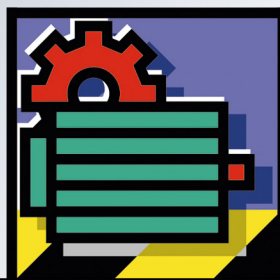


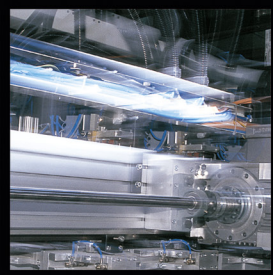
Handbuch | DE

# Numerical Control (NC) Grundlagen

TwinCAT 2



TwinCAT 2 | NC





# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Vorwort</b> .....	<b>5</b>
1.1	Hinweise zur Dokumentation .....	5
1.2	Zu Ihrer Sicherheit.....	6
1.3	Hinweise zur Informationssicherheit .....	7
<b>2</b>	<b>Übersicht</b> .....	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Sicherheitsfunktionalitäten</b> .....	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>TwinCAT-NC-Achsen</b> .....	<b>12</b>
4.1	Achs-Regelkreis .....	13
4.2	Eil-/Schleich-Achsen .....	14
4.3	Schrittmotor-Achsen.....	21
4.4	„Low Cost“-Schrittmotor-Achsen mit digitaler Ansteuerung (24V / 2A) .....	26
<b>5</b>	<b>TwinCAT-NC-Achsbestandteile</b> .....	<b>31</b>
5.1	Encoder .....	31
5.2	Drive .....	35
5.3	Controller.....	36
5.4	Sollwertgenerator .....	40
5.5	Input/Output .....	41
5.6	Prozessabbild einer NC-Achse .....	43
5.7	Zyklische NC/SPS Interfaces .....	49
5.7.1	Achs-Interface NC → SPS (128 Byte) .....	49
5.7.2	Beschreibung des StateDWord.....	55
5.7.3	Achs-Interface SPS → NC (128 Byte) .....	56
5.7.4	Diskrete Eil-/Schleich-Achse (Two Speed) .....	58
5.7.5	Drive-Interface für Eil-/Schleich-Achsen NC → IO (12 Byte) .....	58
5.7.6	„Low Cost“-Schrittmotor-Achse mit digitaler Ansteuerung (Stepper) .....	59
<b>6</b>	<b>Achsinbetriebnahme</b> .....	<b>60</b>
6.1	Allgemeines.....	60
6.2	Encoder und Istwerte .....	62
6.3	Antrieb und Spannungsausgabe.....	64
6.4	Lagereglung und Schleppabstandsreduzierung.....	66
6.5	Achsparameter, Achsüberwachung und Achskalibrierung.....	67
<b>7</b>	<b>Beispiele</b> .....	<b>70</b>



# 1 Vorwort

## 1.1 Hinweise zur Dokumentation

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

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

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

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

### Disclaimer

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

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

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

### Marken

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

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

### Patente

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

EP1590927, EP1789857, EP1456722, EP2137893, DE102015105702

mit den entsprechenden Anmeldungen und Eintragungen in verschiedenen anderen Ländern.



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

### Copyright

© Beckhoff Automation GmbH & Co. KG, Deutschland.

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

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

## 1.2 Zu Ihrer Sicherheit

### Sicherheitsbestimmungen

Lesen Sie die folgenden Erklärungen zu Ihrer Sicherheit.  
Beachten und befolgen Sie stets produktspezifische Sicherheitshinweise, die Sie gegebenenfalls an den entsprechenden Stellen in diesem Dokument vorfinden.

### Haftungsausschluss

Die gesamten Komponenten werden je nach Anwendungsbestimmungen in bestimmten Hard- und Software-Konfigurationen ausgeliefert. Änderungen der Hard- oder Software-Konfiguration, die über die dokumentierten Möglichkeiten hinausgehen, sind unzulässig und bewirken den Haftungsausschluss der Beckhoff Automation GmbH & Co. KG.

### Qualifikation des Personals

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

### Signalwörter

Im Folgenden werden die Signalwörter eingeordnet, die in der Dokumentation verwendet werden. Um Personen- und Sachschäden zu vermeiden, lesen und befolgen Sie die Sicherheits- und Warnhinweise.

### Warnungen vor Personenschäden

#### **GEFAHR**

Es besteht eine Gefährdung mit hohem Risikograd, die den Tod oder eine schwere Verletzung zur Folge hat.

#### **WARNUNG**

Es besteht eine Gefährdung mit mittlerem Risikograd, die den Tod oder eine schwere Verletzung zur Folge haben kann.

#### **VORSICHT**

Es besteht eine Gefährdung mit geringem Risikograd, die eine mittelschwere oder leichte Verletzung zur Folge haben kann.

### Warnung vor Umwelt- oder Sachschäden

#### **HINWEIS**

Es besteht eine mögliche Schädigung für Umwelt, Geräte oder Daten.

### Information zum Umgang mit dem Produkt



Diese Information beinhaltet z. B.:  
Handlungsempfehlungen, Hilfestellungen oder weiterführende Informationen zum Produkt.

## 1.3 Hinweise zur Informationssicherheit

Die Produkte der Beckhoff Automation GmbH & Co. KG (Beckhoff) sind, sofern sie online zu erreichen sind, mit Security-Funktionen ausgestattet, die den sicheren Betrieb von Anlagen, Systemen, Maschinen und Netzwerken unterstützen. Trotz der Security-Funktionen sind die Erstellung, Implementierung und ständige Aktualisierung eines ganzheitlichen Security-Konzepts für den Betrieb notwendig, um die jeweilige Anlage, das System, die Maschine und die Netzwerke gegen Cyber-Bedrohungen zu schützen. Die von Beckhoff verkauften Produkte bilden dabei nur einen Teil des gesamtheitlichen Security-Konzepts. Der Kunde ist dafür verantwortlich, dass unbefugte Zugriffe durch Dritte auf seine Anlagen, Systeme, Maschinen und Netzwerke verhindert werden. Letztere sollten nur mit dem Unternehmensnetzwerk oder dem Internet verbunden werden, wenn entsprechende Schutzmaßnahmen eingerichtet wurden.

Zusätzlich sollten die Empfehlungen von Beckhoff zu entsprechenden Schutzmaßnahmen beachtet werden. Weiterführende Informationen über Informationssicherheit und Industrial Security finden Sie in unserem <https://www.beckhoff.de/secguide>.

Die Produkte und Lösungen von Beckhoff werden ständig weiterentwickelt. Dies betrifft auch die Security-Funktionen. Aufgrund der stetigen Weiterentwicklung empfiehlt Beckhoff ausdrücklich, die Produkte ständig auf dem aktuellen Stand zu halten und nach Bereitstellung von Updates diese auf die Produkte aufzuspielen. Die Verwendung veralteter oder nicht mehr unterstützter Produktversionen kann das Risiko von Cyber-Bedrohungen erhöhen.

Um stets über Hinweise zur Informationssicherheit zu Produkten von Beckhoff informiert zu sein, abonnieren Sie den RSS Feed unter <https://www.beckhoff.de/secinfo>.

## 2 Übersicht

Die TwinCAT NC fasst Funktionsgruppen zusammen, die der Steuerung und Regelung von Achsen oder synchronisierten Achsgruppen dienen. Eine NC-Task besteht aus einem oder mehreren Kanälen vom Typ PTP-Kanal, FIFO-Kanal oder NCI-Kanal und deren Unterbestandteilen. Nach dem Aufstarten befinden sich die NC-Achsen im Allgemeinen in einem oder mehreren PTP-Kanälen und werden dann, wenn nötig, durch Umkonfiguration in einen anderen Kanal versetzt.

### Sicherheitsfunktionalitäten

Informieren Sie sich vor der Inbetriebnahme von Achsen über die TwinCAT-Sicherheitsfunktionalitäten.

Siehe: [Sicherheitsfunktionalitäten \[► 10\]](#)

### Interfaces: System Manager und SPS

Das Einfügen einer NC-Task, die Konfiguration der NC-Kanäle und der Achsen sowie die Bedienung der meisten **Funktionalitäten** ist im [System Manager im NC-Teil](#) und in den Bibliotheken [NC Configuration Library](#), [NC Library](#), [NCI Interpreter Library](#) beschrieben.

### Hardware I/O

[Input/Output \[► 41\]](#)-Verbindungen gibt es für Kanäle, Achsen, Encoder und Drives.

### NC-SPS-Interface

Das NC-SPS-Interface ist eine zyklische Schnittstelle, mit der einerseits die SPS Kanal- und Achsdaten ausgelesen und andererseits die NC Kanal- und Achsparameter gesetzt werden können.

### Achsen

TwinCAT unterstützt diverse Achstypen: Servo-Achsen, [Eil-/Schleich-Achsen \[► 14\]](#), [Schrittmotor-Achsen \[► 21\]](#), „Low-Cost“-Schrittmotor-Achsen [\[► 26\]](#), Encoder-Achsen und Simulationsachsen.

### Achsbestandteile

Jede Achse besteht, je nach Achstyp, aus diversen Bestandteilen. Dazu gehören der [Encoder \(Geber\) \[► 31\]](#), der [Drive \(Antrieb\) \[► 35\]](#), der [Regler \(Controller\) \[► 36\]](#) und der [Sollwertgenerator \[► 40\]](#) sowie das [SPS-Interface \[► 41\]](#). Es gibt auch komplexere Achsen, die aus mehreren Encodern, umschaltbaren Reglern oder wechselnden Sollwertgeneratoren bestehen.

### Achsinbetriebnahme

Zur Achsinbetriebnahme gehören die Kenntnis und Nutzung der NC-Sicherheitsfunktionalitäten, das Ergreifen von notwendigen Sicherheitsvorkehrungen, die Einhaltung einer bestimmten Schrittreihenfolge bei der Inbetriebnahme der Achsbestandteile (Encoder, Antrieb und Regler) und die Einstellung der Achsparameter.

Siehe:

- [Achsinbetriebnahme > Übersicht \[► 60\]](#)
- [Sicherheitsfunktionalitäten \[► 10\]](#)

### PTP

Die PTP-(Point To Point (Punkt zu Punkt))-Achsfunktionalität ist eine Steuerung zur eindimensionalen Positionierung von Achsen, speziell Servo-Achsen. Eindimensional heißt nicht unbedingt linear, sondern in einem vorgegebenen Koordinatensystem (kartesische Koordinaten, Kreiskoordinaten) wird eine Komponente interpoliert.



Die PTP ist die Grundlage der gesamten TwinCAT NC, da sich die Achsen bei Systemstart im Normalfall im PTP-Modus befinden und somit lagegeregelt sind. Die erweiterten TwinCAT-NC-Funktionalitäten werden von den PTP-Modi durch Umkonfiguration (FIFO, NCI) oder Kopplung (alle Slavetypen) erreicht.

### **Slave-Achsen**

Achsen, deren Sollwerte (Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung) in funktionaler Abhängigkeit von den Sollwerten anderer Achsen (Master-Achsen, virtuellen Achsen, Slave-Achsen, Simulationsachsen) - insbesondere von deren Positionssollwerten - generiert werden, heißen Slave-Achsen. Diese Achsen sind im Allgemeinen bis auf das An- und Abkoppeln ohne eigene Funktionalität (speziell ohne Start und ohne Stopp) und laufen über eine Streckensteuerung synchron zur Master-Achse. Die Master-Achse kann selbst wieder eine Slave-Achse sein.

Bei der Ankopplung einer Master-Achse (zukünftige Slave-Achse) an eine Master-Achse behält die Slave-Achse ihre eigene Lagereglung.

### **FIFO**

Die TwinCAT-NC-FIFO-Gruppe bietet die Möglichkeit, extern generierte Sollwerte einer Gruppe von Achsen über die NC auszugeben und die Achsgruppe somit synchron zu verfahren. Dabei liegen die Positionssollwerte der Achsen in Abhängigkeit von einer festen aber beliebigen Zykluszeit (FIFO-Zykluszeit) in Form eines FIFO vor, das seinerseits über die SPS nachgefüllt wird. Das FIFO dient der zeitgesteuerten synchronen Abarbeitung der Position einer Gruppe von Achsen. Das FIFO enthält eine fest eingestellte Anzahl von vorgegebenen Stützstellen, zwischen denen die NC-Position interpoliert und daraus die Geschwindigkeit ermittelt wird. Die Achspositionen des FIFO werden entweder aus einer in der SPS liegenden, off-line berechneten, großen Tabelle ausgelesen oder durch eine Funktion in der SPS erzeugt und im SPS Zyklus permanent durch ein SPS-Programm an das FIFO der NC durchgereicht.

### **NCI**

TwinCAT NC I ist die Funktionsgruppe zur Steuerung vorgegebener synchronisierter Achsbewegungen in drei Dimensionen, gemäß den Konventionen der DIN 66025 und diversen Erweiterungen. Sie besteht aus Interpreter/SPS-Bausteinen, Satzvorbereitungstask, Look Ahead, Satzausführungstask, zyklischem Kanalinterface und zyklischem Achsinterface. Online-Eingriffe auf allen Ebenen sind möglich (Interpreter-Stopp, programmierter Halt, Override). Siehe: TwinCAT NCI-Dokumentation.

## 3 Sicherheitsfunktionalitäten

Zur Achsinbetriebnahme gehören:

1. Insbesondere die Kenntnis und Nutzung der NC-Sicherheitsfunktionalitäten,
2. das Ergreifen der notwendigen Sicherheitsvorkehrungen sowie
3. die Einhaltung einer bestimmten Reihenfolge der Inbetriebnahmeschritte.

### **GEFAHR**

#### **Lebensgefahr oder Gefahr von schweren Verletzungen oder Sachschäden durch unbeabsichtigte Bewegungen einer Achse**

Bei der Inbetriebnahme von Achsen kommt es zu einer Bewegung von diesen und der an ihnen gekoppelten Mechanik, wodurch eine Gefahr für den Menschen und die Gefahr einer Beschädigung der Maschine besteht. Die nachfolgenden Sicherheitsmaßnahmen geben Anhaltspunkte für eine sichere Inbetriebnahme. Die tatsächlich zu ergreifenden Maßnahmen hängen von der Achse und deren Umgebung ab.

Grundsätzlich gilt: „Führen Sie keine Aktion aus, deren Folge Sie nicht einschätzen können.“

Zur Überwachung der Existenz und des regelmäßigen Updates des zyklischen Interfaces zwischen SPS und NC gibt es eine Überwachungsfunktion (Watchdog). Außerdem gibt es für jede Task eine Tasklaufzeitüberschreitungüberwachung und für die Achsen eine Schleppabstandsüberwachung und eine Positionsendlagenüberwachung. Schließlich gibt es auch auf der Hardwareseite Überwachungsmöglichkeiten.

Informieren Sie sich über weitere Sicherheitsmaßnahmen bei der Achsinbetriebnahme. (Siehe [Achsinbetriebnahme > Allgemeines \[► 60\]](#))

#### **Watchdog für zyklisches Achsinterface zwischen SPS und NC**

Grundsätzlich sollte die Watchdog-(Funktionsüberwachungs-)Funktionalität zwischen dem zyklischen Achsinterface der SPS und NC aktiviert werden. Dies ist der Fall, wenn ein Wert ungleich Null für den Watchdog eingetragen wird. Der Wert gibt die Anzahl aufeinanderfolgender Taskzyklen an, ab der der Watchdog anschlägt, wenn keine neue Information zwischen NC und SPS transportiert worden ist. Wenn der Watchdog ausgelöst wird, wird das jeweilige Achsinterface (PlcToNc oder NcToPlc) gelöscht, d. h. genullt.

Beispiel: Wenn die SPS gestoppt wird, oder innerhalb der SPS eine Endlosschleife programmiert worden ist oder eine FPU Exception auftritt, ist bei aktivem Watchdog sichergestellt, dass die NC-Achsen mittels der durch den Watchdog verursachten Wegnahme der Regler- und Vorschubfreigabe gestoppt werden.

#### **Überwachung bei Tasklaufzeitüberschreitung**

Zu Diagnose- und Analyse Zwecken sollte die Überwachung der Tasklaufzeitüberschreitung aktiviert sein. Dies gilt sowohl für die SAF-Task (I/O Task der NC) als auch für die SVB-Task der NC. Inhaltlich hat diese Überwachung keinen Einfluss, aber falls es einmal zu einer unerwarteten Tasklaufzeitüberschreitung kommen sollte, wird mit einer Meldebox und einem zusätzlichen Eintrag in der Ereignisanzeige reagiert.

#### **Schleppabstandsüberwachung, Endlagenüberwachung, Zielpositionskontrolle**

Jede Achse sollte schon zu Beginn einer Achsinbetriebnahme mit aktiver „Schleppabstandsüberwachung“ und aktiver „Positionsendlagenüberwachung“ gefahren werden. Auch wenn eine noch nicht optimierte Achse mit teilweise sehr großen Schleppfehlern fährt, sollten diese elementaren Überwachungsmechanismen nicht abgeschaltet werden, sondern entsprechend großzügig parametrisiert werden (siehe [TwinCAT-System-Manager-Dokumentation > NC – Konfiguration > Einstell-Dialog > Achsen – Dialog: Global](#)). Weiterhin gibt es die Möglichkeit, die Zielposition automatisch zu kontrollieren.

#### **Richtungsinversion, Richtungsüberwachung**

Es gibt Funktionalitäten, z. B. die Positionskompensation auf einer Master-Achse, die eine Inversion der Bewegungsrichtung verursachen können. Zur Vermeidung einer ungewollten Fahrtrichtung gibt es eine richtungsabhängige Vorschubfreigabe, die die Achse instantan stoppt, wenn sie in die falsche Richtung fährt.

## Maximalgeschwindigkeit

Ferner gibt es die Möglichkeit, die maximal erlaubte Fahrgeschwindigkeit einer Achse in den Achsparametern festzulegen, oder die Ausgabe des Drives prozentual zu begrenzen (siehe [TwinCAT-System-Manager-Dokumentation > NC – Konfiguration > Einstell-Dialog > Achsen – Dialog: Global](#)).

Beispiel: Es kann vorkommen, dass versehentlich durch Änderung der Drive- oder Encoder-Polarität der Wirkungssinn des Achsregelkreises (Mitkopplung) geändert wird, und die Achse in aller Konsequenz mit maximalem Ausgabewert gegen die mechanische Endlage rast.

In folgenden Situationen kann die Maximalgeschwindigkeit überschritten werden:

- Durch Positionskompensation von Master- oder Slave-Achsen.
- Durch Einstellung oder Änderung des Koppelfaktors einer Slave-Achse oder (indirekt) der fliegenden Säge.
- Durch extern generierte Daten im FIFO oder den Tabellen-Slave-Achsen.

## Stopp

Alle Master-Achsen sind jederzeit zu stoppen.

**Hinweis** Die fliegende Säge ist die einzige Slave-Achse, die über eine Stopp-Funktion verfügt. Es gibt aber auch Situationen, in denen eine fliegende Säge nicht gestoppt werden kann.

Slave-Achsen sind zu stoppen, indem sie online in Master-Achsen umgewandelt werden, die dann stoppbar sind. Die FIFO-Achsen sind stoppbar und die NCI Gruppe ist stoppbar.

## Hardwareüberwachung

Falls es für eine Anlage in einer Notfall-Situation (Not-Aus, Watchdog, etc.) aus mechanischen oder sonstigen Gründen auf keinen Fall erlaubt ist, die Achsen im nächsten I/O-Zyklus abrupt stillzusetzen (z. B. schlagartig 0 V auszugeben), kann dies nur sicher durch die vorhandene Antriebshardware geschehen. Hierzu bieten die meisten Hersteller einfache digitale Beschaltungsmöglichkeiten, die sicherstellen, dass eine Achse in einer definierten Art und Weise stillgesetzt wird (Bremsrampe, Stillstandfenster für elektrische Abschalten der Regelung und Zuschalten der Bremse, etc.).

## 4 TwinCAT-NC-Achsen

TwinCAT unterstützt diverse Achstypen: Servo-Achsen, Eil-/Schleich-Achsen, Schrittmotor-Achsen, Encoder-Achsen und Simulationsachsen.

### Achs-Regelkreis

Der Achsregelkreis [► 13] besteht aus der Geschwindigkeitsvorsteuerung, dem Positionsregler und einer Reglerlimitierung.

### Slave-Achsen

Achsen, deren Sollwerte (Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung) in funktionaler Abhängigkeit von den Sollwerten anderer Achsen (Master-Achsen, virtuellen Achsen, Slave-Achsen, Simulationsachsen) - insbesondere von deren Positionssollwerten - generiert werden, heißen Slave-Achsen. Diese Achsen sind im Allgemeinen bis auf das An- und Abkoppeln ohne eigene Funktionalität (speziell ohne Start und ohne Stopp) und laufen über eine Streckensteuerung synchron zur Master-Achse. Die Master-Achse kann selbst wieder eine Slave-Achse sein.

Bei der Ankopplung einer Master-Achse (zukünftige Slave-Achse) an eine Master-Achse behält die Slave-Achse ihre eigene Lagereglung.

Eine besondere Klasse bilden die Slave-Achsen von NCI-Gruppen.

### Eil-/Schleich-Achsen

Der TwinCAT-Achstyp Eil-/Schleich-Achse [► 14] (Two-Speed) ermöglicht die Positionierung einer Eil-/Schleich-Achse. Eine solche Eil-/Schleich-Achse kann physikalisch aus einem Motor mit zwei Geschwindigkeiten bestehen (Umschaltung der Polpaarzahl), oder alternativ aus einem Motor, der mithilfe eines Frequenzumrichters in zwei Geschwindigkeitsstufen betrieben werden kann.

### „Low Cost“-Schrittmotor-Achse mit digitaler Ansteuerung (24V / 2A)

Die „Low Cost“-Schrittmotor-Achse [► 26] wird in der Basisversion ohne physikalischen Encoder betrieben (daher Simulations-Encoder). Das bedeutet, dass es keine wirkliche physikalische Rückkopplung zwischen Soll- und Istwerten gibt, und somit die Achse nicht geregelt, sondern nur gesteuert betrieben wird. Hierbei wird davon ausgegangen, dass im Antrieb kein Schlupf auftritt und dass die Achse exakt dem vorgegebenen Schrittmuster (Sollwertprofil) folgen kann. Trotz dieser aus Kostengründen gegebenen Einschränkung, kann die Schrittmotor-Achse physikalisch referenziert werden, da der Simulations-Encoder als Inkremental-Encoder implementiert ist und praktisch alle Eigenschaften unterstützt.

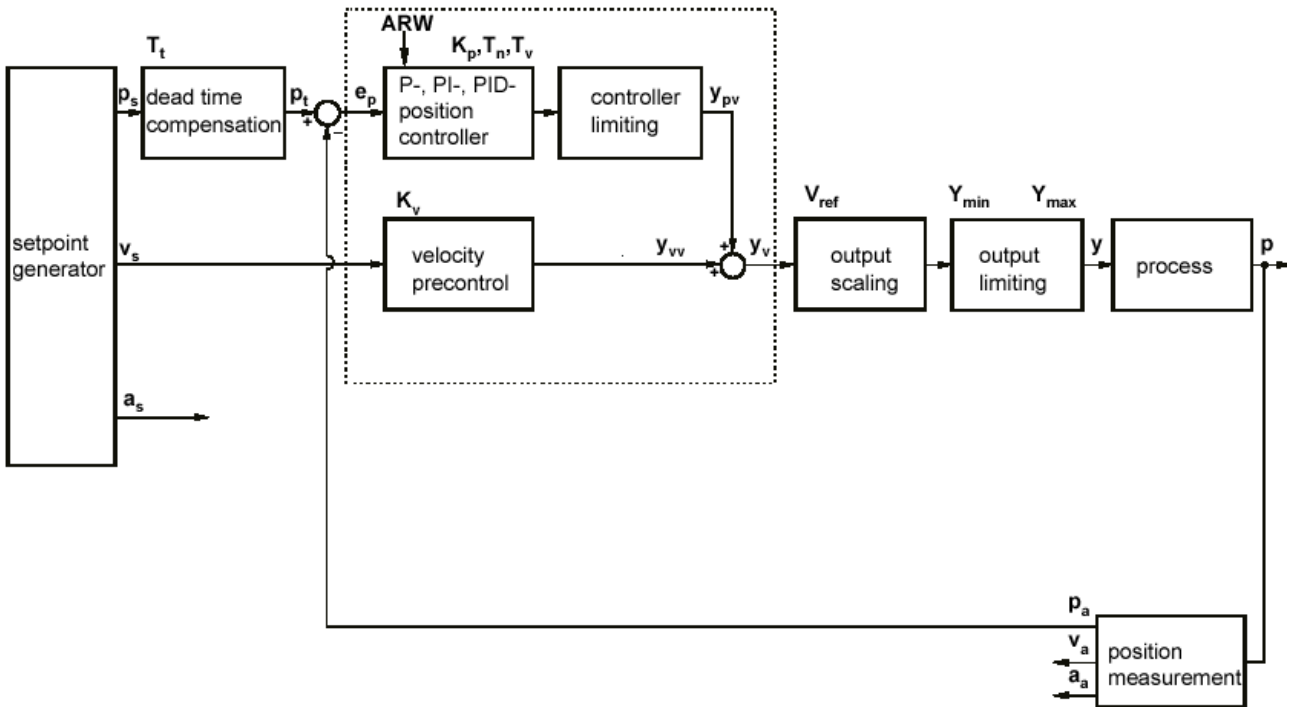
### Funktionsübersicht der einzelnen Achstypen

Funktionalität	Kontinuierliche Achse (Servo-Achse)	Encoder-Achse (Virtuelle-Achse)	Eil-/Schleich-Achse (Two Speed)	„Low Cost“-Schrittmotor-Achse (digitale E/As)
TwinCAT PTP (Standard)	√		√	√
TwinCAT PTP (Online Change of Position, Endpos, etc.)	√			
TwinCAT Master (möglicher Master für eine Slave-Achse)	√	√		
TwinCAT Slave	√			
TwinCAT Camming	√			
TwinCAT Flying Saw	√			

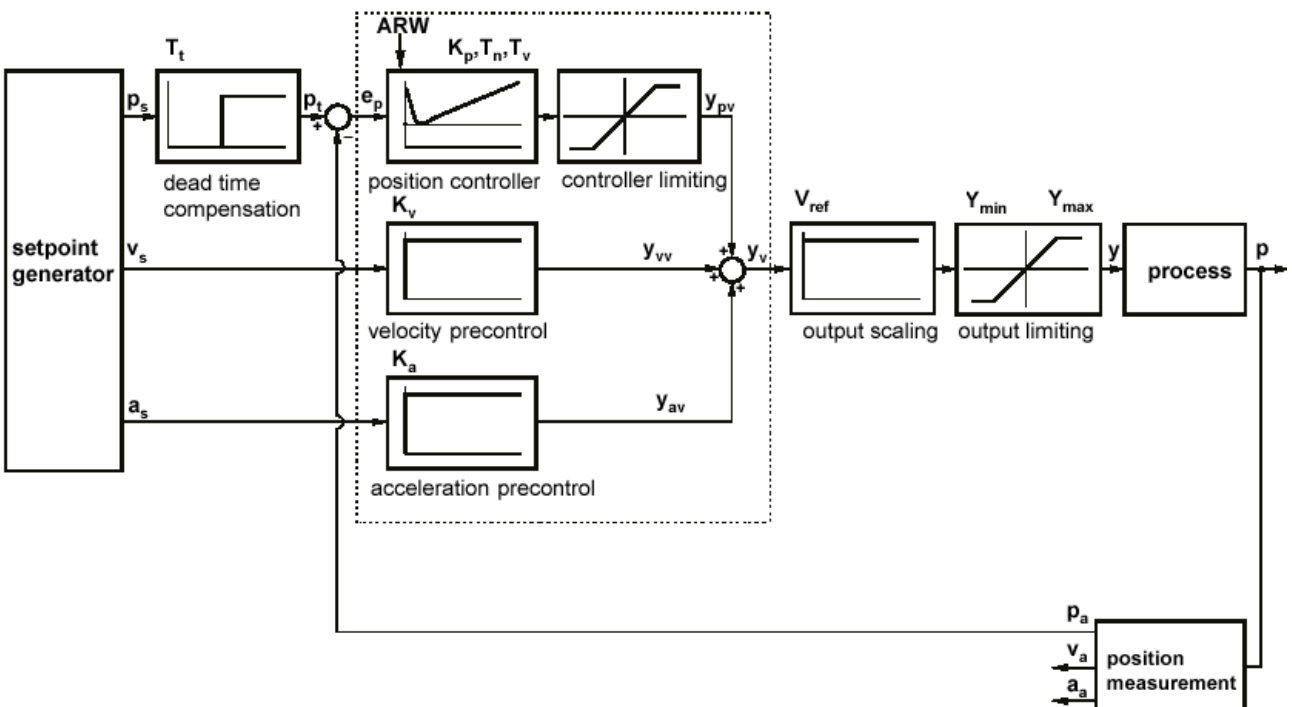
Funktionalität	Kontinuierliche Achse (Servo-Achse)	Encoder-Achse (Virtuelle-Achse)	Eil-/Schleich-Achse (Two Speed)	„Low Cost“-Schrittmotor-Achse (digitale E/As)
TwinCAT NCI	√			

## 4.1 Achs-Regelkreis

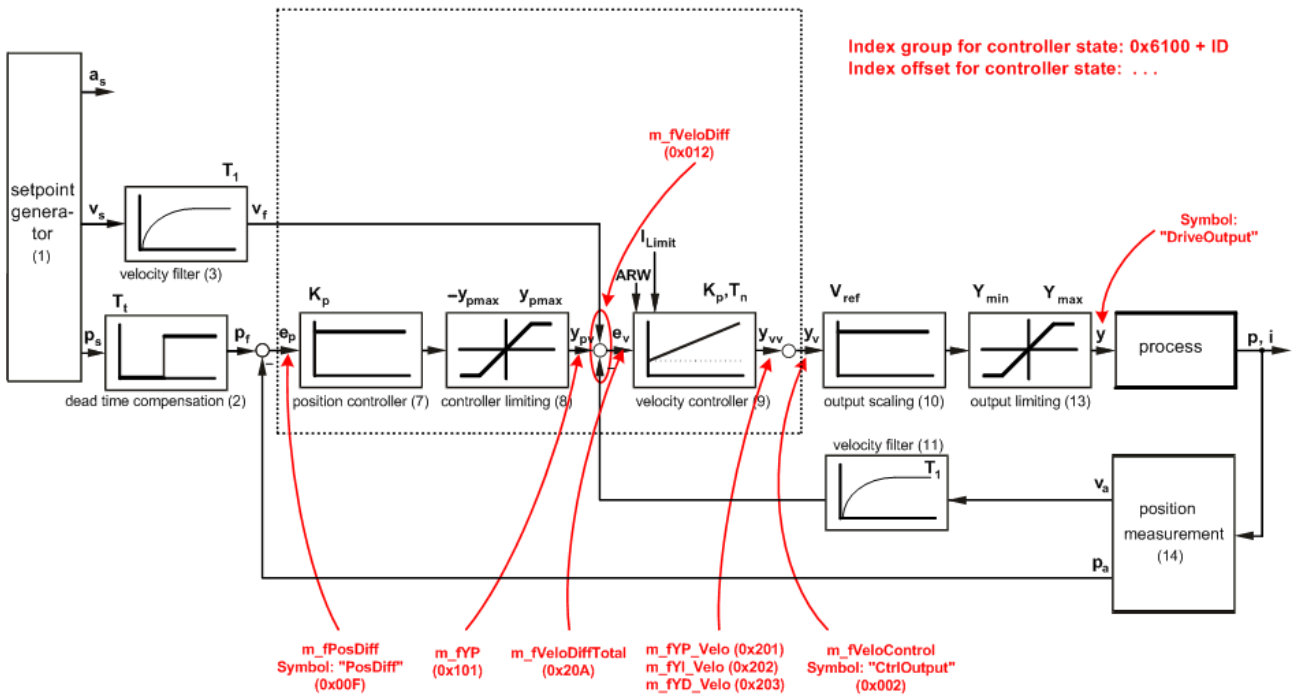
### Standard-Achs-Regelkreis (Servo drive)



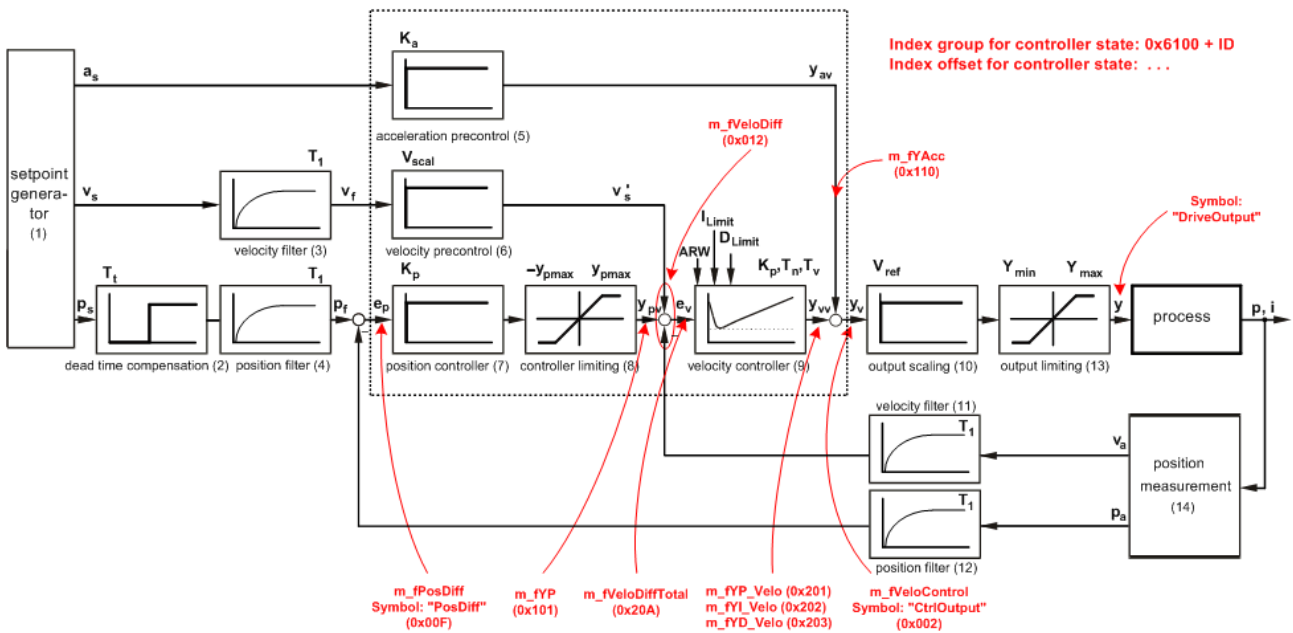
### Erweiterter Achs-Regelkreis (Servo drive)



**Vereinfachter Positions- und Geschwindigkeitsregelkreis mit Strom- / Momentenschnittstelle (Servo drive)**



**Erweiterter Positions- und Geschwindigkeitsregelkreis mit Strom-/Momentenschnittstelle (Servo drive)**



**4.2 Eil-/Schleich-Achsen**

Der TwinCAT-Achstyp Eil-/Schleich-Achse (Two-Speed) ermöglicht die Positionierung einer Eil-/Schleich-Achse. Eine solche Eil-/Schleich-Achse kann physikalisch aus einem Motor mit zwei Geschwindigkeiten (Umschaltung der Polpaarzahl) bestehen, oder alternativ aus einem Motor, der mithilfe eines Frequenzumrichters in zwei Geschwindigkeitsstufen betrieben werden kann.

Die typische Positionierung einer solchen Achse erfolgt zunächst im Eilgang bis auf einen parametrierbaren Abstand von der Zielposition entfernt (Schleichweg in positive oder negative Richtung). Ab dieser Position wird in den Schleichgang geschaltet, damit die physikalische Geschwindigkeit (Istgeschwindigkeit) auf eine

langsamere konstante Geschwindigkeit abklingt. In noch kürzerer Entfernung zum Ziel (Bremsweg) wird dann auch der Schleichgang abgeschaltet und nach einer parametrierbaren Zeit (Verzögerungszeit für Bremsenfall) schließlich die Haltebremse aktiviert.

Dieser besondere Ablauf der Positionierung dient ausschließlich dem Zweck, dass die Achse möglichst exakt und reproduzierbar die Zielposition erreicht.

Wenn sich in Abhängigkeit von der zuletzt gefahrenen physikalischen Fahrtrichtung eine Positionierungsgenauigkeit ergibt (typischer Effekt einer Lose), kann ein Schleifenweg aktiviert werden. Dieser Schleifenweg bewirkt, dass die Zielposition immer aus der gleichen Richtung angefahren wird und somit der Einfluss der Lose reduziert wird. Bei einem Achsstopp wird prinzipiell der gleiche Ablauf wie bei einer Positionierung ohne Schleifenweg durchlaufen. Allerdings liegt die Priorität bei einem Achsstopp auf einem kurzen Anhalteweg bzw. auf einer kurzen Anhaltezeit und nicht auf der Positioniergenauigkeit. Um bei einem Stopp einen möglichst kurzen Anhalteweg zu erreichen, gibt es einen separaten Parameter (Schleifenweg für Stopp).

**Allgemein**

Für die physikalische Ansteuerung der Achse stehen zwei gleichwertige Möglichkeiten zur Verfügung, die in Form von diskreten Fahrsignalen vorliegen.

**Nutzung der 6 Bits im ControlByte**

bMinusHigh	Eilgang, Richtung negativ
bMinusLow	Schleichgang, Richtung negativ
bPlusHigh	Eilgang, Richtung positiv
bPlusLow	Schleichgang, Richtung positiv
bBreak	Bremsbit
bBreakInv	invertiertes Bremsbit

**Nutzung der 6 Bits im ExtControlByte**

bDirectionMinus	Richtung negativ
bDirectionPlus	Richtung positiv
bVeloLow	Schleichgang
bVeloHigh	Eilgang
bBreak	Bremsbit
bBreakInv	invertiertes Bremsbit

Eine Master-Slave-Kopplung ist mit Eil-/Schleich-Achsen nicht möglich.

Ein Achsstart wird nur innerhalb einer Entfernung zum Zielpunkt ausgeführt, die echt größer als der parametrierte Bremsweg ist.

**Geschwindigkeit und Override**

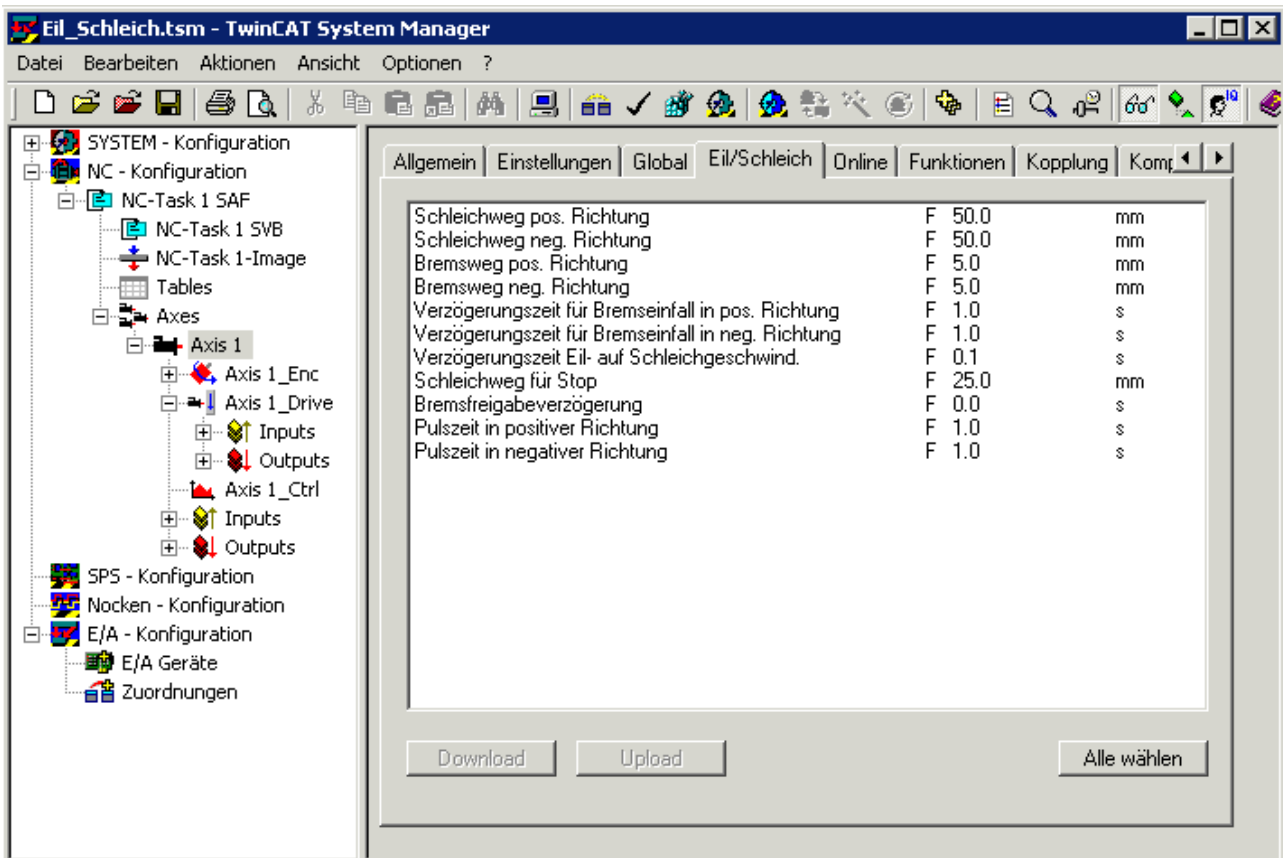
[Geschwindigkeit und Override \[► 58\]](#)

**IO-Konfiguration: Drive-Interface für Eil-/Schleich-Achsen NC → IO (12 Byte)**

[IO-Konfiguration: Drive-Interface für Eil-/Schleich-Achsen NC --> IO \(12 Byte\) \[► 58\]](#)



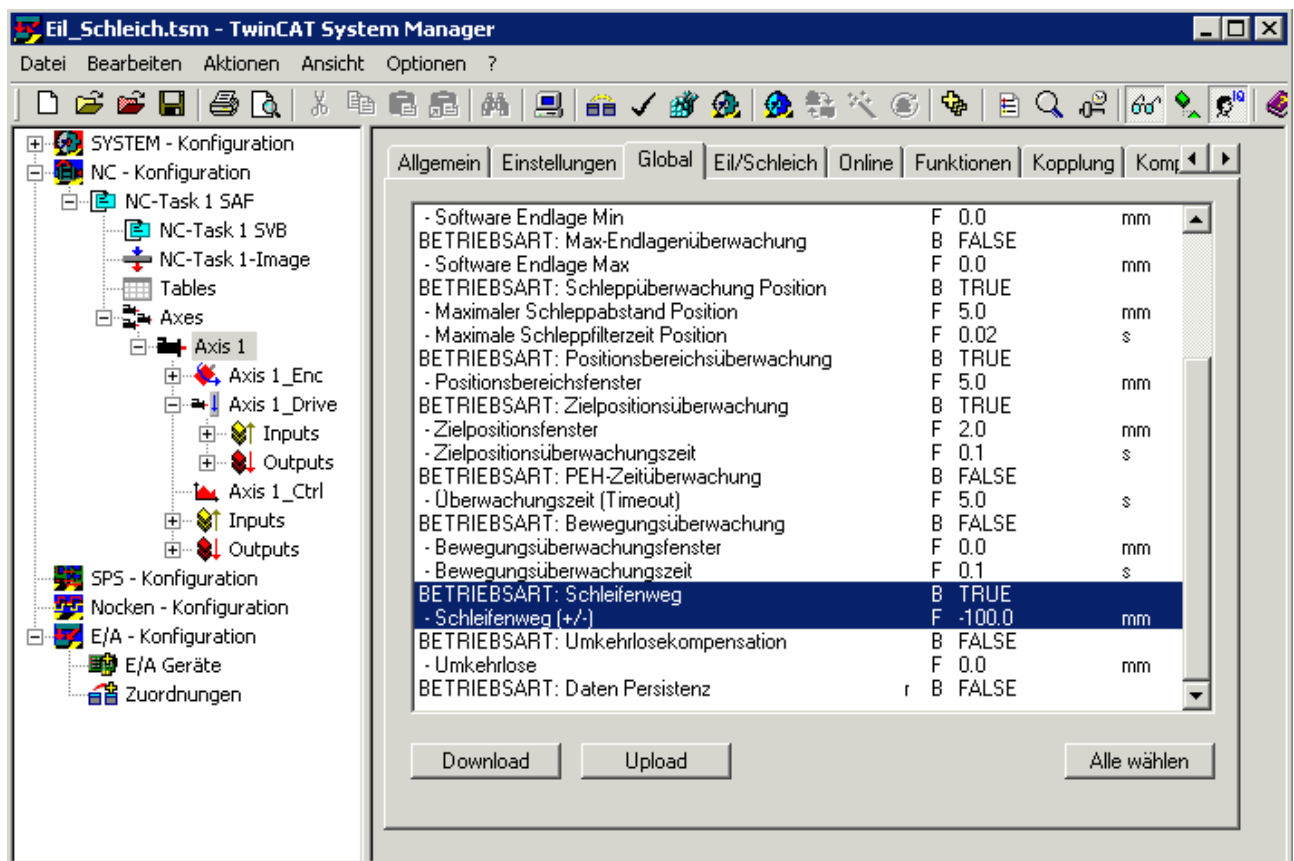
## Parameter der Eil-/Schleich-Achsen



Parameter	Beschreibung
Schleichweg positive Richtung	Der Schleichweg in positiver Richtung gibt die Wegdistanz zur Zielposition an, bei dessen Unterschreitung von der Eilgeschwindigkeit auf die Schleichgeschwindigkeit gewechselt wird, wenn die Fahrrichtung positiv ist. Wenn ein Schleifenweg angewählt ist, wird diese Distanz auf den Umkehrpunkt der Bewegung bezogen.  Diese Distanz ist mit $\Delta p_1$ in der <a href="#">Beispielpositionierung 1</a> [► 18]
Schleichweg negative Richtung	Der Schleichweg in negativer Richtung gibt die Distanz zur Zielposition an, bei dessen Unterschreitung von der Eilgeschwindigkeit auf die Schleichgeschwindigkeit gewechselt wird, wenn die Fahrrichtung negativ ist. Wenn ein Schleifenweg angewählt ist, wird diese Distanz auf den Umkehrpunkt der Bewegung bezogen.
Bremsweg positive Richtung	Der Bremsweg in positiver Richtung gibt die Wegdistanz zur Zielposition an, bei dessen Unterschreitung die Schleichgeschwindigkeit abgeschaltet wird, wenn die Fahrrichtung positiv ist.  Diese Distanz ist mit $\Delta p_2$ in der <a href="#">Beispielpositionierung 1</a> [► 18]
Bremsweg negative Richtung	Der Bremsweg in negativer Richtung gibt die Wegdistanz zur Zielposition an, bei dessen Unterschreitung die Schleichgeschwindigkeit abgeschaltet wird, wenn die Fahrrichtung negativ ist.
Verzögerungszeit für Bremsenfall in pos. Richtung	Diese Wartezeit gibt die Einschaltverzögerung der Bremse nach dem Abschalten der Schleichgeschwindigkeit an, wenn die Fahrtrichtung positiv ist.  In der <a href="#">Beispielpositionierung 1</a> [► 18] liegt diese Zeit zwischen den Zeitpunkten $T_4$ und $T_5$ .
Verzögerungszeit für Bremsenfall in negative Richtung	Diese Wartezeit gibt die Einschaltverzögerung der Bremse nach dem Abschalten der Schleichgeschwindigkeit an, wenn die Fahrtrichtung negativ ist.
Verzögerungszeit Eil- auf Schleichgeschwindigkeit	Diese Wartezeit liegt zwischen dem Abschalten der Eilgeschwindigkeit und dem Einschalten der Schleichgeschwindigkeit.



Parameter	Beschreibung
	In der <u>Beispielpositionierung 1</u> [▶ 18] liegt diese Zeit zwischen den Zeitpunkten $T_2$ und $T_3$ .
Schleichweg für Stopp	Der Schleichweg für den Stopp gibt die Distanz an, die nach dem Aufruf des Stopps mit Schleichgeschwindigkeit zurückgelegt wird. Dieser Schleichweg wird im Normalfall kürzer gewählt als die Schleichwege in positiver und negativer Richtung, da die Achse möglichst schnell zum Stillstand kommen sollte und nicht die exakte Positionierung im Vordergrund steht.  Diese Distanz ist mit $\Delta p_1$ in der <u>Beispielpositionierung 3</u> [▶ 20]
Bremsfreigabeverzögerung	Bei dem Start der Achse wird die Bremse sofort gelöst und nach Ablauf der Bremsfreigabeverzögerung wird je nach Weglänge die Eil- oder Schleichgeschwindigkeit aktiviert.  In der <u>Beispielpositionierung 1</u> [▶ 18] liegt diese Zeit zwischen den Zeitpunkten $T_0$ und $T_1$ .
Pulszeit in positiver Richtung	Dieser Parameter wird nicht ausgewertet und hat somit keine Wirkung.
Pulszeit in negativer Richtung	Dieser Parameter wird nicht ausgewertet und hat somit keine Wirkung.



Parameter	Beschreibung
BETRIEBSART: Schleifenweg	Mit diesem Flag kann der Schleifenweg aktiviert werden. Der Schleifenweg dient dazu, die Zielposition immer aus der gleichen Richtung anzufahren. Bei einem positiven (negativen) Schleifenweg wird eine Zielposition in positiver (negativer) Richtung um diesen Schleifenweg verlängert und das Ziel dann aus der entgegengesetzten Richtung angefahren. Folglich wird bei einem positiven Schleifenweg die Zielposition immer mit negativer Geschwindigkeit angefahren und bei einem negativen Schleifenweg mit positiver Geschwindigkeit.
Schleifenweg (+ / -)	Der Betrag des Schleifenwegs gibt die Distanz an, um die die Zielposition bei Bedarf überfahren wird, damit es möglich ist aus der gewünschten Richtung auf die Zielposition zu fahren.

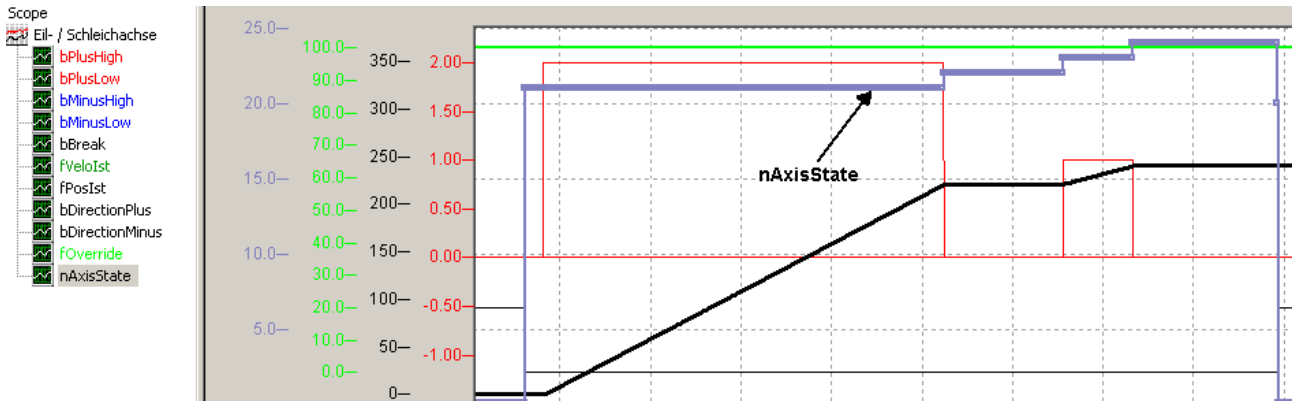
Parameter	Beschreibung
	Diese Distanz ist mit <b>creep distance</b> (Schleifenweg) in der <u>Beispielpositionierung 2</u> [▶ 19]

**Bewegungszustand der Achse (nAxisState im zyklischen Interface):**

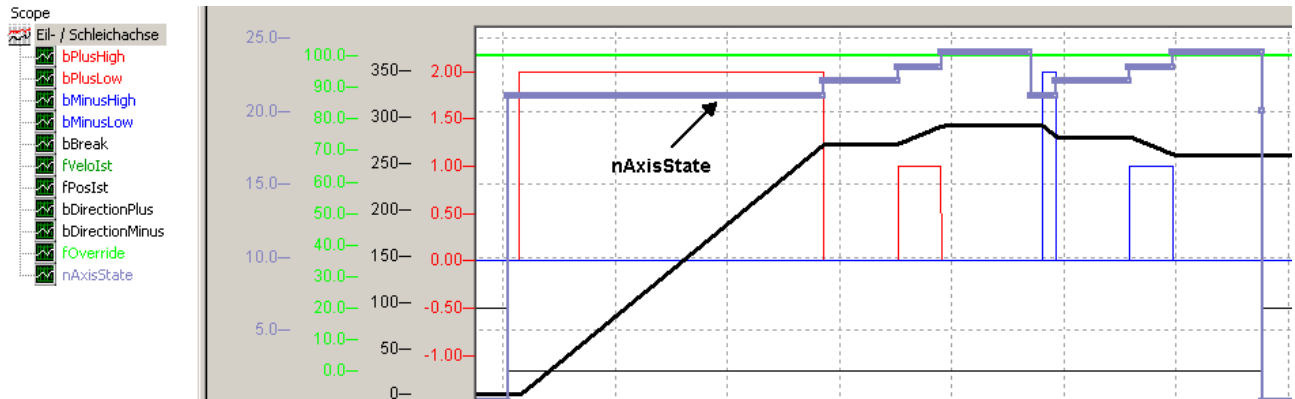
Bewegungszustand der Achse (nAxisState im zyklischen Interface):

nAxisState	Beschreibung
0	Sollwertgenerator nicht aktiv
20	Achse im Stillstand
21	Hauptfahrphase: Eil- oder Schleichfahrt in Abhängigkeit der Startgeschwindigkeit und des Overrides
22	Bremsphase: Verzögerungszeit von Eil- auf Schleichgeschwindigkeit aktiv
23	Bremsphase: Schleichfahrt
24	Bremsphase: Verzögerungszeit für Bremseinfall aktiv

**1) ohne Schleifenweg**

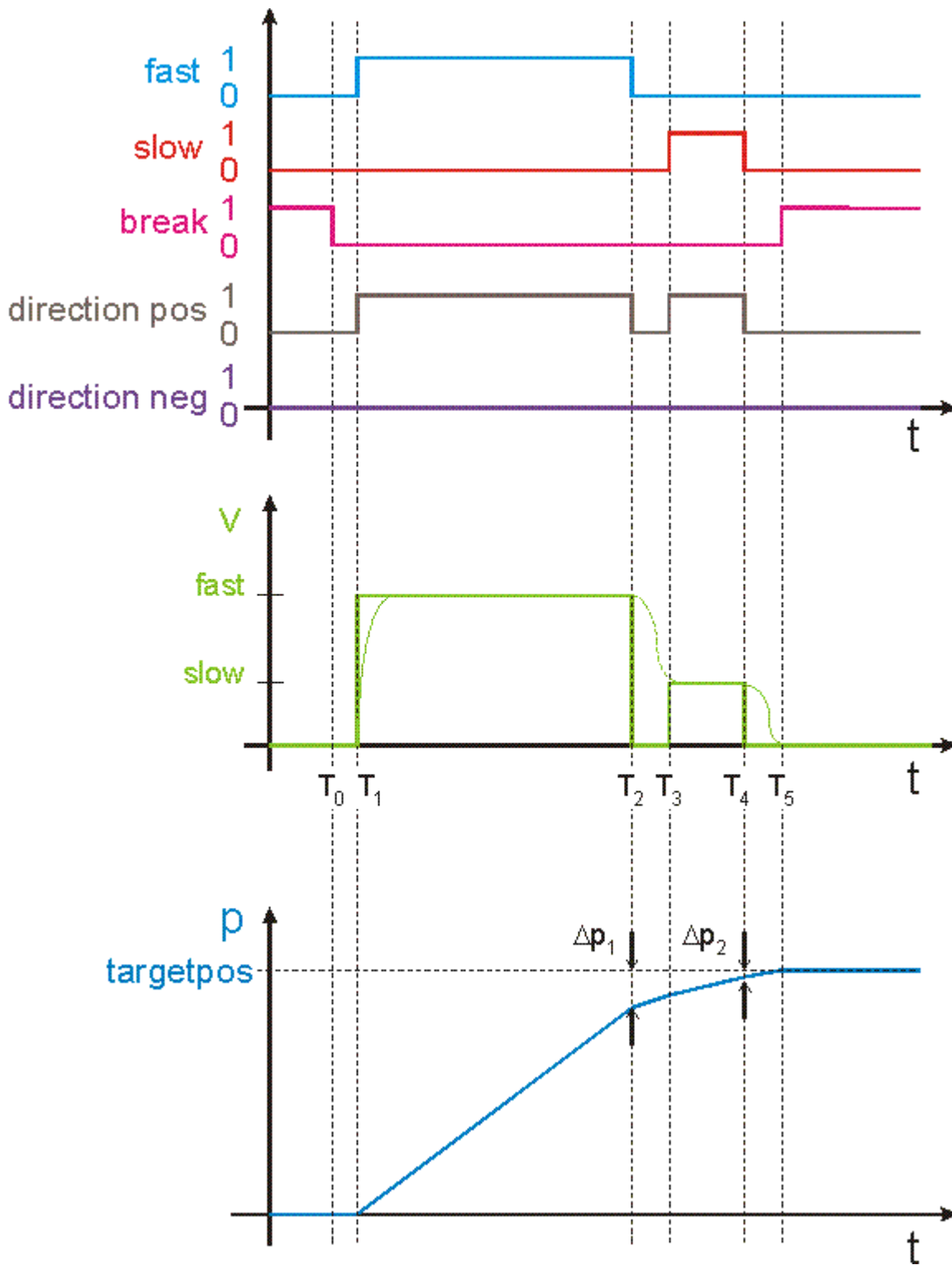


**2) mit Schleifenweg**

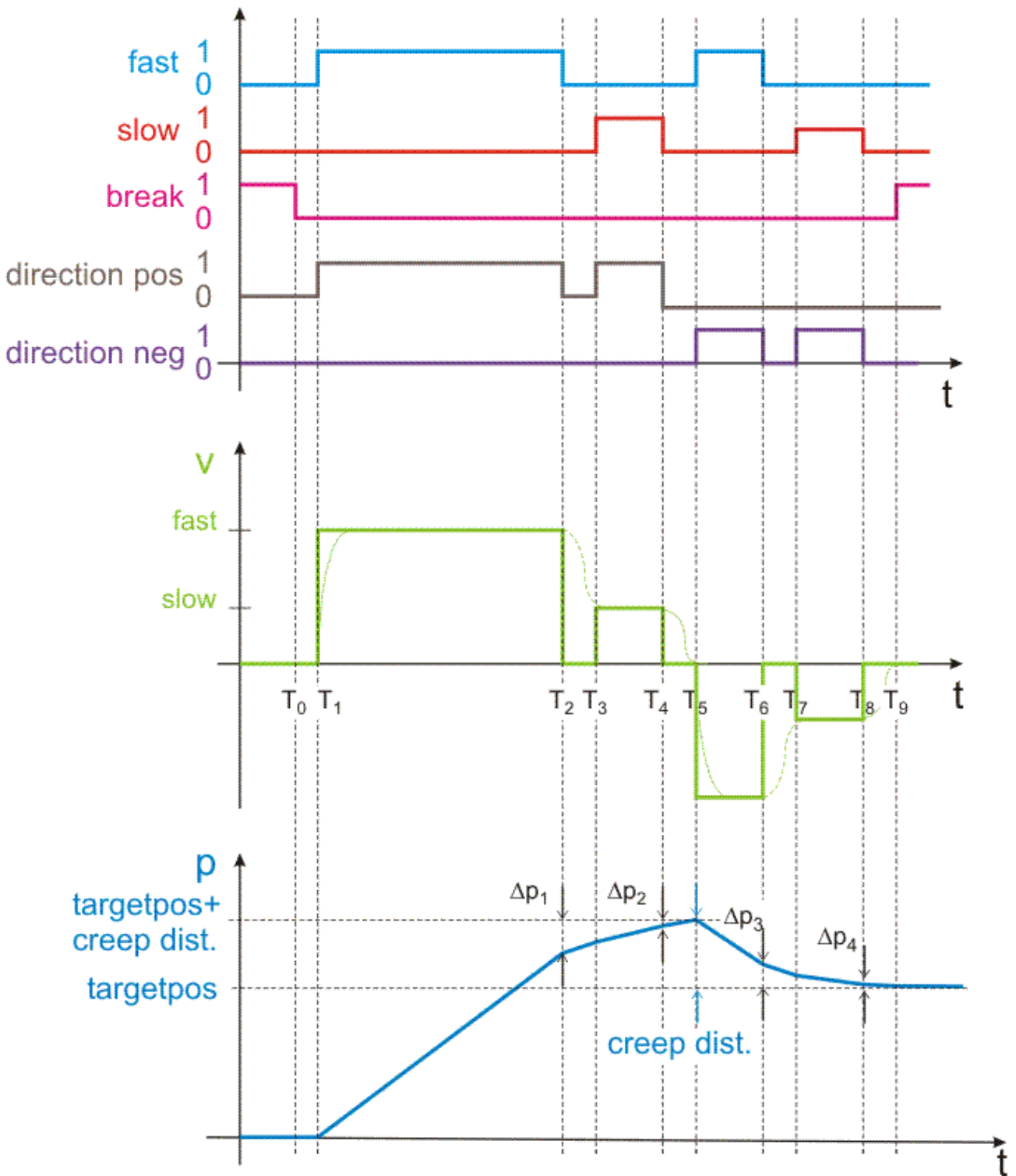


**Beispielpositionierungen**

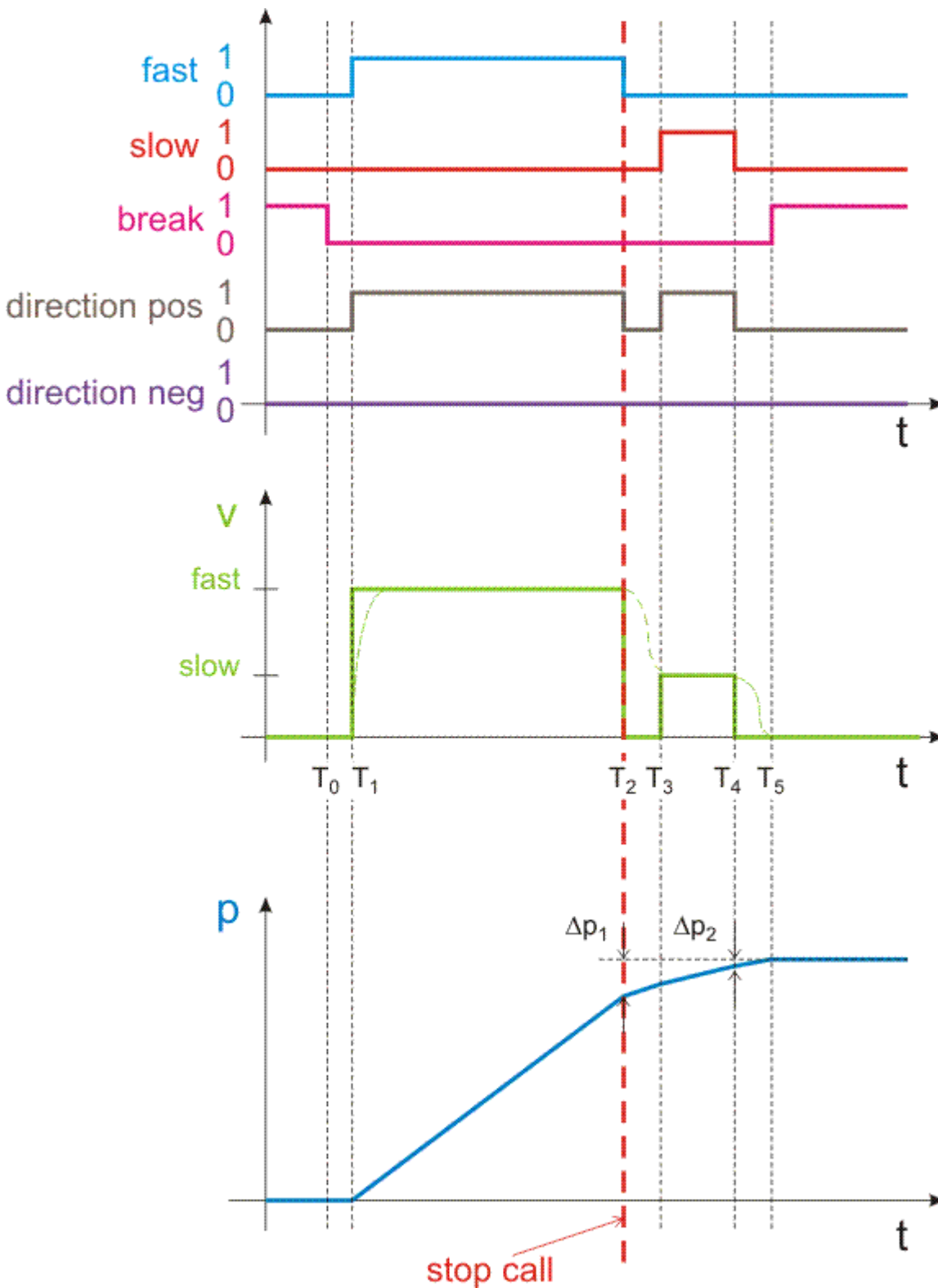
**1) Positionierung A → B, ohne Schleifenweg**



2) Positionierung A → B, mit einem Schleifenweg > 0.0



3) Stopp-Aufruf bei aktiver Positionierung



### 4.3 Schrittmotor-Achsen

Die Schrittmotor-Achse wird in der Basisversion ohne physikalischen Encoder betrieben. Dies bedeutet, dass es keine wirkliche physikalische Rückkopplung der Istposition gibt. Durch das Arbeitsprinzip des Schrittmotors ist die Anzahl der ausgeführten Schritte exakt gleich der Anzahl der ausgegebenen Pulse und somit kann der Schrittzähler als Pseudo-Encoder benutzt werden. Dabei ist zu beachten, dass dieser Zusammenhang bei Überlastung des Motors verloren geht. Das nachfolgende Diagramm zeigt den Zusammenhang zwischen Drehmoment und Abdrängwinkel.

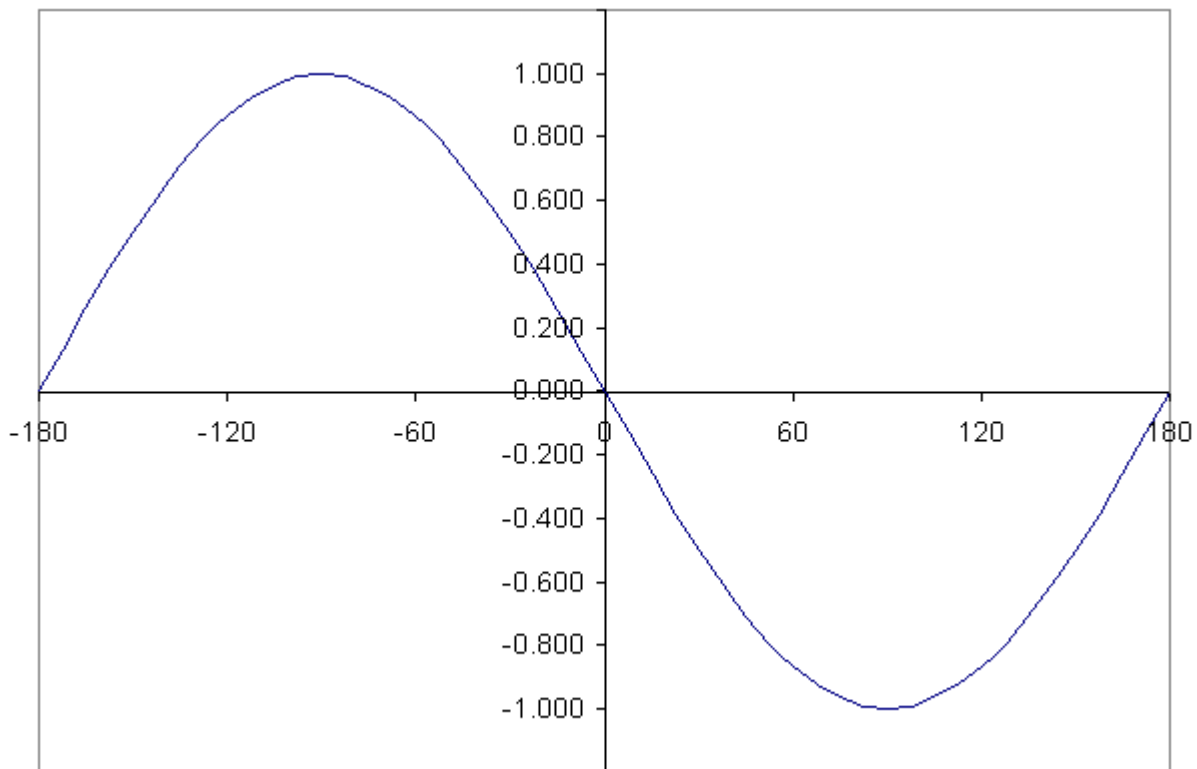


Abb. 1: Abhängigkeit des relativen Drehmoments ( $M/Max$ ) vom Abdrängwinkel

Die Winkelangaben beziehen sich auf einen vollständigen Impulszyklus. Bei einem Motor mit 200 Pulsen bei Vollschritt-Betrieb entspricht der dargestellt Bereich also 3.6 Grad an der Motorwelle.

Wenn der Motor im Stillstand oder in Bewegung ein Drehmoment aufbringen muss, wird der Rotor gegenüber der drehmomentfreien Idealstellung um einen entsprechenden Winkel abgedrängt. Dies entspricht dem Verhalten einer nichtlinearen Feder im Antriebsstrang. Abgesehen von der daraus resultierenden Positionsabweichung des angetriebenen Maschinenteils ist dies unproblematisch, solange der obere oder untere Scheitelpunkt nicht erreicht wird. In diesem Fall sinkt das Drehmoment des Motors ab und das weiterhin anstehende Lastmoment wird den Motor immer weiter abdrängen. Der Motor ist dann nicht in der Lage, zum korrekten Winkel zurückzukehren und durchläuft einen vollständigen Polzyklus. Erst dann besteht die Chance, dass die Magnetfelder von Rotor und Stator stabil ineinander einrasten. Dies wird jedoch nur dann zu einem stabilen Verhalten führen, wenn das Lastmoment zu diesem Zeitpunkt deutlich unter dem Drehmoment des Motors liegt. In diesem Fall hat sich der Motor dann um einen vollständigen Zyklus versetzt und muss neu referenziert werden. Allerdings ist diese Situation ohne eine entsprechende Sensorik nicht erkennbar.

Eine völlig andere Situation tritt ein, wenn das Lastmoment durch das Versetzen um einen Polzyklus nicht praktisch unmittelbar nachlässt. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn das Lastmoment aus der Beschleunigung entsteht. Jetzt wird der Motor nicht am nächsten stabilen Punkt mit einem Versatz von einem Polzyklus einrasten, sondern diesen Punkt ebenfalls durchlaufen. Er verliert jetzt gegenüber dem aufgeprägten Statorfeld immer mehr an Geschwindigkeit und durchläuft jeden weiteren Impulszyklus ohne dabei ein Netto-Drehmoment zu erzeugen. Dies führt dazu, dass der Motor unter erheblicher Geräuschentwicklung austrudelt. Am Ende durchläuft das Fahrprofil einen Bereich absinkender Impulsfrequenzen. Abhängig vom Lastmoment wird der Motor mehr oder weniger kurz vor dem Ende des Profils ruckartig beschleunigen und dem Rest des Profils folgen. Letztlich hat er dann jedoch einen mehr oder weniger großen Teil des Profils und somit des Weges nicht ausgeführt. Auch dies ist ohne eine entsprechende Sensorik nicht festzustellen.

Bei der Auslegung eines Schrittmotors ist besonders darauf zu achten, dass die Drehzahl einen starken Einfluss auf das verfügbare Drehmoment besitzt. Das nachstehende Diagramm zeigt den Zusammenhang für einen typischen Motor.

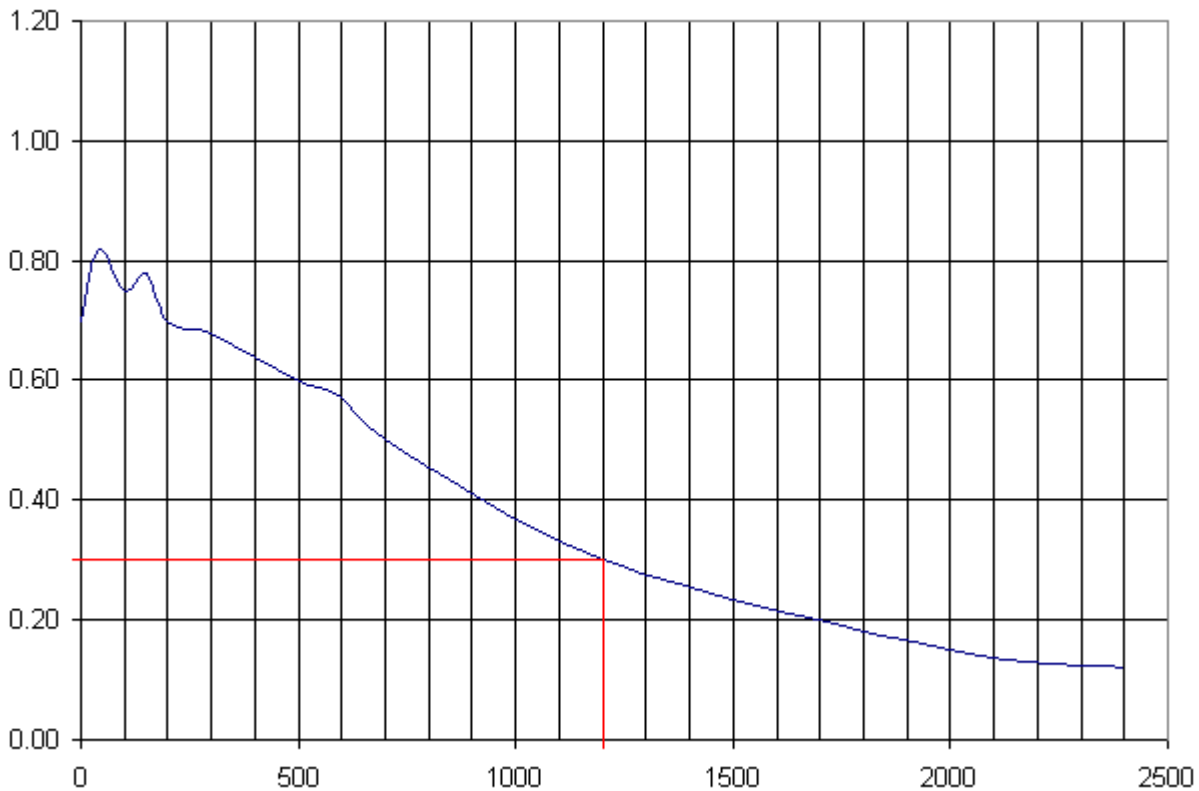


Abb. 2: Abhängigkeit des Drehmoments (Nm) von der Drehzahl (RPM) für einen typischen Schrittmotor.

Der Motor hat neben dem Lastmoment aus dem Prozess auch die Momente aufzubringen, die durch die Dynamik des Fahrprofils entstehen. Wenn das Gesamt-Moment wie im Beispiel 0.3 Nm beträgt, darf dieser Motor also maximal mit einer Drehzahl von 1200 RPM betrieben werden. In der Praxis sollte jedoch unbedingt eine angemessene Momentenreserve eingeplant werden.

### Konfiguration der Schrittmotorachse

Achs-Typ: Kontinuierliche Achse (inkl. SERCOS)

Encoder-Typ: Encoder an KL5051/KL2502-30K/KL2521

Controller-Typ: z. B. Positionsregler P

Drive-Typ: Antrieb an KL4XXX/KL2502-30K/KL2521

### Referenzieren

Wie üblich muss das digitale Referenziernockensignal mittels der SPS in das Achsinterface zur NC (PlcToNc-Achsstruktur) gespiegelt werden. Hierbei gilt der übliche Ablauf für das Referenzieren einer Achse, wobei auf die Hardwareeigenschaft „Latches einer Position“, veranlasst durch einen Syncimpuls, verzichtet werden muss. Stattdessen dient beim Herunterfahren vom Referenziernocken die fallende Flanke als örtliches Ereignis, um eine Referenzposition zu ermitteln. Die Genauigkeit des Referenzvorgangs kann durch Reduzierung der Geschwindigkeit beim Herunterfahren vom Nocken beliebig erhöht werden (maximal mögliche Genauigkeit beträgt ein Motorschritt).



Im Unterschied zu einer Achse mit Analog-Sollwertausgabe, z. B. über eine KL4032, muss beim Betrieb eines Schrittmotorleistungsteils an einer KL2502-0010 oder -3020 oder KL2521 die Klemme entsprechend dem Einsatzfall parametrieren werden.

### Parametrierung der KL2502-0010 oder -3020

Diese Varianten der KL2502 unterscheiden sich in der Hardware von der Basis-Version. Die dadurch erzielte Erhöhung aller internen Arbeitsfrequenzen macht einen erweiterten Arbeitsbereich zugänglich, wird jedoch derzeit in der KS2000 Software nicht berücksichtigt.

<b>Betriebsart</b> <input type="checkbox"/> Anwender Skalierung aktiv <input type="checkbox"/> Hersteller Skalierung aktiv <input checked="" type="checkbox"/> Watchdog aktiv		<input type="radio"/> PwMH-Modus (1kHz - 80kHz) <input type="radio"/> PwLH-Modus (8Hz - 1kHz) <input type="radio"/> Frq-Cnt-PwM-Modus (8Hz - 8kHz) <input checked="" type="radio"/> Frq-Cnt-Impuls-Modus (8Hz - 8kHz) <input type="radio"/> Cnt-Cnt-PwM-Modus (1kHz - 32kHz)
<b>Registerwerte</b> Periodendauer PwM-Modus [0.25µs] <input type="text" value="4000"/>		
Duty Cycle (32767=100%) <input type="text" value="16384"/>		
Impulsdauer Schrittmotor-Mode [0.25µs] <input type="text" value="40"/>		

### Parametrierung der KL2521

Die **Grund-Frequenz 1** ist so einzustellen, dass die Klemme bei Vollaussteuerung die im jeweiligen Einsatzfall maximal nutzbare Frequenz erzeugt. Wird hier ein zu kleiner Wert eingetragen, erreicht die Achse nicht die vorgesehene Geschwindigkeit. Bei einer zu hohen Einstellung wird die Auflösung schlechter sein als es mit dieser hoch auflösenden Klemme möglich wäre. Ist dies akzeptabel, dann muss zumindest durch entsprechend eingestellte Begrenzungen sichergestellt werden, dass die Achse nicht mit einer zu hohen Geschwindigkeit verfahren wird.

Die Betriebsart der Klemme ist entsprechend der Signaldefinition des Leistungsteils einzustellen. In diesem Beispiel wird ein Richtungssignal und ein Puls erwartet.

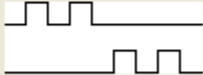


Die Bezugsfrequenz für das in Abbildung 2 eingezeichnete Beispiel wurde mit der Formel  $BF = N * S / 60$  berechnet. Dabei ist BF die Frequenz in Hertz, N die Drehzahl in RPM und S die Schrittzahl des Motors in der gewählten Betriebsart.

Rechenbeispiel:

$$BF = 1200 \text{ [RPM]} * 200 \text{ [1/R]} / 60 \text{ [s/min]} = 4000 \text{ Hz}$$

Das nachfolgende Beispiel zeigt die korrekte Einstellung für dieses Beispiel.



<p><b>Betriebsmodus</b></p> <p><input type="checkbox"/> Modulo Funktion aktiv</p> <p><input type="checkbox"/> Notfallrampe aktiv</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Watchdog Timer aktiv</p> <p><input type="checkbox"/> Betrags-Vorzeichen Darstellung</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Positive Flanke löscht/setzt den Zähler</p> <p style="margin-left: 20px;"><input checked="" type="radio"/> Zähler löschen</p> <p style="margin-left: 20px;"><input type="radio"/> Zähler setzen</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Rampenfunktion aktiv</p> <p><input type="checkbox"/> Rampen-Basis-Frequenz: 1000Hz/sec</p> <p><input type="checkbox"/> Direkter Eingabe-Modus</p> <p><input type="checkbox"/> Anwender Einschaltwert bei Watchdog-Overflow</p> <p><input type="checkbox"/> Streckensteuerung</p> <p><input type="checkbox"/> Negative logik</p>	<p><b>Registerwerte</b></p> <p>Grund-Frequenz 1 <input type="text" value="50000"/></p> <p>Grund-Frequenz 2 <input type="text" value="100000"/></p> <p>Rampen-Zeitkonstante (steigend) <input type="text" value="1000"/></p> <p>Rampen-Zeitkonstante (fallend) <input type="text" value="1000"/></p> <p>Rampen-Zeitkonstante (Notfall) <input type="text" value="0"/></p> <p>Modulowert <input type="text" value="0"/></p> <p>Frequenz-Faktor [Digit x 10mHz] <input type="text" value="100"/></p> <p>Auslaufrequenz <input type="text" value="0"/></p>
<p><b>Ausgabemuster</b></p> <p><input checked="" type="radio"/> Frequenz-Modulation </p> <p><input type="radio"/> Puls Richtungsvorgabe </p> <p><input type="radio"/> Inkrementaldekoder </p>	

### Einstellungen in der TwinCAT NC

Der Skalierungsfaktor des Encoders (Sf) ist aus dem Vorschub pro Motorumdrehung (VU) und der Schrittzahl (S) des Motors in der gewählten Betriebsart zu errechnen:

$$Sf = VU / S$$

### Einsatz einer KL2521

Beim Einsatz einer KL2521 ist die Bezugsgeschwindigkeit (Vref) des Antriebs aus der Bezugsfrequenz (BF) und dem Skalierungsfaktor (Sf) des Encoders zu errechnen, die Bezugsausgabe ist hierzu auf 1.0 einzustellen. Wenn die Bezugsfrequenz der Klemme entsprechend der maximal nutzbaren Frequenz eingestellt ist kann in den Globalen Achsdaten die „Maximal erlaubte Geschwindigkeit“ und die „Eilganggeschwindigkeit (G0)“ auf maximal etwa 90% der Bezugsgeschwindigkeit eingestellt werden. Wurde die Bezugsfrequenz höher gewählt, darf maximal etwa 90% der Geschwindigkeit eingetragen werden, die sich bei exakter Einstellung der Bezugsfrequenz ergeben würde.

$$V_{ref} = BF * Sf$$

### Einsatz einer KL2502-0010 oder -3020

Kommt eine KL2502-0010 oder -3020 zum Einsatz, kann die Bezugsgeschwindigkeit des Antriebs in zwei alternativen Darstellungen eingegeben werden. Die erste Möglichkeit benutzt eine Hochrechnung der Ausgabefrequenz auf den vollen Wertebereich des Sollwerts, auch wenn diese Frequenz von der Klemme nicht dargestellt werden kann. Dabei stellt S die Schrittzahl des Motors in der gewählten Betriebsart dar. Die Bezugsfrequenz (BF) ist das Produkt des maximalen Ausgabewerts und der Frequenzskalierung und ergibt sich zu  $32768 * 8 = 262144$ .

$$V_{ref} = BF * S = 262144 * S$$

Alternativ kann die Bezugsgeschwindigkeit des Antriebs bei der gewählten Maximaldrehzahl vorgegeben werden. Dazu ist die entsprechende Maximalfrequenz (Fmax) und die Schrittzahl (S) des Motors in der gewählten Betriebsart zu verrechnen.

$$V_{ref} = Fmax * S$$

Als Bezugsausgabe ist dann der zugehörige relative Aussteuerungsfaktor (A) anzugeben.

$$A = F_{\max} / BF = F_{\max} / 262144$$

Alle anderen Parameter der Achse sind in derselben Weise einzustellen wie bei einer Servo-Achse. Dabei ist insbesondere bei der Einstellung der Beschleunigung, Verzögerung und Maximal-Ruck durch empirische Tests mit der maximalen im Betrieb zu erwartenden bewegten Masse zu testen. Es darf auch hierbei nicht dazu kommen, dass die Achse wegen Überlastung einen Teil der Bewegung auslässt.

**Hinweis** Schrittmotoren weisen eine mehr oder weniger ausgeprägte Eigenresonanz auf. Dies kann bei sehr flachen Rampen oder ungünstig gewählten Sollgeschwindigkeiten zu Problemen führen. Die Achse wird dann ein erhebliches Geräusch erzeugen und kann wegen der Überlagerung der Fahrbewegung mit einer niederfrequenten Zitterbewegungen durch kurzzeitige Überlastung um einen oder mehrere Polzyklen in beliebiger Richtung versetzen und die korrekte Referenzierung verlieren.

## 4.4 „Low Cost“-Schrittmotor-Achsen mit digitaler Ansteuerung (24V / 2A)

Die „Low Cost“-Schrittmotor-Achse wird in der Basisversion ohne physikalischen Encoder betrieben (daher Simulations-Encoder). Dies bedeutet, dass es keine wirkliche physikalische Rückkopplung zwischen Soll- und Istwerten gibt, und somit die Achse nicht geregelt, sondern nur gesteuert betrieben wird. Hierbei wird davon ausgegangen, dass im Antrieb kein Schlupf auftritt und dass die Achse exakt dem vorgegebenen Schrittmuster (Sollwertprofil) folgen kann. Trotz dieser aus Kostengründen gegebenen Einschränkung, kann die Schrittmotor-Achse physikalisch referenziert werden, da der Simulationsencoder als Inkremental-Encoder implementiert ist, und praktisch alle Eigenschaften unterstützt.

### Konfiguration der „Low Cost“-Schrittmotor-Achse

Achs-Typ: Low Cost Schrittmotorachse (dig. E/A)

Encoder-Typ: Simulations-Encoder

Controller-Typ: Schrittmotor-Regler

Drive-Typ: Schrittmotor-Antrieb

### Referenzieren

Wie üblich muss das digitale Referenziernockensignal mittels der SPS in das Achsinterface zur NC (PlcToNc-Achsstruktur) gespiegelt werden. Hierbei gilt der übliche Ablauf für das Referenzieren einer Achse, wobei eben auf die Hardwareeigenschaft „Latches einer Position“, veranlasst durch einen Sync-Impuls, verzichtet werden muss. Stattdessen dient beim Herunterfahren vom Referenziernocken die fallende Flanke als örtliches Ereignis, um eine Referenzposition zu ermitteln. Die Genauigkeit des Referenzvorgangs kann durch Reduzierung der Geschwindigkeit beim Herunterfahren vom Nocken beliebig erhöht werden (maximal mögliche Genauigkeit beträgt ein Motorschritt).

### Hinweise zur Inbetriebnahme

An dieser Stelle sei auf einige technische Beschränkungen eines Schrittmotors hingewiesen, wobei alle empfohlenen Tests unter Last gemacht werden müssen.

- Die maximal erlaubte Grenzfrequenz  $f_{v_{\max}}$  [kHz] des Schrittmotors in Bewegung darf nicht überschritten werden, da man sonst den linearen Bereich der Ansteuerung verlässt und in die Antriebsbegrenzung gerät.
- Die maximale Start- und Stoppfrequenz  $f_{start/stop_{\max}}$  [kHz] beim Starten und Stoppen der Achse darf nicht überschritten werden, da sonst der Schrittmotor in dieser Anfangs- und Endphase der Positionierung „Schritte verlieren“ kann.
- Die maximale Beschleunigung und Verzögerung  $\frac{a_{\max}}{d_{\max}}$  [kHz/s] darf in der Start- und Stoppphase der Bewegung nicht überschritten werden, da sonst auch hier „Schritte verloren“ gehen können.

- Wenn der Schrittmotor überfordert ist, dann reißt der Kontakt zum antreibenden elektromagnetischen Feld ab und der Motor bleibt (chaotisch zitternd) stehen. Zur Inbetriebnahme sollte der Motor daher in einer ersten Testserie mit schwachen Rampen (niedrige Beschleunigung und Verzögerung) langsam monoton steigend auf die gewünschte Sollgeschwindigkeit (1. Testparameter) gefahren werden, um sicher zu stellen, dass der Motor auch folgen kann. In einer zweiten Testserie sollten (bei fester Sollgeschwindigkeit) die Rampen langsam monoton steigend auf die gewünschte Beschleunigung/ Verzögerung (2. Testparameter) gefahren werden.

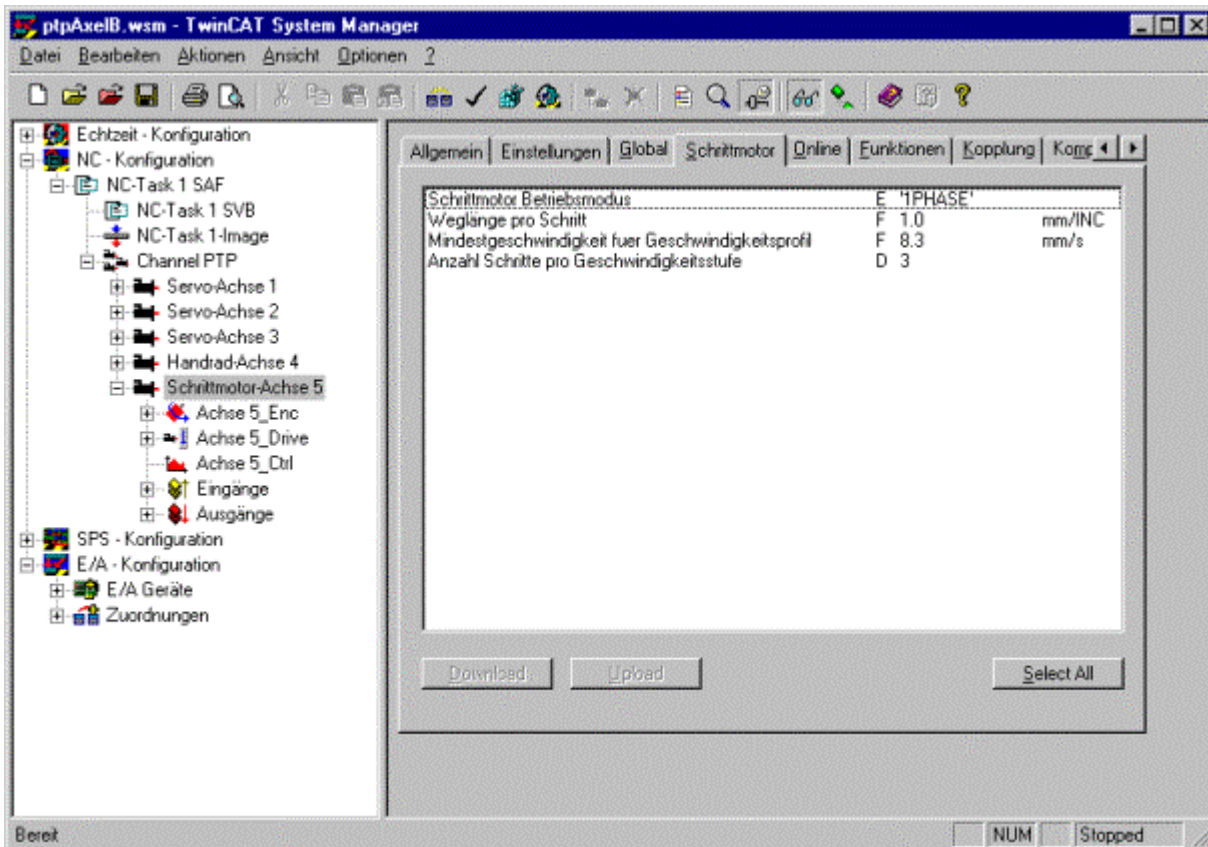
**IO-Konfiguration des Drives**

Die Verbindung (Mapping) der logischen NC-Achsausgänge (Drive-Outputstruktur, nCtrl-Byte bzw. nExtCtrl-Byte) mit den physikalischen digitalen IO-Ausgängen (24V / 2A) muss im TwinCAT System Manager noch manuell durchgeführt werden. Hierbei werden einzelne Bits aus dem nCtrl-Byte bzw. nExtCtrl-Byte mit den jeweiligen digitalen Ausgängen verknüpft. Um ein einzelnes Bit aus einem Byte (8 Bit) auszuwählen, muss ein Byteoffset im Wertebereich von 0 bis 7 eingetragen werden. Möchte man beispielsweise das zweite Bit aus einem Byte adressieren, so muss als Byteoffset der Wert 1 eingetragen werden.

**Konfigurationsparameter**

	Daten- typ	Byte	Bit	Def.-Be- reich	Variablenname	Beschreibung
1	INT32	0 – 3	—	—	nOutData1	Drive-Output Ausgabedaten 1 (NC→IO)
2	INT32	4 – 7	—	—	nOutData2	Drive-Output Ausgabedaten 2 (NC→IO)
3	UINT8	8	—	—	nControlByte	Control-Byte
3.0	BOOL	8	0	0 / 1	bPhaseA	Phase A
3.1	BOOL	8	1	0 / 1	bPhaseAInv	Phase A Invers
3.2	BOOL	8	2	0 / 1	bPhaseB	Phase B
3.3	BOOL	8	3	0 / 1	bPhaseBInv	Phase B Invers
3.4	BOOL	8	4	0 / 1	—	RESERVE
3.5	BOOL	8	5	0 / 1	—	RESERVE
3.6	BOOL	8	6	0 / 1	bBreakInv	Inverses Bremsbit: (0 = AKTIV, 1 = PASSIV)
3.7	BOOL	8	7	0 / 1	bBreak	Bremsbit (0 = PASSIV, 1 = AKTIV)
4	UINT8	9	—	—	nExtControlByte	Extended Control Byte
4.0	BOOL	9	0	0 / 1	bFrequency	Frequenz (Rechtecksignal)
4.1	BOOL	9	1	0 / 1	bDirectionPlus	Richtung Positiv
4.2	BOOL	9	2	0 / 1	—	RESERVE
4.3	BOOL	9	3	0 / 1	—	RESERVE
4.4	BOOL	9	4	0 / 1	—	RESERVE
4.5	BOOL	9	5	0 / 1	—	RESERVE
4.6	BOOL	9	6	0 / 1	—	RESERVE
4.7	BOOL	9	7	0 / 1	—	RESERVE
5	UINT16	10 – 11	—	—	nReserved	Reserve-Bytes

## Schrittmotorparameter



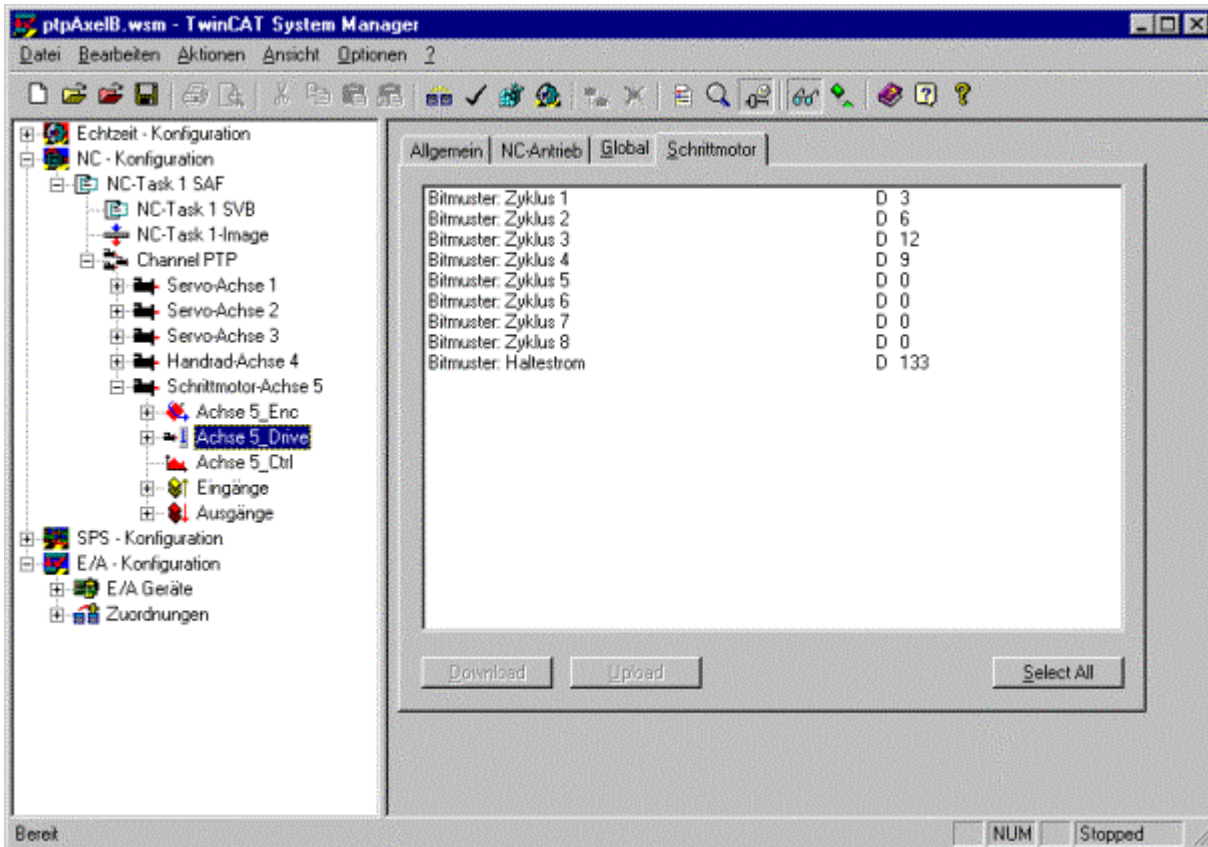
## Motorparameter

Parameter	Beschreibung
Schrittmotor Betriebsmodus	Der Schrittmotor kann durch die Art der Ansteuerung in verschiedenen Betriebsmodi betrieben werden. Somit lassen sich die Periode einstellen, mit der verschiedene Schrittmusterkombinationen ausgegeben werden. Hierdurch kann Einfluss auf die Schrittweite (Vollschritt oder Halbschritt) und auf das Motordrehmoment genommen werden. Die Auswahl der Betriebsarten kann der nachfolgenden „Schrittmotor-Betriebsmodus“-Tabelle entnommen werden.
Weglänge pro Schritt $dS_{\text{Step}}$	Physikalische Skalierung eines Motorschrittes (Schrittwechsel) entsprechend den mechanischen Gegebenheiten wie Getriebe, etc. Einheit: [mm/INC]
Mindestgeschwindigkeit für Geschwindigkeitsprofil $V_{\text{min}}$	Für die Geschwindigkeitsprofilgenerierung wird, soweit die geforderte Sollgeschwindigkeit auf dem Verfahrensweg erreicht werden kann, diese Mindestgeschwindigkeit $V_{\text{min}}$ als Start- und Endgeschwindigkeit des errechneten Geschwindigkeitsprofils genommen. Natürlich kann aufgrund der Zeitdiskretisierung (Zykluszeit) nicht jedes Geschwindigkeitsniveau erreicht werden, sondern es ergibt sich eine bestimmte Auswahl von diskreten Geschwindigkeitsstufen (proportional zu $1/(n \cdot dT)$ mit $n=1,2,3,\dots$ und $dT$ Achszykluszeit in Sekunden). Hierbei wird mittels Rundung das nächste mögliche Geschwindigkeitsniveau genommen. Einheit: [mm/s]
Anzahl Schritte pro Geschwindigkeitsstufe $>N_{\text{level}}$	Es wird entsprechend der Randbedingungen (Mindestgeschwindigkeit, Zielgeschwindigkeit, Verfahrensweg) ein Geschwindigkeitsprofil mit diskreten Geschwindigkeitsstufen (proportional zur Schrittfrequenz) errechnet. Das Verweilen auf einer Geschwindigkeitsstufe kann durch diesen Parameter im Bereich von 0 bis 100 bezogen auf die Motorschritte eingestellt werden. Mit diesem Parameter $N_{\text{level}}$ kann also eine Skalierung (Streckung bzw. Stauchung) der Geschwindigkeitsrampe vorgenommen werden. Für den Grenzfall von $N_{\text{level}} = 0$ wird kein verrampertes Geschwindigkeitsprofil erzeugt, sondern für den gesamten Verfahrensweg die geforderten Sollgeschwindigkeit konstant beibehalten. Einheit: 1

**Schrittmotor-Betriebsmodi**

**Motormodi**

Schrittmotor Modus	Beschreibung
1 PHASE	1 phasige Erregung (Schrittmusterperiodizität: Modulo 4) (STANDARD)
2 PHASE	2 phasige Erregung (Schrittmusterperiodizität: Modulo 4)
12 PHASE	1-2 phasige Erregung (Schrittmusterperiodizität: Modulo 8)
DRIVER	Ansteuerung per Leistungsteil (Vorgabe von Richtung und Frequenz)



**Formel zur Berechnung der diskreten Fahrfrequenzen**

$$f_n(n) = f_g \cdot \frac{1}{n} = \frac{1}{n \cdot T}$$

$n$ : Subteiler für Grundfrequenz  $n \in [1,2,3,\dots,100]$

$T$ : Grundzykluszeit z. B. 2 ms [s]

$f_g$ : Grundfrequenz z. B. 1000 Hz [1/s]

$f_n(n)$ : Diskrete Schrittmotorfrequenz [1/s]

**Formel zur Berechnung der diskreten Geschwindigkeitsstufen**

$$v_n(n) = \frac{s}{n \cdot T}$$

$s$ : Skalierung eines Motorschrittes [mm/INC]

$v_n(n)$ : Diskrete Geschwindigkeit [mm/s]

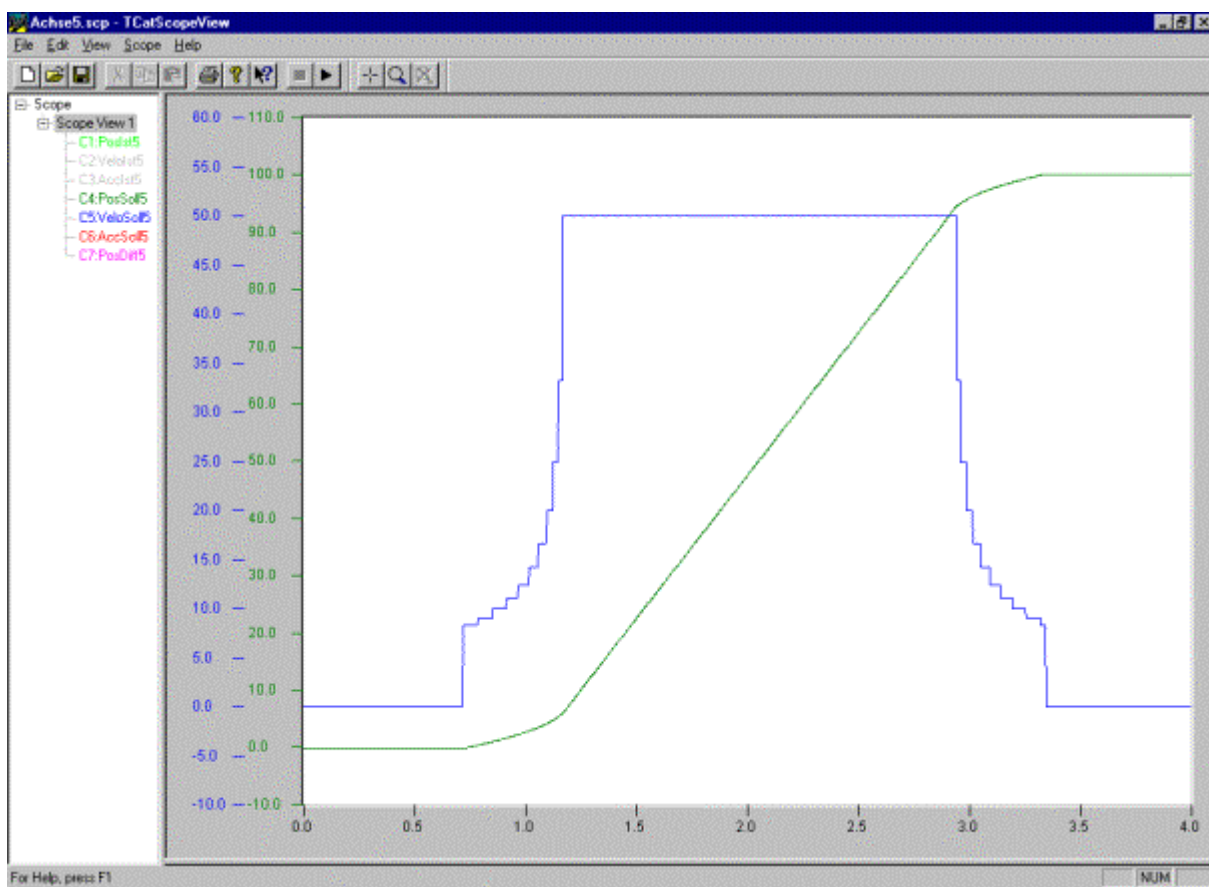


## Schrittmotorparameter des Drives

Je nach Typ und Betriebsart des Schrittmotors können im System Manager in dem Drive-Reiter „Schrittmotor“ bis zu 8 Bytemasken für das Drive-Ausgabemuster parametrierbar werden. Diese Muster werden je nach Betriebsart der Achse beim aktiven Positionieren zyklisch ausgegeben und wiederholen sich periodisch. Im Stillstand der Achse (kein aktives Verfahren) wird das jeweils zuletzt ausgegebene Bitmuster mit der Haltestrommaske als logische UND-Operation verknüpft. Diese Haltestrommaske soll zur Reduzierung des Motorstromes und somit zur Reduzierung der Motortemperatur im Stillstand der Achse dienen.

## Beispiel für Geschwindigkeits- und Positionsprofil

In der Darstellung ist ein typisches Geschwindigkeits- und Positionsprofil für eine „Low Cost“-Schrittmotor-Achse über der Zeit [s] dargestellt. Die blaue Kurve stellt die Geschwindigkeit [mm/s] und die grüne Kurve den Positionsverlauf [mm] dar. Die Soll- und Istwerte sind identisch, da kein realer Encoder, sondern ein Simulationsencoder verwendet wird. Interessant sind die diskreten Geschwindigkeitsstufen, deren Höhe sich beginnend von der Startgeschwindigkeit auf die geforderte Sollgeschwindigkeit erhöht und gegen Ende der Zielposition wieder auf das Stoppniveau reduziert wird.



## 5 TwinCAT-NC-Achsbestandteile

Jede Achse besteht, je nach Achs-Typ, aus diversen Bestandteilen. Dazu gehören der Encoder (Geber), der Drive (Antrieb), der Regler (Controller) und der Sollwertgenerator sowie das SPS-Interface. Es gibt auch komplexere Achsen, die aus mehreren Encodern, umschaltbaren Reglern oder wechselnden Sollwertgeneratoren gehören.

### Encoder (Geber)

Je nach Betriebsart ermitteln der [Encoder](#) [► 31] die Istposition, die Istgeschwindigkeit und die Istbeschleunigung. Um eine vernünftige Auflösung der oft stark fluktuierenden Istwerte zu gewährleisten, ist jeder Modus mit einem parametrierbaren Filter ausgestattet. Es gibt eine Vielzahl an unterstützten Encoder-Varianten. Dabei stehen sowohl Absolut- als auch Inkremental-Encoder zur Verfügung. Zusätzlich gibt es Simulationsencoder sowie Spezialencoder zur Kraftermittlung. Zu den Encoderparametern gehören die Skalierung, die Nullpunktverschiebung und der Modulofaktor. Weiterhin gehören die Parameter der Software-Endlagen sowie die der Referenzfahrt zu den Encoder-Daten.

### Drive (Antrieb)

Der [Drive \(Antrieb\)](#) [► 35] überträgt die Ausgangsspannung auf das Leistungsteil des Motors. Es gibt eine Vielzahl von unterstützten Drive-Varianten. Dabei stehen sowohl Servo-, Eil/Schleich- als auch Schrittmotoren-Antriebe zur Verfügung. Zu den Driveparametern gehören die Motor-Polarität und die Referenzgeschwindigkeit.

### Controller (Regler)

Die [Regler](#) [► 36] dienen dazu auf die gestellte Sollgeschwindigkeit Differenzen (Schleppabstand) oder weitere Sollgrößen (Beschleunigung) so aufzuschalten, dass der Schleppabstand möglichst gering wird und die Achse kein Überschwingen in Position und Geschwindigkeit zeigt. Es gibt eine Vielzahl von unterstützten Controller-Varianten. Dabei stehen sowohl Servo-Positionsregler als auch Spezialregler für spezielle Achstypen zur Verfügung.

### Sollwertgenerator

Jeder Achse ist ein [Sollwertgenerator](#) [► 40] zugeordnet, der seinerseits aus drei Komponenten besteht:

- Satzvorbereitungsgenerator (in der Satzvorbereitungstask): Überprüfung der Startparameter und (bei Masterachsen) Berechnung des Dynamikprofils.
- Satzausführungsgenerator (in der Satzausführungstask): Berechnung der lokalen Sollwerte.
- Asynchroner Generator zur Reaktion auf asynchrone Anforderungen (Override, Neue Endposition, Positionskompensation etc.).

### Input/Output

[Input/Output](#) [► 41]-Verbindungen gibt es für Kanäle, Achsen, Encoder und Drives.

## 5.1 Encoder

Je nach Betriebsart ermitteln der Encoder die Istposition, die Istgeschwindigkeit und die Istbeschleunigung. Um eine vernünftige Auflösung der oft stark fluktuierenden Istwerte zu gewährleisten, ist jeder Modus mit einem parametrierbaren Filter ausgestattet. Es gibt eine Vielzahl an unterstützten Encoder-Varianten. Dabei stehen sowohl Absolut- als auch Inkremental-Encoder zur Verfügung. Zusätzlich gibt es Simulationsencoder sowie Spezialencoder zur Kraftermittlung. Zu den Encoderparametern gehören die Skalierung, die Nullpunktverschiebung und der Modulofaktor. Weiterhin gehören die Parameter der Software-Endlagen sowie die der Referenzfahrt zu den Encoder-Daten.

### Interface

Jeder Encoder, der nicht vom Typ „Simulation“ ist, muss mit einer [Istwert-Erfassungsbaugruppe verbunden werden](#) [► 41].

## Encodertypen

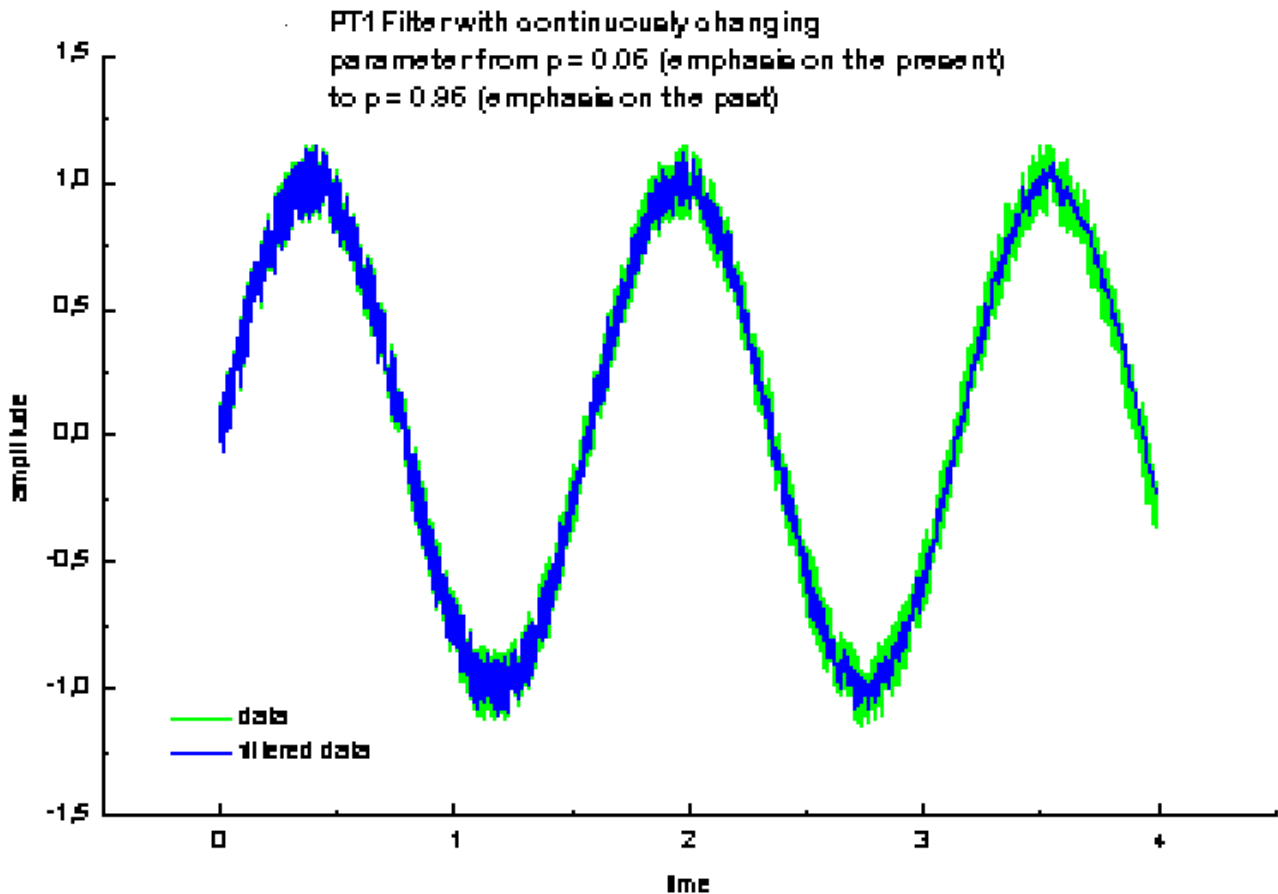
1. Simulationsencoder
2. Absolut mit 24 und 25 Bit sowie 12 und 13 Bit Single Turn Encoder (M3000)
3. Inkremental mit 24 Bit (M31x0, M3100, M2000)
4. Inkremental mit 16 Bit (KL5101)
5. Absolut SSI mit 24 Bit (KL5001)
6. Absolut/Inkremental BISSI mit 16 Bit (KL5051 und PWM Klemme KL2502\_30K (Frq-Cnt-Impuls-Modus) )
7. Absolut Analog Eingang mit 16 Bit (KL30xx)
8. SERCOS "Encoder" POS
9. SERCOS "Encoder" POS und VELO
10. Binaerer Inkremental Encoder (0/1)
11. Absolut Analog Eingang mit 12 Bit (M2510)
12. T&R Fox 50 Modul (24 Bit Absolut (SSI))
13. Kraftermittlung aus Pa, Pb, Aa, Ab
14. Inkremental mit 16/20 Bit (AX2000)
15. Inkremental mit 32 Bit
16. Inkremental mit variabler Bitmaske (max. 32 Bit)
17. Inkremental NC Rückwand

## Encoderparameter

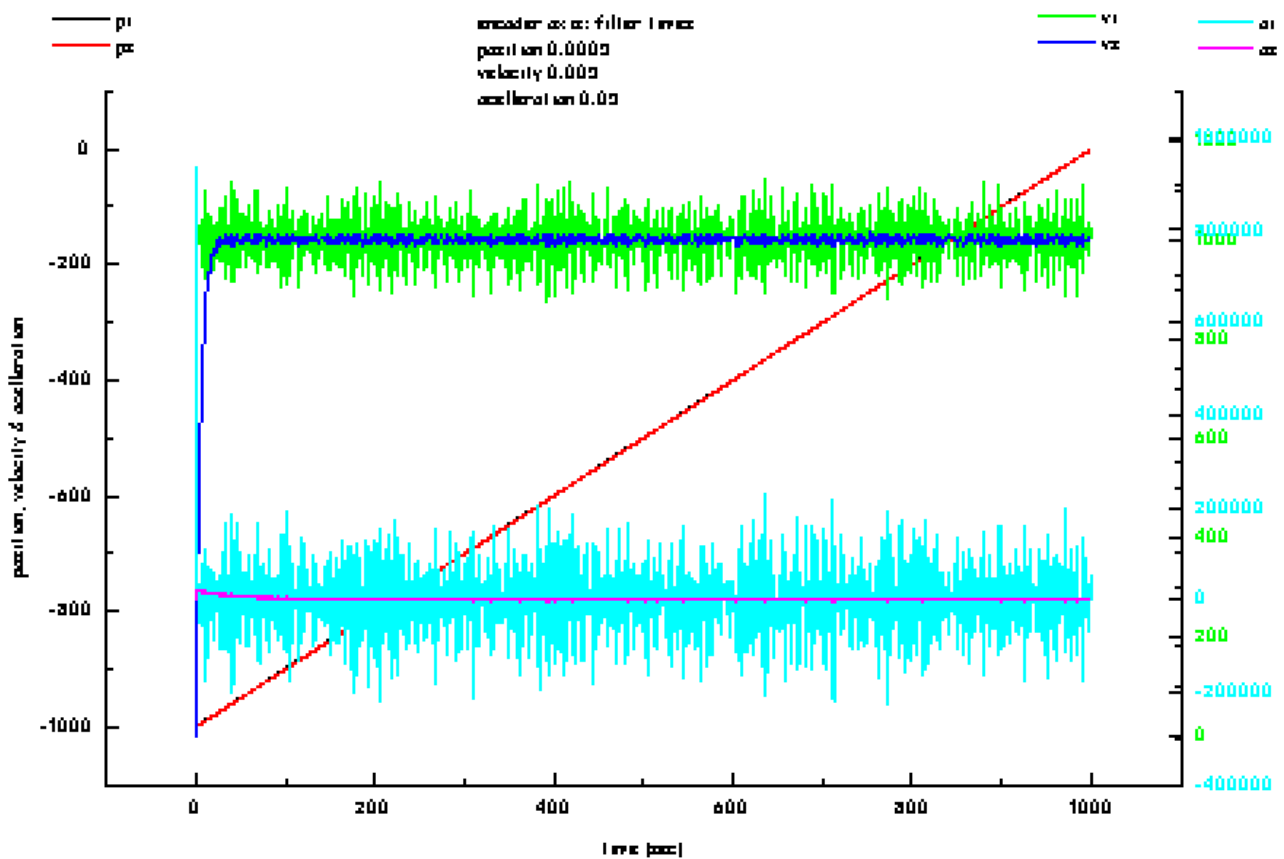
Parameter	Datentyp	Einheit	Beschreibung
ENCODER-Modus	ENUM		Betriebsart des Encoders: POS = Die Istposition wird ermittelt. POSVELO = Die Istposition und die Istgeschwindigkeit werden ermittelt. POSVELOACC = Die Istposition, die Istgeschwindigkeit und die Istbeschleunigung werden ermittelt.
Geberzählrichtung invers	BOOL		Umkehr der Zählrichtung: FALSE = Polarität der Achsenbewegung stimmt mit Zählrichtung der Erfassungshardware überein. TRUE = Polarität der Achsenbewegung ist invers zur Zählrichtung der Erfassungshardware.
Skalierungsfaktor	float	mm/INC	Inkrementbewertung: Mit diesem Faktor werden die Weginkremente in Achsenpositionen umgerechnet.
Nullpunktverschiebung	float	mm	Bei Absolut-Encodern: Dieser Wert wird zur Encoder-Position addiert, um die Achsenposition zu ermitteln. Er dient zur Festlegung des maschinenbezogenen Nullpunkts.
Modulofaktor	float	mm	Bei Rundachsen: Dies ist die „Wegstrecke“, die eine Umdrehung bildet. Erfolgt die Istwerterfassung z. B. in Grad, sollte hier 360,0 eingetragen werden.
BETRIEBSART; Min-Endlagenüberwachung	BOOL		De-/Aktivierung der Endlagenüberwachung Min
Software Endlage Min	float	mm	Lage der Endlage Min
BETRIEBSART; Max-Endlagenüberwachung	BOOL		De-/Aktivierung der Endlagenüberwachung Max
Software Endlage Max	float	mm	Lage der Endlage Max
Filterzeit Istposition	float>0	s	Filterzeit für das PT1-Filter der Istposition.
Filterzeit Istgeschwindigkeit	float>0	s	Filterzeit für das PT1-Filter der Istgeschwindigkeit.
Filterzeit Istbeschleunigung	float>0	s	Filterzeit für das PT1-Filter der Istbeschleunigung.



## PT1-Filter



Ein PT1-Filter ist eine Übertragungsfunktion, die zwischen einem neuen Wert  $x_n$  und einem alten Wert (der eine Zykluszeit zurückliegt)  $x_a$  konvex interpoliert. Eingebbarer Parameter ist die Filterzeit ( $\geq 0.0$ ) in Sekunden. Mit  $l = \text{Saf-Zykluszeit} / (\text{Saf-Zykluszeit} + \text{Filterzeit})$  gilt  $x = l x_n + (1-l) x_a$ ,  $l \in [0.0, 1.0]$ . Liegt die Filterzeit nahe bei 0.0, wird der neue Wert hoch gewichtet. Ist die Filterzeit groß, dann wird der alte Wert hoch gewichtet.



### Referenzierparameter

Parameter	Datentyp	Einheit	Beschreibung
Suchrichtung für Referenznocken invers	BOOL		Umkehr der Suchrichtung: FALSE = Nocken wird in positiver Fahrtrichtung gesucht. TRUE = Nocken wird in negativer Fahrtrichtung gesucht.
Suchrichtung für Syncpuls invers	BOOL		Umkehr der Suchrichtung: FALSE = Synchronpuls wird in positiver Fahrtrichtung gesucht. TRUE = Synchronpuls wird in negativer Fahrtrichtung gesucht.
Referenzposition	float	mm	Die Achsenposition, die dem bei der Referenzfahrt wirksamen Synchronpuls zugeordnet wird. Erfolgt die Istwertermittlung der Achse in einer anderen Einheit als mm, wird die Einheit hier ebenfalls vorausgesetzt.
Externer Syncpuls	BOOL		Reserviert

### SERCOS-Achsen

Die Moduloskalierung (nur bei Moduloanzeige in der Wichtung der Lagedaten (S-0-0076 Bit 7)) bestimmt den Modulowert, bei dem die Positionsdaten wieder bei 0 beginnen. Dieser Wert muss mit dem im Antrieb eingestellten Wert (S-0-0103) übereinstimmen, um eine korrekte Darstellung / Regelung der Position zu ermöglichen.

Über „Berechnen“ kann der Wert bei aktivem TwinCAT und SERCOS mindestens in Phase 2 ausgelesen werden. Über Download und Upload kann der Wert in das laufende TwinCAT-System geschrieben bzw. gelesen werden.

## 5.2 Drive

Der Drive (Antrieb) überträgt die Ausgangsspannung auf das Leistungsteil des Motors. Es gibt eine Vielzahl von unterstützten Drive-Varianten. Dabei stehen sowohl Servo-, Eil/Schleich- als auch Schrittmotoren-Antriebe zur Verfügung. Zu den Driveparametern gehören die Motor-Polarität und die Referenzgeschwindigkeit.

### Interface

Jeder Antrieb, der nicht zu einer simulierten Achse gehört, muss mit einer Sollwert-Ausgabebaugruppe verbunden werden [► 41].

### Drivetypen

- M2400-DAC1,
- M2400-DAC2,
- M2400-DAC3,
- M2400-Dac4,
- KL4XXX sowie PWM Klemme KL2502\_30K (Frq-Cnt-Impuls-Modus) und KL4132 (16 Bit) (siehe KL5051),
- KL4XXX-NONLINEAR, neuer Analog-Typ für nichtlineare Kennlinie,
- TWOSPEED,
- STEPPER,
- SERCOS,
- KL5051, BISSI Drive KL5051 mit 32 Bit (siehe KL4XXX),
- AX2000, Inkremental mit 32 Bit (AX2000),
- SIMO611U, Inkremental mit 32 Bit ,
- UNIVERSAL, Variable Bitmaske (max. 32 Bit, signed value),
- CBACKPLANE, Variable Bitmaske (max. 32 Bit, signed value).

### Driveparameter

Parameter	Datentyp	Beschreibung
DRIVE-Mode	ENUM	reserviert.
Invert Motor Polarity	BOOL	Motor-Drehsinn ist invers. FALSE = Achse fährt bei positiver Ansteuerung des Antriebs in Richtung größere Positionen. TRUE = Achse fährt bei positiver Ansteuerung des Antriebs in Richtung kleinere Positionen.
Minimum Drive Output Limitation	float	Untere Austeuerungsbegrenzung. Die Ausgabe an den Antrieb wird auf diesen Minimalwert begrenzt.
Maximum Drive Output Limitation	float	Obere Austeuerungsbegrenzung. Die Ausgabe an den Antrieb wird auf diesen Maximalwert begrenzt.

### Analogdrive

Unter Analog ist nicht zu verstehen, dass die Geschwindigkeit als Spannung (z. B.  $\pm 10$  V) oder Strom (z. B.  $\pm 20$  mA) dargestellt wird, sondern dass die Achse ein quasi kontinuierliches Einstellen von beliebigen Werten erlaubt. Dies ist natürlich auch bei Antrieben mit Digital-Interfaces wie z. B. den BISSI-Klemmen vom Typ KL5051 möglich. Hier wird eine analog verstellbare Geschwindigkeit als digitale Information transportiert.

## Analogparameter

Parameter	Datentyp	Beschreibung
Referenz-Geschwindigkeit	float	Bezugsgeschwindigkeit der Achse. Die Sollwertgenerierung der Achse wird bei der Vorsteuerung davon ausgehen, dass die Achse bei Ansteuerung mit dem Referenz-Ausgabewert mit dieser Geschwindigkeit reagieren wird.
Referenz-Ausgabe	float	Siehe oben.
Drift-Ausgleich	float	Dieser Wert wird zur Antriebsansteuerung addiert. Auf diesem Wege kann ein konstanter Offset zur Ausgabe aufgeschaltet werden, um z. B. Nullpunktsfehler von Analog-Antrieben auszugleichen.

## Schrittmotoren

Siehe: [„Low Cost“-Schrittmotor-Achse mit digitaler Ansteuerung \(24V / 2A\) \[► 21\]](#)

## Eil/Schleich-Motoren

Siehe: [Eil-/Schleich-Motoren \[► 14\]](#).

## SERCOS

Die Ausgabeskalierung (nur in der Betriebsart Geschwindigkeitsregelung von Bedeutung) bestimmt das Verhältnis zwischen der internen Geschwindigkeitsdarstellung und der im Antrieb eingestellten Wichtung der Geschwindigkeitsdaten. Da die Berechnung von mehreren antriebsinternen Parametern abhängig ist, besteht die Möglichkeit den richtigen Wert berechnen zu lassen (Schaltfläche „Berechnen“). Hierzu werden die nötigen Parameter aus dem Antrieb ausgelesen und der richtige Wert errechnet (Voraussetzung ist ein laufendes System und SERCOS mindestens in Phase 2). Über Download und Upload können die Daten in das laufende TwinCAT-System geschrieben bzw. gelesen werden.

## 5.3 Controller

Die Regler dienen dazu, auf die gestellte Sollgeschwindigkeit Differenzen (Schleppabstand) oder weitere Sollgrößen (Beschleunigung) so aufzuschalten, dass der Schleppabstand möglichst gering wird und die Achse kein Überschwingen in Position und Geschwindigkeit zeigt. Es gibt eine Vielzahl von unterstützten Controller-Varianten. Dabei stehen sowohl Servo-Positionsregler als auch Spezialregler für spezielle Achstypen zur Verfügung.

### Controllertypen

Es sind zwei verschiedene Reglertypen anwählbar: Positionsregler (Regler, deren Aufgabe es ist, die Istposition so zu regeln, dass sie der Sollposition so exakt wie möglich folgt) und Regler für spezielle Achsen (Eil-/Schleich, Schrittmotor, SERCOS). Die Wirkungsweise der Regler ist unter dem Thema [Lageregelkreis \[► 13\]](#) beschrieben. Positionsreglertypen: Positionsregler P: Schleppabstands-Proportionalregler. Positionsregler mit zwei P-Konstanten: Schleppabstands-Proportionalregler mit verschiedenen Konstanten für Stillstand und Bewegung. Positionregler PID : Positions PID-T1-Regler mit proportionaler Beschleunigungsvorsteuerung.

### Automatischer DAC-Offsetabgleich

Jeder Regler ohne I-Anteil hat als Option einen automatischen DAC-Offsetabgleich. Dieser Abgleich wird nur dann aktiv, wenn die Geschwindigkeits-Vorsteuerung der Achse unter einem einstellbaren Anteil liegt. Dadurch wird eine Beeinflussung durch das dynamische Verhalten der Achse verhindert. Ist die Achse in Lageregelung (oder fährt mit entsprechend niedriger Geschwindigkeit), wird durch Integrieren der Regelgeschwindigkeit eine Offsetgeschwindigkeit gebildet. Diese wird zur Ausgabe addiert. Durch die negative Rückkopplung des Lageregelkreises kommt dabei ein PT1-Verhalten, also eine Exponential-Funktion zustande.

**Offsetabgleichparameter**

Parameter	Datentyp	Einheit	Beschreibung
Offsetfilterzeit	double	s	Zeitkonstante des Offsetabgleichs
Offsetlimit	double		Relative Aussteuerung, oberhalb der der Offset konstant gehalten wird.

Falls erforderlich kann das Verhalten des Offsetabgleichs zur Laufzeit beeinflusst werden. Dazu sind eine Reihe von „Schaltern“ vorhanden. Diese sowie die Parameter für die Zeitkonstante und das Vorsteuer-Limit sind zur Laufzeit von z. B. der PLC oder einem anderen ADS-Gerät verstellbar.

Falls erforderlich, kann der Offsetabgleich vollständig abgeschaltet werden. Dabei ist eine sprungartige Änderung der Ausgangsspannung nicht immer vermeidbar. Ein weiches Deaktivieren ist mit „FadeOut“ zu erreichen. Dabei wird der Abgleich mit dem ihm eigenen Zeitverhalten bis auf Null reduziert. Soll der Abgleich zeitweilig festgehalten werden, kann der „Hold“-Modus aktiviert werden. Dies ist zum Beispiel nützlich, wenn das Leistungsteil des Antriebs zeitweilig stillgesetzt wird. Falls der Abgleich aktiv bleiben würde, wäre ein Weglaufen des Offsets unvermeidlich.

**Beschleunigungsvorsteuerung**

Fast alle Positionsregler enthalten neben der proportionalen Rückführung des Schleppabstandes eine proportionale Beschleunigungsvorsteuerung ( $K_a$ -Faktor). Diese sollte im Allgemeinen nur in Zusammenhang mit dem Positionsreglerproportionalanteil ( $K_v$ -Faktor) benutzt werden. Voraussetzung ist eine streng symmetrische Einstellung der Achse:

- Im Stillstand ist der Schleppabstand symmetrisch um 0 (DAC-Offset).
- Bei konstanter Fahrt ist der Schleppabstand symmetrisch um 0 (Referenzgeschwindigkeit).
- $K_v$  einstellen.
- In der Mitte der Beschleunigungsphase/Bremsphase die extreme Beschleunigung (Verzögerung)  $a_{+max}$  ( $a_{-max}$ ), sowie die dazu gehörigen Schleppabstände  $d_{+max}$  ( $d_{-max}$ ) messen.
- $K_{a+} = K_v \cdot d_{+max} / a_{+max}$   
 $K_{a-} = K_v \cdot d_{-max} / a_{-max}$   
 $K_a = (K_{a+} + K_{a-}) / 2$  setzen und optimieren.

**Globale Parameter eines Reglers**

**Reglerparameter**

Parameter	Datentyp	Einheit	Beschreibung
CONTROLLER-Modus	ENUM		Reglermodus: Nur STANDARD möglich.
Gewichtung der Vorsteuerung	float >=0		Relative Gewichtung der Vorsteuerung.
BETRIEBSART: Schleppabstandüberwachung Position	BOOL		Defaultwert 1.0 entsprechend 100 % Gewichtung der Vorsteuerung.
Maximaler Positionsschleppabstand	float >=0	mm	Maximal zulässiger Positionsschleppabstand.
Maximale Schleppfilterzeit Position	float >=0	s	Überschreitet der Positionsschleppabstand den maximal zulässigen Positionsschleppabstand länger als die maximale Schleppfilterzeit, dann wird bei aktiver Überwachung die Achse instantan per Spannungsausgabe 0 V gestoppt und in den logischen Zustand „Fehler“ gesetzt.

**Positions-P-Regler****Reglerparameter**

Parameter	Datentyp	Einheit	Beschreibung
Positionsreglung: Proportionalfaktor $K_v$	float $\geq 0$	[mm/s]/mm	Proportionalverstärkung des P-Anteils. Ausgabegeschwindigkeit = Vorsteuergeschwindigkeit + $K_v \cdot$ Schleppabstand.
BETRIEBSART: Automatischer Offsetabgleich	BOOL		De-/Aktivierung des automatischen Offsetabgleichs. Der automatische Offsetabgleich ist nur im Bereich [-Offsetlimit, +Offsetlimit] der relativen Vorsteuergeschwindigkeit aktiv und berechnet und aktiviert einen DAC-Offset, der in Lageregelung den Schleppabstand minimiert.
Offsetfilterzeit	float $\geq 0$	s	Zeitkonstante des Integrators.
Offsetlimit	float $\geq 0$		Obere Grenze des aktiven Bereichs des Offsetabgleichs in relativen Anteilen der Ausgabegröße.

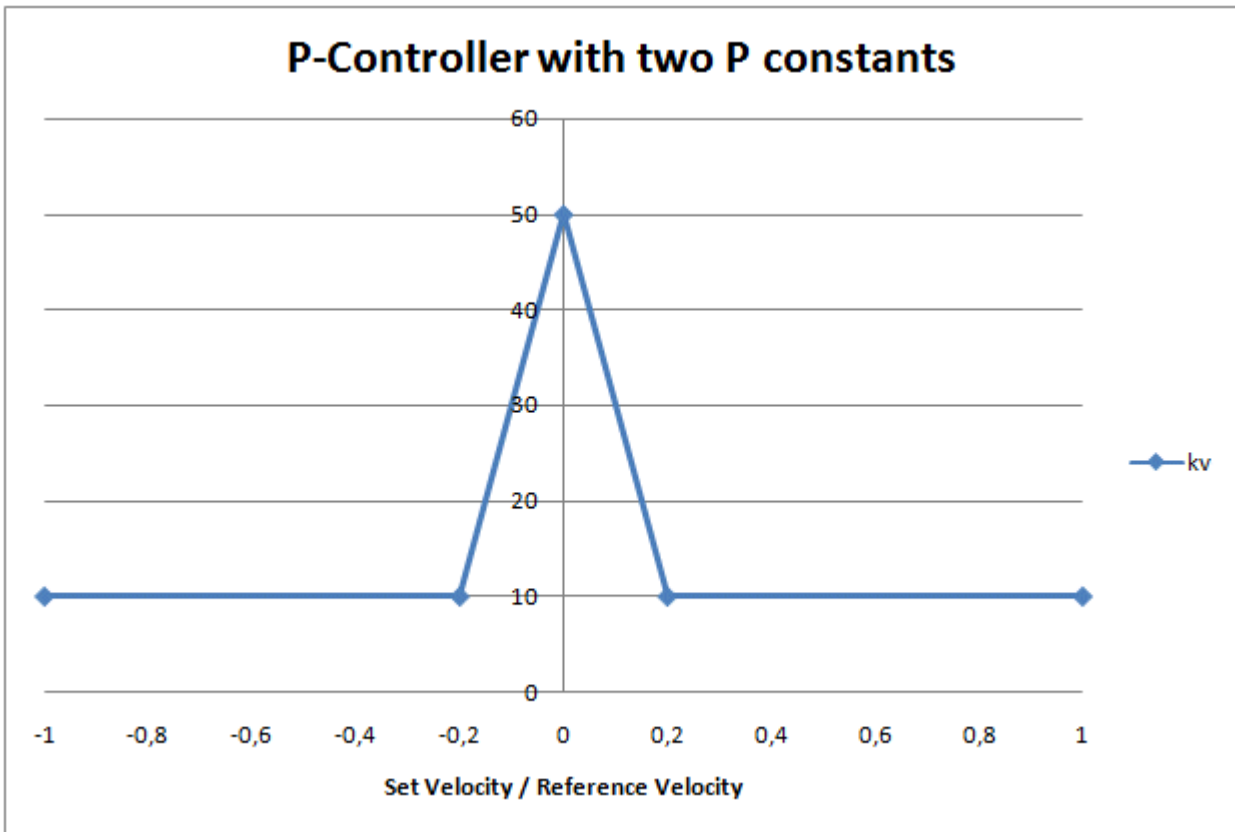
**Positions-PP-Regler****Reglerparameter**

Parameter	Datentyp	Einheit	Beschreibung
Stillstand: Proportionalfaktor $K_{vs}$	float $\geq 0$	[mm/s]/mm	Proportionalverstärkung des P-Anteils im Stillstand. Ausgabegeschwindigkeit im Stillstand = Vorsteuergeschwindigkeit + $K_{vs}$ Schleppabstand
Positionsreglung Fahren: Proportionalfaktor $K_{vf}$	float $\geq 0$	[mm/s]/min	Proportionalverstärkung des P-Anteils bei Fahrt.
Positionsreglung: Geschwindigkeitsschwellwert $V_{dyn}$	float $\geq 0$		Ausgabegeschwindigkeit in Fahrt = Vorsteuergeschwindigkeit + $K_{vf}$ Schleppabstand.
BETRIEBSART: Automatischer Offsetabgleich	BOOL		De-/Aktivierung des automatischen Offsetabgleichs. Der automatische Offsetabgleich ist nur im Bereich [-Offsetlimit, +Offsetlimit] der relativen Vorsteuergeschwindigkeit aktiv und berechnet und aktiviert einen DAC-Offset, der in Lageregelung den Schleppabstand minimiert.
Offsetfilterzeit	float $\geq 0$	s	Zeitkonstante des Integrators.
Offsetlimit	float $\geq 0$		Obere Grenze des aktiven Bereichs des Offsetabgleichs in relativen Anteilen der Ausgabegröße.
Beschleunigungsvorsteuerung Proportionalfaktor $K_a$	float $\geq 0$	s	Ausgabegeschwindigkeitsanteil = $K_a$ Sollbeschleunigung.

**Beispiel**

Beim PP-Regler definieren zwei P-Konstanten  $K_{vs}$  und  $K_{vf}$  und ein Geschwindigkeitsschwellwert  $V_{dyn}$  eine Funktion für einen geschwindigkeitsabhängigen Regelfaktor  $k_v$ . Der Schwellwert  $V_{dyn}$  ist ein relativer Wert der sich aus Sollgeschwindigkeit / Bezugsgeschwindigkeit berechnet.

Dieser Zusammenhang wird im folgenden Bild dargestellt.



Das Beispiel wurde mit den Werten  $Kvs = 50$ ,  $Kvf = 10$  und  $Vdyn = 0,2$  parametrier.

**Positions-PID-Regler**

**Reglerparameter**

Parameter	Datentyp	Einheit	Beschreibung
Positionsreglung: Proportionalfaktor $Kv$	float $\geq 0$	[mm/s]/mm	Proportionalverstärkung des P-Anteils. Ausgabegeschwindigkeit = Vorsteuergeschwindigkeit + $Kv$ Schleppabstand.
Positionsreglung: Nachstellzeit $Tn$	float $\geq 0$	s	Nachstellzeit des I-Anteiles (Integrationszeit)
Positionsreglung: Vorhaltezeit $Tv$	float $\geq 0$	s	Vorhaltezeit des realen D-Anteiles (D-T1-Glied).
Positionsreglung: Dämpfungszeit $Td$	float $\geq 0$	s	Dämpfungszeit des realen D-Anteils (D-T1-Glied).
BETRIEBSART: Automatischer Offsetabgleich	BOOL		De-/Aktivierung des automatischen Offsetabgleichs. Der automatische Offsetabgleich ist nur im Bereich [-Offsetlimit,+Offsetlimit] der relativen Vorsteuergeschwindigkeit aktiv und berechnet und aktiviert einen DAC-Offset, der in Lageregelung den Schleppabstand minimiert.
Offsetfilterzeit	float $\geq 0$	s	Zeitkonstante des Integrators.
Offsetlimit	float $\geq 0$		Obere Grenze des aktiven Bereichs des Offsetabgleichs in relativen Anteilen der Ausgabegröße.
Positionsreglung: Beschleunigungsvorsteuerung $Ka$	float $\geq 0$	s	Ausgabegeschwindigkeitsanteil = $Ka \cdot$ Sollbeschleunigung.

## Regler für spezielle Achstypen (Eil/Schleich, Schrittmotoren, SERCOS)

### Reglerparameter

Parameter	Datentyp	Einheit	Beschreibung
CONTROLLER-Modus	ENUM		Reglermodus: Nur STANDARD möglich.
Gewichtung der Vorsteuerung	float >=0		Relative Gewichtung der Vorsteuerung.
BETRIEBSART: Schleppabstandüberwachung Position	BOOL		Defaultwert 1.0 entsprechend 100 % Gewichtung der Vorsteuerung.
Maximaler Positionsschleppabstand	float >=0	mm	Maximal zulässiger Positionsschleppabstand.
Maximale Schleppfilterzeit Position	float >=0	s	Überschreitet der Positionsschleppabstand den maximal zulässigen Positionsschleppabstand länger als die maximale Schleppfilterzeit, dann wird bei aktiver Überwachung die Achse instantan per Spannungsausgabe 0 V gestoppt und in den logischen Zustand „Fehler“ gesetzt.

### Totzeitkompensation

Jeder Regler hat eine optionale Kompensation der Totzeit zwischen Sollwertausgabe und Wirkung dieser Ausgabe. Hierbei wird die Sollposition gegenüber der Sollgeschwindigkeit um eine einstellbare Zeit verzögert. Die Totzeitkompensation ist Bestandteil des Sollwertgenerators [► 40] einer Achse.

## 5.4 Sollwertgenerator

Jeder Achse ist ein Sollwertgenerator zugeordnet, der seinerseits aus drei Komponenten besteht:

- Satzvorbereitungsgenerator (in der Satzvorbereitungstask): Überprüfung der Startparameter und - bei Masterachsen - Berechnung des Dynamikprofils.
- Satzausführungsgenerator (in der Satzausführungstask): Berechnung der lokalen Sollwerte.
- Asynchroner Generator zur Reaktion auf asynchrone Anforderungen (Override, Neue Endposition, Positionskompensation etc.).

### Mastergenerator: SVB

Der SVB-Mastergenerator prüft die Zulässigkeit des Starts im aktuellen Betriebszustand der Achse, überprüft die Startparameter allgemein und in Bezug auf die Achsparameter und berechnet aus den globalen Sollwerten ein Dynamikprofil, das in komprimierter Form (Laufzeitabelle) für die Generierung der lokalen Sollwerte hinterlegt wird. Sind diese Aktionen erfolgreich abgeschlossen, dann startet der SVB-Mastergenerator automatisch den SAF-Mastergenerator.

### Mastergenerator: SAF

Der SAF-Mastergenerator berechnet in jedem Aufruf der Task aus der Laufzeitabelle die lokalen Sollwerte für

- Position (für den Lageregler),
- Geschwindigkeit mit Vorzeichen (für die Geschwindigkeitsvorsteuerung),
- Beschleunigung (für einen Regler mit Beschleunigungsaufschaltung),
- Richtung (für die richtungsabhängige Vorschubfreigabe).



**Mastergenerator: Asynchron**

Der Generator zur Reaktion auf asynchrone Instruktionen (Override, Neue Endposition, Positionskompensation etc.) überprüft die Parameter der Instruktion sowie die Zulässigkeit der Instruktion im momentanen Betriebszustand und veranlasst die Ausführung der Instruktion im nächsten Aufruf der SAF. Das impliziert, dass endgültige Gewissheit, ob die Instruktion wirklich eingeleitet worden ist, erst nach diesem SAF-Aufruf besteht.

**Slavegenerator: SVB**

Der SVB-Slavegenerator prüft die Zulässigkeit der Kopplung und des Starts im aktuellen Betriebszustand der Achse, überprüft die Koppelparameter, setzt globale Startparameter und koppelt, wenn diese Aktionen erfolgreich abgeschlossen sind den Slave logisch an den Master.

**Slavegenerator: SAF**

Der SAF-Mastergenerator berechnet in jedem Aufruf der Task aus den lokalen Sollwerten der Masterachse (die ihrerseits eine Slaveachse sein kann) und dem Koppelfaktor die lokalen Sollwerte für

- Position (für den Lageregler),
- Geschwindigkeit mit Vorzeichen (für die Geschwindigkeitsvorsteuerung),
- Beschleunigung (für einen Regler mit Beschleunigungsaufschaltung),
- Richtung (für die richtungsabhängige Vorschubfreigabe).

**Slavegenerator: Asynchron**

Der Generator zur Reaktion auf asynchrone Instruktionen (Positionskompensation, Online-Abkoppeln etc.) überprüft die Parameter der Instruktion sowie die Zulässigkeit der Instruktion im momentanen Betriebszustand und veranlasst die Ausführung der Instruktion im nächsten Aufruf der SAF. Das impliziert, dass endgültige Gewissheit, ob die Instruktion wirklich eingeleitet worden ist, erst nach diesem SAF-Aufruf besteht.

**Slavegenerator: fliegende Säge**

Aufgrund der funktionellen Vielfalt hat die fliegende Säge einen eigenen Sollwertgeneratortyp, der aus einem SVB-Mastergenerator in Zusammenspiel mit einem SAF-Mastergenerator in der Warte- und Synchronisierungsphase besteht. In der Synchronphase hat die fliegende Säge einen SAF-Slavegenerator, der entweder (in der Stopphase) in einen initialisierten SAF-Bremsgenerator verwandelt wird oder (Abkoppeln) online in einen geeignet initialisierten SAF-Mastergenerator verwandelt werden kann.

## 5.5 Input/Output

Zyklische Input/Output-Verbindungen gibt es für Kanäle, Achsen, Encoder (Positionserfassungssystem) und Drives (Antrieb, Verstärker).

**Input/Output für NC-Kanäle**

Standardkanäle, also Kanäle für PTP-Achsen benötigen keinerlei Input/Output-Verbindungen. Diese werden nur bei Interpreter-Kanälen benötigt.

In der PLC ist pro Kanal eine Variable vom Typ PLCTONC\_CHANNEL anzulegen. Diese Variablen müssen mit den NC-Kanalvariablen Channelx\_FromPlc (zu finden unter Kanal-Inputs) verbunden werden. In der PLC ist pro Kanal eine Variable vom Typ NCTOPLC\_CHANNEL anzulegen. Diese Variablen müssen mit den NC-Kanalvariablen Channelx\_ToPlc (zu finden unter Kanal-Outputs) verbunden werden. Diese Variablen werden benötigt, um einen Signalaustausch zwischen NC und PLC zu ermöglichen. Hier werden die folgenden Daten ausgetauscht:

- NC-Satzunterdrückungen
- Interpreter-Arbeitsmodus
- Interpreter-Status und Fehler-Codes
- Kanal-Overrides· Programm-Nummern

- M-Funktionen als fliegende Signal-Bits und als Handshake

Normalerweise ist es nicht nötig, die Einzelvariablen zu verbinden.

Eine Beschreibung des zyklischen Kanal-Interfaces ist im Anhang der Dokumentation [TwinCAT NC I](#) zu finden.

### Input/Output für Achsen

In der PLC ist pro Achse eine Variable vom Typ NCTOPLC\_AXLESTRUCT anzulegen. Diese Variablen müssen mit den NC-Achsenvariablen Axis\_FromPlc (zu finden unter Achse-Inputs) verbunden werden. Ebenfalls ist in der PLC ist pro Achse eine Variable vom Typ PLCTONC\_AXLESTRUCT anzulegen. Diese Variablen müssen mit den NC-Achsenvariablen Axis\_ToPlc (zu finden unter Achse-Outputs) verbunden werden. Diese Variablen werden benötigt, um einen zyklischen Signalaustausch zwischen NC und PLC zu ermöglichen. Hier werden unter anderem die folgenden Daten ausgetauscht:

- Regler- und richtungsbezogene Vorschub-Freigaben
- Kalibrier-Nocken
- Kalibrierstatus
- Positioniermodus
- Fehler-Codes und diverse Achsen-Statusinformationen
- Achsen-Overrides
- Koppelstatus

Normalerweise ist es nicht nötig, die Einzelvariablen zu verbinden, sondern üblicherweise wird die gesamte Struktur verbunden.

Die Beschreibung der Interfaces befindet sich im Abschnitt „Zyklisches NC/SPS Interfaces“ bzw. „Prozessabbild der NC-Achse“:

- [Zyklisches Achs-Interface von der SPS zur NC \[► 56\]](#)
- [Zyklisches Achs-Interface von der NC zur SPS \[► 49\]](#)
- [Zyklisches Interface von der NC zu Encoder und Drive \[► 43\]](#)

### Input/Output für Encoder

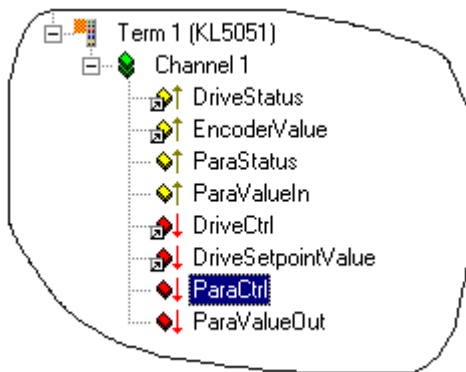
Jeder Encoder, der nicht vom Typ Simulation ist, muss mit einer Istwert-Erfassungsbaugruppe verbunden werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die benutzten Typen zueinander kompatibel sind. Beim Encoder ist ein geeigneter Typ zu wählen.

Siehe: [Zyklisches Interface von der NC zu Encoder im Abschnitt Prozessabbild einer NC-Achse \[► 43\]](#)

### Input/Output für Drives

Jeder Drive, der nicht zu einer simulierten Achse gehört muss mit einer Sollwert-Ausgabebaugruppe verbunden werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die benutzten Typen zueinander kompatibel sind. Beim Drive ist ein geeigneter Typ zu wählen.

Siehe: [Zyklisches Interface von der NC zum Drive im Abschnitt Prozessabbild einer NC-Achse \[► 43\]](#)



## 5.6 Prozessabbild einer NC-Achse

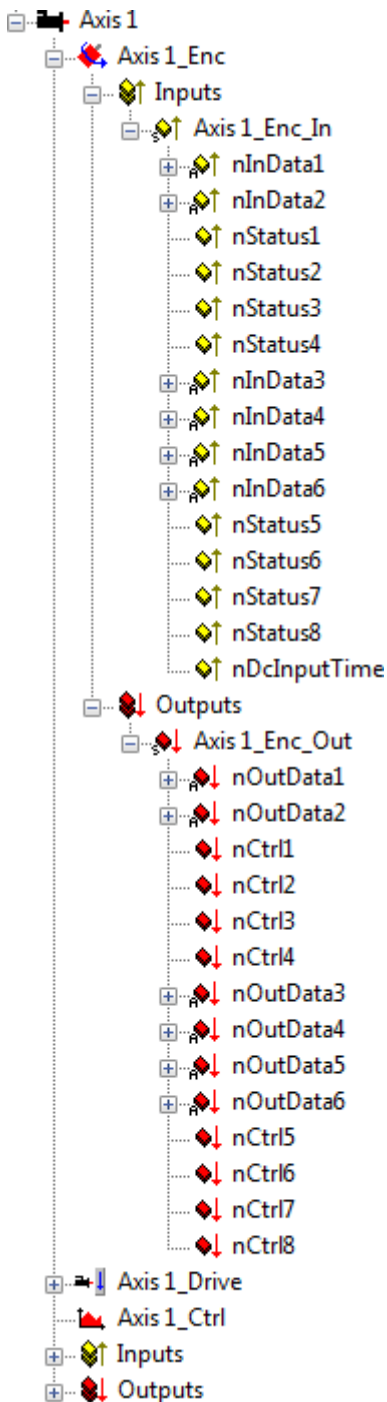
Über das Prozessabbild einer Achse wird diese mit unterschiedlichen Antriebskomponenten verbunden. Im einfachsten Fall wird ein Link von der Achse zu einem Antrieb hergestellt und notwendige Verknüpfungen der Prozessabbilder werden automatisch durchgeführt. Im Einzelfall, insbesondere wenn in das System unbekannte Hardwarekomponenten eingebunden werden, müssen solche Verknüpfungen von Hand hergestellt werden. Im Folgenden ist dafür das Prozessabbild einer NC-Achse beschrieben.

### HINWEIS

Die hier beschriebenen Datenstrukturen sind eine interne Schnittstelle zwischen NC-Treiber und angeschlossener Antriebshardware. Diese Schnittstelle wird stetig weiterentwickelt und kann sich in Zukunft ändern.

### Encoder-Prozessabbild einer Achse

Über das Encoder-Prozessabbild (zyklischer Datenaustausch) werden unterschiedliche Geber-Hardware bzw. entsprechende Busklemmen zur Positionserfassung einer Achse angebunden. Soweit diese Hardware direkt vom System unterstützt wird, ist keine manuelle Konfiguration einzelner Variablen notwendig.



### Eingangsdaten des Encoder-Prozessabbildes einer Achse

I/O-Variable	Beschreibung	Anmerkung
nInData1	<p>Aktuelle Istposition des Encoders bzw. des Drives in <i>Inkrementen</i>.</p> <p>Der Inkrementalwert wird durch die NC aufbereitet und mathematisch zur Istposition in physikalischen Einheiten, wie z. B. mm oder Grad, verarbeitet. Überläufe des Inkrementalwertes werden durch die NC mitgezählt. Das System macht üblicherweise keinen Unterschied zwischen Inkremental- und Absolutgebern.</p> <p>(Siehe auch Encoder-Parameter <i>Referenzsystem INC/ABS.</i>)</p>	<p>Einheit: Inkremente [INC]            Datentyp: DINT (32 bit),            teilweise auch INT (16 bit)</p>
nInData2	<p>Optionale Latch-Istposition des Encoders bzw. des Drives in <i>Inkrementen</i>.</p>	<p>Einheit: Inkremente [INC]            Datentyp: DINT (32 bit),            teilweise auch INT (16 bit)</p>

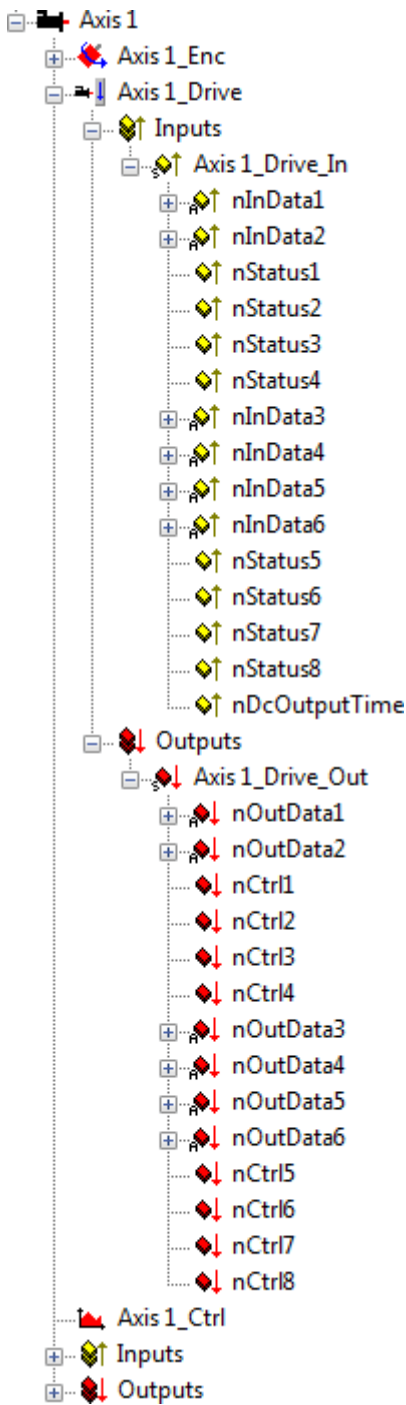
I/O-Variable	Beschreibung	Anmerkung
	Der Inkrementalwert wird durch die NC aufbereitet und mathematisch zur Istposition in physikalischen Einheiten, wie z.B. mm oder Grad, verarbeitet.  (Siehe auch Funktionsbaustein <u>MC_TouchProbe</u> TcMc.lib).	
nStatus1	Optionale Statusinformationen.  Z. B. <i>Teilnehmer im Datenaustausch, Encoder Fehler, Kommunikation zum Positions-Latch oder Registerkommunikation.</i>	Diese Information ist abhängig vom Typ des Encoders oder Antriebs.
nStatus2	Zusätzliche optionale Statusinformationen.  Z. B. <i>Kommunikation zum Positions-Latch, Kommunikation Encoder-Reset, Kommunikation zum Lesen einer Absolut-Position</i>	Diese Information ist abhängig vom Typ des Encoders oder Antriebs.
nStatus3	reserviert	
nStatus4	Optionaler feldbusabhängiger IO-Status wie <i>WcState</i> (Working Counter) bei EtherCAT oder <i>CdIState</i> bei Beckhoff Lightbus.	Bedeutung: 0 = I/O data valid 1 = I/O data invalid
nInData3	Verbunden (Mapping) mit <ul style="list-style-type: none"> <li>• SERCOS (S-0-0130): Touch probe position 1 (positive edge)</li> <li>• CANopen (0x60BA): Touch probe position 1 (positive edge)</li> </ul>	Diese Information ist abhängig vom Typ des Encoders oder Antriebs.
nInData4	Verbunden (Mapping) mit <ul style="list-style-type: none"> <li>• SERCOS (S-0-0131): Touch probe position 1 (negative edge)</li> <li>• CANopen (0x60BB): Touch probe position 1 (negative edge)</li> </ul>	Diese Information ist abhängig vom Typ des Encoders oder Antriebs.
nInData5	Verbunden (Mapping) mit <ul style="list-style-type: none"> <li>• SERCOS (S-0-0132): Touch probe position 2 (positive edge)</li> <li>• CANopen (0x60BC): Touch probe position 2 (positive edge)</li> </ul>	Diese Information ist abhängig vom Typ des Encoders oder Antriebs.
nInData6	Verbunden (Mapping) mit <ul style="list-style-type: none"> <li>• SERCOS (S-0-0133): Touch probe position 2 (negative edge)</li> <li>• CANopen (0x60BD): Touch probe position 2 (negative edge)</li> </ul>	Diese Information ist abhängig vom Typ des Encoders oder Antriebs.
nStatus5	Verbunden (Mapping) mit <ul style="list-style-type: none"> <li>• SERCOS (S-0-0409): Probe 1 positive edge latched</li> <li>• CANopen (0x60B9, low byte): Status touch probe 1 + 2</li> </ul>	Diese Information ist abhängig vom Typ des Encoders oder Antriebs.
nStatus6	Verbunden (Mapping) mit <ul style="list-style-type: none"> <li>• SERCOS (S-0-0410): Probe 1 negative edge latched</li> <li>• CANopen (0x60B9, high byte): Status touch probe 1 + 2</li> </ul>	Diese Information ist abhängig vom Typ des Encoders oder Antriebs.
nStatus7	Verbunden (Mapping) mit <ul style="list-style-type: none"> <li>• SERCOS (S-0-0411): Probe 2 positive edge latched</li> </ul>	Diese Information ist abhängig vom Typ des Encoders oder Antriebs.
nStatus8	Verbunden (Mapping) mit <ul style="list-style-type: none"> <li>• SERCOS (S-0-0412): Probe 2 negative edge latched</li> </ul>	Diese Information ist abhängig vom Typ des Encoders oder Antriebs.
nDclInputTime	Optional: Wird für die NC-Totzeitkompensation des Encoders verwendet.	

**Ausgangsdaten des Encoder-Prozessabbildes einer Achse**

I/O-Variable	Beschreibung	Anmerkung
nOutData1	Aktuelle Istposition des Encoders bzw. des Drives in <i>Inkrementen</i> , die die NC direkt von der Eingangsvariable <i>nInData1</i> auf die Ausgangsvariable <i>nOutData1</i> kopiert wird.	Einheit: Inkremente [INC] Datentyp: DINT
nOutData2	reserviert	
nCtrl1	Optionale Control-Informationen. Z. B. Kommunikation zum <i>Positions-Latch</i> , Kommunikation <i>Encoder Reset</i> , <i>Registerkommunikation</i>	Diese Information ist abhängig vom Typ des Encoders oder Antriebs.
nCtrl2	Zusätzliche optionale Control-Informationen. Z. B. Kommunikation zum <i>Positions-Latch</i> , Kommunikation <i>Encoder-Reset</i> , Kommunikation zum <i>Lesen einer Absolut-Position</i>	Diese Information ist abhängig vom Typ des Encoders oder Antriebs.
nCtrl3	reserviert	
nCtrl4	reserviert	
nOutData3	reserviert	
nOutData4	reserviert	
nOutData5	reserviert	
nOutData6	reserviert	
nCtrl5	Verbunden (Mapping) mit <ul style="list-style-type: none"> <li>SERCOS (S-0-0405, low byte): Probe 1 enable</li> <li>CANopen (0x60B8, low byte): Control Touch probe 1+2</li> </ul>	Diese Information ist abhängig vom Typ des Encoders oder Antriebs.
nCtrl6	Verbunden (Mapping) mit <ul style="list-style-type: none"> <li>SERCOS (S-0-0406, low byte): Probe 2 enable</li> <li>CANopen (0x60B8, high byte): Control Touch probe 1+2</li> </ul>	Diese Information ist abhängig vom Typ des Encoders oder Antriebs.
nCtrl7	reserviert	
nCtrl8	reserviert	

**Drive-Prozessabbild einer Achse**

Über das Drive-Prozessabbild werden unterschiedliche Antriebs-Hardware oder auch entsprechende Busklemmen (+/-10V, PWM etc.) angebunden. Soweit diese Hardware direkt vom System unterstützt wird, ist keine manuelle Konfiguration notwendig.



**Eingangsdaten des Drive-Prozessabbildes einer Achse**

I/O-Variable	Beschreibung	Anmerkung
nInData1	<p>Optionaler Schleppfehler (Lageregelabweichung, d. h. Sollposition minus Istposition) des IO Drives in <i>Inkrementen</i>. Ausschließlich für die Betriebsart <i>Cyclic Position Mode</i> (z. B. für EtherCAT, SERCOS, CANopen).</p> <p>Diese Größe wird von der NC entsprechend aufbereitet und mathematisch als „externer“ Schleppabstand in physikalischen Einheiten (z. B. in mm oder Grad) verarbeitet.</p> <p>Verbunden (Mapping) mit</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>SERCOS (S-0-0189): Following error</li> <li>CANopen (0x60F4): Following error actual value</li> </ul>	Diese Information ist abhängig vom Typ des Antriebs (z. B. von SERCOS und CANopen unterstützt).
nInData2	reserviert	



I/O-Variable	Beschreibung	Anmerkung
nStatus1	Optionale Status-Informationen. Z. B. <i>Drive-Fehler</i> , <i>Drive Enabled/Disabled</i> , <i>Kommunikation Antriebs-State-Machine</i> (z.B. EtherCAT, SERCOS, CANopen, Profibus), <i>Registerkommunikation</i> .	Diese Information ist abhängig vom Typ des Antriebs.
nStatus2	Zusätzliche optionale Status-Informationen. Z. B. <i>Drive-Fehler</i> , <i>Drive Enabled/Disabled</i> , <i>Kommunikation Antriebs-State-Machine</i> (z.B. EtherCAT, SERCOS, CANopen, Profibus), <i>Registerkommunikation</i> .	Diese Information ist abhängig vom Typ des Antriebs.
nStatus3	reserviert	
nStatus4	Optionaler feldbusabhängiger IO-Status wie <i>WcState</i> (Working Counter) bei EtherCAT oder <i>Cd/State</i> bei Beckhoff Lightbus.	Bedeutung: 0 = I/O data valid 1 = I/O data invalid
nInData3	Optionaler Drehmoment/Kraft-Istwert des IO Drives in Inkrementen. Diese Größe wird von der NC entsprechend aufbereitet und mathematisch als „ActTorque“ in physikalischen Einheiten (z. B. % oder A) verarbeitet. Verbunden (Mapping) mit <ul style="list-style-type: none"> <li>• SERCOS (S-0-0084): Torque feedback value</li> <li>• CANopen (0x6077): Torque actual value</li> </ul>	Diese Information ist abhängig vom Typ des Antriebs (z.B. von SERCOS und CANopen unterstützt).
nInData4	reserviert	
nInData5	reserviert	
nInData6	reserviert	
nStatus5	reserviert	
nStatus6	reserviert	
nStatus7	reserviert	
nStatus8	reserviert	
nDcOutputTime	Optional: Wird für die NC-Totzeitkompensation des Drives verwendet.	

### Ausgangsdaten des Drive-Prozessabbildes einer Achse

I/O-Variable	Beschreibung	Anmerkung
nOutData1	Aktuelle Sollgeschwindigkeit oder aktuelle Sollposition in <i>Inkrementen</i> . Die Sollgeschwindigkeit bzw. die Sollposition der NC in physikalischen Einheiten, wie z. B. mm oder Grad, wird von der NC mathematisch in einen Inkrementalwert zurückgerechnet und zum Antrieb übertragen. Hierbei werden Überläufe des Inkrementalwertes in der Sollposition von der NC berücksichtigt. Je nach Drive-Typ wird eine Normierung der Sollgeschwindigkeit bzw. der Sollposition in <i>Inkrementen</i> vorgenommen. Wenn der Drive-Typ <i>Universal-Drive</i> gewählt wurde, enthält nOutData1 die Gesamtgeschwindigkeit (inkl. Lageregelanteil) mit Vorzeichen.	Diese Information ist abhängig vom Typ des Antriebs
nOutData2	Aktuelle Sollgeschwindigkeit oder aktuelle Sollposition in <i>Inkrementen</i> . Die Sollgeschwindigkeit bzw. die Sollposition der NC in physikalischen Einheiten, wie z.B. mm oder Grad, wird von der NC mathematisch in einen Inkrementalwert zurückgerechnet und zum Antrieb übertragen. Hierbei werden Überläufe des Inkrementalwertes in der Sollposition von der NC berücksichtigt.	Diese Information ist abhängig vom Typ des Antriebs

I/O-Variable	Beschreibung	Anmerkung
	Je nach Drive-Typ wird eine Normierung der Sollgeschwindigkeit bzw. der Sollposition in <i>Inkrementen</i> vorgenommen. Wenn der Drive-Typ <i>Universal-Drive</i> gewählt wurde, enthält nOutData2 den Betrag der Gesamtgeschwindigkeit (inkl. Lageregelanteil, ohne Vorzeichen).	
nCtrl1	Optionale Control-Information: Z. B.: <i>Drive-Reset, Drive Enable/Disable, Kommunikation Antriebs-State-Machine</i> (z. B. EtherCAT, SERCOS, CANopen, Profibus), <i>Registerkommunikation</i> .	Diese Information ist abhängig vom Typ des Antriebs
nCtrl2	Zusätzliche optionale Control-Information: Digitale Richtungsangabe der Sollwertgenerierung (entspricht dem Vorzeichen der Sollgeschwindigkeit, also ohne Lageregler)  Digital Outputs Setpoint Generator: 0x41 (0100 0001) = Minus 0x42 (0100 0010) = Plus 0x80 (1000 0000) = Stop Die einzige Ausnahme stellt der Antrieb AX2xxx-B200/B900 dar. Hier wird mit der Antriebs-State-Machine kommuniziert.	Diese Information ist abhängig vom Typ des Antriebs (Ausnahme AX2xxx B200 und B900)
nCtrl3	Zusätzliche optionale Control-Information: Digitale Richtungsangabe bzw. Fahrstufen der Gesamtausgabe (Summe aus Sollwertgenerierung und Lageregler) Digital Outputs (Setpoint Generator + Position Controller): 0x41 (0100 0001) = Minus 0x42 (0100 0010) = Plus 0x80 (1000 0000) = Stop	
nCtrl4	reserviert	
nOutData3	Aktuelle Sollbeschleunigung (2te zeitliche Ableitung der Sollposition) in <i>Inkrementen</i> . Optional kann es auch das aktuelle Soll-Moment in Inkrementen enthalten (z. B. von einer erweiterten Transformation mit dynamischem Modell).  Die Sollbeschleunigung und das Soll-Moment können entweder jeweils einzeln oder auch als Summe der Einzelgrößen vorliegen (je nach Parametrierung der Ausgabeskalierungen).  Die Ausgabegröße ist vorzeichenbehaftet.	Diese Information ist abhängig vom Typ des Antriebs
nOutData4	reserviert	
nOutData5	reserviert	
nOutData6	reserviert	
nCtrl5	reserviert	
nCtrl6	reserviert	
nCtrl7	reserviert	
nCtrl8	reserviert	

## 5.7 Zyklische NC/SPS Interfaces

### 5.7.1 Achs-Interface NC → SPS (128 Byte)

#### TYPE NCTOPLC\_AXLESTRUCT

```

TYPE NCTOPLC_AXLESTRUCT
STRUCT
    nStateDWord      : DWORD; (* Status double word *)
    
```

```

nErrorCode      : DWORD; (* Axis error code *)
nAxisState      : DWORD; (* Axis moving status *)
nAxisModeCon    : DWORD; (* Axis mode confirmation (feedback from NC) *)
nCalibrationState : DWORD; (* State of axis calibration (homing) *)
nCoupleState    : DWORD; (* Axis coupling state *)
nSvbEntries     : DWORD; (* SVB entries/orders (SVB = Set preparation task) *)
nSafEntries     : DWORD; (* SAF entries/orders (SAF = Set execution task) *)
nAxisId        : DWORD; (* Axis ID *)
nOpModeDWord   : DWORD; (* Current operation mode *)
nReserved2_HIDDEN : DWORD; (* reserved *)
fPosIst        : LREAL; (* Actual position (absolut value from NC) *)
fModuloPosIst   : LREAL; (* Actual position as modulo value (e.g. in degrees) *)
nModuloTurns   : DINT; (* Actual modulo turns *)
fVeloIst       : LREAL; (* Actual velocity (optional) *)
fPosDiff       : LREAL; (* Position difference (lag distance) *)
fPosSoll       : LREAL; (* Setpoint position *)
fVeloSoll      : LREAL; (* Setpoint velocity *)
fAccSoll       : LREAL; (* Setpoint acceleration, OLD: "fReserve1_HIDDEN" *)
fReserve2_HIDDEN : LREAL; (* reserved *)
fReserve3_HIDDEN : LREAL; (* reserved *)
fReserve4_HIDDEN : LREAL; (* reserved *)
END_STRUCT
END_TYPE

```

## TYPE NCTOPLC\_AXLESTRUCT2

```
TYPE NCTOPLC_AXLESTRUCT2
```

```
STRUCT
```

```

nStateDWord      : DWORD; (* Status double word *)
nErrorCode      : DWORD; (* Axis error code *)
nAxisState      : DWORD; (* Axis moving status *)
nAxisModeCon    : DWORD; (* Axis mode confirmation (feedback from NC) *)
nCalibrationState : DWORD; (* State of axis calibration (homing) *)
nCoupleState    : DWORD; (* Axis coupling state *)
nSvbEntries     : DWORD; (* SVB entries/orders (SVB = Set preparation task) *)
nSafEntries     : DWORD; (* SAF entries/orders (SAF = Set execution task) *)
nAxisId        : DWORD; (* Axis ID *)
nOpModeDWord   : DWORD; (* Current operation mode *)
nActiveControlLoopIndex : WORD; (* Active control loop index (equivalent to old variable "nCtrl
LoopIndex" *) *)
nControlLoopIndex : WORD; (* Axis control loop index (0, 1, 2, ... when multiple control lo
ops are used) *)
fPosIst        : LREAL; (* Actual position (absolut value from NC) *)
fModuloPosIst   : LREAL; (* Actual position as modulo value (e.g. in degrees) *)
nModuloTurns   : DINT; (* Actual modulo turns *)
fVeloIst       : LREAL; (* Actual velocity (optional) *)
fPosDiff       : LREAL; (* Position difference (lag distance) *)
fPosSoll       : LREAL; (* Setpoint position *)
fVeloSoll      : LREAL; (* Setpoint velocity *)
fAccSoll       : LREAL; (* Setpoint acceleration, OLD: "fReserve1_HIDDEN" *)
fPosTarget     : LREAL; (* Estimated target position *)
fModuloPosSoll  : LREAL; (* Setpoint modulo position (e.g. in degrees) *)
nModuloTurnsSoll : DINT; (* Setpoint modulo turns *)
nCmdNo        : WORD; (* Continuous actual command number *)
nCmdState     : WORD; (* Command state *)
END_STRUCT
END_TYPE

```

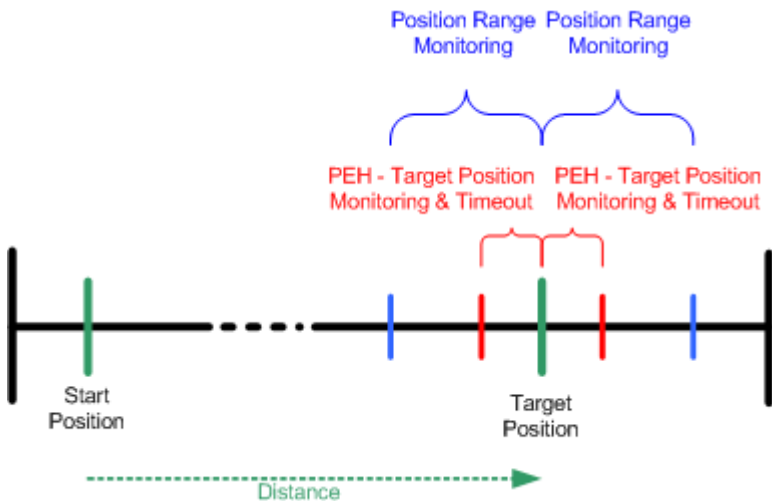
Nr.	Datentyp	Byte	Bit	Def.- Be- reich	Variablenname	Variablenname (ab 2.11 bzw. TcMc2)	Beschreibung
1	UINT32	0-3	-	-	nStateDWord	StateDWord	Status-Doppelwort. Siehe auch detaillierte <a href="#">Beschreibung des StateDWord</a> <a href="#">[► 55]</a>
			0	0/1	Operational	Operational	Achse ist betriebsbereit
			1	0/1	Homed	Homed	Achse ist referenziert („Achse geeicht“)
			2	0/1	NotMoving	NotMoving	Achse ist im logischen Stillstand („Achse fährt nicht“)
			3	0/1	InPositionArea	InPositionArea	Achse ist im Positionsbereichsfenster (physikalische Rückmeldung)

Nr.	Datentyp	Byte	Bit	Def.-Bereich	Variablenname	Variablenname (ab 2.11 bzw. TcMc2)	Beschreibung
			4	0/1	InTargetPosition	InTargetPosition	Achse ist in Zielposition (PEH) (physikalische Rückmeldung)
			5	0/1	Protected	Protected	Achse ist in geschützter Betriebsart (z. B. Slave-Achse)
			6	0/1	ErrorPropagation Delayed	ErrorPropagationDelayed	Achse signalisiert eine Fehlervorwarnung (ab TC 2.11)
			7	0/1	HasBeenStopped	HasBeenStopped	Achse ist gestoppt worden bzw. führt einen Stopp aus
			8	0/1	HasJob	HasJob	Achse hat Auftrag, führt Auftrag aus
			9	0/1	PositiveDirection	PositiveDirection	Achse fährt logisch größer
			10	0/1	NegativeDirection	NegativeDirection	Achse fährt logisch kleiner
			11	0/1	HomingBusy	HomingBusy	Achse referenziert („Achse wird geeicht“)
			12	0/1	ConstantVelocity	ConstantVelocity	Achse hat V-Konst bzw. Drehzahl erreicht
			13	0/1	Compensating	Compensating	Streckenkompensation passiv[0]/aktiv[1] (siehe MC_MoveSuperImposed)
			14	0/1	ExtSetPointGenEnabled	ExtSetPointGenEnabled	Externe Sollwertgenerierung freigegeben
			15	0/1			Betriebsart noch nicht ausgeführt (Busy). Noch nicht freigegeben!
			16	0/1	ExternalLatchValid	ExternalLatchValid	Externer Latchwert bzw. Messtaster gültig geworden
			17	0/1	NewTargetPos	NewTargetPos	Achse hat neue Endposition bzw. neue Geschwindigkeit erhalten
			18	0/1			Achse nicht in Zielposition bzw. kann/wird diese nicht erreichen (z. B. Achs-Stopp). Noch nicht freigegeben!
			19	0/1	ContinuousMotion	ContinuousMotion	Achse führt Endlos-Positionierauftrag aus
			20	0/1	ControlLoopClosed	ControlLoopClosed	Achse betriebsbereit und Achsregelkreis geschlossen (z.B. Lageregelung)
			21	0/1	CamTableQueued	CamTableQueued	Neue Tabelle steht für „Online Change“ bereit und wartet auf Aktivierung
			22	0/1	CamDataQueued	CamDataQueued	Tabellendaten (MF) stehen für „Online Change“ bereit und warten auf Aktivierung
			23	0/1	CamScalingPending	CamScalingPending	Tabellenskalierungen stehen für „Online Change“ bereit und warten auf Aktivierung
			24	0/1	CmdBuffered	CmdBuffered	Nachfolgekommmando liegt im Auftragspuffer bereit (siehe Buffer Mode) (ab TwinCAT V2.10 Build 1311)

Nr.	Datentyp	Byte	Bit	Def.-Bereich	Variablenname	Variablenname (ab 2.11 bzw. TcMc2)	Beschreibung
			25	0/1	PTPmode	PTPmode	Achse in PTP Betriebsart (kein Slave, keine NCI-Achse, keine FIFO-Achse) (ab TC 2.10 Build 1326)
			26	0/1	SoftLimitMinExceeded	SoftLimitMinExceeded	Software Endlage Minimum ist aktiv/belegt (ab TC 2.10 Build 1327)
			27	0/1	SoftLimitMaxExceeded	SoftLimitMaxExceeded	Software Endlage Maximum ist aktiv/belegt (ab TC 2.10 Build 1327)
			28	0/1	DriveDeviceError	DriveDeviceError	Antriebshardware hat einen Fehler (keine Warnung), Interpretation nur möglich wenn Antrieb im IO-Datenaustausch, z. B. EtherCAT „OP“-State (ab TC 2.10 Build 1326)
			29	0/1	MotionCommandsLocked	MotionCommandsLocked	Achse ist gesperrt für Bewegungskommandos (TcMc2)
			30	0/1	IoDataInvalid	IoDataInvalid	IO Daten ungültig (z. B. „WcState“ oder „CdlState“ des Feldbusses)
			31	0/1	Error	Error	Achse ist im Fehlerzustand
2	UINT32	4-7	-	≥0	nErrorCode	ErrorCode	Fehlercode Achse
3	UINT32	8-11	-	ENUM	nAxisState	AxisState	Bewegungszustand der Achse
4	UINT32	12-15	-	ENUM	nAxisModeCon	AxisModeConfirmation	Betriebsart der Achse (Rückmeldung der NC)
5	UINT32	16-19	-	ENUM	nCalibrationState	HomingState	Referenzierstatus der Achse („Eichstatus“)
6	UINT32	20-23	-	ENUM	nCoupleState	CoupleState	Koppelstatus der Achse
7	UINT32	24-27	-	≥0	nSvbEntries	SvbEntries	SVB-Einträge/Aufträge
8	UINT32	28-31	-	≥0	nSafEntries	SafEntries	SAF-Einträge/Aufträge (NC-Interpreter, Fifo-Gruppe)
9	UINT32	32-35	-	>0	nAxisId	AxisId	Achs-ID
10	UINT32	36-39	-	-	nOpModeDWord, bOpMode	OpModeDWord, OpMode...	Achs-Betriebsart-Doppelwort
			0	0/1	PosAreaMonitoring	...PosAreaMonitoring	Positionsbereichsüberwachung
			1	0/1	TargetPosMonitoring	...TargetPosMonitoring	Zielpositionsfensterüberwachung
			2	0/1	Loop	...Loop	Schleifenweg
			3	0/1	MotionMonitoring	...MotionMonitoring	Physikalische Bewegungsüberwachung
			4	0/1	PEHTimeMonitoring	...PEHTimeMonitoring	PEH-Zeitüberwachung
			5	0/1	BacklashComp	...BacklashComp	Losekompensation
			6	0/1	DelayedErrorReaction	...DelayedErrorReaction	Verzögerte Fehlerreaktion der NC
			7	0/1	Modulo	...Modulo	Modulo-Achse (Modulo-Anzeige)
			8-15	0/1			RESERVE

Nr.	Datentyp	Byte	Bit	Def.-Bereich	Variablenname	Variablenname (ab 2.11 bzw. TcMc2)	Beschreibung
			16	0/1	PosLagMonitoring	...PosLagMonitoring	Schleppabstandsüberwachung Position
			17	0/1	VeloLagMonitoring	...VeloLagMonitoring	Schleppabstandsüberwachung Geschwindigkeit
			18	0/1	SoftLimitMinMonitoring	...SoftLimitMinMonitoring	Endlagenüberwachung Min.
			19	0/1	SoftLimitMaxMonitoring	...SoftLimitMaxMonitoring	Endlagenüberwachung Max.
			20	0/1	PosCorrection	...PosCorrection	Positionskorrektur („Messsystemfehlerkompensation“)
			21	0/1	AllowSlaveCommands	...AllowSlaveCommands	Erlaube Bewegungskommandos an Slave-Achsen
			22	0/1			RESERVE
			23	0/1	ApplicationRequest	ApplicationRequest	Anforderungs-Bit für die Anwendersoftware (SPS-Code) für z. B. einen „ApplicationHomingRequest“ ab TwinCAT V2.11 Build 1546
			24-31	0/1			RESERVE
11	UINT16	40-41	-	≥0	nActiveControlLoopIndex	ActiveControlLoopIndex	Aktiver Achsregelkreis Index (identisch mit alter Variable "nCtrlLoopIndex") ab TwinCAT V2.10 Build 1311
12	UINT16	42-43	-	≥0	nControlLoopIndex	ControlLoopIndex	Achsregelkreis Index (0, 1, 2, wenn mehrere Achsregelkreise verwendet werden) ab TwinCAT V2.10 Build 1311
13	REAL64	44-51	-	±∞	fPosIst	ActPos	Istposition (verrechneter Absolutwert)
14	REAL64	52-59	-	>∞	fModuloPosIst	ModuloActPos	Modulo-Istposition (verrechneter Wert z.B. in Grad)
15	INT32	60-63	-	±∞	nModuloTurns	ModuloActTurns	Modulo-Ist-Umdrehungen
16	REAL64	64-71	-	±∞	fVeloIst	ActVelo	Istgeschwindigkeit (optional)
17	REAL64	72-79	-	±∞	fPosDiff	PosDiff	Schleppabstand (Position)
18	REAL64	80-87	-	±∞	fPosSoll	SetPos	Sollposition (verrechneter Absolutwert)
19	REAL64	88-95	-	±∞	fVeloSoll	SetVelo	Sollgeschwindigkeit
20	REAL64	96-103	-	±∞	fAccSoll	SetAcc	Sollbeschleunigung
21	REAL64	104-111	-	±∞	fPosTarget	TargetPos	Voraussichtliche Zielposition der Achse ab TwinCAT V2.10 Build 1311
22	REAL64	112-119	-	>∞	fModuloPosSoll	ModuloSetPos	Modulo Sollposition (verrechneter Wert z.B. in Grad) ab TwinCAT V2.10 Build 1311
23	INT32	120-123	-	±∞	nModuloTurnsSoll	ModuloSetTurns	Modulo Soll-Umdrehungen

Nr.	Datentyp	Byte	Bit	Def.- Be- reich	Variablenname	Variablenname (ab 2.11 bzw. TcMc2)	Beschreibung
							ab TwinCAT V2.10 Build 1311
24	UINT16	124-1 25	-	≥0	nCmdNo	CmdNo	Kommandonummer des aktiven Auftrags der Achse (siehe Buffer Mode) ab TwinCAT V2.10 Build 1311
25	UINT16	126-1 27	-	≥0	nCmdState	CmdState	Kommando Statusinformation (siehe Buffer Mode) ab TwinCAT V2.10 Build 1311



Beschreibung der Inhalte der einzelnen Felder:

Define	Referenzierstatus der Achse (nCalibrationState bzw. HomingState)
0	Referenziervorgang fertig (READY)
1	Endlosstart in Richtung der Referenziernocke. <b>Info:</b> Wenn die Nocke zu Beginn belegt ist, dann wird direkt mit Referenzierstatus 3 begonnen.
2	Warten auf positive Flanke der Referenziernocke und Achsstopp einleiten
3	Warten bis Achse im Stillstand (Prüfung ob Nocke noch belegt ist) und dann Endlosstart vom Referenziernocken in Richtung Syncimpuls
4	Warten auf fallende Flanke der Referenziernocke
5	Latch aktivieren, warten bis Latch gültig geworden ist und dann den Achsstopp einleiten
6	Wenn Achse im Stillstand dann Istposition setzen (Istposition = Referenzposition + Bremsweg)

Siehe auch: Anmerkungen zu [MC\\_Home](#)

Define	Koppelstatus der Achse (nCoupleState bzw. CoupleState)
0	Singleachse, die weder Master noch Slave ist (SINGLE)
1	Masterachse mit beliebiger Anzahl Slaves (MASTER)
2	Slave-Achse, die Master eines anderen Slaves ist (MASTER-SLAVE)
3	Nur Slave-Achse (SLAVE)
Define	Master: Bewegungszustand / Fahrphase der kontinuierlichen Masterachse (Servo) (nAxisState bzw. AxisState)
0	Sollwertgenerator nicht aktiv (INACTIVE)
1	Sollwertgenerator aktiv (RUNNING)
2	Geschwindigkeitsoverride ist Null (OVERRIDE_ZERO)
3	Konstante Geschwindigkeit (PHASE_VELOCONST)
4	Beschleunigungsphase (PHASE_ACCPOS)
5	Verzögerungsphase (PHASE_ACCNEG)



Define	Koppelstatus der Achse (nCoupleState bzw. CoupleState)
Define	Master: Bewegungszustand / Fahrphase der diskreten Masterachse (Eil/Schleich) (nAxisState bzw. AxisState)
0	Sollwertgenerator nicht aktiv
1	Fahrphase (Eilgang bzw. Schleichgang)
2	Umschaltverzögerung von Eil- auf Schleichgang
3	Schleichfahrt (innerhalb vom Schleichweg)
4	Bremszeit (beginnend ab Bremsweg vor dem Ziel)
Define	Slave: Bewegungszustand / Fahrphase der kontinuierlichen Slaveachse (Servo) (nAxisState bzw. AxisState) Anmerkung: vorerst nur für Slaves vom Typ Synchronisierungsgenerator!
0	Slavegenerator nicht aktiv (INACTIVE)
11	Slave befindet sich in einer Bewegungs-Vorphase (PREPHASE)
12	Slave ist am Aufsynchronisieren (SYNCHRONIZING)
13	Slave ist aufsynchronisiert und fährt synchron (SYNCHRON)

**Voraussetzungen**

Entwicklungsumgebung	Zielplattform	Einzubindende SPS Bibliotheken
TwinCAT v2.7.0	PC (i386)	PlcNc.Lib
TwinCAT v2.8.0	PC (i386)	TcNC.Lib

**5.7.2 Beschreibung des StateDWord**

Das StateDWord ist in 32-Bit-Datenwort im zyklischen Achsinterface NC --> SPS [► 49]. Die detaillierte Funktion jedes Status-Bits in diesem Datenwort wird in der folgenden Tabelle beschrieben.

**Voraussetzungen**

Bit	Variable-Name	Beschreibung
0	Operational	Achse ist betriebsbereit
1	Homed	Achse ist referenziert („Achse geeicht“)
2	NotMoving	Achse ist im logischen Stillstand („Achse fährt nicht“)
3	InPositionArea	Achse ist im Positionsbereichsfenster (physikalische Rückmeldung)
4	InTargetPosition	Achse ist in Zielposition (PEH) (physikalische Rückmeldung)
5	Protected	Achse ist in geschützter Betriebsart (z. B. Slave-Achse)
6	ErrorPropagationDelayed	Achse signalisiert eine Fehlervorwarnung (ab TC 2.11)
7	HasBeenStopped	Achse ist gestoppt worden bzw. führt einen Stopp aus
8	HasJob	Achse hat Auftrag, führt Auftrag aus
9	PositiveDirection	Achse fährt logisch größer
10	NegativeDirection	Achse fährt logisch kleiner
11	HomingBusy	Achse referenziert („Achse wird geeicht“)
12	ConstantVelocity	Achse hat V-Konst bzw. Drehzahl erreicht
13	Compensating	Streckenkompensation passiv[0]/aktiv[1] (siehe MC_MoveSuperImposed)
14	ExtSetPointGenEnabled	Externe Sollwertgenerierung freigegeben
15		Betriebsart noch nicht ausgeführt (Busy). Noch nicht freigegeben!
16	ExternalLatchValid	Externer Latchwert bzw. Messtaster gültig geworden
17	NewTargetPos	Achse hat neue Endposition bzw. neue Geschwindigkeit erhalten
18		Achse nicht in Zielposition bzw. kann/wird diese nicht erreichen (z. B. Achs-Stopp). Noch nicht freigegeben!
19	ContinuousMotion	Achse führt Endlos-Positionierauftrag aus

Bit	Variable-Name	Beschreibung
20	ControlLoopClosed	Achse betriebsbereit und Achsregelkreis geschlossen (z. B. Lageregelung)
21	CamTableQueued	Neue Tabelle steht für „Online Change“ bereit und wartet auf Aktivierung
22	CamDataQueued	Tabellendaten (MF) stehen für „Online Change“ bereit und warten auf Aktivierung
23	CamScalingPending	Tabellenskalierungen stehen für „Online Change“ bereit und warten auf Aktivierung
24	CmdBuffered	Nachfolgekommmando liegt im Auftragspuffer bereit (siehe Buffer Mode) (ab TwinCAT V2.10 Build 1311)
25	PTPmode	Achse in PTP Betriebsart (kein Slave, keine NCI-Achse, keine FIFO-Achse) (ab TC 2.10 Build 1326)
26	SoftLimitMinExceeded	Software Endlage Minimum ist aktiv/belegt (ab TC 2.10 Build 1327)
27	SoftLimitMaxExceeded	Software Endlage Maximum ist aktiv/belegt (ab TC 2.10 Build 1327)
28	DriveDeviceError	Antriebshardware hat einen Fehler (keine Warnung), Interpretation nur möglich wenn Antrieb im IO-Datenaustausch, z. B. EtherCAT "OP"-State (ab TC 2.10 Build 1326)
29	MotionCommandsLocked	Achse ist gesperrt für Bewegungskommandos (TcMc2)
30	IoDataInvalid	IO-Daten ungültig (z. B. „WcState“ oder „CdlState“ des Feldbusses)
31	Error	Achse ist im Fehlerzustand

### 5.7.3 Achs-Interface SPS → NC (128 Byte)

#### TYPE PLCTONC\_AXLESTRUCT

```

TYPE PLCTONC_AXLESTRUCT
STRUCT
  nDeCtrlDWord      : DWORD; (* control double word *)
  nOverride         : DWORD; (* velocity override *)
  nAxisModeReq      : DWORD; (* axis operating mode (PLC request) *)
  nAxisModeDWord    : DWORD; (* *)
  fAxisModeLReal    : LREAL; (* *)
  fActPosCorrection : LREAL; (* correction value for current position *)
  fExtSetPos        : LREAL; (* external position setpoint *)
  fExtSetVelo       : LREAL; (* external velocity setpoint *)
  fExtSetAcc        : LREAL; (* external acceleration setpoint *)
  nExtSetDirection  : DINT;  (* external direction setpoint *)
  nReserved1        : DWORD; (* reserved *)
  fExtCtrlOutput    : LREAL; (* external controller output *)
  nReserved_HIDDEN  : ARRAY [72..127] OF BYTE;
END_STRUCT
END_TYPE

```

Für jede NC-Achse steht ein Datenblock von 128 Byte für den Datentransport NC → SPS und ein ebenfalls 128 Byte großer Datenblock für den Datentransport SPS → NC zur Verfügung. Der SPS-Programmierer muss für jede Richtung und jede Achse eine Variable erzeugen und sie im E/A-Bereich mit der AT-Anweisung auf den Input- und Outputbereich fixieren. Die Zuordnung zwischen den NC-Variablen und den SPS-Variablen geschieht mittels des TwinCAT System Managers.

Nr.	Datentyp	Byte	Bit	Def.-Bereich	Variablenname	Variablenname (ab 2.11 bzw. TcMc2)	Beschreibung
1	UINT32	0-3	-	0/1	nDeCtrlDWord	ControlDWord	Kontroll-Doppelwort
			0	0/1	Enable	Enable	Reglerfreigabe
			1	0/1	FeedEnablePlus	FeedEnablePlus	Vorschubfreigabe Plus
			2	0/1	FeedEnableMinus	FeedEnableMinus	Vorschubfreigabe Minus

Nr.	Datentyp	Byte	Bit	Def.-Bereich	Variablenname	Variablenname (ab 2.11 bzw. TcMc2)	Beschreibung
			3	0/1	-	-	RESERVE
			4	0/1	-	-	RESERVE
			5	0/1	HomingSensor	HomingSensor	Referenziernocke bzw. Referenziersensor
			6	0/1	-	-	RESERVE
			7	0/1	-	-	RESERVE
			8	0/1	AcceptBlockedDrive	AcceptBlockedDrive	Akzeptiere Sperre der Sollwertübernahme des Drives (z. B. Hardware Endlagen) ab TwinCAT V2.10 Build 1311
			9	0/1	BlockedDriveDetected	BlockedDriveDetected	Anwendersignal <i>Achse ist blockiert</i> (z. B. mechanischer Festanschlag). Noch nicht freigegeben!
			10-29	0/1	-	-	RESERVE
			30	0/1	PlcDebugFlag	PlcDebugFlag	Debug-Funktion PLC. Nur für internen Gebrauch!
			31	0/1	NcDebugFlag	NcDebugFlag	Debug-Funktion NC. Nur für internen Gebrauch!
2	UINT32	4-7	-	0...1000000	nOverride	Override	Geschwindigkeits-Override (0% bis 100%)
3	UINT32	8-11	-		nAxisModeReq	AxisModeRequest	Betriebsart der Achse. Nur für interne Verwendung vorgesehen !
4	UINT32	12-15	-		nAxisModeDWord	AxisModeDWord	Nur für interne Verwendung vorgesehen !
5	REAL64	16-23	-		fAxisModeLReal	AxisModeLReal	Nur für interne Verwendung vorgesehen !
6	REAL64	24-31	-		fActPosCorrection	PositionCorrection	Istpositionskorrekturwert
7	REAL64	32-39	-		fExtSetPos	ExtSetPos	Externe Sollposition
8	REAL64	40-47	-		fExtSetVelocity	ExtSetVelocity	Externe Sollgeschwindigkeit
9	REAL64	48-55	-		fExtSetAcc	ExtSetAcc	Externe Sollbeschleunigung
10	INT32	56-59	-		nExtSetDirection	ExtSetDirection	Externe Sollfahrrichtung [-1,0,1]
11	UINT32	60-63	-		nReserved1	-	RESERVE
12	REAL64	64-71	-		fExtCtrlOutput	ExtControllerOutput	Externe Reglerausgabe. Noch nicht freigegeben!
13	REAL64	72-79	-	$\pm\infty$	-	GearRatio1	Getriebefaktor (Koppelfaktor) 1
14	REAL64	80-87	-	$\pm\infty$	-	GearRatio2	Getriebefaktor (Koppelfaktor) 2
15	REAL64	88-95	-	$\pm\infty$	-	GearRatio3	Getriebefaktor (Koppelfaktor) 3
16	REAL64	96-103	-	$\pm\infty$	-	GearRatio4	Getriebefaktor (Koppelfaktor) 4
17	-	104-127	-	-	nReserved	-	RESERVE

## Voraussetzungen

Entwicklungsumgebung	Zielplattform	Einzubindende SPS Bibliotheken
TwinCAT v2.7.0	PC (i386)	PlcNc.Lib
TwinCAT v2.8.0	PC (i386)	TcNC.Lib

## 5.7.4 Diskrete Eil-/Schleich-Achse (Two Speed)

Wertebereich Startgeschwindigkeit V	Interpretation der Startgeschwindigkeit bei Override 100% (geforderte Fahrgeschwindigkeit /Fahrstufe)
$V > 50$	Eilgang
$0 < V \leq 50$	Schleichgang
$V \leq 0$	FEHLER
Wertebereich Override X	Interpretation des Overridewertes ( 100% = 1.000.000 )
$X > 50\%$ (500000)	Eilgang
$0\% < X \leq 50\%$ (500000)	Schleichgang
$X = 0\%$	Stillstand (Toleranzfenster: $<100 = <0.01\%$ )



Eine Override-Änderung (auch Override = 0) wird nur innerhalb der Hauptfahrphase [► 14] wirksam.

Wenn der Override innerhalb einer der Bremsphasen [► 14] auf 0 gesetzt wird, wird die eingeleitete Bremsphase unbeeinflusst beendet.

## 5.7.5 Drive-Interface für Eil-/Schleich-Achsen NC → IO (12 Byte)

Nr.	Datentyp	Byte	Bit	Def.-Bereich	Variablenname	Beschreibung
1	UINT32	0-3	-	-	nOutData1	Drive-Output Ausgabedaten 1 (NC->IO)
2	UINT32	4-7	-	-	nOutData2	Drive-Output Ausgabedaten 2 (NC->IO)
3	UINT8	8	-	-	nControlByte	Control-Byte
			0	0/1	bMinusHigh	Richtung: Negativ Geschwind.: Schnell
			1	0/1	bMinusLow	Richtung: Negativ Geschwind.: Langsam
			2	0/1	bPlusLow	Richtung: Positiv Geschwind.: Langsam
			3	0/1	bPlusHigh	Richtung: Positiv Geschwind.: Schnell
			4	0/1	-	RESERVE
			5	0/1	-	RESERVE
			6	0/1	bBreakInv	Inverses Bremsbit (0 = AKTIV, 1 = PASSIV)
			7	0/1	bBreak	Bremsbit (0 = PASSIV, 1 = AKTIV)
4	UINT8	9	-	-	nExtControlByte	Extended Control Byte
			0	0/1	bDirectionMinus	Richtung: Negativ
			1	0/1	bDirectionPlus	Richtung: Positiv
			2	0/1	bVeloLow	Geschwindigkeit: Langsam
			3	0/1	bVeloHigh	Geschwindigkeit: Schnell
			4	0/1	-	RESERVE
			5	0/1	-	RESERVE

Nr.	Datentyp	Byte	Bit	Def.-Bereich	Variablenname	Beschreibung
			6	0/1	bBreakInv	Inverses Bremsbit (0 = AKTIV, 1 = PASSIV)
			7	0/1	bBreak	Bremsbit (0 = PASSIV, 1 = AKTIV)
5	UINT16	10-11	-	-	nReserved	Reserve-Bytes



Ein Achsstart wird nur innerhalb einer Entfernung zum Zielpunkt ausgeführt, die echt größer als der parametrisierte Bremsweg ist.

### 5.7.6 „Low Cost“-Schrittmotor-Achse mit digitaler Ansteuerung (Stepper)

Drive-Interface für „Low Cost“-Schrittmotor-Achse NC → IO (12 Byte)

Nr.	Datentyp	Byte	Bit	Def. Bereich	Variable-Name	Beschreibung
1	INT32	0-3	-	-	nOutData1	Drive-Output Ausgabedaten 1 (NC->IO)
2	INT32	4-7	-	-	nOutData2	Drive-Output Ausgabedaten 2 (NC->IO)
3	UINT8	8	-	-	nControlByte	Control-Byte
3.0	...	8	0	0/1	bPhaseA	Phase A
3.1	...	8	1	0/1	bPhaseAInv	Phase A Invers
3.2	...	8	2	0/1	bPhaseB	Phase B
3.3	...	8	3	0/1	bPhaseBInv	Phase B Invers
3.4	...	8	4	0/1	-	RESERVE
3.5	...	8	5	0/1	-	RESERVE
3.6	...	8	6	0/1	bBreakInv	Inverses Bremsbit (0 = AKTIV, 1 = PASSIV)
3.7	...	8	7		bBreak	Bremsbit (1 = AKTIV, 0 = PASSIV)
4	UINT8	9	-	-	nExtControlByte	Extended Control Byte
4.0	...	9	0	0/1	bFrequency	Frequenz (Rechtecksignal)
4.1	...	9	1	0/1	bDirectionPlus	Richtung: Positiv
4.2	...	9	2	0/1	-	RESERVE
4.3	...	9	3	0/1	-	RESERVE
4.4	...	9	4	0/1	-	RESERVE
4.5	...	9	5	0/1	-	RESERVE
4.6	...	9	6	0/1	-	RESERVE
4.7	...	9	7	0/1	-	RESERVE
5	UINT16	10-11	-	-	nReserved	Reserve-Bytes

## 6 Achsinbetriebnahme

### Allgemeines

Zur Achsinbetriebnahme [▶ 60] gehören insbesondere die Kenntnis und Nutzung der NC-Sicherheitsfunktionalitäten sowie das Ergreifen der notwendigen Sicherheitsvorkehrungen und die Einhaltung einer bestimmten Reihenfolge der Inbetriebnahmeschritte der Achsbestandteile (Encoder, Antrieb und Regler) sowie die Einstellung der Achsparameter.

### Encoder und Istwerte

Ermittlung und Einstellung der wichtigsten Encoder-Parameter [▶ 62]: Encoder-Polarität, Skalierung (Inkrement pro mm), Positionsoffset (Nullpunktverschiebung).

### Antrieb und Spannungsausgabe

Ermittlung und Einstellung [▶ 64] der wichtigsten Antriebsparameter: Antrieb-Polarität, Referenzausgabe (Bezugsausgabe), Referenzgeschwindigkeit (Bezugsgeschwindigkeit), Driftkompensation.

### Lagereglung und Schleppabstandsreduzierung

Ermittlung und Einstellung der wichtigsten Lageregler-Parameter [▶ 66]: Kv-Faktor und Parameter zur Schleppabstandsreduzierung.

### Achsparameter, Achsüberwachung und Achskalibrierung

Ermittlung und Einstellung der wichtigsten Achsparameter [▶ 67]: Maximalgeschwindigkeit, Schleppabstandsüberwachung, Endlagenüberwachung sowie der Parameter zur Dynamik und Kalibrierung.

## 6.1 Allgemeines

Zur Achsinbetriebnahme gehören insbesondere die Kenntnis und Nutzung der NC-Sicherheitsfunktionalitäten sowie das Ergreifen der notwendigen Sicherheitsvorkehrungen sowie die Einhaltung einer bestimmten Reihenfolge der Inbetriebnahmeschritte.

### ⚠ GEFAHR

#### Verletzungsgefahr durch Bewegung von Achsen!

Durch die Inbetriebnahme kommt es zu einer Bewegung von Achsen.

- Achten Sie darauf, dass weder Sie noch andere durch die Bewegung geschädigt werden, z. B. durch die Einhaltung eines geeigneten Sicherheitsabstandes.
- Führen Sie keine Aktion aus, deren Folgen Sie nicht abschätzen können.

### ⚠ WARNUNG

#### Falsche Achsposition bei einer ersten Inbetriebnahme

Ohne ein Referenzieren/Kalibrieren der Achsposition kann die angezeigte Achsposition von der tatsächlichen Achsposition abweichen.

- Führen Sie ein Homing durch, um die korrekte Istposition anhand eines Referenzsignals zu ermitteln.

### Allgemeine Sicherheitsvorkehrungen

Informieren Sie sich über die NC-Sicherheitsfunktionalitäten [▶ 10] und nutzen Sie diese.

Die Behandlung des Not-Aus-Falls gehört zu den wichtigsten und sicherheitsrelevantesten Situationen an einer Maschine. Aus diesem Grund wird üblicherweise nach allen logischen (logische Achsfreigaben) und softwaretechnischen Freigaben (SPS: Regler- und Vorschubfreigaben) ein weiterer Sicherheitskreis in Form von Hardware aufgebaut. Für die Reaktion und hardwaretechnische Implementation des Not-Aus existieren umfangreiche gesetzliche Vorschriften, auf die hier nur verwiesen werden soll.

Oftmals gibt es über diesen gesetzlichen Vorgaben noch Freiräume, wie z. B. NC-Achsen im Not-Aus-Fall in den Stillstand versetzt werden. Hierbei ist es teilweise aufgrund der mechanischen Eigenschaften einer Maschine nicht immer möglich, Achsen aus einer Bewegung heraus abrupt still zu setzen (z. B. bei einem Analog-Interface abrupt 0.0 Volt). Somit werden häufig NC-Achsen in einer Not-Aus-Situation noch auf speziellen Bremsrampen heruntergefahren, bevor sie dann elektrisch und mechanisch festgesetzt werden.

Eine der ersten Maßnahmen bei der Inbetriebnahme einer Maschine ist es, den Not-Aus-Kreis zu testen. Natürlich beginnt man zuerst mit harmlosen Standardsituationen (Achsen befinden sich im Not-Aus Fall im Stillstand, allerdings muss hier besondere Aufmerksamkeit auf vertikal verfahrenende Achsen verwendet werden) und steigert sich dann weiter zu komplizierteren Fällen (Achsen in langsamer dann schneller Fahrt).

Zu schnellen Test- und Inbetriebnahmezwecken ist es möglich, die logischen Achsfreigaben (Regler- und Vorschubfreigaben) sowie den Geschwindigkeitsoverride der Achsen aus dem TwinCAT System Manager „Achse-Online“ für die jeweilige Achse zu setzen. Dies ist allerdings nur möglich, wenn sich das Achsinterface nicht im zyklischen Austausch mit der SPS befindet (Mapping zwischen NC- und SPS-Task). Andernfalls würde das einmalige Schreiben diese Information aus dem System Manager sofort wieder durch den zyklischen Datenaustausch überschrieben. Es sei aber an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass diese Vorgehensweise sehr gefährlich sein kann, weil hierdurch die üblichen Sicherheitsüberwachungs- und Eingriffsmöglichkeiten der SPS außer Kraft gesetzt werden. Deshalb kann diese Eigenschaft gefahrlos an einem Achsenteststand mit Endlosachsen benutzt werden. Für eine reale Maschine ist von dieser Möglichkeit dringend abzuraten.

System Manager: Achse: Online: Set

### Notwendige Voraussetzungen

Die nachfolgende Beschreibung gibt die Inbetriebnahme einer Achse in allen Schritten wieder. Es werden mehrere Achs-Typen und eine Reihe von unterschiedlichen Situationen abgedeckt. Jeder Schritt nennt alle vorzunehmenden Einstellungen, auch wenn diese mit den Einstellungen des vorhergehenden Schrittes identisch sind. In der Praxis werden bei einer Achse tatsächlich nur einen Teil der aufgelisteten Teilschritte ausgeführt.

Falls Sie bereits Erfahrung mit der Achs-Inbetriebnahme unter TwinCAT besitzen, ist es nicht immer nötig, jeden der Schritte durchzuführen. In diesem Fall sollten Sie diese Beschreibung als Gedächtnisstütze und als Hilfe bei Problemen benutzen.

Notwendige Voraussetzungen:

Bevor die eigentliche Inbetriebnahme beginnen kann, sind einige Vorarbeiten zu leisten.

- Überprüfen Sie die Vollständigkeit und Richtigkeit aller elektrischen Verbindungen.
- Alle Bestandteile der Achse (Encoder, Antrieb, Regler, SPS-Interface) müssen typenrichtig angelegt und mit den richtigen Ressourcen (SPS-Variablen, E/A-Hardware im Feldbus usw.) verbunden sein.
- Die NC-Architektur muss nicht nur erzeugt, sondern auch in die Registry geschrieben und TwinCAT muss damit gestartet worden sein.

### Empfohlene Sicherheitsvorkehrungen

Die folgenden Sicherheitsvorkehrungen sollten, wenn irgend möglich, getroffen werden.

- Sichern der Anlage gegen Betreten oder Hineingreifen: Die Maschine kann während der Inbetriebnahme unvorhersehbares Verhalten zeigen.
- Isolieren Sie den Teil der Anlage, den Sie gerade bearbeiten. Was gerade nicht benötigt wird sollte sicher stillgesetzt werden, da es nur stören oder ablenken kann.
- Weisen Sie alle Personen in der Umgebung darauf hin, dass erhöhte Unfallgefahr besteht.
- Sorgen Sie dafür, dass Sie ungestört sind: Wer nicht in der Nähe sein muss, sollte es nicht sein.

### Reihenfolge

Da die einzelnen Schritte der Achs-Inbetriebnahme logisch aufeinander aufbauen, ist eine bestimmte Reihenfolge einzuhalten. Diese Reihenfolge ist jedoch abhängig von der jeweiligen Achs-Zusammensetzung, also von der Kombination von Encoder-, Regler- und Antrieb-Typ.



## Schrittmotor-Antriebe

Dieser Punkt betrifft ausschließlich Schrittmotoren.

Die Ansteuerung eines Schrittmotors erfolgt mithilfe von Masken. Dabei handelt es sich um Pakete aus 8 Bits, die den Steuersignalen des Motors entsprechen. Diese Signale werden in jeweils einer Phase ausgegeben und schalten die zugehörige Wicklung des Motors ein. Eine besondere Maske wird im Stillstand ausgegeben und dient dazu, den sogenannten Haltestrom einzuschalten. Die Masken sind abhängig von der eingesetzten Motor-Ansteuerung und der Schaltschrank-Verdrahtung und können nicht allgemeingültig angegeben werden.

Entnehmen Sie die Bit-Kombinationen den Unterlagen des Antriebsherstellers bzw. der Elektrokonstruktion und geben Sie sie auf dem Schrittmotor-Reiter des Antriebs ein. Sollte die Achse bei den weiteren Inbetriebnahme-Schritten unkorrektes Verhalten zeigen, sind vorrangig diese Masken zu überprüfen.

Die Eingabe erfolgt als Dezimal-Zahl. Um ein Bit-Muster in den einzugebenden Wert umzurechnen, ist für jedes Bit mit dem Wert „1“ das Gewicht zu ermitteln.

### Bitmuster:

Bit	0	1	2	3	4	5	6	7
Gewicht	1	2	4	8	16	32	64	128

### Beispiel:

Beim Bitmuster 00101011 sind die Bits 0, 1, 3 und 5 auf „1“. Die zugehörigen Gewichte sind 1, 2, 4 und 32. Die einzugebende Summe ist also 39.

## 6.2 Encoder und Istwerte

Ermittlung und Einstellung der wichtigsten Encoder-Parameter: Encoder-Polarität, Skalierung (Inkrement pro mm), Positionsoffset (Nullpunktverschiebung).

### Interface

Der Zugang zu den Parametern des Encoders erfolgt über den System Manager

### Die Istwert-Erfassung: Richtungsermittlung (Encoder-Polarität)

Ohne korrekte Istwert-Erfassung ist eine Achse „blind“ und kann sich nicht koordiniert verhalten. Also muss die Inbetriebnahme hier beginnen. Dazu sind zwei Informationen zu ermitteln bzw. zu überprüfen: Die Zählrichtung und die Inkrement-Bewertung.

1. Stellen oder legen Sie fest, welche Bewegungsrichtung der Achse als „positiv“ oder „steigend“ oder „aufwärts“ gelten soll. Bei einer Fahrt in diese Richtung wird die Istwert-Erfassung steigende Werte melden müssen.
2. Wenn Sie die Möglichkeit haben, den Antrieb elektrisch zu blockieren und die Achse manuell zu bewegen drehen Sie den Antrieb so, dass sich die Maschine in z. B. „positive“ Richtung bewegt und beobachten Sie dabei die Istwert-Anzeige im Online-Bild der Achse.
3. Besteht diese Möglichkeit nicht, müssen Sie die Achse notgedrungen mit dem Antrieb drehen. Das bedeutet, dass Sie eine unparametrierte Achse in Betrieb setzen. Besondere Vorsicht ist geboten, denn Sie werden dabei alle Regelungen und Überwachungen außer Kraft setzen. Die Achse wird mit reiner Vorsteuerung und mit fiktiven Daten gefahren. Gehen Sie wie folgt vor:
  - Wenn Sie die Last (z. B. durch Entfernen von Riemen oder anderen Übertragungsmitteln) vom Antrieb trennen können, ohne den Encoder mit abzutrennen, sollten Sie das unbedingt tun!
  - Stellen Sie auf dem Global-Reiter des Reglers für die Vorsteuer-Gewichtung einen Wert von 1.0 ein.
  - Wenn der Regler einen PID-Reiter besitzt, stellen Sie den Lageregelfaktor  $K_p$  (und alle anderen Regelfaktoren) auf Null. Deaktivieren Sie den Automatischen Offsetabgleich.
  - Im Global-Reiter des Antriebs stellen Sie die Ausgabebegrenzungen auf +0.1 bzw. -0.1 ein.

- Wenn der Antrieb einen Analog-Reiter besitzt, stellen Sie die „Referenzgeschwindigkeit“ auf einen fiktiven (nicht zu kleinen) Wert und die „Referenzausgabe“ auf 1.0 ein. Stellen Sie die „Drift-Kompensation“ auf Null
  - Im Global-Reiter der Achse stellen Sie bei „Maximal erlaubte Geschwindigkeit“ den gleichen Wert wie bei der Referenzgeschwindigkeit des Antriebs ein. Unter „Geschwindigkeit Hand Max“ und „Geschwindigkeit Hand Min“ stellen Sie ein Zehntel desselben Wertes ein. Deaktivieren Sie alle Endlagen-, Schleppabstands- und sonstige Überwachungen.
  - Vergewissern Sie sich, dass sich niemand im Gefahrenbereich aufhält.
  - Mit größter Vorsicht (Hand am Not-Aus) schalten Sie die Achse elektrisch ein. Sie darf von einer eventuellen Drift keine Bewegung zeigen.
  - Nun starten Sie im Online-Bild die Achse mit den Tasten <F2> bzw. <F3> in Richtung „kleiner“ bzw. „größer“ und beobachten dabei die Maschine. Sollte die Maschine bei <F2> in Richtung „größer“ und bei <F3> in Richtung „kleiner“ fahren ändern Sie im Global-Reiter des Antriebs die Motor-Polarität und wiederholen diesen Schritt.
  - Vergleichen Sie jetzt die Bewegungsrichtung der Maschine mit der Zählrichtung der Istwert-Anzeige im Online-Bild.
4. Ist die Zählrichtung der festgelegten Bewegungsrichtung entgegengesetzt, ändern Sie den Parameter „Geberzählrichtung invers (Polarität)“ im Global-Reiter des Encoders. Dabei sollten Sie den Antrieb stromlos machen und die Achse im Online-Bild resettet <F8>.

### Die Istwert-Erfassung: Inkrement-Bewertung (Skalierung)

Nachdem die Zählrichtung des Antriebs ermittelt ist, muss die Inkrementbewertung eingestellt werden. Dieser Wert ist im „Skalierungsfaktor“ auf dem Global-Reiter des Encoders einzustellen.

1. Wenn der Vorschub pro Umdrehung und die Anzahl der Inkremente (nicht die der Pulse!) bekannt sind, kann der Wert errechnet werden. Überprüfen Sie den Wert jedoch auf die nachstehende Weise.
2. Wenn Sie noch keinen Wert für die Inkrement-Bewertung kennen, stellen Sie zumindest einen Schätzwert ein. Wenn Sie keinerlei Information über den einzustellenden Wert besitzen wählen Sie einen fiktiven Wert wie z. B. 0.01 mm.
3. Bei einer nachträglichen Überprüfung gehen Sie selbstverständlich vom früher ermittelten Wert aus.
4. Jetzt muss durch eine Probewegung (wie bei der Richtungsermittlung) eine bekannte Strecke „gefahren“ werden. Der korrekte Wert errechnet sich dann aus dem aktuell eingestellten Skalierungsfaktor multipliziert mit der tatsächlichen Strecke dividiert durch die angezeigte Strecke.

### Die Istwert-Erfassung: Nullpunkt-Verschiebung

Dieser Punkt ist nur bei Absolut-Encodern durchzuführen.

Bei Inkremental-Systemen sollten Sie zu diesem Zeitpunkt (bei abgeschaltetem Antrieb und mit anschließendem Reset <F8> im Online-Bild der Achse) den Istwert auf einen leidlich sinnvollen Wert. Die Eingabefelder und Funktions-Tasten dazu finden Sie auf dem Funktionen-Reiter der Achse. Als Wert für die Nullpunkt-Korrektur sollten Sie den Wert 0 eingeben. Um das Maß-System der Achse an die Maschine anzupassen wird bei diesen Encodern die Kalibrier-Funktion benutzt, deren Parameter in einem späteren Schritt ermittelt werden.

1. Stellen Sie die Position der Achse innerhalb der Maschine fest. Die Regeln dafür sind nicht allgemein angebar und können nur vom Maschinenbauer festgelegt werden. In vielen Fällen wird dabei der Abstand eines Bezugspunktes auf dem bewegten Maschinenteil zu einem Bezugspunkt auf dem feststehenden Maschinenkörper gewählt.
2. Sollte diese Positionsfeststellung nicht mit der erforderlichen Genauigkeit möglich sein, nehmen Sie eine vorläufige Einstellung vor und wiederholen Sie diesen Schritt später.
3. Stellen Sie die Differenz zwischen der ermittelten Position und der angezeigten Position mit umgekehrtem Vorzeichen im „Nullpunktversatz“ auf dem Global-Reiter des Encoders ein. Ist dort bereits ein Wert eingetragen, verändern Sie den vorhandenen Wert um den neuen Wert durch aufaddieren. Falls die Lageregelung (bei einem späteren Wiederholen dieses Schrittes) bereits aktiv sein, sollten Sie dabei den Antrieb elektrisch stillsetzen und die Achse vor dem wieder einschalten resettet <F8>.

4. Beispiel: Die ermittelte Position ist 752.0 mm, die angezeigte Position ist 1983.52 mm. Die Differenz beträgt also 1231.52 mm. Wenn im Nullpunktversatz noch kein Wert eingetragen ist können Sie direkt -1231.52 eintragen. Sollte bereits ein Nullpunktversatz eingetragen sein addieren Sie den neuen Wert. In diesem Beispiel würde also aus +150.0 der neue Wert -1081.52 mm.

### Weitere Encoder-Parameter

Die Encoder bieten als optionale Einstellung eine Reihe von Arbeits-Modi an. Dazu gehören z. B. die Ermittlung der Istgeschwindigkeit bzw. der Istbeschleunigung. Bei Bedarf können diese Messungen auf dem Global-Reiter des Encoders aktiviert werden. Sind diese Werte nicht von Interesse, sollten sie jedoch abgewählt werden, da die Ermittlung der Werte die Echtzeit-Auslastung etwas erhöht.

Als weitere Möglichkeit kann ein Modulo-Faktor eingestellt werden. Dies ist besonders bei Rund-Achsen interessant, weil dadurch die relative Position innerhalb einer Umdrehung und die Anzahl der Umdrehungen automatisch ermittelt werden kann.

Schließlich können die Encoder-Werte (Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung) gefiltert werden, was besonders für Encoder-Achsen von Bedeutung ist.

#### **WARNUNG**

#### **Verletzungsgefahr und Gefahr von Beschädigungen durch Fehlverhalten der Steuerung**

Das Filtern der Position, auch mit kleinen Werten, kann zu einem fatalen Fehlverhalten der Steuerung führen. Gehen Sie bei den Einstellungen stets sorgfältig vor.

## 6.3 Antrieb und Spannungsausgabe

#### **WARNUNG**

#### **Unvorhersehbares Verhalten der Achse unter besonderen Umständen**

Informieren Sie sich über das Verhalten des Antriebs bei Überlastung. Es gibt Antriebe, die sich bei Überlastung automatisch abstellen, sodass die Achse dann kräftefrei, voller Energie und nicht mehr zu bremsen sein könnte.

Ermittlung und Einstellung der wichtigsten Antriebsparameter: Antrieb-Polarität, Referenzausgabe (Bezugsausgabe), Referenzgeschwindigkeit (Bezugsgeschwindigkeit), Driftkompensation.

### Interface

Zugang zu den Parametern des Antriebs hat man über den System Manager.

### Der Antriebsparameter: Richtungs-Ermittlung

1. Nutzen Sie den Encoder. Begrenzen Sie den Fahrweg mithilfe der Software-Endlage Min / Max auf dem Global-Reiter der Achse.
2. Im Global-Reiter des Antriebs stellen Sie die Ausgabebegrenzungen auf +1.0 bzw. -1.0 ein.
3. Stellen Sie auf dem Global-Reiter des Reglers für die Vorsteuer-Gewichtung einen Wert von 1.0 ein.
4. Wenn der Regler einen PID-Reiter besitzt, stellen Sie den Lageregelfaktor  $K_v$  (und alle anderen Regelfaktoren) auf Null. Deaktivieren Sie den Automatischen Offsetabgleich.
5. Wenn der Antrieb einen Analog-Reiter besitzt, stellen Sie „Referenzgeschwindigkeit“ entsprechend den Angaben des Maschinenbauers auf einen in etwa richtigen Wert und die „Referenzausgabe“ auf 1.0 ein. Stellen Sie die „Drift-Kompensation“ auf Null.
6. Im Global-Reiter der Achse stellen Sie bei „Maximal erlaubte Geschwindigkeit“ den gleichen Wert wie bei „Referenzgeschwindigkeit“ des Antriebs ein. Unter „Geschwindigkeit Hand Max“ und „Geschwindigkeit Hand Min“ stellen Sie ein Zehntel des Wertes ein.
7. Wenn der Regler einen PID-Reiter besitzt, stellen Sie den Lageregelfaktor  $K_v$  (und alle anderen Regelfaktoren) auf Null. Deaktivieren Sie den Automatischen Offsetabgleich.
8. Nun starten Sie im Online-Bild die Achse mit den Tasten <F2> bzw. <F3> in Richtung „kleiner“ bzw. „größer“ und beobachten dabei die Maschine. Sollte die Maschine bei <F2> in Richtung „größer“ und bei <F3> in Richtung „kleiner“ fahren ändern Sie im Global-Reiter des Antriebs die Motor-Polarität und wiederholen diesen Schritt.

### Der Antriebsparameter: Vorsteuerung

Dieser Punkt ist nur erforderlich, wenn der Antrieb einen Analog-Reiter besitzt.

1. Stellen Sie auf dem Global-Reiter des Reglers für die Vorsteuer-Gewichtung einen Wert von 1.0 ein.
2. Im Global-Reiter des Antriebs stellen Sie die Ausgabebegrenzungen auf +1.0 bzw. -1.0 ein.
3. Auf dem PID-Reiter des Reglers stellen Sie den Lageregelfaktor  $K_v$  auf einen kleinen Wert ein. Bei korrekter Einstellung wird bei den durchzuführenden Probefahrten der Schleppabstand deutlich erkennbar, aber konstant sein. Beispiel: 1 (mm/sek)/mm oder 60 (mm/min)/mm.
4. Auf dem Analog-Reiter des Antriebs stellen Sie die „Referenzgeschwindigkeit“ entsprechend den Angaben des Maschinenbauers auf einen in etwa richtigen Wert ein. Stellen Sie die „Drift-Kompensation“ auf Null. Entsprechend den Angaben des Maschinenbauers stellen Sie die „Referenzausgabe“ auf 1.0, wenn er sich auf 100% (oder 10 Volt) bezieht. Bei einer Angabe für z. B. auf 90% (oder 9 Volt) ist entsprechend 0.9 einzustellen.
5. Im Global-Reiter der Achse stellen Sie bei „Maximal erlaubte Geschwindigkeit“ etwa 90% des Wertes der „Referenzgeschwindigkeit“ des Antriebs ein. Unter „Geschwindigkeit Hand Max“ und „Geschwindigkeit Hand Min“ stellen Sie ein Zehntel des Wertes ein.
6. Auf dem Dynamik-Reiter der Achse stellen Sie für „Beschleunigung“ und „Verzögerung“ einen provisorischen Wert von etwa 200 mm/s<sup>2</sup> sowie einen „Ruck“ von 500 mm/s<sup>3</sup> ein. Sollte mit diesen Werten auf der verfügbaren Fahrstrecke die Konstant-Geschwindigkeit nicht erreicht werden, erhöhen Sie die Werte unter Beibehaltung des Verhältnisses.
7. Nun starten Sie im Online-Bild die Achse mit den Tasten <F2> bzw. <F3> in Richtung „kleiner“ bzw. „größer“ und beobachten dabei die Vorzeichen der Gesamt- und der Reglerausgabe.
8. Sind beide Werte vorzeichengleich, reagiert die Achse mit einer geringeren Geschwindigkeit, als die Vorsteuerung berücksichtigt. In diesem Fall ist die „Referenzgeschwindigkeit“ verringern. Bei entgegengesetztem Vorzeichen ist die Achse schneller als von der Vorsteuerung eingeplant. Dann ist die „Referenzgeschwindigkeit“ zu erhöhen.
9. Wenn die Reglerausgabe deutlich kleiner als 10% der Gesamtausgabe ist, kann die „Geschwindigkeit Hand Max“ stufenweise auf höhere Werte bis etwa 50% der Maximal-Geschwindigkeit eingestellt werden. Die Probefahrten sind mit den Tasten <F1> und <F4> fortzusetzen.
10. Bei guter Vorsteuerungseinstellung sollte die Reglerausgabe weniger als 1% der Gesamtausgabe darstellen. Schwierige mechanische Verhältnisse lassen einen so genauen Abgleich jedoch nicht immer zu.

### Antriebsparameter: Drift-Ausgleich

Diese Einstellung ist nur möglich, wenn der Antrieb einen Analog-Reiter besitzt.

Bei analoger Sollwert-Vorgabe kommt es oft zu einem Spannungsversatz zwischen der Steuerung und dem Leistungsteil. Dabei kann es sich um einen realen Spannungsabfall handeln. Fast immer jedoch ist die Ursache, dass der Nullpunkt-Abgleich der beiden Seiten nicht übereinstimmt. In diesem Fall wird die Achse bei abgeschalteter Lageregelung langsam ihre Position verlassen: Sie driftet. Ein aktiver Lageregler wird sie in einiger Entfernung von der Sollposition stoppen. Allerdings steht dann ein mehr oder weniger großer Schleppabstand an.

In diesem Fall besteht die Möglichkeit, mit einem konstanten Geschwindigkeits-Offset den Versatz auszugleichen. Dabei wirkt sich jedoch die DAC-Auflösung von einigen mV störend aus.

Alternativ bieten einige Regler die Möglichkeit zur automatischen Offset-Korrektur an.

### Der Antriebsparameter: Ausgabe-Begrenzung

In einigen Fällen ist es erforderlich, die mit einem Antrieb ausgegebene Ansteuerung des Leistungsteils zu begrenzen. Entsprechende Eingabemöglichkeiten finden Sie auf dem Global-Reiter des Antriebs. Allerdings sollten Sie diese Einstellung erst am Ende der Achs-Inbetriebnahme vornehmen. Bis zu diesem Zeitpunkt sollten dort die Werte -1.0 bzw. +1.0 für die Minimum- und Maximum-Begrenzung eingegeben werden. Andernfalls würden die hier beschriebenen Messungen manipuliert.

## 6.4 Lagereglung und Schleppabstandsreduzierung

Ermittlung und Einstellung der wichtigsten Lageregler-Parameter:  $K_v$ -Faktor und Parameter zur Schleppabstandsreduzierung.

### Interface

Zugang zu den Parametern des Lagereglers hat man über den System Manager.

### Gewichtung der Vorsteuerung

In der Regel werden Achsen unter TwinCAT mit einer „Vorsteuer-Gewichtung“ von 1.0 betrieben. In seltenen Fällen kann es nötig sein, von dieser Einstellung abzuweichen. Dies ist dann der Fall, wenn die Achse einen stark nichtlinearen Zusammenhang zwischen Ansteuerung und Geschwindigkeit zeigt. Ein Beispiel sind Hydraulik-Ventile mit geknickten Kennlinien. In diesem Fall ist die Gewichtung so lange zu verringern, bis die Achse kein voreilendes Verhalten mehr zeigt. Es ist hier in der Regel nötig, komplexere Regler-Typen mit I-Anteil einzusetzen, um ein akzeptables Positionier-Verhalten zu erreichen.

### Die Lagereglung

Die Lagereglung dient dazu, kleine Restfehler der Positionierung auszugleichen. Als Ursache dieser Restfehler kommen Laständerungen, reibungsbedingte und andere Nichtlinearitäten, kleine Ungenauigkeiten bei einer Reihe von Achsparametern, Offsets, Temperaturabhängigkeiten usw. in Frage.

### Positions-P-Regler

Bei diesem Regler ist ein Kompromiss zu finden zwischen dem Wunsch nach einer möglichst vollständigen Ausregelung (also großer  $K_v$ ) und einer geringen Schwingneigung des Systems (also kleiner  $K_v$ ). In der Praxis hat es sich gezeigt, dass durch schrittweises Erhöhen des  $K_v$ -Wertes dieser Kompromiss schnell gefunden werden kann.

Die Vorgehensweise ist denkbar einfach: Es werden Probefahrten in beide Richtungen unternommen. Dabei ist in der Konstant-Fahrt auf ein ruhiges Fahren der Achse ohne erkennbare Lageregel-Schwingung zu achten. Dabei ist ein kleiner Rausch-Anteil in der Regler-Ausgabe nicht von Bedeutung. In der Zielfahrt ist darauf zu achten, dass die Achse auf keinen Fall eine Schwingneigung (Zurückfedern) zeigt. Der  $K_v$ -Faktor kann so lange in kleinen Stufen (Faktor 1.2 bis 1.5) erhöht werden, bis die Achse die ersten Zeichen von Schwingneigung aufweist. Dann sollte der  $K_v$ -Faktor um etwa 20% reduziert werden, um einen Sicherheitsabstand von der Stabilitätsgrenze zu erhalten.

Wie bereits erwähnt bieten einige Regler die Möglichkeit eines automatischen Offset-Abgleichs an. Diese Funktion kann auf dem PID-Reiter des Reglers aktiviert werden. Dann sind als Parameter die „Filterzeit“ und das „Vorsteuer-Limit“ anzugeben. Für die Filterzeit ist in der Regel ein Wert im Bereich von Sekunden zu empfehlen. Auf jeden Fall ist zu bedenken, dass die Filterzeit sehr groß im Vergleich zum Ansprechverhalten der Achse sein. Ist sie zu klein, entsteht ein sogenannter Phasenschieber-Oszillator: Die Achse schwingt dann auf einer sehr niedrigen Frequenz. Mit dem Vorsteuer-Limit kann erreicht werden, dass der automatische Abgleich beim aktiven Positionieren nicht durch dynamisches Verhalten der Achse beeinflusst wird. Eine Sollgeschwindigkeit oberhalb dieses Wertes bewirkt ein „einfrieren“ des Offsets.

### Positions-2P-Regler

Dieser Regler unterscheidet sich vom vorgenannten Regler nur dadurch, dass es möglich ist beim aktiven Fahren einen anderen  $K_v$ -Wert anzuwenden als bei der Lagereglung um Stillstand.

Als zusätzliche Parameter sind hier ein zweiter  $K_v$ -Wert und ein Geschwindigkeitsschwellwert einstellbar. Die Wirkung ist ein gleitender Übergang zwischen den  $K_v$ -Werten im Geschwindigkeitsbereich zwischen 0.0 (Stillstand) und dem Schwellwert.

### Schleppabstandsreduzierung

Zur Schleppabstandsminimierung sollten Sie unbedingt das TwinCAT Scope benutzen.

1. Schleppabstand in Lagereglung minimieren. Mittleren Schleppabstand  $d$  [mm] im Stillstand bei Lagereglung (mit Vorzeichen) feststellen (Online-Menü). Den DAC-Offset auf  $Offset = d \cdot K_v$  [mm/s] Einstellen (Ist der Schleppabstand positiv, dann hinkt der Istwert dem Sollwert hinterher und braucht



etwas mehr Spannung um aufzuholen). Diese Formel gilt nur dann, wenn Motorpolarität und Geberpolarität übereinstimmen, andernfalls muss man den vorzeicheninvertierten Wert nehmen. Damit sollte sich der Schleppabstand auf ein Inkrement genau symmetrisch um 0.0 einstellen lassen.

2. Schleppabstand bei konstanter Sollgeschwindigkeit minimieren. Gegeben seien die Sollgeschwindigkeit  $V_s$ , Referenzgeschwindigkeit  $V_{ref}$ , Proportionalitätskonstante  $Kv$  und festgestellter Schleppabstand  $d$  [mm]. Dann wird als spannungsproportionale Ausgabe­geschwindigkeit  $V = (V_s + Kv \times d) / V_{ref}$  ausgegeben. Um den Schleppabstand zu vermeiden sollte dieselbe Geschwindigkeit mit der neuen Referenzgeschwindigkeit  $V_r$  ausgegeben werden, dass also  $V = V_s / V_r$  gilt. Damit erhält man für die neue Referenzgeschwindigkeit  $V_r = V_{ref} / (1.0 + 1.0 / (Kv \times d))$ .

### Positions-PP-Regler

Ist ein Positions-P-Regler richtig eingestellt, dann ist der Schleppabstand theoretisch proportional zur Beschleunigung. Um die Schleppabstände in der Beschleunigungs- und Verzögerungsphase zu minimieren kann man die Sollbeschleunigung mit einem zweiten Proportionalitätsfaktor  $Ka$  aufschalten, mit dem der Schleppabstand bei idealen Verhältnissen nur noch aus Rauschen besteht. Der Faktor  $Ka$  ist ungefähr gleich der Systemübertragungszeit, liegt also im Bereich kleiner  $10 \times T_{saf}$  s ( $T_{saf}$  Satzausführungstask-Zykluszeit).

## 6.5 Achsparameter, Achsüberwachung und Achskalibrierung

Ermittlung und Einstellung der wichtigsten Achsparameter: Maximalgeschwindigkeit, Schleppabstandsüberwachung, Endlagenüberwachung sowie zur Dynamik und Kalibrierung.

### Interface

Zugang zu den Parametern der Achse hat man über den System Manager.

### Generelle Achsparameter

Auf dem Global-Reiter der Achse sind eine Reihe weiterer Parameter einstellbar, die das Verhalten der Achse bestimmen sowie eine Reihe von Überwachungsfunktionen und Status-Signale steuern.

Mit der Maximalgeschwindigkeit können Sie festlegen, auf welchen Wert alle Vorgaben an die Achse begrenzt werden. Hier sollten Sie einen Wert von etwa 90 bis 95% der Maximalgeschwindigkeit des Antriebs einstellen. Die restliche Aussteuerung wird für den Regler benötigt, um ein korrektes Positionieren sicher zu stellen.

Beim Einsatz eines NC-Interpreters wird bei bestimmten Befehlen die Achse mit einer Eilganggeschwindigkeit einstellbaren Ansteuerung positioniert. Hier sollte etwa nicht mehr als 90% der Maximalgeschwindigkeit der Achse gewählt werden.

Die „Handfahrtgeschwindigkeiten Min und Max“ sind frei wählbar und hängen mehr oder weniger vom „Mut“ des Bedieners ab. In der Praxis hat es sich als sinnvoll erwiesen, diese Geschwindigkeiten etwa im Verhältnis 1 zu 5 einzustellen. Selbstverständlich müssen die Werte kleiner als die Maximalgeschwindigkeit sein.

Die „Geschwindigkeit Referenzierfahrt in positiver Richtung“ wirkt nur bei Achsen mit Inkremental-Encoder. Mit dieser Geschwindigkeit fährt die Achse bei der Suche nach dem Kalibrier-Nocken. Die Richtung wird auf dem Inkremental-Reiter des Encoders eingestellt.

Die „Geschwindigkeit Referenzierfahrt in negativer Richtung“ wirkt nur bei Achsen mit Inkremental-Encoder. Mit dieser Geschwindigkeit fährt die Achse beim Verlassen des Kalibrier-Nocken und beim Suchen des Synchron-Pulses. Die Richtung wird auf dem Inkremental-Reiter des Encoders eingestellt.

Die „Pulsweite positive / negative Richtung“ legen die zu fahrende Strecke fest, die beim Achsstart durch die SPS in den entsprechenden Fahr-Modi zurückgelegt wird. Näheres dazu finden Sie in den Baustein-Beschreibungen der SPS.

Sowohl nach unten als auch nach oben können Sie eine Fahrbereichsbegrenzung (Softwareendschalter) aktivieren und die Position einstellen.

Bei Achsen mit einem Analog-Reiter (also nicht bei Eil/Schleich- oder Schrittmotor-Achsen) wird ständig der Schleppabstand (Differenz zwischen Soll- und Istposition) ermittelt. Eine Überwachung dieses Wertes mit einstellbarer Schwelle ist aktivierbar. Dabei ist eine Filterzeit vorgebar, die eine Alarmbildung bei kurzzeitiger Überschreitung der Schwelle z. B. beim Beschleunigen oder Abbremsen verhindert.

Um die Zielposition einer Bewegung können zwei unabhängige Fenster gelegt werden (Zielpositionsfenster). Die Fensterbreite ist frei wählbar. Damit ist es möglich, in einer beliebigen Entfernung zum Ziel ein Signal an die SPS zu erzeugen. Eines dieser Fenster bietet zusätzlich eine Filterzeit. Erst wenn die Achse für die dort eingestellte Dauer ununterbrochen im Fenster war, wird das Signal gebildet.

Bei Eil-/Schleich-Achsen besteht die Möglichkeit, jedes Ziel immer aus der gleichen Richtung und mit einer Mindest-Fahrtstrecke anzufahren. Dadurch ist bei unsymmetrischem Achs-Verhalten oder mechanischer Lose eine größere Genauigkeit zu erreichen. Dieses Verhalten kann aktiviert und die Strecke kann vorgegeben werden. Das Vorzeichen der eingestellten Strecke legt dabei die Richtung fest.

Bei Servo-Achsen kann mit der Betriebsart „Umkehrlosekompensation“ ein mechanisches Spiel in der Achse ausgeglichen werden. Dabei legt der als „Umkehrlose“ eingetragene Wert die Strecke fest, um die ein Fahrtziel überfahren wird. Mit dem Vorzeichen des Wertes legt man fest, in welcher Richtung überfahren wird. Bei positivem Umkehrlose wird das Ziel nur bei Fahrt in positiver Richtung überfahren. Eine Fahrt in Richtung kleinerer Positionen wird nicht beeinflusst. Bei negativem Umkehrlose kehrt sich dieses Verhalten um.

### Achsdynamik

Auf dem Dynamik-Reiter der Achse sind die Werte für die Beschleunigung, die Verzögerung und den Ruck einzustellen. Dabei werden zwei Möglichkeiten angeboten: Direkte Eingabe als Zahlenwerte oder Indirekte Festlegung über die Hochlaufzeit und die Beschleunigungskennlinie.

Bei den hier einzustellenden Werten handelt es sich um die vom Sollwert-Generator einzuhaltenden Parameter. Oft werden Werte vom Antriebs-Hersteller genannt, die zu einem sehr harten Positionier-Verhalten der Achse führen, wenn sie hier eingestellt werden. Der Grund hierfür ist, dass die genannten Werte die Grenzwerte des Leistungsteils oder des Motors darstellen. In der Regel ist das Verhalten der Maschine dann jedoch schon stark lastabhängig. Die Folge sind erhebliche Schleppabstands-Schwankungen, die ein Eingreifen des Lagereglers auslösen. Auf die Regler-Ausgabe kann die Achse jedoch kaum noch reagieren, da sie bereits an der Stromgrenze fährt.

Die „korrekten“ Werte für eine Achse hängen stark vom angestrebten Verhalten und den Eigenschaften der Antriebstechnik und der Maschine ab. Sie sind nur durch Testfahrten zu ermittelt. Dabei sollten schrittweise erhöhte Werte geprüft werden, indem der Schleppabstand beim Starten und Stoppen beobachtet wird. In der Praxis hat es sich gezeigt, dass der Zahlenwert des Rucks in etwa das Zweifache (bei Bearbeitungsachsen) bis Zehnfache (bei Transferachsen) betragen sollte. Bei indirekter Einstellung entspricht das einer weichen bzw. einer harten Einstellung.

Benutzen Sie zur Einstellung der Werte für die Beschleunigung, die Verzögerung und den Ruck das TwinCAT Scope. Ob die eingetragenen Werte für die Beschleunigung  $A+$  oder Verzögerung  $A-$  wirklich erreicht werden, hängt vom kritischen Ruck  $J_{\pm}$  ab, dem Verhältnis  $(A+)^2/V$  bzw.  $(A-)^2/V$ , wobei  $V$  die Sollgeschwindigkeit bezeichnet. Überprüfen Sie speziell, ob die Beschleunigungs-Istwerte den Beschleunigungs-Sollwerten folgen können (genauso für die Verzögerung).

### Auswirkungen von Zykluszeitfehleinstellungen

Zykluszeitfehleinstellungen, d. h. eine Differenz zwischen der eingestellten Zykluszeit (NC-Task: SAF-Task: online: Zyklusticks in ms) und der realen Zykluszeit der SAF-Task führen zu zwei Fehlern:

- Die Informationen des Sollwertgenerators (Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung) passen nicht zur realen Zykluszeit, d. h. die Geschwindigkeitsvorsteuerung ist falsch.
- Die Positionssollwerte des Lagereglers und die Geschwindigkeitssollwerte der Geschwindigkeitsvorsteuerung sind nicht konsistent.

**Geschwindigkeitsvorsteuerung:** Wenn die reale Zykluszeit  $TC_{eff}$  größer ist als die eingestellte Zykluszeit  $TC_{saf}$  ergibt sich eine lineare Dehnung der Zeitachse (Skalierung  $TC_{eff}/TC_{saf}$ ) die eine nichtlineare Transformation der Sollwerte impliziert. Jede berechnete Sollgeschwindigkeit steht  $(TC_{eff}/TC_{saf})$  mal länger an als vorausberechnet. Die integrierte effektiv ausgegebene Sollgeschwindigkeit erreicht insgesamt eine Zielposition die um  $(TC_{eff}/TC_{saf})$  mal größer als die berechnete ist.

**Lagereglung:** Da die Sollgeschwindigkeit und die Sollposition nicht zueinander passen ( $v(t) \neq dp(t)/dt$ ) muss



der Lageregler gegen die Vorsteuerung arbeiten. Das daraus resultierende Verhalten hängt vom Proportionalitätsfaktor, der Größe der Zykluszeitfehleinrichtung und den Regler-Resourcen (Referenzgeschwindigkeit) ab. Auf jeden Fall ergibt sich in den nicht kräftefreien Phasen ein Schleppabstand und große Überschwinger.

### Delay zwischen Vorsteuerung und Lagereglung

Der Delay Generator dient dazu Auswirkungen einer System-(Hardware/Kommunikations)-Totzeit im P-Anteil eines Positions-Lagereglers zwischen Ausgabe des Geschwindigkeitssollwertes und seiner Wirkung auf die Positionierung zu kompensieren. Anstelle der Ausgabegeschwindigkeit  $v_o(t)$  als Funktion der Geschwindigkeitsvorsteuerung  $v_g(t)$  und des P-Anteils  $K_v (p_g(t) - p_i(t))$ , wobei  $p_g(t)$  der Positionssollwert und  $p_i(t)$  der Positionswert ist,

$$v_o(t) = v_g(t) + K_v (p_g(t) - p_i(t)) + \dots$$

wird der Positionssollwert um die Zeitspanne  $\delta$  verspätet ausgegeben

$$v_o(t) = v_g(t) + K_v (p_g(t-\delta) - p_i(t)) + \dots$$

Parameter:  $\delta$  Nacheilzeit in s  $\geq 0.0$

### Parameter der Achskalibrierung

Diese Einstellungen sind nur bei Achsen mit Inkremental-Encodern erforderlich. Um bei diesen Achsen das Istwert-System an das Bezugs-System der Maschine anzupassen wird eine Kalibrierfahrt gestartet. Dabei werden eine Reihe von Parametern und Signalen benötigt.

Wenn die Kalibrierfahrt einer Achse gestartet wird, startet sie mit der oben genannten „Geschwindigkeit Referenzfahrt in positiver Richtung“ (Global-Reiter der Achse). Die tatsächliche Richtung wird auf dem Inkremental-Reiter des Encoders festgelegt. Die Achse stoppt, wenn in ihrem NC-SPS-Interface das Signal-Bit für den Kalibriernocken gesetzt wird. Mit diesem Nocken kann bei einem rotierenden Gebersystem mit einem Synchronpuls pro Umdrehung ein bestimmter Puls ausgewählt werden.

Nun startet die Achse erneut, um den Nocken zu verlassen. Sie fährt dazu mit „Geschwindigkeit Referenzfahrt in negativer Richtung“ (Global-Reiter der Achse), bis das Signal-Bit gelöscht wird. Ohne die Geschwindigkeit zu wechseln fährt die Achse jetzt weiter, bis das Synchron-Latch des Encoders angesprochen hat. Erst jetzt stoppt die Achse.

Die Strecke zwischen dem Ansprechen des Latch und dem Ort, an dem die Achse zum stehen kommt wird ermittelt. Die Summe aus dieser Strecke und der Referenzposition (Inkremental-Reiter des Encoders) wird als neue Achsen-Istposition gesetzt. Durch diese Vorgehensweise kann dem Synchron-Puls einer ausgewählten Umdrehung der Achse eine absolute Position in der Maschine zugeordnet werden.

Im System Manager „Achse Online“ wird die Kalibrierung über <F9> gestartet.

## 7 Beispiele

Die folgende Auflistung bietet einen Überblick über vorhandene TwinCAT NC Beispiele:

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>PTP</b>: Positionieren einer unabhängigen Punkt-zu-Punkt-Achse</li> <li>• <b>Getriebekopplung</b>: Achskopplung mit festem Getriebefaktor zwischen Master und Slave</li> <li>• <b>Superposition</b>: Überlagerung einer Bewegung (Superposition)</li> <li>• <b>Kurvenscheiben</b>: Kopplung einer Slave-Achse an eine Master-Achse über eine Kurvenscheibe. Die Kurvenscheibe wird durch eine Motion Function beschrieben.</li> </ul>	<a href="#">TcMC2</a>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Fliegende Säge</b>: Positionsgenaueres Aufsynchronisieren einer Slave-Achse auf eine fahrende Master-Achse.</li> </ul>	<a href="#">TS5055   TwinCAT NC Flying Saw</a>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>FIFO-Achsen</b>: Verfahren von Achsen über nachgefütterte Positionsdaten aus der SPS-Umgebung.</li> </ul>	<a href="#">TS5060   TwinCAT NC FIFO Axes</a>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Externer Sollwertgenerator</b>: Verfahren einer Achse mit einem in der SPS geschriebenen Sollwertgenerator.</li> <li>• <b>Referenzieren</b>: Antriebsgeführtes Referenzieren einer SERCOS-Achse</li> </ul>	<a href="#">TX1250   TwinCAT NC PTP</a>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Interpolation</b>: Interpolierende Bahnbewegungen mit einem NC Programm.</li> </ul>	<a href="#">TX1260   TwinCAT NC I</a>



Mehr Informationen:  
**[www.beckhoff.de/automation](http://www.beckhoff.de/automation)**

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG  
Hülshorstweg 20  
33415 Verl  
Deutschland  
Telefon: +49 5246 9630  
[info@beckhoff.com](mailto:info@beckhoff.com)  
[www.beckhoff.com](http://www.beckhoff.com)

