

**SIEMENS**



# SIMATIC S7-1500(T): Gegenüberstellung der Gleichlaufarten

TIA Portal V18 / SIMATIC S7-1500(T)

<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109764888>

Siemens  
Industry  
Online  
Support



# Rechtliche Hinweise

## Nutzung der Anwendungsbeispiele

In den Anwendungsbeispielen wird die Lösung von Automatisierungsaufgaben im Zusammenspiel mehrerer Komponenten in Form von Text, Grafiken und/oder Software-Bausteinen beispielhaft dargestellt. Die Anwendungsbeispiele sind ein kostenloser Service der Siemens AG und/oder einer Tochtergesellschaft der Siemens AG („Siemens“). Sie sind unverbindlich und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit und Funktionsfähigkeit hinsichtlich Konfiguration und Ausstattung. Die Anwendungsbeispiele stellen keine kundenspezifischen Lösungen dar, sondern bieten lediglich Hilfestellung bei typischen Aufgabenstellungen. Sie sind selbst für den sachgemäßen und sicheren Betrieb der Produkte innerhalb der geltenden Vorschriften verantwortlich und müssen dazu die Funktion des jeweiligen Anwendungsbeispiels überprüfen und auf Ihre Anlage individuell anpassen.

Sie erhalten von Siemens das nicht ausschließliche, nicht unterlizenzierbare und nicht übertragbare Recht, die Anwendungsbeispiele durch fachlich geschultes Personal zu nutzen. Jede Änderung an den Anwendungsbeispielen erfolgt auf Ihre Verantwortung. Die Weitergabe an Dritte oder Vervielfältigung der Anwendungsbeispiele oder von Auszügen daraus ist nur in Kombination mit Ihren eigenen Produkten gestattet. Die Anwendungsbeispiele unterliegen nicht zwingend den üblichen Tests und Qualitätsprüfungen eines kostenpflichtigen Produkts, können Funktions- und Leistungsmängel enthalten und mit Fehlern behaftet sein. Sie sind verpflichtet, die Nutzung so zu gestalten, dass eventuelle Fehlfunktionen nicht zu Sachschäden oder der Verletzung von Personen führen.

## Haftungsausschluss

Siemens schließt seine Haftung, gleich aus welchem Rechtsgrund, insbesondere für die Verwendbarkeit, Verfügbarkeit, Vollständigkeit und Mangelfreiheit der Anwendungsbeispiele, sowie dazugehöriger Hinweise, Projektierungs- und Leistungsdaten und dadurch verursachte Schäden aus. Dies gilt nicht, soweit Siemens zwingend haftet, z.B. nach dem Produkthaftungsgesetz, in Fällen des Vorsatzes, der groben Fahrlässigkeit, wegen der schuldhaften Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit, bei Nichteinhaltung einer übernommenen Garantie, wegen des arglistigen Verschweigens eines Mangels oder wegen der schuldhaften Verletzung wesentlicher Vertragspflichten. Der Schadensersatzanspruch für die Verletzung wesentlicher Vertragspflichten ist jedoch auf den vertragstypischen, vorhersehbaren Schaden begrenzt, soweit nicht Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit vorliegen oder wegen der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit gehaftet wird. Eine Änderung der Beweislast zu Ihrem Nachteil ist mit den vorstehenden Regelungen nicht verbunden. Von in diesem Zusammenhang bestehenden oder entstehenden Ansprüchen Dritter stellen Sie Siemens frei, soweit Siemens nicht gesetzlich zwingend haftet.

Durch Nutzung der Anwendungsbeispiele erkennen Sie an, dass Siemens über die beschriebene Haftungsregelung hinaus nicht für etwaige Schäden haftbar gemacht werden kann.

## Weitere Hinweise

Siemens behält sich das Recht vor, Änderungen an den Anwendungsbeispielen jederzeit ohne Ankündigung durchzuführen. Bei Abweichungen zwischen den Vorschlägen in den Anwendungsbeispielen und anderen Siemens Publikationen, wie z. B. Katalogen, hat der Inhalt der anderen Dokumentation Vorrang.

Ergänzend gelten die Siemens Nutzungsbedingungen (<https://support.industry.siemens.com>).

## Securityhinweise

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

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

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

Weiterführende Informationen zu möglichen Schutzmaßnahmen im Bereich Industrial Security finden Sie unter <https://www.siemens.com/industrialsecurity>.

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

Um stets über Produkt-Updates informiert zu sein, abonnieren Sie den Siemens Industrial Security RSS Feed unter <https://www.siemens.com/cert>.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Rechtliche Hinweise .....</b>	<b>2</b>
<b>1 Einführung.....</b>	<b>5</b>
1.1 Überblick.....	5
1.2 Verfügbarkeit der Gleichlaufarten .....	5
1.3 Verwendete Komponenten.....	5
<b>2 Gleichlauf .....</b>	<b>7</b>
2.1 Definition.....	7
2.2 Leitachse .....	8
2.3 Folgeachse .....	8
2.4 Dynamische Beschränkungen .....	8
2.5 Statuswort StatusSynchronizedMotion .....	8
2.6 Phasen einer Gleichlaufbeziehung .....	9
2.6.1 Unsynchronisiert.....	9
2.6.2 Wartender Gleichlauf.....	9
2.6.3 Aufsynchronisieren.....	9
2.6.4 Synchron fahren .....	10
2.6.5 Gleichlauf ablösen bzw. beenden .....	10
2.6.6 Beispiel zu den Phasen einer Gleichlaufbeziehung .....	11
2.7 PLC-übergreifender Gleichlauf (Verteilter Gleichlauf).....	13
2.7.1 Funktionsprinzip .....	13
2.7.2 Verfügbarkeit .....	13
<b>3 Gleichlaufarten.....</b>	<b>15</b>
3.1 Geschwindigkeitsgleichlauf .....	15
3.2 Getriebegleichlauf .....	15
3.2.1 Getriebegleichlauf ohne Synchronposition.....	16
3.2.2 Getriebegleichlauf mit Synchronposition .....	16
3.3 Kurvenscheibengleichlauf .....	17
<b>4 Technologieobjekte für den Gleichlauf .....</b>	<b>18</b>
4.1 Leitachse .....	18
4.1.1 Nutzbare Technologieobjekte .....	18
4.1.2 Leitwert .....	19
4.1.3 Einheitensystem .....	19
4.2 Folgeachse .....	19
4.2.1 Nutzbare Technologieobjekte .....	19
4.2.2 Leitwertverschaltung .....	19
4.2.3 Einheitensystem .....	20
4.2.4 Leitwertverzögerung.....	20
4.3 Gleichlaufaktionen.....	20
4.4 Bewegungsfunktionen.....	21
4.4.1 Basisbewegung und überlagerte Bewegung.....	21
4.4.2 Basisbewegung und überlagerte Bewegungen einer Leitachse .....	21
4.4.3 Basisbewegungen einer Folgeachse .....	22
4.4.4 Überlagerte Bewegungen einer Folgeachse.....	22
4.4.5 Folgewertverschiebung .....	22
4.4.6 Leitwertverschiebung .....	23
4.4.7 Additiver Leitwert .....	24
4.5 Die Kurvenscheibe .....	26
4.5.1 Die Kurvenscheibe als eigenständiges Technologieobjekt.....	26
4.5.2 Mehrfache Nutzung der Kurvenscheibe .....	26
4.5.3 Einmalige Nutzung der Kurvenscheibe .....	27
4.6 Gleichlauf in Simulation setzen .....	27

<b>5</b>	<b>Geschwindigkeitsgleichlauf .....</b>	<b>28</b>
5.1	Motion Control-Anweisung "MC_GearInVelocity" .....	28
5.2	Getriebefaktor.....	29
5.3	Dynamikparameter .....	33
<b>6</b>	<b>Getriebegleichlauf ohne Synchronposition .....</b>	<b>35</b>
6.1	Motion Control-Anweisung "MC_GearIn" .....	35
6.2	Getriebefaktor.....	35
6.3	Dynamikparameter .....	39
<b>7</b>	<b>Getriebegleichlauf mit Synchronposition .....</b>	<b>41</b>
7.1	Motion Control-Anweisung "MC_GearInPos".....	41
7.2	Getriebefaktor.....	42
7.3	Synchronposition .....	42
7.4	Art des Aufsynchronisierens (SyncProfileReference) .....	46
7.4.1	Dynamikparameter (SyncProfileReference = 0) .....	47
7.4.2	Leitwertweg (SyncProfileReference = 1, 3).....	49
7.5	SyncDirection .....	57
7.6	Beenden des Getriebegleichlaufs .....	59
7.6.1	Motion Control-Anweisung "MC_GearOut" .....	59
7.6.2	Anhalteposition.....	60
7.6.3	Art des Absynchronisierens (SyncProfileReference) .....	60
7.6.4	SyncOutDirection .....	62
<b>8</b>	<b>Kurvenscheibengleichlauf .....</b>	<b>64</b>
8.1	Motion Control-Anweisung "MC_CamIn" .....	64
8.2	Für die Beispiele verwendete Kurvenscheiben .....	66
8.3	Offset und Scaling .....	71
8.4	MasterSyncPosition.....	73
8.5	SyncProfileReference und MasterStartDistance.....	75
8.5.1	Aufsynchronisieren über Dynamikparameter .....	75
8.5.2	Aufsynchronisieren über den Leitwertweg .....	76
8.5.3	Direkt synchron Setzen .....	78
8.6	ApplicationMode.....	80
8.6.1	Einmalig / Nicht zyklisch.....	81
8.6.2	Zyklisch (Folgewertseitig absolut) .....	82
8.6.3	Zyklisch anhängend (Folgewertseitig stetig anhängend).....	84
8.7	SyncDirection .....	85
8.8	Ablösen eines Kurvenscheibengleichlaufs.....	85
8.8.1	Voraussetzung .....	85
8.8.2	Vorgehen .....	86
8.9	Verhalten am Ende einer Kurvenscheibe.....	87
8.10	Beenden eines Kurvenscheibengleichlaufs .....	88
8.10.1	Motion Control-Anweisung "MC_CamOut" .....	88
8.10.2	Anhalteposition.....	89
8.10.3	Art des Absynchronisierens (SyncProfileReference) .....	89
8.10.4	SyncOutDirection .....	91
<b>9</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>92</b>
9.1	Service und Support.....	92
9.2	Industry Mall .....	93
9.3	Links und Literatur .....	93
9.4	Änderungsdokumentation .....	94

# 1 Einführung

## 1.1 Überblick

Dieses Dokument soll Ihnen in kompakter und praxisnaher Form die verschiedenen Gleichlaufarten der SIMATIC S7-1500 CPUs erläutern. Es soll Sie bei der richtigen Auswahl der Gleichlaufart unterstützen und Ihnen eine Hilfestellung bei der Einstellung der entsprechenden Parameter bieten.

Dazu werden in den nachfolgenden Kapiteln diese Themen behandelt:

- Die einzelnen Gleichlaufarten werden kurz vorgestellt und erläutert.
- Es werden Hinweise für den praktischen Einsatz der jeweiligen Gleichlaufart gegeben.
- Die für die jeweilige Gleichlaufart zu nutzenden Motion Control-Anweisungen werden vorgestellt.
- Die Auswirkungen der einzelnen Parameter der Motion Control-Anweisungen werden anhand von Beispielen und Bewegungsaufzeichnungen gegenübergestellt.

## 1.2 Verfügbarkeit der Gleichlaufarten

Nicht alle CPUs der SIMATIC S7-1500 stellen die in dieser Dokumentation vorgestellten Gleichlaufarten zur Verfügung. Die folgende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick und nennt die dazugehörigen Motion Control-Anweisungen, die im Anwenderprogramm genutzt werden können.

Tabelle 1-1 Verfügbarkeit der Gleichlaufarten in den SIMATIC S7-1500 CPUs

	<b>SIMATIC S7-1500(F)</b>	<b>SIMATIC S7-1500T(F)</b>
Getriebegleichlauf ohne Synchronposition	MC_GearIn	MC_GearIn
Getriebegleichlauf ohne Synchronposition über ext. Geber		MC_GearIn
Getriebegleichlauf mit Synchronposition		MC_GearInPos
Getriebegleichlauf mit Synchronposition über ext. Geber		MC_GearInPos
Kurvengleichlauf mit Synchronposition		MC_CamIn
Kurvengleichlauf mit Synchronposition über ext. Geber		MC_CamIn

### Hinweis

Der Unterschied zwischen Gleichlauf mit und ohne Synchronposition wird in Kapitel [3.2.1](#) und Kapitel [3.2.2](#) dieser Dokumentation näher erläutert.

## 1.3 Verwendete Komponenten

Für die Erstellung der Gleichlaufbeispiele und der in dieser Dokumentation vorhandenen Screenshots und Bewegungsaufzeichnungen wurden folgende Hard- und Softwarekomponenten genutzt:

Tabelle 1-2 Verwendete Hard- und Software-Komponenten

Komponente	Anzahl	Artikelnummer	Hinweis
TIA Portal V18			Bei den einzelnen Komponenten als Engineering Framework stets enthalten.
STEP 7 Professional V18	1	6ES7823-1AA08-0YA5	SIMATIC STEP 7 Professional V18/2022 Combo inkl. TIA Portal, Floating License für 1 User, Engineering Software im TIA Portal
SIMATIC S7-1500T (ab Firmware V2.1)	1	6ES7517-3UP00-0AB0	SIMATIC S7-1500TF, CPU 1517TF-3 PN/DP, Zentralbaugruppe mit Arbeitsspeicher 3 MB für Programm und 8 MB für Daten Advanced Controller der SIMATIC Baureihe für technologische Anwendungen.

**Hinweis**

Für die Erstellung dieses Anwendungsbeispiels wurde eine SIMATIC S7-1500T verwendet, um Ihnen alle Gleichlaufarten zeigen zu können. Für einen Geschwindigkeitsgleichlauf und einen Getriebegleichlauf ohne Synchronposition kann jedoch auch jede CPU aus der SIMATIC S7-1500 Familie verwendet werden. Eine Technologie-CPU ist hierfür nicht notwendig.

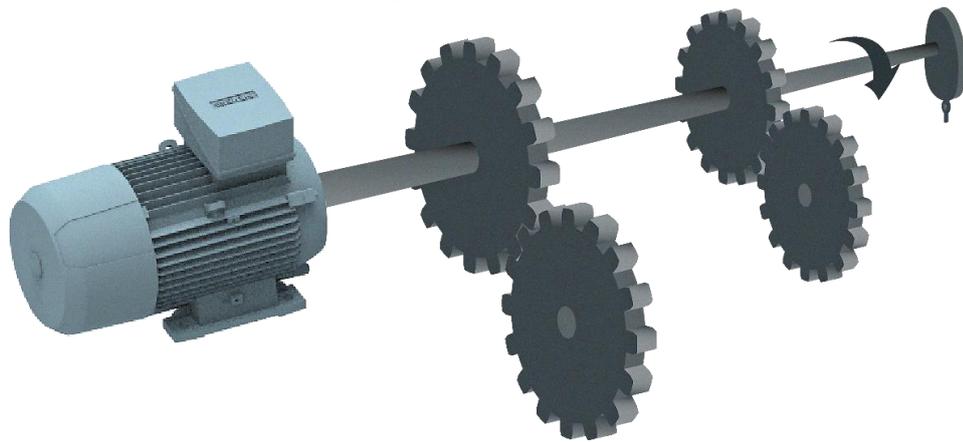
## 2 Gleichlauf

### 2.1 Definition

Man spricht von "Gleichlauf", wenn sich zwei Achsen, eine Leit- und eine Folgeachse, synchron zueinander bewegen.

Mechanisch kann ein Gleichlauf mit Hilfe einer Königswelle realisiert werden, die als Leitachse für die angekoppelte(n) Folgeachse(n) fungiert. Damit sind Leit- und Folgeachse fest mechanisch miteinander gekoppelt.

Abbildung 2-1 Gleichlauf über Königswelle

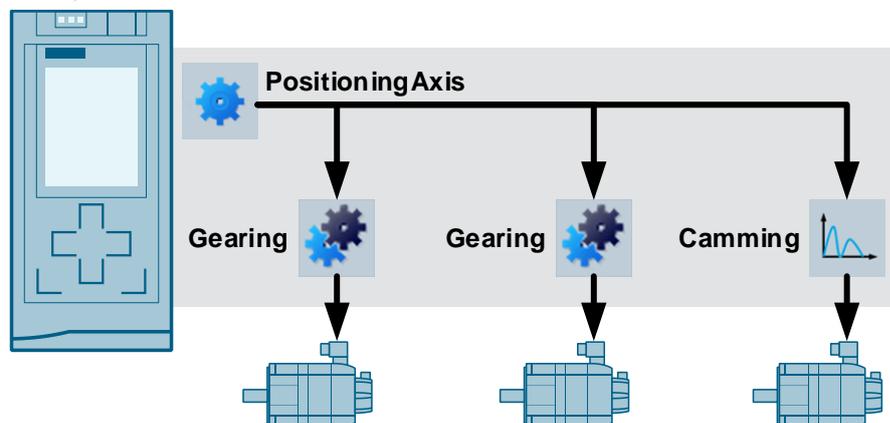


In modernen Steuerungen wird der Gleichlauf elektronisch realisiert. In der SIMATIC ist die Folgeachse über ein Technologieobjekt "TO\_SynchronousAxis" (Gleichlaufachse) an die Leitachse (Positionierachse im Bild unten) gekoppelt. Das bringt mehr Flexibilität bei der Nutzung der einzelnen Achsen und bei der Variation der Kopplung.

Für die Kopplung stehen in der SIMATIC folgende Gleichlaufarten zur Verfügung:

- Getriebegleichlauf (Gearing)  
Definition der Gleichlaufbeziehung über Zähler und Nenner des Getriebe-faktors.
- Kurvenscheibengleichlauf (Camming)  
Die Gleichlauffunktion wird über eine Kurvenscheibe mit Hilfe von Stützpunkten oder Polynomen vorgegeben.

Abbildung 2-2 Elektronischer Gleichlauf



## 2.2 Leitachse

Die Leitachse stellt für die Gleichlaufbeziehung den Positionsleitwert zur Verfügung. Als Leitwert kann sowohl der Sollwert der Leitachse als auch der aktuelle Istwert der Leitachse genutzt werden. Der Sollwert wird dabei innerhalb der Steuerung generiert, während der Istwert vom Gebersystem der Achse oder einem externen Geber in die Steuerung übertragen wird. Die Bewegung der Leitachse wird durch die Gleichlauffunktionen nicht beeinflusst.

Die Leitachse wird auch Master-Achse oder einfach nur Master genannt.

### Hinweis

Bei Motion Control mit SIMATIC S7-1500 besteht die Möglichkeit auch virtuelle Achsen anzulegen. Diese virtuellen Achsen können auch als Leitachsen verwendet werden.

## 2.3 Folgeachse

Die Folgeachse ist über die Gleichlaufbeziehung an die Leitachse gekoppelt. Sie folgt der Leitachse entsprechend dem anhand der definierten Gleichlauffunktion errechneten Folgewert. In der Konfiguration der Folgeachse muss die Leitachse als mögliche Leitwertquelle angegeben werden, damit vom System der Leitwertkanal für die Gleichlauf-Kopplung bereitgestellt wird.

Die Folgeachse wird auch Slave-Achse oder einfach nur Slave genannt.

## 2.4 Dynamische Beschränkungen

Befinden sich beide Achsen im Gleichlauf, folgt die Folgeachse den Bewegungen der Leitachse ungeachtet ihrer dynamischen Grenzen. Die Gleichlaufbeziehung wird beim Überschreiten der Dynamikgrenzen nicht abgebrochen. Sollte die Folgeachse der Leitachse nicht folgen können, kann es zu einem Schleppfehler an der Folgeachse kommen. Der Fehler beendet dann die Gleichlaufbeziehung und stoppt die Folgeachse. Die Leitachse wird dabei nicht beeinflusst.

### Hinweis

Beachten Sie stets die dynamischen Grenzen der Folgeachse und die Veränderung der Dynamik des Leitwerts durch die Gleichlauffunktion (z. B. durch einen hohen Getriebefaktor oder eine starke Steigung innerhalb einer Kurvenscheibe). Sollte es zum Abbruch der Gleichlaufbeziehung kommen, können dadurch Schäden an der Mechanik der Maschine oder am produzierten Produkt entstehen.

## 2.5 Statuswort StatusSynchronizedMotion

Werden die Dynamikgrenzen der Folgeachse während des Gleichlaufs überschritten, so wird dies im Gleichlauf-Statuswort `<SynchronousAxis>.StatusSynchronizedMotion.StatusWord` angezeigt. Im Anwenderprogramm kann so anhand der Bits 0 bis 2 entsprechend reagiert werden.

Tabelle 2-1 Statuswort <SynchronousAxis>.StatusSynchronizedMotion.StatusWord

Bit	Beschreibung
0	MaxVelocityExceeded Im Gleichlauf wird die im Technologieobjekt konfigurierte maximale Geschwindigkeit überschritten.
1	MaxAccelerationExceeded Im Gleichlauf wird die im Technologieobjekt konfigurierte maximale Beschleunigung überschritten.
2	MaxDecelerationExceeded Im Gleichlauf wird die im Technologieobjekt konfigurierte maximale Verzögerung überschritten.
3	InSimulation Gleichlauf in Simulation Nähere Informationen dazu entnehmen Sie dem Kapitel <a href="#">4.6</a> .
4	LeadingValueAdditiveCommand Additiver Leitwert für die Motion Control-Anweisung "MC_LeadingValueAdditive" aktiv.
5..31	Reserviert

## 2.6 Phasen einer Gleichlaufbeziehung

Der Gleichlauf zwischen einer Leit- und einer Folgeachse kann in der Regel in verschiedene Phasen eingeteilt werden.

### 2.6.1 Unsynchronisiert

Die Leit- und die Folgeachse sind völlig unabhängig voneinander und können getrennt voneinander verfahren werden. Zwischen beiden Achsen besteht keine Gleichlaufbeziehung.

### 2.6.2 Wartender Gleichlauf

Die Kopplung der Folgeachse auf die Leitachse wurde in der Steuerung über die entsprechende Motion Control-Anweisung in Auftrag gegeben. Die Folgeachse wartet auf die Erfüllung der definierten Startbedingung zur Durchführung des Aufsynchronisiervorgangs.

An den Motion Control-Anweisungen der SIMATIC für Gleichlauf wird diese Phase durch Setzen des Ausgangs "Busy" angezeigt.

### 2.6.3 Aufsynchronisieren

Die Startbedingung für den Aufsynchronisiervorgang ist erfüllt und die Folgeachse wird auf den Leitwert der Leitachse aufsynchronisiert. An den Motion Control-Anweisungen MC\_GearInPos und MC\_CamIn wird diese Phase durch Setzen des Ausgangs "StartSync" angezeigt. Bei der Motion Control-Anweisung MC\_GearIn beginnt das Aufsynchronisieren direkt mit dem Setzen des "Execute"-Eingangs, da für den Getriebegleichlauf ohne Synchronposition keine Startbedingung erfüllt werden muss. Des Weiteren wird das Aufsynchronisieren im Statuswort-Bit "Synchronizing" angezeigt (<SynchronousAxis>.StatusWord.X21).

**Hinweis** Die Leit- und Folgewerte der beiden Achsen werden ohne Beachtung der jeweils parametrisierten Anwendereinheit (physikalische Größe der Soll- und Istwerte) gekoppelt. Eine Umrechnung der Einheiten findet nicht statt.  
Wenn beispielsweise die lineare Leitachse um 10mm verfährt, so verfährt die im Getriebegleichlauf gekoppelte, rotatorische Folgeachse bei einem Getriebefaktor von 1:1 um 10°.

### 2.6.4 Synchron fahren

Der Aufsynchronisiervorgang der Folgeachse auf die Leitachse ist abgeschlossen. Beide Achsen bewegen sich synchron zueinander.

Die Folgeachse folgt über die Gleichlaufbeziehung dem Leitwert der Leitachse, d. h. alle Bewegungsaufträge an die Leitachse wirken sich über die Gleichlaufbeziehung auch auf die Folgeachse aus.

An den Motion Control-Anweisungen der SIMATIC für Gleichlauf wird diese Phase bei Gleichlauf ohne Synchronposition durch Setzen des Ausgangs "InGear" und bei Gleichlauf mit Synchronposition durch den Ausgang "InSync" angezeigt.

Des Weiteren wird der Gleichlauf im Statuswort-Bit "Synchronous" angezeigt (<SynchronousAxis >.StatusWord.X22).

**Hinweis** Die Folgeachse kann der Leitachse nur innerhalb ihrer durch den Antrieb bedingten dynamischen Begrenzungen folgen. Werden diese dynamischen Begrenzungen überschritten, kann es, beispielsweise aufgrund eines Schleppfehlers, zum Abbruch der Gleichlaufbeziehung kommen.

### 2.6.5 Gleichlauf ablösen bzw. beenden

Das Vorgehen zum Ablösen bzw. Beenden eines Gleichlaufs zwischen zwei Achsen ist abhängig von der aktuellen Phase einer Gleichlaufbeziehung.

#### Ablösen bzw. Beenden von aktiven Gleichlaufbeziehungen

Eine aktive Gleichlaufbeziehung ist erreicht, wenn beide Achsen synchron zueinander verfahren. Der Gleichlauf kann in diesem Fall auf folgende Arten abgelöst bzw. beendet werden:

- **Ausführen einer Motion Control-Anweisung zum Absynchronisieren**  
Eine aktive Gleichlaufbeziehung kann ab TIA Portal V17 und CPU-Firmware V2.9 durch die Motion Control-Anweisungen "MC\_CamOut" bei Kurvenscheibengleichlauf und "MC\_GearOut" bei Getriebegleichlauf gezielt beendet werden. Die Anhalteposition der Folgeachse und die Distanz, die die Leitachse während des Absynchronisierens zurücklegt, werden an der jeweiligen Motion Control-Anweisung vorgegeben.
- **Start eines weiteren Gleichlaufauftrags für die Folgeachse**  
Eine aktive Gleichlaufbeziehung wird durch den Start eines weiteren Gleichlaufauftrags für die Folgeachse, z. B. zur Kopplung an eine andere Leitachse, abgelöst. Das Ablösen der aktiven Gleichlaufbeziehung wird durchgeführt, sobald die Startbedingung für den Aufsynchronisiervorgang erfüllt ist.
- **Start eines Bewegungsauftrags für die Folgeachse**  
Eine aktive Gleichlaufbeziehung wird durch den Start eines Einzelachs-Bewegungsauftrags für die Folgeachse beendet. Beispielsweise kann ein aktiver

Gleichlauf mit der Motion Control-Anweisung "MC\_Halt" bzw. mit der absoluten Positionierung der Folgeachse über "MC\_MoveAbsolute" beendet werden.

- Entziehen der Achsfreigabe der Folgeachse ("MC\_Power.Enable" = false)

### Ablösen von wartenden Gleichlaufaufträgen

Ein wartender Gleichlaufauftrag kann nur durch einen weiteren Gleichlaufauftrag für die gleiche Folgeachse abgelöst werden.

### Beenden von wartenden Gleichlaufaufträgen

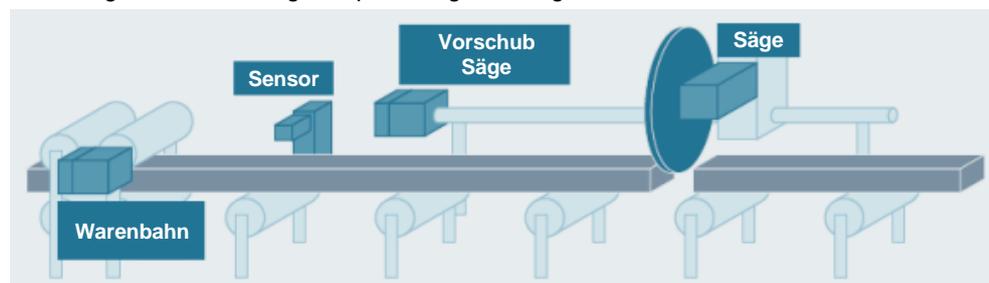
Ein wartender Gleichlaufauftrag kann durch die Motion Control-Anweisungen MC\_GearOut und MC\_CamOut beendet werden (ab TIA Portal V17 und CPU-Firmware V2.9).

Außerdem wird ein wartender Gleichlaufauftrag durch den Entzug der Achsfreigabe der Folgeachse über die Motion Control-Anweisung "MC\_Power" oder einem TO-Neustart (MC\_Reset.Restart = true) automatisch beendet.

## 2.6.6 Beispiel zu den Phasen einer Gleichlaufbeziehung

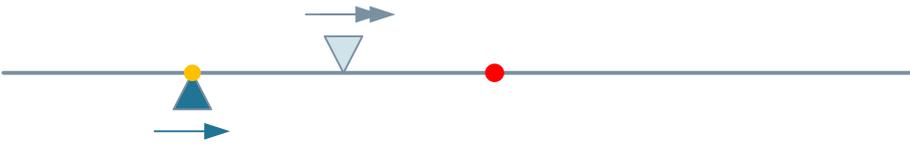
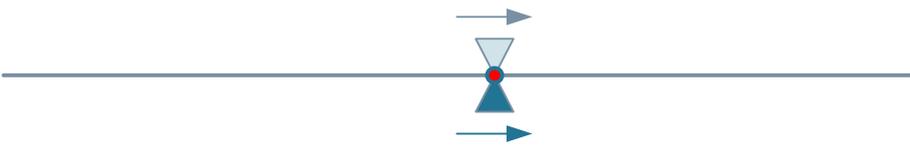
Anhand des Anwendungsbeispiels "Fliegende Säge" sollen die einzelnen Phasen einer Gleichlaufbeziehung erläutert werden.

Abbildung 2-3 Anwendungsbeispiel "Fliegende Säge"



In diesem Applikationsbeispiel ist eine durchlaufende Warenbahn die Leitachse und der Vorschubantrieb der Säge die Folgeachse. Die Produkte werden durch den Sensor erfasst und legen die Aufsynchronisierungsbedingung fest. Die Säge kann so auf die Warenbahn und somit auf das Produkt aufsynchronisiert werden. Sobald sich der Vorschubantrieb der Säge synchron zur Warenbahn bewegt, kann mit der Säge das Produkt durchgesägt werden. Die Säge befindet sich aufgrund der Synchronbewegung stets über der gleichen Stelle des Produkts. Ein Anhalten der Warenbahn für das Durchsägen ist somit nicht notwendig.

Tabelle 2-2 Beispiel zu den Phasen einer Gleichlaufbeziehung

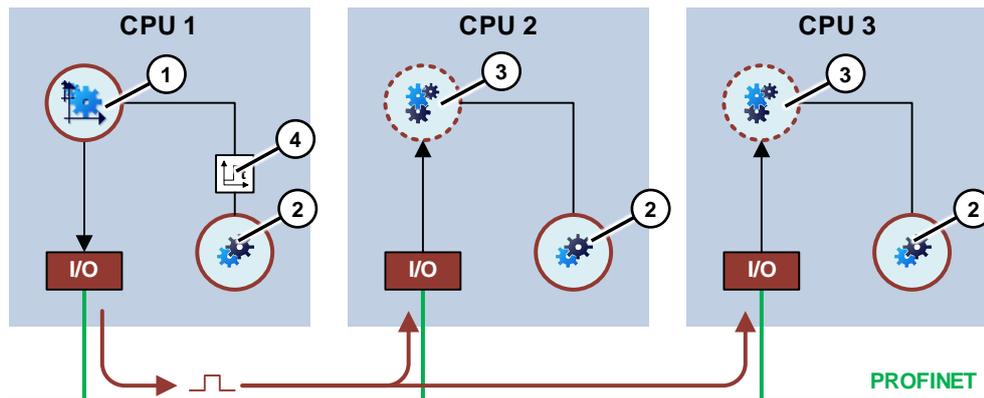
Beschreibung
<p><b>Phase "Unsynchronisiert"</b>                      Zu Beginn sind Leitachse (Dunkelblau) und Folgeachse (Hellblau) unsynchronisiert und werden einzeln und völlig unabhängig voneinander verfahren.</p> 
<p><b>Phase "Wartender Gleichlauf"</b>                      Ein Gleichlaufauftrag für die Folgeachse (Hellblau) wird gestartet und die Startbedingung (Sensor) für den Aufsynchronisiervorgang (oranjer Punkt) wird definiert.</p> 
<p><b>Phase "Aufsynchronisieren"</b>                      Die Startbedingung für den Aufsynchronisiervorgang (oranjer Punkt) wird durch die Leitachse (Dunkelblau) erfüllt. Die Folgeachse (Hellblau) beschleunigt und führt den Aufsynchronisiervorgang bis zur Synchronposition (roter Punkt) durch.</p> 
<p><b>Phase "Synchron fahren"</b>                      Die Synchronposition (roter Punkt) ist erreicht und die Folgeachse (Hellblau) ist auf die Leitachse (Dunkelblau) aufsynchronisiert. Beide Achsen bewegen sich synchron. Die Säge kann nun das Produkt ablängen.</p> 
<p><b>Phase "Gleichlauf beenden"</b>                      Ein Einzelachs-Bewegungsauftrag für die Folgeachse (Hellblau) wird abgesetzt und somit der Gleichlauf beendet. Die Folgeachse (Hellblau) wird auf die Startposition (hellblauer Punkt) zurückpositioniert.</p> 
<p>Die Folgeachse hat das Ziel (hellblauer Punkt) des Bewegungsauftrags erreicht.</p> 

## 2.7 PLC-übergreifender Gleichlauf (Verteilter Gleichlauf)

### 2.7.1 Funktionsprinzip

Beim PLC-übergreifenden Gleichlauf können die Leitwertquelle (1) und die Folgeachsen (2) auf mehrere Steuerungen verteilt sein.

Abbildung 2-4 Beispiel für einen PLC-übergreifenden Gleichlauf



Die Kommunikation zwischen den CPUs erfolgt über den "direkten Datenaustausch" über PROFINET IO mit IRT (Isochronous Real Time). Die Leitwertübergabe auf den CPUs der Folgeachsen erfolgt über Leitachsstellvertreter (3). Der Leitachsstellvertreter wird als eigenständiges Technologieobjekt auf den CPUs der Folgeachsen angelegt und an den Datenbereich des "direkten Datenaustauschs" angebunden. Die Leitwertkopplung eines Leitachsstellvertreters und einer Folgeachse wird genau wie die Leitwertkopplung einer lokalen Leitachse konfiguriert und im Programm verwendet.

#### Hinweis

Eine ausführliche Beschreibung zur Konfiguration und Diagnose eines verteilten Gleichlaufs finden Sie im FAQ "SIMATIC S7-1500T: Einrichtung und Diagnose des PLC-übergreifenden Gleichlaufs" ([10](#)).

### 2.7.2 Verfügbarkeit

Der PLC-übergreifende Gleichlauf ist ab Firmware-Version V2.8 in allen Technologie-Steuerungen bzw. ab Firmware-Version V20.8 im Open Controller der Steuerungsfamilie SIMATIC S7-1500T verfügbar. Für alle anderen SIMATIC S7-1500 Steuerungen steht der PLC-übergreifende Gleichlauf nicht zur Verfügung.

Als Leitwertquelle für einen PLC-übergreifenden Gleichlauf können ab Firmware V2.8.3 reale und virtuelle Achsen in folgenden Steuerungen verwendet werden:

- Standard-CPUs und Kompakt-CPU S7-1500(F)
- Technologie-CPU S7-1500T(F)
- ET 200SP Open Controller: SIMATIC S7-1515SP PC2 (T)(F)
- SIMATIC S7-1500 Drive Controller, z. B. S7-1504D TF oder S7-1507D TF.

**Hinweis** Ein PLC-übergreifender Gleichlauf kann nur zwischen Steuerungen eingerichtet werden, die im gleichen TIA Portal Projekt projiziert werden und die sich im gleichen PROFINET-Subnetz befinden.

**Hinweis** Mit der Firmware-Version V2.8 bis einschließlich V2.8.2 können nur folgende Standard-CPU's als Leitwertquelle für einen PLC-übergreifenden Gleichlauf benutzt werden:

- SIMATIC S7-1515(F)
- SIMATIC S7-1516(F)

Alle anderen Standard- und Kompakt-CPU's können mit der Firmware-Version V2.8 bis einschließlich V2.8.2 als Leitwertquelle **nicht** genutzt werden.

### 3 Gleichlaufarten

#### 3.1 Geschwindigkeitsgleichlauf

Beim Geschwindigkeitsgleichlauf wird die Übertragungsfunktion anhand eines konstanten Getriebefaktors, der durch Zähler und Nenner angegeben wird, gebildet. Der Zähler stellt beispielsweise den Umfang der Leitachse dar und der Nenner den Umfang der Folgeachse.

Der Geschwindigkeitssollwert der Folgeachse wird durch Multiplikation mit dem Getriebefaktor aus der Geschwindigkeit der Leitachse gebildet.

Abbildung 3-1 Beispiel eines Geschwindigkeitsgleichlaufs



Beim Geschwindigkeitsgleichlauf wird die Folgeachse mit den vorgegebenen Dynamikwerten auf die Geschwindigkeit der Leitachse aufsynchronisiert. Sobald sich die Folgeachse synchron zur Geschwindigkeit der Leitachse befindet, ändert sich deren Geschwindigkeitsbeziehung nicht mehr.

Abbildung 3-2 Geschwindigkeitsgleichlauf



#### 3.2 Getriebegleichlauf

Auch beim Getriebegleichlauf wird die Übertragungsfunktion anhand eines konstanten Getriebefaktors, der durch Zähler und Nenner angegeben wird, gebildet. Der Zähler stellt beispielsweise den Umfang der Leitachse dar und der Nenner den Umfang der Folgeachse.

Der Sollwert der Folgeachse wird durch Multiplikation mit dem Getriebefaktor aus dem Leitwert der Leitachse gebildet.

Abbildung 3-3 Beispiel eines Getriebegleichlaufs



**Hinweis** Getriebegleichlauf ist in der SIMATIC S7-1500 nur ohne Synchronposition möglich. Für einen Getriebegleichlauf mit Synchronposition ist eine SIMATIC S7-1500T notwendig (siehe Gegenüberstellung in Kapitel [1.2](#)).

### 3.2.1 Getriebegleichlauf ohne Synchronposition

Beim Getriebegleichlauf ohne Synchronposition wird die Folgeachse mit den vorgegebenen Dynamikwerten auf eine Position der Leitachse aufsynchronisiert. Sobald sich die Folgeachse synchron zur Position der Leitachse bewegt, ändert sich deren Lagebeziehung nicht mehr. Eine Vorgabe der Synchronpositionen für den Aufsynchronisiervorgang ist hierbei nicht möglich.

Abbildung 3-4 Gleichlauf ohne Synchronposition



**Hinweis** Wird die Kopplung im Stillstand mit den in den gewünschten Positionen zueinander stehenden Achsen durchgeführt, ändert sich im Anschluss bei der Bewegung der Achsen die Lagebeziehung zueinander nicht mehr. Mit dieser Einschränkung kann auch ein Gleichlauf mit Synchronposition erzielt werden.

### 3.2.2 Getriebegleichlauf mit Synchronposition

Beim Getriebegleichlauf mit Synchronposition kann die Folgeachse vorlaufend über eine definierte Länge mit vorgegebenen Synchronpositionen auf die Leitachse aufsynchronisiert werden. Der Aufsynchronisiervorgang der Folgeachse auf die Leitachse wird anhand der vorgegebenen Positionen so berechnet, dass beide Achsen die angegebenen Positionen gleichzeitig erreichen und sich danach im Gleichlauf befinden.

Ab TIA Portal V16 und CPU-Firmware V2.8 kann die Folgeachse auch nachlaufend auf die Leitachse aufsynchronisiert werden. Für das nachlaufende Aufsynchronisieren werden die Position der Leitachse, ab der das Aufsynchronisieren gestartet werden soll, die entsprechende Synchronposition der Folgeachse und der Weg, den die Leitachse während des Aufsynchronisierens zurücklegt, vorgegeben.

Abbildung 3-5 Gleichlauf mit Synchronposition



**Hinweis** Beachten Sie für die Ausgleichsbewegung der Folgeachse die zulässigen dynamischen Beschränkungen und die zulässige Bewegungsrichtung der Achse (Reversieren der Folgeachse abhängig von der Aufsynchronisierungsbedingung).

### 3.3 Kurvenscheibengleichlauf

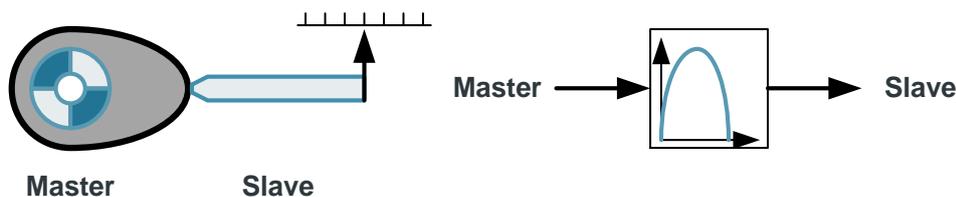
Der Kurvenscheibengleichlauf besitzt die allgemeinste Form der Definition einer Übertragungsfunktion für eine Gleichlaufbeziehung. Sie kann auf folgende Arten angegeben werden:

- **Stützpunkttafel**  
Die Gleichlauffunktion wird über Wertepaare (Leit- und Folgeachseposition) definiert, die vom System oder gemäß VDI-Richtlinie interpoliert werden.
- **Polynomsegmente**  
Die Gleichlauffunktion wird über mathematische Polynome (Koeffizienten eines Polynoms bis zur 6. Ordnung inklusive eines additiven Sinus-Anteils) definiert.

Die Position der Leitachse kann in absoluter oder normierter Form vorgegeben werden. Die Position der Folgeachse ergibt sich dann aus der in der Kurvenscheibe definierten Beziehung der Achsen zueinander.

Die Form der Gleichlauffunktion wird nur durch die dynamischen Möglichkeiten der Folgeachse begrenzt. Damit können beliebige Verfahrensprofile der beiden Achsen zueinander realisiert werden.

Abbildung 3-6 Beispiel eines Kurvenscheibengleichlaufs

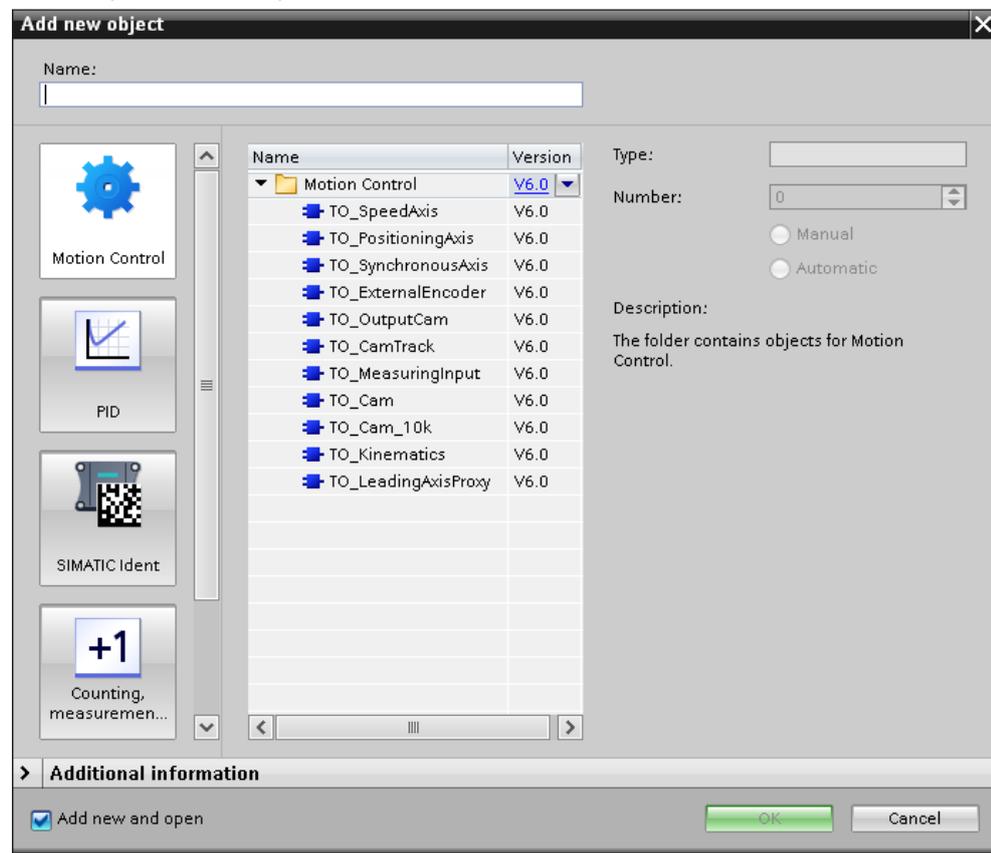


**Hinweis** Kurvenscheibengleichlauf ist nur in der SIMATIC S7-1500T möglich.  
Die Position der Leitachse kann in absoluter oder normierter Form vorgegeben werden. Die Position der Folgeachse ergibt sich dann aus der in der Kurvenscheibe definierten Beziehung der Achsen zueinander, abhängig von Skalierung und Offset

## 4 Technologieobjekte für den Gleichlauf

Von den in der SIMATIC S7-1500(T) vorhandenen Technologieobjekten können für Gleichlauf die in den folgenden Kapiteln genannten Technologieobjekte genutzt werden.

Abbildung 4-1 Technologieobjekte der SIMATIC S7-1500T



### 4.1 Leitachse

#### 4.1.1 Nutzbare Technologieobjekte

Als Leitachse können folgende Technologieobjekte in der SIMATIC S7-1500(T) verwendet werden:

- Positionierachse "TO\_PositioningAxis"
- Gleichlaufachse "TO\_SynchronousAxis"
- Externer Geber "TO\_ExternalEncoder" (nur SIMATIC S7-1500T)
- Leitachsstellvertreter "TO\_LeadingAxisProxy" (nur SIMATIC S7-1500T ab TIA Portal V16 und Firmware V2.8)

#### Hinweis

Als Leitachse können nur Technologieobjekte mit einer Lageinformation verwendet werden.

### 4.1.2 Leitwert

Als Leitwert wird nur der numerische Wert der Leitachse verwendet. Eventuell eingestellte physikalische Einheitensysteme werden nicht beachtet und auch nicht in das Einheitensystem der Folgeachse umgerechnet.

Als Leitwert kommen folgende Parameter in Frage:

- Bei Sollwertkopplung: Sollwert der Position
- Bei Istwertkopplung: Istwert der Position (nur SIMATIC S7-1500T)

### 4.1.3 Einheitensystem

Alle Angaben, die sich auf die Leitachse beziehen, werden im Einheitensystem der Leitachse gemacht.

## 4.2 Folgeachse

### 4.2.1 Nutzbare Technologieobjekte

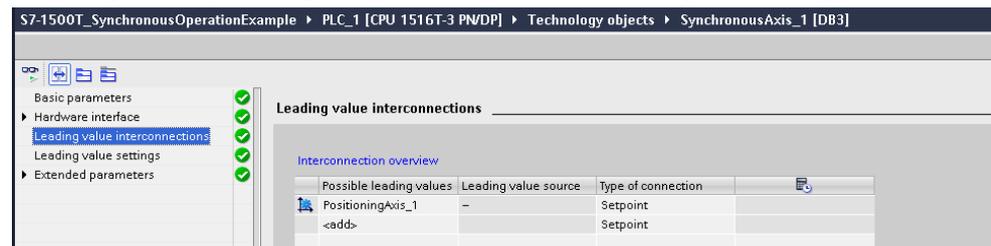
Als Folgeachse kann folgendes Technologieobjekt in der SIMATIC S7-1500(T) verwendet werden:

- Gleichlaufachse "TO\_SynchronousAxis"

### 4.2.2 Leitwertverschaltung

Leit- und Folgeachse können in der SIMATIC S7-1500(T) nur miteinander gekoppelt werden, wenn in den Einstellungen des Technologieobjekts der Folgeachse alle zugelassenen Leitachsen mit den dazugehörigen Leitwerten projiziert sind.

Abbildung 4-2 Projektierung der nutzbaren Leitwert-Verbindungen einer Folgeachse



Folgenden Kopplungsarten können für den Leitwert ausgewählt werden:

- **Sollwertkopplung**  
Als Eingangsgröße für die Gleichlauffunktion wird der in der Steuerung berechnete Sollwert der Leitachse verwendet.  
In der Regel stellt der Sollwert das ruhigere und gleichmäßigere Signal für den Gleichlauf dar. Die Folgeachse führt damit gleichmäßigere Bewegungen aus.
- **Istwertkopplung** (nur SIMATIC S7-1500T)  
Als Eingangsgröße für die Gleichlauffunktion wird der über den Geber der Leitachse ermittelte aktuelle Lageistwert verwendet.  
Gegebenenfalls müssen bei der Istwertkopplung zusätzliche Filter parametrisiert werden, um ein unruhiges bzw. verrauschtes Istwert-Signal zu glätten.

Beachten Sie hierzu die Informationen aus dem Leitfaden für die Filterung und Extrapolation bei Istwertkopplung (siehe [8](#)).

### Hinweis

Wird als Leitachse ein externer Geber genutzt, kann nur die Kopplungsart "Istwertkopplung" ausgewählt werden.

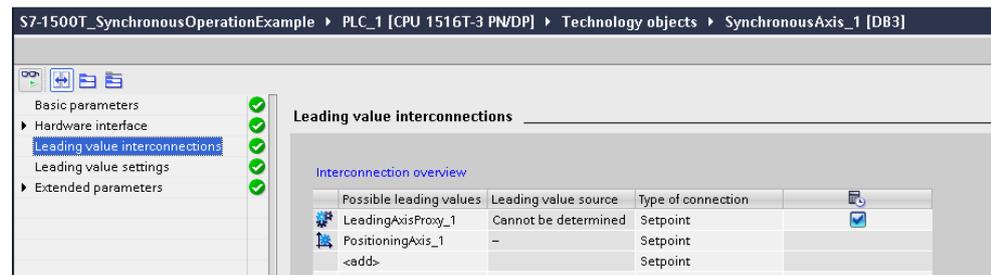
### 4.2.3 Einheitensystem

Alle Angaben, die sich auf die Folgeachse beziehen, werden im Einheitensystem der Folgeachse gemacht.

### 4.2.4 Leitwertverzögerung

Bei einem Leitachsstellvertreter "TO\_LeadingAxisProxy" als Leitwertquelle auf der CPU der Folgeachse eines PLC-übergreifenden Gleichlaufs kann die Verzögerung des lokalen Leitwerts aktiviert werden. Die Verzögerung des lokalen Leitwerts wird benötigt, um Kommunikationslaufzeiten, die beim verteilten Gleichlauf auftreten, auszugleichen.

Abbildung 4-3 Projektierung der nutzbaren Leitwert-Verbindungen mit Leitachsstellvertreter



### Hinweis

Die Verzögerung wird vom System berechnet und muss nur in Sonderfällen manuell angepasst werden.

### Hinweis

Weitere Informationen zur Verzögerung des Leitwerts finden Sie im FAQ "SIMATIC S7-1500T: Einrichtung und Diagnose des PLC-übergreifenden Gleichlaufs" ([10](#)).

## 4.3 Gleichlauffunktionen

Für den **Getriebegleichlauf** wird die gewünschte Getriebeübersetzung direkt an der Motion Control-Anweisung beim Start des Gleichlaufs als Zähler und Nenner des Übersetzungsverhältnisses angegeben.

Der **Kurvenscheibengleichlauf** nutzt für die Kopplung der Folgeachse an die Leitachse ein eigenständiges Technologieobjekt, die Kurvenscheibe "TO\_Cam" oder "TO\_Cam\_10k" (nur SIMATIC S7-1500T).

Im Technologieobjekt "TO\_Cam" kann eine Kurvenscheibe mit bis zu 1000 Stützpunkten konfiguriert werden. Mit dem Technologieobjekt "TO\_Cam\_10k" kann eine

Kurvenscheibe mit bis zu 10.000 Stützpunkten konfiguriert werden. Für beide Technologieobjekt können zusätzlich zu den Stützpunkten noch bis zu 50 Polynomsegmente konfiguriert werden. Die Kurvenscheibe kann losgelöst vom Einsatzzweck definiert werden und auch für mehrere Kurvenscheibengleichläufe genutzt werden.

### 4.4 Bewegungsfunktionen

Werden während eines aktiven Gleichlaufs Bewegungsfunktionen auf die Leit- oder auf die Folgeachse angewendet, haben diese Auswirkungen auf den Gleichlauf.

#### 4.4.1 Basisbewegung und überlagerte Bewegung

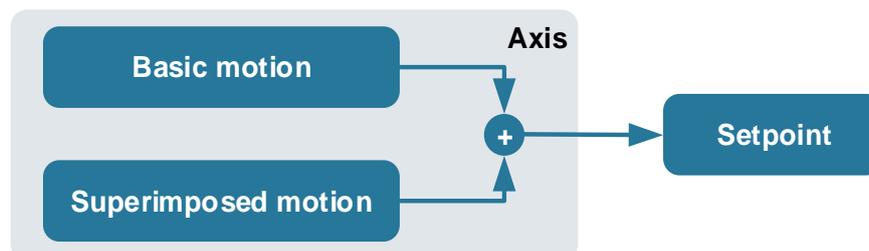
Der Positionssollwert einer Achse wird additiv aus zwei unterschiedlichen Bewegungsfunktionen gebildet:

- **Basisbewegung**  
Basisbewegungen sind Einzelachsbewegungen oder Gleichlaufbewegungen, die die entsprechende Achse direkt beeinflussen. Hierzu zählen alle Motion Control-Anweisungen, die für die direkte Positionierung einer Achse zuständig sind, wie zum Beispiel "MC\_MoveAbsolute", "MC\_MoveRelative", "MC\_Halt".
- **Überlagerte Bewegung**  
Überlagerte Bewegungen sind Bewegungsfunktionen, die zusätzlich zu einer bereits laufenden Basisbewegung gestartet werden können. Sie werden additiv zu der bereits laufenden Basisbewegung hinzugerechnet. Der Sollwert einer Achse wird damit aus der Summe der Basisbewegung und der überlagerten Bewegung gebildet.  
Eine überlagerte Bewegung kann mit der Motion Control-Anweisung "MC\_MoveSuperImposed" gestartet werden.

#### Hinweis

Auch der Stillstand einer Achse kann als Basisbewegung betrachtet werden, d. h. eine überlagerte Bewegung kann auch als alleinige Bewegung einer Achse, ohne aktive Basisbewegung, gestartet werden.

Abbildung 4-4 Basisbewegung und überlagerte Bewegung



#### 4.4.2 Basisbewegung und überlagerte Bewegungen einer Leitachse

Der Positionssollwert einer Achse wird additiv aus der Basisbewegung und der überlagerten Bewegung gebildet. Wird die Achse als Leitachse verwendet, wird genau dieser summierte Sollwert bei einer Sollwertkopplung dem Gleichlauf zur Verfügung gestellt. Damit wirken sich beide Bewegungen an der Leitachse direkt auf den aktiven Gleichlauf aus.

### 4.4.3 Basisbewegungen einer Folgeachse

Wird während eines aktiven Gleichlaufs ein Bewegungsauftrag für eine Basisbewegung der Folgeachse angestoßen, wird der aktive Gleichlauf abgebrochen. Dabei werden die aktuellen Dynamikswerte (Beschleunigung, Verzögerung, Ruck, Geschwindigkeit) auf die Werte des ablösenden Auftrags überführt.

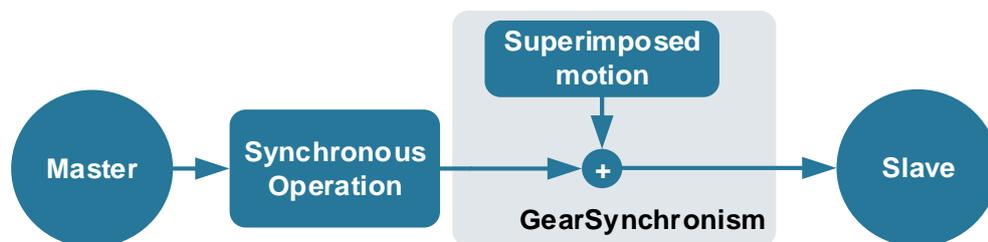
Die Folgeachse führt die beauftragte Basisbewegung aus. Der Gleichlauf mit der Leitachse ist damit beendet.

### 4.4.4 Überlagerte Bewegungen einer Folgeachse

Wird während eines aktiven Gleichlaufs ein Bewegungsauftrag für eine überlagerte Bewegung an der Folgeachse angestoßen, beeinflusst diese Bewegung die Gleichlaufbeziehung zur Leitachse nicht.

Die resultierende Bewegung der Folgeachse ergibt sich in diesem Fall aus der Summe der aktiven Gleichlaufbewegung, die als Basisbewegung gilt, und der überlagerten Bewegung.

Abbildung 4-5 Überlagerte Bewegung für eine Folgeachse



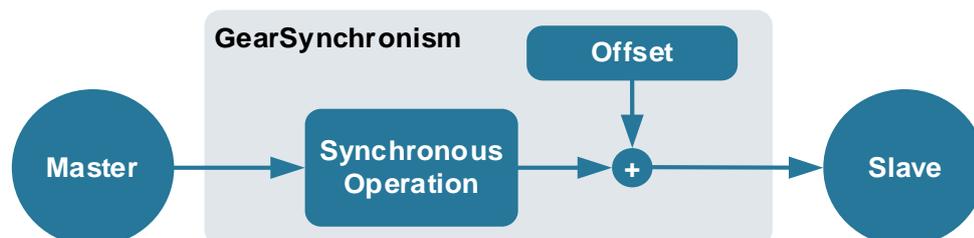
**Hinweis**

Mit Hilfe einer überlagerten Bewegung kann ein Offset auf die Position der Folgeachse realisiert werden, ohne die aktive Gleichlauffunktion zwischen Leit- und Folgeachse zu beeinflussen.

### 4.4.5 Folgewertverschiebung

Ab TIA Portal V17 und CPU-Firmware V2.9 kann beim Getriebegleichlauf und beim Kurvenscheibengleichlauf zusätzlich zu den oben genannten Bewegungsfunktionen eine additive Korrektur (Offset) auf den Positionswert der Folgeachse angewendet werden. Die Folgewertverschiebung wird in der Folgeachse gespeichert und bei einem Gleichlauf zum Positionswert der Folgeachse hinzugerechnet.

Abbildung 4-6 Auswirkungen der Folgewertverschiebung



Zur Einstellung der Folgewertverschiebung stehen in der SIMATIC S7-1500T folgende Motion Control-Anweisungen zur Verfügung. Die Folgeachse führt dabei die entsprechende Ausgleichsbewegung aus.

- "MC\_OffsetAbsolute"  
Einstellung der Folgewertverschiebung absolut auf den an der Motion Control-Anweisung angegebenen Wert.
- "MC\_OffsetRelative"  
Einstellung der Folgewertverschiebung additiv zu der in der Folgeachse bereits hinterlegten Folgewertverschiebung.

Die Leitwertverschiebung wird im Technologieobjekt der Folgeachse in folgendem Parameter gespeichert und angezeigt:

- <SynchronousAxis>.StatusSynchronizedMotion.Offset

Beim Beenden des Gleichlaufs wird die Folgewertverschiebung zurückgesetzt.

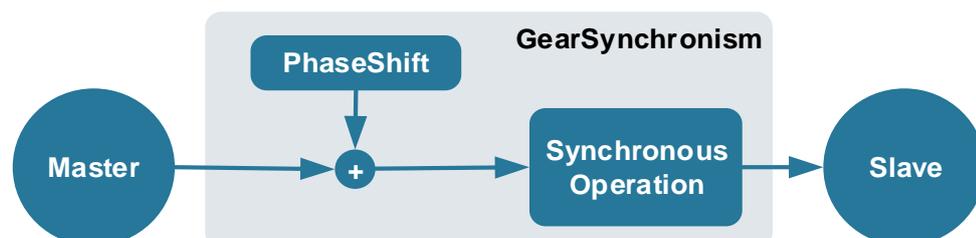
Abbildung 4-7 Parameter der Gleichlaufachse zur Folgewertverschiebung

SynchronousAxis_1									
	Name	Data type	Start value	Monitor value	Retain	Accessible ...	Writa...	Visible in ...	
1	▶ Base	TO_PositioningAxis			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	▶ Input				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	▶ Output				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	▶ InOut				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	▼ Static				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	▶ StatusSynchronizedM...	TO_Struct_StatusS...			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	▶ FunctionState	DInt	0	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	▶ WaitingFunctionSt...	DInt	0	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	▶ PhaseShift	LReal	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	▶ ActualMaster	DB_ANY	0	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	▶ ActualCam	DB_ANY	0	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	▶ MasterOffset	LReal	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	▶ MasterScaling	LReal	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	▶ SlaveOffset	LReal	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	▶ SlaveScaling	LReal	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	▶ Offset	LReal	0.0	100.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17	▶ EffectiveLeadingV...	TO_Struct_Effectiv...			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
18	▶ FunctionLeadingV...	TO_Struct_Functio...			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
19	▶ FunctionFollowing...	TO_Struct_Functio...			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20	▶ StatusWord	DWord	16#0	16#0000_0000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

### 4.4.6 Leitwertverschiebung

Beim Getriebegleichlauf und beim Kurvenscheibengleichlauf (ab TIA Portal V17 und CPU-Firmware V2.9) kann zusätzlich zu den oben genannten Bewegungsfunktionen eine additive Korrektur auf den Leitwert der Leitachse angewendet werden. Die Leitwertverschiebung wird in der Folgeachse gespeichert und bei einem Getriebegleichlauf oder Kurvenscheibengleichlauf zum Leitwert der Leitachse hinzugerechnet.

Abbildung 4-8 Auswirkungen der Leitwertverschiebung



**Hinweis** Der Positionswert der Leitachse wird durch eine Leitwertverschiebung nicht beeinflusst.

**Hinweis** Bei einem Kurvenscheibengleichlauf wirkt die in der Folgeachse gespeicherte Leitwertverschiebung nur ab TIA Portal V17 und CPU-Firmware V2.9. Bei vorherigen TIA-Portal Versionen wirkt die Leitwertverschiebung nur bei einem Getriebegleichlauf und bleibt bei einem Kurvenscheibengleichlauf unberücksichtigt.

Zur Einstellung der Leitwertverschiebung stehen in der SIMATIC S7-1500 folgende Motion Control-Anweisungen zur Verfügung. Die Folgeachse führt dabei die entsprechende Ausgleichsbewegung aus.

- "MC\_PhasingAbsolute"  
Einstellung der Leitwertverschiebung absolut auf den an der Motion Control-Anweisung angegebenen Wert.
- "MC\_PhasingRelative"  
Einstellung der Leitwertverschiebung additiv zu der in der Folgeachse bereits hinterlegten Leitwertverschiebung.

Die Leitwertverschiebung wird im Technologieobjekt der Folgeachse in folgendem Parameter gespeichert und angezeigt:

- <SynchronousAxis>.StatusSynchronizedMotion.PhaseShift

Beim Beenden des Gleichlaufs wird die Leitwertverschiebung zurückgesetzt.

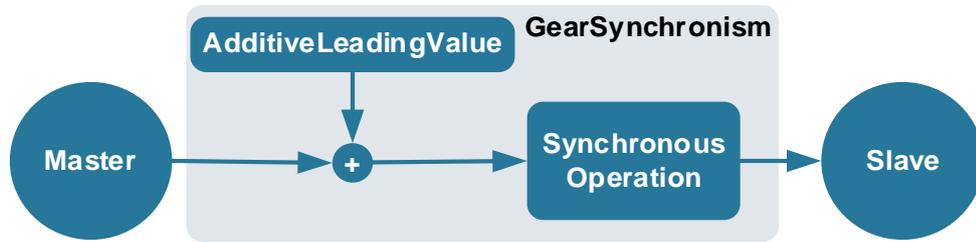
Abbildung 4-9 Parameter der Gleichlaufachse zur Leitwertverschiebung

SynchronousAxis_1									
	Name	Data type	Start value	Monitor value	Retain	Accessible ...	Writa...	Visible in ...	
1	▶ Base	TO_PositioningAxis			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	▶ Input				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	▶ Output				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	▶ InOut				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	▶ Static				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	▶ StatusSynchronizedM...	TO_Struct_StatusS...			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	▶ FunctionState	DInt	0	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	▶ WaitingFunctionSt...	DInt	0	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	▶ PhaseShift	LReal	0.0	100.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	▶ ActualMaster	DB_ANY	0	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	▶ ActualCam	DB_ANY	0	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	▶ MasterOffset	LReal	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	▶ MasterScaling	LReal	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	▶ SlaveOffset	LReal	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	▶ SlaveScaling	LReal	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	▶ Offset	LReal	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17	▶ EffectiveLeadingV...	TO_Struct_Effectiv...			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
18	▶ FunctionLeadingV...	TO_Struct_Functio...			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
19	▶ FunctionFollowing...	TO_Struct_Functio...			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20	▶ StatusWord	DWord	16#0	16#0000_0000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

#### 4.4.7 Additiver Leitwert

Beim Getriebegleichlauf und beim Kurvenscheibengleichlauf kann ab TIA Portal V16 mit CPU-Firmware V2.8 zusätzlich zu den oben genannten Bewegungsfunktionen eine additive Korrektur auf den Leitwert der Leitachse angewendet werden. Der additive Leitwert kann zyklisch aktiviert, geändert oder deaktiviert werden.

Abbildung 4-10 Auswirkungen des additiven Leitwerts



**Hinweis** Der Positionswert der Leitachse wird durch einen additiven Leitwert nicht beeinflusst.

Zur Einstellung des additiven Leitwerts steht in der SIMATIC S7-1500T die Motion Control-Anweisung "MC\_LeadingValueAdditive" zur Verfügung. Bei Aktivieren eines additiven Leitwerts führt die Folgeachse die entsprechende Ausgleichsbewegung durch.

**Hinweis** Der additive Leitwert wird direkt auf den aktiven Leitwert der Folgeachse addiert. Bei einem Sprung des additiven Leitwerts kommt es zu einem Sollwertsprung an der Folgeachse. Ein Sollwertsprung kann zu einer Überschreitung der Dynamikgrenzen der Folgeachse führen.

Wenn ein additiver Leitwert aktiv ist, wird dies über folgenden Parameter angezeigt:

- <SynchronousAxis>.StatusSynchronizedMotion.StatusWord.X4

Abbildung 4-11 Additiver Leitwert aktiv in "StatusSynchronizedMotion.StatusWord"

SynchronousAxis_1									
	Name	Data type	Start value	Monitor value	Retain	Accessible ...	Writa...	Visible in ...	
1	▶ Base	TO_PositioningAxis			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	▶ Input				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	▶ Output				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	▶ InOut				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	▶ Static				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	▶ StatusSynchronizedM...	TO_Struct_StatusS...			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	▶ FunctionState	Dint	0	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	▶ WaitingFunctionSt...	Dint	0	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	▶ PhaseShift	LReal	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	▶ ActualMaster	DB_ANY	0	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	▶ ActualCam	DB_ANY	0	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	▶ MasterOffset	LReal	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	▶ MasterScaling	LReal	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	▶ SlaveOffset	LReal	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	▶ SlaveScaling	LReal	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	▶ Offset	LReal	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17	▶ EffectiveLeadingV...	TO_Struct_Effectiv...			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
18	▶ FunctionLeadingV...	TO_Struct_Functio...			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
19	▶ FunctionFollowing...	TO_Struct_Functio...			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20	▶ StatusWord	DWord	16#0	16#0000_0010	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

## 4.5 Die Kurvenscheibe

Die Kurvenscheibe ist die allgemeinste Art einer Gleichlauffunktion zwischen Leit- und Folgeachse. Die Kurve wird als mathematische Funktion über eine Stützpunkt-tabelle und/oder ein oder mehrere Polynom-Segmente definiert. Zur Eingabe dieser Funktion steht im TIA Portal ein Kurvenscheibeneditor zur Verfügung.

### Hinweis

Eine ausführliche Beschreibung zur Bedienung des Kurvenscheibeneditors finden Sie im FAQ "SIMATIC S7-1500T: Arbeiten mit dem Kurvenscheibeneditor" ([19](#)).

### 4.5.1 Die Kurvenscheibe als eigenständiges Technologieobjekt

Die Kurvenscheibe ist als eigenständiges Technologieobjekt unabhängig von der späteren Anwendung. Eine Kurvenscheibe kann daher auch in mehreren verschiedenen Gleichlaufbeziehungen genutzt werden.

### 4.5.2 Mehrfache Nutzung der Kurvenscheibe

Soll die Kurvenscheibe im Anwenderprogramm mehrfach im Zusammenspiel mit verschiedenen Leit- und Folgeachsen genutzt werden, empfiehlt es sich, die Kurve im Kurvenscheibeneditor in normierter Form zu definieren.

Als Normierung könnten folgende Bedingungen genutzt werden:

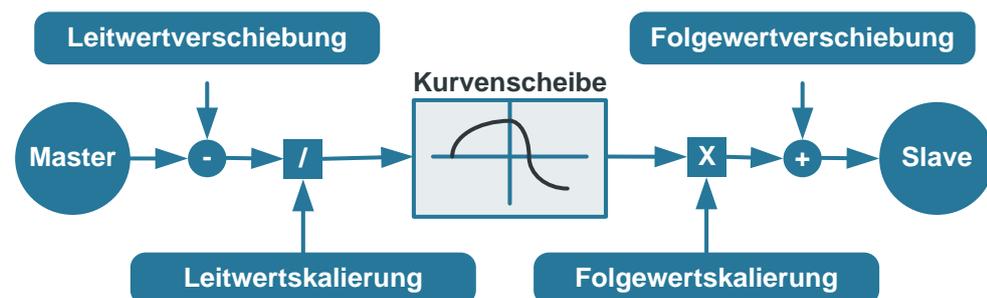
- Die Leitwerte (X-Achse) der Kurvenscheibe bewegen sich im Wertebereich von 0 bis 1.
- Die Folgewerte (Y-Achse) ergeben sich entsprechend der abzubildenden Funktion anhand der Leitwerte in dieser Normierung.

Der Bezug der Kurvenscheibe auf die tatsächliche Nutzung wird erst beim Start des Gleichlaufs über die Motion Control-Anweisung "MC\_CamIn" hergestellt. Über die Eingangsparameter der Funktion wird die Kurvenscheibe durch Verschieben und Skalieren an den entsprechenden Anwendungsfall angepasst. Erst dann ergeben die Leitwerte der Leitachse auch die entsprechenden Folgewerte für die Folgeachse, so dass die gewünschten Achsbewegungen der beiden Achsen zu Stande kommen.

### Hinweis

Die normierte Definition einer Kurvenscheibe bietet auch Vorteile bei der Kurvendefinition zur Laufzeit über mathematische Polynome. Die Koeffizienten des Polynoms können in der Regel einfacher normiert angegeben werden.

Abbildung 4-12 Prinzipieller Ablauf der Verschiebung und Skalierung der Kurvenscheibe



### 4.5.3 Einmalige Nutzung der Kurvenscheibe

Soll die Kurvenscheibe im Anwenderprogramm nur einmalig für einen Gleichlauf zwischen vorbestimmten Leit- und Folgeachsen genutzt werden, kann die Kurvenscheibe im Kurvenscheibeneditor auch direkt für den entsprechenden Anwendungsfall definiert werden. Die Leitwerte der Kurvenscheibe bilden in diesem Fall direkt den Bewegungsbereich der Leitachse ab und die resultierenden Folgewerte entsprechen dann ebenfalls sofort der gewünschten Position der Folgeachse.

Die Verwendung einer solchen Kurvenscheibe kann dann durch Aufruf der Motion Control-Anweisung "MC\_CamIn" mit den Standardwerten für Skalierung (1,0) und Verschiebung (0,0) erfolgen.

#### Hinweis

Die anwendungsbezogene Definition einer Kurvenscheibe kann in der Regel einfacher nachvollzogen werden als die normierte Definition der Kurve.

### 4.6 Gleichlauf in Simulation setzen

Mit der Motion Control-Anweisung "MC\_SynchronizedMotionSimulation" setzen Sie einen aktiven Gleichlauf an einer Folgeachse in Simulation. Damit bleibt ein Gleichlauf beim Sperren der Folgeachse mit "MC\_Power" aktiv. Die Folgeachse muss nach der erneuten Freigabe nicht neu aufsynchronisieren.

Ist während der Simulation eine überlagerte Bewegung an der Folgeachse aktiv, werden die Sollwerte dieser Überlagerung weiterhin an die Achse ausgegeben.

Sollwerte von Bewegungsaufträgen an die Folgeachse, die während der Gleichlaufsimulation gestartet werden, werden an den Antrieb ausgegeben.

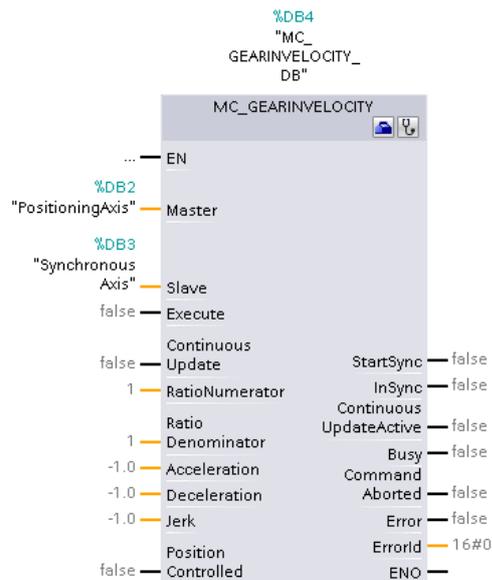
Wenn die Position der Folgeachse beim Beenden der Simulation gegenüber der Position beim Start der Simulation abweicht, führt dies zu einem Sollwertsprung.

# 5 Geschwindigkeitsgleichlauf

## 5.1 Motion Control-Anweisung "MC\_GearInVelocity"

Ein Geschwindigkeitsgleichlauf zwischen einer Leit- und einer Folgeachse kann über folgende Motion Control-Anweisung hergestellt werden. Beim Geschwindigkeitsgleichlauf ergibt sich die Geschwindigkeit der Folgeachse unabhängig von der Position aus der Geschwindigkeit der Leitachse multipliziert mit dem Getriebe-faktor.

Abbildung 5-1 Motion Control-Anweisung "MC\_GearInVelocity"



Folgende Eingangsparameter der Motion Control-Anweisung sind für die Beeinflussung der Gleichlauffunktion relevant.

Tabelle 5-1 Ausgewählte Eingangsparameter

Parameter	Datentyp	Defaultwert	Beschreibung
ContinuousUpdate	BOOL	FALSE	Modus zum Vorgeben des Getriebefaktors <ul style="list-style-type: none"> <li>FALSE: Der Getriebefaktor wird einmalig beim Ausführen der Anweisung vorgegeben und danach nicht mehr aktualisiert.</li> <li>TRUE: Der Getriebefaktor kann während des Gleichlaufs an der Motion Control-Anweisung geändert werden.</li> </ul>
RatioNumerator	DINT	1	Getriebefaktor Zähler Beispielsweise die Zähnezah des Zahnrades auf der Antriebswelle.
RatioDenominator	DINT	1	Getriebefaktor Nenner Beispielsweise die Zähnezah des Zahnrades auf der Abtriebswelle.

Parameter	Datentyp	Defaultwert	Beschreibung
Acceleration	LREAL	-1,0	Beschleunigung als Dynamikparameter für den Aufsynchronisierungsvorgang.
Deceleration	LREAL	-1,0	Verzögerung als Dynamikparameter für den Aufsynchronisierungsvorgang.
Jerk	LREAL	-1,0	Ruck als Dynamikparameter für den Aufsynchronisierungsvorgang.
PositionControlled	BOOL	FALSE	Lageregelung der Folgeachse <ul style="list-style-type: none"> <li>FALSE: Die Folgeachse fährt während des Gleichlaufs nicht im lagegeregelten Betrieb</li> <li>TRUE: Die Folgeachse fährt während des Gleichlaufs im lagegeregelten Betrieb</li> </ul>

**Hinweis**

Während eines aktiven Geschwindigkeitsgleichlaufs wird die Folgeachse nur auf die maximale Drehzahl des Antriebs begrenzt. Stellen Sie sicher, dass bei "ContinuousUpdate" = TRUE durch die Änderung des Getriebefaktors die Dynamikgrenzen der Folgeachse nicht überschritten werden.

**Hinweis**

Wird die Folgeachse nicht lagegeregelt verfahren ("PositionControlled" = FALSE), sind die im Technologieobjekt konfigurierten Positionsüberwachungen nicht aktiv und in der Sollposition <TO>.Position des Technologieobjekts wird die Sollposition "0" angezeigt.

Eine überlagerte Bewegung der Folgeachse, beispielsweise mit "MC\_MoveSuperimposed" ist nur im lagegeregelten Betrieb ("PositionControlled" = TRUE) möglich.

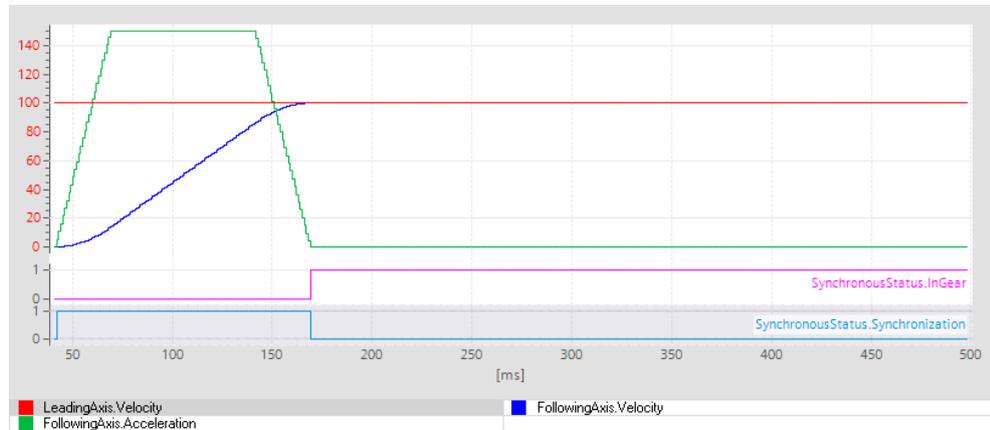
## 5.2 Getriebefaktor

Der Getriebefaktor wird als Verhältnis von zwei ganzen Zahlen an der Motion Control-Anweisung angegeben:

$$\text{Getriebefaktor} = \frac{\text{RatioNumer ator}}{\text{RatioDenom inator}}$$

### Getriebefaktor 1:1

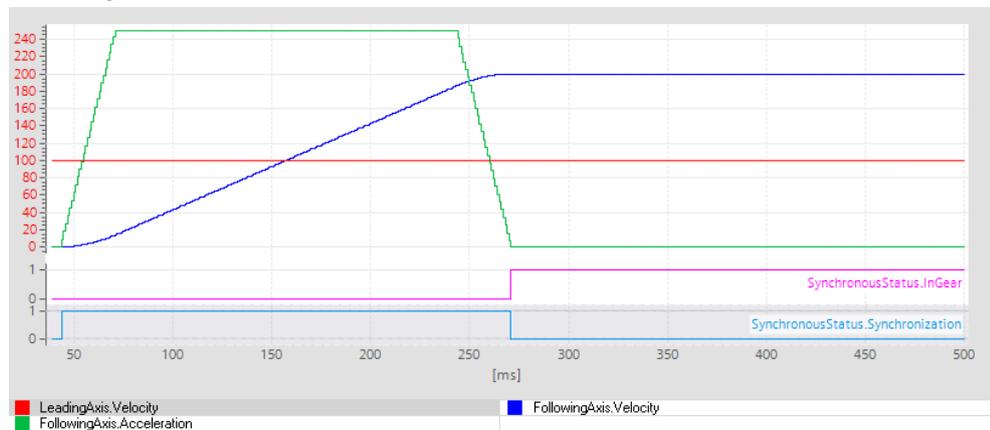
Abbildung 5-2 Getriebefaktor 1:1



Die Leit- und die Folgeachse bewegen sich geschwindigkeitsgleich im Verhältnis 1:1 zueinander.

### Getriebefaktor 2:1

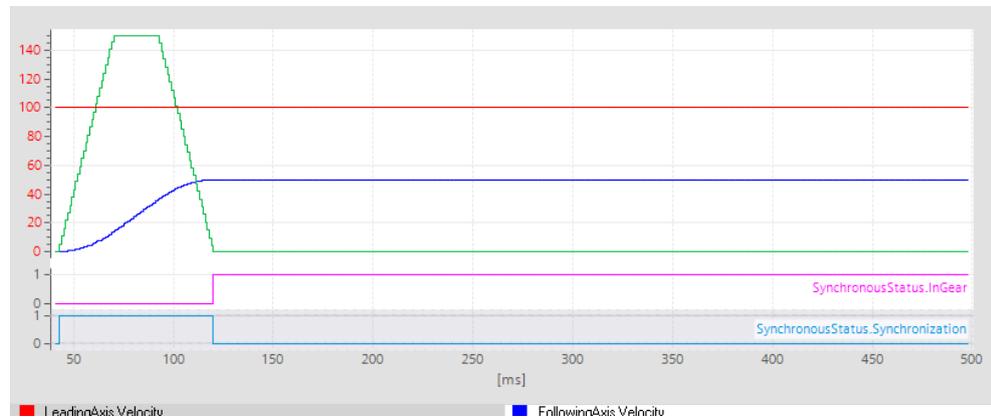
Abbildung 5-3 Getriebefaktor 2:1



Die Leitachse bewegt sich langsamer als die Folgeachse im Verhältnis 2:1 (Übersetzung).

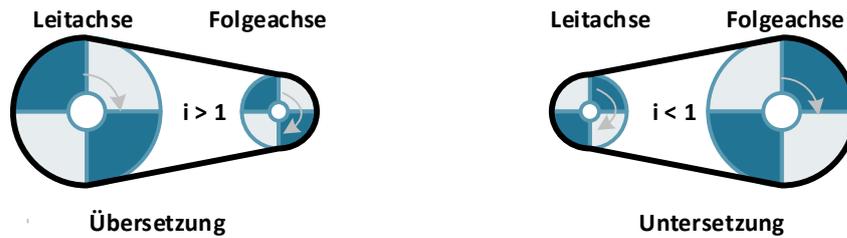
**Getriebefaktor 1:2**

Abbildung 5-4 Getriebefaktor 1:2



Die Leitachse bewegt sich schneller als die Folgeachse im Verhältnis 1:2 (Untersetzung).

Abbildung 5-5 Getriebegleichlauf mit Über- bzw. Untersetzung



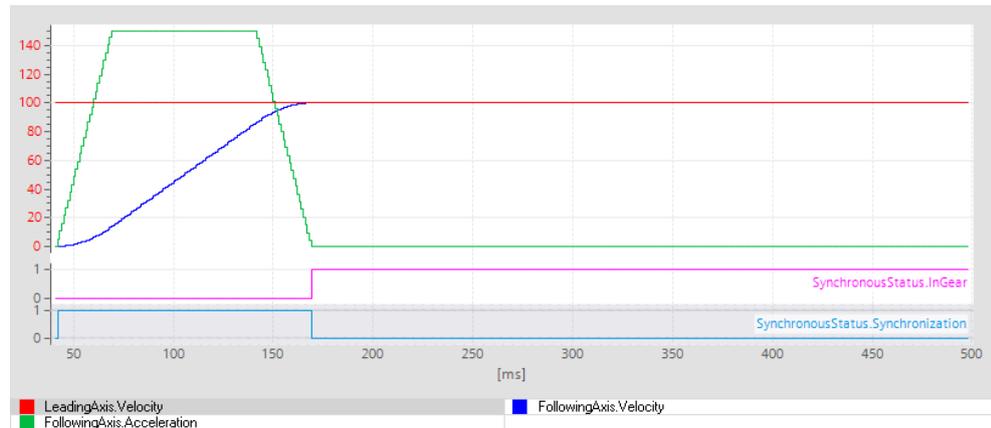
**Vorzeichen des Getriebefaktors**

Über das Vorzeichen des Getriebefaktors kann die Bewegungsrichtung der Folgeachse in Bezug auf die Leitachse beeinflusst werden:

- Positiver Getriebefaktor:  
Leit- und Folgeachse bewegen sich jeweils in der gleichen Richtung.
- Negativer Getriebefaktor:  
Leit- und Folgeachse bewegen sich jeweils in entgegengesetzter Richtung.

**Getriebefaktor mit positivem Vorzeichen – gleiche Drehrichtung**

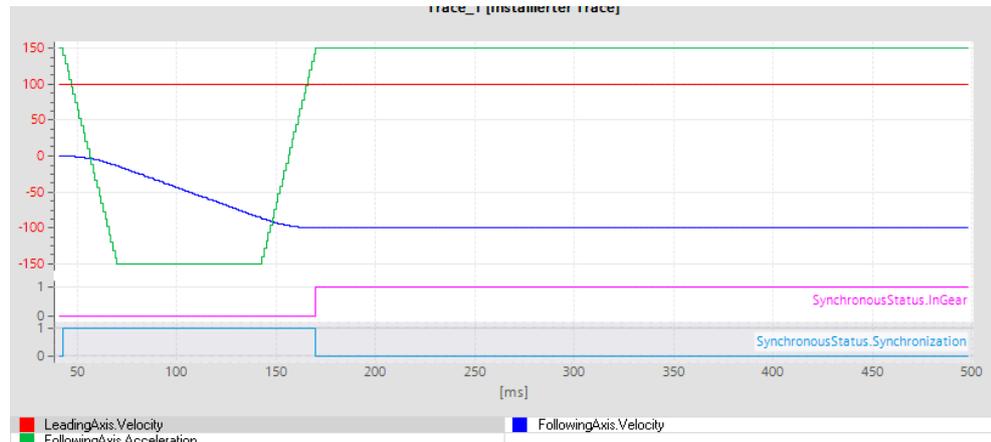
Abbildung 5-6 Getriebefaktor 1:1 – Gleiche Drehrichtung der Achsen



Die Achsen bewegen sich beide in die gleiche Richtung. Das Vorzeichen der Geschwindigkeit ist bei beiden Achsen gleich.

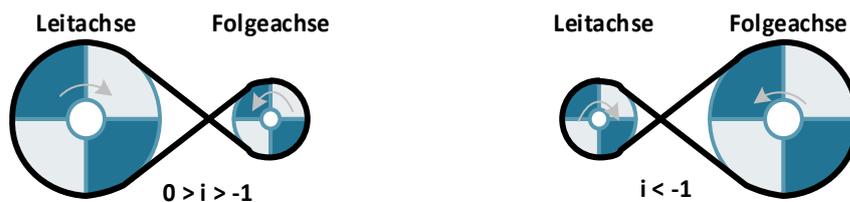
**Getriebefaktor mit negativem Vorzeichen – entgegengesetzte Drehrichtung**

Abbildung 5-7 Getriebefaktor -1:1 – Entgegengesetzte Drehrichtung der Achsen



Die Achsen bewegen sich in entgegengesetzte Richtungen. Die Vorzeichen der Geschwindigkeit ist bei der Leitachse positiv und bei der Folgeachse negativ.

Abbildung 5-8 Getriebegleichlauf mit negativem Getriebefaktor



### 5.3 Dynamikparameter

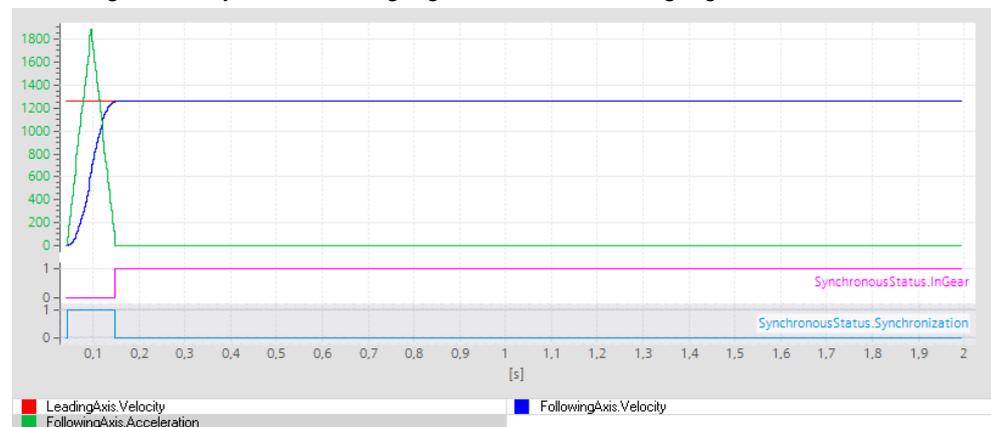
Über die Dynamikparameter Beschleunigung, Verzögerung und Ruck wird das Verhalten der Folgeachse während des Aufsynchronisiervorgangs festgelegt.

Der Aufsynchronisiervorgang wird beim Geschwindigkeitsgleichlauf sofort mit einer steigenden Flanke am Eingangsparameter "Execute" gestartet. Die Folgeachse wird mit den eingestellten Dynamikparametern auf die Leitachse aufsynchronisiert.

In den folgenden Grafiken ist der Aufsynchronisiervorgang einer Folgeachse auf die Leitachse mit unterschiedlichen Einstellungen der Beschleunigung dargestellt.

#### Aufsynchronisiervorgang mit hoher Beschleunigung

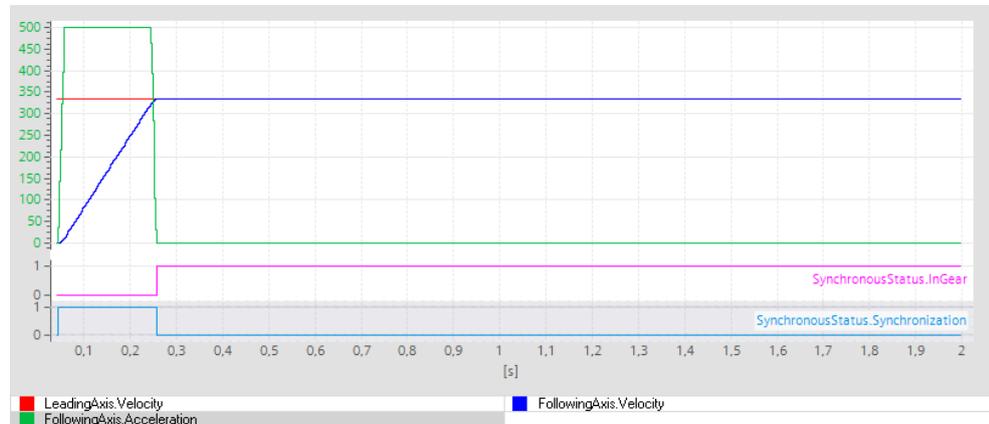
Abbildung 5-9 Aufsynchronisiervorgang mit einer Beschleunigung von 2000 mm/s<sup>2</sup>



Der Aufsynchronisiervorgang der Folgeachse auf die Leitachse findet mit relativ kurzem Anstieg der Beschleunigung der Folgeachse auf die Geschwindigkeit der Leitachse statt.

### Aufsynchronisiervorgang mit mittlerer Beschleunigung

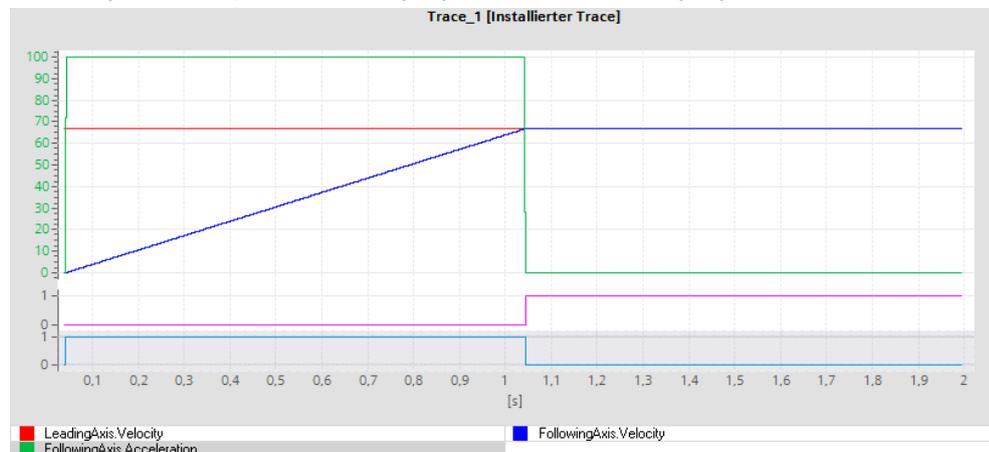
Abbildung 5-10 Aufsynchronisiervorgang mit einer Beschleunigung von 500 mm/s<sup>2</sup>



Durch die Reduzierung der Beschleunigung der Folgeachse benötigt die Angleichung der Folgeachsgeschwindigkeit an die Geschwindigkeit der Leitachse etwas länger.

### Aufsynchronisiervorgang mit niedriger Beschleunigung

Abbildung 5-11 Aufsynchronisiervorgang mit einer Beschleunigung von 100 mm/s<sup>2</sup>



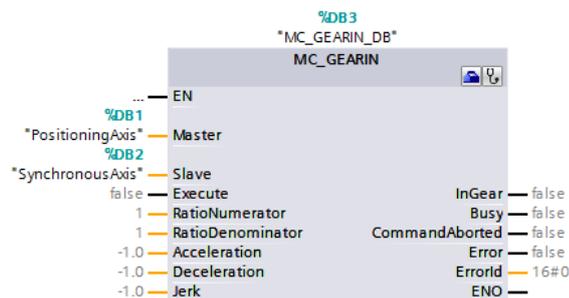
In dieser Bewegungsaufzeichnung wurde die Beschleunigung der Folgeachse weiter reduziert. Dadurch können die Auswirkungen während des Aufsynchronisiervorgangs nochmals besser beobachtet werden, da die Geschwindigkeit der Folgeachse noch langsamer steigt, bis sie die Geschwindigkeit der Leitachse erreicht.

# 6 Getriebegleichlauf ohne Synchronposition

## 6.1 Motion Control-Anweisung "MC\_GearIn"

Ein Getriebegleichlauf zwischen einer Leit- und einer Folgeachse ohne Synchronposition kann über folgende Motion Control-Anweisung hergestellt werden. Beim Getriebegleichlauf ohne Synchronposition wird die Position der Folgeachse anhand der Position der Leitachse und des Getriebefaktors errechnet. Die Folgeachse folgt also der Position der Leitachse. Eine Vorgabe der Position ist aber nicht möglich.

Abbildung 6-1 Motion Control-Anweisung "MC\_GearIn"



Folgende Eingangsparameter der Motion Control-Anweisung sind für die Beeinflussung der Gleichlauffunktion relevant.

Tabelle 6-1 Ausgewählte Eingangsparameter

Parameter	Datentyp	Defaultwert	Beschreibung
RatioNumerator	DINT	1	Getriebefaktor Zähler Beispielsweise die Zähnezahle des Zahnrades auf der Antriebswelle.
RatioDenominator	DINT	1	Getriebefaktor Nenner Beispielsweise die Zähnezahle des Zahnrades auf der Abtriebswelle.
Acceleration	LREAL	-1,0	Beschleunigung als Dynamikparameter für den Aufsynchronisierungsvorgang.
Deceleration	LREAL	-1,0	Verzögerung als Dynamikparameter für den Aufsynchronisierungsvorgang.
Jerk	LREAL	-1,0	Ruck als Dynamikparameter für den Aufsynchronisierungsvorgang.

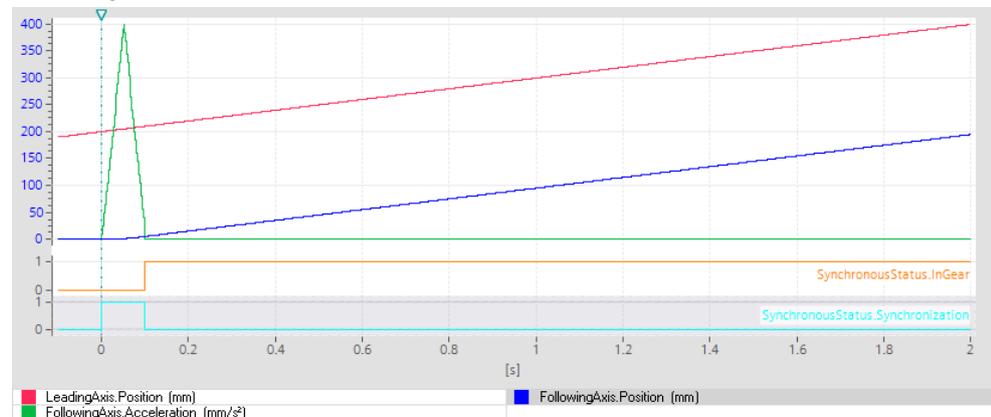
## 6.2 Getriebefaktor

Der Getriebefaktor wird als Verhältnis von zwei ganzen Zahlen an der Motion Control-Anweisung angegeben:

$$\text{Getriebefaktor} = \frac{\text{RatioNumerator}}{\text{RatioDenominator}}$$

### Getriebefaktor 1:1

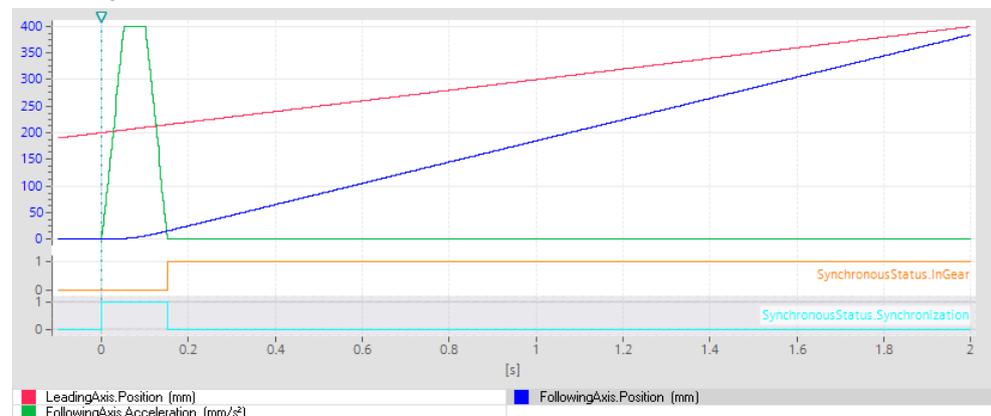
Abbildung 6-2 Getriebefaktor 1:1



Die Leit- und die Folgeachse bewegen sich geschwindigkeitsgleich im Verhältnis 1:1 zueinander mit einem durch den Aufsynchronisiervorgang bedingten, sich über die Dynamikparameter einstellenden, Versatz.

### Getriebefaktor 2:1

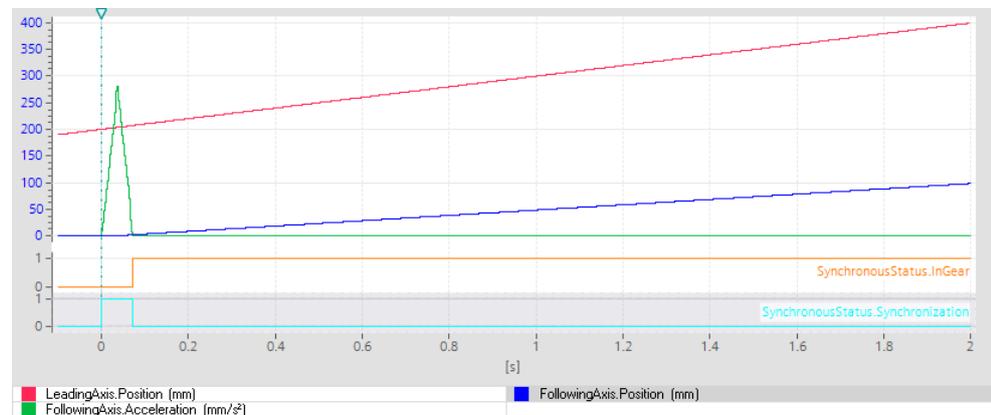
Abbildung 6-3 Getriebefaktor 2:1



Die Leitachse bewegt sich langsamer als die Folgeachse im Verhältnis 2:1. Der Versatz der Achsen zueinander ist bedingt durch den Aufsynchronisiervorgang bei der Kopplung, der sich über die angegebenen Dynamikparameter und abhängig vom Startpunkt einstellt.

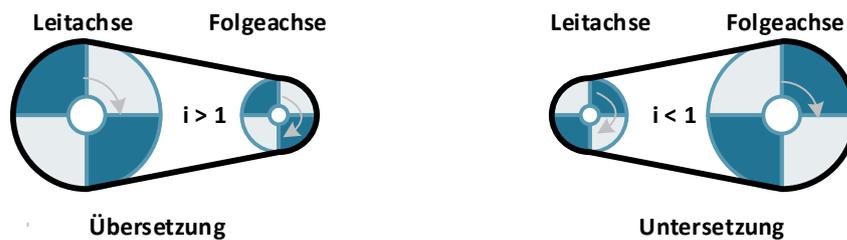
## Getriebefaktor 1:2

Abbildung 6-4 Getriebefaktor 1:2



Die Leitachse bewegt sich schneller als die Folgeachse im Verhältnis 1:2. Der Versatz der Achsen zueinander ist bedingt durch den Aufsynchronisiervorgang bei der Kopplung, der sich über die angegebenen Dynamikparameter einstellt.

Abbildung 6-5 Getriebegleichlauf mit Über- bzw. Untersetzung



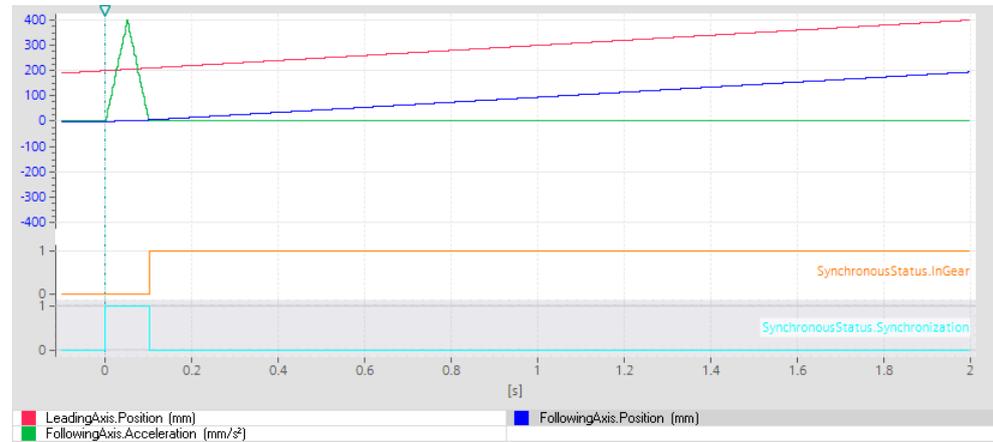
## Vorzeichen des Getriebefaktors

Über das Vorzeichen des Getriebefaktors kann die Bewegungsrichtung der Folgeachse in Bezug auf die Leitachse beeinflusst werden:

- Positiver Getriebefaktor:  
Leit- und Folgeachse bewegen sich jeweils in der gleichen Richtung.
- Negativer Getriebefaktor:  
Leit- und Folgeachse bewegen sich jeweils in entgegengesetzter Richtung.

**Getriebefaktor mit positivem Vorzeichen – gleiche Drehrichtung**

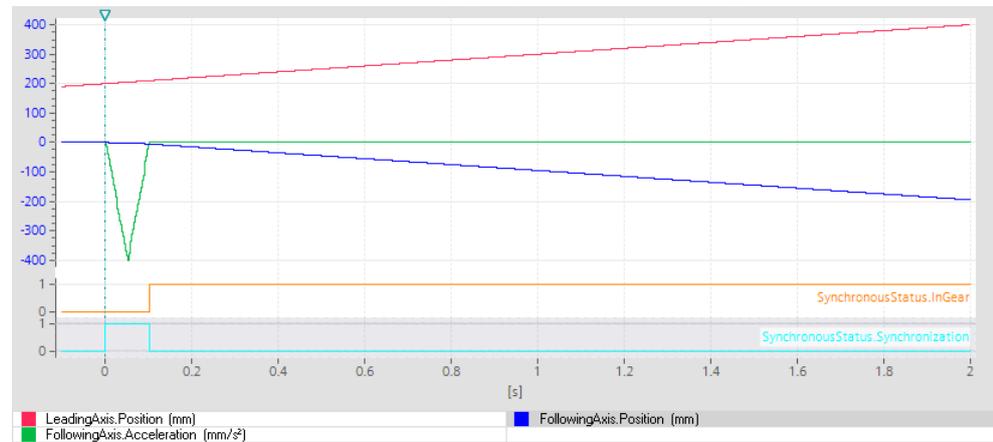
Abbildung 6-6 Getriebefaktor 1:1 – Gleiche Drehrichtung der Achsen



Die Position der Leit- und der Folgeachse steigen beide im Verhältnis 1:1 zueinander an.

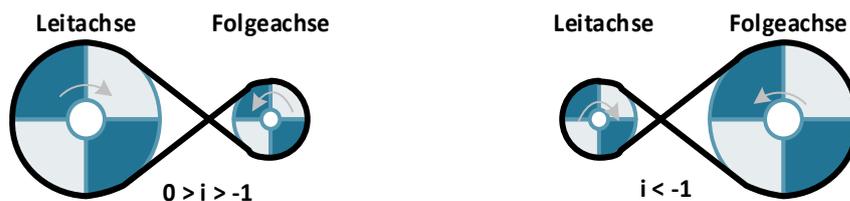
**Getriebefaktor mit negativem Vorzeichen – entgegengesetzte Drehrichtung**

Abbildung 6-7 Getriebefaktor -1:1 – Entgegengesetzte Drehrichtung der Achsen



Die Position der Leitachse steigt an, während die Position der Folgeachse im gleichen Verhältnis fällt, was durch das negative Vorzeichen des Getriebefaktors von -1:1 bedingt ist.

Abbildung 6-8 Getriebegleichlauf mit negativem Getriebefaktor



## 6.3 Dynamikparameter

Über die Dynamikparameter Beschleunigung, Verzögerung und Ruck wird das Verhalten der Folgeachse während des Aufsynchronisiervorgangs festgelegt.

Der Aufsynchronisiervorgang wird beim Getriebegleichlauf ohne Synchronposition sofort mit einer steigenden Flanke am Eingangsparameter "Execute" gestartet. Die Folgeachse wird mit den eingestellten Dynamikparametern auf die Leitachse auf-synchronisiert. Der Synchronpunkt zwischen Leit- und Folgeachse ergibt sich aus dem resultierenden Aufsynchronisiervorgang.

### Hinweis

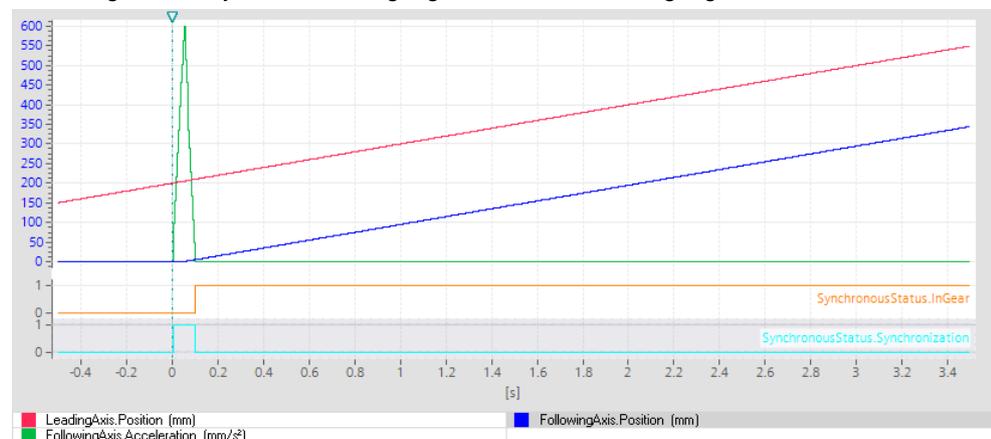
Die Vorgaben der Dynamikparameter wirken sich beim Getriebegleichlauf ohne Synchronposition direkt auf den resultierenden Positionsversatz der beiden Achsen zueinander aus.

Eine definierte Einstellung des Positionsversatzes zwischen Leit- und Folgeachse am Ende des Aufsynchronisiervorgangs ist bei dieser Gleichlaufart nicht möglich.

In den folgenden Grafiken ist der Aufsynchronisiervorgang einer Folgeachse auf die Leitachse mit unterschiedlichen Einstellungen der Beschleunigung dargestellt.

### Aufsynchronisiervorgang mit hoher Beschleunigung

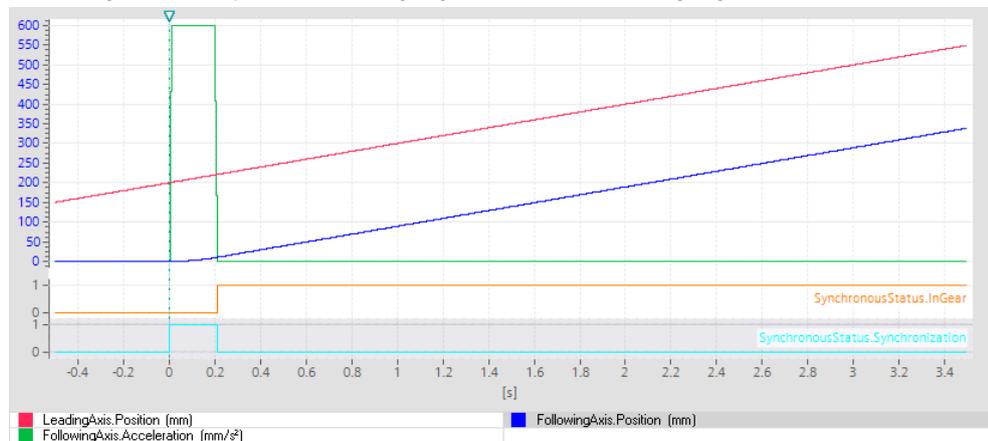
Abbildung 6-9 Aufsynchronisiervorgang mit einer Beschleunigung von 2000 mm/s<sup>2</sup>



Der Aufsynchronisiervorgang der Folgeachse auf die Leitachse findet mit relativ kurzem Anstieg der Beschleunigung der Folgeachse auf die Geschwindigkeit der Leitachse statt.

### Aufsynchronisiervorgang mit mittlerer Beschleunigung

Abbildung 6-10 Aufsynchronisiervorgang mit einer Beschleunigung von 500 mm/s<sup>2</sup>

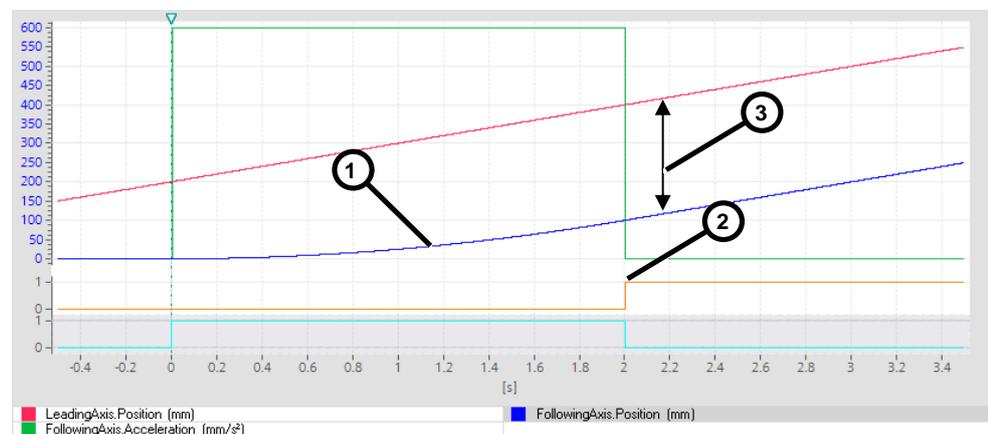


Durch die Reduzierung der Beschleunigung der Folgeachse benötigt die Angleichung der Folgeachsgeschwindigkeit an die Geschwindigkeit der Leitachse etwas länger.

Durch die längere Dauer des Aufsynchronisiervorgangs stellt sich zwischen Leit- und Folgeachse auch ein größerer Positionsversatz der beiden relativen Bewegungen zueinander ein.

### Aufsynchronisiervorgang mit niedriger Beschleunigung

Abbildung 6-11 Aufsynchronisiervorgang mit einer Beschleunigung von 50 mm/s<sup>2</sup>



In dieser Bewegungsaufzeichnung wurde die Beschleunigung der Folgeachse nochmals deutlich reduziert. Dadurch können die Auswirkungen während des Aufsynchronisiervorgangs nochmals besser beobachtet werden:

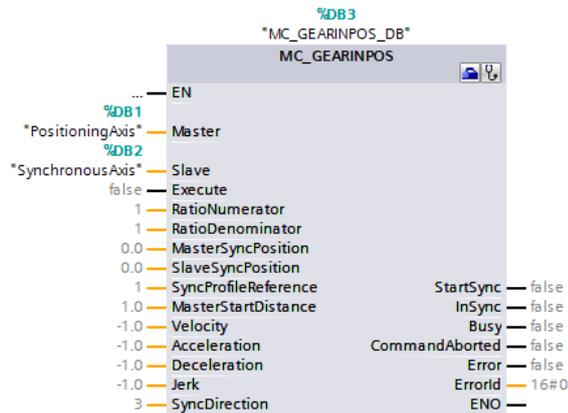
- Der Positionsanstieg (1) der Folgeachse fällt deutlich geringer aus.
- Der Synchronpunkt (2) der beiden Achsen wird deutlich später erreicht.
- Der resultierende Positionsunterschied (3) der beiden Achsen zueinander fällt durch die längere Dauer des Aufsynchronisiervorgangs auch deutlich größer aus.

# 7 Getriebegleichlauf mit Synchronposition

## 7.1 Motion Control-Anweisung "MC\_GearInPos"

Ein Getriebegleichlauf mit Synchronposition zwischen einer Leit- und einer Folgeachse kann über folgende Motion Control-Anweisung hergestellt werden.

Abbildung 7-1 Motion Control-Anweisung "MC\_GearInPos"



Folgende Eingangsparameter der Motion Control-Anweisung sind für die Beeinflussung der Gleichlauffunktion relevant.

Tabelle 7-1 Ausgewählte Eingangsparameter

Parameter	Datentyp	Defaultwert	Beschreibung
RatioNumerator	DINT	1	Getriebefaktor Zähler Beispielsweise die Zähnezah der Zahnrad auf der Antriebswelle.
RatioDenominator	DINT	1	Getriebefaktor Nenner Beispielsweise die Zähnezah der Zahnrad auf der Abtriebswelle.
MasterSyncPosition	LREAL	0,0	Synchronposition der Leitachse am Synchronpunkt im Koordinatensystem der Leitachse.
SlaveSyncPosition	LREAL	0,0	Synchronposition der Folgeachse am Synchronpunkt im Koordinatensystem der Folgeachse.
SyncProfileReference	DINT	1	Art des Aufsynchronisierens <ul style="list-style-type: none"> <li>0: Aufsynchronisieren über Dynamikparameter</li> <li>1: Vorlaufendes Aufsynchronisieren über Leitwertweg</li> <li>3: Nachlaufendes Aufsynchronisieren über Leitwertweg</li> </ul>

Parameter	Datentyp	Defaultwert	Beschreibung
MasterStartDistance	LREAL	1,0	Leitwertweg Der Aufsynchronisiervorgang wird gestartet, wenn sich die Leitachse um den Leitwertweg vor der Synchronposition der Leitachse befindet.
Velocity	LREAL	-1,0	Geschwindigkeit als Dynamikparameter für den Aufsynchronisiervorgang. Der Start des Aufsynchronisiervorgangs wird über die Dynamikparameter der Folgeachse durch die Motion Control-Anweisung berechnet, so dass diese die vorgegebene Synchronposition der Folgeachse mit der vorgegebenen Dynamik erreicht, wenn auch die Leitachse die angegebene Synchronposition erreicht.
Acceleration	LREAL	-1,0	Beschleunigung als Dynamikparameter für den Aufsynchronisiervorgang.
Deceleration	LREAL	-1,0	Verzögerung als Dynamikparameter für den Aufsynchronisiervorgang.
Jerk	LREAL	-1,0	Ruck als Dynamikparameter für den Aufsynchronisiervorgang.
SyncDirection	DINT	3	Richtung des Aufsynchronisierens bei aktivierter Modulo-Einstellung der Folgeachse: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1: Positive Richtung</li> <li>• 2: Negative Richtung</li> <li>• 3: Kürzester Weg</li> </ul>

## 7.2 Getriebefaktor

Der Getriebefaktor des Getriebegleichlaufs verhält sich identisch zu dem in Kapitel [6.2](#) beschriebenen Getriebefaktor des Getriebegleichlaufs ohne Synchronposition.

## 7.3 Synchronposition

### Vorlaufendes Aufsynchronisieren ("SyncProfileReference" = 1 oder 0)

Über die Synchronposition "MasterSyncPosition" wird die Position der Leitachse im Koordinatensystem der Leitachse definiert, ab der Folge- und Leitachse sich synchron, d.h. im Gleichlauf, zueinander bewegen sollen. Die entsprechende Position der Folgeachse im Koordinatensystem der Folgeachse wird über "SlaveSyncPosition" definiert. Beim Aufsynchronisieren mit Synchronposition müssen stets beide Positionen angegeben werden.

Beim Aufsynchronisieren über Dynamikparameter ("SyncProfileReference" = 0) wird die Position der Leitachse, ab dem der Aufsynchronisiervorgang gestartet wird, anhand der an der Motion Control-Anweisung angegebenen Dynamikparameter für die Folgeachse vom System berechnet.

Beim vorlaufenden Aufsynchronisieren über Leitwertweg ("SyncProfileReference" = 1) wird der Punkt, ab dem der Aufsynchronisiervorgang gestartet wird, vom System anhand der Distanz "MasterStartDistance", die die Leitachse während des Aufsynchronisierens zurücklegt, berechnet. Der Aufsynchronisiervorgang der Leit- und der Folgeachse wird anhand der vorgegebenen Positionen so berechnet, dass beide Achsen die gegebenen Positionen gleichzeitig erreichen. Ab diesem Zeitpunkt befinden sich Leit- und Folgeachse im Gleichlauf. Die Folgeachse folgt den Positionsänderungen der Leitachse.

### Nachlaufendes Aufsynchronisieren ("SyncProfileReference" = 3)

Über die Synchronposition "MasterSyncPosition" wird die Position der Leitachse im Koordinatensystem der Leitachse definiert, ab der Folge- und Leitachse mit dem Aufsynchronisieren beginnen sollen. Die Position der Folgeachse im Koordinatensystem der Folgeachse, zu der der Synchronisiervorgang abgeschlossen sein soll, wird über "SlaveSyncPosition" definiert. Beim Aufsynchronisieren mit Synchronposition müssen stets beide Positionen angegeben werden.

Die Dauer des Aufsynchronisierens wird über den Weg, den die Leitachse während des Aufsynchronisiervorgangs zurücklegt, am Parameter "MasterStartDistance" definiert.

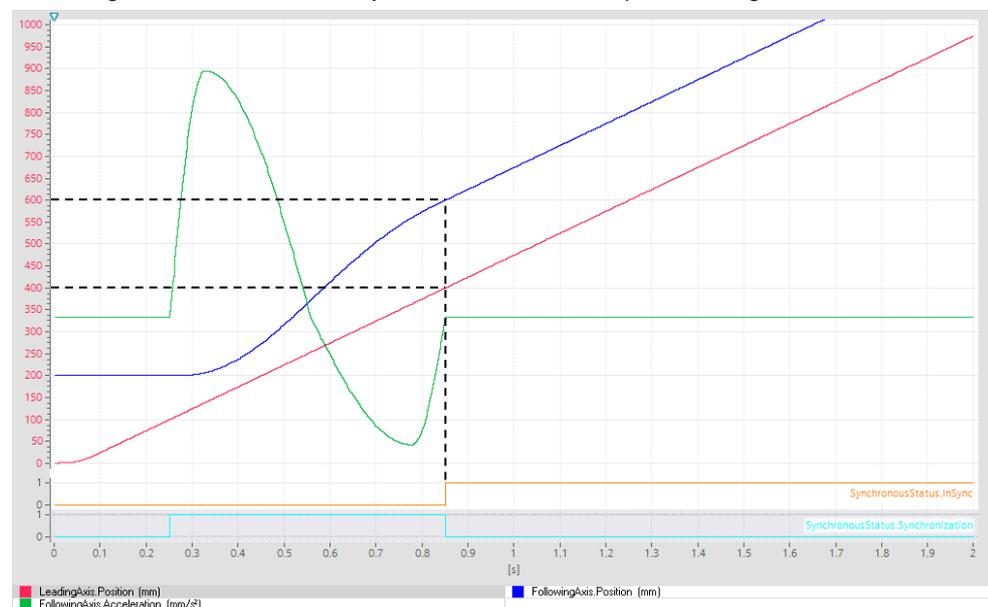
In den folgenden Grafiken ist der Aufsynchronisiervorgang einer Folgeachse auf die Leitachse mit unterschiedlichen Synchronpositionen der Folgeachse vor- und nachlaufend dargestellt.

### Unterschiedliche Synchronpositionen für Leit- und Folgeachse

Für die nachfolgende Grafiken wurden folgende Positionswerte gewählt:

- Leitwertweg: 300 mm
- Synchronposition Leitachse: 400 mm
- Synchronposition Folgeachse: 600 mm

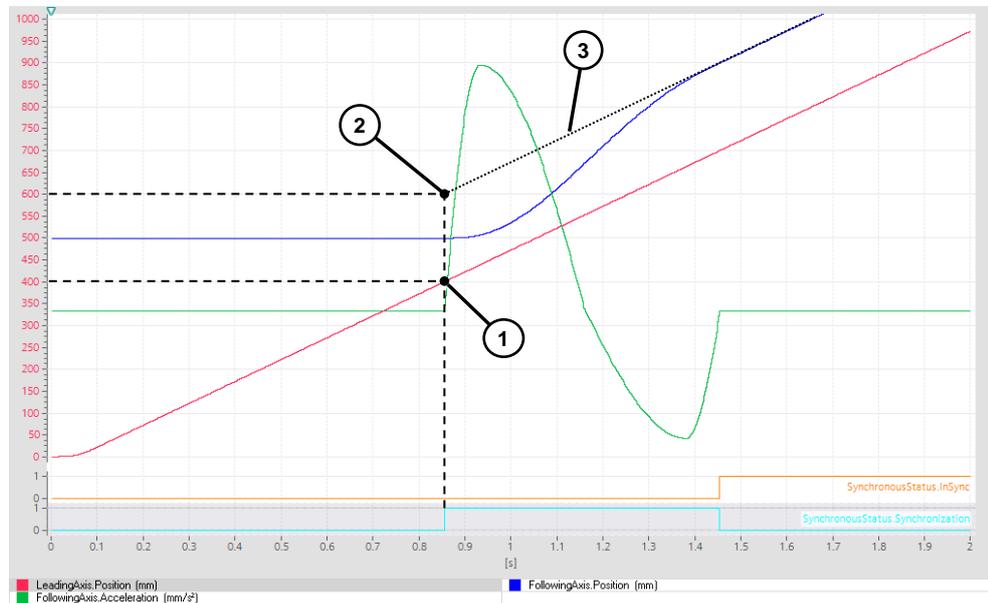
Abbildung 7-2 Vorlaufendes Aufsynchronisieren mit Startposition Folgeachse = 200mm



Die Folgeachse beginnt mit dem Aufsynchronisieren, wenn die Distanz der Leitachse zur Synchronposition der Leitachse dem Leitwertweg entspricht. Der Aufsynchronisiervorgang ist abgeschlossen, wenn die Leitachse die Synchron-

position der Leitachse erreicht. Die Folgeachse befindet sich zu diesem Zeitpunkt an der Synchronposition der Folgeachse.

Abbildung 7-3 Nachlaufendes Aufsynchronisieren mit Startposition Folgeachse = 200mm



Wenn die Leitachse ihre Synchronposition (1) erreicht, beginnt die Folgeachse mit dem Aufsynchronisieren auf die Kurve (3), die sich aus dem Getriebefaktor und der Synchronposition der Folgeachse (2) ergibt.

### Gleiche Synchronposition für Leit- und Folgeachse

Für die nachfolgende Grafiken wurden folgende Positionswerte gewählt:

- Leitwertweg: 300
- Synchronposition Leitachse: 400
- Synchronposition Folgeachse: 400

Abbildung 7-4 Vorlaufendes Aufsynchronisieren mit Startposition Folgeachse = 200mm

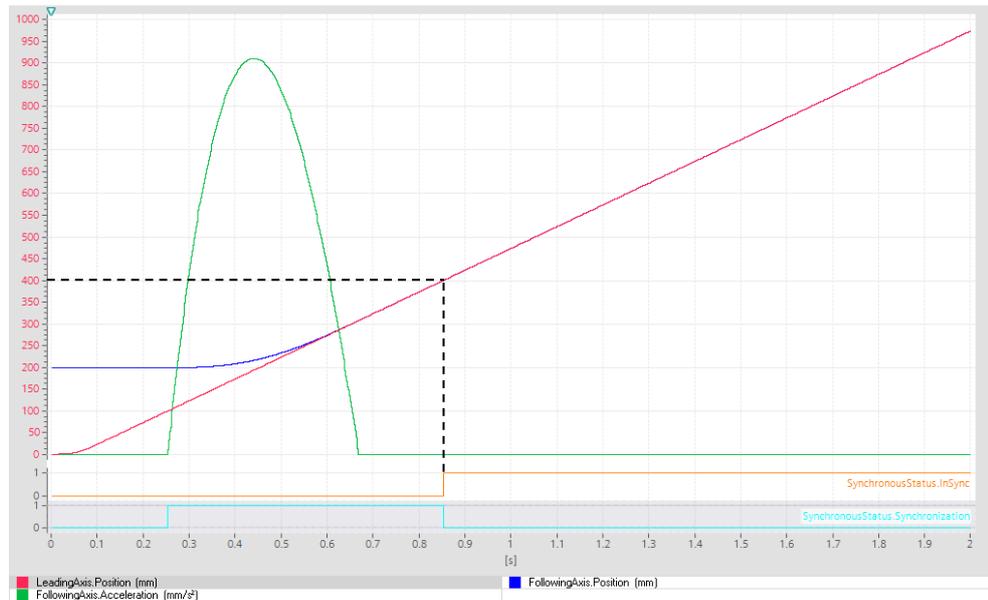
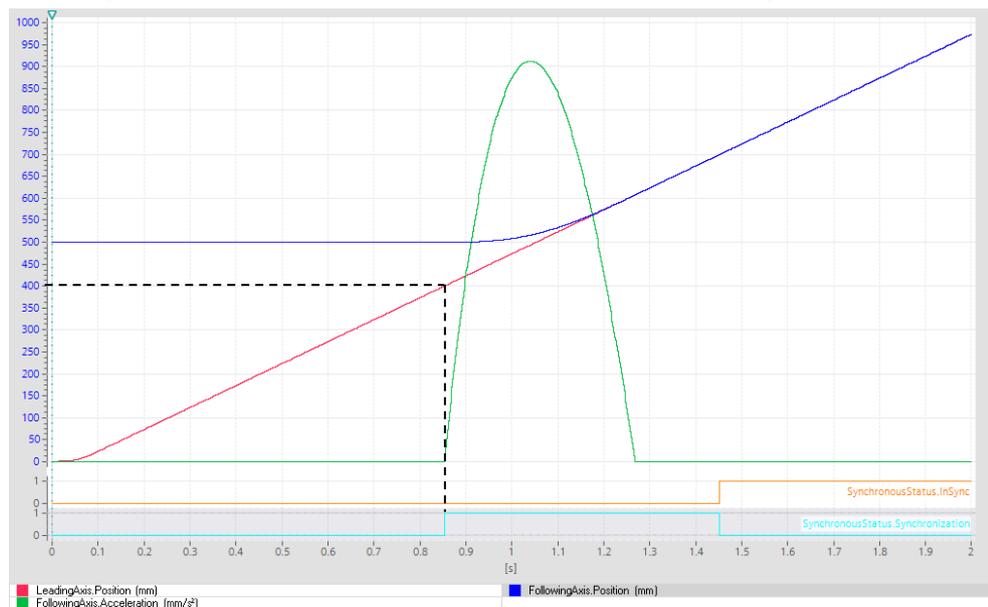


Abbildung 7-5 Nachlaufendes Aufsynchronisieren mit Startposition Folgeachse = 500mm

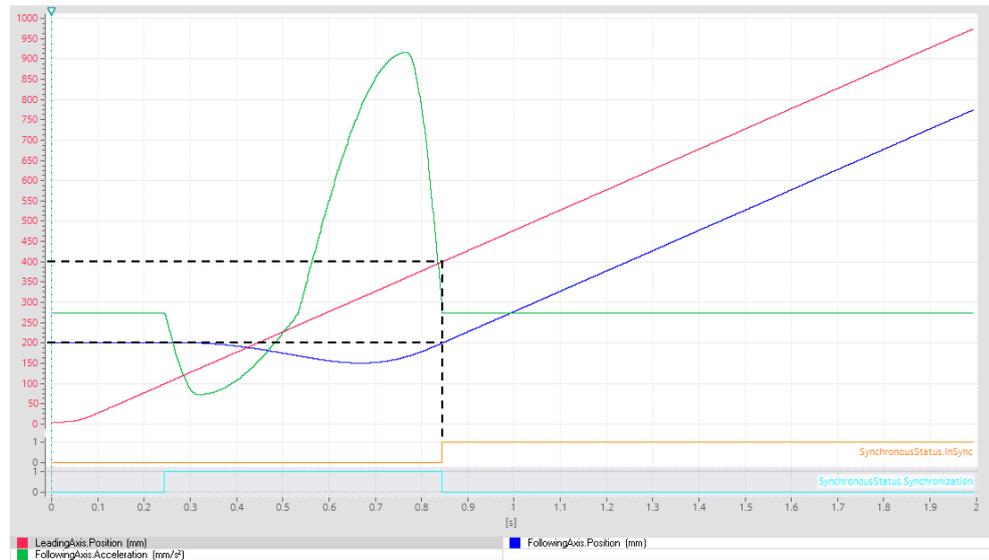


### Synchronposition der Folgeachse ist identisch mit der Startposition

Für die nachfolgende Grafiken wurden folgende Positionswerte gewählt:

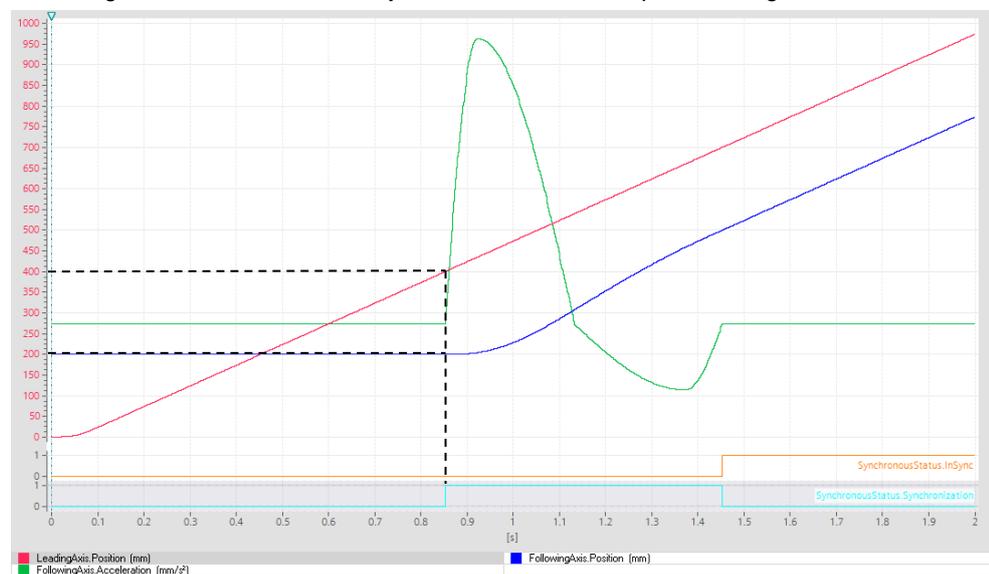
- Leitwertweg: 300
- Synchronposition Leitachse: 400
- Synchronposition Folgeachse: 200 (= Startposition der Folgeachse)

Abbildung 7-6 Vorlaufendes Aufsynchronisieren mit Startposition Folgeachse = 200mm



Die Folgeachse beginnt mit dem Aufsynchronisieren, wenn die Distanz der Leitachse zur Synchronposition der Leitachse dem Leitwertweg entspricht. Damit die Folgeachse ab der Synchronposition der Folgeachse synchron zur Leitachse verfährt, muss sie eine Ausholbewegung durchführen, um ab dem Synchronpunkt auch die Dynamiken zu erreichen, die benötigt werden, um synchron zur Leitachse zu verfahren.

Abbildung 7-7 Nachlaufendes Aufsynchronisieren mit Startposition Folgeachse = 200mm



## 7.4 Art des Aufsynchronisierens (SyncProfileReference)

Beim Start des Getriebegleichlaufs über die Motion Control-Anweisung "MC\_GearInPos" kann zwischen drei Arten des Aufsynchronisierens ausgewählt werden:

- SyncProfileReference = 0  
Aufsynchronisieren über die vorgegebenen Dynamikparameter der Folgeachse.

- SyncProfileReference = 1  
Vorlaufendes Aufsynchronisieren über den vorgegebenen Leitwertweg der Leitachse.
- SyncProfileReference = 3  
Nachlaufendes Aufsynchronisieren über den vorgegebenen Leitwertweg der Leitachse.

Die folgenden drei Darstellungen eines Aufsynchronisiervorgangs in den nächsten drei Kapiteln beziehen sich auf eine Gleichlaufbeziehung mit Synchronposition zwischen Leit- und Folgeachse.

Bei Gleichlaufbeziehungen ohne Synchronposition ist es nicht so einfach möglich, den Aufsynchronisiervorgang explizit vorherzusagen, da der Vorgang anhand der definierten Dynamik durchgeführt wird. Es gibt keinen eindeutig definierten Synchronpunkt und somit keinen vorgebbaren Phasenversatz zwischen Leit- und Folgeachse.

### Hinweis

Zur Vereinfachung der Darstellung des Vorgangs wird davon ausgegangen, dass sich die Leitachse mit konstanter Geschwindigkeit bewegt und die Folgeachse aus dem Stillstand heraus aufsynchronisiert wird.

### 7.4.1 Dynamikparameter (SyncProfileReference = 0)

Für das Aufsynchronisieren werden die am Funktionsbaustein angegebenen Dynamikwerte der Folgeachse berücksichtigt, um den Gleichlauf der Leit- und der Folgeachse zu der Synchronposition herzustellen:

- Maximale Geschwindigkeit (Velocity)
- Maximale Beschleunigung (Acceleration)
- Maximale Verzögerung (Deceleration)
- Maximaler Ruck (Jerk)

Die Aufsynchronisierbewegung der Folgeachse wird in Abhängigkeit der Entfernung der Leitachse zur Synchronposition so gestartet, dass beide Achsen gleichzeitig die definierten Synchronpositionen erreichen können.

Der Aufsynchronisiervorgang wird über die Dynamikparameter der Folgeachse definiert. Die SIMATIC CPU berechnet daraus den Synchronisiervorgang und führt das Aufsynchronisieren durch.

Befinden sich Leit- und Folgeachse im Gleichlauf werden die Dynamikgrenzen der Folgeachse nicht mehr beachtet. Die Folgeachse versucht den Positionsänderungen der Leitachse mit den resultierenden Dynamikwerten, ungeachtet der eigenen Grenzen, zu folgen.

Abbildung 7-8 Aufsynchronisieren auf Synchronposition über Dynamikparameter

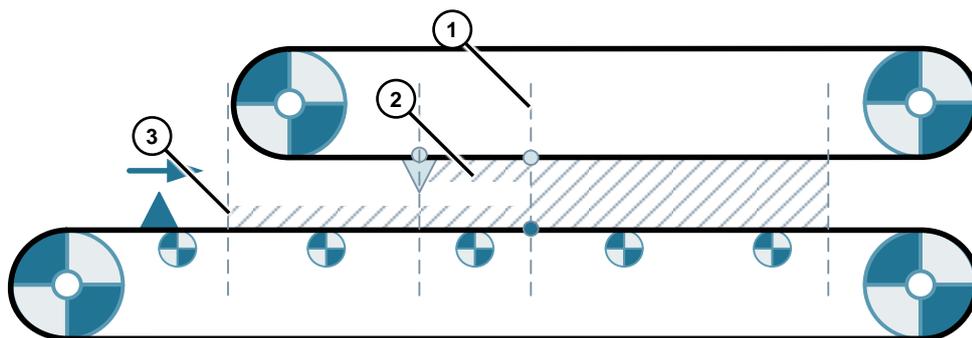


Tabelle 7-2 Ablauf des Aufsynchronisiervorgangs

Nr.	Bedeutung
1.	Der Aufsynchronisiervorgang wird über die Dynamikparameter der Folgeachse und die Synchronpositionen der Leit- und der Folgeachse im jeweiligen Achskoordinatensystem definiert. Nach den Synchronpositionen sollen sich beiden Achsen synchron zueinander bewegen.
2.	Anhand der Entfernung der Startposition bzw. der aktuellen Position der Folgeachse zur Synchronposition der Folgeachse errechnet die SIMATIC CPU die notwendige Zeitspanne, um die Folgeachse mit den vorgegebenen Dynamikwerten auf die Leitachse aufzusynchronisieren.
3.	Aus der ermittelten Zeitspanne und der aktuellen Geschwindigkeit der Leitachse ergibt sich die Position der Leitachse, ab der der Aufsynchronisiervorgang der Folgeachse auf die Leitachse gestartet werden muss.

Für die nachfolgenden Grafik wurden folgende Positionswerte gewählt:

- Synchronposition Leitachse: 400 mm
- Synchronposition Folgeachse: 600 mm
- Startposition Folgeachse: 200 mm
- Maximale Geschwindigkeit der Folgeachse: 1000 mm/s
- Maximale Beschleunigung und Verzögerung der Folgeachse: 4000 mm/s<sup>2</sup>

Abbildung 7-9 Aufsynchronisieren über Dynamikparameter



Der Aufsynchronisiervorgang wird so gestartet, dass die Folgeachse beim Aufsynchronisieren maximal mit der an der Motion Control-Anweisung "MC\_GearInPos" vorgegebenen Beschleunigung bzw. Verzögerung auf die vorgegebene Geschwindigkeit beschleunigt. Die Position, ab der das Aufsynchronisieren gestartet wird, und der Leitwertweg, den die Leitachse während des Aufsynchronisierens zurücklegt, werden vom System berechnet. Der Aufsynchronisiervorgang ist abgeschlossen, wenn die Leitachse die Synchronposition der Leitachse erreicht. Die Folgeachse befindet sich zu diesem Zeitpunkt an der Synchronposition der Folgeachse.

### 7.4.2 Leitwertweg (SyncProfileReference = 1, 3)

Für das Aufsynchronisieren über den Leitwertweg, den die Leitachse während des Aufsynchronisierens zurücklegt, kann zwischen vorlaufendem und nachlaufendem Aufsynchronisieren gewählt werden.

Für das vorlaufende Aufsynchronisieren wird die Dynamik der Folgeachse so berechnet, dass die Folgeachse die definierte Synchronposition in der gleichen Zeit erreichen kann, wie die Leitachse benötigt, um den angegebenen Leitwertweg bis zur angegebenen Synchronposition der Leitachse zurückzulegen.

Beim nachlaufenden Aufsynchronisieren wird der Aufsynchronisiervorgang gestartet, wenn die Leitachse ihre Synchronposition erreicht. Die Dynamik der Folgeachse wird so berechnet, dass sie synchron zur Leitachse verfährt, wenn die Leitachse den über "MasterStartDistance" angegebenen Leitwertweg von der Synchronposition der Leitachse aus zurückgelegt hat.

Die Dynamik der Folgeachse beim Aufsynchronisieren ergibt sich aus dem berechneten Bewegungsprofil und aus der aktuellen Dynamik der Leitachse. Änderungen der Dynamik der Leitachse beim Aufsynchronisieren werden dem berechneten Bewegungsprofil entsprechend der Gleichlauffunktion überlagert. Durch die Überlagerung werden gegebenenfalls die Dynamikvorgaben an der Folgeachse überhöht.

### Hinweis

Achten Sie bei der Dimensionierung des Leitwertwegs darauf, dass die Folgeachse innerhalb der definierten dynamischen Grenzen in der Lage ist, die angegebene Synchronposition zu erreichen.

### Voreilendes Aufsynchronisieren

Beim voreilenden Aufsynchronisieren wird der Abstand (MasterStartDistance) so gewählt, dass die Leitachse während des Aufsynchronisierens mehr Weg zurücklegen muss als die Folgeachse. Die Besonderheit des voreilenden Aufsynchronisierens ist, dass die Folgeachse maximal auf die Geschwindigkeit der Leitachse beschleunigen muss. In der Regel kommt man in diesem Fall nicht mit den dynamischen Beschränkungen der Folgeachse in Konflikt.

### Vorlaufendes und voreilendes Aufsynchronisieren

Abbildung 7-10 Aufsynchronisieren auf Synchronposition über Leitwertweg - Voreilend

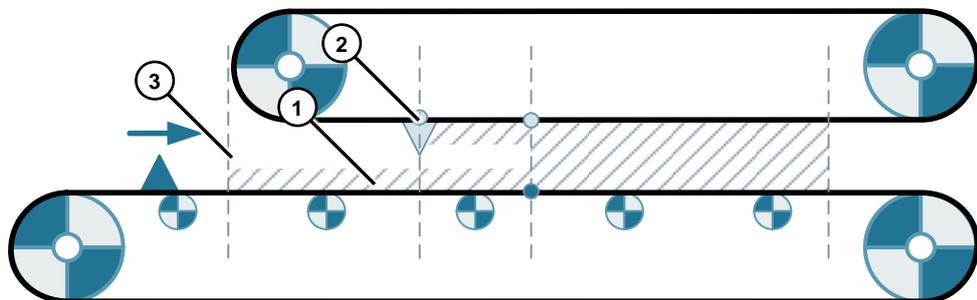


Tabelle 7-3 Ablauf des Aufsynchronisiervorgangs

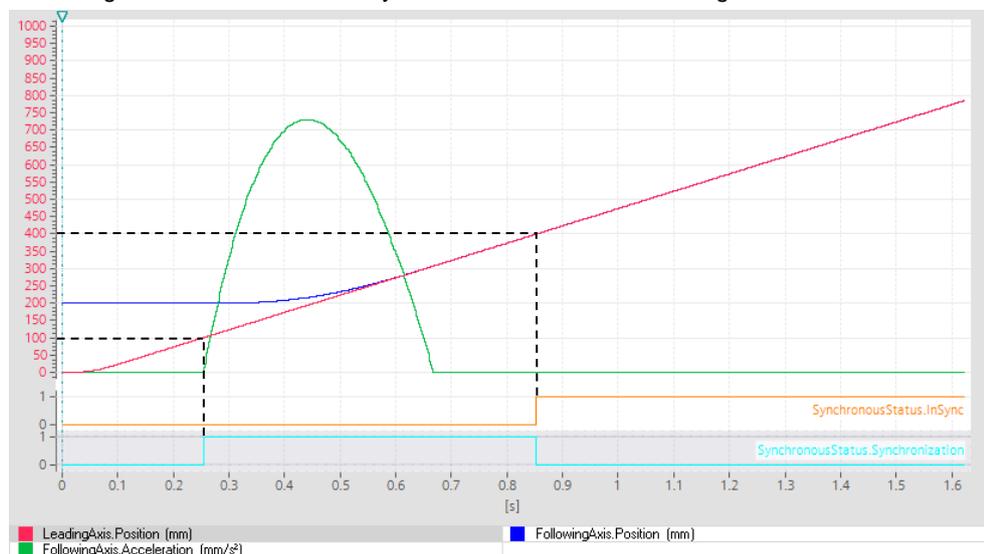
Nr.	Bedeutung
1.	Für den Aufsynchronisiervorgang wird eine Distanz definiert, die die Leitachse in einer gewissen Zeitspanne zurücklegt.
2.	Anhand der ermittelten Zeitspanne und der Entfernung der Startposition der Folgeachse zur Synchronposition der Folgeachse können in der SIMATIC CPU die für die Folgeachse notwendigen Dynamikwerte ermittelt werden, die für den Aufsynchronisiervorgang notwendig sind.
3.	Der Aufsynchronisiervorgang wird gestartet, sobald die Leitachse in die definierte Distanz einfährt.

## 7 Getriebegleichlauf mit Synchronposition

Für die nachfolgende Grafik wurden folgende Positionswerte gewählt:

- Leitwertweg: 300
- Synchronposition Leitachse: 400
- Synchronposition Folgeachse: 400
- Startposition Folgeachse: 200

Abbildung 7-11 Vorlaufendes Aufsynchronisieren über Leitwertweg - Voreilend



Der Anstieg der Beschleunigung der Folgeachse ist moderat und gleichmäßig.

### Nachlaufendes und voreilendes Aufsynchronisieren

Abbildung 7-12 Aufsynchronisieren auf Synchronposition über Leitwertweg - Voreilend

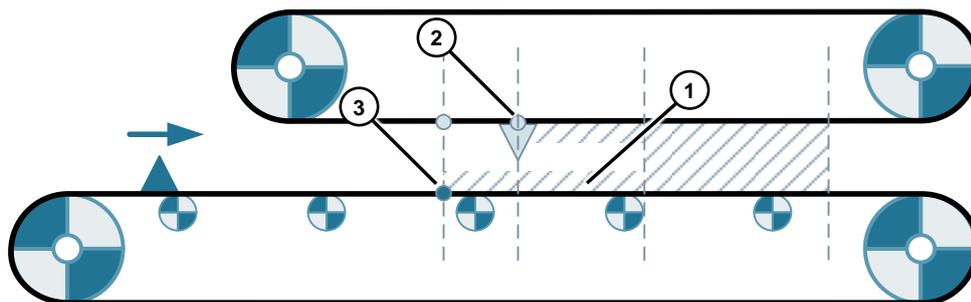


Tabelle 7-4 Ablauf des Aufsynchronisiervorgangs

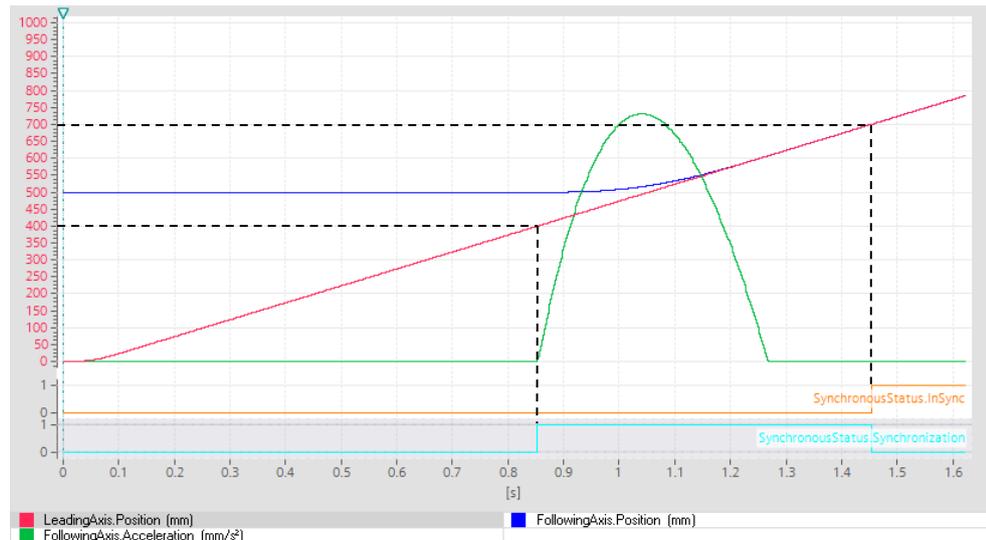
Nr.	Bedeutung
1.	Für den Aufsynchronisiervorgang wird eine Distanz definiert, die die Leitachse in einer gewissen Zeitspanne zurücklegt.
2.	Anhand der ermittelten Zeitspanne und der Entfernung der Startposition der Folgeachse zur Übertragungsfunktion der Folgeachse können in der SIMATIC CPU die für die Folgeachse notwendigen Dynamikwerte ermittelt werden, die für den Aufsynchronisiervorgang notwendig sind.
3.	Der Aufsynchronisiervorgang wird gestartet, sobald die Leitachse die

Nr.	Bedeutung
	Synchronposition der Leitachse erreicht.

Für die nachfolgende Grafik wurden folgende Positionswerte gewählt:

- Leitwertweg: 300
- Synchronposition Leitachse: 400
- Synchronposition Folgeachse: 400
- Startposition Folgeachse: 500

Abbildung 7-13 Nachlaufendes Aufsynchronisieren über Leitwertweg - Voreilend



Der Anstieg der Beschleunigung der Folgeachse ist moderat und gleichmäßig.

### Nacheilendes Aufsynchronisieren

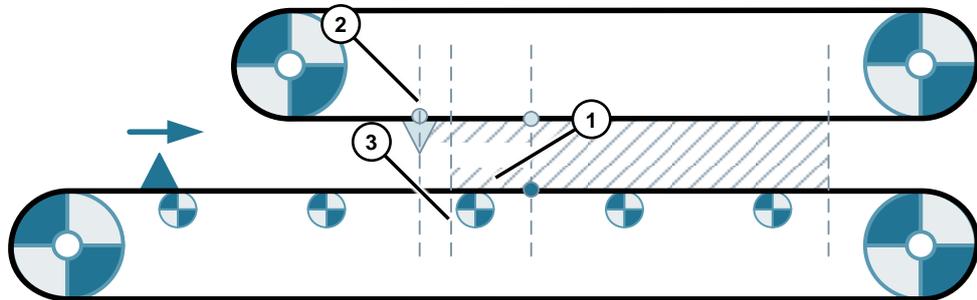
Beim nacheilenden Aufsynchronisieren wird der Abstand (MasterStartDistance) so gewählt, dass die Leitachse während des Aufsynchronisierens weniger Weg zurücklegen muss als die Folgeachse.

Die Besonderheit des nacheilenden Aufsynchronisierens ist, dass die Folgeachse auf eine höhere Geschwindigkeit als die Leitachse beschleunigen muss, um die Positionsdifferenz zur Leitachse während des Aufsynchronisierens einholen zu können.

Wird die Leitachse mit hoher Geschwindigkeit verfahren, kann es bei dieser Art des Aufsynchronisierens passieren, dass die dynamischen Beschränkungen der Folgeachse erreicht werden und der Aufsynchronisiervorgang deshalb nicht erfolgreich ausgeführt werden kann.

**Vorlaufendes und nacheilendes Aufsynchronisieren**

Abbildung 7-14 Aufsynchronisieren auf Synchronposition über Leitwertweg - Nacheilend

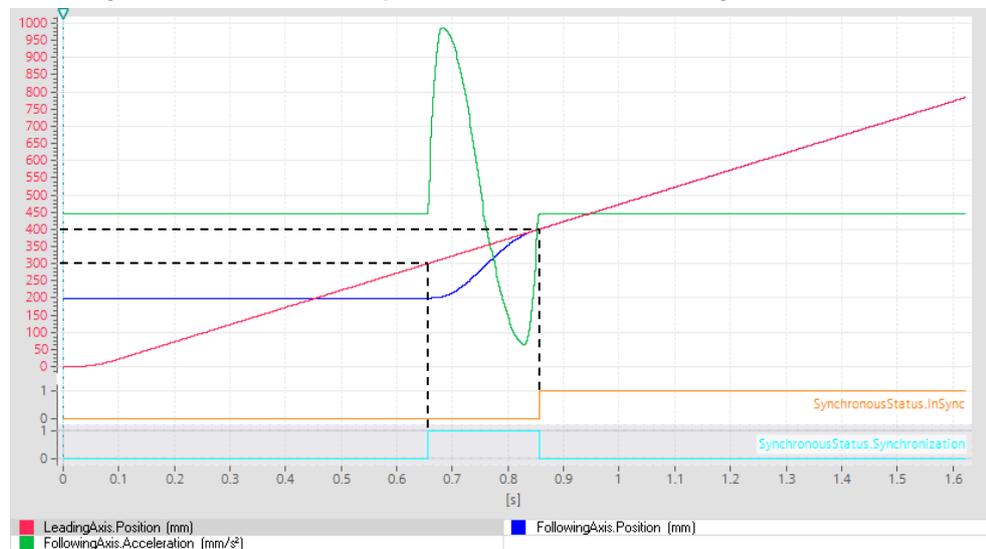


Der Aufsynchronisiervorgang läuft identisch zu dem in "Nachlaufendes und voreilendes Aufsynchronisieren" beschriebenen Vorgang ab.

Für die nachfolgende Grafik wurden folgende Positionswerte gewählt:

- Leitwertweg: 100
- Synchronposition Leitachse: 400
- Synchronposition Folgeachse: 400
- Startposition Folgeachse: 200

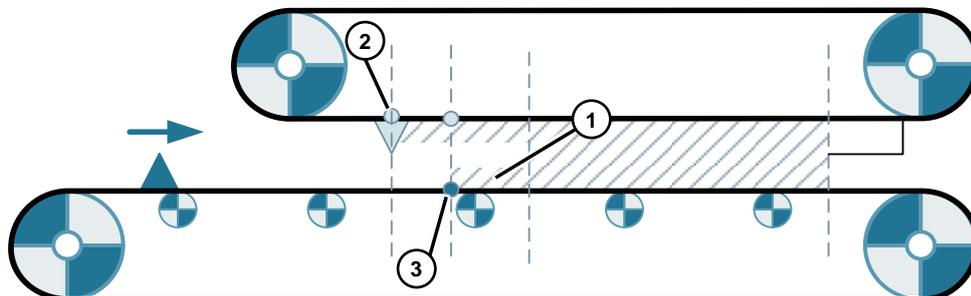
Abbildung 7-15 Vorlaufendes Aufsynchronisieren über Leitwertweg - Nacheilend



In der Grafik sieht man die Überhöhung der Beschleunigung der Folgeachse. Die Achse muss stark beschleunigt und vor der Synchronposition wieder abgebremst werden.

### Nachlaufendes und nacheilendes Aufsynchronisieren

Abbildung 7-16 Aufsynchronisieren auf Synchronposition über Leitwertweg - Nacheilend

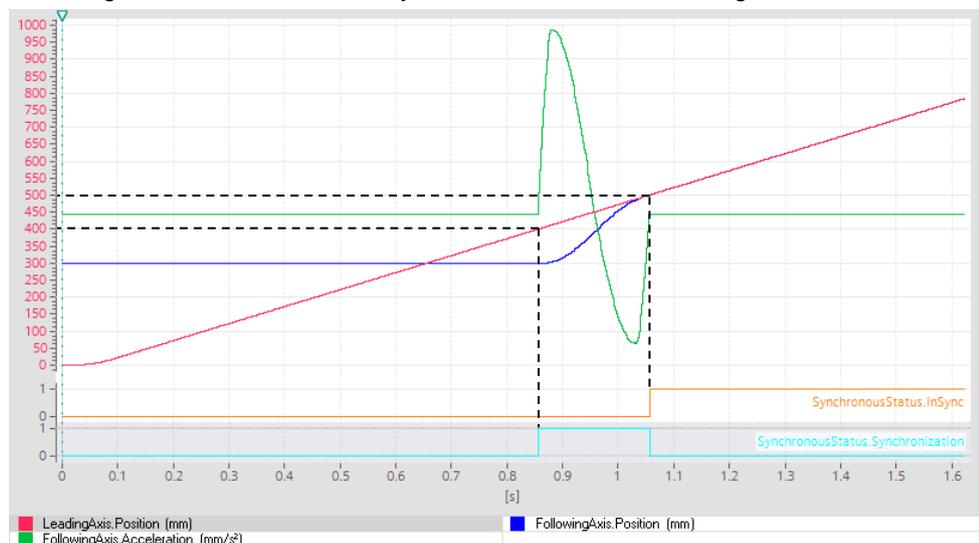


Der Aufsynchronisiervorgang läuft identisch zu dem in "Nachlaufendes und voreilendes Aufsynchronisieren" beschriebenen Vorgang ab.

Für die nachfolgenden Grafiken wurden folgende Positionswerte gewählt:

- Leitwertweg: 100
- Synchronposition Leitachse: 400
- Synchronposition Folgeachse: 400
- Startposition Folgeachse: 300

Abbildung 7-17 Nachlaufendes Aufsynchronisieren über Leitwertweg - Nacheilend



In der Grafik sieht man die Überhöhung der Beschleunigung der Folgeachse. Die Achse muss stark beschleunigt und vor der Synchronposition wieder abgebremst werden.

### Symmetrisches Aufsynchronisieren

Beim symmetrischen Aufsynchronisieren wird die Folgeachse während des Aufsynchronisiervorgangs mit optimaler Beschleunigung auf die Geschwindigkeit der Leitachse gebracht. Dies wird erreicht, indem die Leitachse zur Synchronposition genau den doppelten Weg (MasterStartDistance) als die Folgeachse bis zur Synchronposition zurücklegen muss.

Damit kann die Folgeachse optimal und gleichmäßig bis zur Synchronposition beschleunigt werden.

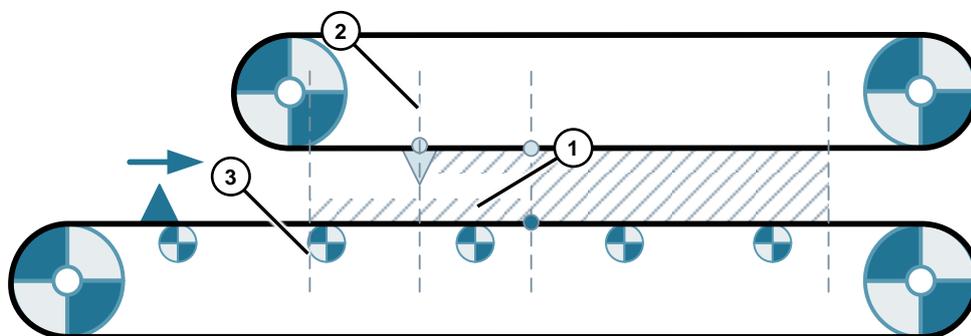
Diese Art des Aufsynchronisierens stellt damit das Optimum an Synchronisierzeit und erforderlicher Achsdynamik der Folgeachse dar.

### Hinweis

Das symmetrische Aufsynchronisieren wird für den Einsatz in Produktionsmaschinen empfohlen, da hier geringe dynamischen Anforderungen an die Folgeachse gestellt werden und der Aufsynchronisiervorgang trotzdem in der optimalen Zeit durchgeführt werden kann.

### Vorlaufendes und symmetrisches Aufsynchronisieren

Abbildung 7-18 Aufsynchronisieren auf Synchronposition über Leitwertweg - Symmetrisch

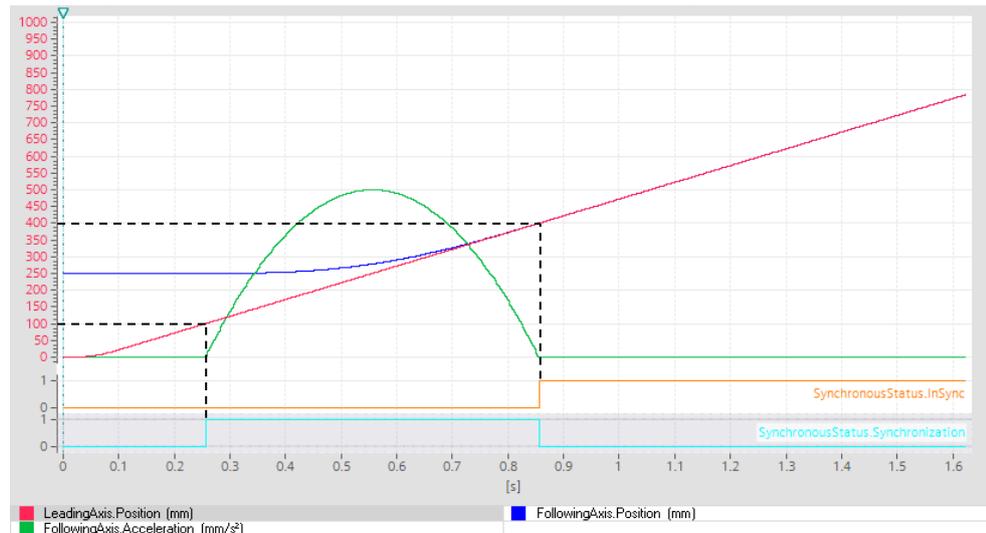


Der Aufsynchronisiervorgang läuft identisch zu dem in "Nachlaufendes und voreilendes Aufsynchronisieren" beschriebenen Vorgang ab.

Für die nachfolgende Grafik wurden folgende Positionswerte gewählt:

- Leitwertweg: 300
- Synchronposition Leitachse: 400
- Synchronposition Folgeachse: 400
- Startposition Folgeachse: 250

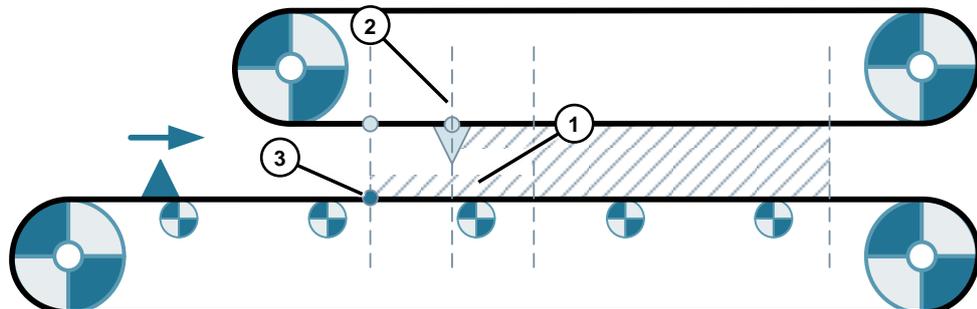
Abbildung 7-19 Vorlaufendes Synchronisieren über Leitwertweg - Symmetrisch



**Nachlaufendes und symmetrisches Aufsynchronisieren**

Der Anstieg der Beschleunigung der Folgeachse ist optimal gewählt und nutzt den gesamten Weg bis zu den Synchronpositionen beider Achsen aus.

Abbildung 7-20 Aufsynchronisieren auf Synchronposition über Leitwertweg - Symmetrisch

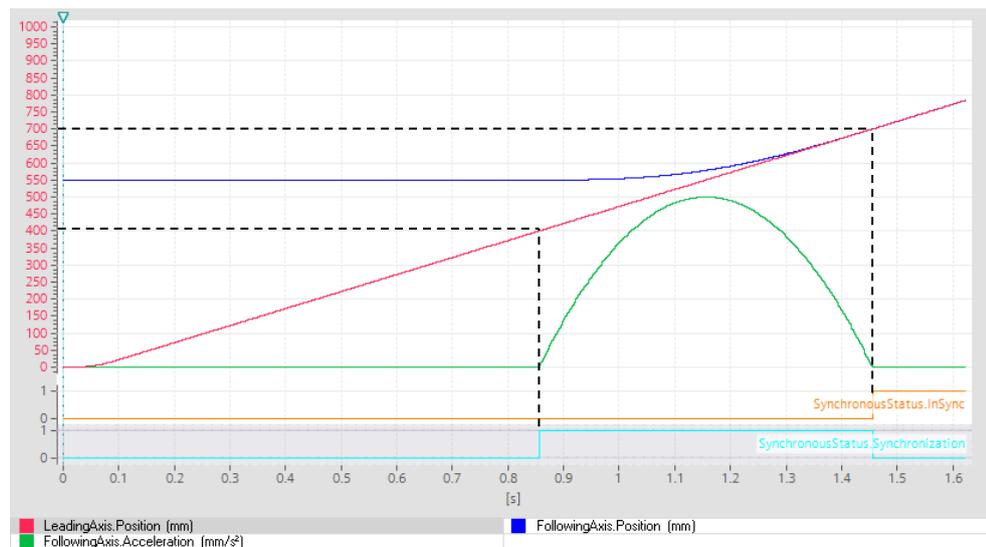


Der Aufsynchronisiervorgang läuft identisch zu dem in "Nachlaufendes und voreilendes Aufsynchronisieren" beschriebenen Vorgang ab.

Für die nachfolgende Grafik wurden folgende Positionswerte gewählt:

- Leitwertweg: 300
- Synchronposition Leitachse: 400
- Synchronposition Folgeachse: 400
- Startposition Folgeachse: 550

Abbildung 7-21 Nachlaufendes Synchronisieren über Leitwertweg - Symmetrisch



Der Anstieg der Beschleunigung der Folgeachse ist optimal gewählt und nutzt den gesamten Weg bis zu den Synchronpositionen der beiden Achsen aus.

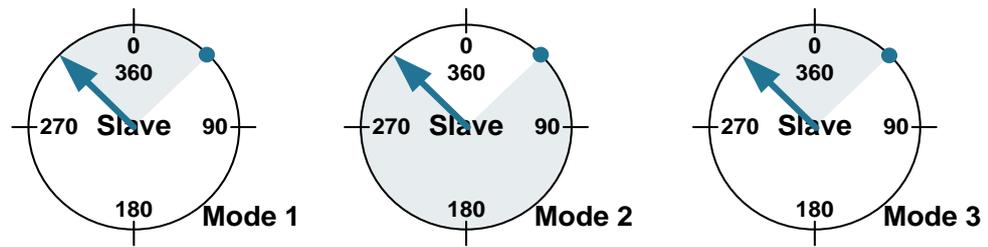
### 7.5 SyncDirection

Das Verhalten von Modulo-Folgeachse wird über den Parameter SyncDirection an der Motion Control Funktion definiert. Hier kann für den Aufsynchronisiervorgang die Bewegungsrichtung eingeschränkt werden (Mode 1 und 2) oder die Auswahl der Bewegungsrichtung der Motion Control-Anweisung überlassen werden (Mode 3).

Über diesen Parameter kann für eine Modulo-Folgeachse festgelegt werden, wie sich die Motion Control-Anweisung "MC\_GearInPos" zur Durchführung des Aufsynchronisiervorgangs verhalten soll:

- 1: Positive Richtung  
Das Aufsynchronisieren wird nur durchgeführt, wenn die Folgeachse die definierte Synchronposition in positiver Bewegungsrichtung erreichen kann.
- 2: Negative Richtung  
Das Aufsynchronisieren wird nur durchgeführt, wenn die Folgeachse die definierte Synchronposition in negativer Bewegungsrichtung erreichen kann.
- 3: Kürzester Weg  
Das Aufsynchronisieren wird immer durchgeführt. Die Folgeachse wählt dabei die Bewegungsrichtung mit der kürzesten Entfernung zur definierten Synchronposition. Gegebenenfalls führt diese Bewegung auch über die Modulo-Startposition der Achse hinweg.

Abbildung 7-22 Folgeachse als Modulo-Achse mit modusabhängigem Synchronisierbereich



**ACHTUNG**

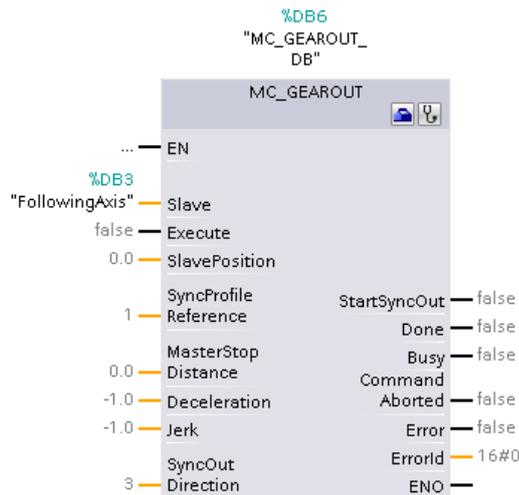
Bei genau definierter Aufsynchronisierrichtung kann eine Richtungs-  
umkehr der Leitachse zu einer sofortigen Aufnahme des Aufsynchronisier-  
vorgangs führen!

## 7.6 Beenden des Getriebegleichlaufs

### 7.6.1 Motion Control-Anweisung "MC\_GearOut"

Ab TIA Portal V17 mit CPU-Firmware V2.9 kann ein aktiver Getriebegleichlauf mit der Motion Control-Anweisung "MC\_GearOut" definiert beendet werden.

Abbildung 7-23 Motion Control-Anweisung "MC\_GearOut"



Folgende Eingangsparameter der Motion Control-Anweisung sind für die Beeinflussung der Gleichlauffunktion relevant.

Tabelle 7-5 Ausgewählte Eingangsparameter

Parameter	Datentyp	Defaultwert	Beschreibung
SlavePosition	LREAL	0.0	Anhalteposition der Folgeachse
SyncProfileReference	DINT	1	Art des Absynchronisierens <ul style="list-style-type: none"> <li>0: Absynchronisieren über Dynamikparameter</li> <li>1: Absynchronisieren über Leitwertweg</li> <li>5: Einen wartenden Gleichlauf beenden</li> </ul>
MasterStopDistance	LREAL	0.0	Leitwertweg Die Folgeachse wird absynchronisiert, während die Leitachse den vorgegebenen Leitwertweg zurücklegt
Deceleration	LREAL	-1.0	Verzögerung als Dynamikparameter für den Absynchronisiervorgang
Jerk	LREAL	-1.0	Ruck als Dynamikparameter für den Absynchronisiervorgang

Parameter	Datentyp	Defaultwert	Beschreibung
SyncOutDirection	DINT	3	Richtung des Absynchronisierens bei aktivierter Modulo-Einstellung der Folgeachse: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1: Positive Richtung</li> <li>• 2: Negative Richtung</li> <li>• 3: Kürzester Weg</li> </ul>

### 7.6.2 Anhalteposition

Über die Anhalteposition "SlavePosition" wird die Position der Folgeachse im Koordinatensystem der Folgeachse definiert, an der die Folgeachse absynchronisiert ist und sich im Stillstand befindet.

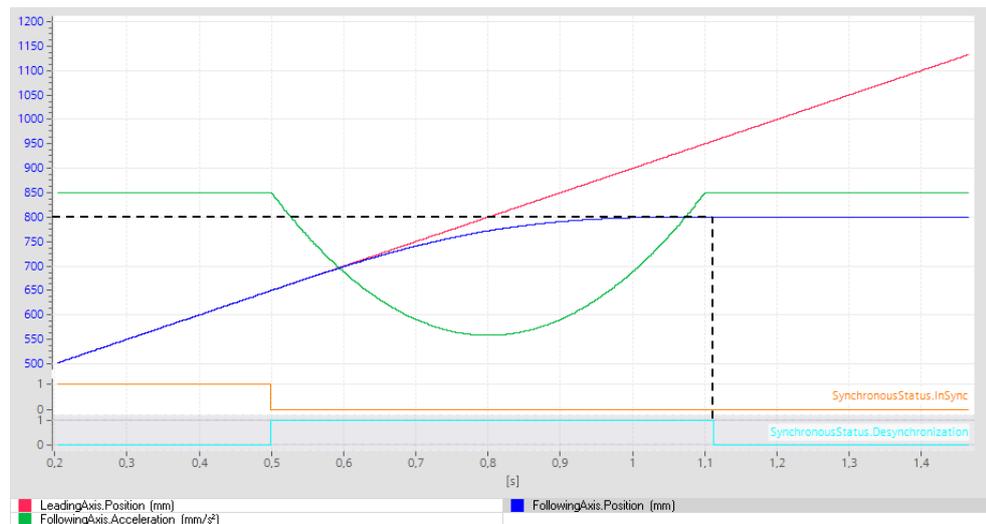
Der Absynchronisiervorgang der Folgeachse wird anhand der vorgegebenen Position so berechnet, dass die Folgeachse an der definierten Anhalteposition zum Stillstand kommt.

Die Bewegung der Leitachse wird beim Absynchronisieren nicht beeinflusst und nach Abschluss des Absynchronisiervorgangs weitergeführt.

Für die nachfolgenden Grafik wurden folgende Positionswerte gewählt:

- Anhalteposition Folgeachse: 800 mm
- Leitwertweg: 300 mm

Abbildung 7-24 Anhalteposition nach Absynchronisieren über Leitwertweg



### 7.6.3 Art des Absynchronisierens (SyncProfileReference)

#### Dynamikparameter (SyncProfileReference = 0)

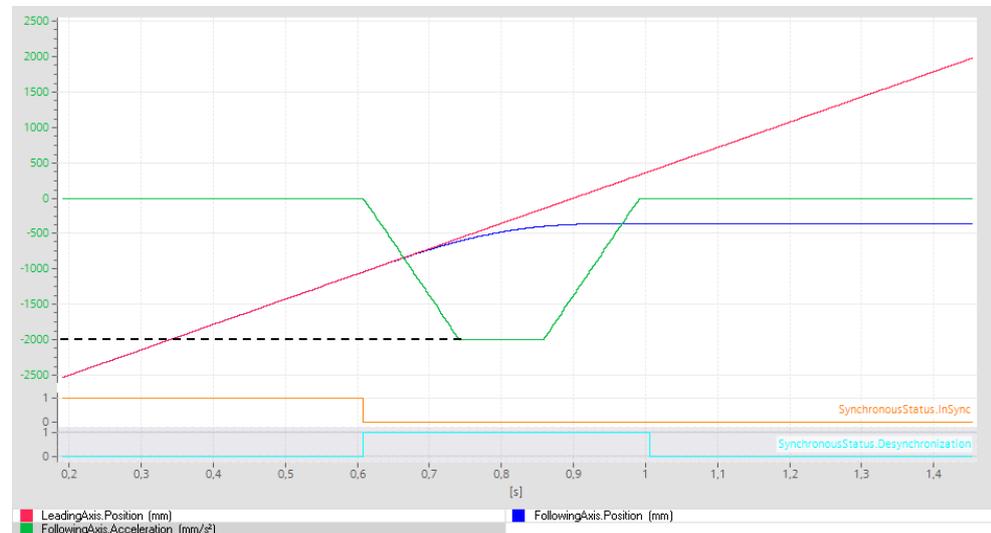
Für das Absynchronisieren werden die am Funktionsbaustein angegebenen Dynamikwerte der Folgeachse berücksichtigt, um den Gleichlauf der Leit- und der Folgeachse an der angegebenen Anhalteposition zu beenden:

- Maximale Verzögerung (Deceleration)
- Maximaler Ruck (Jerk)

Die Absynchronisierbewegung der Folgeachse wird in Abhängigkeit der Entfernung der Folgeachse zur Anhalteposition so gestartet, dass die Folgeachse bei Erreichen der Anhalteposition zum Stillstand kommt.

Der Absynchronisiervorgang wird über die Dynamikparameter der Folgeachse definiert. Die SIMATIC CPU berechnet daraus den Absynchronisiervorgang und führt das Absynchronisieren durch.

Abbildung 7-25 Absynchronisieren über Dynamikparameter



### Leitwertweg (SyncProfileReference = 1)

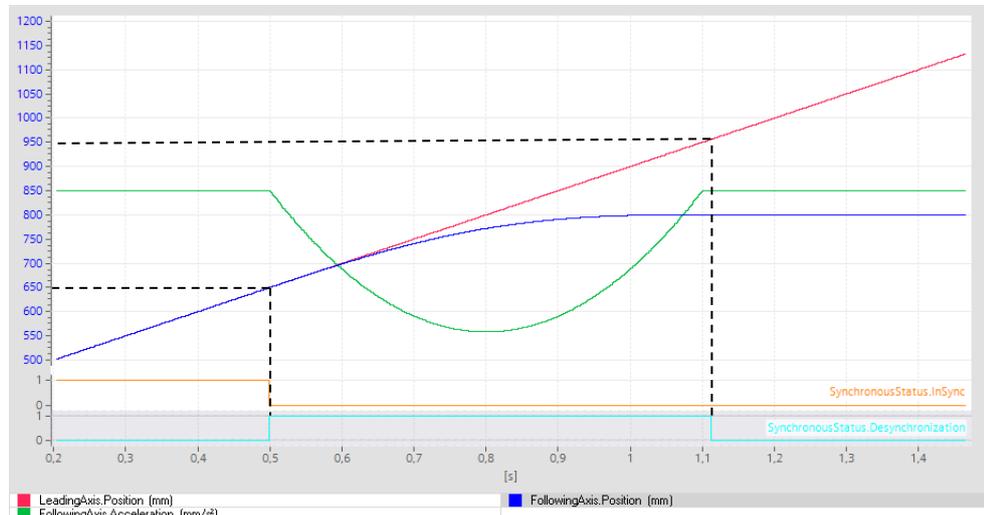
Für das Absynchronisieren wird die Dynamik der Folgeachse so berechnet, dass die Folgeachse bei Erreichen der definierten Anhalteposition zum Stillstand kommt. Während des Absynchronisiervorgangs der Folgeachse legt die Leitachse die Distanz "MasterStopDistance" zurück.

Die Dynamik der Folgeachse beim Absynchronisieren ergibt sich aus dem berechneten Bewegungsprofil und aus der aktuellen Dynamik der Leitachse. Änderungen der Dynamik der Leitachse beim Absynchronisieren werden dem berechneten Bewegungsprofil entsprechend der Gleichlauffunktion überlagert. Durch die Überlagerung werden gegebenenfalls die Dynamikvorgaben an der Folgeachse überhöht.

Für die nachfolgenden Grafik wurden folgende Positionswerte gewählt:

- Anhalteposition Folgeachse: 800 mm
- Leitwertweg: 300 mm

Abbildung 7-26 Absynchronisieren über Leitwertweg



### Hinweis

Achten Sie bei der Dimensionierung des Leitwertwegs darauf, dass die Folgeachse innerhalb der definierten dynamischen Grenzen in der Lage ist, zum Stillstand zu kommen.

### Wartenden Gleichlauf Beenden

Ein wartender Gleichlauf kann über die Motion Control-Anweisung "MC\_GearOut" mit "SyncProfileReference" = 5 beendet werden. An der Motion Control-Anweisung "MC\_GearInPos" wird dies am Ausgang "CommandAborted" angezeigt.

Die Bewegung der Leitachse wird durch den Abbruch eines wartenden Gleichlaufs nicht beeinflusst. Die Folgeachse führt durch den Abbruch eines wartenden Gleichlaufs keine Bewegung aus.

### 7.6.4 SyncOutDirection

Modulo-Achsen können in der Regel die definierte Anhalteposition auf zwei verschiedenen Wegen erreichen:

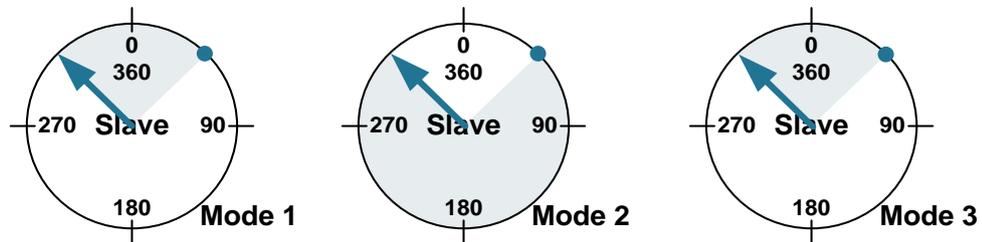
- Direkt, ohne die Modulo-Startposition zu überqueren und damit einen Modulo-Sprung zu generieren.
- Über die Modulo-Startposition, durch Generierung eines Modulo-Sprungs.

Über den Parameter "SyncOutDirection" kann für eine Modulo-Folgeachse festgelegt werden, wie sich die Motion Control-Anweisung "MC\_GearOut" zur Durchführung des Absynchronisiervorgangs verhalten soll:

- 1: Positive Richtung  
Das Absynchronisieren wird nur durchgeführt, wenn die Folgeachse die definierte Anhalteposition in positiver Bewegungsrichtung erreichen kann.
- 2: Negative Richtung  
Das Absynchronisieren wird nur durchgeführt, wenn die Folgeachse die definierte Anhalteposition in negativer Bewegungsrichtung erreichen kann.

- 3: Kürzester Weg  
Das Absynchronisieren wird immer durchgeführt. Die Folgeachse wählt dabei die Bewegungsrichtung mit der kürzesten Entfernung zur definierten Anhalteposition. Gegebenenfalls führt diese Bewegung über die Modulo-Startposition der Achse hinweg.

Abbildung 7-27 Folgeachse als Modulo-Achse mit modusabhängigem Absynchronisierbereich



**ACHTUNG** Bei genau definierter Absynchronisierrichtung kann eine Richtungsumkehr der Leitachse zu einer sofortigen Aufnahme des Absynchronisiervorgangs führen!

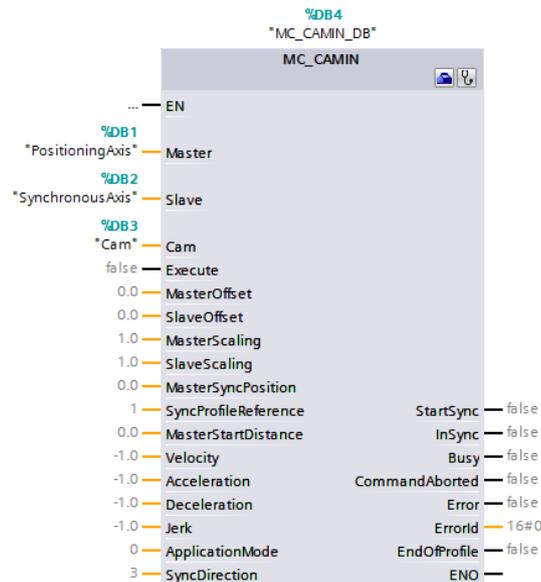
# 8 Kurvenscheibengleichlauf

**Hinweis** Der Kurvenscheibengleichlauf ist nur in der SIMATIC S7-1500T verfügbar und kann nur mit Synchronposition genutzt werden.

## 8.1 Motion Control-Anweisung "MC\_CamIn"

Ein Kurvenscheibengleichlauf zwischen einer Leit- und einer Folgeachse kann über die Motion Control-Anweisung "MC\_CamIn" hergestellt werden.

Abbildung 8-1 Motion Control-Anweisung "MC\_CamIn"



Folgende Eingangsparameter der Motion Control-Anweisung sind für die Beeinflussung der Gleichlauffunktion relevant.

Tabelle 8-1 Ausgewählte Eingangsparameter

Parameter	Datentyp	Defaultwert	Beschreibung
MasterOffset	LREAL	0,0	Verschiebung der Leitwerte der Kurvenscheibe. Das Technologieobjekt Kurvenscheibe wird dabei nicht verändert.
SlaveOffset	LREAL	0,0	Verschiebung der Folgewerte der Kurvenscheibe. Das Technologieobjekt Kurvenscheibe wird dabei nicht verändert.
MasterScaling	LREAL	1,0	Skalierung der Leitwerte der Kurvenscheibe. Das Technologieobjekt Kurvenscheibe wird dabei nicht verändert.

## 8 Kurvenscheibengleichlauf

Parameter	Datentyp	Defaultwert	Beschreibung
SlaveScaling	LREAL	1,0	Skalierung der Folgewerte der Kurvenscheibe. Das Technologieobjekt Kurvenscheibe wird dabei nicht verändert.
MasterSyncPosition	LREAL	0,0	Synchronposition der Leitachse in der Kurvenscheibe bezogen auf den Kurvenscheibenanfang (im Definitionsbereich der Kurvenscheibe)
SyncProfileReference	DINT	1	Art des Aufsynchronisierens <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0: Aufsynchronisieren über Dynamikparameter</li> <li>• 1: Vorlaufendes Aufsynchronisieren über Leitwertweg</li> <li>• 2: Direkt synchron setzen</li> <li>• 3: Nachlaufendes Aufsynchronisieren über Leitwertweg</li> <li>• 4: Nachlaufendes Aufsynchronisieren über Leitwertweg ab aktueller Leitwertposition</li> <li>• 5: Direktes synchron setzen am Kurvenscheibenende</li> <li>• 6: Vorlaufendes Aufsynchronisieren über Leitwertweg ab aktueller Leitwertposition</li> </ul>
MasterStartDistance	LREAL	1,0	Leitwertweg Der Aufsynchronisiervorgang wird gestartet, wenn sich die Leitachse um den Leitwertweg vor der Synchronposition der Leitachse befindet.
Velocity	LREAL	-1,0	Geschwindigkeit als Dynamikparameter für den Aufsynchronisiervorgang. Der Start des Aufsynchronisiervorgangs wird über die Dynamikparameter der Folgeachse durch die Motion Control-Anweisung berechnet, so dass diese die vorgegebene Synchronposition der Folgeachse mit der vorgegebenen Dynamik erreicht, wenn auch die Leitachse die angegebene Synchronposition erreicht.
Acceleration	LREAL	-1,0	Beschleunigung als Dynamikparameter für den Aufsynchronisiervorgang
Deceleration	LREAL	-1,0	Verzögerung als Dynamikparameter für den Aufsynchronisiervorgang
Jerk	LREAL	-1,0	Ruck als Dynamikparameter für den Aufsynchronisiervorgang

Parameter	Datentyp	Defaultwert	Beschreibung
ApplicationMode	DINT	0	Anwendung der Kurvenscheibe während des Kurvenscheibengleichlaufs: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0: Einmalig / nicht zyklisch</li> <li>• 1: Zyklisch (Folgewertseitig absolut)</li> <li>• 2: Zyklisch anhängend (Folgewertseitig stetig anhängend)</li> </ul>
SyncDirection	DINT	3	Richtung des Aufsynchronisierens bei aktivierter Modulo-Einstellung der Folgeachse: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1: Positive Richtung</li> <li>• 2: Negative Richtung</li> <li>• 3: Kürzester Weg</li> </ul>

## 8.2 Für die Beispiele verwendete Kurvenscheiben

Für die hier dargestellten Bewegungsaufzeichnungen werden zwei Kurvenscheiben mit der gleichen Kurvenform verwendet.

Für die Kurvenscheibe werden folgende Festlegungen getroffen:

- Der Master-Bereich erstreckt sich über den Wertebereich von 0 bis 100 für die im Zielbereich definierte Kurvenscheibe bzw. über den Wertebereich von 0 bis 1 für die normierte Kurvenscheibe.
- Die Kurvenscheibe wird aus drei Punkten gebildet:
  - Ein Startpunkt am Beginn des Master-Bereichs mit Slave-Wert 0.
  - Ein Zwischenpunkt in der Hälfte des Master-Bereichs mit dem maximalen Slave-Wert.
  - Ein Endpunkt am Ende des Master-Bereichs wieder mit Slave-Wert 0.

### Hinweis

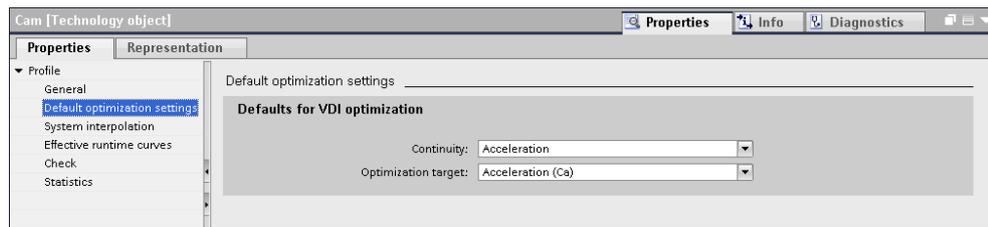
Die weiteren globalen Festlegungen für die Kurvenscheibe werden am Beispiel der im Zielbereich definierten Kurvenscheibe dargestellt.

Für die normierte Kurvenscheibe müssen die dargestellten Einstellungen in den Master-Bereich von 0 bis 1 und den Slave-Bereich von 0 bis 1 transferiert werden.

Der Kurvenverlauf zwischen den drei Punkten wird mit Hilfe der Interpolation des Kurvenscheibeneditors gebildet. Dazu werden im Kurvenscheibeneditor folgende Einstellungen gemacht:

- Die Übergänge zwischen den Punkten sollen mit Hilfe der VDI-basierten Optimierung über Polynome erzeugt werden.
- Die Voreinstellungen der VDI-basierten Optimierung werden auf folgende Werte gesetzt:
  - Stetigkeit der Kurve ist bezogen auf die Beschleunigung der Folgeachse.
  - Optimierungsziel der Kurve ist ebenfalls bezogen auf die Beschleunigung der Folgeachse.

Abbildung 8-2 Profil-Einstellung des Kurvenscheibeneditors



### Hinweis

Wird für die Interpolation der Kurvenscheibe die VDI-basierte Optimierung ausgewählt, ist die Systeminterpolation nicht wirksam und die Einstellungen für diese Interpolationsart müssen nicht berücksichtigt werden.

Um in der über die drei Punkte definierte Kurvenscheibe einen stetigen Kurvenverlauf zu erreichen, müssen für die interpolierten Übergänge noch zusätzliche Einstellungen getroffen werden:

- Der Übergang von Start- zu Zwischenpunkt soll mit stetiger Beschleunigung erfolgen.
- Der Übergang von Zwischen- zu Endpunkt soll ebenfalls mit stetiger Beschleunigung erfolgen.

Abbildung 8-3 Einstellungen für den Übergang von Start- zu Zwischenpunkt

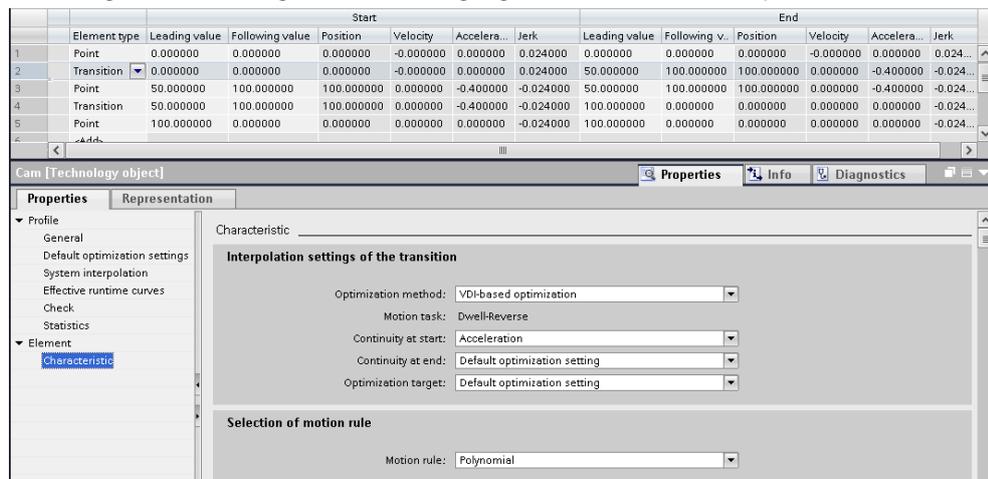


Abbildung 8-4 Einstellungen für den Übergang von Zwischen- zu Endpunkt

	Element type	Start						End					
		Leading value	Following value	Position	Velocity	Accelera...	Jerk	Leading value	Following v...	Position	Velocity	Accelera...	Jerk
1	Point	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000000	0.000000	0.024000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000000	0.000000	0.024...
2	Transition	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000000	0.000000	0.024000	50.000000	100.000000	100.000000	0.000000	-0.400000	-0.024...
3	Point	50.000000	100.000000	100.000000	0.000000	-0.400000	-0.024000	50.000000	100.000000	100.000000	0.000000	-0.400000	-0.024...
4	Transition	50.000000	100.000000	100.000000	0.000000	-0.400000	-0.024000	100.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.024...
5	Point	100.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.024000	100.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.024...

Die Einstellung des gewünschten Dynamikverhaltens der Kurvenscheibe wird über die Ableitungen an den drei Punkten definiert:

- Am Start- und Endpunkt wird die erste und zweite Ableitung der Kurve definiert mit dem Wert 0 vorgegeben, d. h. die Folgeachse wird sich an diesen Punkten im Stillstand befinden (Geschwindigkeit = 1. Ableitung = 0) und nicht beschleunigt werden (Beschleunigung = 2. Ableitung = 0).
- Am Zwischenpunkt, an dem ein Richtungswechsel in der Kurvenscheibe stattfindet, wird nur der Stillstand der Achse (Geschwindigkeit = 1. Ableitung = 0) definiert.

### ACHTUNG

**Die Einstellungen des Dynamikverhaltens, bzw. der Ableitungen der Kurve, speziell am Synchronpunkt der Kurvenscheibe, können Auswirkungen auf das Aufsynchronisierverhalten der Kurvenscheibe haben.**

Das Aufsynchronisieren der Kurvenscheibe im vorgegebenen Synchronpunkt erfolgt positions- und geschwindigkeitsstetig. Weisen die entsprechenden Ableitungen der Kurve nicht die gewünschten Werte auf, kann es zu Ausgleichsbewegungen der Folgeachse während des Aufsynchronisierens, z. B. Richtungs-umkehr oder "Schwung holen", kommen.

## 8 Kurvenscheibengleichlauf

Abbildung 8-5 Einstellungen am Startpunkt

	Element type	Start						End					
		Leading value	Following value	Position	Velocity	Accelera...	Jerk	Leading value	Following v..	Position	Velocity	Accelera...	Jerk
1	Point	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000000	0.000000	0.024000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000000	0.000000	0.024...
2	Transition	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000000	0.000000	0.024000	50.000000	100.000000	100.000000	0.000000	-0.400000	-0.024...
3	Point	50.000000	100.000000	100.000000	0.000000	-0.400000	-0.024000	50.000000	100.000000	100.000000	0.000000	-0.400000	-0.024...
4	Transition	50.000000	100.000000	100.000000	0.000000	-0.400000	-0.024000	100.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.024...
5	Point	100.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.024000	100.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.024...

Cam [Technology object] Properties Information Diagnostics

**Properties** Representation

▼ Profile  
 General  
 Default optimization settings  
 System interpolation  
 Effective runtime curves  
 Check  
 Statistics

▼ Element  
 Parameters

Parameters

**Leading value of the point**

Leading value: 0.000000

**Following values of the point**

Following value: 0.000000  
 Use first derivative

First derivative: 0.000000  
 Use second derivative

Second derivative: 0.000000  
 Use third derivative

Third derivative: 0.000000

Abbildung 8-6 Einstellungen am Zwischenpunkt

	Element type	Start						End					
		Leading value	Following value	Position	Velocity	Accelera...	Jerk	Leading value	Following v..	Position	Velocity	Accelera...	Jerk
1	Point	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000000	0.000000	0.024000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000000	0.000000	0.024...
2	Transition	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000000	0.000000	0.024000	50.000000	100.000000	100.000000	0.000000	-0.400000	-0.024...
3	Point	50.000000	100.000000	100.000000	0.000000	-0.400000	-0.024000	50.000000	100.000000	100.000000	0.000000	-0.400000	-0.024...
4	Transition	50.000000	100.000000	100.000000	0.000000	-0.400000	-0.024000	100.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.024...
5	Point	100.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.024000	100.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.024...

Cam [Technology object] Properties Information Diagnostics

**Properties** Representation

▼ Profile  
 General  
 Default optimization settings  
 System interpolation  
 Effective runtime curves  
 Check  
 Statistics

▼ Element  
 Parameters

Parameters

**Leading value of the point**

Leading value: 50.000000

**Following values of the point**

Following value: 100.000000  
 Use first derivative

First derivative: 0.000000  
 Use second derivative

Second derivative: 0.000000  
 Use third derivative

Third derivative: 0.000000

Abbildung 8-7 Einstellungen am Endpunkt

	Element type	Start						End					
		Leading value	Following value	Position	Velocity	Accelera...	Jerk	Leading value	Following v..	Position	Velocity	Accelera...	Jerk
1	Point	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000000	0.000000	0.024000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000000	0.000000	0.024...
2	Transition	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000000	0.000000	0.024000	50.000000	100.000000	100.000000	0.000000	-0.400000	-0.024...
3	Point	50.000000	100.000000	100.000000	0.000000	-0.400000	-0.024000	50.000000	100.000000	100.000000	0.000000	-0.400000	-0.024...
4	Transition	50.000000	100.000000	100.000000	0.000000	-0.400000	-0.024000	100.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.024...
5	Point	100.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.024000	100.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.024...

Cam [Technology object] Properties Information Diagnostics

**Properties** Representation

▼ Profile  
 General  
 Default optimization settings  
 System interpolation  
 Effective runtime curves  
 Check  
 Statistics

▼ Element  
 Parameters

Parameters

**Leading value of the point**

Leading value: 100.000000

**Following values of the point**

Following value: 0.000000  
 Use first derivative

First derivative: 0.000000  
 Use second derivative

Second derivative: 0.000000  
 Use third derivative

Third derivative: 0.000000

### Kurvenscheibe mit Darstellung im Zielkoordinatensystem

Die Kurvenscheibe mit den oben genannten Vorgaben stellt sich dann bei direkter Definition im Zielkoordinatensystem wie folgt dar:

- Master-Wertebereich: 0..100
- Slave-Wertebereich: 0..100

Abbildung 8-8 Kurvenscheibe mit Darstellung im Zielkoordinatensystem



Tabelle 8-2 Farbliche Kennzeichnung der Kurven im Kurvenscheibeneditor

Farbe	Bedeutung
	Vorgegebene Punkte bzw. Elemente der Kurvenscheibe.
	Vom Kurvenscheibeneditor anhand der vorgegebenen Kriterien interpolierte Kurvenscheibe (Positionszuordnung Master – Slave). Dieser Kurvenverlauf entspricht der im Anwenderprogramm über das Technologieobjekt verfügbaren Kurvenscheibe.
	1. Ableitung der Kurvenscheibe (Geschwindigkeit)
	2. Ableitung der Kurvenscheibe (Beschleunigung)
	3. Ableitung der Kurvenscheibe (Ruck)

### Kurvenscheibe in normierter Darstellung

Die Kurvenscheibe mit den oben genannten Vorgaben in normierter Definition stellt sich wie folgt dar:

- Master-Wertebereich: 0..1
- Slave-Wertebereich: 0..1

Abbildung 8-9 Kurvenscheibe in normierter Darstellung



### Hinweis

Die normierte Kurvenscheibe kann bei Aufruf der Motion Control-Anweisung zur Kopplung der Leit- und der Folgeachse über Parameter in den gewünschten Bereich transformiert werden, so dass sich auch diese Kurve wie die direkt im Zielkoordinatensystem definierte Kurvenscheibe verhält.

## 8.3 Offset und Scaling

Über Offset und Scaling kann die im Kurvenscheibeneditor definierte bzw. im Technologieobjekt hinterlegte Kurvenscheibe in den Ausmaßen und der Lage im Koordinatensystem für die Leit- und die Folgeachse getrennt angepasst werden.

- Scaling streckt (Werte  $> 1$ ) oder staucht (Werte  $< 1$ ) die im Technologieobjekt enthaltene Kurvenscheibe im Master-Bereich (X-Achse) bzw. im Slave-Bereich (Y-Achse).
- Über den Offset kann der Definitionsbereich der Kurvenscheibe noch im entsprechenden Koordinatensystem der Leit- (X-Achse) bzw. Folgeachse (Y-Achse) verschoben werden.

Die nachfolgenden Bewegungsaufzeichnungen zeigen jeweils die normiert definierte Kurvenscheibe (Definitionsbereich jeweils von 0 bis 1) in einer Skalierung für den Master-Bereich und den Slave-Bereich dargestellt.

### Hinweis

Achten Sie bei der Skalierung der Kurvenscheibe im Master-Bereich darauf, dass die Bewegungen der Leitachse auch in den durch die Skalierung festgelegten Bereich fallen und damit die Aufsynchronisierungsbedingungen an der Motion Control-Funktion "MC\_CamIn" erfüllt werden können. Andernfalls ist ein Koppeln der beiden Achsen über die Kurvenscheibe nicht möglich.

Abbildung 8-10 Normierte Kurvenscheibe mit Slave-Scaling = 100, Master-Scaling = 100

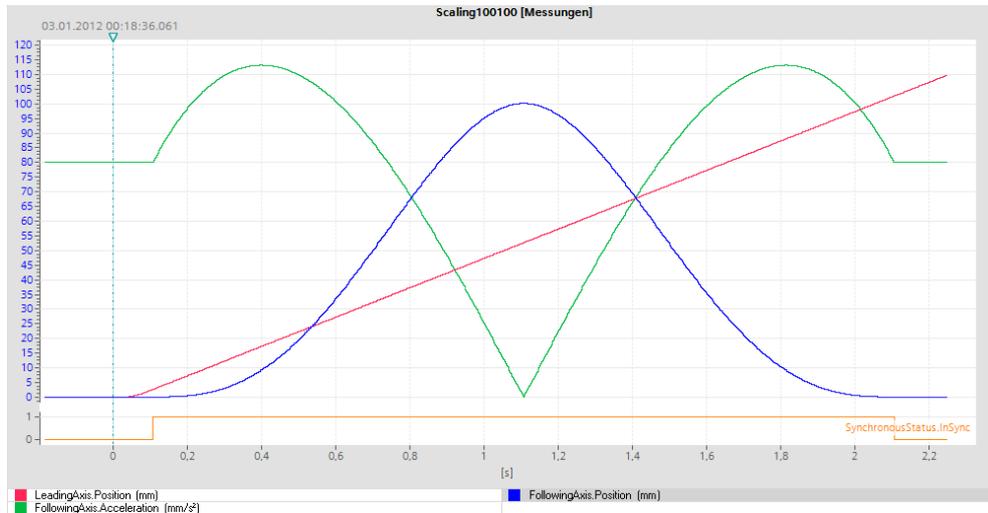


Abbildung 8-11 Normierte Kurvenscheibe mit Slave-Scaling = 50, Master-Scaling = 100

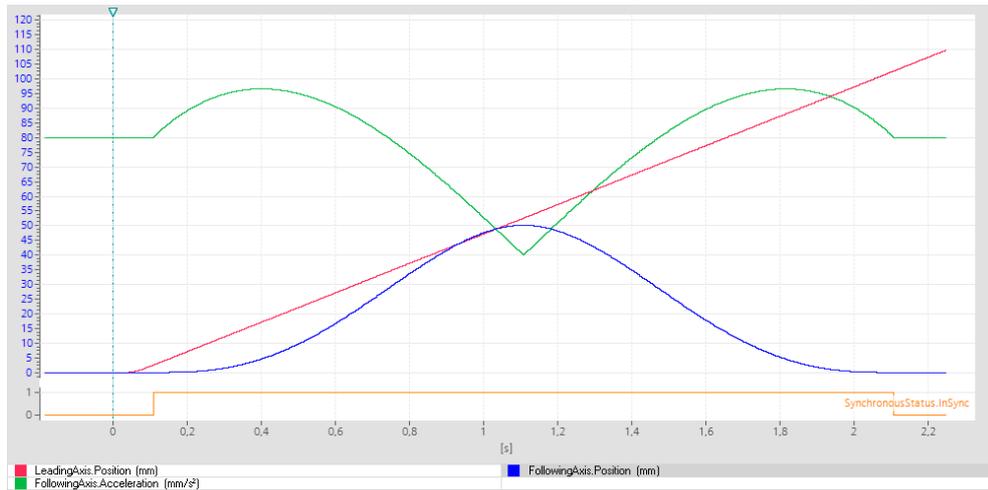
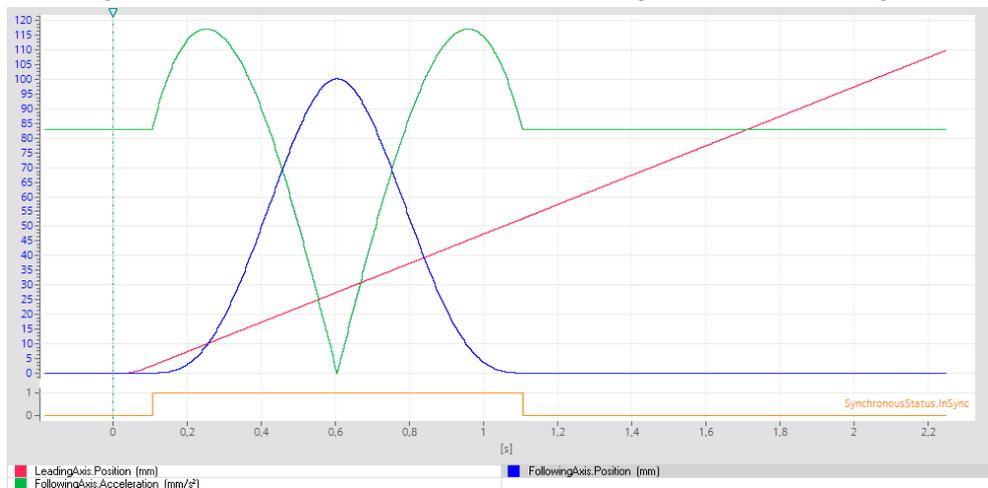
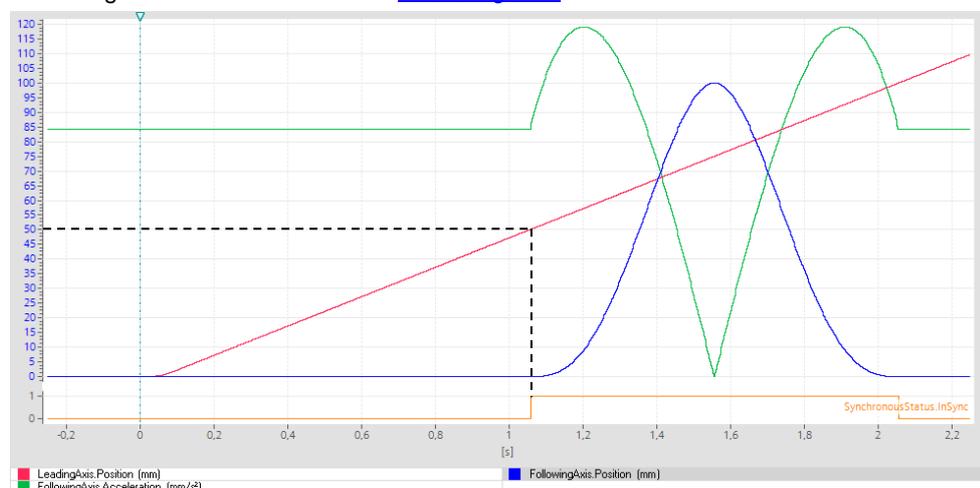


Abbildung 8-12 Normierte Kurvenscheibe mit Slave-Scaling = 100, Master-Scaling = 50



Beispielhaft wurde in der nächsten Grafik die gerade gezeigte Kurvenscheibe im Master-Bereich um 50 mm verschoben.

Abbildung 8-13 Kurvenscheibe aus [Abbildung 8-12](#) mit einem Master-Offset von 50 mm



### 8.4 MasterSyncPosition

Über den Parameter "MasterSyncPosition" wird die Leitachseposition innerhalb der Kurvenscheibe festgelegt, ab der die Folgeachse synchron zur Leitachse verfahren werden soll (vorlaufendes Aufsynchronisieren) bzw. mit dem Aufsynchronisieren beginnen soll (nachlaufendes Aufsynchronisieren). Diese Position muss unter Berücksichtigung der Skalierung und Verschiebung (Offset) der Kurvenscheibe festgelegt werden.

#### Bestimmung der "MasterSyncPosition"

Zur Bestimmung des Parameters muss zwischen folgenden beiden Kurvenscheibendefinitionen unterschieden werden:

- Der Startpunkt der Kurvenscheibe beginnt bei 0,000:  
In diesem Fall entspricht der Parameter "MasterSyncPosition" direkt der Position der skalierten und ggf. verschobenen Kurvenscheibe, an der die Folgeachse synchron zur Leitachse verfahren werden soll (vorlaufendes Aufsynchronisieren) bzw. mit dem Aufsynchronisieren beginnen soll (nachlaufendes Aufsynchronisieren). Diese Position muss innerhalb der Kurvenscheibe liegen.
- Der Startpunkt der Kurvenscheibe beginnt nicht bei 0,000:  
In diesem Fall muss der Parameter "MasterSyncPosition" mit folgender Formel berechnet werden:

$$\text{MasterSyncPosition} = X_{\text{Sync}} - X_{\text{Start}}$$

Dabei gilt für die beiden Parameter:

- $X_{\text{Sync}}$  ist die Position der Leitachse innerhalb des Kurvenscheibendefinitionsbereichs, ab der Leit- und Folgeachse sich synchron zueinander bewegen sollen (vorlaufendes Aufsynchronisieren) bzw. ab der die

## 8 Kurvenscheibengleichlauf

Folgeachse mit dem Aufsynchronisieren beginnen soll (nachlaufendes Aufsynchronisieren).

- $X_{Start}$  ist die Startposition der Kurvenscheibe innerhalb des Kurvenscheibendefinitionsbereichs.

Abbildung 8-14 MasterSyncPosition bei einer nicht bei 0,000 beginnenden Kurvenscheibe und vorlaufendem Aufsynchronisieren

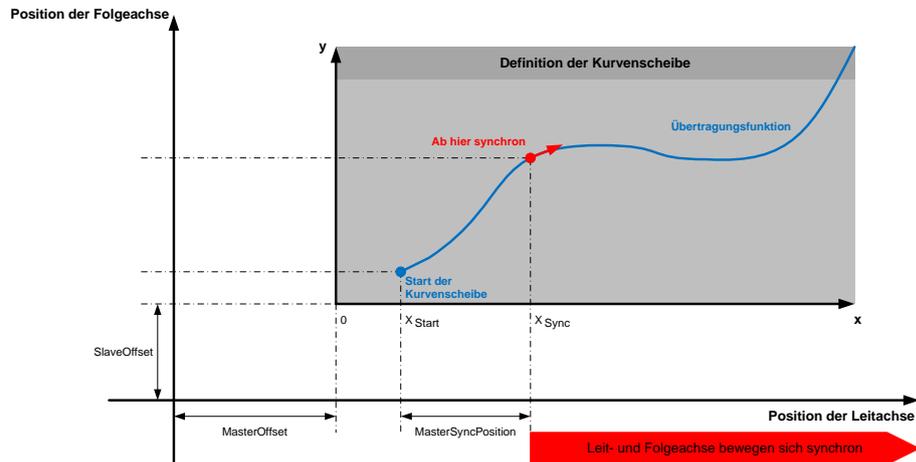
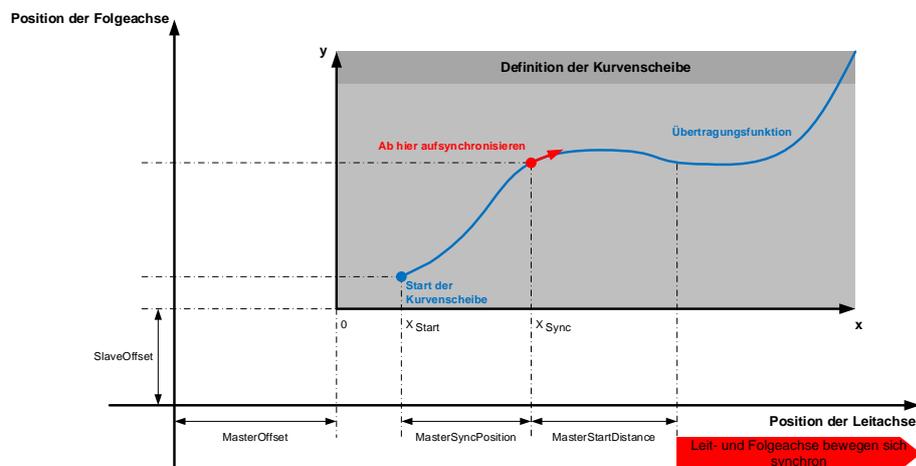


Abbildung 8-15 MasterSyncPosition bei einer nicht bei 0,000 beginnenden Kurvenscheibe und nachlaufendem Aufsynchronisieren



**Hinweis** Da beim Kurvenscheibengleichlauf in der SIMATIC S7-1500T stets eine Gleichlaufbeziehung mit Synchronposition zwischen Leit- und Folgeachse aufgebaut wird, entsprechen die Leitachsenpositionen innerhalb der skalierten und verschobenen Kurvenscheibe direkt den realen Positionen der Leitachse.

**Hinweis** Genaue Hinweise zur Ermittlung des Parameters "MasterSyncPosition" können Sie dem "Migrationsleitfaden: S7-31xT nach S7-1500(T)" ([\11](#)) entnehmen.

## 8.5 SyncProfileReference und MasterStartDistance

Über den Parameter SyncProfileReference kann das Synchronisierprofil für das Aufsynchronisieren der Folgeachse auf die Leitachse ausgewählt werden:

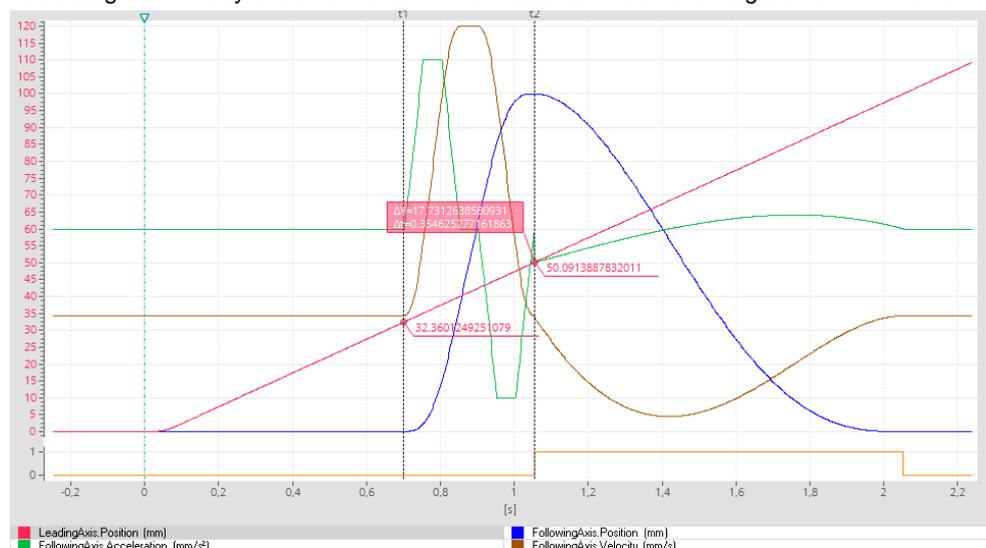
- SyncProfileReference = 0:  
Vorlaufendes Aufsynchronisieren der Folgeachse auf die Leitachse über Dynamikparameter.
- SyncProfileReference = 1:  
Vorlaufendes Aufsynchronisieren der Folgeachse auf die Leitachse über den definierten Leitwertweg.
- SyncProfileReference = 2 (ab TIA Portal V15 mit CPU-Firmware V2.5):  
Leit- und Folgeachse direkt synchron setzen.
- SyncProfileReference = 3 (ab TIA Portal V16 mit CPU-Firmware V2.8)  
Nachlaufendes Aufsynchronisieren der Folgeachse auf die Leitachse über den definierten Leitwertweg.
- SyncProfileReference = 4 (ab TIA Portal V16 mit CPU-Firmware V2.8)  
Nachlaufendes Aufsynchronisieren der Folgeachse auf die Leitachse über den definierten Leitwertweg ab der aktuellen Position der Leitachse.
- SyncProfileReference = 5 (ab TIA Portal V17 mit CPU-Firmware V2.9)  
Direktes synchron Setzen der Leit- und Folgeachse am Ende der aktuellen Kurvenscheibe

### 8.5.1 Aufsynchronisieren über Dynamikparameter

Das Aufsynchronisieren der Folgeachse auf die Leitachse erfolgt über die für die Folgeachse definierten Dynamikparameter:

- Maximale Geschwindigkeit (Velocity)
- Maximale Beschleunigung (Acceleration) bzw. Verzögerung (Deceleration)
- Maximaler Ruck (Jerk)

Abbildung 8-16 Aufsynchronisieren mit einer maximalen Geschwindigkeit von 500 mm/s



Der Start des Aufsynchronisiervorgangs wird durch die Steuerung so berechnet, dass die Folgeachse an der Position MasterSyncPosition mit der Leitachse synchron ist. Dazu werden die definierten Dynamikwerte zur Generierung des

Bewegungsprofils während des Aufsynchronisiervorgangs verwendet. Das Bewegungsprofil legt damit auch den Startzeitpunkt der Folgeachse für den Aufsynchronisiervorgang fest. In der dargestellten Bewegungsaufzeichnung benötigt der dargestellte Aufsynchronisiervorgang mit einer maximalen Geschwindigkeit von 500 mm/s einen zurückgelegten Weg der Leitachse von 17,7 mm.

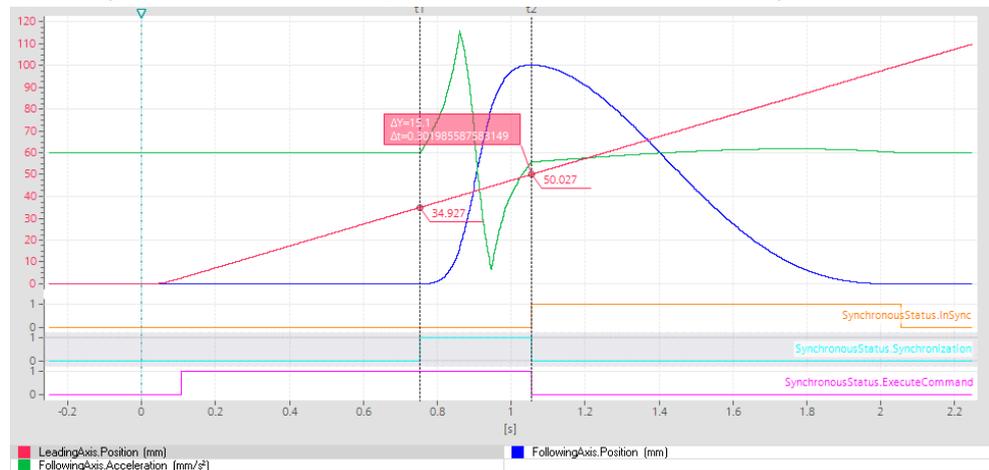
### 8.5.2 Aufsynchronisieren über den Leitwertweg

Aufsynchronisieren über den Leitwertweg eignet sich besonders gut für einen definierten Start des Aufsynchronisiervorgangs in Abhängigkeit der Leitachseposition und ist auf verschiedene Arten möglich.

#### Vorlaufendes Aufsynchronisieren über den Leitwertweg mit einem definierten Leitwert

Der Aufsynchronisiervorgang wird gestartet, sobald sich die Leitachse um den Leitwertweg "MasterStartDistance" vor dem Synchronpunkt "MasterSyncPosition" befindet. Die Dynamikwerte für die Folgeachse werden dabei so von der Steuerung berechnet, dass die Folgeachse den Aufsynchronisiervorgang durchführen kann.

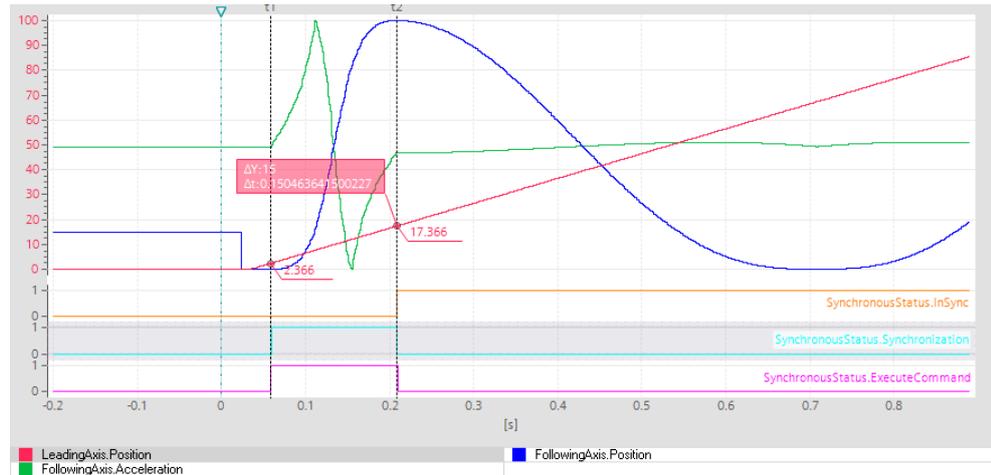
Abbildung 8-17 Vorlaufendes Aufsynchronisieren mit einem Leitwertweg von 15



#### Vorlaufendes Aufsynchronisieren über Leitwertweg ab aktueller Leitwertposition

Der Aufsynchronisiervorgang wird ab der aktuellen Leitwertposition sofort gestartet. Die Dynamikwerte für die Folgeachse werden dabei so von der Steuerung berechnet, dass der Aufsynchronisiervorgang abgeschlossen ist, wenn die Leitachse den Leitwertweg "MasterStartDistance" von der Leitwertposition bei Start des Aufsynchronisierens aus zurückgelegt hat. Beim Abschluss des Aufsynchronisierens erreicht die Folgeachse den Folgewert der vorgegebenen "MasterSyncPosition" = 50 bezogen auf den Kurvenscheibenanfang. Die Kurvenscheibe wird also automatisch im Leitwertbereich verschoben.

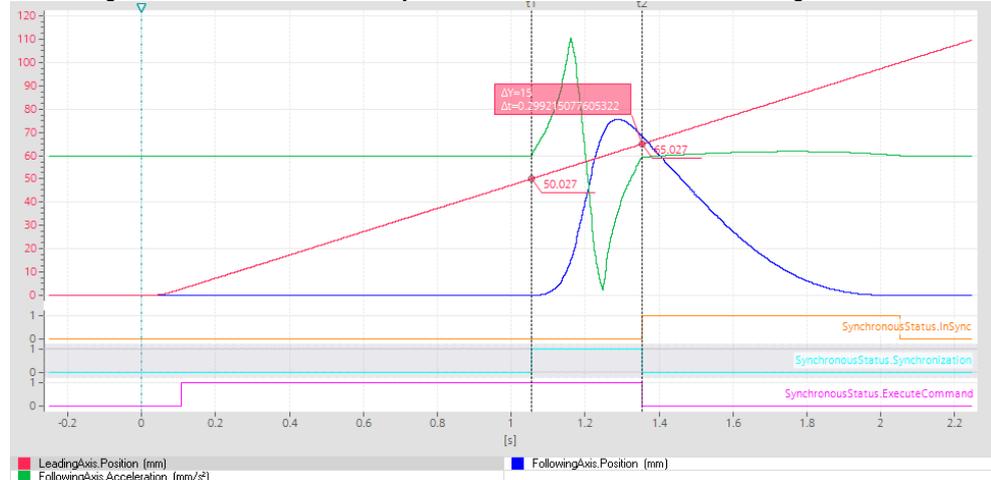
Abbildung 8-18 Vorlaufendes Aufsynchronisieren mit einem Leitwertweg von 15



### Nachlaufendes Aufsynchronisieren über Leitwertweg ab einem definierten Leitwert

Der Aufsynchronisiervorgang wird gestartet, sobald die Leitachse den Synchronpunkt "MasterSyncPosition" überfährt. Die Dynamikwerte für die Folgeachse werden so von der Steuerung berechnet, dass der Aufsynchronisiervorgang abgeschlossen ist, wenn die Leitachse den Leitwertweg "MasterStartDistance" von der Synchronposition der Leitachse aus zurückgelegt hat.

Abbildung 8-19 Nachlaufendes Aufsynchronisieren mit einem Leitwertweg von 15



### Nachlaufendes Aufsynchronisieren über den Leitwertweg ab der aktuellen Leitwertposition

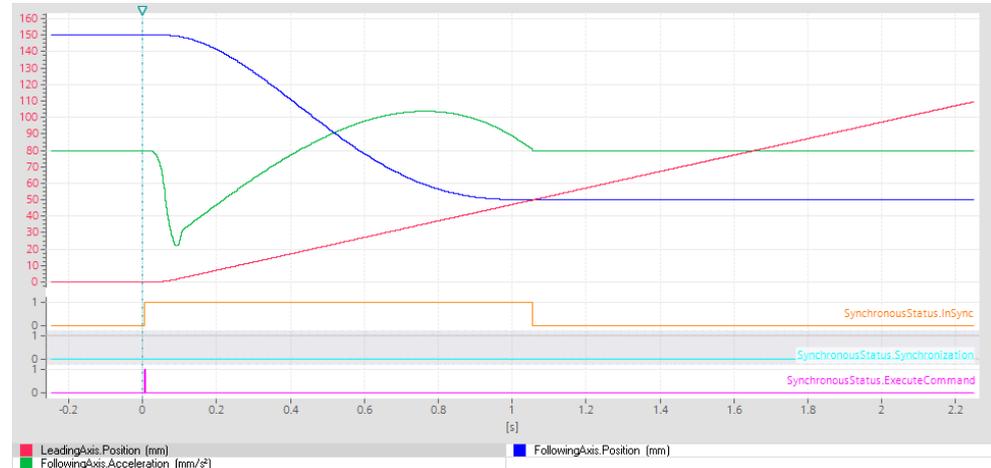
Der Aufsynchronisiervorgang wird ab der aktuellen Leitwertposition sofort gestartet. Die Dynamikwerte für die Folgeachse werden dabei so von der Steuerung berechnet, dass der Aufsynchronisiervorgang abgeschlossen ist, wenn die Leitachse den Leitwertweg "MasterStartDistance" von der Leitwertposition bei Start des Aufsynchronisierens aus zurückgelegt hat.



Für die nachfolgende Grafik wurden folgende Positionswerte gewählt:

- Startposition der Folgeachse: 150mm
- MasterSyncPosition = 50mm

Abbildung 8-21 Direktes Synchron Setzen



### Hinweis

In TIA Portal V14 ist das direkte Synchronsetzen der Folgeachse auf eine stehende Leitachse über die Motion Control-Anweisung "MC\_CamIn" nicht möglich. Dazu ist ein eigenständiger Funktionsbaustein verfügbar, der an der unter [V7](#) genannten Adresse zum Download angeboten wird. Ab TIA Portal V15 steht der Mode SyncProfileReference = 2 (Direkt synchron setzen) zur Verfügung.

### Direkt synchron Setzen am Kurvenscheibenende

Leit- und Folgeachse werden am Ende des aktuellen Kurvenscheibenprofils ohne Aufsynchronisiervorgang direkt synchron gesetzt. Die Folgeachse fährt die Kurvenscheibe ab der Leitwertposition "MasterSyncPosition" **relativ** ab. Das System verschiebt die Kurvenscheibe also. Die Verschiebung des Leitwerts ergibt sich aus der aktuellen Leitwertposition und der Synchronposition des Leitwerts "MasterSyncPosition". Die Verschiebung des Folgewerts der Kurvenscheibe ergibt sich aus der aktuellen Position der Folgeachse.

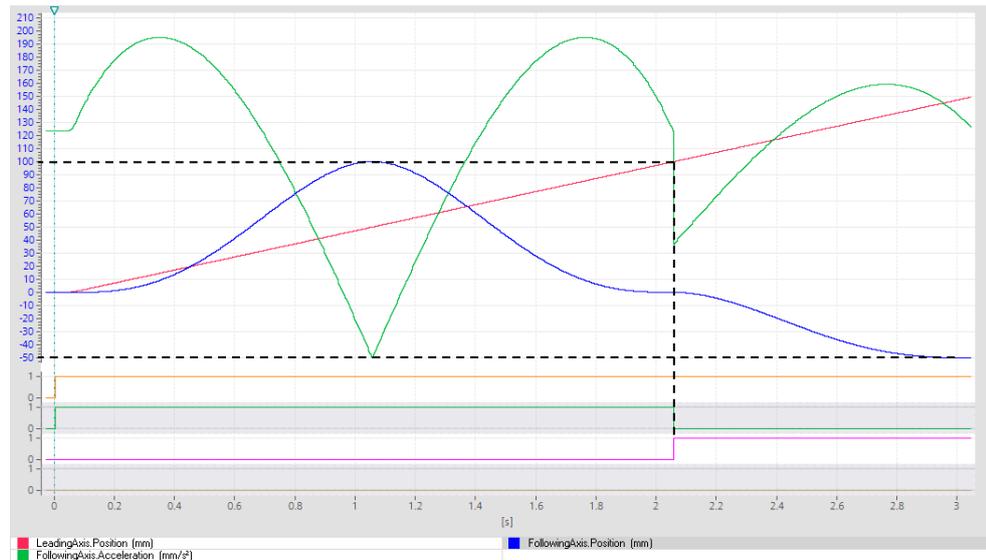
### Hinweis

Eine aktive Kurvenscheibe kann mit dieser Funktion einfach neu skaliert oder gegen eine andere Kurvenscheibe eingetauscht werden, ohne dass ein erneutes Aufsynchronisieren nötig ist.

Für die nachfolgende Grafik wurde die Kurvenscheibe zweimal durchlaufen und zwischen den Durchläufen neu skaliert. Während des ersten Durchlaufs der Kurvenscheibe wurde ein zweiter "MC\_CamIn" Befehl mit folgenden Werten abgesetzt:

- MasterSyncPosition = 50mm
- SlaveScaling im ersten Durchlauf = 100
- SlaveScaling im zweiten Durchlauf = 50
- ApplicationMode = 1

Abbildung 8-22 Direkt synchron Setzen am Ende der aktiven Kurvenscheibe



## 8.6 ApplicationMode

Der "ApplicationMode" definiert die Anwendung der Kurvenscheibe, d. h. das Verhalten des Kurvengleichlaufs nach dem einmaligen Durchlaufen der Kurvenscheibe.

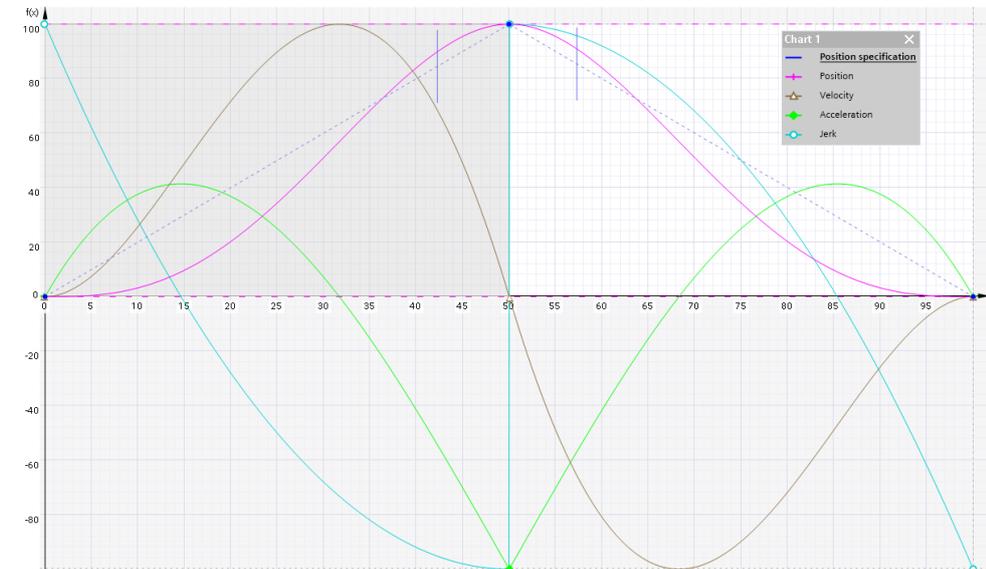
Um die Auswirkungen der verschiedenen Modi in den Bewegungsaufzeichnungen möglichst deutlich darstellen zu können, kommen hierfür folgende beiden Kurvenscheiben zum Einsatz:

### Kurvenscheibe aus Abbildung 8-8

Für die Bewegungsaufzeichnung wird die Kurvenscheibe mit direkter Definition im Zielkoordinatensystem genutzt:

- Master-Wertebereich: 0..100
- Slave-Wertebereich: 0..100

Abbildung 8-23 Kurvenscheibe mit Darstellung im Zielkoordinatensystem



### Halbe Kurvenscheibe aus Abbildung 8-8

Für die Bewegungsaufzeichnung wird nur die Hälfte der oben genannten Kurvenscheibe mit direkter Definition im Zielkoordinatensystem als eigenständiges Technologieobjekt genutzt:

- Master-Wertebereich: 0..50
- Slave-Wertebereich: 0..100

Abbildung 8-24 Halbe Kurvenscheibe mit Darstellung im Zielkoordinatensystem



In den folgenden Bewegungsaufzeichnungen wurden folgende Parameter an Motion Control-Anweisung "MC\_CamIn" gewählt:

- MasterOffset/SlaveOffset = 0.0
- MasterScaling/SlaveScaling = 1.0
- MasterSyncPosition = 0.0 mm
- SyncProfileReference = 2

#### 8.6.1 Einmalig / Nicht zyklisch

Die Kurvenscheibe wird genau einmal durchlaufen. Beim Durchlaufen in positiver Richtung wird der Gleichlauf beim Erreichen des Endpunkts der Kurvenscheibe beendet.

Beim Durchlaufen in negativer Richtung wird der Gleichlauf beim Erreichen des Anfangspunkts der Kurvenscheibe beendet.

Abbildung 8-25 Bewegungsaufzeichnung mit der Kurvenscheibe aus [Abbildung 8-23](#)

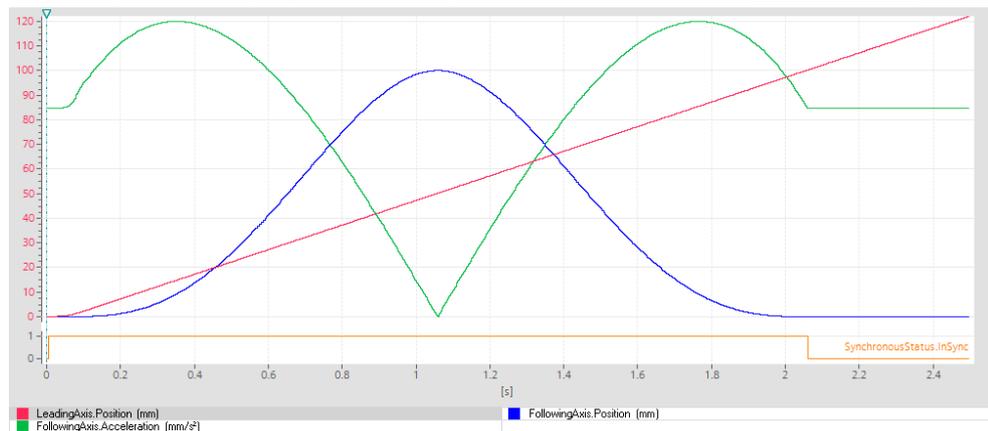
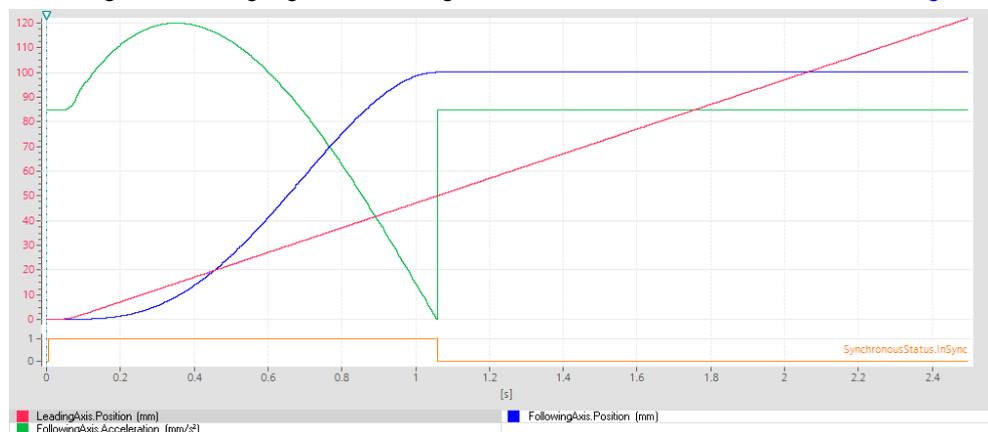


Abbildung 8-26 Bewegungsaufzeichnung mit der halben Kurvenscheibe aus [Abbildung 8-24](#)



### 8.6.2 Zyklisch (Folgewertseitig absolut)

Die Kurvenscheibe wird zyklisch durchlaufen. Beim Durchlaufen in positiver Richtung wird die Kurvenscheibe beim Erreichen des Endpunkts der Kurvenscheibe ab dem Startpunkt wiederholt.

Beim Durchlaufen in negativer Richtung wird die Kurvenscheibe beim Erreichen des Anfangspunkts der Kurvenscheibe ab dem Endpunkt wiederholt. Zur Vermeidung von Dynamiksprüngen müssen Start- und Endpunkt der Kurvenscheibe übereinstimmen.

## 8 Kurvenscheibengleichlauf

Abbildung 8-27 Bewegungsaufzeichnung mit der Kurvenscheibe aus [Abbildung 8-23](#)

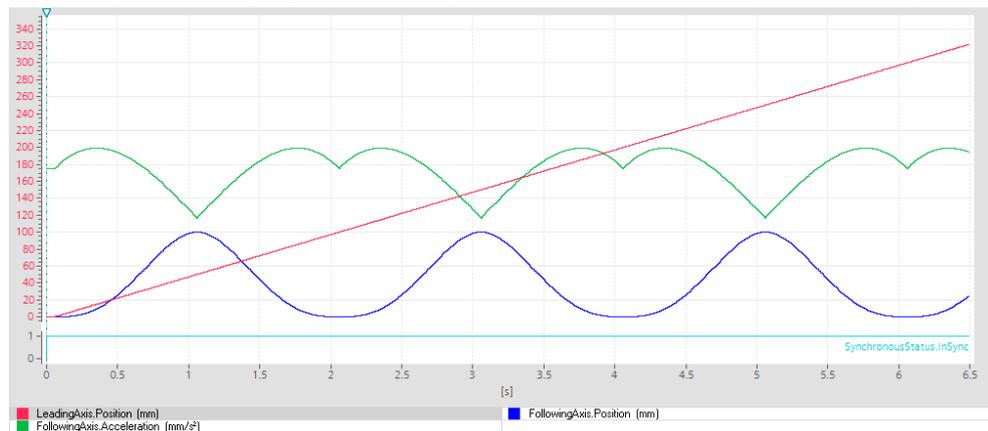
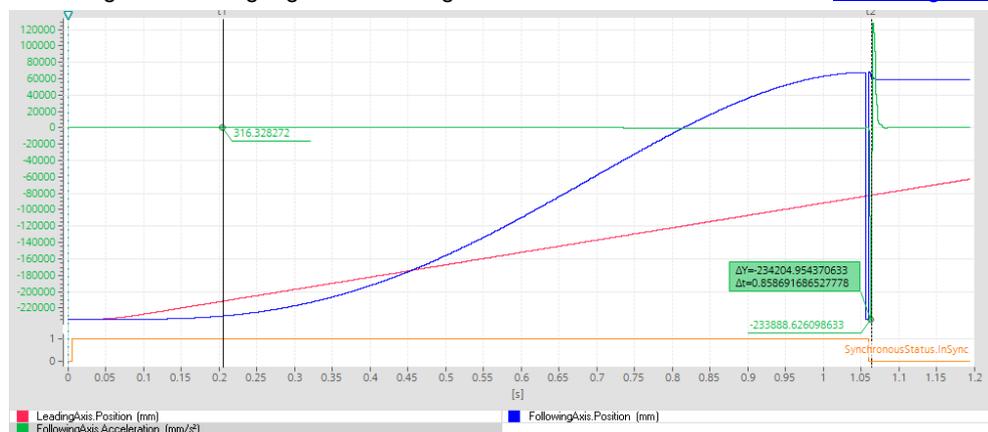


Abbildung 8-28 Bewegungsaufzeichnung mit der halben Kurvenscheibe aus [Abbildung 8-24](#)



### Hinweis

Durch das zyklische Anwenden der halben Kurvenscheibe entsteht beim erneuten Durchlaufen der Kurvenscheibe vom End- zum Startpunkt eine Positionsdifferenz von 100. Die Folgeachse versucht diesem Sollwertsprung mit maximalen Dynamikwerten zu folgen. Es entsteht ein zu hoher Schleppabstandfehler, welcher zum Sperren der Folgeachse und folglich zum Abbruch des Gleichlaufs führt.

### ACHTUNG Maschinenschaden droht!

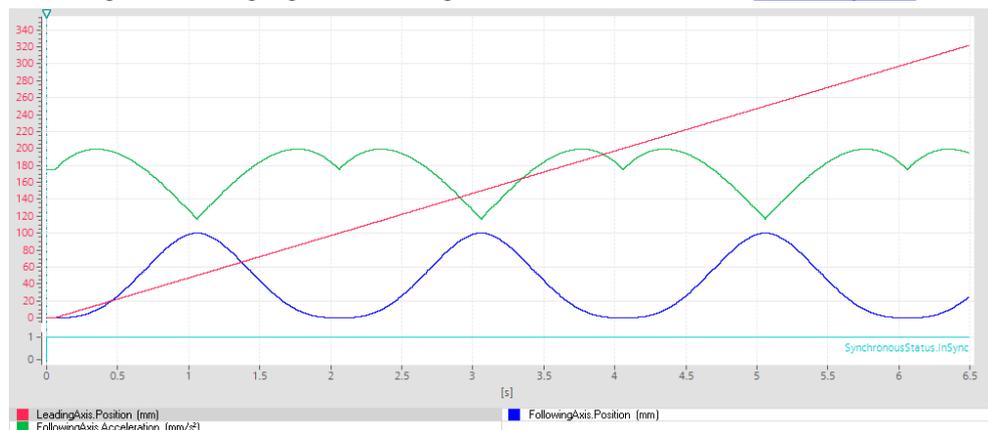
Die Folgeachse folgt dem Leitwert nicht mit den angegebenen Dynamikwerten an der Motion Control-Anweisung "MC\_CamIn", sondern mit den berechneten Dynamikwerten, um dem Positionssollwert zu folgen. In der [Abbildung 8-28](#) folgt die Folgeachse dem Sprung von 100.0 auf 0.0 mit einer vom System berechneten maximalen Beschleunigung von über  $-200.000 \text{ mm/s}^2$ . Die projektierte Maximalbeschleunigung beträgt allerdings  $10.000 \text{ mm/s}^2$ . Achten Sie daher auf einen ruckfreien Start- und Endpunkt, wenn die Kurvenscheibe zyklisch angewendet werden soll. Weitere Information können der Hinweisbox im Kapitel [8.5.2](#) entnommen werden.

### 8.6.3 Zyklisch anhängend (Folgewertseitig stetig anhängend)

Die Kurvenscheibe wird zyklisch durchlaufen. Beim Durchlaufen in positiver Richtung wird der Endpunkt der Kurvenscheibe als Startpunkt für den nächsten Durchlauf verwendet.

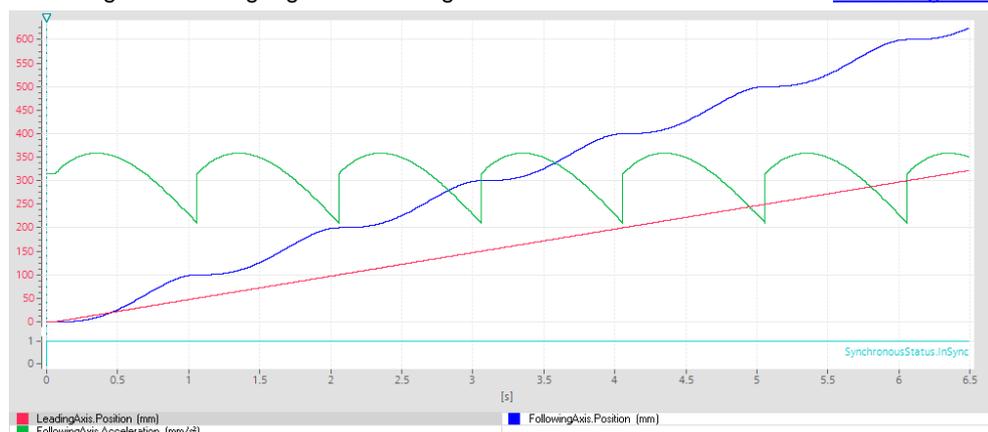
Beim Durchlaufen in negativer Richtung wird der Startpunkt der Kurvenscheibe als Startpunkt für den nächsten Durchlauf verwendet. Der folgewertseitige Positionsunterschied zwischen Start- und Endpunkt wird richtungsabhängig aufaddiert. Zur Vermeidung von Dynamiksprüngen muss die Geschwindigkeit in den Randpunkten stetig sein.

Abbildung 8-29 Bewegungsaufzeichnung mit der Kurvenscheibe aus [Abbildung 8-23](#)



Zwischen der zyklischen Anwendung und der zyklisch anhängenden Anwendung der Kurvenscheibe ist in der Bewegungsaufzeichnung kein Unterschied erkennbar, da Start- und Endpunkt der Kurvenscheibe die gleiche Folgeachsposition repräsentieren. Die Unterschiede werden erst in der nachfolgenden Abbildung bei Anwendung der halben Kurvenscheibe deutlich.

Abbildung 8-30 Bewegungsaufzeichnung mit der halben Kurvenscheibe aus [Abbildung 8-24](#)

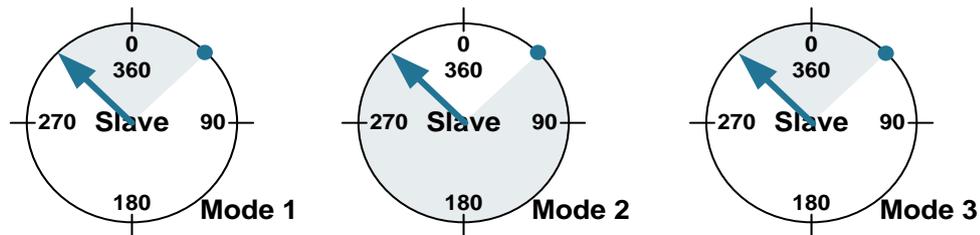


## 8.7 SyncDirection

Modulo-Achsen können in der Regel die definierte Synchronposition auf zwei verschiedenen Wegen erreichen:

- Direkt, ohne die Modulo-Startposition zu überqueren und damit einen Modulo-Sprung zu generieren.
- Über die Modulo-Startposition, durch Generierung eines Modulo-Sprungs.

Abbildung 8-31 Folgeachse als Modulo-Achse mit modusabhängigem Synchronisierbereich



Über den Parameter "SyncDirection" kann für eine Modulo-Folgeachse festgelegt werden, wie sich die Motion Control-Anweisung "MC\_CamIn" zur Durchführung des Aufsynchronisiervorgangs verhalten soll:

- 1: Positive Richtung  
Die Folgeachse darf beim Aufsynchronisieren nur in positive Richtung fahren.
- 2: Negative Richtung  
Die Folgeachse darf beim Aufsynchronisieren nur in negative Richtung fahren.
- 3: Kürzester Weg  
Die Folgeachse darf beim Aufsynchronisieren in positive oder negative Richtung fahren. Die Folgeachse wählt dabei die Bewegungsrichtung mit der kürzesten Entfernung zur definierten Synchronposition. Gegebenenfalls führt diese Bewegung auch über die Modulo-Startposition der Achse hinweg.

**ACHTUNG** Wenn für den Aufsynchronisiervorgang eine Richtung vorgegeben wurde, dann kann eine Richtungsumkehr der Leitachse in die gewünschte Richtung zu einer sofortigen Aufnahme des Aufsynchronisiervorgangs führen! Solange diese Bedingung nicht erfüllt ist, bleibt die Motion Control-Anweisung aktiv und wartet bis die Leitachse in die vorgegebene Richtung verfahren wird.

## 8.8 Ablösen eines Kurvenscheibengleichlaufs

### 8.8.1 Voraussetzung

Voraussetzung für das Ablösen eines Kurvenscheibengleichlaufs ist, dass zwischen Leit- und Folgeachse bereits eine aktive Kurvenscheibenkopplung besteht. Das bedeutet, dass sich die bereits aktive Kurvenscheibe im Zustand "InSync" befindet.

In diesem Zustand kann die Ablösung der aktiven Kopplung durch eine weitere Motion Control-Anweisung "MC\_CamIn" mit der ablösenden Kurvenscheibe gestartet werden. Die Ablösung der Kurvenscheibe findet statt, sobald die

Aufsynchronisierungsbedingung der neu gestarteten Motion Control-Anweisung "MC\_CamIn" erfüllt ist.

### Hinweis

Ist die aktuelle Kurvenscheibe noch nicht aktiv eingekoppelt, d. h. die Motion Control-Anweisung "MC\_CamIn" ist zwar gestartet, hat aber noch nicht den Zustand "InSync" erreicht, dann kommt es durch den Start einer weiteren Motion Control-Anweisung "MC\_CamIn" nicht zu einer Ablösung der aktiven Kurvenscheibe, sondern zum Abbruch der zuerst ausgeführten Motion Control-Anweisung. Der Abbruch wird über den Ausgang "CommandAborted" angezeigt.

Die zuerst gestartete Kurvenscheibenkopplung wird dann nicht mehr durchgeführt, sondern durch die Kopplung mit der zweiten Kurvenscheibe ersetzt.

### 8.8.2 Vorgehen

Als Ausgangspunkt wird zwischen Leit- und Folgeachse ein Kurvenscheibengleichlauf mit der Kurvenscheibe ersten aus [Abbildung 8-23](#) hergestellt. Dieser Kurvenscheibengleichlauf soll dann durch das Einwechseln der zweiten Kurvenscheibe aus [Abbildung 8-24](#) abgelöst werden.

Die Folgeachse wird über die Kurvenscheibe CAM1 mit folgenden Parameter-einstellungen über die Motion Control-Anweisung "MC\_CamIn" direkt synchron zur Leitachse gesetzt:

- MasterSyncPosition = 0 (Startpunkt der Kurve am Beginn der Kurvenscheibe)
- SyncProfileReference = 2 (Direkt synchron setzen)

Sobald die Kopplung zwischen Leit- und Folgeachse über die Kurvenscheibe CAM1 aktiv ist, wird die Motion Control-Anweisung "MC\_CamIn" für die Kurvenscheibe CAM 2 mit folgenden Einstellungen gestartet:

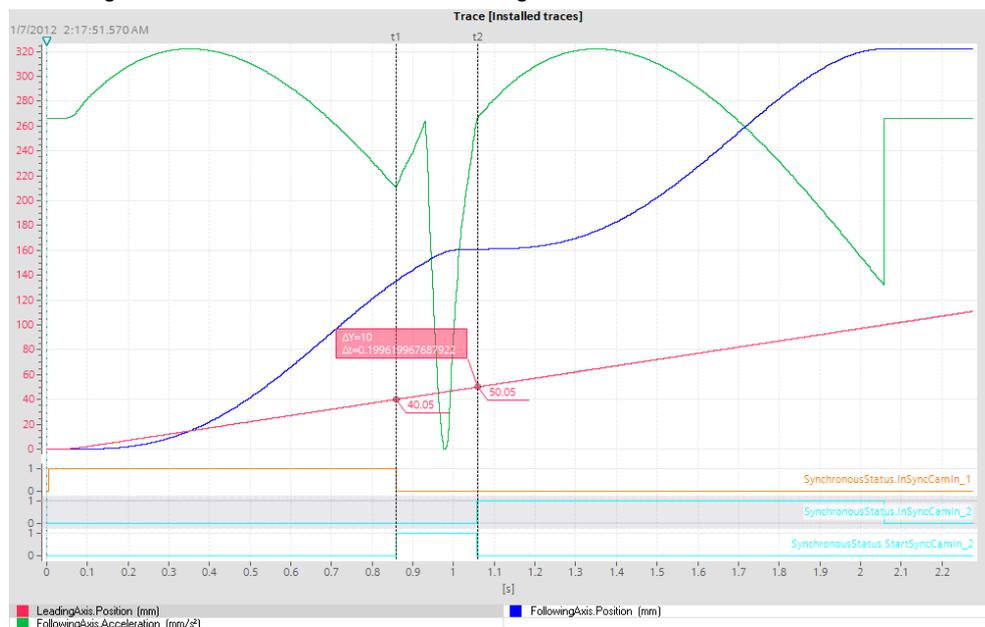
- MasterOffset = 50  
Verschiebung des Startpunkts der Kurvenscheibe von der Position 0 an die gewünschte Position im Koordinatensystem der Leitachse.
- SlaveOffset = 100  
Verschiebung des Startpunkts der Kurvenscheibe von der Position 0 an die gewünschte Position im Koordinatensystem der Folgeachse.  
Diese Position ergibt sich aus dem Folgewert aus der Kurvenscheibe CAM1, die aktuell zwischen Leit- und Folgeachse aktiv ist.
- MasterSyncPosition = 0  
Die ablösende Kurvenscheibe soll von Anfang an verfahren werden, weshalb hier die Position 0 angegeben wird.
- MasterStartDistance = 10  
Distanz vor der Synchronposition, ab der der Ablösevorgang mit dem Einkoppeln der Kurvenscheibe CAM2 beginnen soll.

### Hinweis

Die Position der "MasterSyncPosition" bezieht sich immer auf die Koordinatenachse für den Leitwert in der Kurvenscheibendefinition.

Der Bezug des Parameters "MasterSyncPosition" auf die reale Position der Leitachse muss gegebenenfalls unter Berücksichtigung der Skalierung und Verschiebung der Kurvenscheibe über die Parameter "MasterOffset" und "MasterScaling" berechnet werden.

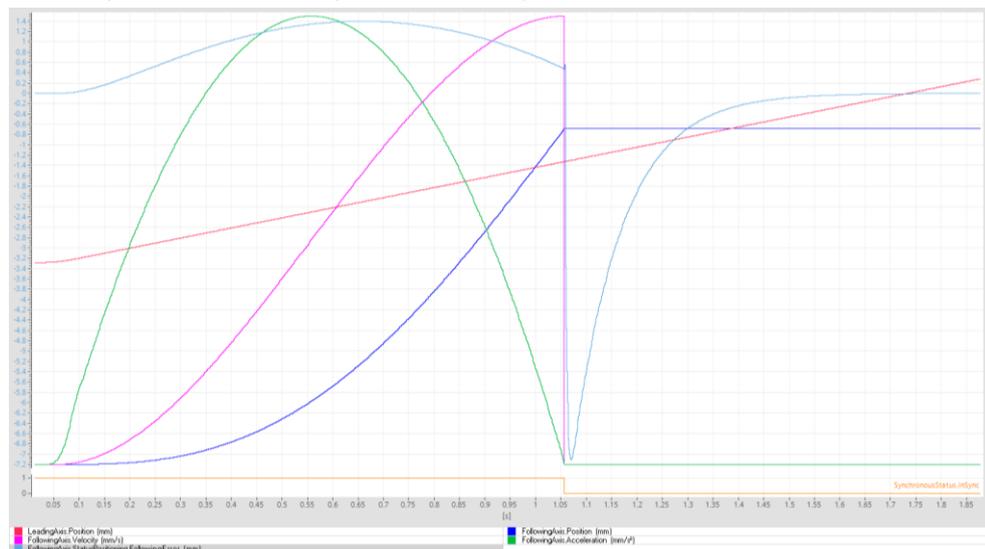
Abbildung 8-32 Ablösen eines Kurvenscheibengleichlaufs



## 8.9 Verhalten am Ende einer Kurvenscheibe

Soll eine Kurvenscheibe einmalig angewendet werden, muss bei der Definition der Kurvenscheibe darauf geachtet werden, dass sie im Stillstand endet oder ruckfrei durch eine weitere Kurvenscheibe abgelöst werden kann. Beim einmaligen Anwenden einer Kurvenscheibe wird nach dem Durchlaufen des Profils der letzte interpolierte Positionswert ausgegeben und die Geschwindigkeit auf 0.0 gesetzt.

Abbildung 8-33 Sollwertsprung der Geschwindigkeit am Ende der Kurvenscheibe



Endet das Kurvenscheibenprofil nicht im Stillstand oder wird die Kurvenscheibe anschließend nicht von einer weiteren Kurvenscheibe oder Motion Control-Anweisung abgelöst, dann entsteht am Ende des Profils ein Sprung der Sollwerte auf 0.0. Der Antrieb versucht diesen Sollwertsprung mit maximalen Dynamikwerten zu folgen. Je nach Trägheit der Achse kann sich dadurch ein zu hoher Schleppab-

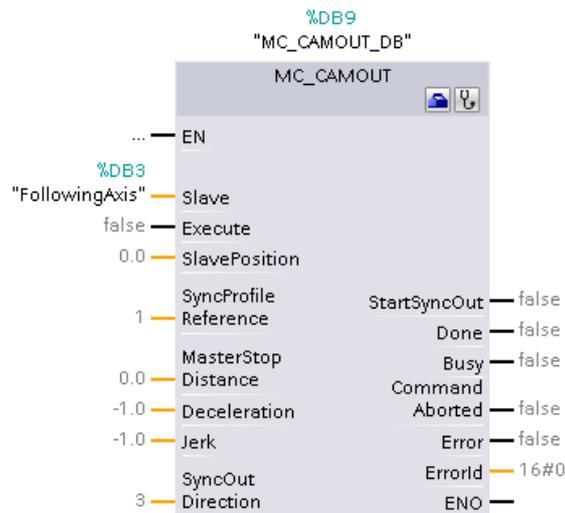
standsfehler einstellen. Der Antrieb bremst dann entlang der AUS3-Rampe bis zum Stillstand und sperrt die Achse.

## 8.10 Beenden eines Kurvenscheibengleichlaufs

### 8.10.1 Motion Control-Anweisung "MC\_CamOut"

Ab TIA Portal V17 mit CPU-Firmware V2.9 kann ein aktiver Kurvenscheibengleichlauf mit der Motion Control-Anweisung "MC\_CamOut" beendet werden.

Abbildung 8-34 Motion Control-Anweisung "MC\_CamOut"



Folgende Eingangsparameter der Motion Control-Anweisung sind für die Beeinflussung der Gleichlauffunktion relevant.

Tabelle 8-3 Ausgewählte Eingangsparameter

Parameter	Datentyp	Defaultwert	Beschreibung
SlavePosition	LREAL	0.0	Anhalteposition der Folgeachse
SyncProfileReference	DINT	1	Art des Absynchronisierens <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0: Absynchronisieren über Dynamikparameter</li> <li>• 1: Absynchronisieren über Leitwertweg</li> <li>• 5: Einen wartenden Gleichlauf beenden</li> </ul>
MasterStopDistance	LREAL	0.0	Leitwertweg Die Folgeachse wird auf dem vorgegebenen Leitwertweg absynchronisiert
Deceleration	LREAL	-1.0	Verzögerung als Dynamikparameter für den Absynchronisiervorgang
Jerk	LREAL	-1.0	Ruck als Dynamikparameter für den Absynchronisiervorgang

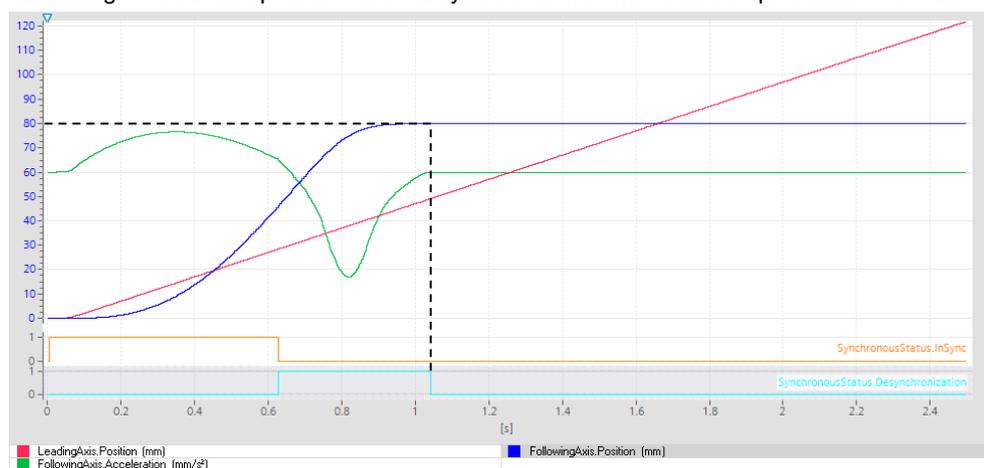
Parameter	Datentyp	Defaultwert	Beschreibung
SyncOutDirection	DINT	3	Richtung des Absynchronisierens bei aktivierter Modulo-Einstellung der Folgeachse: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1: Positive Richtung</li> <li>• 2: Negative Richtung</li> <li>• 3: Kürzester Weg</li> </ul>

### 8.10.2 Anhalteposition

Über die Anhalteposition "SlaveStopPosition" wird die Position der Folgeachse im Koordinatensystem der Folgeachse definiert, an der die Folgeachse absynchronisiert ist und sich im Stillstand befindet. Der Absynchronisiervorgang der Folgeachse wird anhand der vorgegebenen Position so berechnet, dass die Folgeachse an der definierten Anhalteposition zum Stehen kommt.

Die Bewegung der Leitachse wird beim Absynchronisieren nicht beeinflusst und nach Abschluss des Absynchronisiervorgangs weitergeführt.

Abbildung 8-35 Anhalteposition nach Absynchronisieren mit "SlaveStopPosition" = 80mm



### 8.10.3 Art des Absynchronisierens (SyncProfileReference)

#### Dynamikparameter (SyncProfileReference = 0)

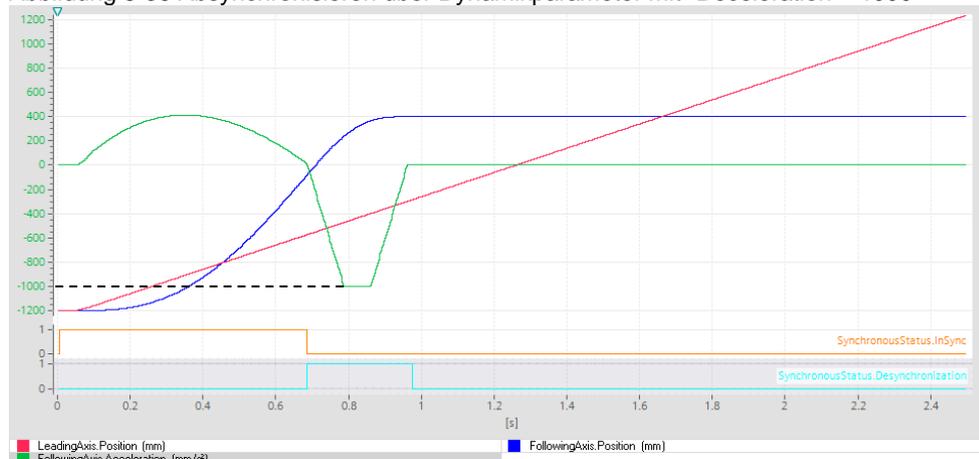
Für das Absynchronisieren werden die am Funktionsbaustein angegebenen Dynamikwerte der Folgeachse berücksichtigt, um den Gleichlauf der Leit- und der Folgeachse an der Anhalteposition zu beenden:

- Maximale Verzögerung (Deceleration)
- Maximaler Ruck (Jerk)

Die Absynchronisierbewegung der Folgeachse wird in Abhängigkeit der Entfernung der Folgeachse zur Anhalteposition so gestartet, dass die Folgeachse bei Erreichen der Anhalteposition zum Stehen kommt.

Der Absynchronisiervorgang wird über die am Baustein angegebenen Dynamikparameter der Folgeachse definiert. Die SIMATIC CPU berechnet daraus den Absynchronisiervorgang und führt das Absynchronisieren durch. Sobald der Absynchronisiervorgang gestartet wurde, sind Leit- und Folgeachse nicht mehr synchron und "InSync" wird zurückgesetzt.

Abbildung 8-36 Absynchronisieren über Dynamikparameter mit "Deceleration = 1000"

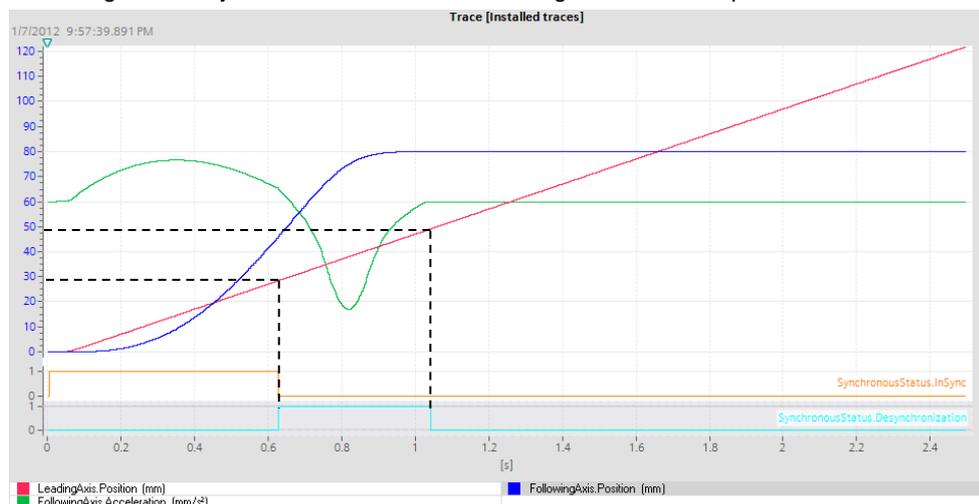


**Leitwertweg (SyncProfileReference = 1)**

Für das Absynchronisieren wird die Dynamik der Folgeachse so berechnet, dass die Folgeachse bei Erreichen der definierten Anhalteposition zum Stehen kommt. Während des Absynchronisiervorgangs der Folgeachse legt die Leitachse die Distanz "MasterStopDistance" zurück.

Die Dynamik der Folgeachse beim Absynchronisieren ergibt sich aus dem berechneten Bewegungsprofil und aus der aktuellen Dynamik der Leitachse. Änderungen der Dynamik der Leitachse beim Absynchronisieren werden dem berechneten Bewegungsprofil entsprechend der Gleichauffunktion überlagert. Durch die Überlagerung werden gegebenenfalls die Dynamikvorgaben an der Folgeachse überhöht.

Abbildung 8-37 Absynchronisieren über Leitwertweg mit "MasterStopDistance" = 20 mm



**Hinweis**

Achten Sie bei der Dimensionierung des Leitwertwegs darauf, dass die Folgeachse innerhalb der definierten dynamischen Grenzen in der Lage ist zum Stehen zu kommen.

### Wartenden Gleichlauf beenden

Ein wartender Gleichlauf kann über die Motion Control-Anweisung "MC\_CamOut" mit "SyncProfileReference" = 5 beendet werden. An der Motion Control-Anweisung "MC\_CamIn" wird dies durch "CommandAborted" angezeigt.

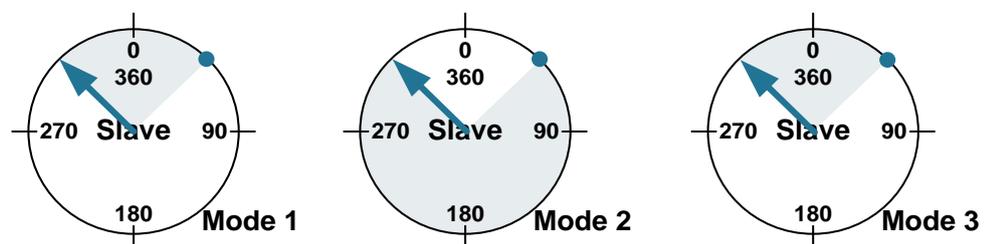
Die Bewegung der Leitachse wird durch den Abbruch eines wartenden Gleichlaufs nicht beeinflusst. Die Folgeachse führt durch den Abbruch eines wartenden Gleichlaufs keine Bewegung aus.

### 8.10.4 SyncOutDirection

Über diesen Parameter kann für die Folgeachse festgelegt werden, wie sich die Motion Control-Anweisung "MC\_CamOut" zur Durchführung des Absynchronisiervorgangs verhalten soll:

- 1: Positive Richtung  
Das Absynchronisieren wird nur durchgeführt, wenn die Folgeachse die definierte Anhalteposition in positiver Bewegungsrichtung erreichen kann.
- 2: Negative Richtung  
Das Absynchronisieren wird nur durchgeführt, wenn die Folgeachse die definierte Anhalteposition in negativer Bewegungsrichtung erreichen kann.
- 3: Kürzester Weg  
Das Absynchronisieren wird immer durchgeführt. Die Folgeachse wählt dabei die Bewegungsrichtung mit der kürzesten Entfernung zur definierten Anhalteposition. Gegebenenfalls führt diese Bewegung auch über die Modulo-Startposition der Achse hinweg.

Abbildung 8-38 Folgeachse als Modulo-Achse mit modusabhängigem Absynchronisierbereich



**ACHTUNG** Bei genau definierter Absynchronisierrichtung kann eine Richtungsumkehr der Leitachse zu einer sofortigen Aufnahme des Absynchronisiervorgangs führen!

Modulo-Achsen können in der Regel die definierte Anhalteposition auf zwei verschiedenen Wegen erreichen:

- Direkt, ohne die Modulo-Startposition zu überqueren und damit einen Modulo-Sprung zu generieren.
- Über die Modulo-Startposition, durch Generierung eines Modulo-Sprungs.

## 9 Anhang

### 9.1 Service und Support

#### SiePortal

Die integrierte Plattform für Produktauswahl, Einkauf und Support - und Verbindung von Industry Mall und Online Support. Die neue Startseite, ersetzt die bisherigen Startseiten der Industry Mall sowie des Online Support Portals (SIOS) und fasst diese zusammen.

- **Produkte & Services**  
Unter Produkte & Services finden Sie alle unsere Angebote, die bisher im Mall Katalog verfügbar waren.
- **Support**  
Im Bereich Support finden Sie alle Informationen, die für die Lösung technischer Probleme mit unseren Produkten hilfreich sind.
- **mySieportal**  
mySiePortal ist Ihr persönlicher Bereich, der Funktionen, wie z.B. die Warenkorbverwaltung oder die Bestellübersicht anzeigt. Den vollen Funktionsumfang sehen Sie hier erst nach erfolgreichem Login.

Das SiePortal rufen Sie über diese Adresse auf:

[sieportal.siemens.com](https://sieportal.siemens.com)

#### Industry Online Support

Der Industry Online Support ist die bisherige Adresse für Informationen zu unseren Produkten, Lösungen und Services.

Produktinformationen, Handbücher, Downloads, FAQs und Anwendungsbeispiele - alle Informationen sind mit wenigen Mausklicks erreichbar:

[support.industry.siemens.com](https://support.industry.siemens.com)

#### Technical Support

Der Technical Support von Siemens Industry unterstützt Sie schnell und kompetent bei allen technischen Anfragen mit einer Vielzahl maßgeschneiderter Angebote - von der Basisunterstützung bis hin zu individuellen Supportverträgen.

Anfragen an den Technical Support stellen Sie per Web-Formular:

[support.industry.siemens.com/cs/my/src](https://support.industry.siemens.com/cs/my/src)

#### SITRAIN - Digital Industry Academy

Mit unseren weltweit verfügbaren Trainings für unsere Produkte und Lösungen unterstützen wir Sie praxisnah, mit innovativen Lernmethoden und mit einem kundenspezifisch abgestimmten Konzept.

Mehr zu den angebotenen Trainings und Kursen sowie deren Standorte und Termine erfahren Sie unter:

[siemens.de/sitrain](https://siemens.de/sitrain)

## Industry Online Support App

Mit der App "Industry Online Support" erhalten Sie auch unterwegs die optimale Unterstützung.

Die App ist für iOS und Android verfügbar:



## 9.2 Industry Mall



Die Siemens Industry Mall ist die Plattform, auf der das gesamte Produktportfolio von Siemens Industry zugänglich ist. Von der Auswahl der Produkte über die Bestellung und die Lieferverfolgung ermöglicht die Industry Mall die komplette Einkaufsabwicklung – direkt und unabhängig von Zeit und Ort:

[mall.industry.siemens.com](http://mall.industry.siemens.com)

## 9.3 Links und Literatur

Tabelle 9-1

Nr.	Thema
\1\	Siemens Industry Online Support <a href="https://support.industry.siemens.com">https://support.industry.siemens.com</a>
\2\	Link auf die Beitragsseite des Anwendungsbeispiels <a href="https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109764888">https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109764888</a>
\3\	Themenseite zum Themengebiet "SIMATIC Technology" Wichtige Beiträge zu den Themen Motion Control, Signalerfassung und Signalausgabe und PID Control auf einen Blick. <a href="https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109751049">https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109751049</a>
\4\	Funktionshandbuch "SIMATIC S7-1500(T) Motion Control-Überblick V7.0 ab STEP 7 V18" <a href="https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109812056">https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109812056</a>
\5\	Funktionshandbuch "SIMATIC S7-1500(T) Achsfunktionen V7.0 ab STEP 7 V18" <a href="https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109812057">https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109812057</a>

Nr.	Thema
\6\	Funktionshandbuch "SIMATIC S7-1500(T) Gleichlauffunktionen V7.0 ab STEP 7 V18" <a href="https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109812059">https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109812059</a>
\7\	Anwendungsbeispiel "S7-1500T: Aufsynchronisieren im Stillstand "CamInStandStill" <a href="https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109745764">https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109745764</a>
\8\	FAQ "SIMATIC S7-1500T: Leitfaden für die Filterung und Extrapolation bei Istwertkopplung" <a href="https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109763337">https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109763337</a>
\9\	FAQ "SIMATIC S7-1500T: Arbeiten mit dem Kurvenscheibeneditor" <a href="https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109749820">https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109749820</a>
\10\	FAQ "SIMATIC S7-1500T: Einrichtung und Diagnose des PLC-übergreifenden Gleichlaufs" <a href="https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109770938">https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109770938</a>
\11\	Anwendungsbeispiel "Migrationsleitfaden: S7-31xT nach S7-1500(T)" <a href="https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109743136">https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109743136</a>

## 9.4 Änderungsdokumentation

Tabelle 9-2

Version	Datum	Änderung
V1.0	10/2019	Erste Ausgabe
V2.0	11/2021	Aktualisierung für TIA Portal V16 und V17
V2.1	09/2023	Aktualisierung für TIA Portal V18