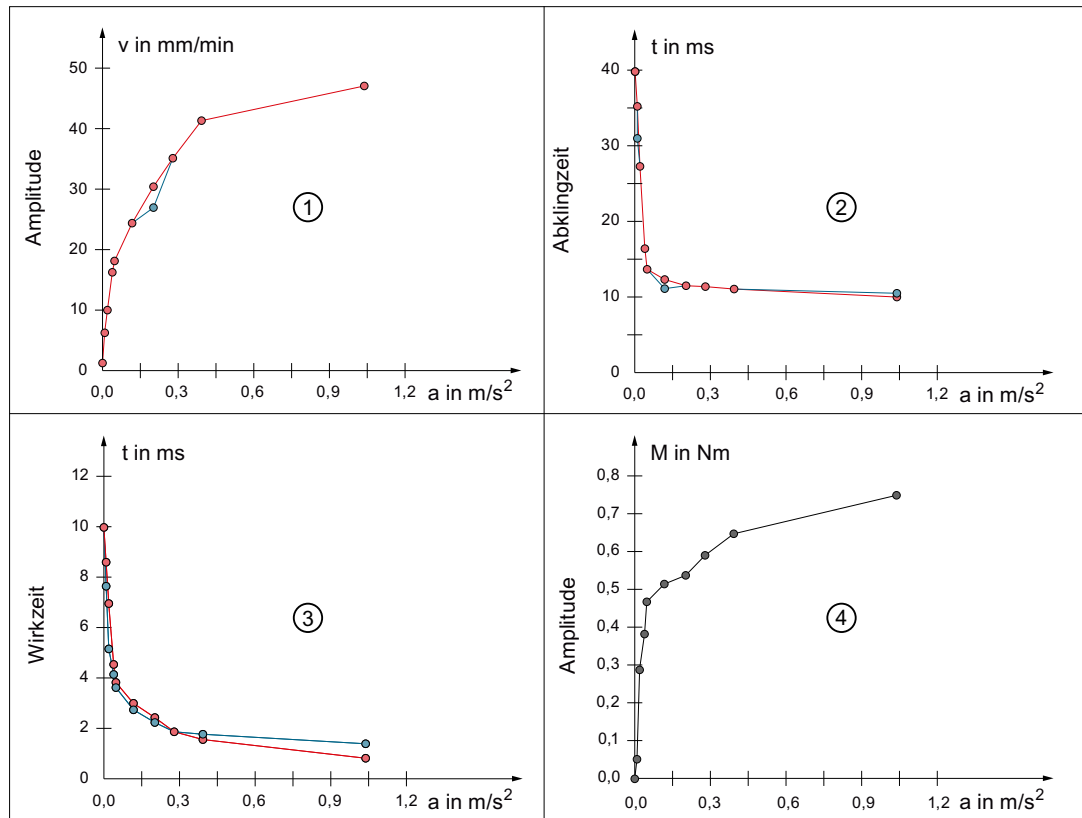
#### Hinweis

In den meisten Anwendungsfällen ist bereits eine Kompensation mittels Geschwindigkeitsaufschaltimpuls und Kompensationskennlinien für Amplitude und Abklingzeit ausreichend. Erst wenn sich damit keine befriedigenden Ergebnisse erzielen lassen, sollten die weiteren Möglichkeiten genutzt werden.

---



## Beispiele adaptierter Kennlinien



① ② ③ Geschwindigkeitsaufschaltimpuls:

- Rot: unterer Umkehrpunkt
- Blau: oberer Umkehrpunkt

④ Momentenaufschaltimpuls

Kompensationswerte für Beschleunigung zwischen den parametrisierten Stützpunkten werden linear interpoliert.

## 10.10.2 Inbetriebnahme

### 10.10.2.1 Aktivierung der Funktion

#### Aktivierung der Reibkompensation

Die Aktivierung der Reibkompensation erfolgt achsspezifisch über:

```
MD32500 $MA_FRICT_COMP_ENABLE[<Achse>] = TRUE
```

**Aktivierung der Reibkompensation mit adaptiven Kennlinien**

Die Reibkompensation mit adaptiven Kennlinien kann, abhängig von der Dynamik der Achse, bezogen auf die Soll- oder die Istposition der Maschinenachse erfolgen. Die Aktivierung erfolgt achsspezifisch über:

MD32490 \$MA\_FRICT\_COMP\_MODE = <Mode>

<Mode>	Bedeutung
3	Für Achsen mit hoher Dynamik und aktiver Vorsteuerung <sup>1)</sup> . Der Geschwindigkeits- bzw. Momentenaufschaltimpuls wird aufgeschaltet, wenn die <b>Soll</b> position der Maschinenachse den Triggerpunkt erreicht hat.
4	Für Achsen mit geringer Dynamik und nicht aktiver Vorsteuerung <sup>1)</sup> . Der Geschwindigkeits- bzw. Momentenaufschaltimpuls wird aufgeschaltet, wenn die <b>Ist</b> position der Maschinenachse den Triggerpunkt erreicht hat.
1) Vorsteuerung: MD32620 FFW_MODE (Vorsteuerungsart)	

**Hinweis**

**Inbetriebnahme**

Es wird dringend empfohlen, die Inbetriebnahme geführt über die Inbetriebnahmefunktionen der Bedienoberfläche SINUMERIK Operate (Seite 386) vorzunehmen und die dabei erzeugten Werte in den Maschinendaten nicht nachträglich zu verändern.

**10.10.2.2 Inbetriebnahmefunktionen der Bedienoberfläche SINUMERIK Operate**

Die Inbetriebnahme der Reibkompensation mit adaptiven Kennlinien wird im Fenster "Reibkompensation" vorgenommen:

Bedienbereich: "Inbetriebnahme" > "NC" > "**Reibkompensation**"

**Hinweis**

**Softkey "Reibkompensation"**

Der Softkey "Reibkompensation" wird nur angezeigt, wenn die Reibkompensation mit adaptiven Kennlinien für mindestens eine Maschinenachse aktiv (Seite 385) ist.

Dabei werden die Parameter für die achsspezifischen Geschwindigkeits- und Momentenaufschaltimpulse ermittelt und remanent in Maschinendaten abgelegt. Im Normalfall ist die Reibkompensation mittels Geschwindigkeitsaufschaltimpuls ausreichend.

Die Ermittlung der Kennlinienparameter für die Geschwindigkeitsaufschaltimpulse erfolgt geführt durch die Bedienoberfläche.

Die Ermittlung der Kennlinienparameter für den nur in Ausnahmefällen erforderlichen Momentenaufschaltimpuls muss manuell vorgenommen werden.

### Hinweis

#### Dialog Reibkompensation - Achsauswahl

Für die Auswahl einer Achse auf einer anderen NCU als der aktuell angewählten NCU ist eine Umschaltung nicht mehr möglich, sobald der Dialog "Reibkompensation" geöffnet ist.

Um die Umschaltsperrung aufzuheben, muss zuerst der Dialog "Reibkompensation" wieder verlassen werden.

### Weitere Informationen

Die Beschreibung der Reibkompensation mit adaptiven Kennlinien über die Bedienoberfläche SINUMERIK Operate finden Sie in: Inbetriebnahmehandbuch Inbetriebnahme CNC: NC, PLC, Antrieb; Inbetriebnahme NC > Reibkompensation mit adaptiven Kennlinien

## Funktion

Die Ermittlung der Kennlinienparameter erfolgt anhand eines **Kreisformtests** für bis zu neun verschiedenen Beschleunigungen (Seite 388). Dabei werden wahlweise eine oder zwei Maschinenachsen kontinuierlich über ein automatisch von der Steuerung generiertes Kreisformtest-Programm verfahren und das Ergebnis in einem Kreisdiagramm angezeigt.

Die Verfahrbewegungen des Kreisformtest-Programms (Radius, Bahngeschwindigkeit und Drehrichtung) sind über die folgenden Settingdaten bereits voreingestellt. Bei Bedarf können sie über die Datenliste (siehe unten Absatz "Weitere Parameter") geändert werden.

Parameter	Achstyp	Settingdatum
Radius	Linearachse	SD55820 \$SCS_FRICT_OPT_RADIUS
	Rundachse	SD55821 \$SCS_FRICT_OPT_RADIUS_ROT
Bahngeschwindigkeit	Linearachse	SD55822\$SCS_FRICT_OPT_FEED[ 0 ... 8 ]
	Rundachse	SD55823 \$SCS_FRICT_OPT_FEED_ROT[ 0 ... 8 ]
Drehrichtung <sup>1)</sup>	---	SD55828 \$SCS_FRICT_OPT_DIR_MINUS
1) Nur bei Kreisformtest mit zwei Achsen wirksam		

### Messschritt

Nach dem Start des Kreisformtest-Programms, werden in jedem der maximal neun Messschritte einer Messreihe, die Achsen mit der im Settingdatum vorgegebenen Bahngeschwindigkeit bzw. der entsprechenden Beschleunigung verfahren. Dabei werden die Abweichungen der Istpositionen von der idealen Bahn erfasst und graphisch als Soll- und Istkreisbahn dargestellt. Die Parameter des Geschwindigkeitsaufschaltimpulses können vom Inbetriebnehmer, während der Kreisformtest permanent weiter durchgeführt wird, variiert werden. Die sich daraus ergebenden Änderungen werden in der Ergebnisgraphik automatisch aktualisiert.

Erfolgt der Kreisformtest nur mit einer einzelnen Achse, wird das Ergebnis ebenfalls als Kreis dargestellt. Dazu werden die ermittelten Konturabweichungen der Achse einmal horizontal und einmal vertikal angezeigt. Erfolgt der Kreisformtest mit zwei Achsen, müssen beide Achsen Geometrieachsen desselben Kanals sein.

**Abschluss**

Nachdem die Optimierung der Kompensationsparameter für die gesamte Messreihe abgeschlossen wurde, werden von der Steuerung die Maximalwerte, Kennlinienstützpunkte und Gewichtungsfaktoren berechnet und in folgende Maschinendaten geschrieben:

Maximalwert	Maschinendatum
Amplitude	MD32571 \$MA_FRICT_VELO_STEP
Abklingzeit	MD32574 \$MA_FRICT_V_PULSE_DECAY_TIME
Wirkzeit	MD32573 \$MA_FRICT_V_PULSE_CONST_TIME

Kennlinienstützpunkte	Maschinendatum
Beschleunigungen der Reibkompensationskennlinien	MD32581 \$MA_FRICT_ADAPT_TABLE_ACCEL[ 0 ... 9 ]

Gewichtungsfaktoren	Maschinendatum
Amplitude oben / unten	MD32582 \$MA_FRICT_ADAPT_V_STEP_PLUS[ 0 ... 9 ] MD32583 \$MA_FRICT_ADAPT_V_STEP_MINUS[ 0 ... 9 ]
Abklingzeit oben / unten	MD32586 \$MA_FRICT_ADAPT_V_DECAY_PLUS[ 0 ... 9 ] MD32587 \$MA_FRICT_ADAPT_V_DECAY_MINUS[ 0 ... 9 ]
Wirkzeit oben / unten	MD32584 \$MA_FRICT_ADAPT_V_CONST_PLUS[ 0 ... 9 ] MD32585 \$MA_FRICT_ADAPT_V_CONST_MINUS[ 0 ... 9 ]

**Weitere Parameter**

Über den vertikalen Softkey "Datenliste" werden weitere Maschinen- und Settingdaten zur Parametrierung der Reibkompensation mit adaptiven Kennlinien, z.B. auch die Parameter für den Momentenaufschaltimpuls, angezeigt. Die Einstellung dieser Parameter ist in den folgenden Kapiteln beschrieben.

**10.10.2.3 Parametrierung der Beschleunigungen an den Kennlinienstützpunkten**

Aus den kanalspezifischen Settingdaten des Kreisformtests (Kreisradius und Verfahrgeschwindigkeiten) werden von der Steuerung die Beschleunigungswerte der Kennlinienstützpunkte berechnet.

**Kanalspezifische Settingdaten**

Die kanalspezifischen Settingdaten für Kreisradius und Geschwindigkeiten gelten für alle Maschinenachsen mit aktiver Reibkompensation mit adaptiven Kennlinien, die Kanalachsen des jeweiligen Kanals sind. Sie sind bereits mit typischen Werten vorbelegt. Bei Bedarf können sie maschinenspezifisch angepasst werden.

**Kreisradius**

Im automatisch erzeugten Kreisformtest-Programm wird ein Kreis mit dem parametrisierten Radius verfahren:

- Linearachsen  
SD55820 \$SCS\_FRICT\_OPT\_RADIUS = <Radius>
- Rundachsen  
SD55821 \$SCS\_FRICT\_OPT\_RADIUS\_ROT = <Radius>

**Verfahrgeschwindigkeiten**

Im Kreisformtest werden die Maschinenachsen in jedem der maximal neun Messschritte mit der jeweiligen, im Settingdatum parametrisierten Geschwindigkeit, verfahren:

- Linearachsen  
SD55822 \$SCS\_FRICT\_OPT\_FEED[ 0 ... 8 ] = <Geschwindigkeit 1 ... 9>
- Rundachsen  
SD55823 \$SCS\_FRICT\_OPT\_FEED\_ROT[ 0 ... 8 ] = <Geschwindigkeit 1 ... 9>

**Hinweis**

- Werden weniger als neun Kennlinienstützpunkte ( 1 ... n ) benötigt, ist für alle nicht benötigten Kennlinienstützpunkte ( (n+1) ... 9 ), in die entsprechenden Feldelemente jeweils die Geschwindigkeit Null einzutragen.
- Ist in einem Feldelement die Geschwindigkeit gleich Null, darf kein nachfolgendes Feldelemente eine Geschwindigkeit ungleich Null enthalten.

**Drehrichtung**

Im Kreisformtest mit zwei Achsen wird die Drehrichtung des Kreises vorgegeben über:

SD55828 \$SCS\_FRICT\_OPT\_DIR\_MINUS = <Drehrichtung>

**Achsspezifische Maschinendaten**

Die Beschleunigung  $a$  am Kennlinienstützpunkt  $n$  wird von der Steuerung aus den Settingdaten für den Kreisradius  $r$  und der Bahngeschwindigkeit  $v_{n-1}$  berechnet:  $a_n = v_{n-1}^2 / r$

MD32581  

$$\text{\$MA\_FRICT\_ADAPT\_TABLE\_ACCEL}[ n ] = \frac{(\text{SD55822 } \$\text{SCS\_FRICT\_OPT\_FEED}[ (n-1) ])^2}{\text{SD55820 } \$\text{SCS\_FRICT\_OPT\_RADIUS}}$$

mit  $n = 1, 2, 3, \dots, 9$

Für die Beschleunigung  $a$  am Kennlinienstützpunkt  $n = 0$ , wird immer der Wert Null eingetragen:

MD32581 \\$MA\_FRICT\_ADAPT\_TABLE\_ACCEL[ 0 ] = 0

### 10.10.2.4 Geschwindigkeitsaufschaltimpuls

Das Ermitteln der Kennlinienparameter für die Geschwindigkeitsaufschaltimpulse sowie die Berechnung der entsprechenden Maschinendaten wird vollständig durch die Bedienoberfläche (Seite 386) unterstützt. Es wird daher empfohlen, die Ermittlung der Kennlinienparameter bzw. das Beschreiben der Maschinendaten **nicht** manuell vorzunehmen

#### Achsspezifische Maschinendaten

##### Geschwindigkeitsaufschaltimpuls

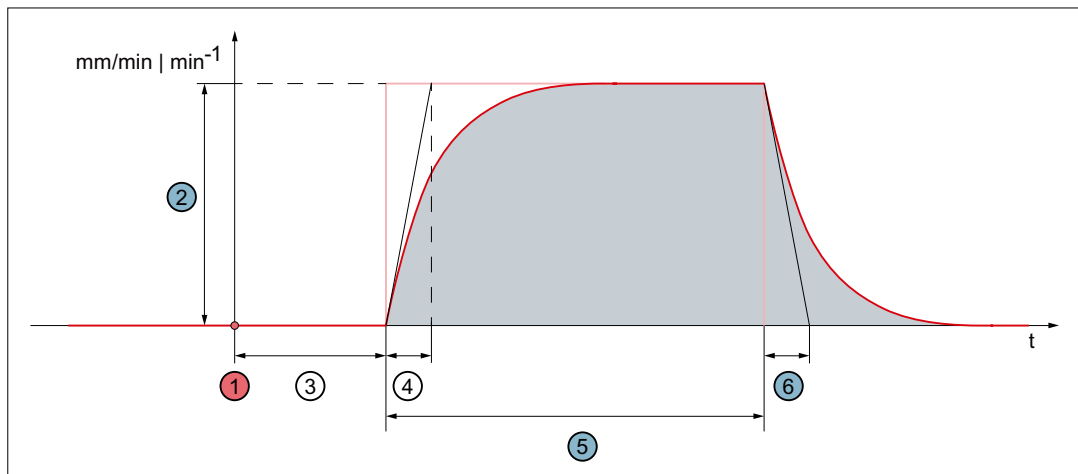


Bild 10-29 Prinzipielle Pulsform

Die in den folgenden Tabellen angegebenen Nummern (①, ②, ...) beziehen sich auf das obige Bild.

##### Beschleunigungsunabhängige Parameter

Nr.	Maschinendatum	Beschreibung
①	-	Triggerzeitpunkt bzw. Beschleunigung der Achse aus dem Stillstand
③	MD32572 \$MA_FRICT_V_PULSE_DELAY_TIME	Verzögerungszeit
④	MD32575 \$MA_FRICT_V_PULSE_SMOOTH_TIME	Zeitkonstante T der Anstiegszeit, nach $5 * T \Rightarrow$ Ausgangswert $\approx$ Eingangswert

##### Maximalwerte der beschleunigungsabhängig adaptierbaren Parameter

Nr.	Maschinendatum	Beschreibung
②	MD32571 \$MA_FRICT_VELO_STEP	Amplitude
⑤	MD32573 \$MA_FRICT_V_PULSE_CONST_TIME	Wirkzeit
⑥	MD32574 \$MA_FRICT_V_PULSE_DECAY_TIME	Abklingzeit

### Gewichtungsfaktoren zur beschleunigungsabhängigen Adaption der Maximalwerte

Tabelle 10-1 Unterer Umkehrpunkt

Maschinendatum	Beschreibung
MD32582 \$MA_FRICT_ADAPT_V_STEP_PLUS[ 0 ... 9 ]	Gewichtungsfaktor für die Amplitude
MD32584 \$MA_FRICT_ADAPT_V_CONST_PLUS[ 0 ... 9 ]	Gewichtungsfaktor für die Wirkzeit
MD32586 \$MA_FRICT_ADAPT_V_DECAY_PLUS[ 0 ... 9 ]	Gewichtungsfaktor für die Abklingzeit

Tabelle 10-2 Oberer Umkehrpunkt

Maschinendatum	Beschreibung
MD32583 \$MA_FRICT_ADAPT_V_STEP_MINUS[ 0 ... 9 ]	Gewichtungsfaktor für die Amplitude
MD32585 \$MA_FRICT_ADAPT_V_CONST_MINUS[ 0 ... 9 ]	Gewichtungsfaktor für die Wirkzeit
MD32587 \$MA_FRICT_ADAPT_V_DECAY_MINUS[ 0 ... 9 ]	Gewichtungsfaktor für die Abklingzeit

### Berechnung der Kennlinienparameter

Vom Inbetriebnehmer sind während des Kreisformtests (Seite 386) für unterschiedliche Beschleunigungen die jeweils optimalen Werte für Amplitude, Wirkzeit und Abklingzeit für den Geschwindigkeitsaufschaltimpuls zu ermitteln. Beim Abschluss des Kreisformtests werden von der Steuerung daraus die Kennlinienparameter berechnet (Maximalwerte, Kennlinienstützpunkte und Gewichtungsfaktoren) und in die entsprechenden Maschinendaten geschrieben.

Beispiel: Amplituden-Kennlinie für den unteren Umkehrpunkt

- Maximalwert

MD32571

$$\text{\$MA\_FRICT\_VELO\_STEP} = \max\{\text{Amplitude 1, Amplitude 2 ... Amplitude 9}\}$$

- Gewichtungsfaktoren

MD32582

$$\text{\$MA\_FRICT\_ADAPT\_V\_STEP\_PLUS}[n] = \frac{\text{Amplitude}[n]}{\text{MD32571 } \text{\$MA\_FRICT\_VELO\_STEP}}$$

- Wirksame Stützpunkte

Die wirksamen Stützpunkte der Amplituden-Kennlinie sind die Stützpunkte für die gilt:

- MD32581  $\text{\$MA\_FRICT\_ADAPT\_TABLE\_ACCEL}[\text{ <Stützpunkt>}] \neq 0$  (Beschleunigung)
- MD32582  $\text{\$MA\_FRICT\_ADAPT\_V\_STEP\_PLUS}[\text{ <Stützpunkt>}] \neq 0$   
(Gewichtungsfaktor)

Die Amplitude des Geschwindigkeitsaufschaltimpulses eines wirksamen Stützpunktes berechnet sich zu:

$$\begin{aligned} \text{Amplitude}[n] &= \text{Maximalwert} * \text{Gewichtungsfaktor}[n] = \\ &\text{MD32571 } \text{\$MA\_FRICT\_VELO\_STEP} * \\ &\text{MD32582 } \text{\$MA\_FRICT\_ADAPT\_V\_STEP\_PLUS}[n] \end{aligned}$$

---

#### Hinweis

#### Vertikale Verschiebung einer Kennlinie

Eine nachträgliche vertikale Verschiebung einer Kennlinie läßt sich am einfachsten durch eine Änderung des entsprechenden Maximalwerts im Maschinendatum vornehmen.

---

### 10.10.2.5 Momentenaufschaltimpuls

Das Ermitteln der Kennlinienparameter für die Momentenaufschaltimpulse sowie die Berechnung der entsprechenden Maschinendaten werden durch die Bedienoberfläche nicht direkt unterstützt. Es ist daher erforderlich, die Ermittlung der Kennlinienparameter bzw. das Beschreiben der Maschinendaten manuell vorzunehmen.



## Achsspezifische Maschinendaten

## Momentenaufschaltimpuls

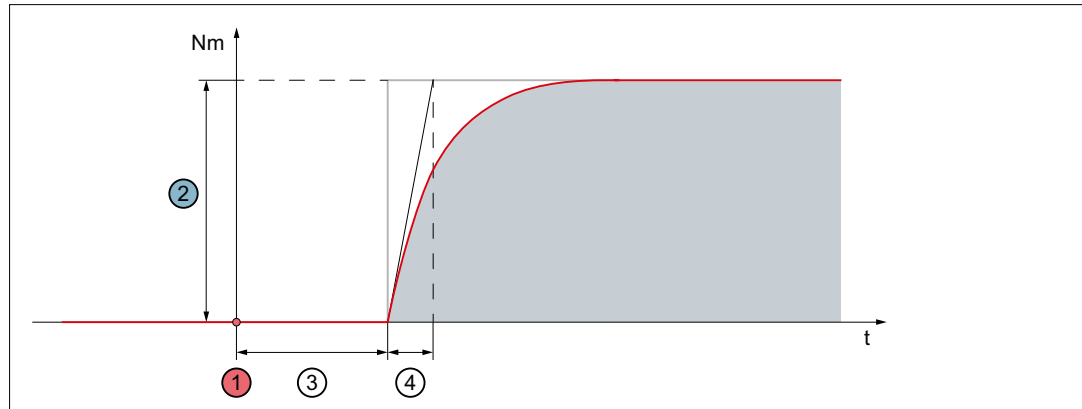


Bild 10-30 Prinzipielle Pulsform

Die in den folgenden Tabellen angegebenen Nummern (①, ②, ...) beziehen sich auf das obige Bild.

## Beschleunigungsunabhängige Parameter

Nr.	Maschinendatum	Beschreibung
①	-	Triggerzeitpunkt bzw. Beschleunigung der Achse aus dem Stillstand
③	MD32577 \$MA_FRICT_T_PULSE_DELAY_TIME	Verzögerungszeit
④	MD32578 \$MA_FRICT_T_PULSE_SMOOTH_TIME	Anstiegszeit

## Maximalwert der beschleunigungsabhängig adaptierbaren Amplitude

Nr.	Maschinendatum	Beschreibung
②	MD32576 \$MA_FRICT_TORQUE_STEP	Amplitude

## Gewichtungsfaktoren zur beschleunigungsabhängigen Adaption des Maximalwerts

Maschinendatum	Beschreibung
MD32588 \$MA_FRICT_ADAPT_T_STEP[0 ... 9]	Gewichtungsfaktor für die Amplitude

## Inbetriebnahme (manuell)

### Voraussetzung

Der Kreisformtest (Seite 386) zum Ermitteln der Kennlinienparameter für den Geschwindigkeitsaufschaltimpuls wurde bereits vollständig oder zumindest für den aktuellen Messschritt erfolgreich durchgeführt.

### Hinweis

#### Ermitteln der Kennlinienparameter

- Das Ermitteln der Kennlinienparameter für den Momentenaufschaltimpuls erfolgt am einfachsten im Kreisformtest (Seite 386) der Bedienoberfläche:
- Bedienbereich: "Inbetriebnahme" > "NC" > "Reibkompensation"
- Das Einstellen der Maschinendaten erfolgt am einfachsten über die Datenliste des Kreisformtests:  
Bedienbereich: "Inbetriebnahme" > "NC" > "Reibkompensation" > vertikaler Softkey "Datenliste"

### Annahme

Der Kreisformtest ist gestartet, Messschritt 1 ist aktiv.

### Empfohlene Vorgehensweise

1. Initialisieren der Gewichtungsfaktoren:
  - MD32588 \$MA\_FRICT\_ADAPT\_T\_STEP[ 0 ] = 1
  - MD32588 \$MA\_FRICT\_ADAPT\_T\_STEP[ 1 ... 9 ] = 0

Hinweis: Für alle Messschritte wird der Gewichtungsfaktor mit Index 0 verwendet.
2. Einstellen der Amplitude für den aktuellen Messschritt:
  - MD32576 \$MA\_FRICT\_TORQUE\_STEP = <Amplitude>
3. Ermitteln der veränderten Konturabweichung im Kreisdiagramm.
4. Optimieren des Amplitudenwertes durch Änderung in MD32576 \$MA\_FRICT\_TORQUE\_STEP und Kontrolle im Kreisdiagramm.
5. Notieren der Amplitudenwertes für diesen Messschritt für die spätere Ermittlung des Maximalwertes bzw. des Gewichtungsfaktors des Messschritts.
6. Weiterschalten zum nächsten Messschritt und fortfahren mit Punkt 2., bis für alle Messschritte die Amplitudenwerte ermittelt sind.
7. Ermitteln des Maximalwertes aus den notierten Amplitudenwerten und eintragen in das Maschinendatum:
 
$$\text{MD32576 } \$\text{MA\_FRICT\_TORQUE\_STEP} = \max\{\text{Amplitude 1, Amplitude 2 ... Amplitude 9}\}$$
8. Berechnen der Gewichtungsfaktoren für alle wirksamen Stützpunkte aus den notierten Amplitudenwerten und eintragen im Maschinendatum:
 
$$\text{MD32588 } \$\text{MA\_FRICT\_ADAPT\_T\_STEP}[ n ] = \frac{\text{Amplitude}[ n ]}{\text{MD32576 } \$\text{MA\_FRICT\_TORQUE\_STEP}}$$

Damit ist die Inbetriebnahme der Amplituden-Kennlinie für den Momentenaufschaltimpuls abgeschlossen.

### Optional

Einstellen der beschleunigungsunabhängigen Parameter:

- MD32577 \$MA\_FRICT\_T\_PULSE\_DELAY\_TIME
- MD32578 \$MA\_FRICT\_T\_PULSE\_SMOOTH\_TIME

### Wirksame Stützpunkte

Die wirksamen Stützpunkte der Amplituden-Kennlinie sind die Stützpunkte für die gilt:

- MD32581 \$MA\_FRICT\_ADAPT\_TABLE\_ACCEL[ <Stützpunkt> ]  $\neq 0$  (Beschleunigung)
- MD32583 \$MA\_FRICT\_ADAPT\_T\_STEP[ <Stützpunkt> ]  $\neq 0$  (Gewichtungsfaktor)

Die Amplitude des Momentenaufschaltimpulses eines wirksamen Stützpunktes berechnet sich zu:

$$\text{Amplitude}[ n ] = \text{Maximalwert} * \text{Gewichtungsfaktor}[ n ] =$$

$$\text{MD32576} \quad \text{MD32588}$$

$$\text{\$MA\_FRICT\_TORQUE\_STEP} * \text{\$MA\_FRICT\_ADAPT\_T\_STEP}[ n ]$$

---

### Hinweis

#### Vertikale Verschiebung der Kennlinie

Eine nachträgliche vertikale Verschiebung der Amplituden-Kennlinie läßt sich am einfachsten durch eine Änderung des entsprechenden Maximalwerts im Maschinendatum vornehmen.

---

## 10.11 Kompensationen bei hängenden Achsen

### 10.11.1 Elektronischer Gewichtsausgleich

#### Achse ohne Gewichtsausgleich

Bei gewichtsbelasteten Achsen ohne einen Gewichtsausgleich senkt sich die hängende Achse unerwünscht nach dem Lösen der Bremse und das folgende Verhalten stellt sich ein:

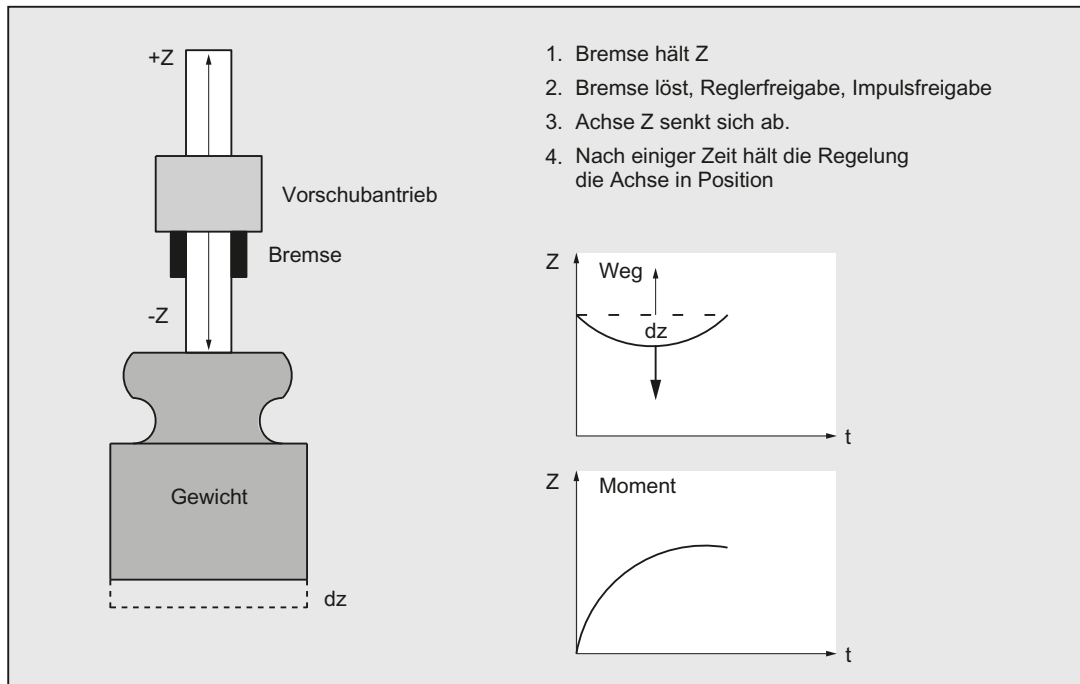


Bild 10-31 Absenkung einer hängenden Achse ohne Gewichtsausgleich

#### Funktion "Elektronischer Gewichtsausgleich"

Eine Absenkung der hängenden Achse kann mit der Funktion "Elektronischer Gewichtsausgleich" nahezu vollständig vermieden werden.

Der elektronische Gewichtsausgleich vermindert das Durchsacken gewichtsbelasteter Achsen beim Einschalten der Regelung. Nach dem Lösen der Bremse hält das anstehende konstante Gewichtsausgleichsmoment die Position der hängenden Achse:

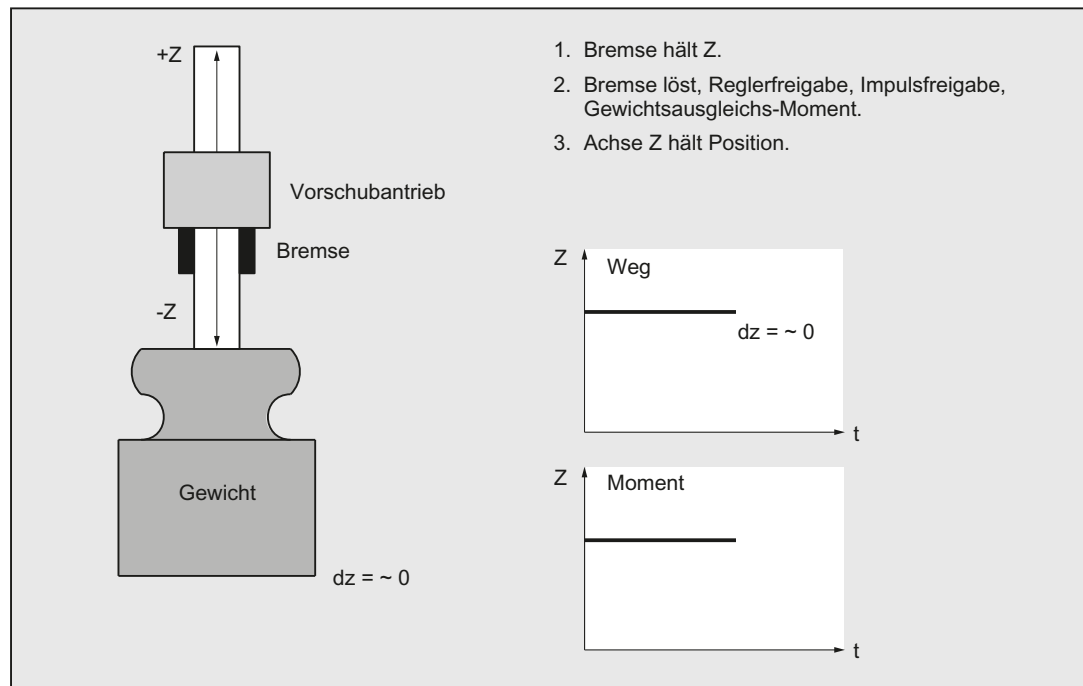


Bild 10-32 Absenkung einer hängenden Achse mit elektronischem Gewichtsausgleich

## Inbetriebnahme

### Hinweis

Die Inbetriebnahme des "Elektronischen Gewichtsausgleichs" erfolgt über den Antrieb!

## Weitere Informationen

Weitere Informationen siehe:

Funktionshandbuch Antriebsfunktionen SINAMICS S120

## 10.11.2 Zusatzfunktion: Reboot-Verzögerung

### Funktion

Damit z. B. Änderungen von Maschinendatenwerten wirksam werden, muss ein erneuter Hochlauf der NC durchgeführt werden. Dies wird z.B. an der Bedienoberfläche durch Auslösen von NC-Reset erreicht. Sind an der Maschine hängende Achse vorhanden, führt der Ausfall der Regelung während des Hochlaufs zu einem Absacken der Achsen.

Mit der Funktion "Reboot-Verzögerung", wird die Anforderung zum Reboot der NC (NC-Reset) über die Bedienoberfläche wie bisher an die NC übermittelt. Der Reboot-Vorgang, bei dem unter anderem auch die Regelung der Achsen abgeschaltet wird, wird dann aber auf der NC um eine parametrierbare Zeit verzögert. Während dieser Zeit können dann

anwenderspezifische Aktionen, wie z.B. das Schließen der Haltebremsen von hängenden Achsen, ausgeführt werden.

---

### Hinweis

Die Reboot-Verzögerung wirkt nur bei einer Anfordern zum Reboot der NC (NC-Reset) über die **Bedienoberfläche**.

Bei einem Power On-Reset durch Aus/Einschalten der Steuerung, Drücken des Reset-Tasters auf der Frontseite der NCU oder bei Spannungsausfall, wirkt eine parametrisierte Reboot-Verzögerungszeit nicht.

---

### Alarm 2900 "Reboot erfolgt verzögert"

Mit Erkennen der Reboot-Anforderung wird der Alarm 2900 "Reboot erfolgt verzögert" ausgelöst.

### Alarmreaktionen

Durch den Alarm 2900 werden folgende Reaktionen ausgelöst:

- Rücksetzen der NC/PLC-Nahtstellensignale:
  - DB11 DBX6.3 = 0 (BAG betriebsbereit) ; alle BAGs
  - DB21, ... DBX36.5 = 0 (Kanal betriebsbereit) für **alle** Kanäle
  - DB31, ... DBX61.2 = 0 (Achse betriebsbereit) für **alle** Achsen
- Abbremsen der Achse / Spindeln an der Stromgrenze.  
Siehe dazu die Maschinendaten:
  - MD36610 \$MA\_AX\_EMERGENCY\_STOP\_TIME (Zeitdauer der Bremsrampe bei Fehlerzuständen)
  - MD36620 \$MA\_SERVO\_DISABLE\_DELAY\_TIME (Abschaltverzögerung Reglerfreigabe)

Das NC/PLC-Nahtstellensignale "NC ready" bleibt gesetzt:

DB10 DBX108.7 == 1

### Alarmunterdrückung

Über das Maschinendatum kann die **Anzeige** des Alarms 2900 "Reboot erfolgt verzögert" an der Bedienoberfläche unterdrückt werden:

MD11410 \$MN\_SUPPRESS\_ALARM\_MASKBit 20 = 1

Die Alarmreaktionen werden dadurch nicht beeinflusst.

### Ansteuern von Haltebremsen

Während des Reboot-Vorgangs der PLC werden die PLC-Ausgänge definiert auf den Wert 0 rückgesetzt. Die Ansteuerung der Haltebremsen muss daher anwenderseitig so verschaltet sein, dass sie bei einem Ansteuersignal == 0 schließen bzw. geschlossen bleiben und bei einem Ansteuersignal == 1 öffnen bzw. geöffnet bleiben..

## Parametrierung

Die Reboot-Verzögerungszeit wird über das Maschinendatum eingestellt:

MD10088 \$MN\_REBOOT\_DELAY\_TIME = <Reboot-Verzögerungszeit>

Bei einer parametrisierten Reboot-Verzögerungszeit von 0.0 ist die Funktion ausgeschaltet.

## Systemvariablen

Über die Systemvariable kann die noch verbleibende Zeit bis zum Reboot-Vorgang der NC gelesen werden:

\$AN\_REBOOT\_DELAY\_TIME

Solange keine Anforderung für einen Reboot der NC (NC-Reset) über die Bedienoberfläche ausgelöst wurde, liefert die Systemvariable den Wert 0.0.

Ein Wert größer 0.0 zeigt an, dass über die Bedienoberfläche eine Reboot-Anforderung (NC-Reset) ausgelöst wurde und die noch verbleibende Zeit in der NC bzw. PLC bis zum Reboot-Vorgang.

### Anwendungsbeispiel

Auswerten der Systemvariablen in einer statischen Synchronaktion

Bedingungsteil: Prüfen auf einen Wert größer 0.0, da dann eine Anforderung für einen Reboot der NC (NC-Reset) über die Bedienoberfläche erfolgt ist .

Aktionsteil: z.B. Auslösen von "Sicherer Halt" im Rahmen der Funktion "Safety Integrated".

## 10.12 Datenlisten

### 10.12.1 Maschinendaten

#### 10.12.1.1 Allgemeine Maschinendaten

Nummer	Bezeichner: \$MN_	Beschreibung
10050	SYSCLOCK_CYCLE_TIME	Systemgrundtakt
10070	IPO_SYSCLOCK_TIME_RATIO	Faktor für Interpolatortakt
10082	CTRL_OUT_LEAD_TIME	Verschiebung des Sollwertübernahmezeitpunkts
10083	CTRL_OUT_LEAD_TIME_MAX	Maximal einstellbare Verschiebung Sollwertübernahmezeitpunkt
10088	REBOOT_DELAY_TIME	Reboot-Verzögerung
18342	MM_CEC_MAX_POINTS[t]	Maximale Anzahl der Stützpunkte einer Durchhangkompensation

## 10.12.1.2 Kanal-spezifische Maschinendaten

Nummer	Bezeichner: \$MC_	Beschreibung
20150	GCODE_RESET_VALUES	Löschstellung der G-Gruppen

## 10.12.1.3 Achs-/Spindel-spezifische Maschinendaten

Nummer	Bezeichner: \$MA_	Beschreibung
32450	BACKLASH	Umkehrlose
32452	BACKLASH_FACTOR	Bewertungsfaktor für Umkehrlose
32454	BACKLASH_MODE	Losekompensationsmodus
32456	BACKLASH_DYN	Kompensationswert für die dynamische Losekompensation
32457	BACKLASH_DYN_MAX_VELO	Begrenzung der dynamischen Losekompensationswertänderung
32490	FRICT_COMP_MODE	Art der Reibkompensation
32500	FRICT_COMP_ENABLE	Reibkompensation aktiv
32510	FRICT_COMP_ADAPT_ENABLE	Adaption Reibkompensation aktiv
32520	FRICT_COMP_CONST_MAX	Maximaler Reibkompensationswert
32530	FRICT_COMP_CONST_MIN	Minimaler Reibkompensationswert
32540	FRICT_COMP_TIME	Reibkompensations-Zeitkonstante
32550	FRICT_COMP_ACCEL1	Adaptions-Beschleunigungswert 1
32560	FRICT_COMP_ACCEL2	Adaptions-Beschleunigungswert 2
32570	FRICT_COMP_ACCEL3	Adaptions-Beschleunigungswert 3
32610	VELO_FFW_WEIGHT	Vorsteuerfaktor für Geschwindigkeits-/Drehzahlvorsteuerung
32620	FFW_MODE	Vorsteuerungsart
32630	FFW_ACTIVATION_MODE	Vorsteuerung aktivieren von Programm
32650	AX_INERTIA	Trägheit für Drehmomentvorsteuerung
32700	ENC_COMP_ENABLE	Interpolatorische Kompensation
32710	CEC_ENABLE	Freigabe der Durchhangkompensation
32711	CEC_SCALING_SYSTEM_METRIC	Maßsystem der Durchhangkompensation
32720	CEC_MAX_SUM	Maximaler Kompensationswert bei Durchhangkompensation
32730	CEC_MAX_VELO	Geschwindigkeitsänderung bei Durchhangkompensation
32750	TEMP_COMP_TYPE	Temperaturkompensationstyp
32760	COMP_ADD_VELO_FACTOR	Geschwindigkeitsüberhöhung durch Kompensation
32711	CEC_SCALING_SYSTEM_METRIC	Maßsystem der Durchhangkompensation
32800	EQUIV_CURRCTRL_TIME	Ersatzzeitkonstante Stromregelkreis für Vorsteuerung
32810	EQUIV_SPEEDCTRL_TIME	Ersatzzeitkonstante Drehzahlregelkreis für Vorsteuerung
32910	DYN_MATCH_TIME	Zeitkonstante der Dynamikanpassung



Nummer	Bezeichner: \$MA_	Beschreibung
36500	ENC_CHANGE_TOL	Maximale Toleranz bei Lageistwertumschaltung
37302	NOCO_FILTER_TIME	Zeitkonstante zur Glättung der Nickkompensationswerte
37310	NOCO_INPUT_AX_1	Kompensationsbeziehung 1: Maschinenachse, die eine Nickbewegung verursacht
37312	NOCO_ADAPT_AX_1	Kompensationsbeziehung 1: Maschinenachse, deren Position die Nickbewegung beeinflusst
37314	NOCO_ADAPT_NUM_1	Kompensationsbeziehung 1: Anzahl der Positionen der Adaptionenkennlinie der Nickkompensation
37316	NOCO_ADAPT_POS_1	Kompensationsbeziehung 1: Positionen der Adaptionenkennlinie der Nickkompensation
37318	NOCO_COMPLIANCE_1	Kompensationsbeziehung 1: Nachgiebigkeitsfaktor zur Nickkompensation
37320	NOCO_INPUT_AX_2	Kompensationsbeziehung 2: Maschinenachse, die eine Nickbewegung verursacht
37322	NOCO_ADAPT_AX_2	Kompensationsbeziehung 2: Maschinenachse, deren Position die Nickbewegung beeinflusst
37324	NOCO_ADAPT_NUM_2	Kompensationsbeziehung 2: Anzahl der Positionen der Adaptionenkennlinie der Nickkompensation
37326	NOCO_ADAPT_POS_2	Kompensationsbeziehung 2: Positionen der Adaptionenkennlinie der Nickkompensation
37328	NOCO_COMPLIANCE_2	Kompensationsbeziehung 2: Nachgiebigkeitsfaktor zur Nickkompensation
37330	NOCO_INPUT_AX_3	Kompensationsbeziehung 3: Maschinenachse, die eine Nickbewegung verursacht
37332	NOCO_ADAPT_AX_3	Kompensationsbeziehung 3: Maschinenachse, deren Position die Nickbewegung beeinflusst
37334	NOCO_ADAPT_NUM_3	Kompensationsbeziehung 3: Anzahl der Positionen der Adaptionenkennlinie der Nickkompensation
37336	NOCO_ADAPT_POS_3	Kompensationsbeziehung 3: Positionen der Adaptionenkennlinie der Nickkompensation
37338	NOCO_COMPLIANCE_3	Kompensationsbeziehung 3: Nachgiebigkeitsfaktor zur Nickkompensation
38000	MM_ENC_COMP_MAX_POINTS	Anzahl der Stützpunkte bei interpolatorischer Kompensation

## 10.12.2 Settingdaten

### 10.12.2.1 Allgemeine Settingdaten

Nummer	Bezeichner: \$SN_	Beschreibung
41300	CEC_TABLE_ENABLE[t]	Auswertung der Durchhangkompensations-Tabelle freigeben
41310	CEC_TABLE_WEIGHT[t]	Wichtungsfaktor für Durchhangkompensations-Tabelle

### 10.12.2.2 Achs-/Spindel-spezifische Settingdaten

Nummer	Bezeichner: \$SA_	Beschreibung
43900	TEMP_COMP_ABS_VALUE	Positionsunabhängiger Temperaturkompensationswert
43910	TEMP_COMP_SLOPE	Steigungswinkel für positionsabhängige Temperaturkompensation
43920	TEMP_COMP_REF_POSITION	Bezugsposition für positionsabhängige Temperaturkompensation

## A.1 Liste der Abkürzungen

<b>A</b>	
A	Ausgang
ADI4	Analog Drive Interface for 4 Axes
AC	Adaptive Control
ALM	Active Line Module
ARM	Asynchroner rotatorischer Motor
AS	Automatisierungssystem
ASCII	American Standard Code for Information Interchange: Amerikanische Code-Norm für den Informationsaustausch
ASIC	Application Specific Integrated Circuit: Anwender-Schaltkreis
ASUP	Asynchrones Unterprogramm
AUXFU	Auxiliary Function: Hilfsfunktion
AWL	Anweisungsliste
AWP	Anwenderprogramm

<b>B</b>	
BA	Betriebsart
BAG	Betriebsartengruppe
BCD	Binary Coded Decimals: Im Binärcode verschlüsselte Dezimalzahlen
BERO	Berührungsloser Näherungsschalter
BI	Binector Input
BICO	Binector Connector
BIN	Binary Files: Binärdateien
BIOS	Basic Input Output System
BKS	Basiskoordinatensystem
BO	Binector Output
BTSS	Bedientafelschnittstelle

<b>C</b>	
CAD	Computer-Aided Design
CAM	Computer-Aided Manufacturing
CC	Compile Cycle: Compile-Zyklen
CEC	Cross Error Compensation
CI	Connector Input
CF-Card	Compact Flash-Card

<b>C</b>	
CNC	Computerized Numerical Control: Computerunterstützte numerische Steuerung
CO	Connector Output
CoL	Certificate of License
COM	Communication
CPA	Compiler Projecting Data: Projektierdaten des Compilers
CRT	Cathode Ray Tube: Bildröhre
CSB	Central Service Board: PLC-Baugruppe
CU	Control Unit
CP	Communication Processor
CPU	Central Processing Unit: Zentrale Rechneinheit
CR	Carriage Return
CTS	Clear To Send: Meldung der Sendebereitschaft bei seriellen Daten-Schnittstellen
CUTCOM	Cutter Radius Compensation: Werkzeugradiuskorrektur

<b>D</b>	
DAU	Digital-Analog-Umwandler
DB	Datenbaustein (PLC)
DBB	Datenbaustein-Byte (PLC)
DBD	Datenbaustein-Doppelwort (PLC)
DBW	Datenbaustein-Wort (PLC)
DBX	Datenbaustein-Bit (PLC)
DDE	Dynamic Data Exchange
DDS	Drive Data Set: Antriebsdatensatz
DIN	Deutsche Industrie Norm
DIO	Data Input/Output: Datenübertragungs-Anzeige
DIR	Directory: Verzeichnis
DLL	Dynamic Link Library
DO	Drive Object
DPM	Dual Port Memory
DPR	Dual Port RAM
DRAM	Dynamischer Speicher (ungepuffert)
DRF	Differential Resolver Function: Differential-Drehmelder-Funktion (Handrad)
DRIVE-CLiQ	Drive Component Link with IQ
DRY	Dry Run: Probelaufvorschub
DSB	Decoding Single Block: Dekodierungseinzelsatz
DSC	Dynamic Servo Control / Dynamic Stiffness Control
DW	Datenwort
DWORD	Doppelwort (aktuell 32 Bit)

<b>E</b>	
E	Eingang
EES	Execution from External Storage
E/A	Ein-/Ausgabe
ENC	Encoder: Istwertgeber
EFP	Einfach Peripheriemodul (PLC–E/A–Baugruppe)
EGB	Elektronisch gefährdete Baugruppen/Bauelemente
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
EN	Europäische Norm
ENC	Encoder: Istwertgeber
EnDat	Geberschnittstelle
EPROM	Erasable Programmable Read Only Memory: Löschbarer, elektrisch programmierbarer nur Lesespeicher
ePS Network Services	Dienste zur internetgestützten Maschinen-Fernwartung
EQN	Typbezeichnung eines Absolutwertgebers mit 2048 Sinussignalen/Umdrehung
ES	Engineering System
ESR	Erweitertes Stillsetzen und Rückziehen
ETC	ETC–Taste ">"; Erweiterung der Softkeyleiste im gleichen Menü

<b>F</b>	
FB	Funktionsbaustein (PLC)
FC	Function Call: Funktionsbaustein (PLC)
FEPROM	Flash–EPROM: Les– und schreibbarer Speicher
FIFO	First In First Out: Speicher, der ohne Adressangabe arbeitet und dessen Daten in derselben Reihenfolge gelesen werden, in der sie gespeichert wurden
FIPO	Feininterpolator
FPU	Floating Point Unit: Gleitpunkteinheit
FRK	Fräsradiuskorrektur
FST	Feed Stop: Vorschub Halt
FUP	Funktionsplan (Programmiermethode für PLC)
FW	Firmware

<b>G</b>	
GC	Global Control (PROFIBUS: Broadcast-Telegramm)
GDIR	Globaler Teileprogrammspeicher
GEO	Geometrie, z.B. Geometrieachse
GIA	Gear Interpolation Data: Getriebeinterpolationsdaten
GND	Signal Ground
GP	Grundprogramm (PLC)
GS	Getriebestufe
GSD	Gerätestammdatei zur Beschreibung eines PROFIBUS Slaves

## Anhang

### A.1 Liste der Abkürzungen

<b>G</b>	
GSDML	Generic Station Description Markup Language: XML-basierte Beschreibungssprache zur Erstellung einer GSD-Datei
GUD	Global User Data: Globale Anwenderdaten

<b>H</b>	
HEX	Kurzbezeichnung für hexadezimale Zahl
HIFu	Hilfsfunktion
HLA	Hydraulischer Linearantrieb
HMI	Human Machine Interface: SINUMERIK-Bedienoberfläche
HSA	Hauptspindelantrieb
HW	Hardware

<b>I</b>	
IBN	Inbetriebnahme
IKA	Interpolatorische Kompensation
IM	Interface-Modul: Anschaltungsbaugruppe
IMR	Interface-Modul Receive: Anschaltungsbaugruppe für Empfangsbetrieb
IMS	Interface-Modul Send: Anschaltungsbaugruppe für Sendebetrieb
INC	Increment: Schrittmaß
INI	Initializing Data: Initialisierungsdaten
IPO	Interpolator
ISA	International Standard Architecture
ISO	International Standard Organization

<b>J</b>	
JOG	Jogging: Einrichtbetrieb

<b>K</b>	
$K_V$	Verstärkungsfaktor des Regelkreises
$K_P$	Proportionalverstärkung
$K_U$	Übersetzungsverhältnis
KOP	Kontaktplan (Programmiermethode für PLC)

<b>L</b>	
LAI	Logic Machine Axis Image: Logisches Maschinenachsen-Abbild
LAN	Local Area Network
LCD	Liquid-Crystal Display: Flüssigkristallanzeige
LED	Light Emitting Diode: Leuchtdiode
LF	Line Feed

<b>L</b>	
LMS	Lagemesssystem
LR	Lageregler
LSB	Least Significant Bit: Niederwertigstes Bit
LUD	Local User Data: Anwenderdaten (lokal)

<b>M</b>	
MAC	Media Access Control
MAIN	Main program: Hauptprogramm (OB1, PLC)
MB	Megabyte
MCI	Motion Control Interface
MCIS	Motion–Control–Information–System
MCP	Machine Control Panel: Maschinensteuertafel
MD	Maschinendatum bzw. Maschinendaten
MDA	Manual Data Automatic: Handeingabe
MDS	Motor Data Set: Motordatensatz
MELDW	Meldungswort
MKS	Maschinenkoordinatensystem
MM	Motor Module
MPF	Main Program File: Hauptprogramm (NC)
MSTT	Maschinensteuertafel

<b>N</b>	
NC	Numerical Control: Numerische Steuerung mit Satzaufbereitung, Verfahrbereich usw.
NCU	Numerical Control Unit: Hardware-Einheit des NC
NRK	Bezeichnung des Betriebssystems des NC
NST	Nahtstellensignal
NURBS	Non-Uniform Rational B-Spline
NV	Nullpunktverschiebung
NX	Numerical Extension: Achserweiterungsbaugruppe

<b>O</b>	
OB	Organisationsbaustein in der PLC
OEM	Original Equipment Manufacturer
OP	Operation Panel: Bedieneinrichtung
OPI	Operation Panel Interface: Bedientafel-Anschaltung
OPT	Options: Optionen
OLP	Optical Link Plug: Busstecker für Lichtleiter
OSI	Open Systems Interconnection: Normung für Rechnerkommunikation

P	
PAA	Prozessabbild der Ausgänge
PAE	Prozessabbild der Eingänge
PC	Personal Computer
PCIN	Name der SW für den Datenaustausch mit der Steuerung
PCMCIA	Personal Computer Memory Card International Association: Speichersteckkarten-Normierung
PCU	PC Unit: PC-Box (Rechereinheit)
PG	Programmiergerät
PKE	Parameterkennung: Teil eines PKW
PKW	Parameterkennung: Wert (Parametrierteil eines PPO)
PLC	Programmable Logic Control: Anpass-Steuerung
PN	PROFINET
PNO	PROFIBUS-Nutzerorganisation
PO	POWER ON
POE	Programmorganisationseinheit
POS	Position/Positionieren
POSMO A	Positioning Motor Actuator: Positioniermotor
POSMO CA	Positioning Motor Compact AC: Komplette Antriebseinheit mit integrierter Leistungs- und Reglungsbaugruppe sowie Positioniereinheit und Programmspeicher; Wechselstrom-Einspeisung
POSMO CD	Positioning Motor Compact DC: wie CA, jedoch Gleichstromspeisung
POSMO SI	Positioning Motor Servo Integrated: Positioniermotor; Gleichstromspeisung
PPO	Parameter Prozessdaten Objekt ; Zyklisches Datentelegramm bei der Übertragung mit PROFIBUS-DP und Profil "Drehzahlveränderbare Antriebe"
PPU	Panel Processing Unit (zentrale Hardware einer Panel-basierten CNC-Steuerung z.B. SINUMERIK 828D)
PROFIBUS	Process Field Bus: Serieller Datenbus
PRT	Programmtest
PSW	Programmsteuerwort
PTP	Point to Point: Punkt zu Punkt
PUD	Program Global User Data: Programmglobale Anwendervariable
PZD	Prozessdaten: Prozessdatenteil eines PPO

Q	
QFK	Quadrantenfehler Kompensation

R	
RAM	Random Access Memory: Schreib-/Lese-Speicher
REF	Funktion Referenzpunkt anfahren
REPOS	Funktion Repositionieren
RISC	Reduced Instruction Set Computer: Prozessortyp mit kleinem Befehlssatz und schnellem Befehlsdurchsatz



<b>R</b>	
ROV	Rapid Override: Eingangskorrektur
RP	R-Parameter, Rechenparameter, vordefinierte Anwendervariable
RPA	R-Parameter Active: Speicherbereich in NC für R-Parameternummern
RPY	Roll Pitch Yaw: Drehungsart eines Koordinatensystems
RTL	Rapid Traverse Linear Interpolation: Lineare Interpolation bei Eilgangbewegung
RTS	Request To Send: Sendeteil einschalten, Steuersignal von seriellen Daten-Schnittstellen
RTCP	Real Time Control Protocol

<b>S</b>	
SA	Synchronaktion
SBC	Safe Break Control: Sichere Bremsenansteuerung
SBL	Single Block: Einzelsatz
SBR	Subroutine: Unterprogramm (PLC)
SD	Settingdatum bzw. Settingdaten
SDB	System Datenbaustein
SEA	Setting Data Active: Kennzeichnung (Dateityp) für Settingdaten
SERUPRO	Search-Run by Program Test: Satzsuchlauf via Programmtest
SFB	System Funktionsbaustein
SFC	System Function Call
SGE	Sicherheitsgerichteter Eingang
SGA	Sicherheitsgerichteter Ausgang
SH	Sicherer Halt
SIM	Single in Line Module
SK	Softkey
SKP	Skip: Funktion zum Ausblenden eines Teileprogrammsatzes
SLM	Synchroner Linearmotor
SM	Schrittmotor
SMC	Sensor Module Cabinet Mounted
SME	Sensor Module Externally Mounted
SMI	Sensor Module Integrated
SPF	Sub Program File: Unterprogramm (NC)
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung = PLC
SRAM	Statischer Speicher (gepuffert)
SRK	Schneidenradiuskorrektur
SRM	Synchron rotatorischer Motor
SSFK	Spindelsteigungsfehlerkompensation
SSI	Serial Synchron Interface: Serielle synchrone Schnittstelle
SSL	Satzsuchlauf
STW	Steuerwort
SUG	Scheibenumfangsgeschwindigkeit
SW	Software

## Anhang

### A.1 Liste der Abkürzungen

<b>S</b>	
SYF	System Files: Systemdateien
SYNACT	Synchronized Action: Synchronaktion

<b>T</b>	
TB	Terminal Board (SINAMICS)
TCP	Tool Center Point: Werkzeugspitze
TCP/IP	Transport Control Protocol / Internet Protocol
TCU	Thin Client Unit
TEA	Testing Data Active: Kennung für Maschinendaten
TIA	Totally Integrated Automation
TM	Terminal Module (SINAMICS)
TO	Tool Offset: Werkzeugkorrektur
TOA	Tool Offset Active: Kennzeichnung (Dateityp) für Werkzeugkorrekturen
TRANSMIT	Transform Milling Into Turning: Koordinatentransformation für Fräsbearbeitungen an einer Drehmaschine
TTL	Transistor-Transistor-Logik (Schnittstellen-Typ)
TZ	Technologiezyklus

<b>U</b>	
UFR	User Frame: Nullpunktverschiebung
UP	Unterprogramm
USB	Universal Serial Bus
USV	Unterbrechungsfreie Stromversorgung

<b>V</b>	
VDI	Interne Kommunikationsschnittstelle zwischen NC und PLC
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VDE	Verband Deutscher Elektrotechniker
VI	Voltage Input
VO	Voltage Output
VSA	Vorschubantrieb

<b>W</b>	
WAB	Funktion Weiches An- und Abfahren
WKS	Werkstückkoordinatensystem
WKZ	Werkzeug
WLK	Werkzeuglängenkorrektur
WOP	Werkstatt-orientierte Programmierung
WPD	Work Piece Directory: Werkstückverzeichnis
WRK	Werkzeug-Radius-Korrektur

<b>W</b>	
WZ	Werkzeug
WZK	Werkzeugkorrektur
WZV	Werkzeugverwaltung
WZW	Werkzeugwechsel

<b>X</b>	
XML	Extensible Markup Language

<b>Z</b>	
ZOA	Zero Offset Active: Kennung für Nullpunktverschiebungen
ZSW	Zustandswort (des Antriebs)



# Index

## \$

\$AA\_COLLPOS, 89  
\$AA\_DTBREB, 90  
\$AA\_DTBREB\_CMD, 90  
\$AA\_DTBREB\_CORR, 90  
\$AA\_DTBREB\_DEP, 90  
\$AA\_DTBREM, 91  
\$AA\_DTBREM\_CMD, 91  
\$AA\_DTBREM\_CORR, 91  
\$AA\_DTBREM\_DEP, 91  
\$AA\_ENC\_COMP, 318  
\$AA\_ENC\_COMP\_IS\_MODULO, 318  
\$AA\_ENC\_COMP\_MAX, 317  
\$AA\_ENC\_COMP\_MIN, 317  
\$AA\_ENC\_COMP\_STEP, 317  
\$AC\_COLLPOS, 89  
\$AN\_ACTIVATE\_COLL\_CHECK, 89  
\$AN\_CEC, 325  
\$AN\_CEC\_DIRECTION, 326  
\$AN\_CEC\_INPUT\_AXIS, 325  
\$AN\_CEC\_INPUT\_NCU, 326  
\$AN\_CEC\_IS\_MODULO, 327  
\$AN\_CEC\_MAX, 326  
\$AN\_CEC\_MIN, 326  
\$AN\_CEC\_MULT\_BY\_TABLE, 327  
\$AN\_CEC\_OUTPUT\_AXIS, 325  
\$AN\_CEC\_STEP, 325  
\$AN\_COLL\_CHECK\_OFF, 89  
\$AN\_COLL\_IPO\_ACTIVE, 89  
\$AN\_COLL\_IPO\_LIMIT, 89  
\$AN\_COLL\_LOAD, 89  
\$AN\_COLL\_MEM\_AVAILABLE, 90  
\$AN\_COLL\_MEM\_USE\_ACT, 90  
\$AN\_COLL\_MEM\_USE\_MAX, 90  
\$AN\_COLL\_MEM\_USE\_MIN, 90  
\$AN\_COLL\_STATE, 89  
\$AN\_COLL\_STATE\_COND, 89  
\$AN\_REBOOT\_DELAY\_TIME, 399  
\$NP\_1ST\_PROT, 35  
\$NP\_BIT\_NO, 39  
\$NP\_CHAIN\_ELEM, 33  
\$NP\_COLL\_PAIR, 64, 86  
\$NP\_COLOR, 48  
\$NP\_D\_LEVEL, 49  
\$NP\_DIR, 62  
\$NP\_FILENAME, 57  
\$NP\_INDEX, 42

\$NP\_INIT\_STAT, 39, 41  
\$NP\_NAME, 44  
\$NP\_NEXT, 45  
\$NP\_NEXTP, 47  
\$NP\_OFF, 61  
\$NP\_PARA, 60  
\$NP\_PROT\_COLOR, 37  
\$NP\_PROT\_D\_LEVEL, 38  
\$NP\_PROT\_NAME, 32  
\$NP\_PROT\_TYPE, 34  
\$NP\_SAFETY\_DIST, 87  
\$NP\_TYPE, 55  
\$NP\_USAGE, 50  
\$P\_WORKAREA\_CS\_COORD\_SYSTEM, 205  
\$SC\_PA\_ACTIV\_IMMED, 115, 127  
\$SC\_PA\_CENT\_ABS, 116  
\$SC\_PA\_CENT\_ORD, 116  
\$SC\_PA\_CONT\_ABS, 116  
\$SC\_PA\_CONT\_NUM, 115  
\$SC\_PA\_CONT\_ORD, 116  
\$SC\_PA\_CONT\_TYP, 116  
\$SC\_PA\_LIM\_3DIM, 115  
\$SC\_PA\_MINUS\_LIM, 115  
\$SC\_PA\_ORI, 115  
\$SC\_PA\_PLUS\_LIM, 115  
\$SC\_PA\_T\_W, 115  
\$SN\_PA\_ACTIV\_IMMED, 115, 127  
\$SN\_PA\_CENT\_ABS, 116  
\$SN\_PA\_CENT\_ORD, 116  
\$SN\_PA\_CONT\_ABS, 116  
\$SN\_PA\_CONT\_NUM, 115  
\$SN\_PA\_CONT\_ORD, 116  
\$SN\_PA\_CONT\_TYP, 116  
\$SN\_PA\_LIM\_3DIM, 115  
\$SN\_PA\_MINUS\_LIM, 115  
\$SN\_PA\_ORI, 115  
\$SN\_PA\_PLUS\_LIM, 115  
\$SN\_PA\_T\_W, 115  
\$VA\_ABSOLUTE\_ENC\_DELTA\_INIT, 196  
\$VA\_ENC\_ZERO\_MON\_ERR\_CNT, 193, 196

## A

Abstandsregelung  
  Inbetriebnahme, 254  
  Kollisionsüberwachung, 253  
  Kompensationsvektor, 249  
  Programmierung, 260

Randbedingungen, 276  
 Regelkreisstruktur, 248  
 Abstandsreglung  
     Technologische Eigenschaften, 252  
 Abstandsvektor  
     maximale, 169  
 Achscontainer, 165  
 Achscontainer-Drehung, 165  
 Achse  
     Basis-, 312  
     Kompensations-, 312  
 Achspaar-Kollisionsschutz  
     Maximale Anzahl Achspaare, 155  
 Achsüberwachungen  
     Drehzahlsollwert, 187  
     Istgeschwindigkeit, 188  
     Randbedingungen, 229  
     Schleppabstand, 172  
     Stillstand, 176  
 Adaptionssachse, 301  
 Arbeitsfeldbegrenzung, 200  
     im BKS, 202  
     im WKS/ENS, 204  
 Arbeitsfeldbegrenzungsgruppe, 204  
 AXCTSWED, 165

**B**

Beschleunigende Achse, 301  
 Beschleunigung  
     funktionsspezifische, 162  
     kanalspezifische, 162

**C**

COLLPAIR, 91  
 CPRECOF, 239  
 CPRECON, 239  
 CPROT, 124  
 CPROTDEF, 120  
 CTOL, 238

**D**

DB10  
     DBB0, 279  
     DBB146, 279  
     DBX226.0 - DBX233.7, 39  
     DBX234.0 - DBX241.7, 39  
 DB10 DBX108.7, 398

DB11  
     DBX6.3, 398  
 DB21, ...  
     DBX1.1, 141  
     DBX10.0 - DBX11.1, 117  
     DBX272.0 - DBX273.1, 117  
     DBX274.0 - DBX275.1, 117  
     DBX276.0 - DBX277.1, 119, 139  
     DBX278.0 - DBX279.1, 119, 139  
     DBX39.0, 118  
     DBX7.3, 278  
     DBX7.4, 278  
     DBX8.0 - DBX9.1, 117  
 DB21, ... DBB4, 182, 183  
 DB21, ...  
     DBX36.5, 398  
 DB31, ...  
     DBX1.4, 186  
     DBX1.5, 191, 210  
     DBX1.6, 191, 210  
     DBX102.0, 296  
     DBX102.5, 210, 213  
     DBX102.6, 210, 213  
     DBX12.0, 197  
     DBX12.1, 197  
     DBX12.2, 198  
     DBX12.3, 198  
     DBX2.1, 210, 212  
     DBX2.3, 186  
     DBX21.0-4, 228  
     DBX21.5, 228  
     DBX21.6, 228  
     DBX21.7, 228  
     DBX25.0, 296  
     DBX39.0, 139, 143  
     DBX60.2, 192  
     DBX60.3, 192  
     DBX60.4, 210  
     DBX60.4/5, 288  
     DBX60.5, 210  
     DBX60.6, 176, 186  
     DBX60.7, 176, 186  
     DBX64.6, 176  
     DBX64.7, 176  
 DB31, ... .DBX60.4 - 5, 295  
 DB31, ... DBX1.4, 186  
 DB31, ... DBX102.3, 177, 179  
 DB31, ... DBX2.3, 177, 178  
 DB31, ... DBX61.3, 179  
 DB31, ... DBX64.6, 179, 181, 183  
 DB31, ...  
     DBX61.2, 398

DBX31, ...  
 DBX1.5, 263  
 DBX2.1, 263  
 DBX21.7, 263  
 Definition eines Achspaares, 157  
 Dynamik  
 -anpassung, 370  
 Dynamische Lose, 296

## E

Einrichten  
 Kollisionsvermeidung, 70  
 Endschalter-Überwachung, 197

## F

Fehler  
 -kurven zur Temperaturkompensation, 286  
 Messsystem-, 314  
 Spindelsteigungs-, 314  
 Freifahrtrichtung, 158  
 Freigabe, 157

## G

G25, 202  
 G26, 202  
 Geberdatensatz umschalten, 227  
 Geberüberwachungen, 191  
 Geberfrequenz, 191

## H

Hardware-Endschalter, 197  
 HHH"; "UUU, 179

## K

Kollisionspaare, 86  
 Kollisionstoleranz, 72  
 Kollisionsvermeidung  
 Beispiel Grundlagen, 96  
 Kompensation  
 Interpolatorische, 312  
 Messsystemfehler-, 315  
 Schleppfehler-, 365  
 Spindelsteigungsfehler-, 315  
 Kompensationswert, 301  
 Kompensierende Achse, 301

Konturfehler, 171  
 Konturgenauigkeit  
 Programmierbare, 236  
 Konturtunnel  
 -radius, 235

## L

Laserschneiden, 244  
 Linearachse, 164  
 Lineare Signalverzerrungen, 171  
 Lose  
 Dynamische, 296  
 -kompensation, dynamische, 296

## M

MD10000, 165  
 MD10002, 165  
 MD10088, 399  
 MD10200, 383  
 MD10210, 383  
 MD10240, 322  
 MD10260, 318, 322  
 MD10300, 255  
 MD10320, 259  
 MD10350, 255  
 MD10362, 255, 258  
 MD10366, 255, 258  
 MD10618, 120  
 MD10619, 82  
 MD10622, 83  
 MD10710, 204  
 MD10712, 257  
 MD11410, 398  
 MD12701, 165  
 MD12750, 165  
 MD16900, 111  
 MD16901, 112  
 MD16902, 112  
 MD16903, 112  
 MD18190, 119  
 MD18890, 30, 83  
 MD18892, 30, 83  
 MD18893, 30  
 MD18894, 31, 83  
 MD18895, 30, 83  
 MD18896, 83  
 MD18897, 30  
 MD18898, 84  
 MD18899, 31

- MD19610, 157
- MD20110, 239
- MD20112, 239
- MD20150, 204
- MD20390, 289
- MD20470, 237
- MD21020, 201
- MD21050, 235
- MD21060, 235
- MD21070, 236
- MD28090, 254
- MD28100, 254
- MD28200, 119
- MD28210, 119
- MD28212, 119
- MD28600, 205
- MD30132, 279
- MD30260, 228
- MD30270, 229
- MD30300, 164
- MD30310, 164, 199
- MD31020, 228
- MD31025, 228
- MD31030, 229
- MD31046, 213
- MD31050, 229
- MD31060, 229
- MD31070, 229
- MD31080, 229
- MD31700, 228
- MD31710, 228
- MD31720, 228
- MD31730, 228
- MD32000, 172, 256
- MD32200, 172, 175, 256
- MD32230, 256
- MD32250, 229
- MD32260, 229
- MD32300, 172, 179
- MD32402, 172
- MD32410, 172, 247
- MD32415, 238
- MD32450, 294, 295
- MD32452, 295
- MD32454, 295
- MD32456, 297
- MD32457, 297
- MD32490, 376, 382
- MD32500, 376, 377, 382
- MD32510, 376, 382
- MD32520, 377, 383
- MD32530, 383
- MD32540, 377
- MD32550, 383
- MD32560, 383
- MD32570, 383
- MD32610, 172, 247, 367
- MD32620, 172, 365
- MD32630, 366
- MD32650, 369
- MD32700, 313, 315, 325, 328
- MD32710, 313, 321, 325
- MD32711, 322, 323
- MD32720, 323
- MD32730, 323
- MD32750, 289, 291, 380, 383
- MD32760, 290
- MD32800, 172, 369
- MD32810, 172, 229, 367
- MD32900, 371
- MD32910, 172, 370
- MD32960, 298
- MD34210, 295
- MD36000, 257
- MD36010, 175, 257
- MD36012, 177
- MD36020, 175, 257
- MD36030, 176, 177
- MD36040, 176, 258
- MD36050, 177, 178, 186
- MD36051, 177, 178
- MD36052, 178, 179, 181, 182, 185
- MD36060, 258
- MD36100, 198, 278
- MD36110, 198, 278
- MD36120, 198, 278
- MD36130, 198, 278
- MD36200, 188
- MD36210, 187
- MD36220, 188
- MD36300, 191
- MD36310, 190, 192
- MD36312, 193
- MD36400, 172
- MD36500, 235
- MD36600, 197
- MD36610, 173, 175, 176, 179, 188, 189, 192, 194, 398
- MD36620, 398
- MD37100, 279
- MD38000, 316
- MD38020, 237
- MD51160, 85
- MD51161, 85



MD51162, 85  
 MD60940, 254  
 MD60972, 157, 165  
 MD61516, 157, 165  
 MD61517, 158, 165  
 MD61518, 158  
 MD61519, 159  
 MD61532, 160  
 MD61535, 157  
 MD62500, 257  
 MD62502, 257  
 MD62504, 253, 257, 262  
 MD62505, 259, 267, 268  
 MD62506, 259, 267, 268  
 MD62508, 259, 279  
 MD62510, 266, 273  
 MD62511, 259, 266, 273  
 MD62512, 266, 273  
 MD62513, 259, 266, 273  
 MD62522, 259, 272  
 MD62523, 270  
 MD62524, 261  
 MD62528, 256  
 MD63514, 162  
 MD65520, 256  
 MD65530, 256  
 Modulo Rundachsen, 164  
 MSFK, 315  
 Multiplikation  
 Tabellen-, 321

## N

Nachgiebigkeitsfaktor, 301  
 Nichtlineare Signalverzerrungen, 171  
 NPROT, 124  
 NPROTDEF, 120  
 Nullmarken-Diagnose, 193

## O

Option, 157  
 Orientierung der Maschinenachsen, 160

## P

p1414, 248  
 Parken, 210  
 PROTA, 92  
 PROTD, 94  
 PROTS, 93

## R

Rundachse, 164

## S

Schleppfehler, 365  
 Schutzbereiche, 113, 120  
 Einschränkungen, 142  
 Schutzfenster, 159  
 SD41300, 321  
 SD42450, 238  
 SD42460, 238  
 SD43400, 203  
 SD43410, 203  
 SD43420, 202  
 SD43430, 202  
 SD43900, 289  
 SD43910, 289  
 SD43920, 289, 291  
 Sicherheitsabstand, 72  
 Signalverzerrungen, 171  
 Slot, 165  
 Software-Endschalter, 198  
 SSKF, 315  
 Stützpunkt, 312

## T

Tabelle  
 Korrektur-, 312  
 Temperatur  
 -einfluss, 286  
 -kompensation, 286  
 Temperaturkompensation  
 Koeffizient  $\tan\beta(T)$ , 291

## U

Umkehrlose, 294

## V

Verformung  
 durch Temperatureinfluss, 286  
 Verschiebungsvektor, 158  
 Vorsteuerung, 365  
 Drehzahl-, 367  
 Momenten-, 368

## **W**

WALCS0, 206  
WALIMOF, 203  
WALIMON, 203

## **Z**

Zeitkonstante  
  der Dynamikanpassung, 370  
Zustände  
  Schutzbereiche, 71