

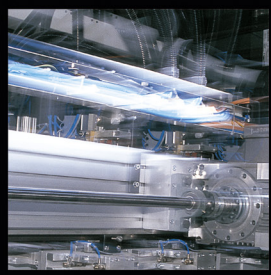
Handbuch | DE

TX1250

TwinCAT | NC PTP



TwinCAT 2 | NC PTP



Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort.....	5
1.1	Hinweise zur Dokumentation	5
1.2	Sicherheitshinweise	6
1.3	Hinweise zur Informationssicherheit	7
2	TwinCAT NC Master-Achsen.....	8
2.1	Achsstart	9
2.2	Override und Stop	16
2.3	Neue Endposition	18
2.4	Neue Geschwindigkeit und neue Endposition.....	19
2.5	Positionskompensation	20
2.6	Externe Sollwertgenerierung.....	23
3	TwinCAT Slave-Achsen	27
3.1	NC Fehlerhandling	27
3.2	Lineare Slave-Achsen	29
3.2.1	Interfaces	30
3.2.2	Ankoppeln und Koppelfaktor	31
3.2.3	Abkoppeln und Neue Endposition.....	33
3.2.4	Positionskompensation	36
3.3	Zyklische Slave-Achsen	39
4	Beispiele	41
4.1	Externer Sollwertgenerator	41
4.2	Antriebsgeführtes Referenzieren einer SERCOS-Achse	41
4.3	Achse verfahren	42

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 

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

Copyright

© Beckhoff Automation GmbH & Co. KG, Deutschland.

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

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

1.2 Sicherheitshinweise

Sicherheitsbestimmungen

Beachten Sie die folgenden Sicherheitshinweise und Erklärungen!
Produktspezifische Sicherheitshinweise finden Sie auf den folgenden Seiten oder in den Bereichen Montage, Verdrahtung, Inbetriebnahme usw.

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.

Erklärung der Symbole

In der vorliegenden Dokumentation werden die folgenden Symbole mit einem nebenstehenden Sicherheitshinweis oder Hinweistext verwendet. Die Sicherheitshinweise sind aufmerksam zu lesen und unbedingt zu befolgen!

GEFAHR

Akute Verletzungsgefahr!

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

WARNUNG

Verletzungsgefahr!

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

VORSICHT

Schädigung von Personen!

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

HINWEIS

Schädigung von Umwelt oder Geräten

Wenn der Hinweis neben diesem Symbol nicht beachtet wird, können Umwelt oder Geräte geschädigt werden.

Tipp oder Fingerzeig



Dieses Symbol kennzeichnet Informationen, die zum besseren Verständnis beitragen.

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 TwinCAT NC Master-Achsen

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.

Achsstart

Bei Achsstart [► 9] wird mittels der globalen **Dynamikparameter** (Beschleunigung, Verzögerung, Ruck) und der Startparameter (Sollgeschwindigkeit und Zielposition) ein ruckbegrenztes Dynamikprofil generiert und in Form einer Tabelle (Laufzeitabelle) hinterlegt, das dann in der Satzausführungstask zur Generation der Sollwerte dient.

Override und Stop

Der Override [► 16] dient der schnellstmöglichen online **Änderung der Sollgeschwindigkeit** der Achse. Bei der Anforderung 'Override auf x%' wird, wenn die Achse gestartet worden ist und wenn kein Stop vorliegt und wenn die Bremsphase noch nicht erreicht worden ist, eine neue Laufzeitabelle berechnet und aktiviert. Bei Misslingen wird die Funktion nicht automatisch wieder aufgerufen.

Stop wird über Override 0.0 verwirklicht und hat - wenn die Bremsphase noch nicht erreicht worden ist - Priorität gegenüber allen anderen Funktionen.

Neue Endposition

Die Funktion 'Neue Zielposition [► 18]' dient der schnellstmöglichen online **Änderung der Zielposition** der Achse. Bei der Anforderung 'NeueZielposition' wird, wenn die Achse gestartet worden ist und wenn kein Stop vorliegt, hinterfragt, ob

- die Achse das neue Ziel überfahren hat, oder ob
- die Achse bis zum neuen Ziel nicht mehr anzuhalten ist.

In diesen Fällen wird die Achse intern per Stop angehalten und automatisch per Neustart zum neuen Ziel zurückzufahren. Andernfalls wird eine neue Laufzeitabelle berechnet und aktiviert.

Neue Geschwindigkeit und neue Endposition

Die Funktion 'Neue Geschwindigkeit und neue Endposition [► 19]' dient **instantanen Änderung der Zielposition** als auch - nach Überfahren einer Aktivierungsposition *APos* - **der (späteren) Änderung der Sollgeschwindigkeit** der Achse. Die dabei angegebene Geschwindigkeit *NewV* in mm/s muss echt größer 0.0 sein und die neue Endposition *EPos* muss innerhalb der Software-Endschalter liegen. Die Funktion 'Neue Geschwindigkeit und neue Endposition' kann nicht aktiviert werden solange eine Positionskompensation vorgenommen wird.

Positionskompensation

Manchmal ist es wünschenswert, dass eine Achse innerhalb einer gewissen Strecke (Kompensationslänge *L*) gegenüber der sich aus der Laufzeitabelle ergebenden Positionierung eine **zusätzliche Positionierung** um eine vorgegebene Strecke (Kompensationsdifferenz *D* - kann auch negativ sein) durchführt. Dieser Vorgang wird meist zur räumlichen Synchronisation mit anderen Achsen benutzt und ist auf jede Achse (Master, Slave) aufschaltbar.

Ist mit den angegebenen Kompensationsparametern die Positionskompensation nicht durchführbar, dann wird automatisch die maximal mögliche Kompensation durchgeführt.

Die Positionskompensation [► 20] kann durch Kompensationsstop (stetig) abgebrochen werden.

2.1 Achsstart

Beim Achsstart wird mittels der Standard-**Dynamikparameter** (Beschleunigung, Verzögerung, Ruck) und der Startparameter (Sollgeschwindigkeit und Zielposition) ein ruckbegrenztes Dynamikprofil generiert und in Form einer Tabelle (Laufzeitabelle) hinterlegt, die dann in der Satzausführungstask zur Generation der Sollwerte dient.

Einheiten und Bezugssysteme

Basiseinheiten und damit voreingestellte Einheiten sind Millimeter [mm] und Sekunde [s], wobei man sich die Position auch in Modulowerten ausgeben lassen kann. Hier werden als Einheiten **mm und s** zugrunde gelegt.

Die Achse kann von ihrer aktuellen Position absolut, relativ oder modulo (in Bezug auf einen gegebenen Modulo-Faktor) auf eine Zielposition gestartet werden.

Anhand des Vorzeichens der **Moduloposition** wird die Fahrtrichtung der Achse festgelegt. Gibt man eine Modulo-Position vor, die kleiner als der Modulo-Faktor (Standardwert 360.0) ist, so wird unter Beibehaltung der vorgegebenen Richtung auf kürzestem Weg auf diese Modulo-Position gefahren. Diese Endposition kann sich, abhängig von der Anfangsposition, sowohl noch in der selben oder als auch in der nächsten Moduloperiode befinden. Bei der Modulo-Position 0.0 kann nicht anhand des Vorzeichens entschieden werden, welche Fahrtrichtung gewünscht wird. Dieser Fall wird definitionsgemäß als positive Fahrtrichtung interpretiert. Um die Position 0.0 in negativer Richtung anzufahren, kann ein negativer Wert nahe 0, z. B. $-1e-6$ angegeben werden.

Wird eine Moduloposition vom Betrag her größer oder gleich dem Modulo-Faktor vorgegeben, dann wird die Zielposition nicht mehr auf dem kürzesten Wege, sondern erst nach einmaligem oder mehrfachem Überfahren der Moduloposition erreicht. Das Vorzeichen legt wie immer die Fahrtrichtung und der Positionswert geteilt durch den Modulo-Faktor legt die Anzahl der zusätzlichen Umdrehungen fest, bis anschließend auf der entsprechenden Orientierung angehalten wird. Hierzu ein Beispiel: Modulostart auf Position +540.0 Grad bei Modulo-Faktor 360.0 bedeutet also, dass die Achse mindestens eine Periode ($360.0 + 180.0 = 540.0$) in positive Richtung gefahren wird und dann auf kürzestem Weg orientiert auf der Moduloposition 180.0 Grad gestoppt wird.

Hier werden nur **absolute Positionierungen** betrachtet.

Im Folgenden bezeichnen $a(t)$ die Beschleunigung, $v(t)$ die Geschwindigkeit und $p(t)$ die Position zum Zeitpunkt t nach Start der Achse.

Mit Beschleunigungen/Verzögerungen und Geschwindigkeiten sind hier fast immer

Bahnbeschleunigungen/Bahnverzögerungen (Bahnbeschleunigung/Bahnverzögerung = $\text{signum}(\text{Achssollgeschwindigkeit}) \times \text{Achsbeschleunigung/Achsverzögerung}$) und **Bahngeschwindigkeiten** (Bahngeschwindigkeit = Betrag der Achsgeschwindigkeit) gemeint.

Globale Dynamikparameter

- **Beschleunigung** $A+ > 0$: der Parameter $A+$ begrenzt die Beschleunigung nach oben, d.h. für die gesamte Positionierung gilt: $a(t) \leq A+$.
- **Verzögerung** $A- > 0$: der Parameter $A-$ begrenzt die Beschleunigung nach unten, d.h. für die gesamte Positionierung gilt: $-A- \leq a(t)$.
- **Ruckeinheit (Beschleunigungsänderung)** J : die Ruckeinheit reguliert den Auf- und Abbau der Beschleunigung/Verzögerung. Falls $a(t)$ nicht konstant ist, gilt $|da(t)/dt| = J$, d.h. die Beschleunigungsänderung vollzieht sich immer mit dem maximal zulässigen Wert.
- **Beschleunigungsbegrenzungen** $A+$, $A-$. Ob die Beschleunigungs-/Verzögerungsbegrenzung(en) ($A+, A-$) erreicht werden, hängt vom Verhältnis der Beschleunigungsbegrenzung/Verzögerungsbegrenzung zur Sollgeschwindigkeit V ab. Der Wert des Rucks J bei dem die Beschleunigungs-/Verzögerungsbegrenzung gerade erreicht (aber nicht beibehalten wird) ist der **kritische Ruck** J_{\pm} , der durch die Formeln $J+ = (A+)^2/V$, bzw. $J- = (A-)^2/V$ in Einheiten mm und s gegeben ist.

Startparameter

- Sollgeschwindigkeit $V > 0$: der Parameter V begrenzt die Geschwindigkeit nach oben, d.h. für die gesamte Positionierung gilt: $|v(t)| \leq V$.
- Zielposition.

- Die Länge der Positionierstrecke ergibt sich indirekt aus der Startposition (Istposition) und der Zielposition.

Geschwindigkeitsprofil und Beschleunigungsprofil

Die Standarddynamik für Servo-Achsen ist eine ruckbegrenzte 7-Phasen-Dynamik. Die 7 Phasen sind (optionale Phasen sind geklammert [])

1. Beschleunigungsphasen $a(t) > 0$:
 - Beschleunigungsaufbau: $da(t)/dt = +J$,
 - [Konstante Beschleunigung: $a(t) = A+$],
 - Beschleunigungsabbau: $da(t)/dt = -J$,
2. [Phase konstanter Geschwindigkeit $|v(t)| = V$],
3. Verzögerungsphasen $a(t) < 0$:
 - Verzögerungsaufbau: $da(t)/dt = -J$,
 - [Konstante Verzögerung: $a(t) = -A-$],
 - Verzögerungsabbau: $da(t)/dt = +J$.

Generelle Hinweise und Spezialfälle

- Der Start erfolgt von der aktuellen Istposition.
- Es wird nicht gestartet, wenn die Länge der Positionierstrecke kleiner als ein Encoder-Inkrement ist (Warnung).
- Falls die Sollgeschwindigkeit V nicht erreicht werden kann (die Strecke ist zu kurz oder V ist zu groß), wird ohne Meldung die größte erreichbare Geschwindigkeit (unter der symmetrischen Beschleunigung/Verzögerung $A_{\pm} = \min(A+, A-)$) ermittelt und anstelle von V aktiviert.
- Falls mit den angegebenen Startdaten kein Dynamikprofil erzeugt werden kann, weil der Ruck viel zu groß ist, dann wird der Ruck automatisch Reskaliert.
- Über die SPS steht ein Override zur Verfügung, der die Sollgeschwindigkeit auf einen zwischen 0.0 und 100.0 liegenden Prozentsatz ändert. Man kann z.B. die Achse mit Override 0.0 starten und dann nach Bedarf den Override hochdrehen.

Ablauf

1. Vor Startanforderung: die Satzvorbereitungstask wartet auf neue Aufträge und in der Satzausführungstask arbeitet nur die Lagereglung.
2. **Satzvorbereitung**: Nach Überprüfung der Startparameter wird ein Dynamikprofil generiert und in einer Laufzeitabelle abgelegt. Dann wird **automatisch** die Sollwertgenerierung der Satzausführungstask freigegeben.

Satzausführung: Der Sollwertgenerator berechnet anhand der Laufzeitabelle und der abgelaufenen Zeit seit Start die aktuellen Sollwerte und übergibt diese an den Lageregler. Sollwerte der Sollwertgenerierung sind die lokalen Sollwerte, d.h. die in jedem Zyklus berechneten folgenden Größen:

- der Positionssollwert (zur Lagereglung),
 - der Geschwindigkeitssollwert (zur Geschwindigkeitsvorsteuerung),
 - der Beschleunigungssollwert (zur Regelung mit speziellen Reglern),
 - die Sollrichtung (zur richtungsabhängigen Vorschubüberwachung).
3. Nach Bahnende: In der Satzausführung wird wieder ausschließlich der Lageregler durchlaufen.

Bemerkungen zu den Bildern:

Skalen: Geschwindigkeit [mm/s] / Zeit [s]

Farben:

Sollposition: Dunkelblau

Istposition: Hellblau

Sollgeschwindigkeit: Dunkelgrün

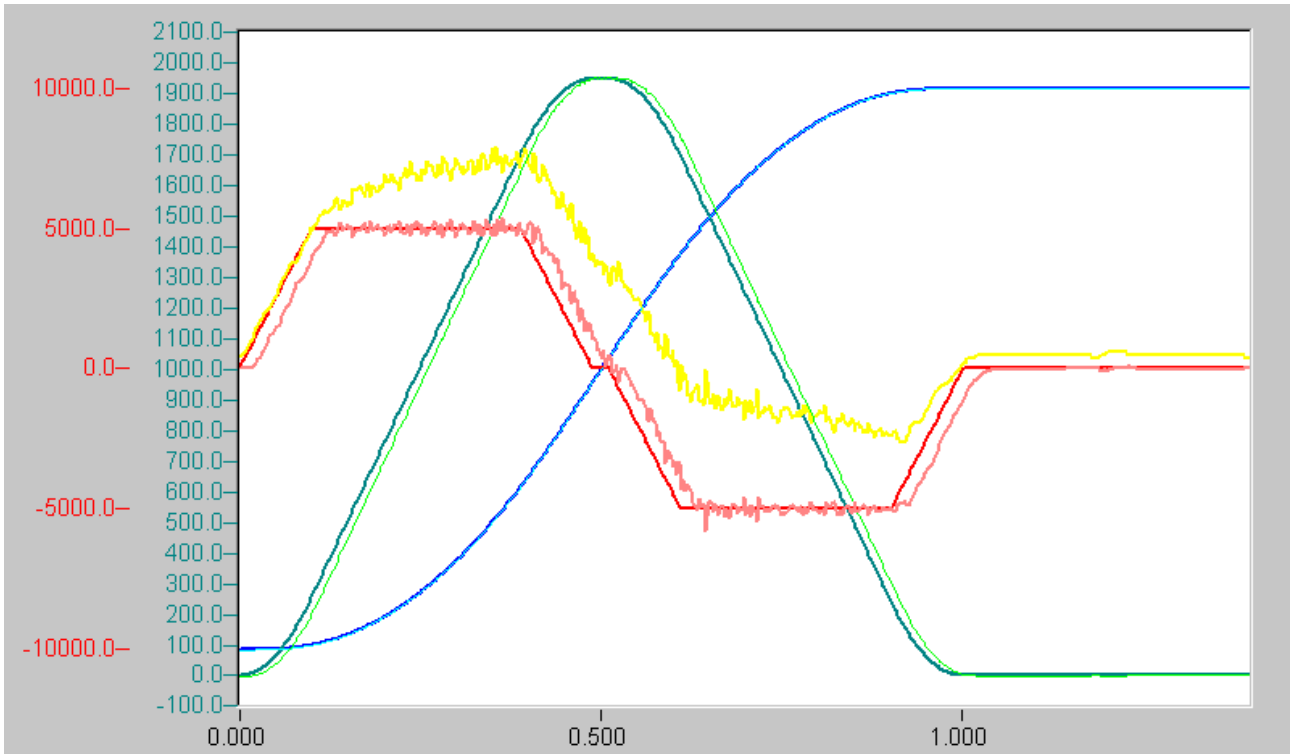
Istgeschwindigkeit: Hellgrün

Sollbeschleunigung: Dunkelrot

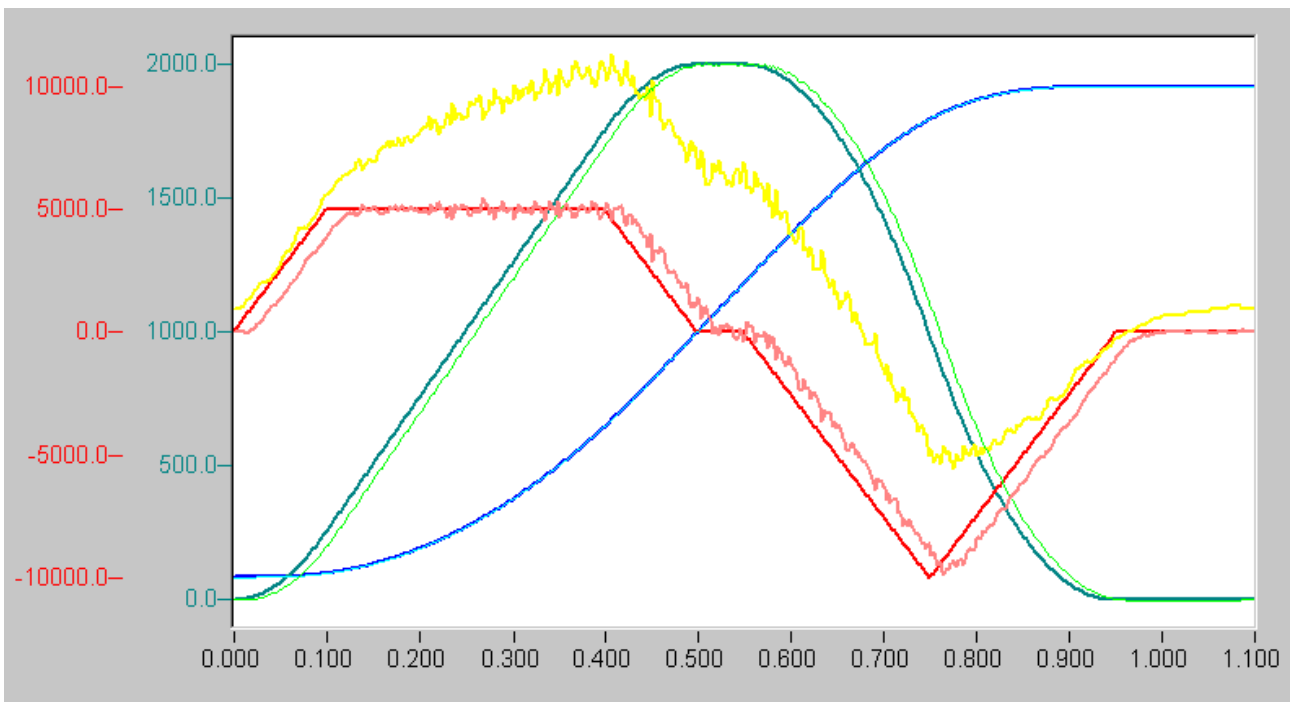
Istbeschleunigung: Hellrot

Schleppabstand: Gelb

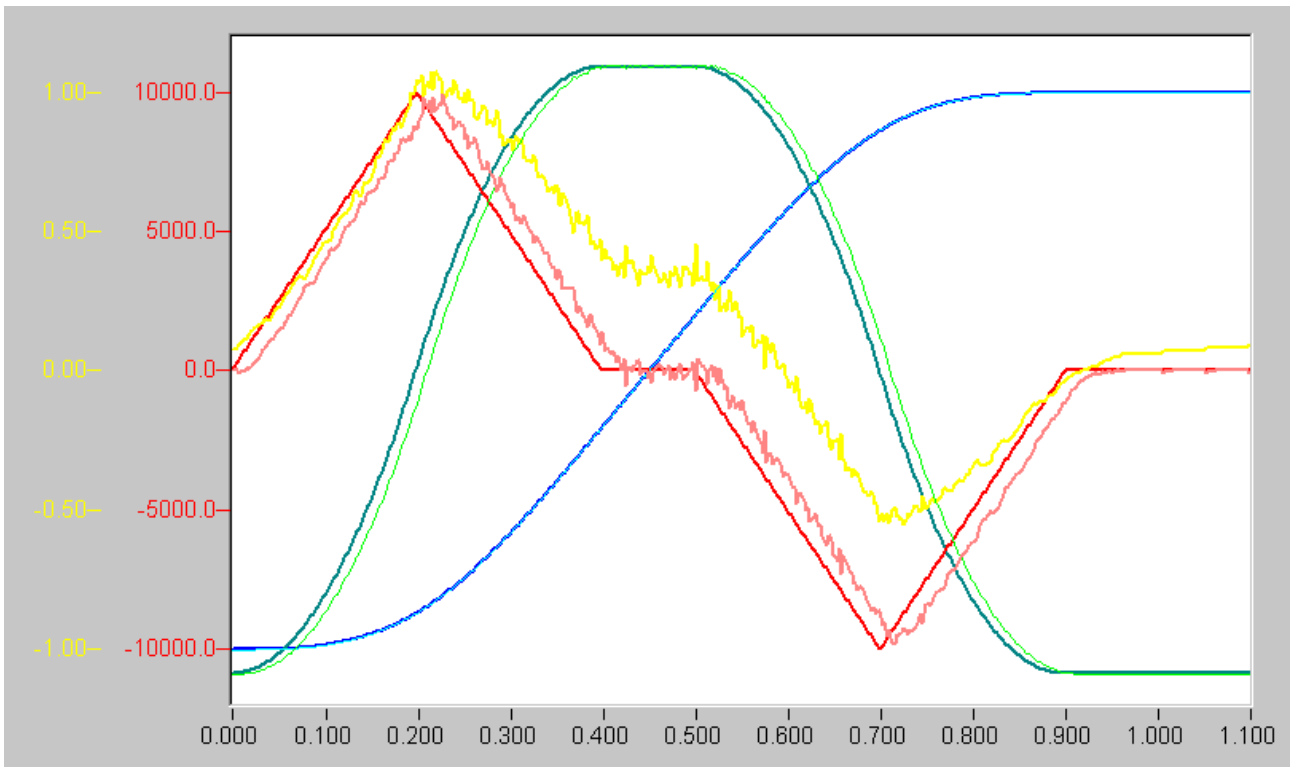
Dynamik I: Beschleunigung/Verzögerung



Dynamik 1.1 Dynamikprofil mit $A+ = A- = 5000.0$ mm/s/s, $R = 50000.0$ mm/s/s, $V = 2000.0$ mm/s von 0.0 mm auf 1000.0 mm

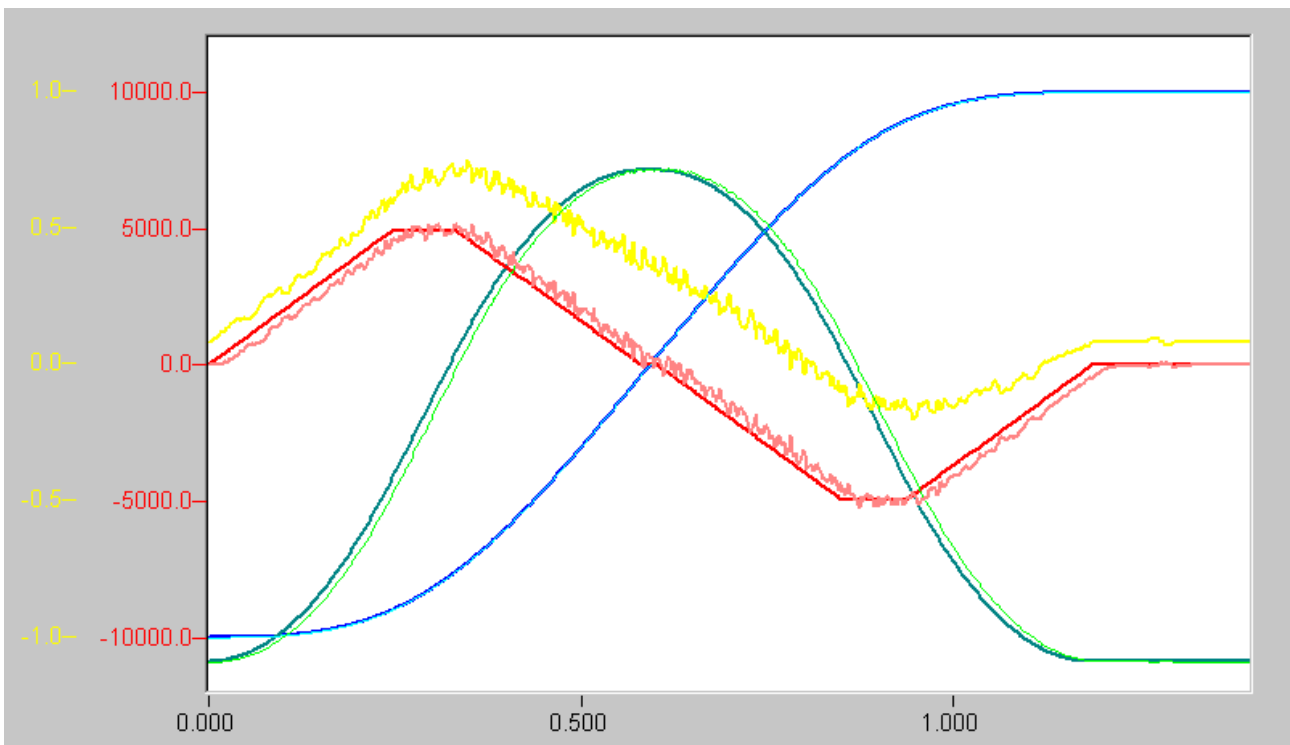


Dynamik 1.2 Dynamikprofil mit $A^+ = -5000.0$, $A^- = 10000.0$ mm/s/s, $R = 50000.0$ mm/s/s, $V = 2000.0$ mm/s von 0.0 mm auf 1000.0 mm

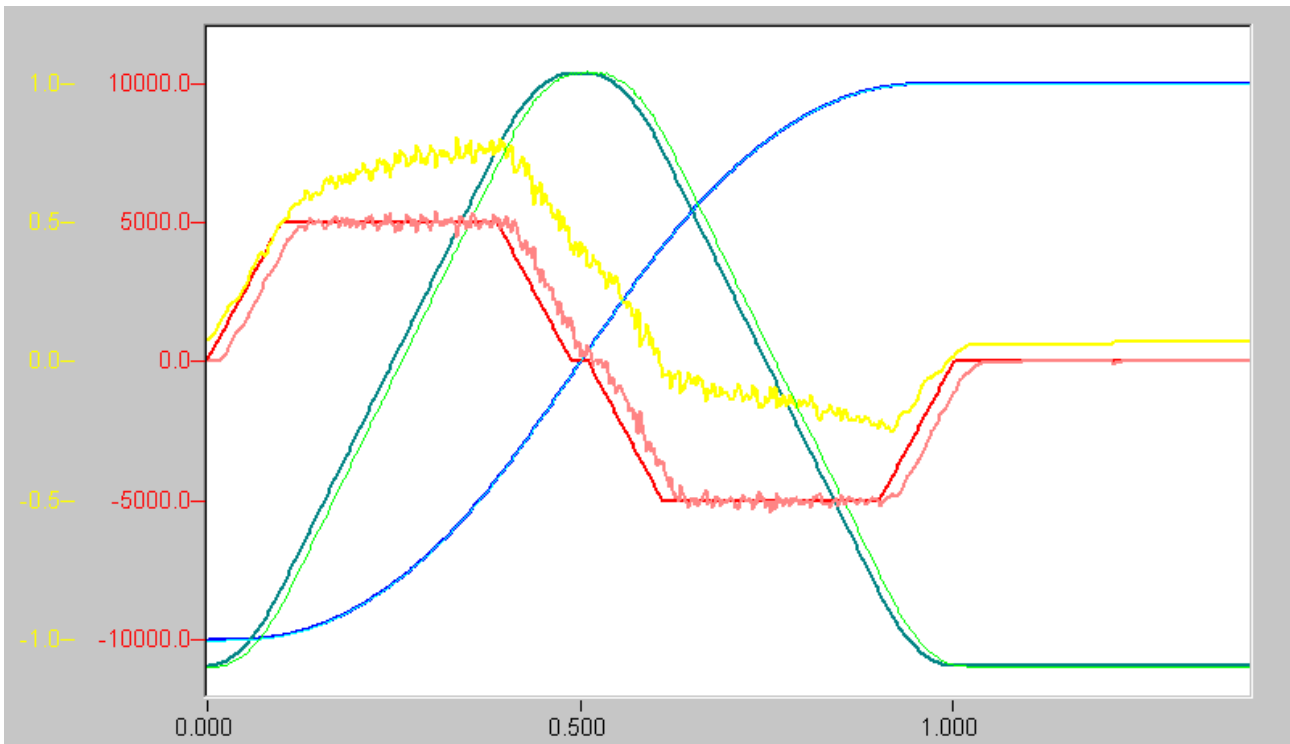


Dynamik 1.3 Dynamikprofil mit $A^+ = A^- = 15000.0$ mm/s/s, $R = 50000.0$ mm/s/s, $V = 2000.0$ mm/s von 0.0 mm auf 1000.0 mm

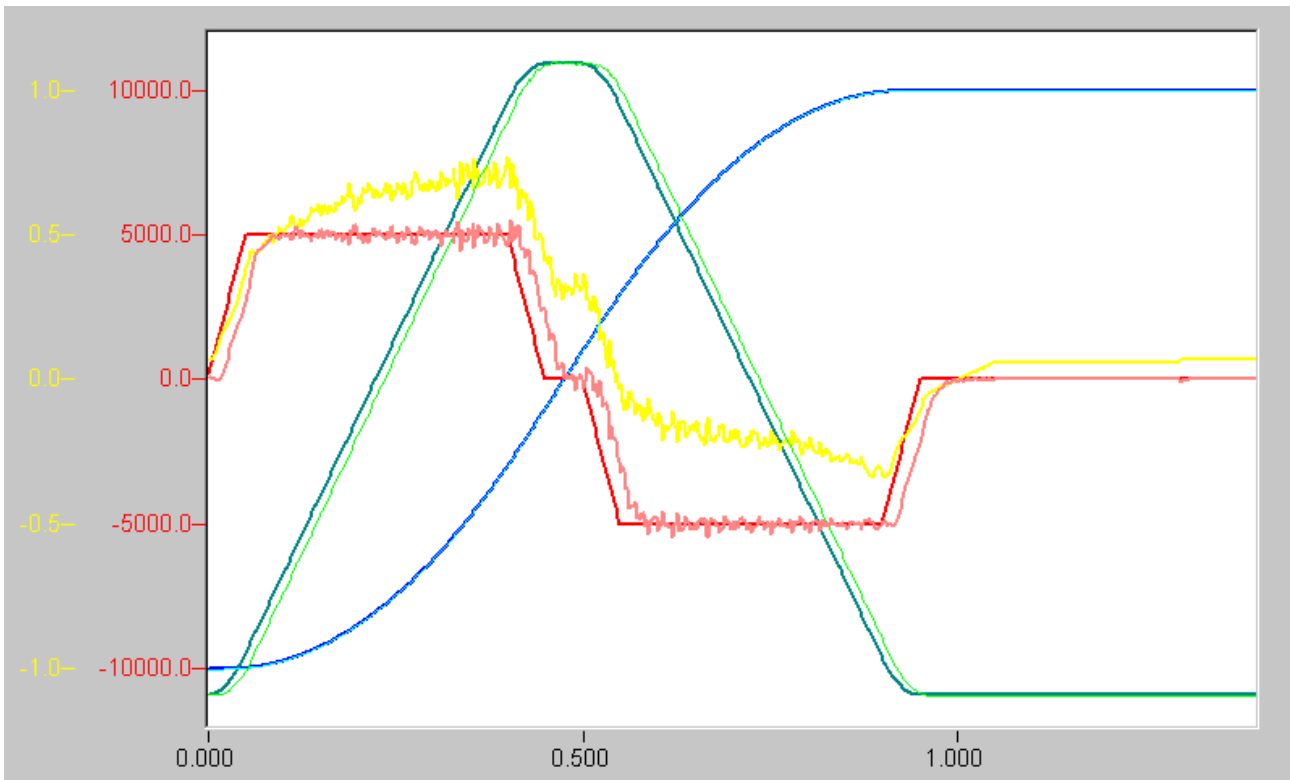
Dynamik II: Ruck (Beschleunigungsänderung)



Dynamik 2.1 Dynamikprofil mit $A+ = A- 5000.0$ mm/s/s, $R = 20000.0$ mm/s/s, $V = 2000.0$ mm/s von 0.0 mm auf 1000.0 mm

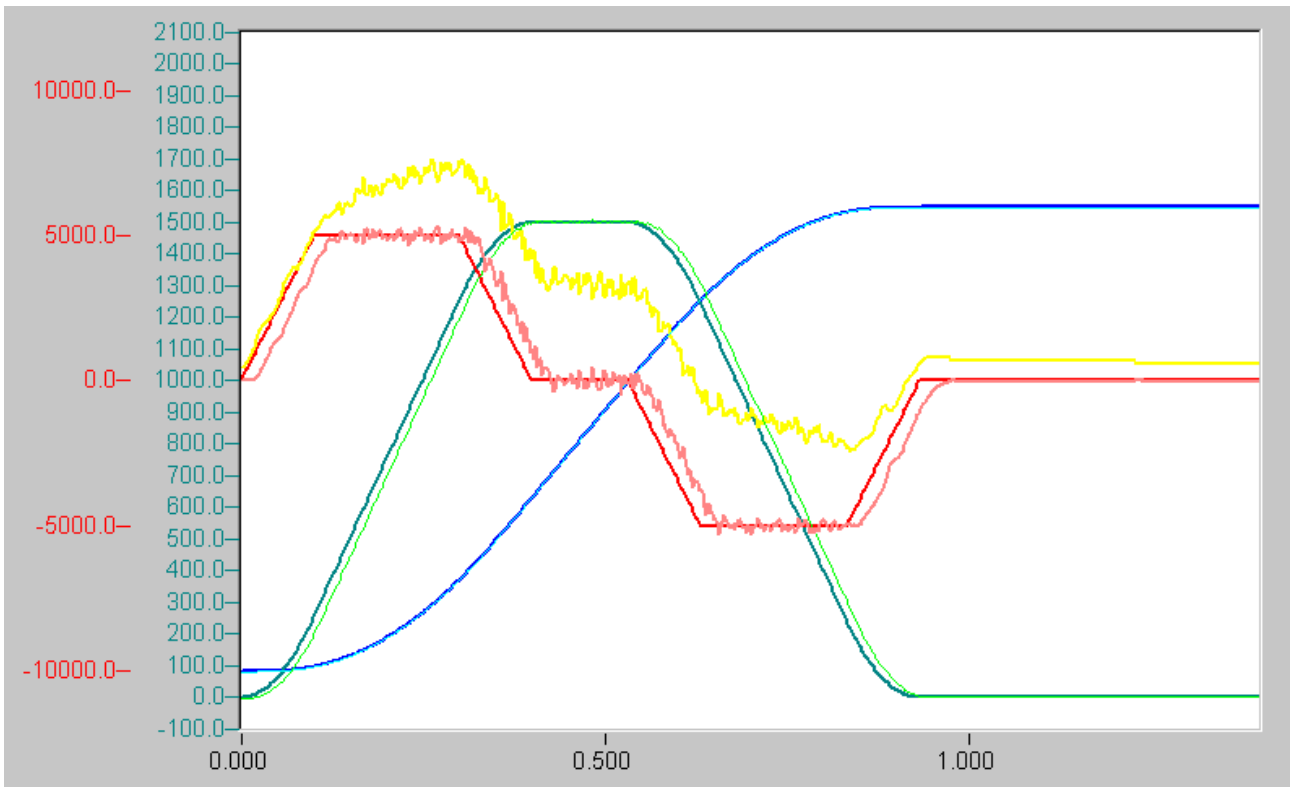


Dynamik 2.2 Dynamikprofil mit $A+ = A- 5000.0$ mm/s/s, $R = 50000.0$ mm/s/s, $V = 2000.0$ mm/s von 0.0 mm auf 1000.0 mm

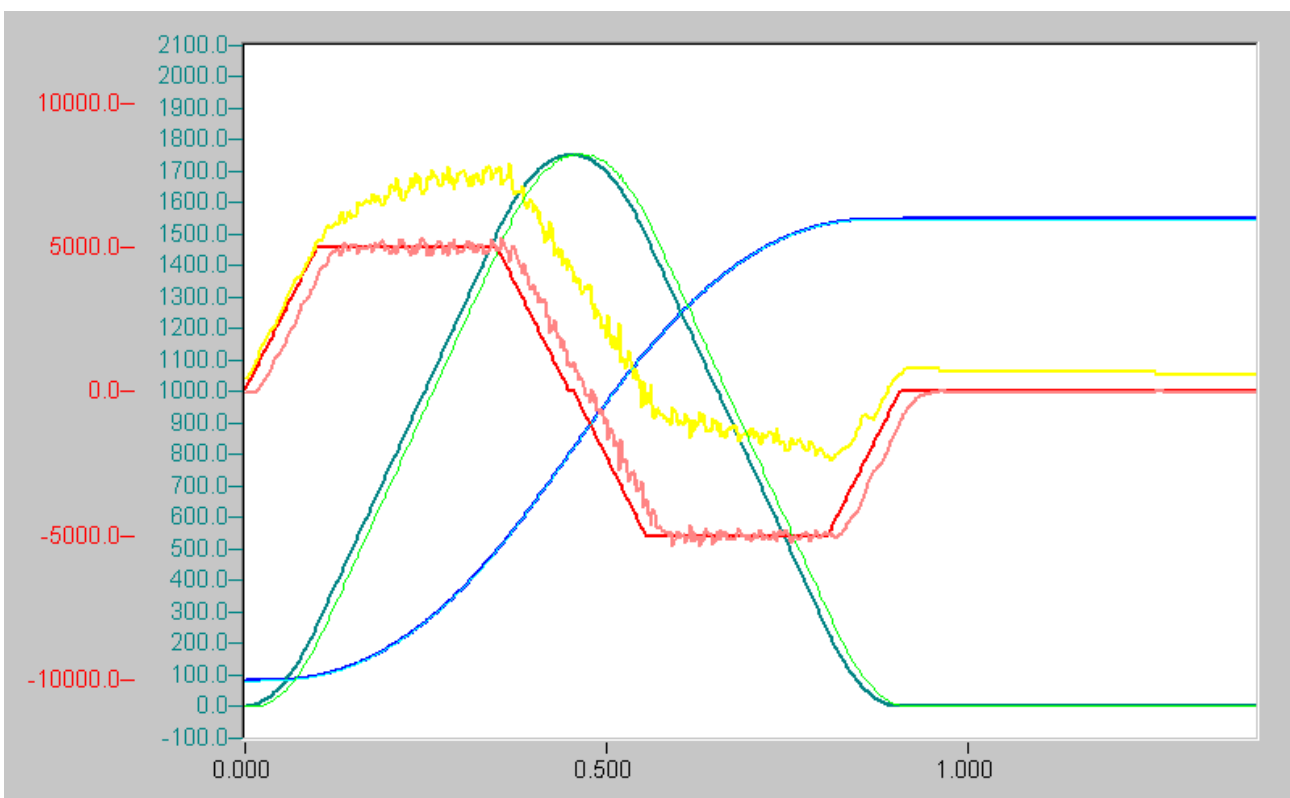


Dynamik 2.3 Dynamikprofil mit $A+ = A- 5000.0$ mm/s/s, $R = 100000.0$ mm/s/s, $V = 2000.0$ mm/s von 0.0 mm auf 1000.0 mm

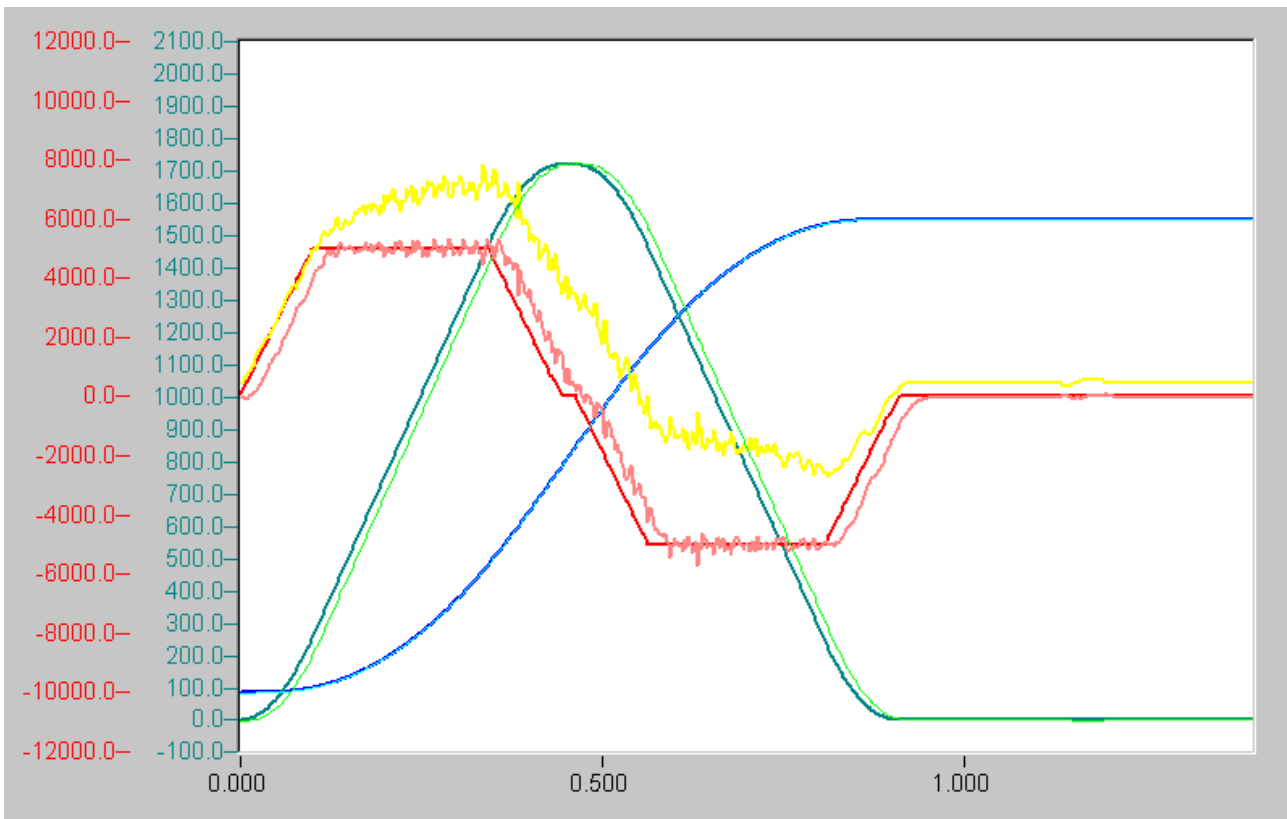
Dynamik III: Geschwindigkeitsreduktion



Dynamik 3.1 Dynamikprofil mit $A+ = A- 5000.0$ mm/s/s, $R = 50000.0$ mm/s/s, $V = 1500.0$ mm/s von 0.0 mm auf 800.0 mm



Dynamik 3.2 Dynamikprofil mit $A+ = A- = 5000.0 \text{ mm/s/s}$, $R = 50000.0 \text{ mm/s/s/s}$, $V = 1750.0 \text{ mm/s}$ von 0.0 mm auf 800.0 mm



Dynamik 3.3 Dynamikprofil mit $A+ = A- = 5000.0 \text{ mm/s/s}$, $R = 50000.0 \text{ mm/s/s/s}$, $V = 2000.0 \text{ mm/s}$ von 0.0 mm auf 800.0 mm

Tab. 1: Globale Dynamikparameter

Dynamikparameter	Bedeutung und Randbedingungen
Beschleunigung $A+$	Beschleunigungsbegrenzung ($A+ > 0.0$)
Verzögerung $A-$	Verzögerungsbegrenzung ($A- > 0.0$)
Ruck J	Betrag der Beschleunigungsänderungskonstanten ($J > 0.0$)

Hinweise zu den Startparametern:

- Für die Größenordnungen von J zu $A+$ bzw. $A-$ in Einheiten mm und $\text{Saf-Zykluszeit } T$ sollte mit hinreichend großen Abständen gelten: $J \ll \min(A+, A-)$. (Ein Beispiel: mit $\text{Saf-Zykluszeit } T = 1/1000 \text{ s}$, Beschleunigung sowie Verzögerung $A+ = A- = 10000 \text{ mm/s/s} = 1/100 \text{ mm/T/T}$, Ruck $J = 100000 \text{ mm/s/s} = 1/10000 \text{ mm/T/T/T}$ ergibt sich $J = 0.0001 \ll A+ = A- = 0.01$.)
- Will man sicherstellen, dass die eingestellte Beschleunigung $A+$ bzw. Verzögerung $A-$ auch erreicht wird, dann muss man den Ruck J mindestens so groß wie den **kritischen Ruck** machen: $J \geq \max((A+)^2, (A-)^2)/V$.

Tab. 2: Startparameter

Startparameter	Bedeutung und Randbedingungen
Sollgeschwindigkeit V	angeforderte Bahnsollgeschwindigkeit (Betrag der Achsollgeschwindigkeit) ($V > 0.0$, $V \leq V_{max}$)

Startparameter	Bedeutung und Randbedingungen
Zielposition P	anzufahrende Position P ($P_{min} \leq P \leq P_{max}$)

Hinweise zu den Startparametern:

1. Ist die Sollgeschwindigkeit größer als die für die Achse maximal **erlaubte Geschwindigkeit** V_{max} , dann wird der Start abgelehnt und ein Fehler generiert.
2. Ist die Sollgeschwindigkeit größer als die für die Achse festgelegte **Bezugsgeschwindigkeit** V_{ref} (auch Referenzgeschwindigkeit genannt), dann wird der Start abgelehnt und ein Fehler generiert. **Ist die Sollgeschwindigkeit gleich oder nahezu gleich der Bezugsgeschwindigkeit, dann hat die Achse keine oder nur wenig Reserven zur Regelung.**
3. Für die Größenordnungen von $A+$ und $A-$ zu V in Einheiten mm und Saf- Zykluszeit T sollte mit hinreichend großen Abständen gelten: $max(A+, A-) \ll V$. (Ein Beispiel: mit Saf- Zykluszeit $T = 1/1000$ s, Sollgeschwindigkeit $V = 1000$ mm/s = 1 mm/T, Beschleunigung sowie Verzögerung $A+ = A- = 10000$ mm/s/s = $1/100$ mm/T/T ergibt sich $A+ = A- = 0.01 \ll 1 = V$.)
4. Liegt die Zielposition P außerhalb der **Softwareendschalter** (P_{min}, P_{Max}), dann wird der Start abgelehnt und ein Fehler generiert.
5. Ein Start aus dem Bereich außerhalb der Softwareendschalter (P_{min}, P_{max}) in den Bereich innerhalb der Softwareendschalter ist erlaubt.

2.2 Override und Stop

Der Override dient der schnellstmöglichen online Änderung der Sollgeschwindigkeit der Achse. Stop wird über Override 0.0 verwirklicht und hat Priorität gegenüber allen anderen Funktionen.

Override

Der Override ist ein **instantaner(nicht zeitskalierter) Override**, d.h. es wird versucht mit den maximal zulässigen Beschleunigungsänderungen das neue Geschwindigkeitsniveau so schnell wie möglich zu erreichen.

Der Override ist von 0.0% bis 100.0% in Stufen zu $1/1,000,000$ veränderbar.

Es gibt vier Overridetypen:

1. Der Override bezieht sich auf das bei Achs-Start berechnete und eventuell reduzierte Sollgeschwindigkeitsniveau. Ist das neue Geschwindigkeitsniveau nicht erreichbar, wird die alte Laufzeitabelle ohne Meldung beibehalten.
2. Der Override bezieht sich auf die vom Benutzer angegebene Sollgeschwindigkeit. Ist das neue Geschwindigkeitsniveau nicht erreichbar, wird die alte Laufzeitabelle ohne Meldung beibehalten.
3. Der Override bezieht sich auf das bei Achs-Start berechnete und eventuell reduzierte Sollgeschwindigkeitsniveau. Ist das neue Geschwindigkeitsniveau nicht erreichbar dann wird versucht eine kleineres optimales Geschwindigkeitsniveau zu erreichen.
4. Der Override bezieht sich auf die vom Benutzer angegebene Sollgeschwindigkeit. Ist das neue Geschwindigkeitsniveau nicht erreichbar dann wird versucht eine kleineres optimales Geschwindigkeitsniveau zu erreichen.

Der Override wird nur aktiviert, wenn kein Stop vorliegt und wenn die Bremsphase noch nicht erreicht worden ist. Es gibt die Möglichkeit die Achse mit Override 0% zu starten.

Bei zu schnellen - speziell periodischen Änderungen des Overrides zwischen zwei festen Geschwindigkeitsniveaus - verhält sich die Achse - obwohl deterministisch berechnet - für den Benutzer indeterministisch.

Bemerkungen zu den Bildern:

Skalen: Geschwindigkeit [mm/s] / Zeit [s]

Farben:

Sollposition: Dunkelblau

Istposition: Hellblau

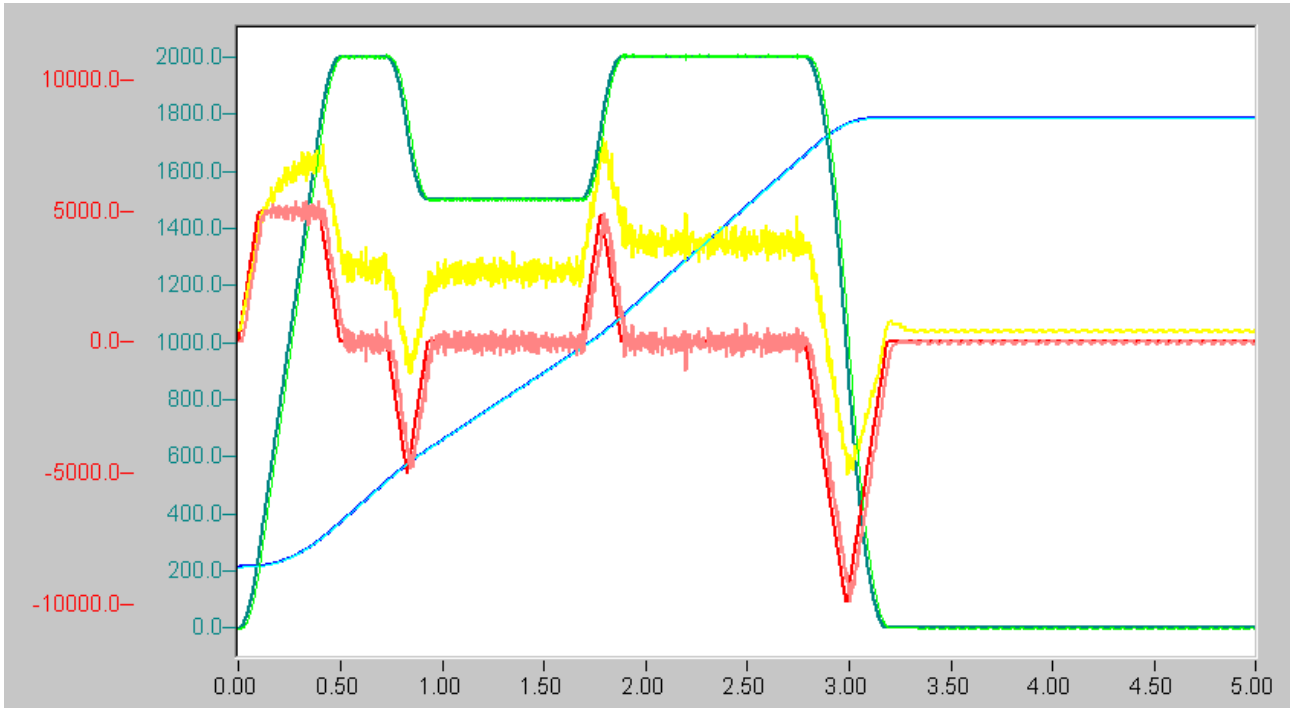
Sollgeschwindigkeit: Dunkelgrün

Istgeschwindigkeit: Hellgrün

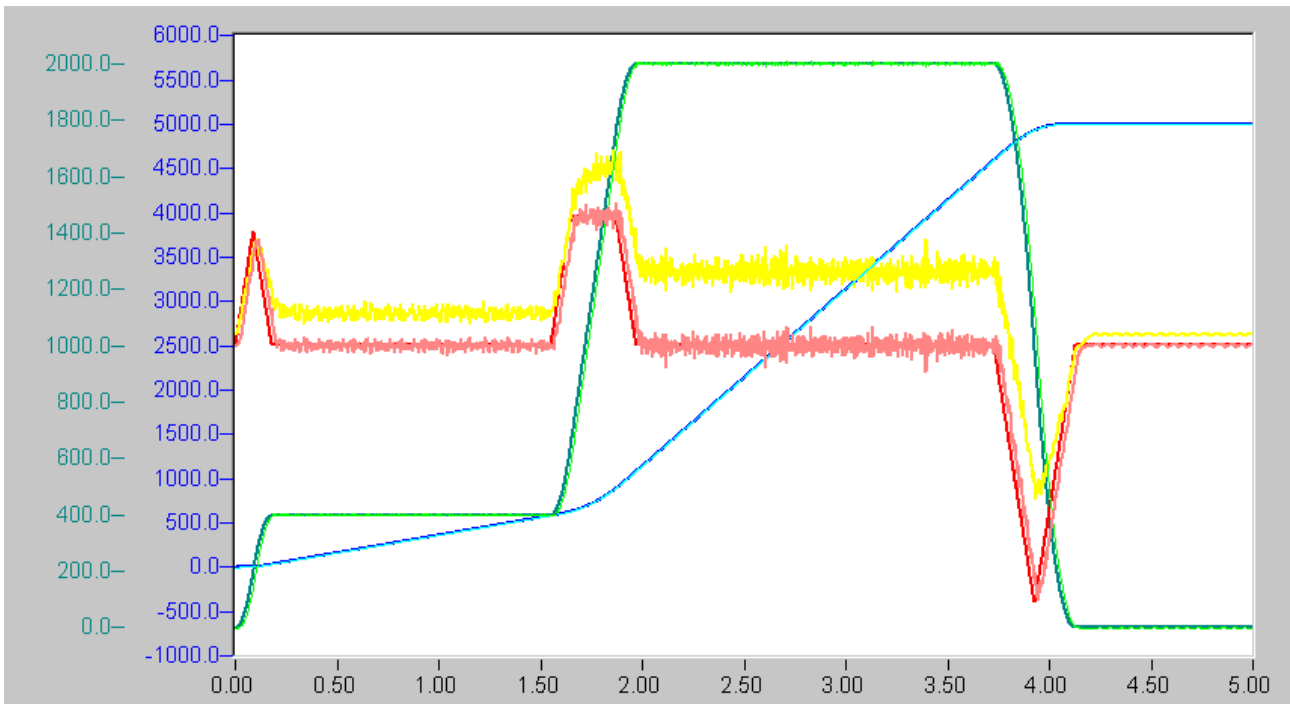
Sollbeschleunigung: Dunkelrot

Istbeschleunigung: Hellrot

Schleppabstand: Gelb



Overrideänderungen: Startoverride 100% -> 75% -> 100% (V = 2000.0 mm/s, von 0.0 mm auf 5000.0 mm)



Overrideänderungen: Startoverride 20% -> 100% (V = 2000.0 mm/s, von 0.0 mm auf 5000.0 mm)

Stop

Stop wird über Override 0.0 verwirklicht und hat - wenn die Bremsphase noch nicht erreicht worden ist - **Priorität** gegenüber allen anderen Funktionen. Wird Stop angefordert und ist die Positionskompensation aktiv, dann wird mit dem Stop der Grunddynamik gleichzeitig der Stop der Kompensation aktiviert um die Achse so schnell wie möglich auf der maximal zulässigen Bremsrampe abzustoppen.

Not-Stop

Bei Not-Stop mit Parametern Ruck R [mm/s/s/s] und Verzögerung A [mm/s/s] werden die Parameter Ruck und Verzögerung dann neu gesetzt, wenn beide Parameter echt größer sind als die bei Start mitgegebenen Parameter. Mit den neuen Parametern wird dann der Stop eingeleitet.

N.B.: in der (natürlichen oder durch den Benutzer induzierten) Bremsphase ist **kein** Not-Stop möglich.

2.3 Neue Endposition

Die Funktion 'Neue Zielposition' dient der schnellstmöglichen online Änderung der Zielposition der Achse.

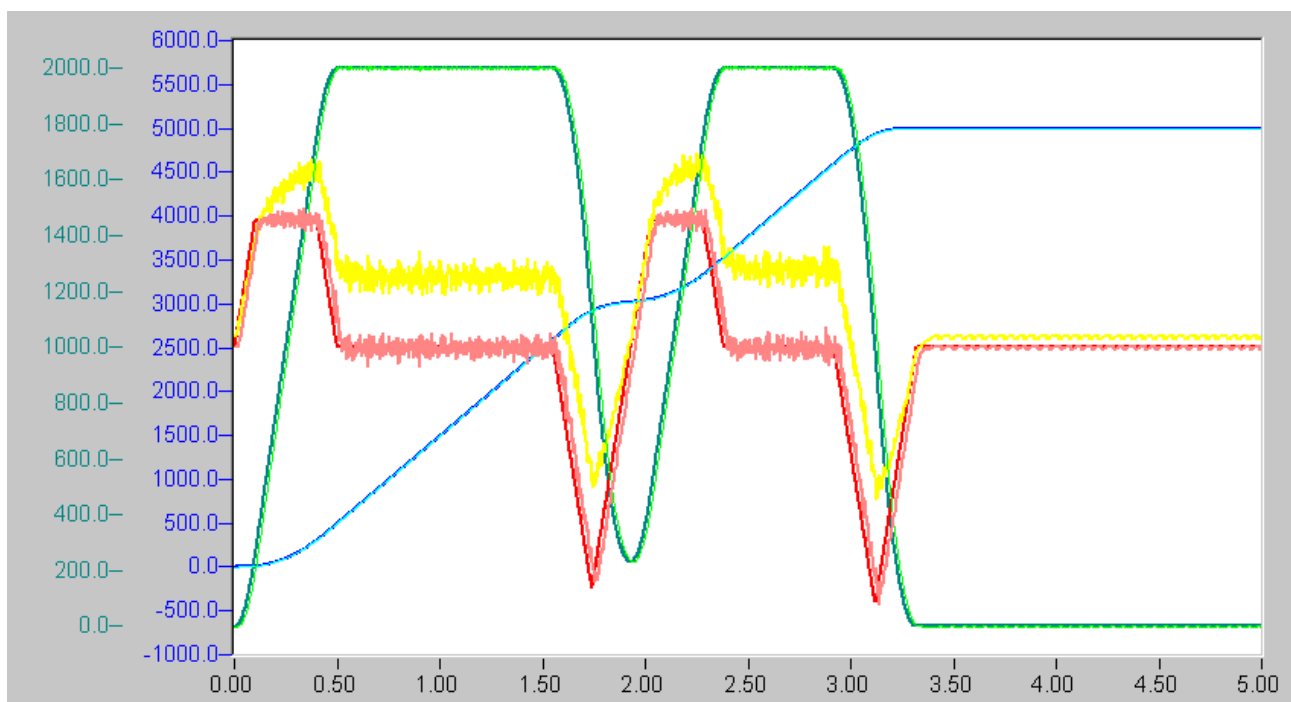
Interner Ablauf

Bei der Anforderung 'NeueZielposition' wird, wenn die Achse gestartet worden ist und wenn kein Stop vorliegt, hinterfragt, ob

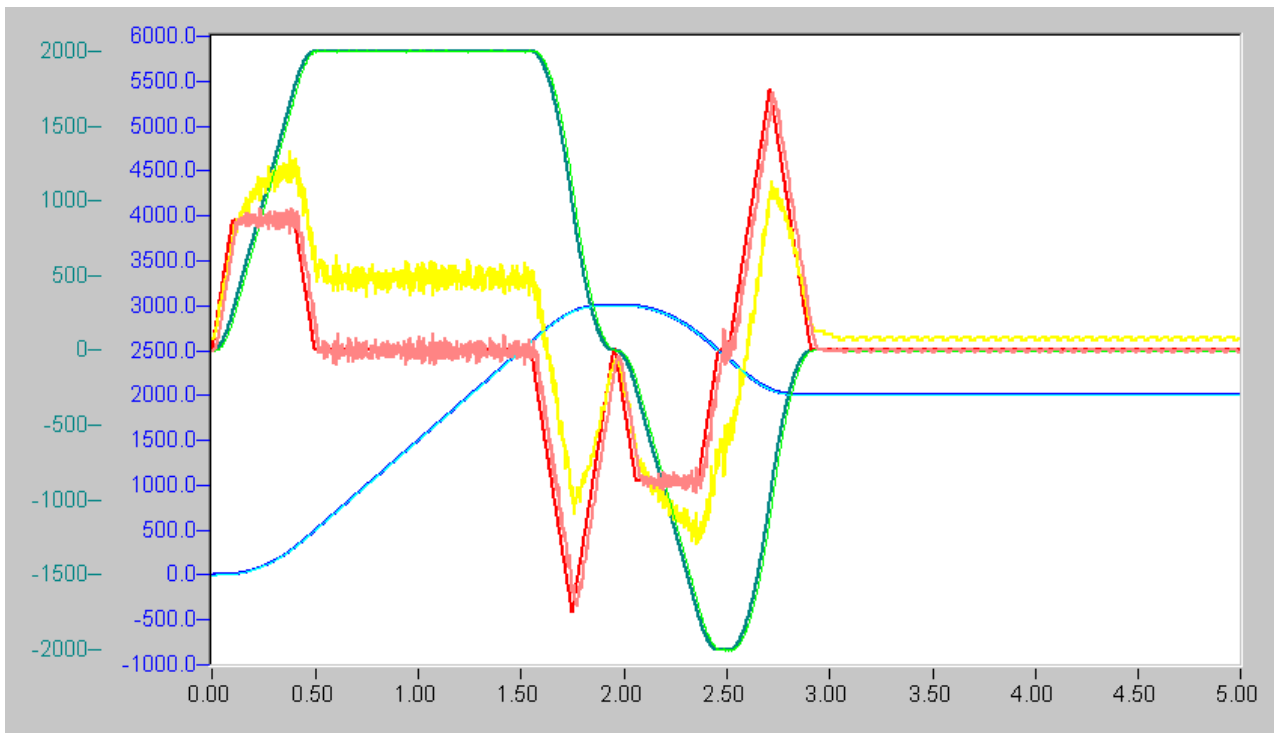
- die Achse das neue Ziel überfahren hat, oder ob
- die Achse bis zum neuen Ziel nicht mehr anzuhalten ist.

In diesen Fällen wird die Achse intern per Stop angehalten und dann **automatisch** auf die gewünschte neue Zielposition **zurückgefahren**. Andernfalls wird eine neue Laufzeitabelle berechnet und aktiviert. Die Funktion 'Neue Zielposition' darf **nicht aktiviert werden** solange eine Positionskompensation vorgenommen wird.

War bei Start der Achse die gewünschte Sollgeschwindigkeit nicht erreichbar, und ist nach der Anforderung einer neuen Zielposition die alte gewünschte Sollgeschwindigkeit erreichbar, dann wird diese auch erreicht, d.h. eine vorher langsam fahrende Achse kann nach der Anforderung einer neuen Zielposition plötzlich schneller werden.



Neue Endposition in der Stoppphase ($V = 2000.0$ mm/s, Start von 0.0 mm auf 3000.0 mm, Nachstart auf 5000.0 mm)



Neue Endposition mit Umkehr ($V = 2000.0$ mm/s, Start von 0.0 mm auf 3000.0 mm, Nachstart auf 2000.0 mm)

2.4 Neue Geschwindigkeit und neue Endposition

Die Funktion 'Neue Geschwindigkeit und neue Endposition' dient **instantanen Änderung der Zielposition** und, falls vorher die vom Benutzer gewünschte Sollgeschwindigkeit $VOld$ nicht erreicht werden konnte, auch - falls das möglich ist - der **instantanen Änderung der aktuellen internen Sollgeschwindigkeit** in Richtung auf die vom Benutzer gewünschte Sollgeschwindigkeit $VOld$, als auch - nach Überfahren einer Aktivierungsposition $APos$ - **der (späteren) Änderung der Sollgeschwindigkeit** der Achse. Die dabei angegebene Geschwindigkeit $VNew$ in mm/s muss echt größer 0.0 sein und darf die Maximalgeschwindigkeit der Achse nicht überschreiten. Die neue Endposition $EPos$ muss innerhalb der Software-Endschalter liegen. Die Funktion 'Neue Geschwindigkeit und neue Endposition' kann nicht aktiviert werden solange eine Positionskompensation vorgenommen wird.

Interner Ablauf: Aktivierungsposition

Bei der Anforderung: Neue Geschwindigkeit $VNew$ mm/s, neue Endposition $EPos$ mm, Aktivierungsposition $APos$ mm

wird zuerst das Verhältnis der Positionen $EPos$, $APos$ und der aktuellen Position Pos zueinander in Bezug auf die logische Richtung der der Positionierung bestimmt. Sei die logische Richtung positiv:

1. gilt: $Pos \leq APos \leq EPos$, dann wird die neue Sollgeschwindigkeit $NewV$ nach Überfahren der Position $APos$ aktiviert,
2. gilt : $APos \leq Pos \leq EPos$, dann ist die Aktivierungsposition schon überfahren worden und die Sollgeschwindigkeit $NewV$ wird instantan aktiviert,
3. gilt: $APos \leq EPos \leq Pos$, dann wird gestoppt und mit der alten Sollgeschwindigkeit $VOld$ automatisch zurückgefahren,
4. gilt: $Pos \leq EPos \leq APos$, dann wird nur die neue Endposition und die alte Sollgeschwindigkeit $VOld$, nicht aber die neue Sollgeschwindigkeit aktiviert,
5. gilt: $EPos \leq APos \leq Pos$, dann wird gestoppt, mit der alten Sollgeschwindigkeit $VOld$ auf die neue Endposition zurückgefahren (nicht implementiert: und bei Überschreiten der Aktivierungsposition die neue Sollgeschwindigkeit $VNew$ aktiviert).

6. gilt: $EPos \leq Pos \leq APos$, dann wird gestoppt und mit der alten (nicht implementiert: neuen) Sollgeschwindigkeit auf die neue Endposition zurückgefahren.

Analoges gilt für die logische Richtung negativ.

Bei der Anforderung 'Neue Geschwindigkeit und neue Zielposition' wird, wenn die Achse gestartet worden ist, hinterfragt, ob

- die Achse das neue Ziel überfahren hat, oder ob
- die Achse bis zum neuen Ziel nicht mehr anzuhalten ist.

In diesen Fällen wird die Achse **intern** per Stop angehalten und dann **automatisch** mit der passenden Sollgeschwindigkeit $VOld$ (falls diese erreichbar ist) oder $VNew$ (falls diese erreichbar ist) auf die gewünschte neue Zielposition **zurückgefahren**.

Interner Ablauf: Neue Geschwindigkeit

Muss nicht zurückgefahren werden und entweder die neue Sollgeschwindigkeit instantan angefordert oder die Aktivierungsposition überfahren, dann wird mit der neuen Sollgeschwindigkeit eine neue Laufzeitabelle berechnet. Ist aufgrund der Verhältnisse von Restweg und neuer Sollgeschwindigkeit die neue Sollgeschwindigkeit nicht erreichbar, dann wird **iterativ** die Sollgeschwindigkeit 7-8 mal runtergesetzt. Falls das zu keiner Lösung führt (ungünstige Szenarien sind: kleiner Restweg und/oder große neue Sollgeschwindigkeit - in Bezug auf die alte Sollgeschwindigkeit), wird die alte Laufzeitabelle beibehalten.

Besonderheiten

Im Gegensatz zur Funktion 'Neue Endposition' hat bei der Funktion 'Neue Geschwindigkeit und neue Zielposition' der Stop keine Priorität. Das bedingt, dass inkohärente kurz aufeinanderfolgende Instruktionen nicht zum Stopp der Achse führen müssen. Die Funktion 'Neue Geschwindigkeit und neue Zielposition' ist kompatibel zur Override-Funktion. Erfolgt die Anforderung in der Bremsphase, dann wird die instantane Instruktion, falls sie nicht instantan ausführbar ist, die spätere Aktion suspendiert und die instantane Aktion optimal verzögert durchgeführt und darauf die Suspendierung aufgehoben. Wird die Funktion mit instantaner (Ereignis1) und späterer Aktivierung (Ereignis2) zwischen Ereignis1 und Ereignis2 durch eine nur instantan wirkende Funktion unterbrochen (Ereignis3), dann wird die Aktivierung von Ereignis3 gelöscht. Wird die Funktion zwischen Ereignis1 und Ereignis2 durch eine wiederum instantan (Ereignis3) und später (Ereignis4) wirkende Funktion unterbrochen, dann wird die Ereignis4 anstelle von Ereignis3 gesetzt.

2.5 Positionskompensation

Manchmal ist es wünschenswert, dass eine Achse innerhalb einer gewissen Strecke (Kompensationslänge L) gegenüber der sich aus der Laufzeitabelle ergebenden Positionierung eine **zusätzliche Positionierung** um eine vorgegebene Strecke (Kompensationsdifferenz D - kann auch negativ sein) durchführt. Dieser Vorgang wird meist zur räumlichen Synchronisation mit anderen Achsen benutzt und ist auf jede Achse (Master, Slave) aufschaltbar.

Ist mit den angegebenen Kompensationsparametern die Positionskompensation nicht durchführbar, dann wird automatisch die maximal mögliche Kompensation durchgeführt.

Die Positionskompensation kann durch Kompensationsstop (stetig) abgebrochen werden.

WARNUNG

Falls die Kompensationsdifferenz D negativ ist (Verzögern) sein, ist eine (doppelte) Bewegungsumkehr möglich.

Generelle Hinweise:

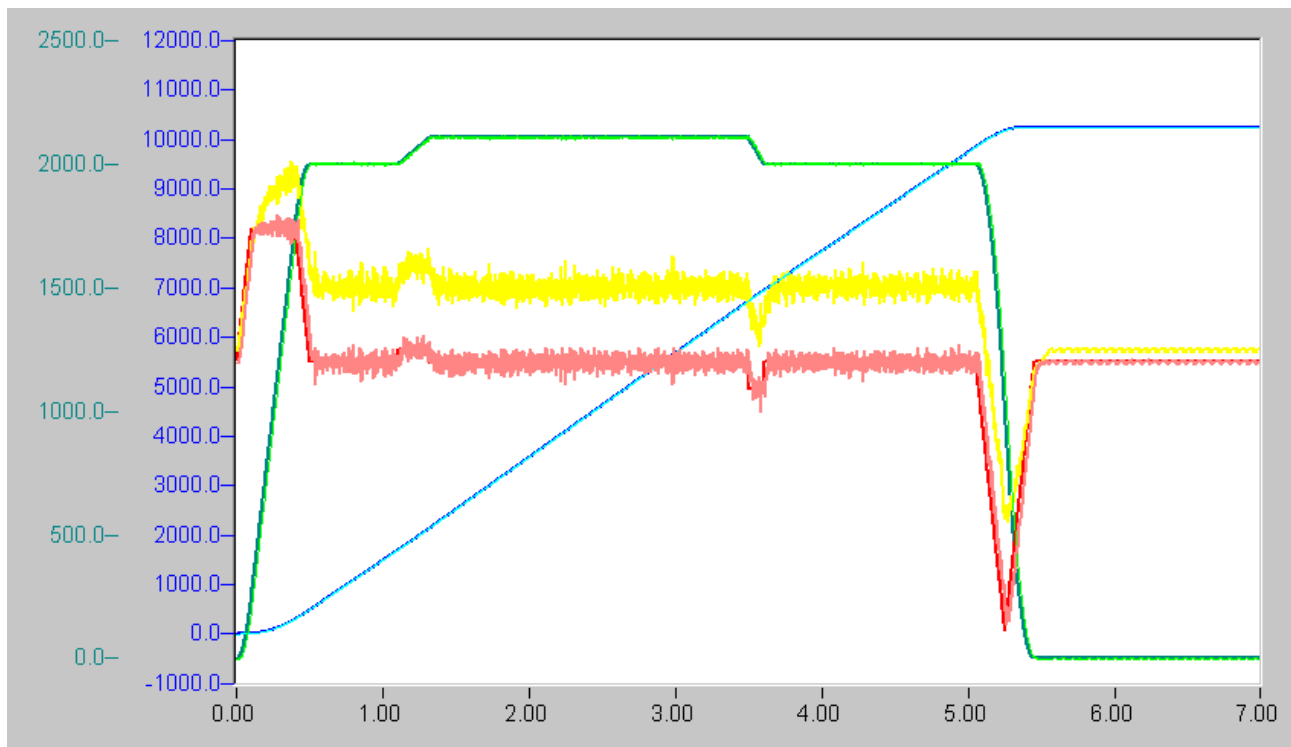
Im Folgenden wird die durch die Startparameter festgelegte Dynamik und Positionierung als Grunddynamik und **Grundpositionierung** bezeichnet.

1. D kann negativ sein. Die Gesamtpositionierung eilt dann der Grundpositionierung nach.
2. Die Kompensation ist zu Ende, wenn die Strecke $L \pm D$ abgefahren worden ist.
3. Die Kompensation ist eine **Streckensteuerung**, d.h. während der Kompensation macht die Achse alle Änderungen der Grunddynamik (z.B. Override 0.0) mit.

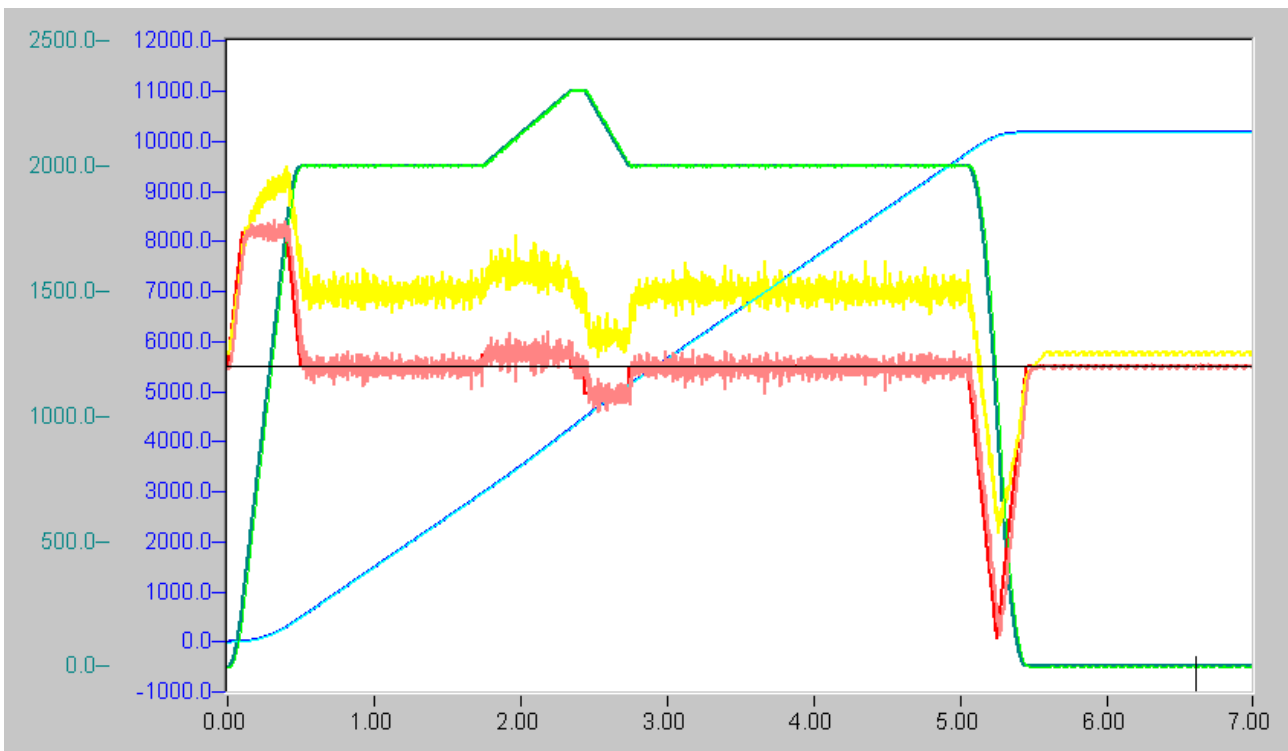
4. Kompensationsstart einer Achse, die sich in Kompensation befindet, ist gesperrt, d.h. es gibt keine ite-rierte Kompensation.
5. Während der Stopphase wird keine Kompensation mehr gestartet.
6. Bahnende während der Kompensation einer Achse beendet die Kompensation.
7. Stop während der Kompensation einer Achse beendet die Kompensation an dem durch den Stop be- dingten Bahnende.
8. Eine virtuelle Achse (Encoderachse) kann keine Kompensation durchführen.
9. Solange eine Positionskompensation vorgenommen wird darf die Funktion 'Neue Zielposition' **nicht aktiviert werden**.

Algorithmus

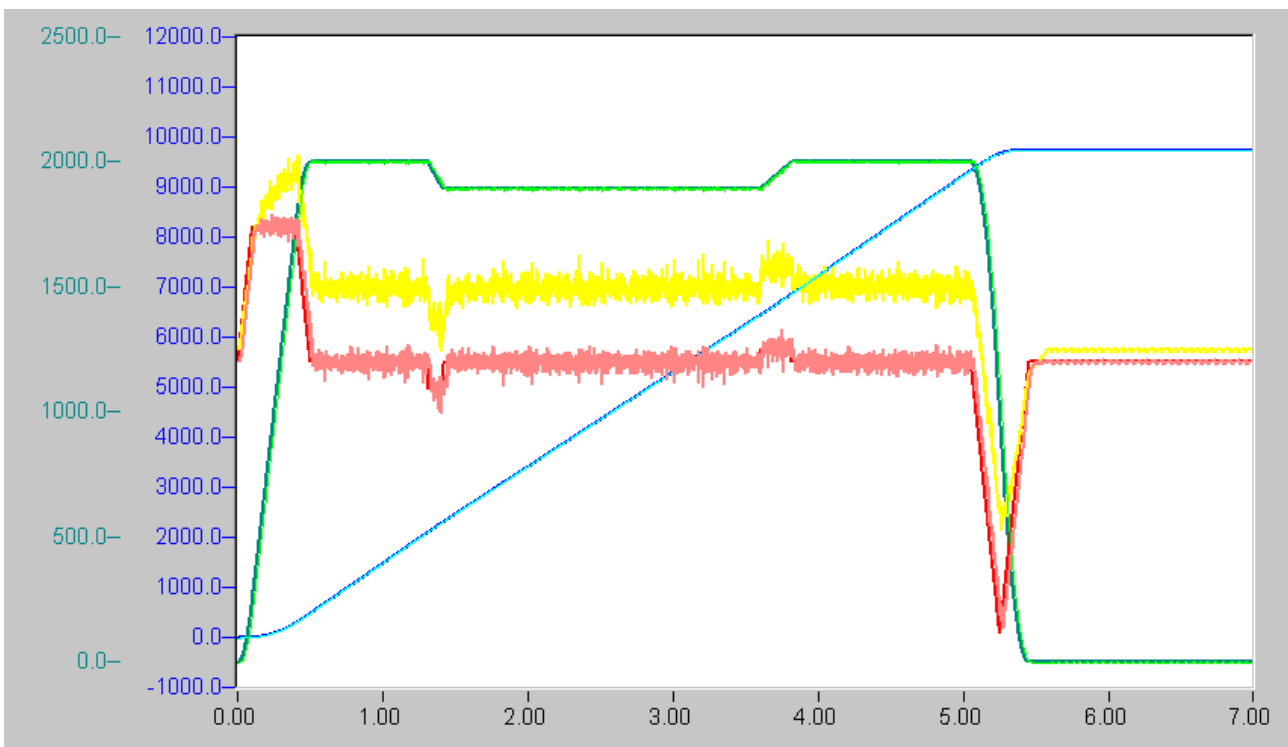
Nach Überprüfung der Kompensations-Startparameter wird berechnet, ob die Kompensation der Differenz D auf der Strecke L mit den Kompensationsstartparametern durchführbar ist. Ist das nicht der Fall, dann wird die maximal mögliche Kompensationsdifferenz berechnet und aktiviert. Die Parameter werden auf jeden Fall so gewählt, dass die Kompensation **auf der ganzen Kompensationslänge** abgefahren wird. Die Sollwertgenerierung der Kompensation ist ein nicht ruckbegrenzter 3-Phasenalgorithmus (**trapezförmiges Geschwindigkeitsprofil**), wobei eine unterschiedliche Neigung der Rampen möglich ist.



Volle Kompensation: Start von 0.0 mm auf 10,000.0 mm mit $V = 2000.0$ mm/s
 Kompensation $A+ = 500.0$ mm/s/s $A- = 1000.0$ mm/s/s, $V = 300.0$ mm/s, $VP = 2000.0$ mm/s,
 $L = 5000.0$ mm, $D = 250.0$ mm
 Endposition 10250.0 mm



Partielle Kompensation: Start von 0.0 mm auf 10,000.0 mm mit $V = 2000.0$ mm/s
 Kompensation $A+ = 500.0$ mm/s/s $A- = 1000.0$ mm/s/s, $V = 500.0$ mm/s, $VP = 2000.0$ mm/s,
 $L = 2000.0$ mm, $D = 500.0$ mm
 Endposition 10165.0 mm



Volle negative Kompensation: Start von 0.0 mm auf 10,000.0 mm mit $V = 2000.0$ mm/s
 Kompensation $A+ = 500.0$ mm/s/s $A- = 1000.0$ mm/s/s, $V = 300.0$ mm/s, $VP = 2000.0$ mm/s,
 $L = 5000.0$ mm, $D = -250.0$ mm
 Endposition 9750.0 mm

Startparameter

Positionskompensation: Startparameter

Startparameter	Bedeutung und Randbedingungen
Kompensationslänge L	Strecke auf der die Zusatzpositionierung erfolgt ($L > 0.0$)
Kompensationsdifferenz D	Strecke um die zusätzlich Verfahren werden soll ($D \neq 0.0$)
Prozess-Geschwindigkeit VP	Geschwindigkeit auf die sich die Geschwindigkeitsüberhöhung bezieht (i. A. Achssollgeschwindigkeit) ($VP > 0.0$)
Geschwindigkeitsüberhöhung VK	zulässige Geschwindigkeitsüberhöhung/-Erniedrigung gegenüber der Prozess-Geschwindigkeit ($VK > 0.0$)
Beschleunigung $AK+$	geforderte Beschleunigungsüberhöhung gegenüber der globalen Bahnbeschleunigung ($AK+ > 0.0$)
Verzögerung $AK-$	geforderte Verzögerungsüberhöhung gegenüber der globalen Bahnverzögerung ($AK- > 0.0$)

Hinweise zu den Startparametern:

1. Die Kompensationsdifferenz D kann positiv (Aufholen) oder negativ (Verzögern) sein. Falls $D < 0.0$ gilt, ist eine (doppelte) Bewegungsumkehr möglich.
2. **Prozess-Geschwindigkeit.** Wird die Kompensation aktiviert, wenn die Achse mit ihrer (globalen) Sollgeschwindigkeit fährt, dann sollte man VP dieser Geschwindigkeit gleichsetzen. Ist die Achse noch nicht (nicht mehr, nicht - Override -) auf ihrer globalen Sollgeschwindigkeit, dann sollte man VP gleich dem Betrag der aktuellen lokalen Sollgeschwindigkeit der Achse setzen.
3. Stimmt die vorgegebene Prozess-Geschwindigkeit VP nicht mit dem Betrag der der realen aktuellen lokalen Achsgeschwindigkeit v überein, so gilt folgendes. Sei $VP > v$, dann wird die real kompensierte Strecke (absolut) kleiner als die angeforderte. Sei $VP < v$, dann wird die real kompensierte Strecke i.A. gleich der angeforderten. Das bedingt, dass bei Stop oder Override 0.0 die real kompensierte Strecke (absolut) kleiner als die angeforderte wird.
4. Die Werte $AK+$ und $AK-$ sind Überhöhungen der Bahnbeschleunigungs/Bahnverzögerungswerte, d.h. wenn $D > 0.0$ ist, beginnt die Kompensation mit der Beschleunigungsüberhöhung $AK+$, während, wenn $D < 0.0$ ist, beginnt die Kompensation mit der Verzögerungsüberhöhung $AK-$.
5. Ist die Kompensationslänge L größer als die noch abzufahrende Strecke der Achse, dann wird anstelle von L die noch abzufahrende Strecke genommen.

Kompensationsstop

Die Funktion Kompensationsstop beendet die Kompensation einer Achse wenn die Achse in Kompensation ist und sich nicht in der Bremsphase der Kompensation befindet, indem die zu kompensierende Strecke D am Ende der Kompensation durch die wirklich kompensierte Strecke ersetzt wird. Wird die Achse durch den Benutzer gestoppt und ist die Kompensation aktiv, dann wird automatisch mit dem Stop der Grunddynamik auch der Kompensationsstop aufgerufen.

2.6 Externe Sollwertgenerierung

Die externe Sollwertgenerierung (externe Sollwertvorgabe) ermöglicht es eigene Sollwertgeneratoren in der PLC zu implementieren, oder schon vorhandene interne und externe Generatoren entsprechend zu verschalten, und diese einfach und transparent in das TwinCAT System zu integrieren. Achsen können einerseits ausschließlich mit einem externen Sollwertgenerator positioniert werden, andererseits ist aber auch ein Überlagern (Mischen) von bereits vorhandenen internen Generatoren und externen Sollwertquellen möglich.

Durch diese neuen Eigenschaften und die Tatsache, dass eine Achse zur Laufzeit ihre verschiedenen Betriebsarten wechseln kann (z.B. interpolierende Bahnachse (NCI), Master PTP-Achse, Slaveachse, externe Sollwertgenerierung), erhöht sich weiter die Flexibilität einer TwinCAT Achse. Überhaupt ermöglicht die Überlagerung von internen und externen Sollwertquellen eine Vielzahl von neuen Anwendungen und Lösungen.

Einsatzbeispiele:

- Die externe Sollwertvorgabe kann genutzt werden, um ein *eigenes neues Sollwertprofil* zu implementieren, das in der TwinCAT NC nicht verfügbar ist. Dieses Profil kann mathematisch sehr einfach oder auch beliebig komplex sein. Da das extern generierte Sollwertprofil auch dem Standardprofil überlagert werden kann, lassen sich somit auch *korrigierende Funktionen* ergänzen. So kann ein positionsbasiertes Sollwertprofil für schwer regelbare oder nichtlineare Systeme realisiert werden, beispielsweise eine positionsbasierte Bremsrampe bei Hydraulikachsen.
- Eine Anwendung für das *Überlagern (Mischen) zweier interner Sollwertquellen* ist die Kombination aus interpolierender Bahnbearbeitung (NCI) und der Funktion 'Fliegende Säge' (PTP Slave). Somit wird eine mehrdimensionale *Bearbeitung*, z.B. ein Kreis, *auf einem bewegtem Werkstück* möglich, was zuvor nur mit einem ruhenden Werkstück möglich gewesen ist. Diese Maßnahme erhöht die Effizienz einer Maschine.
- Die externe Sollwertgenerierung wird auch genutzt, um eine bestimmte *Vorlaufzeit* (im mehrstelligen Sekundenbereich) zwischen der sollwertgenerierenden Einheit (z.B. die Abarbeitung eines DIN-NC-Programme, das virtuelle Achsen speist) und den realen Achsen zu ermöglichen. Hier können dann *Kollisionsüberwachungen und Strategien zur Kollisionsvermeidung* realisiert werden.
- Ein weiterer wichtiger Anwendungsfall sind *Koordinatentransformationen* (beschränkt auf reguläre und eindeutige Transformationen ohne Singularitäten). Z.B. Geometrien wie ein 'Zweischlag' oder Umrechnung zwischen rotatorischen und translatorischen Koordinaten.

Diese neue Funktion steht mit den SPS Bausteinen *MC_ExtSetPointGenEnable* und *MC_ExtSetPointGenDisable* in der Bibliothek *TcMc.lib* zur Verfügung. Ferner gibt es ein Beispiel für einen externen Sollwertgenerator (3 Phasen Profil mit Beschleunigungsrechteck), siehe Abschnitt [TwinCAT NC-PTP Beispiele](#) [► 41].

Aktivierung der externen Sollwertgenerierung:

Die Übernahme der externen Sollwertvorgaben wird durch eine ADS-Achsfunktion aus der PLC mit dem Funktionsbaustein *MC_ExtSetPointGenEnable* veranlasst. Als Parameter werden der Achs-Starttyp *Absolut* (1) oder *Relativ* (2) vorgegeben und, sofern sinnvoll und benötigt, die Zielposition der Achse. Diese Zielposition wirkt entsprechend dem Startmode absolut oder relativ und ermöglicht die Positions- und Zielpositionsfenstersüberwachung (PEH). Somit ist das Aktivieren der externen Sollwertvorgabe einem herkömmlichen Achsstart ähnlich.

Über den Zustand, nämlich ob die externen Sollwertgenerierung, aktiv oder inaktiv, informiert ein Statusbit aus dem Status-Doppelwort des zyklischen Achsinterfaces von der NC zur PLC (s. Funktion *AxisHasExtSetPointGen* in der *TcNc.lib*).

Damit die Aktivierung fehlerfrei angenommen wird, darf kein Achsfehler vorliegen, die Regler- und Vorschubfreigaben müssen erteilt sein, die Antriebshardware muss betriebsbereit sein und die Achse darf nicht gekoppelt sein (kein Slave).



Zu beachten:

- Bei einem Achsfehler (Laufzeitfehler der Achse) oder bei einem Achs-Reset (auch ein Flankenwechsel der Software-Reglerfreigabe) wird automatisch die externe Sollwertvorgabe deaktiviert (ähnlich dem Abbruch einer PTP-Achspositionierung bei einem Laufzeitfehler oder Achs-Reset).
- Wird ausschließlich eine externe Sollwertgenerierung vorgenommen, dann sind sowohl die Starttypen *Absolut* als auch *Relativ* erlaubt.
Wird die externe Sollwertgenerierung parallel bzw. additiv zur internen Sollwertgenerierung (PTP) gestartet, dann ist nur der Startmode *Relativ* möglich, da die interne Positionierung letztlich immer auf einen Absolut-Start umgerechnet wird und zwei Absolutpositionen zeitgleich nicht möglich sind.
- Man kann zwar während einer aktiven internen PTP-Positionierung die externe Positionierung mit dem Starttyp *Relativ* aktivieren, jedoch ist der umgekehrte Fall nicht erlaubt.
- Wenn bereits die externe Sollwertgenerierung aktiv ist und diese zum wiederholten Mal aktiviert wird, dann müssen die Starttypen übereinstimmen, andernfalls wird dies mit einem Fehler beantwortet.
Das wiederholte Aktivieren der externen Sollwertgenerierung kann insofern sinnvoll sein, da hier jedes Mal die Zielposition übernommen wird und damit die Zielpositionsfenstersüberwachung (PEH) aktualisiert wird.

Deaktivierung der externen Sollwertgenerierung:

Das Abschalten der externen Sollwertvorgabe wird aus der PLC mit dem Funktionsbaustein *MC_ExtSetPointGenDisable* veranlasst. Eine Rückmeldung gibt das bereits erwähnte Statusbit aus dem Status-Doppelwort des zyklischen Achsinterfaces von der NC zur PLC (s. Funktion *AxisHasExtSetPointGen* in der *TcNc.lib*).



Nach dem Deaktivieren der externen Sollwertgenerierung wird noch genau für einen weiteren Zyklus die externe Sollposition übernommen.

Vorgabe der Sollwerte mittels des zyklischen Achsinterfaces:

Nach fehlerfreier Aktivierung der externen Sollwertgenerierung kann nun in jedem PLC-Zyklus ein Paket aus Sollwerten am Achsinterface angelegt werden. Ein Sollwertpaket besteht aus der externen Sollposition, Sollgeschwindigkeit, Sollbeschleunigung und Sollrichtung (-1, 0, +1).

Der Sollrichtung kommt hierbei eine besondere Bedeutung zu, nämlich nur wenn diese ungleich Null ist (0: keine Bewegung) werden intern Sollwerte übernommen und zur Wirkung gebracht. Somit muss für den gesamten Bereich der externen Sollwertgenerierung das Richtungsflag quasi am Anfang und Ende überlappend gesetzt sein.



Zu beachten:

- Nach dem Zurücksetzen der Sollrichtung auf den Wert Null wird noch genau für einen weiteren SAF-Zyklus die externe Sollposition übernommen.
- Die Sollrichtung sollte schon einen Zyklus vor und noch einen Zyklus nach der Bewegung mit einem Wert ungleich Null (also -1 oder +1) gesetzt sein. Hierdurch wird ein sicherer Zeitrahmen gesetzt, der garantiert verhindert, dass weder ein Wert am Anfang noch ein Wert am Ende unberücksichtigt bleibt.

Einstellungen der PLC-Task:

Idealerweise sollte die PLC-Task, die die Sollwerte generiert und vorgibt, synchron, d.h. mit der selben Zykluszeit wie die NC-SAF-Task (Port 501), arbeiten. Auch muss diese PLC-Task entsprechend hochprior sein, eventuell sogar höher priorisiert als die NC-SVB-Task (Port 511).

Optimierungsmöglichkeiten:

Die Totzeit, die durch den Transport über das zyklische Achsinterface entsteht (eventuell sind auch die Eingangsinformationen, die zur Berechnung der externen Sollwerte führen, einen Zyklus alt), kann für eine Achse, die im Geschwindigkeitsinterface betrieben wird, kompensiert werden. Diese Totzeitkompensation kann mittels des globalen Achsparameters *Verzögerungszeit zwischen Geschwindigkeit und Position* im TwinCAT System Manager eingestellt werden (Defaultwert: 0.0 s).

3 TwinCAT Slave-Achsen

Definition

Achsen deren Sollwerte (Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung) in funktionaler Abhängigkeit von den Sollwerten anderer Achsen (Master-Achsen, virtuellen Achsen, Slave-Achsen, Simulationsachsen) - insbesondere von deren Positions-Sollwerten - generiert werden heißen **Slave-Achsen**. Diese Achsen sind i.A. – bis auf An- und Abkoppeln - ohne eigene Funktionalität (speziell ohne Start und ohne Stop) und laufen über eine **Streckensteuerung** synchron zur Master-Achse (die selber wieder eine Slave-Achse sein kann). Bei der Ankopplung einer Master-Achse (zukünftige Slave-Achse) an eine Master-Achse behält die Slave-Achse ihre eigene Lagereglung.

Slave Topologien

Die zugelassenen Slave-Topologien (Verknüpfungsmöglichkeiten) sind Stern und Kaskade.

Stern, d.h. alle Slaves hängen direkt an einer Master-Achse (virtuellen Master-Achse).

Kaskade, d.h. alle Slaves hängen in einer Kette hintereinander und die erste Slave-Achse an einer Master-Achse (virtuellen Master-Achse).

Es ist möglich, die Kaskade in beliebiger Reihenfolge aufzubauen.

Es ist möglich, in beliebiger Reihenfolge innerhalb einer Kaskade abzukoppeln.

Slave Typen

Je nach Art der **Sollwertgenerierung** unterscheidet man die folgenden Typen:

- Lineare Slave-Achse,
- Fliegende Säge,
- Kurvenscheiben-Achse,
- Multitabellen-Achse,

die hier kurz erläutert werden.

Lineare Slave-Achse

Eine Slave-Achse, deren Positions-Sollwerte aus den Positions-Sollwerten einer anderen Achse durch eine affine Transformation ermittelt werden, heißt Lineare Slave-Achse [► 29].

Es gilt: $\text{Slave-Sollposition} = \text{Koppelfaktor} \times \text{Master-Sollposition} + \text{Offset}$, wobei sich der Offset aus der Koppelposition ergibt und der Koppelfaktor beim Koppeln festgelegt wird. Der Koppelfaktor ist online veränderbar.

Während das Ankoppeln des Slaves an den Master offline erfolgt (Master und Slave stehen), kann das Abkoppeln online erfolgen: der Slave wird dabei in einen Master umgewandelt, der so weiterfährt, als ob er noch Slave sei, der aber auch unabhängig vom ehemaligen Master gestoppt werden kann.

Zyklische Slave-Achse

Eine Slave-Achse, deren Positions-Sollwerte aus

1. den Positions-Sollwerten einer anderen Achse (Master Achse) durch eine affine Transformation und
2. einem Koppelfaktor, der durch das zyklische SPS-NC Interface im SPS Zyklus gesetzt wird

ermittelt werden, heißt Zyklische Slave-Achse [► 39].

3.1 NC Fehlerhandling

1. Erweitertes NC-Fehlerhandling für gekoppelte Achsen

Auszug der NC Achsparameter aus dem TwinCAT System Manager:

Fehlerreaktionsmodus	'INSTANTANEOUS'	▼	E	
Fehlerreaktionsverzögerung	0.0		F	s

ErrorPropagationMode

Das erweiterte NC-Fehlerhandling für gekoppelte Achsen lässt sich mittels des Parameters *Fehlerreaktionsmodus* konfigurieren.

Einstellung *INSTANTANEOUS*:

Diese Anwahl *Instantaneous* entspricht der Fehlerreaktion bis TwinCAT 2.10 (Default). Im Fehlerfall einer Achse wird von der NC automatisch eine sofortige Fehlerreaktion und Stillsetzung aller beteiligten Achsen der Master/Slave-Gruppe eingeleitet.

Einstellung *DELAYED*:

Der Grundgedanke bei dieser Einstellung ist, dass im Fehlerfall keine automatische sofortige NC-Fehlerreaktion eingeleitet wird. Der Anwender hat die Möglichkeit, eine individuelle genau auf die Anwendung abgestimmte Fehlerreaktion einzuleiten. Tritt nun bei einer gekoppelten Achse ein Laufzeitfehler auf, so wird genau nur diese Achse mittels einer Fehlerreaktion unverzögert in einen Fehlerzustand geschaltet, ohne jedoch die übrigen Achsen der Master/Slave-Gruppe sofort zu beeinflussen (*lokale Fehlerreaktion*). Die Fehlerfortpflanzung auf die übrigen beteiligten Achsen wird für die parametrisierte Verzögerungszeit *Fehlerreaktionsverzögerung* unterbunden. Während dieser Zeit ist der Anwender dafür verantwortlich, die von ihm geforderte Fehlerreaktion einzuleiten (z.B. den Stopp der Master-Achse oder das Abkoppeln von Teilbereichen der Master/Slave-Struktur). Nach Ablauf der parametrisierten Verzögerungszeit tritt dann die bekannte NC-Fehlerreaktion in Kraft (*globale Fehlerreaktion*). Diese Fehlerreaktion wirkt jedoch nur noch auf den zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Achsverbund, zu dem die fehlerbehaftete Achse gehört (z.B. kann die ursprüngliche Master/Slave-Gruppe zuvor durch Entkoppeln in eine fehlerfreie und eine fehlerbehaftete Gruppe geteilt worden sein).

● Achsinterface

I Tritt bei einer Master/Slave-Achse mit der Konfiguration *DELAYED* ein Laufzeitfehler auf, dann wird dieser zeitgleich durch die beiden NC-Status-Bits Error (Bit 31) und ErrorPropagationDelayed (Bit 6) signalisiert. Nach Ablauf dieser Fehlerreaktionsverzögerungszeit wird das Bit ErrorPropagationDelayed wieder auf FALSE gesetzt.

Voraussetzungen:

Das erweiterte NC-Fehlerhandling (*Fehlerreaktionsmodus*) und die Umschaltung auf Istwert-Kopplung (*Istwert im deaktivierten Zustand nutzen*) gilt nur für Master/Slave-Achsen der Achstypen *Continuous Axis* (PTP Achse) und *Encoder Axis*.

2. Umschaltung auf Istwert-Kopplung

Auszug der NC Achsparameter aus dem TwinCAT System Manager:

Istwerte im deaktivierten Zustand nutzen	FALSE	▼	B	
Geschwindigkeitsfenster	1.0		F	mm/s
Filterzeit für Geschwindigkeitsfenster	0.01		F	s

CoupleSlaveToActValues

Grundsätzlich basiert die Sollwertgenerierung zwischen gekoppelten Achsen immer auf Soll-Werten anstatt auf Ist-Werte.

Die Eigenschaft *Umschaltung auf Istwert-Kopplung* wird durch den Parameter *Istwerte im deaktivierten Zustand nutzen* parametrisiert und ist immer im Zusammenhang mit einer Master/Slave-Kopplung zu verstehen. Es müssen hierbei zwei unterschiedliche Fälle unterschieden werden.

1. Fall: Umschaltung auf Ist-Werte im Fehlerfall einer Achse

Im Fehlerfall einer gekoppelten Achse bei der die Fehlerreaktion verzögert ist (*Fehlerreaktionsmodus: DELAYED*) kann diese Achse von der NC von Soll-Werte auf Ist-Werte umgeschaltet werden. Diese Umschaltung wirkt sich zwar auf die Fehlerachse selbst nicht aus (diese befindet sich bereits stillgesetzt im Fehlerzustand), allerdings können unterlagerte Slave-Achsen nun über Ist-Werte dieser Achse weitergeführt werden. Die Eigenschaft kann im Fehlerfall zu einer höheren Synchronität zwischen der fehlerhaften Achse und den unterlagerten Slave-Achsen führen falls die fehlerbehaftete Achse sich durch ihre Trägheit weiterbewegt.

2. Fall: Umschaltung auf Ist-Werte bei deaktivierter Hauptmasterachse

Die Umschaltung auf Istwerte auch im fehlerfreien Fall ist ausschließlich für den Hauptmaster, also den Kopf der Kopplung einer Master/Slave-Struktur verfügbar. Voraussetzung ist eine fehlerfreie Master/Slave-Gruppe, in der alle Achsen über die NC-Reglerfreigabe in Betriebsbereitschaft (Lageregelung) sind.

Wenn nun dem Hauptmaster die NC-Reglerfreigabe entzogen wird, wird die gesamte Gruppe nach den Istwerten des Hauptmasters geführt. So könnte beispielsweise der Hauptmaster von Hand mechanisch verschoben werden und alle weiteren an diesen Master gekoppelten Achsen folgen gemäß ihrer mathematischen Koppelvorschrift (z.B. Kurvenscheiben).

Voraussetzungen:

Das erweiterte NC-Fehlerhandling (*Fehlerreaktionsmodus*) und die Umschaltung auf Istwert-Kopplung (*Istwert im deaktivierten Zustand nutzen*) gilt nur für Master/Slave-Achsen der Achstypen *Continuous Axis* (PTP Achse) und *Encoder Axis*.

3.2 Lineare Slave-Achsen

Eine Slave-Achse, deren Positions-Sollwerte aus den Positions-Sollwerten einer anderen Achse durch eine affine Transformation ermittelt werden, heißt **Lineare Slave-Achse**.

Es gilt: $\text{Slave-Sollposition} = \text{Koppelfaktor} * \text{Master-Sollposition} + \text{Offset}$, wobei sich der Offset aus der Koppelposition ergibt und der Koppelfaktor beim Koppeln festgelegt wird. Der Koppelfaktor ist online veränderbar.

Während das Ankoppeln des Slaves an den Master offline erfolgt (Master und Slave stehen), kann das Abkoppeln online erfolgen: der Slave wird dabei in einen Master umgewandelt, der so weiterfährt, als ob er noch Slave sei, der aber auch unanhängig vom ehemaligen Master gestoppt werden kann.

Glossar

Abkoppeln: Offline: logisches Abkoppeln der Slave-Achse von der Master-Achse im Stillstand beider Achsen.

Abkoppeln: Online: Umwandlung einer Slaveachse in Fahrt in eine Pseudomasterachse.

Führungsachse: Achse von der eine Slaveachse ihre Führungswerte bekommt (das kann eine Masterachse, eine Slaveachse, Pseudomasterachse oder eine virtuelle Achse sein).

Grunddynamik: Slave-Dynamik ohne Berücksichtigung von Kompensationen.

Kompensation: Zusatzpositionierung einer Achse die Additiv (auch Negativ) zu der durch den Start vorgegebenen Positionierung ausgegeben wird.

Masterachse: Achse mit voller Funktionalität (Start/ Stop/ Override/ NeueZielposition/ Kompensation).

Masterslave: Slaveachse deren Führungsachse eine Masterachse, virtuelle Achse oder Pseudomasterachse ist.

Pseudomasterachse: Achse mit eingeschränkter Funktionalität (Stop, [Override],[Kompensation]), die durch die Umwandlung einer Slave-Achse in eine Master-Achse entsteht.

Interfaces

Die [Interfaces](#) [► 30] bestehen aus dem System Manager, SPS-Bausteinen und dem zyklischen NC-SPS-Achs-Interface.

Ankoppeln und Koppelfaktor

Beim [Ankoppeln](#) [► 31] wird der Slave-Achse eine Master-Achse (die ihrerseits eine Slave-Achse sein kann) zugeordnet und der Koppelfaktor gesetzt.

Abkoppeln und Neue Endposition

Entkoppeln ist in jedem dynamischen Zustand der Masterachse möglich - die Slaveachse wird in eine Masterachse umgewandelt und fährt dann so weiter, also ob sie weiterhin Slaveachse wäre, kann aber individuell gestoppt werden. Das Koppelflag wird zurückgesetzt.

Beim offline Abkoppeln (Abkoppeln im Stillstand) wird die Slave-Achse in eine PTP-Master-Achse verwandelt.

Beim online Abkoppeln (Abkoppeln in Fahrt) wird die Slave-Achse wieder in eine PTP-Master-Achse verwandelt. Das Anfahren einer neuen Endposition in Bewegungsrichtung ist möglich. Siehe: [Abkoppeln und Neue Endposition](#) [► 33]

Positions-Kompensation

Online Positionskorrektur der Slave-Achse, bei der auf einer vorgegebenen Strecke die Slave-Achse um eine bestimmte Strecke mehr oder weniger verfahren wird, als der Kopplung an die Master-Achse entspricht. Die Dynamik der Kompensation muss parametrierbar sein. Ist die gewünschte Kompensation mit den gegebenen Kompensationsstartdaten nicht durchführbar, dann wird automatisch die maximal mögliche Kompensation durchgeführt. Die Kompensation kann über Stopp der Kompensation vorzeitig beendet werden. Siehe: [Positions-Kompensation](#) [► 36]

3.2.1 Interfaces

Der Benutzer kann die lineare Slave Achse über den System Manager oder SPS-Bausteine bedienen. Außerdem steht ihm (im System Manager und über die SPS) ein zyklisches NC-SPS Interface zur Verfügung, das das **Achs-Prozessabbild** beinhaltet und Zugriff auf diverse Variablen ermöglicht.

System Manager

Der System Manager bietet den Zugriff auf alle Slave-Achs Funktionalitäten

- Koppeln mit Angabe der Masterachse und Setzen des Koppelfaktors
- Änderung des Koppelfaktors
- Abkoppeln

SPS-Bausteine

Die SPS Library bietet den Zugriff auf alle Slave-Achs Funktionalitäten

- Koppeln mit Angabe der Masterachse und Setzen des Koppelfaktors
- Änderung des Koppelfaktors
- Abkoppeln

NC-SPS-Interface

Das zyklische NC-SPS Achs-Interface beinhaltet das Achs-Prozessabbild und insbesondere Zugriff auf die Koppelinformation (Koppelflag).

3.2.2 Ankoppeln und Koppelfaktor

Beim Ankoppeln wird der Slave-Achse eine Master-Achse (die ihrerseits eine Slave-Achse sein kann) zugeordnet und der Koppelfaktor gesetzt.

Koppeln

Koppeln kann nur im Stillstand beider Achsen erfolgen. Das Koppeln ist damit nur eine logische Zuordnung und hat (solange der Master nicht bewegt wird) keine dynamischen Konsequenzen, sondern sperrt für die Slave-Achse bestimmte Funktionalitäten (z.B. Start und Stopp). Das Koppelflag wird gesetzt.

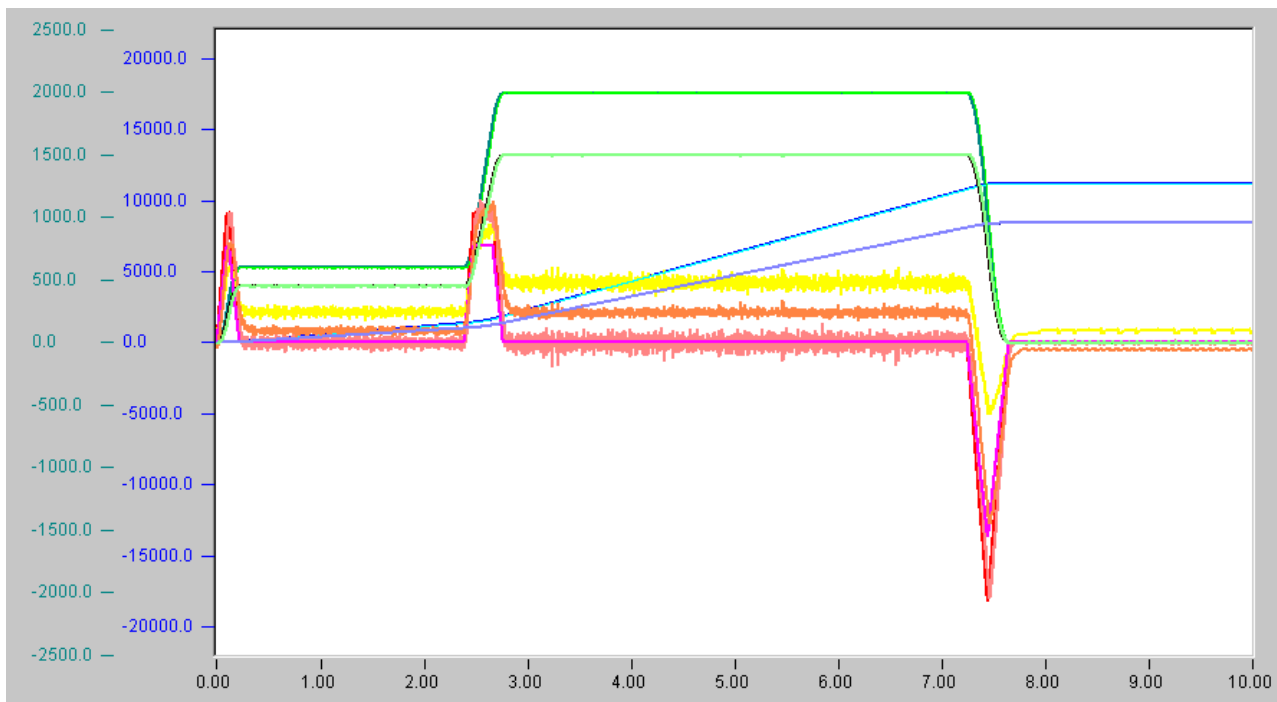
Koppel-Interfaces

System Manager: Koppeln

SPS-Bausteine: Koppeln

Streckensteuerung

Der Slave folgt der Bewegung des Masters gemäß den Masterpositionen, dem Koppeloffset und dem Koppelfaktor.

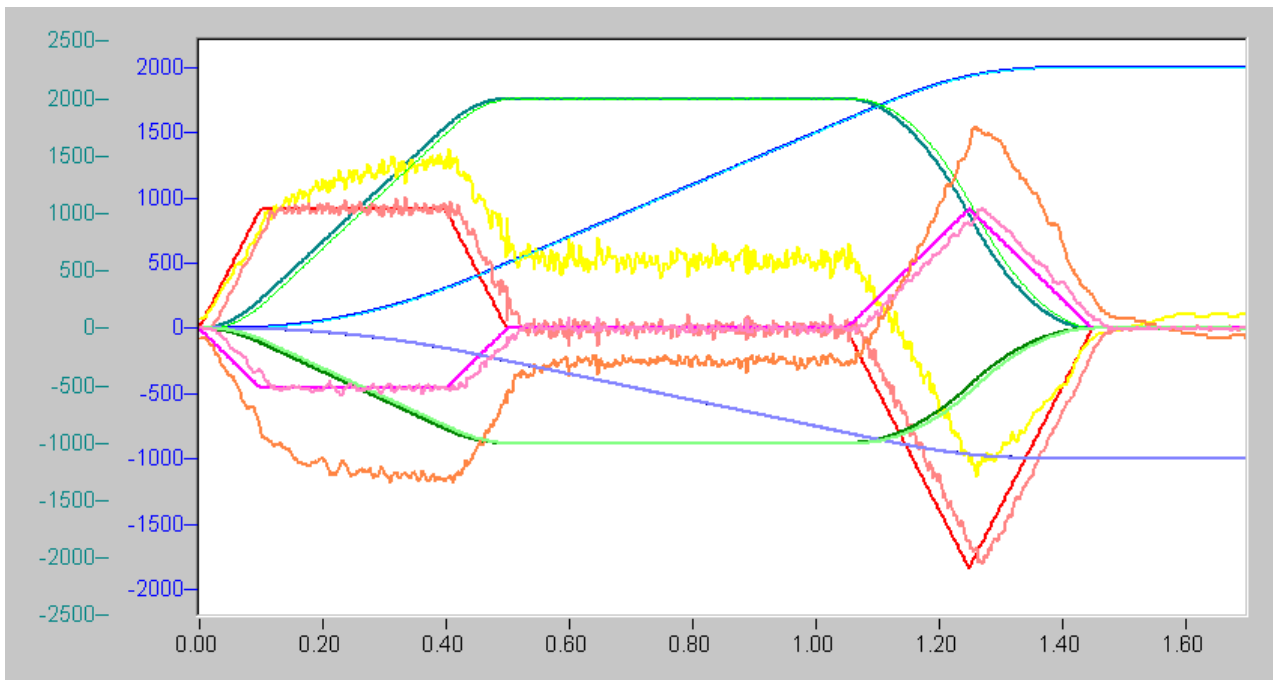


Masterstart von 0.0 mm auf 20,000.0 mm mit $V = 2000.0$ mm/s bei Startoverride 30% und Koppelfaktor 0.75. Dann (Master-)Override auf 100%, dann (Master-)Stopp.

Koppelfaktor

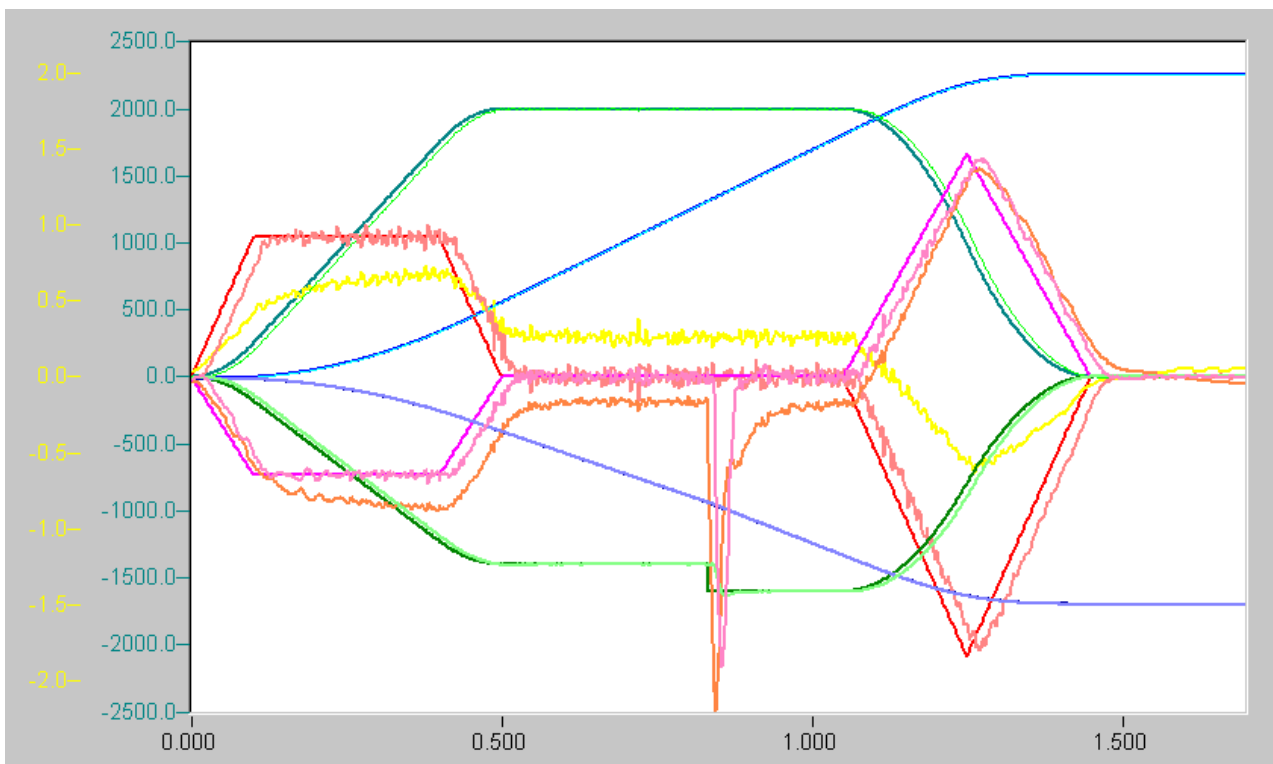
Der **Koppelfaktor** (Getriebefaktor) muss ungleich Null sein, kann auch negativ sein. Es gilt:

- $\text{Slavesollposition} = \text{Koppelfaktor} \times \text{Mastersollposition} + \text{Offset}$, wobei sich der Offset aus den Koppelpositionen ergibt,
- $\text{Slavesollgeschwindigkeit} = \text{Koppelfaktor} \times \text{Mastersollgeschwindigkeit}$.



Kopplung mit festem negativen Koppelfaktor:

Master Start von 0.0 mm auf 2000.0 mm mit $V = 2000.0$ mm/s, Koppelfaktor -0.5.



Kopplung mit variablem Koppelfaktor:

Master Start von 0.0 mm auf 2000.0 mm mit $V = 2000.0$ mm/s, Koppelfaktor -0.7, neuer Koppelfaktor -0.8.

Änderungen des Koppelfaktors

Online Änderung des Koppelfaktors (ungleich Null) ist möglich, liegt aber in Bezug auf die Auswirkungen (Schleppabstand) in den Händen des Benutzers. Ändern des Koppelfaktors sollte bei Fahrt nur mit Maßen durchgeführt werden, da ein Schleppabstand erzeugt wird. Änderungen des Koppelfaktors von Plus nach Minus (und umgekehrt) bewirken eine Bewegungsumkehr der Slaveachse.

Koppelfaktor-Interfaces

System Manager: Koppelfaktor

SPS-Bausteine: Koppelfaktor

3.2.3 Abkoppeln und Neue Endposition

Entkoppeln ist in jedem dynamischen Zustand der Masterachse möglich - die Slaveachse wird in eine Masterachse umgewandelt und fährt dann so weiter, also ob sie weiterhin Slaveachse wäre, kann aber individuell gestoppt werden. Das Koppelflag wird zurückgesetzt.

Beim offline Abkoppeln (Abkoppeln im Stillstand) wird die Slave-Achse in eine PTP-Master-Achse verwandelt.

Beim online Abkoppeln (Abkoppeln in Fahrt) wird die Slave-Achse wieder in eine PTP-Master-Achse verwandelt. Das Anfahren einer neuen Endposition bzw. einer neuen Geschwindigkeit in Bewegungsrichtung ist möglich.

Offline Abkoppeln

Lineare Slave-Achsen können offline (im Stillstand) abgekoppelt werden. Sie werden damit wieder in eine Masterachse zurückverwandelt.

Online Abkoppeln

Beim online Abkoppeln (Abkoppeln in Fahrt) wird die Slave-Achse in eine Master-Achse gewandelt (**Onlinewandlung vom Slave zum Master**).

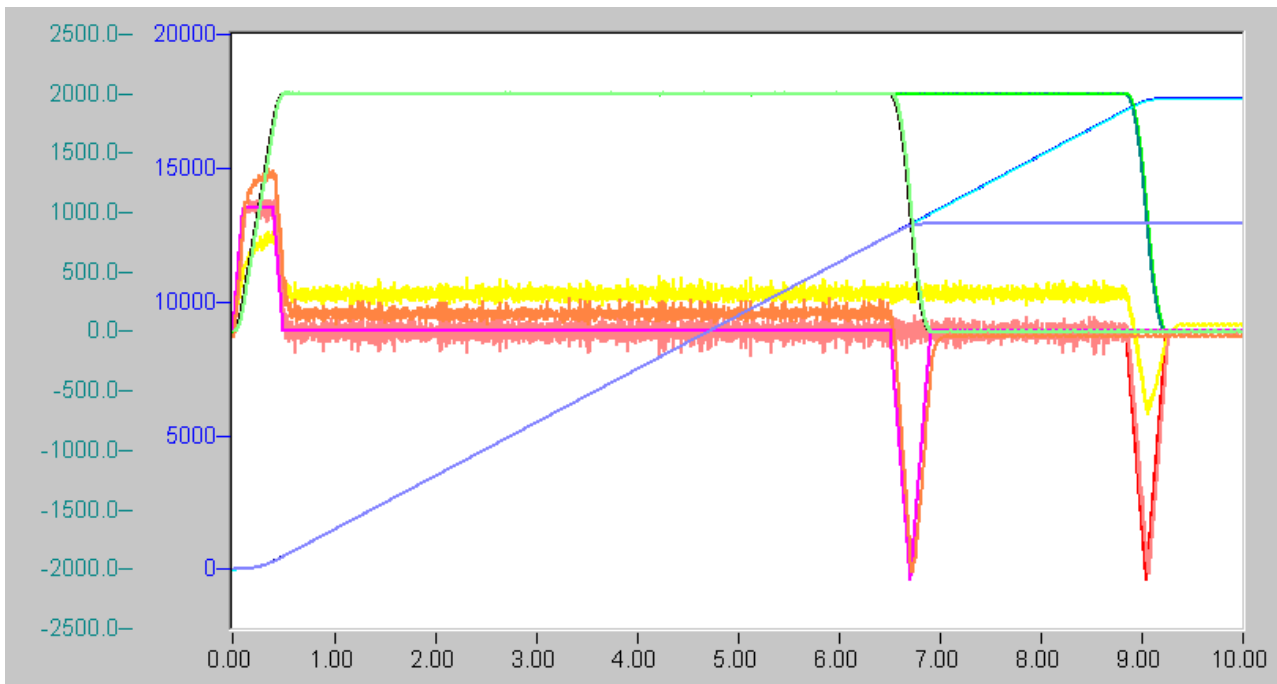
Nach dem Abkoppeln fährt die gewandelte Masterachse so weiter, als ob er weiterhin Slave wäre.

Override: wird nach dem Abkoppeln ein Override angefordert, dann bezieht sich dieser auf den Absolutbetrag des letzten gesetzten Koppelfaktors mal die globale interne Sollgeschwindigkeit des ehemaligen Masters.

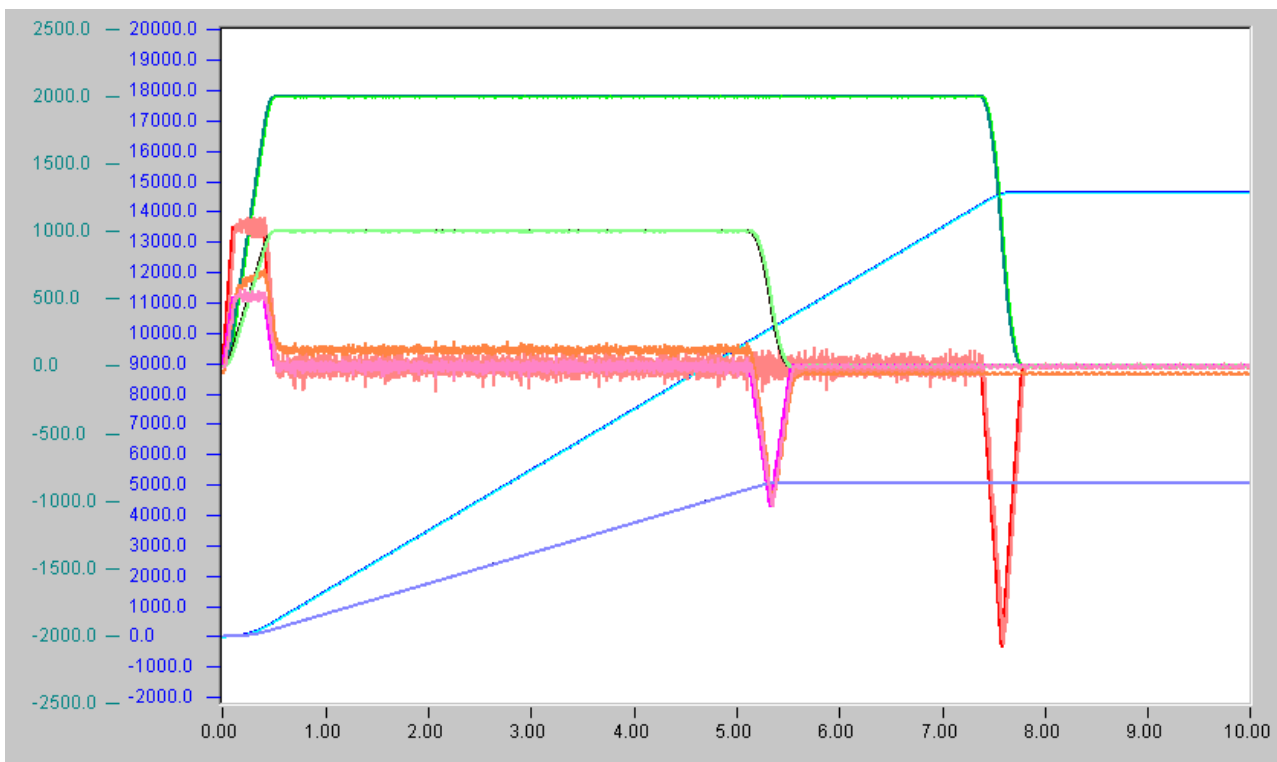
Die Online Umwandlung einer Slaveachse in eine Masterachse geht nur, wenn die Geschwindigkeit der Masterachse (damit auch die Geschwindigkeit der Slaveachse) ungleich Null ist (Override > 0.0), ansonsten erfolgt eine offline Umwandlung. Hauptzweck der online Umwandlung ist die Trennung von Master und Slaveachse (oder die Aufspaltung einer Kaskade in Teilkaskaden) um beide Teile unabhängig voneinander Stoppen zu können.

Generelle Hinweise zum **Abkoppeln unter Kompensation:**

- Abkoppeln, wenn abzukoppelnder Slave oder ein Slave in der Kette zwischen Master (ausschließlich) und abzukoppelndem Slave (einschließlich) eine Kompensationsfahrt unternimmt: die aktuelle Slavegrunddynamik wird beibehalten und die aktuelle Kompensationsgeschwindigkeit wird beibehalten; die Kompensation wird nie mehr beendet.
- Abkoppeln, wenn der Master in Kompensationsfahrt ist: die aktuelle Slavegrunddynamik wird beibehalten und die aktuelle Kompensationsgeschwindigkeit wird beibehalten; die Kompensation wird nie mehr beendet.

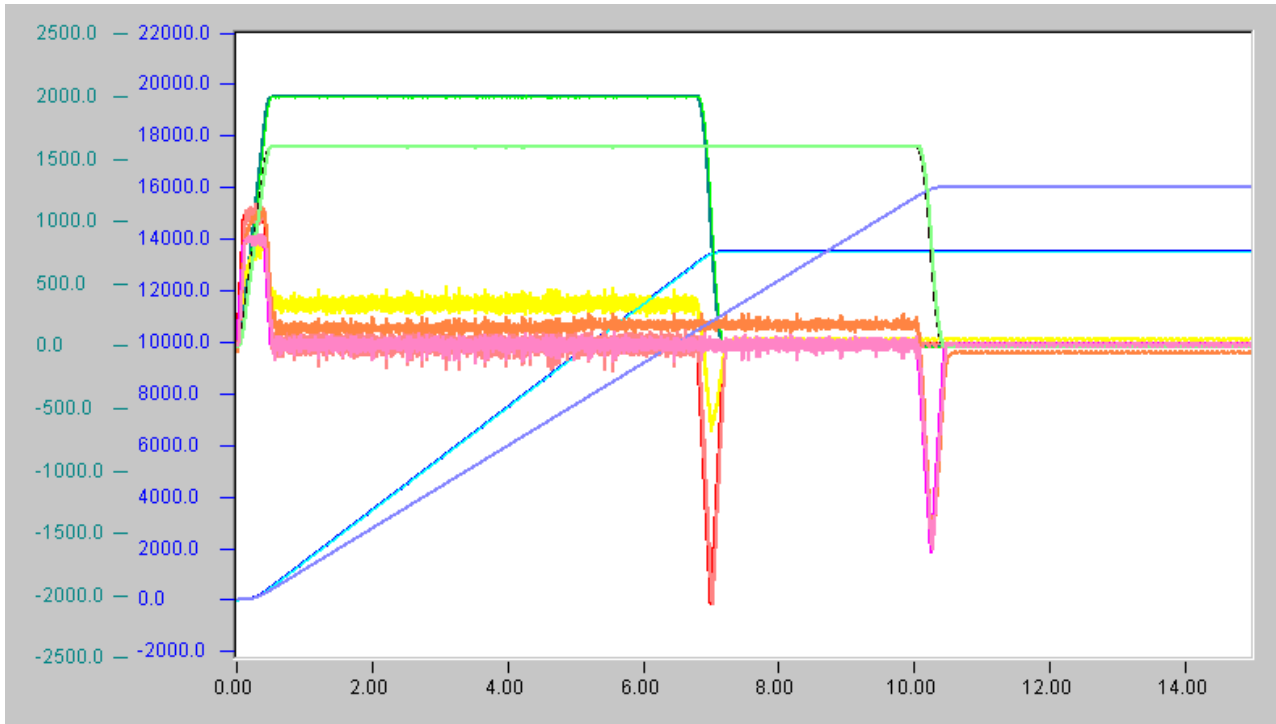


Masterachse: Start von 0.0 mm auf 20,000.0 mm mit $V = 2000.0$ mm/s.
 Slaveachse: Koppel- und Startposition 0.0 mm, Koppelfaktor 1.0.
 Online Abkoppeln, Slave Stopp, dann Master Stopp.

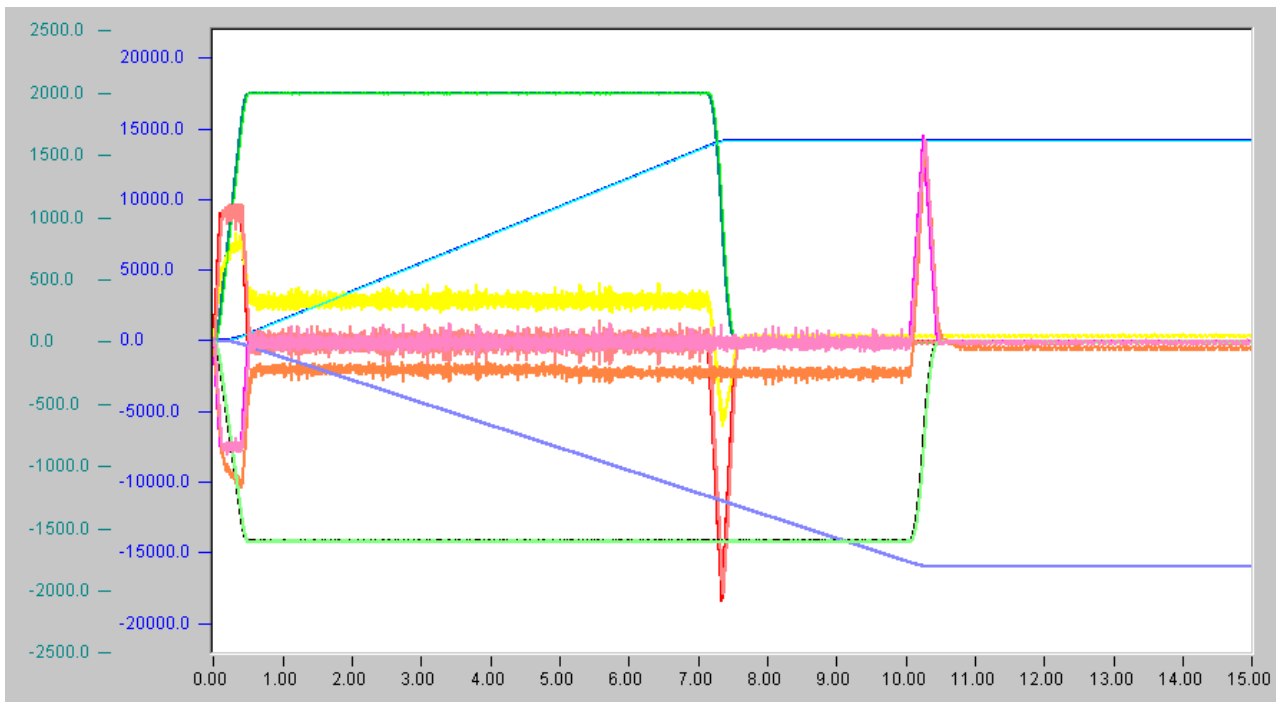


Masterachse: Start von 0.0 mm auf 20,000.0 mm mit $V = 2000.0$ mm/s.
 Slaveachse: Koppel- und Startposition 0.0 mm, Koppelfaktor 0.5.
 Online Abkoppeln, Slave Stopp, dann Master Stopp.

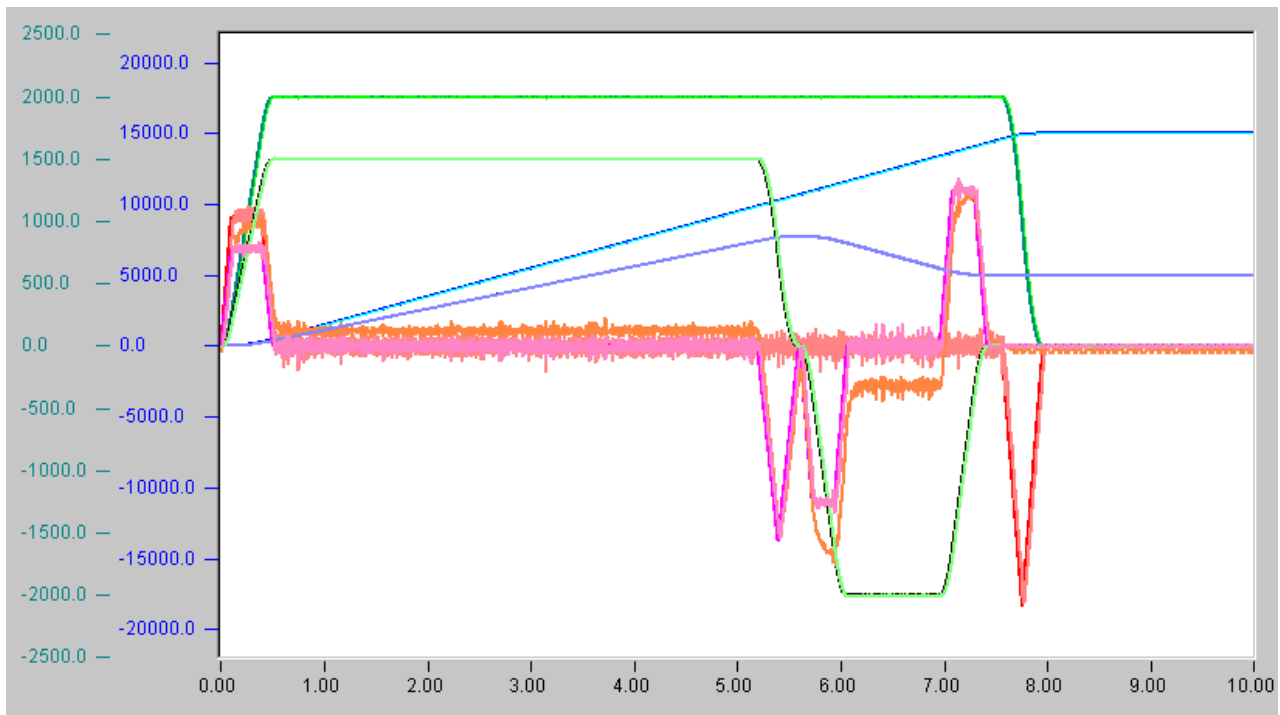
Online Abkoppeln und Neue Endposition



Kopplfaktor 0.8 Abkoppeln und Neue Endposition in Fahrtrichtung + anfahren.



Kopplfaktor -0.8 Abkoppeln und Neue Endposition in Fahrtrichtung - anfahren.



Kopplfaktor 0.75 Abkoppeln und Neue Endposition gegen Fahrtrichtung anfahren.

Interfaces

System Manager

SPS-Bausteine

3.2.4 Positionskompensation

Im Folgenden wird die durch die Kopplung an den jeweiligen Master festgelegte Dynamik und Positionierung als Grunddynamik und **Grundpositionierung** bezeichnet. Die Positionskompensation ist eine zusätzliche Positionierung die additiv der Grundpositionierung superponiert wird. Auf einer gewissen Strecke (Kompensationslänge L) wird eine Zusatzpositionierung um eine gewünschte Strecke (Kompensationsdifferenz D) durchgeführt. Ziel der Positionskompensation einer Slave-Achse ist im Allgemeinen die Durchführung einer räumlichen Synchronisation mit anderen Achsen.

Die Positionskompensation kann durch Kompensationsstop (stetig) abgebrochen werden.

Die Positionskompensation von Slave-Achsen ist eine Variante der Positionskompensation von Masterachsen. [\[► 20\]](#)

⚠️ WARNUNG

Falls die Kompensationsdifferenz D negativ ist (Verzögern) sein, ist eine (doppelte) Bewegungsumkehr möglich.

Generelle Hinweise:

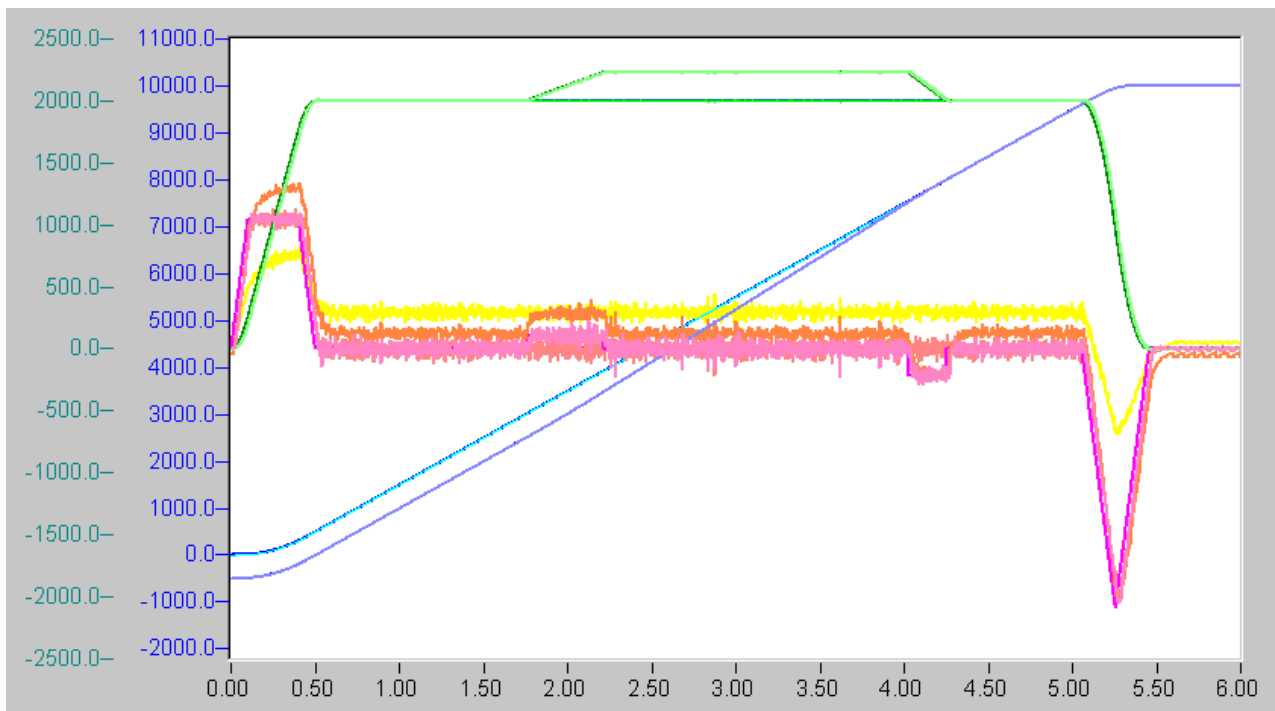
1. D kann negativ sein. Die Gesamtpositionierung eilt dann der Grundpositionierung nach.
2. Die Kompensation ist zu Ende, wenn die Strecke $L \pm D$ abgefahren worden ist.
3. Die Kompensation ist eine **Streckensteuerung**, d.h. während der Kompensation macht die Slave-Achse alle Änderungen der Grunddynamik (z.B. Override 0.0) mit.
4. Kompensationsstart einer Achse, die sich in Kompensation befindet, ist gesperrt, d.h. es gibt keine iterierte Kompensation.
5. Bahnende während der Kompensation die Kompensation.

Spezielle Hinweise für Slave-Achsen:

1. Ist eine Slaveachse an eine virtuelle Achse als Masterachse gekoppelt, so kann die Slaveachse nur dann eine Kompensation starten und durchführen, wenn die Geschwindigkeitsfilterzeit (der virtuellen Achse) so groß ist, dass die Achse nicht zufällig die Richtung wechselt.
2. Positionskompensation ist unabhängig voneinander auf allen Achsen einer Kaskade (inklusive Masterachse) möglich.
3. Innerhalb einer Kaskade wird die Kompensation an die nachfolgenden Slaveachsen weitergereicht. Bei negativer (in Bezug auf die Achsrichtung) Kompensation kann eine Bewegungsumkehr eintreten.
4. Bei mehreren Kompensationen innerhalb einer Kaskade addieren sich die Kompensationsgeschwindigkeiten und multiplizieren sich die Beschleunigungen.
5. Bei Abkopplung einer Slaveachse während der Kompensation der Slaveachse oder der Masterachse, oder einer Führungsachse zwischen Masterachse und der abzukoppelnden Slaveachse wird die Grunddynamik der Masterachse beibehalten und die Geschwindigkeit und die Position stetig differenzierbar geführt, d.h. die Kompensationsgeschwindigkeit im Abkoppelzeitpunkt wird festgehalten und die Kompensation wird nie beendet.
6. Die Kompensation arbeitet unabhängig vom Koppelfaktor der Slaveachse.

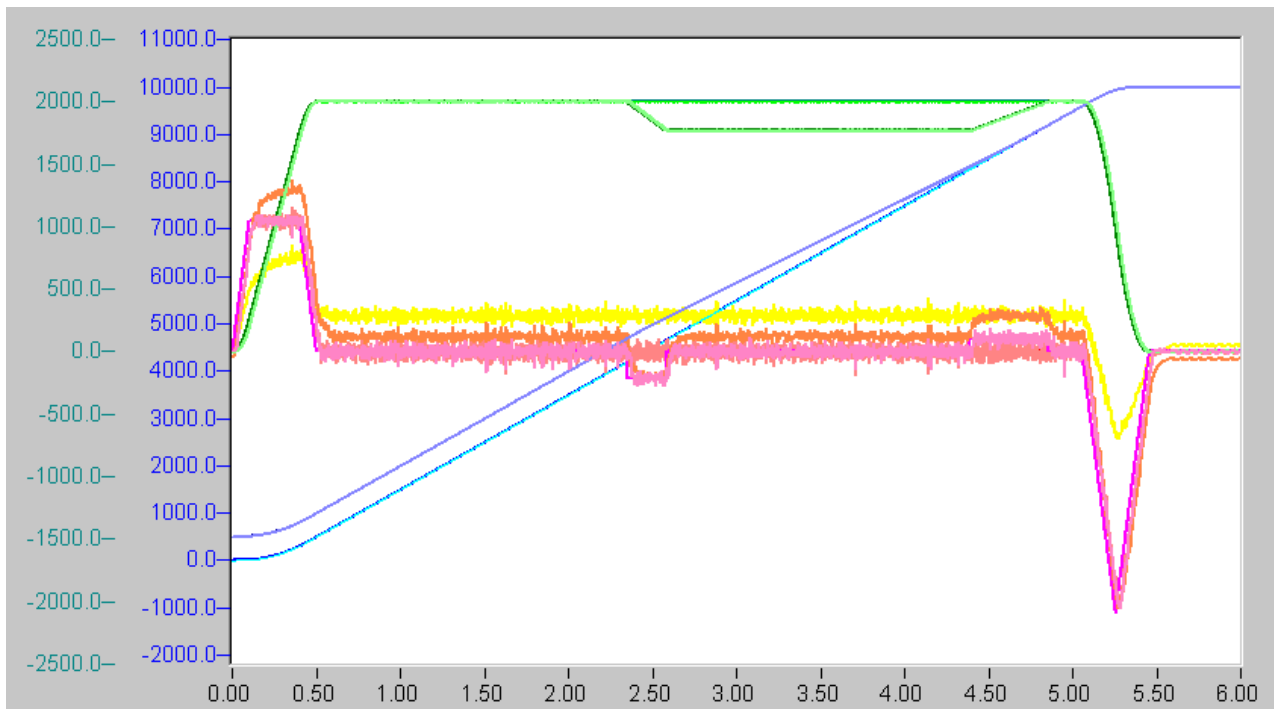
Algorithmus

Nach Überprüfung der Kompensations-Startparameter wird berechnet, ob die Kompensation der Differenz D auf der Strecke L mit den Kompensationsstartparametern durchführbar ist. Ist das nicht der Fall, dann wird die maximal mögliche Kompensationsdifferenz berechnet und für D aktiviert. Die Parameter werden auf jeden Fall so gewählt, daß die Kompensation **auf der ganzen Kompensationslänge** abgefahren wird. Die Sollwertgenerierung der Kompensation ist ein nicht ruckbegrenzter 3-Phasenalgorithmus (**trapezförmiges Geschwindigkeitsprofil**), wobei eine unterschiedliche Neigung der Rampen möglich ist.



Kompensation: Slave holt voll auf. Masterstart von 0.0 mm auf 10,000.0 mm mit $V = 2000.0$ mm/s.
Slavestartposition -500.0 mm, Koppelfaktor 1.0.

Kompensation: $A^+ = 500.0$ mm/s/s, $A^- = 1000.0$ mm/s/s, $V = 300.0$ mm/s, $VP = 2000.0$ mm/s, $D = 500.0$ mm.
 $L = 5000.0$ mm.



Kompensation: Slave verlangsamt.

Masterstart von 0.0 mm auf 10,000.0 mm mit $V = 2000.0$ mm/s. Slavestartposition 500.0 mm, Koppelfaktor 1.0.

Kompensation: $A+ = 500.0$ mm/s/s, $A- = 1000.0$ mm/s/s, $V = 300.0$ mm/s, $VP = 2000.0$ mm/s, $D = -500.0$ mm. $L = 5000.0$ mm.

Startparameter

Positionskompensation: Startparameter

Startparameter	Bedeutung und Randbedingungen
Kompensationslänge L	Strecke auf der die Zusatzpositionierung erfolgt ($L > 0.0$)
Kompensationsdifferenz D	Strecke um die zusätzlich Verfahren werden soll ($D \neq 0.0$)
Prozess-Grundgeschwindigkeit VP	Geschwindigkeit auf die sich die Geschwindigkeitsüberhöhung bezieht (i. A. Achssollgeschwindigkeit) ($VP > 0.0$)
Geschwindigkeitsüberhöhung VK	zulässige Geschwindigkeitsüberhöhung/-Erniedrigung gegenüber der Prozessgrundgeschwindigkeit ($VK > 0.0$)
Beschleunigung $AK+$	geforderte Beschleunigungsüberhöhung gegenüber der globalen Achsbeschleunigung ($AK+ > 0.0$)
Verzögerung $AK-$	geforderte Verzögerungsüberhöhung gegenüber der globalen Achsverzögerung ($AK- > 0.0$)

Hinweise zu den Startparametern:

1. Die Kompensationsdifferenz D kann positiv (Aufholen) oder negativ (Verzögern) sein. Falls $D < 0.0$ gilt, ist eine Bewegungsumkehr möglich.

2. Die Kompensation bezieht sich auf eine **Prozessgrundgeschwindigkeit** VP , die i.A. dadurch erreicht wird, dass die Masterachse mit einem Override $x\%$ auf eine Sollgeschwindigkeit gestartet wird, so dass gilt: $v = x / 100$. Es wird angenommen, dass der Master diese Geschwindigkeit erreicht hat, wenn Kompensation angefordert wird.
3. Stimmt die vorgegebene Prozessgrundgeschwindigkeit VP nicht mit dem Betrag der realen aktuellen lokalen Prozessgeschwindigkeit v überein, so gilt folgendes. Sei $VP > v$, dann wird die real kompensierte Strecke (absolut) kleiner als die angeforderte (oder bei Start berechnete). Sei $VP < v$, dann wird die real kompensierte Strecke i.A. gleich der angeforderten (oder bei Start berechneten). Das bedingt, dass bei Stop oder Override 0.0 die real kompensierte Strecke (absolut) kleiner als die angeforderte (oder bei Start berechnete) wird.
4. Die Werte $AK+$ und $AK-$ sind Überhöhungen der Bahnbeschleunigungs/Bahnverzögerungswerte, d.h. wenn $D > 0.0$ ist, beginnt die Kompensation mit der Beschleunigungsüberhöhung $AK+$, während, wenn $D < 0.0$ ist, beginnt die Kompensation mit der Verzögerungsüberhöhung $AK-$.

Spezielle Hinweise zur **Kompensation innerhalb von Slave-Kaskaden.**

Sei bei gleichzeitiger Kompensation aller Achsen A_{m+} die Beschleunigung der Masterachse der Kaskade sowie AK_{m+} die Kompensationsbeschleunigung der Masterachse sowie AK_{sk+} die Kompensationsbeschleunigung der k ten Slaveachse, $1 \leq k \leq n$. Dann sollte gelten (\prod bedeutet das Produkt über alle k)

$$A_{m+} \times AK_{m+} \prod AK_{sk+} \leq A_{max+}$$

wobei A_{max+} die Beschleunigung der Masterachse ist, die ohne Slaves fahrbar wäre. (Nimmt eine Achse nicht an der Kompensation teil, dann ist für deren Beschleunigung in dieser Formel $AK_{sk+} = 1$ zu setzen.) Analoge Überlegungen gelten für $A-$.

Kompensationsstop

Die Funktion Stop beendet die Kompensation einer Achse wenn die Achse in Kompensation ist und sich nicht in der Bremsphase der Kompensation befindet indem die (zeitlichen) Phasengrenzen des 3-Phasenalgorithmus geeignet verschoben werden, die Länge der Kompensationsstrecke L renormiert wird, die Differenzgeschwindigkeit renormiert wird und die zu kompensierende Strecke D am Ende der Kompensation durch die wirklich kompensierte Strecke ersetzt wird.

Interfaces

Kompensationsstart

System Manager: Kompensationsparameter

System Manager: Start der Kompensation

SPS-Bausteine: Kompensationsstart

Kompensationsstop

System Manager

SPS-Bausteine

3.3 Zyklische Slave-Achsen

Eine Slave-Achse, deren Positions-Sollwerte aus

1. den Positions-Sollwerten einer anderen Achse (Master Achse) durch eine affine Transformation und
2. einem Koppelfaktor, der durch das zyklische SPS-NC Interface im SPS Zyklus gesetzt wird,

ermittelt werden, heißt **Zyklische Slave-Achse**. Ändert sich der Koppelfaktor ständig, z.B. weil er von einem äußeren Signal abhängt, dann ist der Slavealgorithmus in jedem SPS-Zyklus linear, d.h. lokal linear und global nichtlinear.

Es gilt: $\text{Slave-Sollposition} = \text{Koppelfaktor}(\text{SPS}) * \text{Master-Sollposition} + \text{Offset}$, wobei sich der Offset aus der

Koppelposition ergibt und der Koppelfaktor immer wieder neu gesetzt wird.

Während das Ankoppeln des Slaves an den Master offline erfolgt (Master und Slave stehen), kann das Abkoppeln online erfolgen: der Slave wird dabei in einen Master umgewandelt, der so weiterfährt, als ob er noch Slave sei, der aber auch unabhängig vom ehemaligen Master gestoppt werden kann.

Jede online Änderung des Koppelfaktors bedingt eine Unstetigkeit in der Geschwindigkeit und damit eine Belastung der Dynamik der Achse. Um eine zu große Belastung zu vermeiden wird daher der über das zyklische Interface eingehende Koppelfaktor geglättet (= gefiltert). Parametriert wird die Glättung durch eine Begrenzung des Betrags der Beschleunigung der Slaveachse.

Parameter

Der Parameter *AccBound* in mm/s^2 , ist die gewünschte Beschleunigungsbegrenzung der Slaveachse. Damit der Algorithmus nicht instabil wird, muss diese Begrenzung groß genug gewählt werden. Stabilität ist dann gewährleistet, wenn $AccBound \geq \max(|Cf(t)|) * \max(A+, -A-)$ gewählt wird, wobei $Cf(t)$ der Koppelfaktor zur Zeit t ist und $A+$ und $A-$ die Beschleunigungsbegrenzungen der Masterachse sind (ist die Masterachse ihrerseits Slaveachse, dann muss entsprechend umgerechnet werden).

Interfaces

Die Interfaces bestehen aus dem System Manager, SPS-Bausteinen und dem zyklischen NC-SPS-Achs-Interface.

Abkoppeln und Neue Endposition

Entkoppeln ist in jedem dynamischen Zustand der Masterachse möglich - die Slaveachse wird in eine Masterachse umgewandelt und fährt dann so weiter, also ob sie weiterhin Slaveachse wäre, kann aber individuell gestoppt werden. Das Koppelflag wird zurückgesetzt.

Beim offline Abkoppeln (Abkoppeln im Stillstand) wird die Slave-Achse in eine PTP-Master-Achse verwandelt.

Beim online Abkoppeln (Abkoppeln in Fahrt) wird die Slave-Achse wieder in eine PTP-Master-Achse verwandelt. Das Anfahren einer neuen Endposition in Bewegungsrichtung ist möglich.

4 Beispiele

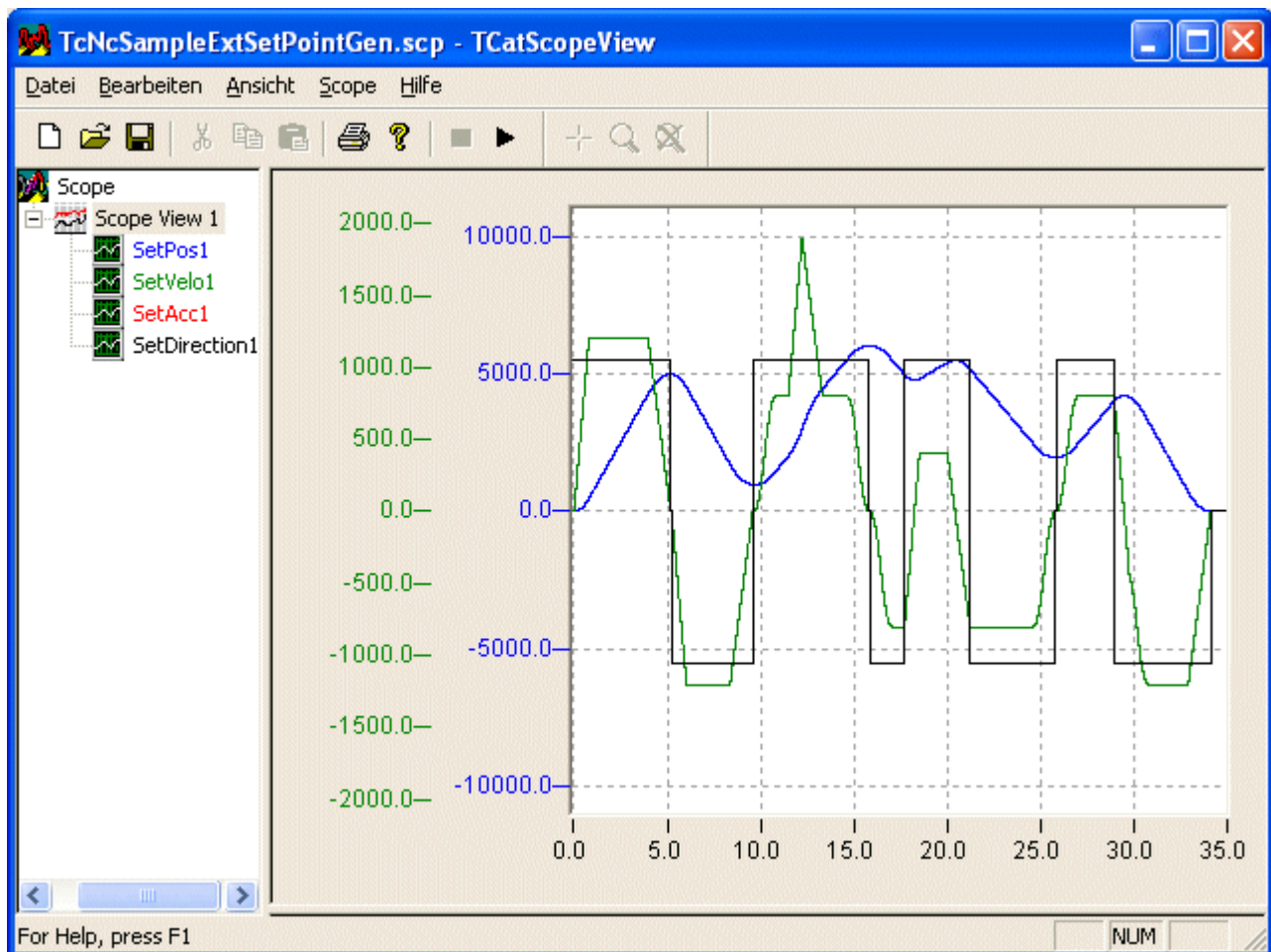
4.1 Externer Sollwertgenerator

TwinCAT NC PTP bietet die Möglichkeit, eigene Sollwertgeneratoren zu programmieren, um Achsen zu verfahren. Dieses Beispiel zeigt, wie ein SPS-Sollwertgenerator in das System integriert werden kann. Das Programm realisiert einen 3-Phasen Generator mit rechteckigem Beschleunigungsprofil.

Weitere Informationen zum Thema Externer Sollwertgenerator [► 23].

Die Vorgehensweise zum Speichern und Installieren des Beispielprogramms ist mit dem [Beispiel Achse verfahren](#) [► 42] vergleichbar. Das Programm ist lauffähig ab TwinCAT Version 2.9.

- Beispielprogramm 1 Externer Sollwertgenerator: <https://infosys.beckhoff.com/content/1031/tcncptp/Resources/3456014603.exe>
- Beispielprogramm 2 Externer Sollwertgenerator: <https://infosys.beckhoff.com/content/1031/tcncptp/Resources/3456016011.exe>



4.2 Antriebsgeführtes Referenzieren einer SERCOS-Achse

Ein SERCOS-Antrieb bietet die Referenzierfunktion (Homing) als antriebsgeführten Ablauf an. In diesem Fall wird also nicht durch das TwinCAT NC-System, sondern durch den Antrieb selbst referenziert. Dieses Beispiel zeigt, wie das antriebsgeführte Referenzieren durch die TwinCAT SPS initialisiert und angestoßen wird.

Die Vorgehensweise zum Speichern und Installieren des Beispielprogramms ist mit dem [Beispiel Achse verfahren \[► 42\]](#) vergleichbar.

- Beispielprogramm Antriebsgeführtes Referenzieren einer SERCOS-Achse: <https://infosys.beckhoff.com/content/1031/tcncptp/Resources/3456320267.zip>

Das Beispielprogramm verwendet folgende speziellen Fehlercodes:

16#FFFFFFFF - Das Beispielprogramm unterstützt keine Parameter-Skalierung in S-0-0044.

16#FFFFFFFFE - Der SERCOS-Antrieb hat den Referenziervorgang mit Fehler abgebrochen.

16#FFFFFFFFD - Der Referenziervorgang wurde beendet aber der Antrieb hat das Referenz-Flag in S-0-0403 nicht gesetzt.

4.3 Achse verfahren

TwinCAT NC PTP bietet dem SPS-Programmierer einfache Funktionsbausteine an, um NC-Achsen zu bedienen. Dieses Beispiel beschreibt, wie eine Achse in das TwinCAT-System eingebunden und verfahren wird.

- Beispielprogramm NC PTP speichern: <https://infosys.beckhoff.com/content/1031/tcncptp/Resources/3456017419.exe>

Das Beispielprogramm arbeitet mit Simulationsachsen (Achsen mit Simulationsencoder) und ist somit ohne zusätzliche Hardware auf jedem Windows NT PC lauffähig. Die Datei *TcNcsample PTPmove.wsm* wird in den TwinCAT System Manager geladen und das System mit dieser Einstellung gestartet.

- WSM-Datei laden
- Einstellung über das Menü *Actions - Save To Registry* registrieren
- TwinCAT-System über das Zahnrad-Symbol starten

Um das Ergebnis überprüfen zu können wird das TwinCAT Scope genutzt. Mit der mitgelieferten Einstellung *TcNcsample PTPmove.scp* kann die Achsbewegung aufgezeichnet werden.

- SCP-Datei in das TwinCAT ScopeView laden
- Die Aufzeichnung über das Menü oder über die Taste F5 starten. (Die Scope-Konfiguration enthält eine Triggerbedingung, so dass die Aufzeichnung nach dem Start über F5 erst mit dem Start der Achse beginnt)

Zuletzt wird das Beispielprogramm *TcNcsample PTPmove.pro* in das TwinCAT PLC-Control geladen, übersetzt und gestartet.

- PRO-Datei laden
- SPS-Projekt über das Menü *Project - Rebuild All* übersetzen.
- SPS-Projekt über das Menü *Online - Login* in das Laufzeitsystem laden
- Programm über das Menü *Online - Run* starten

Nachdem das Programm gestartet wurde, wird die Achse im Simulationsmodus verfahren und die Aufzeichnung beginnt. Im Bild sind Position, Geschwindigkeit und Beschleunigung der Achse zu sehen.

TcNcsample PTPmove.wsm - TwinCAT System Manager

File Edit Actions View Options Help

Real-Time - Configuration
 NC - Configuration
 NC-Task 1 SAF
 NC-Task 1 SVB
 NC-Task 1-Image
 Axes
 Axis 1
 PLC - Configuration
 TcNcsample PTPmove
 TcNcsample PTPmo
 Standard
 Cam - Configuration
 I/O - Configuration

General Settings Global Dynamics Online Functions Coupling Compensation

0.0000 Setpoint Position: [mm] 0.0000
 Lag Distance (min/max): [mm] 0.0000 (0.000, 0.000) Actual Velocity: [v/s] 0.0000 Setpoint Velocity: [v/s] 0.0000
 Override: [%] 0.0000 % Total / Control Output: [%] 0.00 / 0.00 % Error: 0 (0x0)

Status (log.) Status (phys.) Enabling
 Ready NOT Moving Coupled Mode Controller Set
 Calibrated Moving Fw In Target Pos. Feed Fw
 Has Job Moving Bw In Pos. Range Feed Bw

Controller Kv-Factor: [mm/s/mm] 0.1 Reference Velocity: [mm/s] 2200
 Target Position: [mm] 0 Target Velocity: [mm/s] 0

F1 F2 F3 F4 F5 F6 F8 F9

Ready Local (172.16.5.71.1.1)

TwinCAT PLC Control - TcNcsample PTPmove.pro - [MAIN (PRG-ST)]

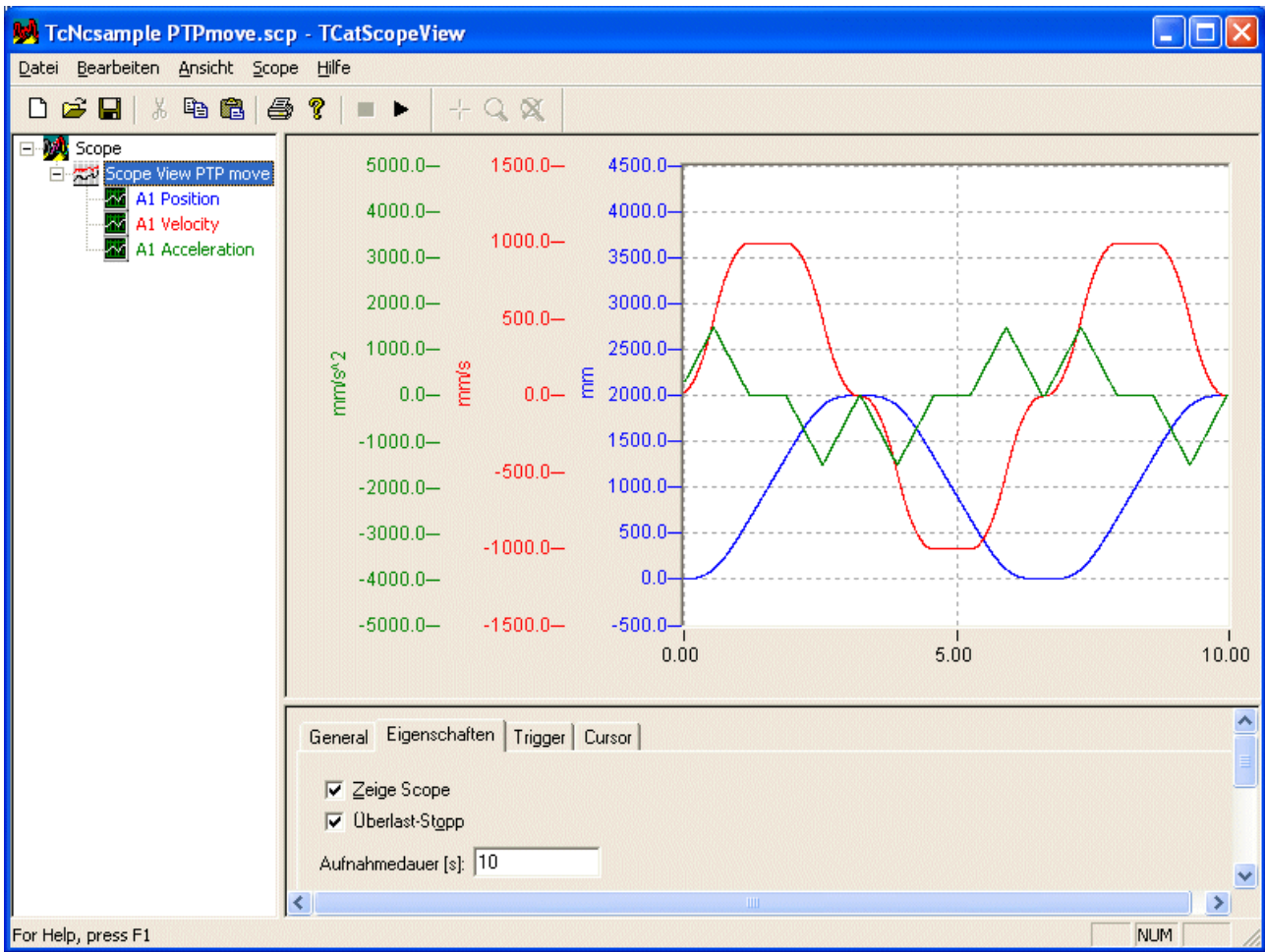
File Edit Project Insert Extras Online Window Help

POUs
 AxisEnable (PRG)
 MAIN (PRG)
 MoveAction

```

0001 PROGRAM MAIN
0002 VAR
0003   Position: LREAL;
0004   StartAxis: BOOL;
0005   MoveAxis: MC_MoveAbsolute;
0006
0007 (* enable the axis *)
0008 AxisEnable;
0009
0010 (* move the axis forward and backwards *)
0011 CASE state OF
0012   MOVESTATE_INIT : (* initialisation *)
0013     StartAxis := FALSE;
0014     IF AxisEnable.Ready THEN
0015       state := MOVESTATE_FORWARD;
0016     END_IF
0017
0018   MOVESTATE_FORWARD : (* start to first position *)
0019     Position := 2000;
0020     StartAxis := TRUE;
0021     IF MoveDone THEN
0022       StartAxis := FALSE;
0023       state := MOVESTATE_BACKWARDS;
0024     END_IF
0025
0026   MOVESTATE_BACKWARDS : (* move back to initial position *)
0027     Position := 0;
0028     StartAxis := TRUE;
0029     IF MoveDone THEN
0030       StartAxis := FALSE;
    
```

Lin.: 1, Col.: 1 ONLINE OV READ



Mehr Informationen:
www.beckhoff.de/tx1250

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

