

Motion Control Praxis

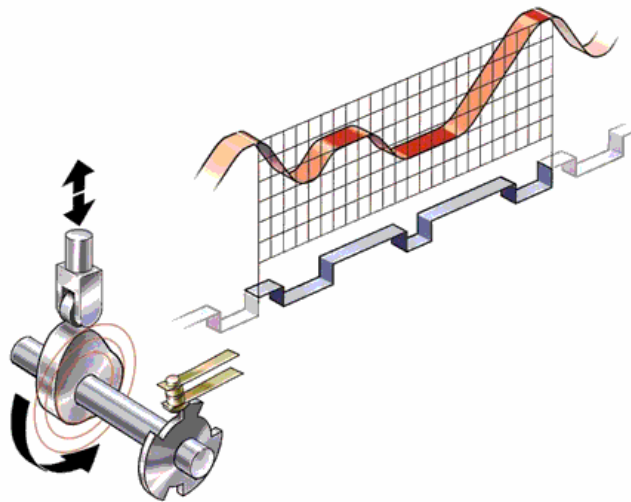
| | |
|--|-----------|
| Kurvenscheiben-Steuerung (CAM) | 11 |
| Schnellkurs für Ungeduldige | 12 |
| Beispiel: Kartons mit Haltbarkeitsdatum stempeln | 12 |
| Beispiel: Kartons bedrucken mit Markerkorrektur | 15 |
| Beispiel: Slave-Synchronisation mit Marker | 19 |
| Nockenschaltwerk | 22 |
| Beispiel eines Nockenschaltwerks | 22 |

Kurvenscheiben-Steuerung (CAM)

Um Kurvenscheibensteuerungen zu realisieren, benötigen Sie je nach Anwendung mindestens eine Kurve, die die Slave-Position in Abhängigkeit von der Master-Position sowie das Ein- und Auskuppelverhalten beschreibt. Natürlich sind für eine Kurvenscheibensteuerung weit mehr Parameter erforderlich, die zusammen mit den Fixpunkten der Kurve ein Kurvenprofil ergeben.

Die Synchronisation im CAM-Mode (Befehl SYNCC können Sie auch mit Markerkorrektur durchführen (SYNCCMM und SYNCCMS). Dies wäre zum Beispiel erforderlich, wenn die Produkte unregelmäßig auf einem Band transportiert werden oder wenn addierende Fehler ausgeglichen werden müssen.

Prinzipskizze: Links die mechanische Kurvenscheibe und die mechanische Nockenwelle, rechts die Kurven für die elektronische Kurvenscheibensteuerung und das elektronische Nockenschaltwerk:



Für die Erstellung des Kurvenprofils nutzen Sie den → **CAM-Editor**, in den Sie zuerst die bereits eingestellten Parameter laden. Dann setzen Sie die Fixpunkte der Kurve und definieren die für Ihre Anwendung erforderlichen Parameter. Alle Werte können Sie in physikalischen oder benutzerdefinierten Einheiten unter einer Windows-Oberfläche eingeben. Das Kurvenprofil können Sie ständig grafisch kontrollieren und so Geschwindigkeit und Beschleunigung der Slave-Achse prüfen.

Interpolation Der CAM-Editor berechnet aus den Fixpunkten die Kurve mit Hilfe einer Spline-Interpolation. Diese ist für ein minimales Drehmoment optimiert. Um Drehzahlsprünge bei mehrmaligem Kurvendurchlauf zu verhindern, wird die Geschwindigkeit am Anfang und Ende gleichgesetzt. Für diese Berechnung können Sie in der Registerkarte → **Kurwendaten** zwischen mehreren Kurventypen wählen. In jedem Fall berücksichtigt die Interpolation die Steigung der Kurve am Anfang und Ende: Entweder wird die Steigung am Anfang und Ende gemittelt, oder die Steigung am Anfang der Kurve wird auch für das Ende der Kurve benutzt, oder die Steigung am Anfang und Ende der Kurve wird auf 0 gesetzt.

Tangentenpunkte für Geradestücke Für Bereiche, in denen die Geschwindigkeit konstant und die Beschleunigung 0 sein muss, benutzen Sie Tangentenpunkte. Zwischen diesen Punkten wird statt eines Splines eine Gerade gelegt.

Genauigkeit Die Fixpunkte werden direkt als Interpolationspunkte übernommen, sofern dies der Intervallabstand zulässt. Der CAM-Editor führt zwischen den Interpolationspunkten eine lineare Interpolation durch. Wird durch den gewählten Intervallabstand ein Fixpunkt nicht getroffen, ist der entsprechende Slave-Sollwert in der Interpolationstabelle nicht vorhanden. Wenn Sie → **Ausrichten an Gitter** aktivieren, können Sie solche Abweichungen vermeiden.

Interne Realisierung als Array Intern werden die Kurvenprofile als Arrays realisiert, die Sie mit einer DIM-Anweisung und dem Befehl SETCURVE aufrufen.

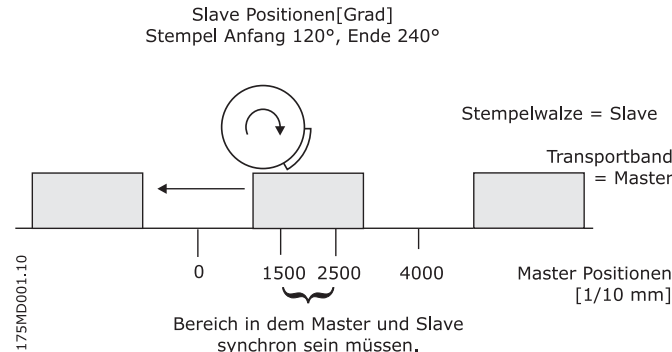
Schnellkurs für Ungeduldige

1. → **CAM-Editor** starten und Parameter laden mit **zbc-Datei** → **öffnen**.
2. Getriebefaktoren eingeben bzw. Benutzereinheiten MU und BE festlegen.
3. Mindestens drei → **Fixpunkte** für Master und Slave in der gleichnamigen Registerkarte eingeben.
4. Geben Sie → **Start-Stop-Punkte** für das Ein- und Auskuppeln ein.
5. In der Registerkarte **Kurvendaten** die → **Anzahl Intervalle** für eine Masterzykluslänge definieren. Die → **Intervallzeit** in der Registerkarte **Kurveninfo** sollte nicht kleiner als 20 ms sein.
6. In der Registerkarte **Kurvendaten** die → **Slave-Stop-Position** definieren.
7. In der Registerkarte **Kurveninfo** die Anzahl der → **Zyklen / min Master** eingeben.
8. Mit Hilfe der grafischen Darstellung die Geschwindigkeit und Beschleunigung des Slaves prüfen.
9. Kurve als **zbc-Datei** → **sichern** und in die Steuerung laden.

Beispiel: Kartons mit Haltbarkeitsdatum stempeln

Das folgende Beispiel zeigt Ihnen, wie Sie Schritt für Schritt die Kurve für diese Anwendung der Kurvenscheibensteuerung editieren und anschließend in Ihr Steuerungsprogramm einbinden.

Eine Walze soll auf Kartons eine 10 cm lange Aufschrift stempeln. Der Stempel entspricht einem Walzenabschnitt von 120 Grad. Pro Minute werden 60 Kartons auf dem Band transportiert. Die Kartons werden exakt in immer gleichem Abstand (z.B. durch ein mechanisches Raster) auf dem Band transportiert. Während des Bedruckens müssen Stempelwalze und Karton synchron laufen:



Schritt für Schritt die Kurve editieren

1. Steuerung mit den erforderlichen Parameter einstellen und diese Benutzerparameter mit **Parameter** → **Speichern in Datei** mit der Extension **.zbc** sichern.
2. Starten Sie den → **CAM-Editor** und → **öffnen** Sie diese **.zbc-Datei**.
3. Ermitteln Sie den Getriebefaktor des Masters in MU-Einheiten.

Die Eingabe soll in 1/10 mm Auflösung möglich sein.

Der Antrieb ist mit dem Transportband mit einer Getriebeübersetzung von 25:11 verbunden; das heißt der Motor macht 25, das Zahnriemenrad 11 Umdrehungen.
Getriebefaktor = 25/11

Inkrementalgeber direkt am Master-Antrieb; Encoder-Auflösung = 4096

Das Zahnriemenrad hat 20 Zähne/Umdrehung, 2 Zähne entsprechen 10 mm, daher entspricht 1 Umdrehung = 100 mm Transportbandvorschub bzw. 1000/10 mm; Skalierfaktor ist demnach 1000.

$$\frac{\text{Getriebefaktor} * \text{Encoder Auflösung} * 4}{\text{Skalierfaktor}} \text{ qc} = 1 \text{ MU}$$

$$\frac{25/11 * 4096 * 4}{1000} qc = 1 \text{ MU}$$

$$\frac{25 * 4096 * 4}{1000 * 11} qc = \frac{2048}{55} qc = 1 \text{ MU} = \frac{\text{Syncfactor Master SYNCFACTM (49)}}{\text{Syncfactor Slave SYNCFACTS (50)}}$$

Tragen Sie diese Werte in der Registerkarte → **Synchronisation** ein (die gewählten Einheiten sollten immer Ganzzahlen sein):

Sync Faktor Master (49) = 2048

Sync Faktor Slave (50) = 55

4. Getriebefaktor des Slaves in Benutzereinheiten BE eingeben:

Getriebefaktor = 5/1

Drehgeber-Auflösung (Inkrementalgeber) = 500

Eine Umdrehung der Walze ist 360 Grad. Es soll mit einer Auflösung von 1/10 Grad gearbeitet werden; daher wird eine Walzenumdrehung in 3600 Arbeitseinheiten eingeteilt:

Skalierfaktor = 3600

$$\frac{\text{Getriebefaktor} * \text{Encoder Auflösung} * 4}{\text{Skalierfaktor}} qc = 1 \text{ BE}$$

$$\frac{5/1 * 500 * 4}{3600} qc = \frac{5 * 500 * 4}{3600} qc = \frac{25}{9} qc = 1 \text{ BE}$$

$$1 \text{ BE} = \frac{\text{POSFAC_Z (23)}}{\text{POSFAC_N (26)}}$$

Tragen Sie diese ganzzahligen Werte in der Registerkarte → **Encoder** ein:

Benutzerfaktor Zähler (23) = 25

Benutzerfaktor Nenner (26) = 9

5. Damit die Fixpunkte auf den Interpolationspunkten liegen, bestimmen Sie in der Registerkarte → **Kurvendaten** einen ganzzahligen Teiler für die Intervalle. Benutzen Sie dazu den Button → **Einstellen**.

Eine komplette Zykluslänge des Masters ist 400 mm; dies entspricht 4000 MU.

Die → **Anzahl Intervalle** = 40 ergibt eine vernünftige Intervallzeit von 25 ms.

6. Definieren Sie → **Fixpunkte** für das Transportband (Master) und die Walze (Slave). Die Funktion → **Ausrichten an Gitter** sollte aktiviert sein.

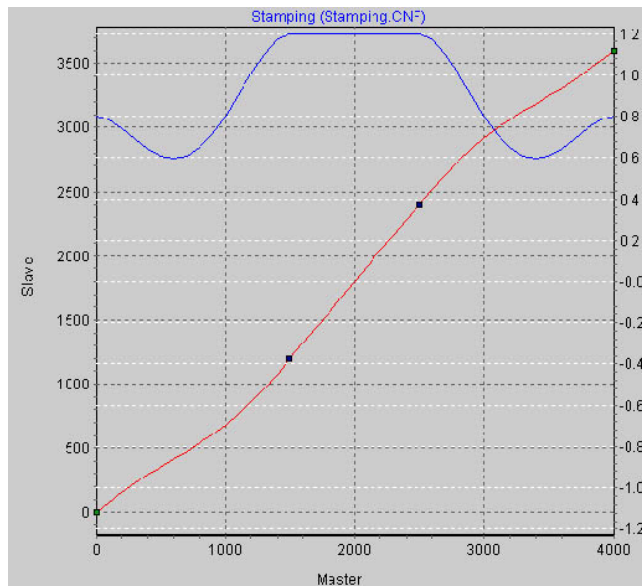
| Fix Punkte | | Einfügen | |
|------------|--------|----------|-----|
| Punkt | Master | Slave | Typ |
| 1 | 0 | 0 | K |
| 2 | 1500 | 1200 | K |
| 3 | 2500 | 2400 | K |
| 4 | 4000 | 3600 | K |

7. Zwischen der Position 1500 und 2500 müssen Master und Slave synchron mit gleicher Geschwindigkeit fahren. Dies erfordert eine Gerade, die mit zwei Tangentenpunkten bestimmt wird.

Mit einem Doppelklick in der Spalte → **Typ** ändern Sie den Fixpunkt der Position 2500.

Oder Sie bewegen den Cursor auf den Fixpunkt 2500, klicken auf die rechte Maustaste und wählen im darauf folgenden Kontextmenü → **Typ ändern**. Da immer zwei Tangentenpunkte benötigt werden, wird der vorhergehende (auf 1500) gleich mit geändert.

8. Aktivieren Sie die grafische Darstellung der → **Geschwindigkeit** um die entsprechende Geschwindigkeitskurve zu sehen:



9. Tragen Sie in der Registerkarte → **Kurveninfo** die → **Zyklen / min Master** = 60 ein. Das ist die Anzahl der Kartons, die (maximal) pro Minute bearbeitet werden.
10. Prüfen Sie, ob die Beschleunigung des Slaves innerhalb des Limits liegt. Aktivieren Sie dazu die Darstellung der → **Beschleunigung** und des → **Beschl.Limits**.
11. Um die Kurve in Ihre Steuerung zu laden, müssen Sie zuerst die Datei als .zbc-Datei speichern; klicken Sie dazu auf → **Sichern als**.
In der Titelleiste sehen Sie den Namen der Kurve und die Anzahl der Array-Elemente. Letzteres benötigen Sie für die DIM-Anweisung bei der Programmierung.
12. Laden Sie die ZBC-Datei mit den veränderten Parametern und den – automatisch erzeugten – Kurvenarrays mit **Parameter** → **Wiederherstellen aus Datei** in die Steuerung.

Programmbeispiel: Kartons mit Datum stempeln

Da die Kurve intern als Array gespeichert wird, muss im Programm als erstes die DIM-Anweisung stehen:

```

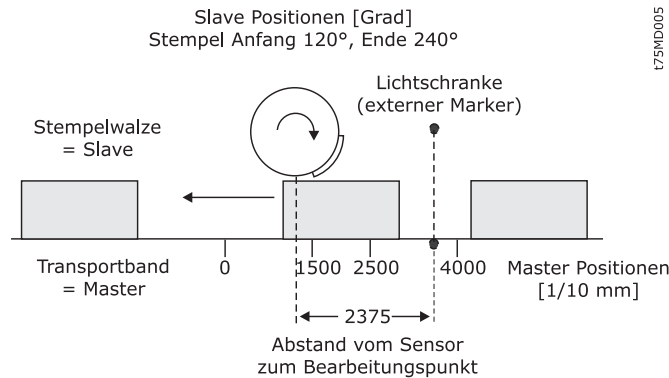
DIM stempel[92]           // Anzahl der Elemente aus Titelleiste des CAM-Editors
HOME                       // Slave Achse führt eine Homefahrt durch (Schalter für Nullstellung oben)
                           // Danach befindet sich der Slave in der Nullposition (0 Grad)
                           // (entfällt, falls ein Absolutgeber eingesetzt wird)
SETCURVE stempel         // Stempelkurve setzen
                           // angenommen ein Karton steht mit Vorderkante am Bearbeitungspunkt
                           // und der Master steht still
DEFMCPOS 1000            // 1000 entspricht dieser Position (Vorderkante Karton)
POSA CURVEPOS            // Slave auf die, der Master-Position entsprechenden Kurvenposition fahren
SYNCC 0                  // In den CAM-Mode wechseln und bleiben
SYNCCSTART 0            // Walze sofort mit eingestellter max. Geschwindigkeit einkuppeln
                           // dies verursacht keine Bewegung, da Master steht und auf korrekter Position ist
                           // jetzt kann der Master gestartet werden
anf:                      // leere Hauptschleife, damit Programm nicht beendet wird
                           // hier könnten weitere Verarbeitungen gemacht werden
GOTO anf
    
```

Beispiel: Kartons bedrucken mit Markerkorrektur

Weil die Kartons nicht immer in exakt dem gleichem Abstand transportiert werden, benötigen Sie Marker, mit denen ein Karton erkannt und die Synchronisation korrigiert werden kann.

Im Folgenden wird beschrieben, wie Sie die Kurve des vorgehenden Beispiels für diese Anwendung anpassen.

Wieder soll eine Walze auf Kartons eine 10 cm lange Aufschrift stempeln. Auf dem Band werden pro Minute maximal 60 Kartons transportiert. Während des Bedruckens müssen Stempelwalze und Karton synchron laufen.



Kurve für die Synchronisation mit Marker editieren

1. Schritte 1 bis 9 wie im vorhergehenden Beispiel.
10. Definieren Sie in der Liste der → **Start-Stop-Punkte** die Punktepaare für das Ein- und Auskuppeln. Am Anfang des Kartons soll eingekuppelt und bis zum Ende des Kartons ausgekuppelt werden.

| Start Stop Punkte | | | Einfügen |
|-------------------|-------|------|----------|
| Punkt | Start | Stop | |
| 1 | 1000 | 1500 | |
| 2 | 2500 | 3000 | |
| | | | |
| | | | |

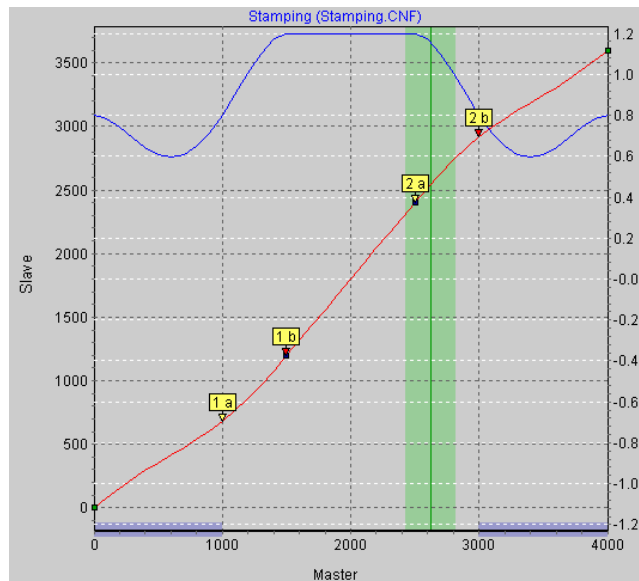
11. Bestimmen Sie in der Registerkarte → **Kurvendaten** die Position, in der die Walze stoppen soll, wenn im Programm keine andere Slave-Stop-Position definiert wird:
Die Walze soll immer auf Position 0 Grad zurückfahren: → **Slave-Stop-Position** = 0
12. Die Lichtschranke (externer Marker) ist 237,5 mm vom Bearbeitungspunkt (= Stempel berührt den Karton) entfernt und erkennt den Anfang des Kartons (entspricht Master-Position 1000). Der Markerabstand beträgt demnach 2375. Tragen Sie diesen Wert in die Registerkarte → **Synchronisation** ein und definieren Sie die erlaubte Toleranz für das Auftreten der Marker und den externen Markertyp = 2 für den Master:

SYNCPULSM (58) *Markerabstand Master* = 2375
 SYNCMWINM (68) *Master-Marker Toleranzfenster* = 200
 SYNCMYPM (60) *Markertyp Master* = 2

Tragen Sie die Master-Position in der **Registerkarte** → **Kurvendaten** ein:

Master-Marker-Position = 1000

13. Für die Festlegung, wann die Korrektur der Synchronisation frühestens beginnen kann und wann sie beendet sein muss, betrachten Sie das Kurvenprofil. Die grüne senkrechte Linie zeigt, an welcher Master-Position der Marker erkannt wird, der hellgrüne Bereich zeigt das Toleranzfenster für das Auftreten des Master-Markers.



Die Korrektur darf frühestens beginnen, wenn ein Karton fertig bedruckt ist, denn jede Änderung der Geschwindigkeit während des Bedruckens würde den Karton beschädigen. Und die Korrektur muss vollständig beendet sein, wenn der nächste Karton den Bearbeitungspunkt erreicht. In diesem Beispiel sind die Master-Positionen Ende und Anfang eines Kartons gut geeignet:

Korrektur Start = 3000
Korrektur Ende = 1000

Tragen Sie die Werte in die Registerkarte → **Kurvendaten** ein; der Bereich wird im Kurvenprofil blau schraffiert gezeigt.

14. Prüfen Sie, ob die Geschwindigkeit und Beschleunigung des Slaves innerhalb des Limits bleiben. Aktivieren Sie dazu die Darstellung der → **Geschwindigkeit** und des → **Geschw.Limits** und danach die Darstellung der → **Beschleunigung** und des → **Beschl.Limits**.
15. Klicken Sie auf → **Speichern als** um die Datei zu speichern, zum Beispiel „marker“.
16. Laden Sie die .ZBC-Datei mit den veränderten Parametern und den – automatisch erzeugten – Kurvenarrays mit **Parameter** → **Wiederherstellen aus Datei** in die Steuerung.

Programmbeispiel: Kartons bedrucken mit Markerkorrektur

Da die Kurve intern als Array gespeichert wird, muss in Ihrem Programm als erstes die DIM-Anweisung stehen:

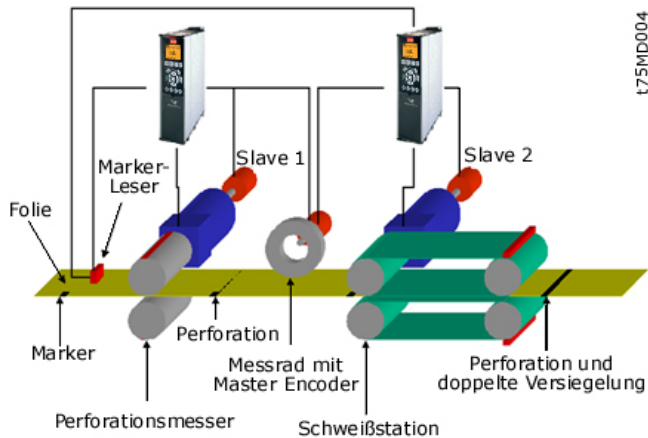
```

DIM marker[112] // Anzahl der Elemente aus Titelleiste des CAM-Editors
HOME // Slave Achse führt eine Homefahrt durch (Schalter für Nullstellung oben)
// Danach befindet sich der Slave in der Nullposition (0 Grad)
// (entfällt, falls ein Absolutgeber eingesetzt wird)
SETCURVE marker // Stempelkurve mit Marker setzen
dist = GET SYNCMPULSM // Abstand zum Sensor
DEFMCPOS (1000-dist) // Das ist die Stelle, die dem Sensorsignal entspricht
SET SYNCMSTART 2000 // Zählen des Masterpulses beginnt erst
// wenn nächste Flanke von Sensor kommt

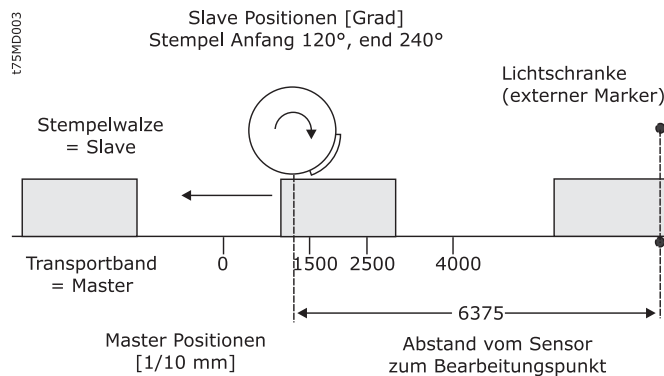
SYNCCMM 0 // Im CAM-Mode synchronisieren bis Motor Stopp
SYNCCSTART 1 // Walze mit Start-Punktepaar 1 einkuppeln
// Synchronbetrieb
WAITI 4 ON // Warten auf Eingangssignal, wenn Transportband abgeschaltet wird
SYNCCSTOP 2 0 // Walze mit Stop-Punktepaar 1 auskuppeln und bei Position 0 Grad an
    
```

Wenn der Abstand des Sensors größer als eine Masterzykluslänge ist

Bei vielen Anwendungen kann der Marker nicht innerhalb einer Masterzykluslänge angebracht werden, z.B. bei folgender Maschine zur Produktion von Plastiktüten:



Da hier zwischen den Slaves keine Marker eingebaut werden können, gibt es in dieser Anwendung nur einen Markenleser, die Schweißstation liegt aber viel weiter als eine Masterzykluslänge entfernt. Da der Abstand des Sensors größer als eine Masterzykluslänge ist, wird ein Puffer für die Markerabweichung angelegt. Bei Erscheinen des Markers wird der Wert in den Puffer geschrieben und mit Erscheinen des nächsten Markers ausgelesen:

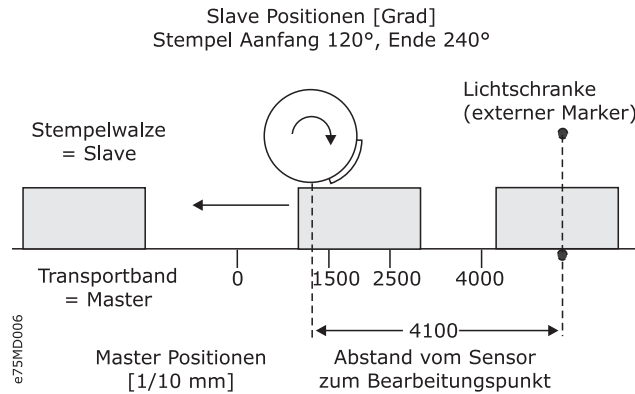


Um zu beurteilen, in welchem Bereich korrigiert werden darf, subtrahieren Sie so oft die Masterzykluslänge, bis der Wert < 1 Masterzykluslänge ist. Dies ist der maximal erlaubte Abstand zum Korrigieren. In diesem Beispiel ist dieser also $6375 - 4000 = 2375$ und damit der gleiche Korrekturbereich wie im vorangegangenen Beispiel.

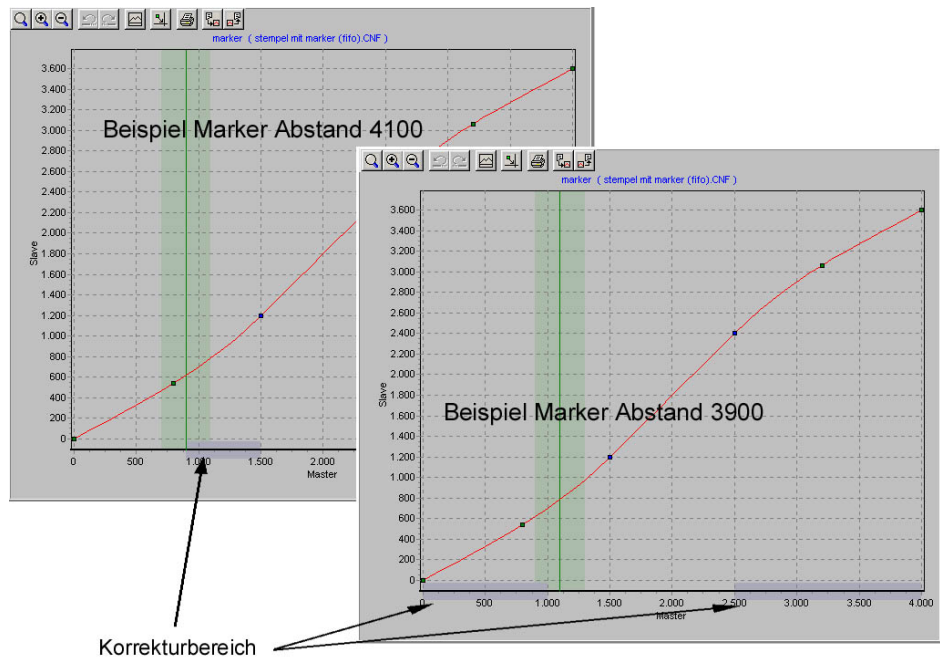
Problemfälle bei der Festlegung des Markerabstandes

Wenn der Marker so nah am Bearbeitungspunkt angebracht ist, dass nach Erkennen des Markers keine Zeit bleibt, die Synchronisation zu korrigieren, können Sie das Problem nur durch mechanische Veränderung des Markers beheben.

Der gleiche Effekt könnte aber auch auftreten, wenn der Markerabstand größer als die Masterzykluslänge ist und nach Subtraktion dieses Wertes ebenfalls ein zu geringer Abstand bleibt, zum Beispiel:



Bei Erscheinen des Markers wird der Wert in den Puffer geschrieben. Erst wenn der nächste Marker erkannt wird, wird der Puffer ausgelesen. Das bedeutet, dass der Marker erst bei der Master-Position 900 „erkannt“ wird und in unserem Beispiel nur noch wenig Zeit bleibt, den Fehler zu korrigieren. Es ist der gleiche Effekt, als wäre der Sensor um den Wert (Abstand – Mastertaktlänge) bzw. (4100 – 4000), also nur 10 mm vor dem Bearbeitungspunkt montiert.



Daher wäre es besser, den Sensor so zu montieren, dass der Abstand zum Bearbeitungspunkt entweder kleiner oder wesentlich größer als eine Masterzykluslänge ist, hier zum Beispiel im Abstand von 3900. Dann kann man von 2500 bis 1000 korrigieren.

Oder man montiert den Sensor weiter weg, zum Beispiel im Abstand von 7900, dies wirkt genau so, als wäre der Sensor um Abstand – Masterzykluslänge (7900 – 4000), also 3900 vor dem Bearbeitungspunkt montiert. Genügend Zeit also, um die Synchronisation zu korrigieren.

Falls dies mechanisch nicht möglich ist, muss man die Werte etwas manipulieren, damit man die Lösung mit dem Puffer vermeiden kann. Gehen Sie folgendermaßen vor:

Subtrahieren Sie vom tatsächlichen Abstand einen Wert x , damit der Abstand $<$ Masterzykluslänge wird, zum Beispiel $4100 - 200 = 3900$. Den Wert x subtrahieren Sie auch von der Master-Position, also $1000 - 200 = 800$.

Tragen Sie beide Werte in die Registerkarten → **Synchronisation** und → **Kurvendaten** ein:

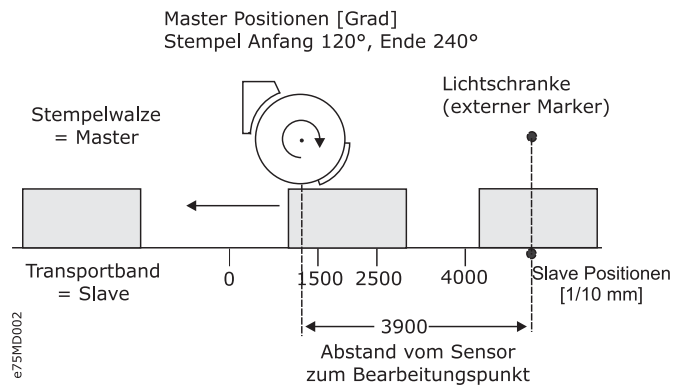
Markerabstand Master SYNCMPULSM (58) = 3900

Master-Marker-Position = 800

Da nun kein Puffer erzeugt wird, könnte man zum Beispiel von 2500 bis 800 korrigieren.

Beispiel: Slave-Synchronisation mit Marker

In folgendem Beispiel ist das Transportband der Slave und die Stempelwalze der Master, da für einen gleichmäßig Druck die Farbaufnahme und Farbabgabe kontinuierlich ablaufen müssen. Pro Minute werden maximal 20 Kartons auf dem Band transportiert. Der Abstand der Kartons ist nicht größer als eine Masterzykluslänge. Während des Bedruckens müssen Stempelwalze und Karton synchron laufen:



Im Gegensatz zur Synchronisation mit Master-Markerkorrektur wird hier die Slave-Position korrigiert und nicht die Kurve.

Kurve für Slave-Synchronisation editieren

1. Steuerung mit den erforderlichen Parameter einstellen und diese Benutzerparameter mit **Parameter** → **speichern in Datei** mit der Extension „.zbc“ sichern.
2. Starten Sie den → **CAM-Editor** und laden Sie diese .zbc-Datei mit **Datei** → **öffnen**.
3. Ermitteln Sie den Getriebefaktor des Masters in MU-Einheiten:

Getriebefaktor = 5/1

Drehgeber-Auflösung (Inkrementalgeber) = 500

Eine Umdrehung der Walze ist 360 Grad. Wir wollen mit einer Auflösung von 1/10 Grad arbeiten. Das bedeutet, dass eine Umdrehung der Walze in 3600 Arbeitseinheiten eingeteilt wird:

Skalierfaktor = 3600

$$\frac{\text{Getriebefaktor} * \text{Encoder-Auflösung} * 4}{\text{Skalierfaktor}} \text{qc} = 1 \text{ MU}$$

Tragen Sie die Werte in der Registerkarte → **Synchronisation** ein:

Syncfaktor Master (49) = 25

Syncfaktor Slave (50) = 9

4. Getriebefaktor des Slaves in Benutzereinheiten BE eingeben: Die Eingabe soll in 1/10 mm Auflösung möglich sein.

Der Antrieb ist mit dem Transportband mit einer Getriebeübersetzung von 25:11 verbunden; das heißt der Motor macht 25, das Zahnriemenrad 11 Umdrehungen. Getriebefaktor = 25/11

Inkrementalgeber direkt am Master-Antrieb; Drehgeber-Auflösung = 4096

Das Zahnriemenrad hat 20 Zähne/Umdrehung, 2 Zähne entsprechen 10 mm, daher entspricht 1 Umdrehung = 100 mm Transport.

Der Skalierfaktor ist demnach 1000.

$$\frac{\text{Getriebefaktor} * \text{Encoder-Auflösung} * 4}{\text{Skalierfaktor}}_{qc} = 1 \text{ BE}$$

Geben Sie diese Werte in der Registerkarte → **Encoder** ein:

- Benutzerfaktor Zähler (23) = 2048
- Benutzerfaktor Nenner (26) = 55

5. Damit die Fixpunkte auf den Interpolationspunkten liegen, bestimmen Sie in der Registerkarte → **Kurvendaten** einen ganzzahligen Teiler für die Intervalle.

Für eine komplette Zykluslänge des Masters von 3600 (= 360 Grad) ergibt die → **Anzahl Intervalle** = 36 eine vernünftige Intervallzeit von 27,7 ms. Geben Sie diese Werte in der Registerkarte → **Kurvendaten** mit dem Button **Einstellen** ein.

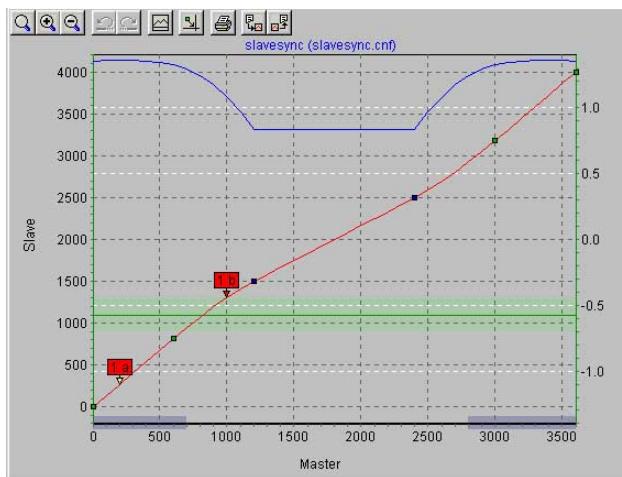
6. Definieren Sie → **Fixpunkte** für die Walze (Slave) und das Transportband (Master). Die Funktion → **Ausrichten an Gitter** sollte aktiviert sein.

| Punkte | Master | Slave | Typ |
|--------|--------|-------|-----|
| 1 | 0 | 0 | K |
| 2 | 1200 | 1500 | K |
| 3 | 2400 | 2500 | K |
| 4 | 3600 | 4000 | K |

7. Zwischen den Master-Positionen 1200 bis 2400 müssen Master und Slave synchron mit gleicher Geschwindigkeit fahren. Dafür benötigen Sie eine Gerade, die mit zwei Tangentenpunkten bestimmt wird. Mit einem Doppelklick in der Spalte → **Typ** definieren Sie für die Position 2400 einen Tangentenpunkt; der davor liegende wird automatisch angepasst.

| Punkte | Master | Slave | Typ |
|--------|--------|-------|-----|
| 1 | 0 | 0 | K |
| 2 | 1200 | 1500 | T |
| 3 | 2400 | 2500 | T |
| 4 | 3600 | 4000 | K |

Aktivieren Sie die grafische Darstellung der → **Geschwindigkeit** um den Verlauf zu sehen.



8. Tragen Sie in der Registerkarte → **Kurveninfo** die → **Zyklen / min Master** = 20 ein. Das ist die Anzahl der Kartons, die (maximal) pro Minute bearbeitet werden.
9. Prüfen Sie, ob die Beschleunigung des Slaves innerhalb des Limits liegt. Aktivieren Sie dazu die Darstellung der → **Beschleunigung** und des → **Beschl. Limits**.
10. Definieren Sie in der Liste → **Start-Stop-Punkte** um die Synchronisation am Anfang zu starten. Zwischen 20 und 100 Grad soll mit etwas Sicherheitsabstand eingekuppelt werden, denn bei 120 Grad muss aufsynchroisiert sein.

| Start Stop Punkte | | | Einfügen |
|-------------------|-------|------|----------|
| Punkt | Start | Stop | |
| 1 | 200 | 1000 | |
| | | | |

11. Bestimmen Sie in der Registerkarte → **Kurvendaten** die Position, in der das Transportband stoppen soll, wenn im Programm keine andere **Slave-Stop-Position** definiert wird:

Das Transportband soll immer auf Position 0 halten: → **Slave-Stop-Position = 0**

12. Die Lichtschranke (externer Marker) ist 390 mm vom Bearbeitungspunkt (= Stempel berührt den Karton) entfernt und erkennt den Anfang des Kartons (entspricht Slave-Position 1000). Der Markerabstand beträgt demnach 3900. Tragen Sie diesen Wert in die Registerkarte → **Synchronisation** ein und definieren Sie die erlaubte Toleranz für das Auftreten der Marker und den externen Markertyp = 2 für den Slave:

SYNCPULSS (59) **Markerabstand Slave** = 3900
 SYNCMWINS (69) **Slave-Marker Toleranzfenster** = 200
 SYNCMTYP (61) **Markertyp Slave** = 2

Tragen Sie die Slave-Position in der Registerkarte → **Kurvendaten** ein:

Slave Marker-Position = 1000

13. Für die Festlegung, wann die Korrektur der Synchronisation frühestens beginnen kann und wann sie beendet sein muss, betrachten Sie das Kurvenprofil. Die grüne waagrechte Linie zeigt, an welcher Master-Position der Marker erkannt wird, der hellgrüne Bereich zeigt das Toleranzfenster für das Auftreten des Master-Markers.

Die Korrektur darf frühestens beginnen, wenn ein Karton fertig bedruckt ist, denn jede Änderung der Geschwindigkeit während des Bedruckens könnte den Druckstempel und/oder den Karton beschädigen. Außerdem muss die Korrektur vollständig beendet sein, wenn der nächste Karton den Bearbeitungspunkt erreicht. In diesem Beispiel sind die Slave-Positionen Ende und Anfang eines Kartons gut geeignet. Tragen Sie die Werte in die Registerkarte → **Kurvendaten** ein:

Korrektur Start = 2800
 Korrektur Ende = 750

14. Prüfen Sie, ob die Geschwindigkeit und Beschleunigung des Slaves innerhalb des Limits bleiben. Aktivieren Sie dazu die Darstellung der → **Geschwindigkeit** und des → **Geschw. Limits** und danach die Darstellung der → **Beschleunigung** und des → **Beschl. Limits**.
15. Klicken Sie auf den Button → **Sichern als** zum speichern.
16. Laden Sie die .zbc-Datei mit den veränderten Parametern und den – automatisch erzeugten – Kurvenarrays mit **Parameter** → **Wiederherstellen aus Datei** in die Steuerung.

Programmbeispiel: Slave-Synchronisation mit Marker

Um die Master-Position zu bestimmen wird ein Schalter am Master vorausgesetzt, der die Nullposition signalisiert. Um den Slave in die richtige Position zu fahren, wird dieser bis zur Lichtschranke vorwärts gefahren. Dies entspricht dem Kartonanfang = 1000. Dann fährt man den Slave um 2900 (= Markerabstand 3900–1000) weiter; damit steht der Slave mit dem Kartonanfang 1000 genau vor dem Bearbeitungspunkt, also an Slave-Position 0.

```

DIM slavesync[108]           // Anzahl der Elemente aus Titelleiste des CAM-Editors
HOME                        // Slave führt eine Homefahrt durch (Schalter für Nullstellung oben)
                            // Danach befindet sich der Slave in der Nullposition (0 Grad)
                            // (entfällt bei einem Absolutgeber)
DEFMCPOS 0                  // Kurve beginnt bei Master-Position 0
SET SYNCMSTART 2000        // Zählen des Masterpulses beginnt erst
                            // wenn nächste Flanke vom Sensor kommt
SETCURVE slavesync          // Kurve für die Slave-Synchronisation setzen
                            // zum Start fahren

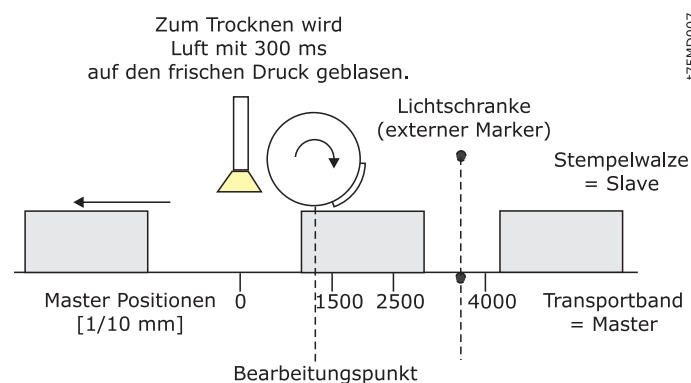
CSTART
CVEL 10                    // langsam vorwärts fahren bis Lichtschranke kommt
oldi = IPOS                 // oldi = letzte Markerposition des Slaves
WHILE (oldi == IPOS) DO    // Warten bis Karton erkannt
ENDWHILE
POSA (IPOS + 2900)         // Karton um 2900 nach vorne fahren
SYNCCMS 0                  // Im CAM-Mode synchronisieren
SYNCCSTART 1               // Mit Start-Stopp-Punktepaar 1 einkuppeln
    
```

Nockenschaltwerk Die mechanische Nockenwelle wird ebenfalls durch eine (oder mehrere) Kurven nachgebildet. Um ein Nockenschaltwerk zu realisieren, muss es möglich sein, den Slave immer wieder an bestimmten Master-Positionen ein- und auszukuppeln.

Dies ist mit APOSS mit den Interrupt-Befehlen ON MAPOS .. GOSUB und ON APOS .. GOSUB möglich. Man kann immer dann ein Unterprogramm aufrufen, wenn eine definierte Master-Position (und zwar in positiver oder negativer Richtung) passiert wurde.

In Verbindung mit einem Kurvenprofil, in dem mehrere Start-Stopp-Punktepaare zum Aus- und Einkuppeln definiert wurden, kann man viele Anwendungen wie sie in der Verpackungsindustrie typisch sind realisieren.

Beispiel eines Nockenschaltwerks Nach dem Bedrucken eines Kartons soll der frische Druck sofort im Luftstrom getrocknet werden:



```

ON MCPOS 2500 GOSUB trocknen // Unterprogramm aufrufen, wenn die
                            // Master-Position 2500 in positiver Richtung passiert wurde
SUBMAINPROG
  SUBPROG trocknen
    OUT 1 1 // Trockner einschalten
    DELAY 300 // 300 ms trocknen
    OUT 1 0 // Trockner ausschalten
  RETURN
ENDPROG
    
```