

Projekt ARS 2000	Appl. Note 103	Seite 1 v. 17
Ersteller Metronix		Datum 05.06.2008
Inbetriebnahme Linearmotoren		

1 Inhalt

1	Inhalt.....	1
2	Einleitung	1
3	Einführung Linearmotoren.....	2
4	Parametrierung für Linearmotoren	2
4.1	Grundparametrierung	2
4.2	Verfahren zur Bestimmung der Kommutierlage.....	7
4.3	Einstellungen im Referenzfahrt-Menü	10
5	Fehlermanagement.....	11
5.1	Fehler- / Warnmeldungen.....	12
6	Anhang	14
6.1	Messung und Bewertung des Reaktionsverfahren	14
6.2	Ermittlung von I ² t-Motor	15
6.2.1	Allgemeines.....	15
6.2.2	Funktion der I ² t-Überwachung:	15
6.2.3	Berechnung der I ² t-Zeit für ein Beispiel-Motor	15

2 Einleitung

Die in dieser Application Note beschriebenen Funktionen sind in den Servopositionierreglern der Gerätefamilie ARS 2000 ab der folgenden Revision der Standard-Firmware enthalten, sofern nicht anders vermerkt:

3.5.0.1.5

Bitte setzen Sie sich ggf. für ein Update mit Ihrem Lieferanten in Verbindung oder besuchen Sie die Metronix Homepage unter <http://www.metronix.de>.

Projekt ARS 2000	Appl. Note 103	Seite 2 v. 17
Ersteller Metronix		Datum 05.06.2008
Inbetriebnahme Linearmotoren		

3 Einführung Linearmotoren

In einer Vielzahl von Anwendungen ist für die umzusetzende Aufgabe eine translatorische Bewegung erforderlich. Dazu werden häufig Linearachsen eingesetzt. Bei diesen wird die rotatorische Bewegung eines Standard-Servomotor über Zahnriemenantriebe oder z.B. Kugelgewindetrieben in die gewünschte lineare Bewegung umgesetzt. Diese zusätzlichen mechanischen Elemente erzeugen jedoch mechanische Verluste und unterliegen mechanischen Beschränkungen. Das wiederum hat negative Auswirkungen auf die erreichbaren Prozesszykluszeiten.

Linearmotoren gehören zur Gruppe der Direktantrieben. Sie setzen die zugeführte elektrische Energie „direkt“ in eine lineare Bewegung um. Waren Linearmotoren anfangs noch durchweg Sondermotoren in kundenspezifischer Ausführung, werden heute bereits viele Linearmotoren aus Standard-Baureihen angeboten. Da diese als dreiphasige Synchronmotoren ausgeführt sind, können diese nach wenigen Handgriffen im Parametrierprogramm mit der Standard-Firmware der Servopositionierregler ARS 2000 betrieben werden.

Wie bei Synchron-Servoantrieben üblich, muss beim ersten Einschalten des Antriebes die Kommutierlage bekannt sein. Konstruktionsbedingt kommen bei Linearmotoren lineare Messsysteme zum Einsatz. Diese sind entweder als absolute oder rein inkrementelle Systeme ausgeführt. Bei den rein inkrementellen Gebern fehlt die absolute Positionsinformation bezogen auf eine Umdrehung, so dass hier ein Verfahren zur automatischen Bestimmung der Kommutierlage bei Reglerfreigabe erforderlich ist.

Ein besonderes Merkmal ist die Konstruktion der Linearmotoren. Die gegenüber Standard-Servomotoren weniger kompakte Bauform führt in den meisten Fällen zu einem schlechteren Wärmeübergang. Daher sind die üblichen i^2t -Zeiten für den Motor geringer als bei Standard-Servomotoren.

Grundsätzlich können Linearmotoren in zwei Gruppen unterteilt werden: eisenlose und eisenbehaftete Motoren. Größtenteils sind die Motoren eisenlos. Diese Eigenschaft ist für die Auswahl des Verfahrens zur Bestimmung der Kommutierlage relevant.

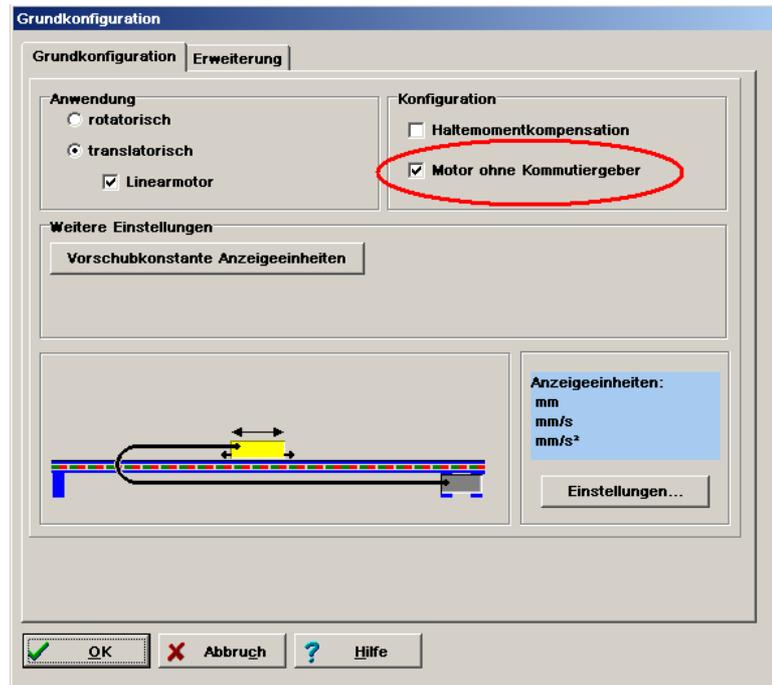
Die nachfolgenden Kapitel beschreiben die erforderlichen Parametrierungen und liefern einige Informationen zu den verfügbaren Verfahren zur Bestimmung der Kommutierlage.

4 Parametrierung für Linearmotoren

4.1 Grundparametrierung

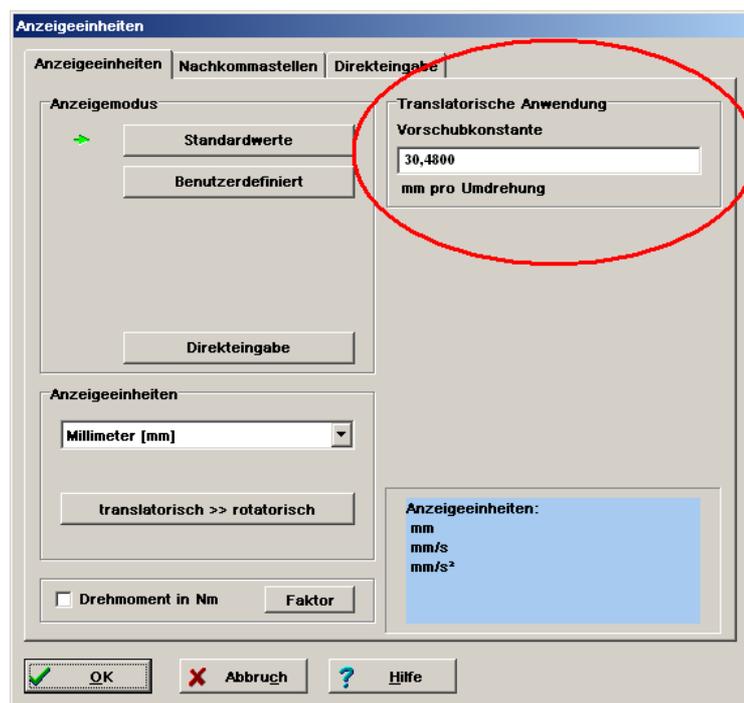
Beim Betrieb von Linearmotoren ist zu unterscheiden, ob der Motor einen Geber mit oder ohne Kommutiersignale besitzt. In den meisten Fällen werden inkrementelle Gebersysteme oder Längenmesssysteme (z.B. mit serieller Kommunikation) eingesetzt. Stets ist dabei die Angabe der Strichzahl bei digitale Winkelgeber, bzw. die Periodenlänge bei analogen Winkelgebern, erforderlich.

Bei Linearmotoren mit rein inkrementellen Gebersystemen liegt keine Kommutierinformation vor. In diesen Fällen muss das Kontrollkästchen **Motor ohne Kommutiergeber** markiert werden. Dann führt die Firmware der Servopositionierregler ARS 2000 bei Reglerfreigabe eine automatische Bestimmung der Kommutierlage durch, sofern diese noch nicht bekannt ist.



Um eine translatorische Darstellung der Größen im Parametrierprogramm Metronix ServoCommander zu erhalten, ist im Fenster **Parameter – Anwendungsparameter Grundkonfiguration** die Optionsschaltfläche **translatorisch** und das Kontrollkästchen **Linearmotor** zu aktivieren.

Diese Einstellungen sowie die Angabe einer Vorschubkonstante bei den Anzeigeeinheiten im Fenster **Option - Anzeigeeinheiten** haben nur Auswirkungen auf die Darstellung im Parametrierprogramm. Sie haben keine Auswirkungen auf die Firmware der Servopositionierregler ARS 2000.



Projekt ARS 2000	Appl. Note 103	Seite 4 v. 17
Ersteller Metronix		Datum 05.06.2008
Inbetriebnahme Linearmotoren		

Als weitere notwendige Informationen sind einzustellen:

- Menü **Parameter – Motordaten**:
 - i²t-Zeit Motor
Der Wert ist aus dem Datenblatt des Motors zu entnehmen.
 - Polpaarzahl
Bei Linearmotoren wird dieser Wert auf 1 Polpaar eingestellt. Alle weiteren Einstellungen beziehen sich immer auf diesen Wert, z.B. Einstellung der Strichzahl des Winkelgebers.
 - Nenn- und Maximalstrom
Die Werte sind aus dem Datenblatt des Motors zu entnehmen. Es ist darauf zu achten in welcher Normierung der Strom angegeben ist. Die Einstellung erfolgt als Effektivwert.



Eine abweichende Einstellung der Polpaarzahl > 1 ist notwendig, wenn z.B. die Periodenlänge eines analogen Winkelgebers nicht in einem ganzzahligen Vielfachen zur Polpaarlänge steht. In diesem Fall ist die Polpaarzahl soweit zu erhöhen, bis ein ganzzahliges Verhältnis zwischen Anzahl Polpaarlänge und Anzahl der Periodenlänge erreicht ist. Die anzugebende Strichzahl ist dann über die Anzahl Polpaarlängen zu ermitteln.

Projekt ARS 2000	Appl. Note 103	Seite 5 v. 17
Ersteller Metronix		Datum 05.06.2008
Inbetriebnahme Linearmotoren		

- Menü **Parameter – Geräteparameter – Winkelgeber-Einstellungen - Registerkarte X2B:**
 - Aktive Winkelgebereinstellung auf X2B
Die Einstellung muss mit einem „SAVE+RESET“ übernommen werden. Einentsprechender Button erscheint im Menü-Fenster.
 - Einstellung der Strichzahl
Dieser Wert ist aus dem Datenblatt des Winkelgebers zu entnehmen. Die eingestellte Anzahl Polpaare ist zu berücksichtigen, siehe unten bzw. Einstellung „Motordaten“.
 - Winkelgebermodus mit entsprechender Einstellung
Diese Einstellung ist aus den Datenblatt des Winkelgebers zu entnehmen. Wichtig: Die richtige Einstellung der Spannungsversorgung.
 - Ggf. Aktivierung der Fehlersignalauswertung



Im Fall eines analogen Winkelgebers ist die Option „analog“ zu wählen. Hierbei entspricht eine Periodensignallänge (z.B. eine Sinusperiode) einem eingetragenen Strich.

Die Angabe der Strichzahl ist über die Anzahl der Striche abzuleiten, die über eine Strecke der angegebenen Polpaarzahl eingelesen werden. Dies kann aus den Größen Polpaarlänge und Signalperiode berechnet werden.

Projekt ARS 2000	Appl. Note 103	Seite 6 v. 17
Ersteller Metronix		Datum 05.06.2008
Inbetriebnahme Linearmotoren		

i

Beispiel für ein digitales Signal:

Signalperiode = 4 µm
 Polpaarlänge = 30,48 mm
 Polpaarzahl = 1
 => Strichzahl = (Polpaarzahl * Polpaarlänge) / Signalperiode
 = 30,48 mm / 4 µm = 7620

Beispiel für ein analoges Signal:

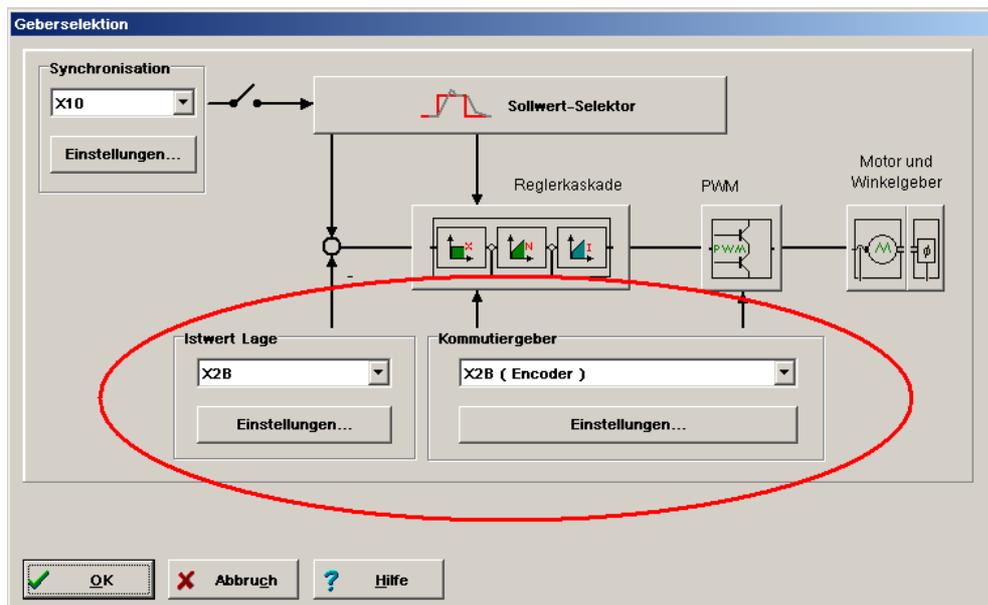
Signalperiode = 20 µm
 Polpaarlänge = 40 mm
 Polpaarzahl = 1
 => Strichzahl = (Polpaarzahl * Polpaarlänge) / Signalperiode
 = 40 mm / 20 µm = 2000

Bei rein serieller Auswertung (nur EnDat 2.2) ist statt der Signalperiode der Messschritt der seriellen Positionsinformation anzusetzen, also die einem Bit entsprechende Strecke.

Üblicherweise haben rein inkrementelle Geber keinen Nullimpuls. Dieser kann bei rotatorischen Direktantrieben vorhanden sein und im Falle eines nicht rationalem Verhältnis zwischen Strichzahl und Polpaarlänge als Korrektur eingesetzt werden. Für solche Applikationen muss die Nullspur aktiviert sein. Wenn der Nullimpuls aufgetreten ist, muss mindestens einmal der Offsetwinkel bestimmt und gespeichert werden. Dieser Offsetwinkel wird dann zur Laufzeit beim Auftreten des ersten Nullimpulses übernommen.

Im Falle von absoluten Längenmesssystemen (z.B. LC 483 der Fa. Heidehain) muss der Offsetwinkel des Kommutiergebers einmalig bestimmt und gespeichert werden.

- Überprüfung der Winkelgeberrückführungseinstellung im Menü **Betriebsmodus – Geberselektion:**
 Beide Winkelgeberrückführungen, für den Kommutiergeber und für die Istlage, müssen auf „X2B“ stehen.



- Optional: Menü **Parameter – Geräteparameter – Temperaturüberwachung**:
 - Aktivierung analoger oder digitaler Temperatursensoren

4.2 Verfahren zur Bestimmung der Kommutierlage



Wichtig:

Für das Reaktionsverfahren und das Sättigungsverfahren muss die eingestellte Phasenfolge den gültigen Wert besitzen. Diese kann durch keines der beiden automatischen Verfahren ermittelt werden. Sie muss also mindestens einmal vorab z.B. durch Start der Funktion zur automatischen Bestimmung des Offsetwinkels gültig festgestellt und gespeichert werden.

Bei Linearmotoren mit Winkelgebern ohne Kommutiersignale muss das Verfahren zur automatischen Bestimmung der Kommutierlage ausgewählt werden. Dies erfolgt im Fenster **Parameter – Anwendungsparameter Grundkonfiguration** auf der Registerkarte **Erweiterung**:



Die Einstellung des angezeigten Parameters „Durchdrehschutz“ für das Kommutierfindungsverfahren ist nicht identisch mit der Einstellung des Durchdrehschutzes, der über das Menü **Parameter-Sicherheitsparameter** zugänglich ist.

Das geeignete Verfahren wird im wesentlichen durch die Konstruktion und Struktur des Motors bestimmt. Es stehen drei Verfahren zur Auswahl:

- **Ausrichteschrittverfahren**

Das Verfahren bewegt den Antrieb gesteuert über das doppelte Suchintervall. Dabei kann je nach Anfangslage zu Beginn eine ruckartige Bewegung auftreten. Nicht geeignet für vertikale Applikationen.

- **Reaktionsverfahren (empfohlen)**

Für alle Antriebe ohne Bremseinrichtung, geeignet für horizontale und vertikale Applikationen. Zur Bestimmung der Kommutierlage genügt eine geringe Beweglichkeit (quasi bewegungslos).

- **Sättigungsverfahren**

Dieses Verfahren eignet sich nicht für eisenlose Antriebe. Es erfordert weiterhin einen festgebremsten Antrieb, da während der Bestimmung der Kommutierlage keine Bewegung des Antriebs zugelassen ist (bewegungslos). Es ist für horizontale und vertikale Applikationen geeignet.



Ungünstige Einstellungen können dazu führen, dass die automatische Bestimmung der Kommutierlage nicht mehr erfolgreich durchgeführt werden kann. Einstellungen sind daher nur von Experten bzw. nach Rücksprache durchzuführen!

Projekt ARS 2000	Appl. Note 103	Seite 9 v. 17
Ersteller Metronix		Datum 05.06.2008
Inbetriebnahme Linearmotoren		



LED „Kommutierlage gültig“

Hier wird angezeigt, dass die Kommutierlage erfolgreich bestimmt wurde. Dieser Status wird z.B. bei Auftreten eines Winkelgeberfehlers gelöscht. Diese Anzeige ist nur für Motoren mit Winkelgebern ohne Kommutiersignale relevant.

Zurücksetzen

Diese Schaltfläche dient als Inbetriebnahme-Hilfe. Bei der erstmaligen Anpassung eines Antriebs an die Applikation kann hierdurch die Einstellung der Parameter erleichtert werden. Durch Zurücksetzen des Status „Kommutierlage gültig“ wird der Prozess dann wieder bei Erteilen der Reglerfreigabe gestartet. Auf diese Weise lassen sich die Verfahren gezielt wiederholt aktivieren.

Bei den meisten Linearmotoren handelt es sich um weitgehend eisenlose Motoren. Daher ist für diese Motoren das sog. "Reaktionsverfahren" optimal geeignet. Selbst bei Motoren, die bei vertikaler Anordnung auf einem Anschlag liegen, funktioniert dieses Verfahren.

Bei Anordnungen, bei denen sich der Motor nicht bewegen lässt, ist das "Reaktionsverfahren" nicht anwendbar und liefert einen Fehler. Wenn der Motor also derart festgebremst ist, kann die Kommutierlage alternativ nur über das Sättigungsverhalten des Motors bestimmt werden. Dieser muss entsprechend - physikalisch gesehen - ein Sättigungsverhalten zeigen. Häufig sind auch eisenlose Motoren nicht „ideal eisenlos“. Über das sich daraus ergebende geringe Sättigungsverhalten lässt sich noch die Kommutierlage bestimmen. Dies ist ggf. experimentell zu erproben.

Das Verfahren ist also anhand der Anordnung auszuwählen. Dabei können die Randbedingungen die Bestimmung zusätzlich erschweren. Bei sehr schwergängigen Motoren kann aufgrund der Kürze der Impulse auch das Sättigungsverfahren bei nicht festgebremsten, horizontalen Anordnungen gute Ergebnisse liefern. Derzeit liefern beide Verfahren kein messbares Bewertungskriterium ab. Man kann also die Güte der Bestimmung nur durch Plausibilitätsprüfung mit einem Vergleich zu dem Kommutierwinkel bewerten, der durch die "normale" automatische Bestimmung ermittelt wird.

Das Ausrichteschrittverfahren wurde bei der Produkteinführung der Servopositionierregler ARS 2000 als erstes Verfahren unterstützt. Mit den später eingeführten Methoden **Reaktionsverfahren** und **Sättigungsverfahren** lassen sich erhebliche Verbesserungen im Hinblick auf Wiederholbarkeit, Bewegungsbedarf und Ausführungszeit erzielen. Daher empfehlen wir den Übergang zu einer von diesen beiden Methoden.

Aus der Auswahl des Verfahrens ergeben sich die relevanten Parameter zur Anpassung des Prozesses zur Bestimmung der Kommutierlage an die Applikation. Entsprechend ändert sich die Oberfläche. Weitere Erläuterungen sind dem Software-Handbuch bzw. der Online-Hilfe zu entnehmen.

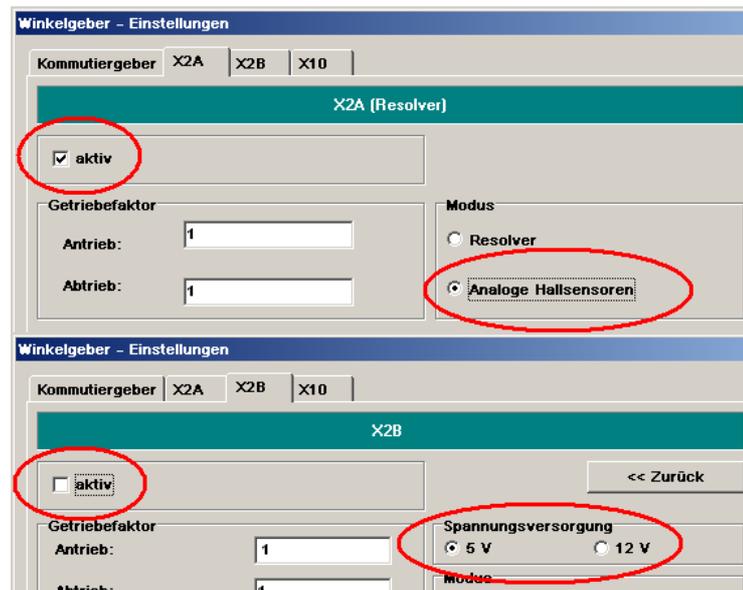
Im folgenden sind die Eigenschaften der Methoden zusätzlich kommentiert:

Das **Reaktionsverfahren** kann bei zu hohem Strom zu große Bewegungen verursachen. Die Stromimpulse sind so ausgelegt, dass der Antrieb beschleunigt und wieder abgebremst wird. Bei zu großen Impulsen kann diese Bewegung ggf. nicht mehr rechtzeitig bis zum nächsten Impuls gestoppt werden, so dass das Ergebnis verfälscht und unbrauchbar wird. In solchen Fällen (z.B. sehr leicht laufende Motoren) ist der Strom über den Reduzierungsfaktor zu verringern.

Projekt ARS 2000	Appl. Note 103	Seite 10 v. 17
Ersteller Metronix		Datum 05.06.2008
Inbetriebnahme Linearmotoren		

Das **Sättigungsverfahren** benötigt kaum Parametrierung. Wenn der Antrieb jedoch nicht "gut genug" gebremst ist, können doch kleine Bewegungen auftreten und zu einer Fehlmessung führen. In diesem Fall kann die Amplitude zur Messung reduziert werden.

Eine Sonderform von Antrieben sind Motoren mit Winkelgebern, die über eine Polpaarlänge ein quasi analoges Inkrementalsignal (1 Vss) liefern. In diesem Fall ist der Winkelgeber an X2A anzuschließen und dort die Optionsschaltfläche **Analoger Hallgeber** auszuwählen. Eine Versorgungsspannung von 5 VDC muss in diesem Fall von der Winkelgeberschnittstelle X2B abgegriffen werden.

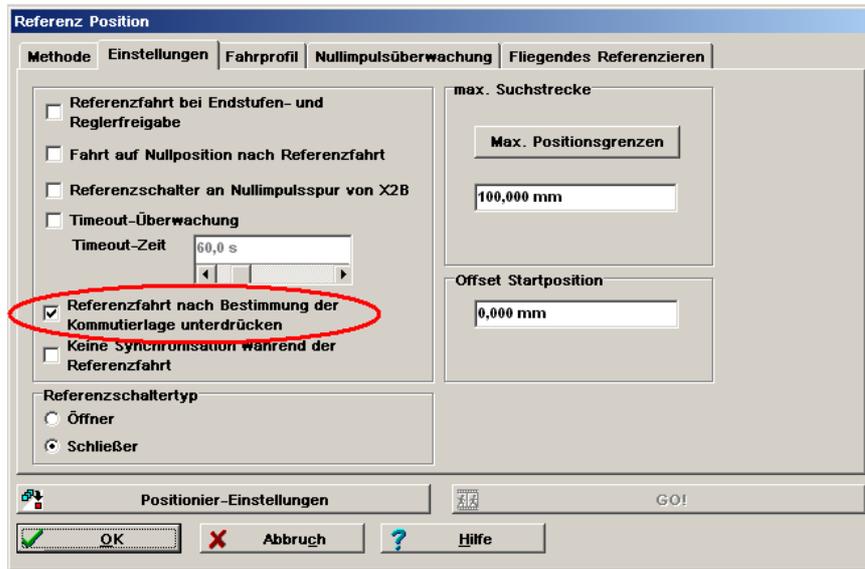


Diese Antriebe haben aber ähnlich einem Resolver eine absolute Lageinformation bezogen auf eine Umdrehung und gelten damit nicht als **Motor ohne Kommutiergeber**. Im Rahmen der Erstinbetriebnahme eines solchen Antriebs wird der Offsetwinkel des Kommutiergebers einmalig bestimmt und steht damit nach Reset immer sofort zur Verfügung. Diese Antriebe erfordern damit nicht die oben beschriebenen Parametrierung, obwohl es sich um Linearmotoren handelt.

4.3 Einstellungen im Referenzfahrt-Menü

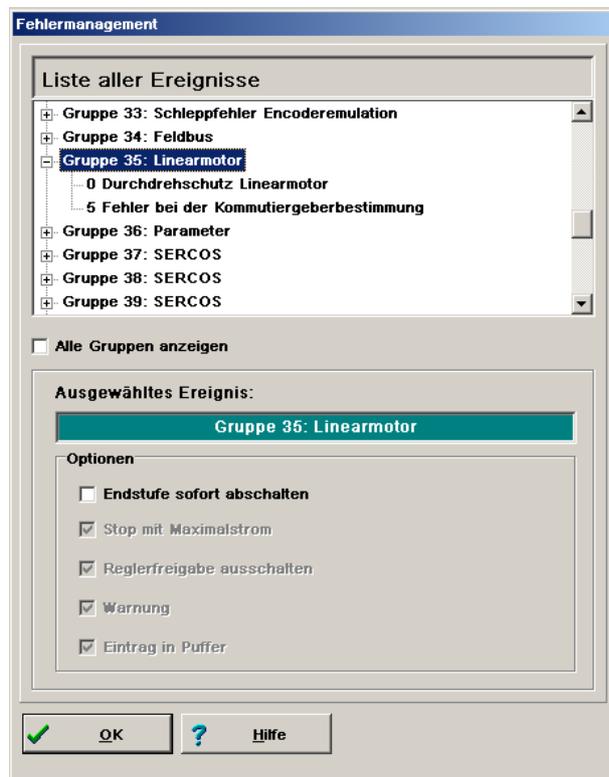
Nach Bestimmung der Kommutierlage eines **Motors ohne Kommutiergeber** wird automatisch die eingestellte Referenzfahrt gestartet. Dieser Vorgang ist notwendig, da der Bezug zum mechanischen Koordinatensystem fehlt. D.h. es besteht noch keine Beziehung zwischen einer z.B. positiven Sollwertvorgabe eines Positioniervorganges für ein Linearmotor von 10mm absolut und dem mechanischen Bereich, in der die Positionierung ausgeführt werden kann.

Bei der Inbetriebnahme eines **Motors ohne Kommutiergeber** ist es sinnvoll das Kommutierfindungsverfahren ohne anschließende Referenzfahrt auszuprobieren. Dazu ist die Option „Referenzfahrt nach Bestimmung der Kommutierlage unterdrücken“ im Menü Referenzfahrt, Registerkarte Einstellung auszuwählen.



5 Fehlermanagement

Im Fenster Fehler/Fehlermanagement kann eingestellt werden, welche Betriebszustände des Servopositionierreglers welche Reaktion hervorrufen. Es erscheint folgendes Fenster:



Mit Hilfe dieses Fensters wird festgelegt, wie der Servopositionierregler auf das Auftreten eines Ereignisses reagieren soll. Die Ereignisse sind in Gruppen eingeteilt. Jede Gruppe wird eine Reaktion zugeordnet. Hierzu wird zunächst die Gruppe selektiert (durch Mausklick) und dann einer Reaktionen zu geordnet.

Projekt ARS 2000	Appl. Note 103	Seite 12 v. 17
Ersteller Metronix		Datum 05.06.2008
Inbetriebnahme Linearmotoren		

Die Reaktionen sind im Folgenden von geringer Priorität ausgehend aufsteigend aufgeführt:

1. Eintrag im Puffer:
Das Ereignis wird lediglich im Fehlerpuffer gespeichert. Siehe hierzu auch. Das Ereignis wird nicht angezeigt, die Applikation läuft unbeeinflusst weiter.
2. Warnung:
Das Ereignis wird kurzfristig auf der 7-Segment-Anzeige des Servopositionierreglers ausgegeben.
3. Reglerfreigabe ausschalten:
Die Applikation wird mit der Nothalt-Rampe heruntergefahren.
4. Stopp mit Maximalstrom:
Der Antrieb wird mit maximalen Strom zum Stillstand gebracht.
5. Endstufe sofort abschalten:
Der Antrieb trudelt aus, da die Endstufe stromlos geschaltet wird.

Einige der Ereignisse sind so schwer wiegend, dass bestimmte Reaktionen nicht ausgeschaltet werden können. Dies ist an gesperrten Kontrollkästchen in der Oberfläche zu sehen (siehe Beispiel: "Reglerfreigabe ausschalten", "Warnung", "Eintrag im Puffer").

	Die Konfiguration kann nur für die komplette Ereignisgruppe vorgenommen werden, nicht für einzelne Ereignisse innerhalb dieser Gruppe.
--	--

5.1 Fehler- / Warnmeldungen

Wenn ein Fehler auftritt, zeigt der Servopositionierregler ARS 2000 eine Fehlermeldung zyklisch in der Sieben-Segment-Anzeige des Servopositionierreglers ARS 2000 an. Die Fehlermeldung setzt sich aus einem E (für Error), einem Hauptindex und ein Subindex zusammen, z.B.: **E 0 1 0**.

Folgende Fehlereinstellungen sind vor der Inbetriebnahme eines Linearmotor zu überprüfen und entsprechend einzustellen:

- 03-x Übertemperatur Motor analog bzw. digital:
Einstellung erfolgt im Menü „Vergleichfenster Schleppfehler“.
Empfohlene Einstellung im Menü „Fehlermanagement“:
- *Default-Einstellung „Reglerfreigabe ausschalten“ beibehalten.*
- 04-x Übertemperatur Leistungsteil und Zwischenkreis
Empfohlene Einstellung im Menü „Fehlermanagement“:
- *Default-Einstellung „Reglerfreigabe ausschalten“ beibehalten.*
- 08-x Winkelgeberfehler
Wenn dieser Fehler Auftritt muss das Gebersystem, deren Zuleitung und Einstellung im Menü „Winkelgeber, Registerkarte: X2B“ überprüft werden.
Empfohlene Einstellung im Menü „Fehlermanagement“:
- *Default-Einstellung „Stopp mit Maximalstrom“ beibehalten.*

Projekt ARS 2000	Appl. Note 103 Inbetriebnahme Linearmotoren	Seite 13 v. 17
Ersteller Metronix		Datum 05.06.2008

- 17-0 Überschreitung Grenzwert Schleppfehler
Vergleichwert wird in dem Menü „Sicherheitsparameter“ eingestellt.
Empfohlene Einstellung im Menü „Fehlermanagement“:
- „*Stopp mit Maximalstrom*“

- 27-0 Warnschwelle Schleppfehler
Vergleichwert wird in dem Menü „Vergleichfenster Schleppfehler“ eingestellt.
Empfohlene Einstellung im Menü „Fehlermanagement“:
- *Abhängig von der Applikation*

- 31-x I²t-Überprüfung für Motor, Servopositionierregler, PFC und Bremswiderstand
Empfohlene Einstellung im Menü „Fehlermanagement“:
- *Abhängig von der Applikation*

- 35-0 Durchdrehenschutz Linearmotor
Vergleichwert wird in dem Menü „Sicherheitsparameter“ eingestellt.
Empfohlene Einstellung im Menü „Fehlermanagement“:
- *Default-Einstellung „Stopp mit Maximalstrom“ beibehalten.*

Projekt ARS 2000	Appl. Note 103	Seite 14 v. 17
Ersteller Metronix		Datum 05.06.2008
Inbetriebnahme Linearmotoren		

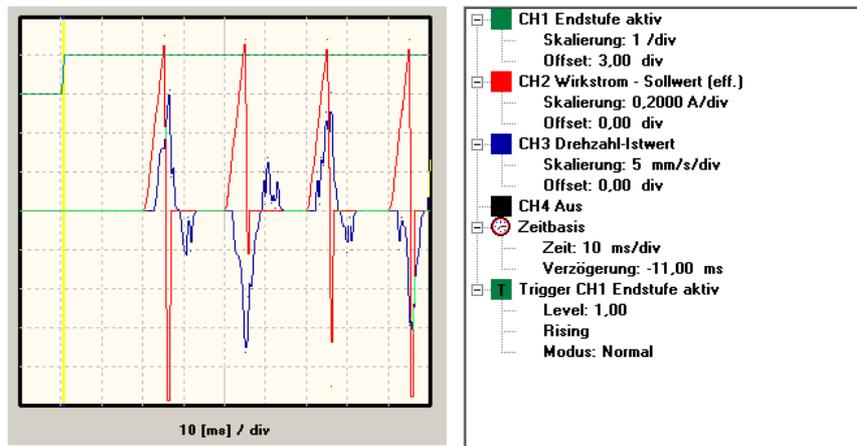
6 Anhang

Die im Anhang beschriebenen Kapitel brauchen im Standardfall nicht vom Anwender beachtet werden. Sie sind aus Gründen des besseren Verständnisses und für Spezialfälle für den erfahrenden Anwender beschrieben.

6.1 Messung und Bewertung des Reaktionsverfahren

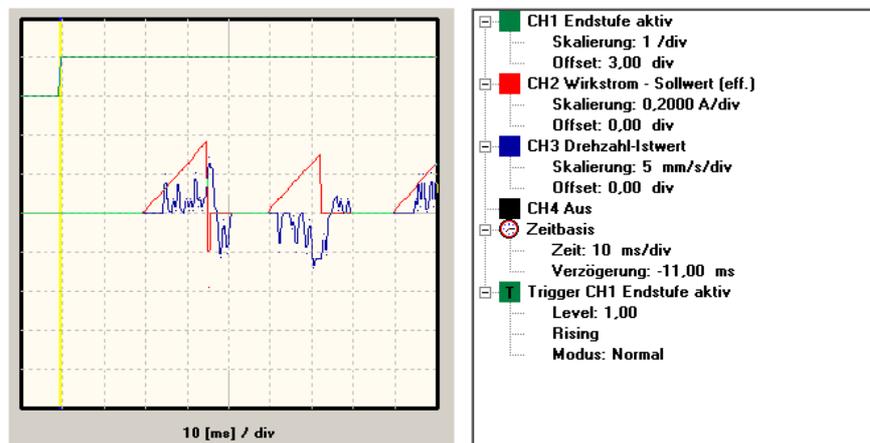
Bei der Bestimmung der Kommutierlage mit dem Reaktionsverfahren wird der Motor bestromt, bis der Rotor über die Istwertrückführung eine Reaktion liefert. Dies kann je nach Ausführung des Motors und der Gesamtapplikation zu Schwingungen führen. In Einzelfällen kann es daher ratsam sein, den Strom für diesen Prozess prozentual zu begrenzen. Der Parameter 0x04F3 bestimmt diesen Faktor (Skalierung: 65536 = 100 %).

Die folgende Oszilloskop-Aufzeichnung zeigt eine Identifizierung bei 100 %:



Interessant ist dabei der Verlauf des Drehzahl-Istwertes. Der Antrieb wird durch den Stromanstieg beschleunigt und anschließend durch einen inversen Stromimpuls wieder auf Drehzahl 0 abgebremst. Bei elastischen Anordnungen kann es jedoch durch diese kurzen Impulse zu einem Aufschwingen der Mechanik und damit auch der Antriebswelle kommen. Das Messergebnis wird dann verfälscht, der Prozess liefert keine gültige Kommutierlage und wird mit dem Fehler 35-5 beendet.

Die nachfolgende Abbildung zeigt den gleichen Prozess mit einem auf 12,5 % reduzierten Stromimpuls:



Projekt ARS 2000	Appl. Note 103	Seite 15 v. 17
Ersteller Metronix		Datum 05.06.2008
Inbetriebnahme Linearmotoren		

Die Reduzierung bewirkt im Wesentlichen eine Änderung der Rampensteilheit. Der Antrieb arbeitet mit weniger Beschleunigung benötigt aber im Gegenzug mehr Zeit für einen Schritt. Die Anregung bei schwingfähiger Mechanik ist kleiner und somit die Messung zuverlässiger. Welcher Wert für eine Applikation optimal ist, muss im Zweifel durch Versuche und Messungen ermittelt werden. Die Einstellung des Wertes erfolgt über das Transfer-Fenster. Als Anhaltspunkt kann gelten, dass bei zu klein eingestelltem Strom der Strom bis auf das Maximum ansteigt und dann für lange Zeit konstant bleibt, ehe sich der Antrieb bewegt hat. In solchen Fällen verlängert sich die Messdauer für die Kommutierlagefindung extrem.

6.2 Ermittlung von I²t-Motor

6.2.1 Allgemeines

Das Modell der Integralberechnung „I²t-Motor“ wird in verschiedenen Metronix Antriebsreglern verwendet.

Folgendes ist zu beachten:

Der Defaultwert von 2 s kann für Motoren mit geringer thermischer Zeitkonstante der Wicklung schon zu lang sein. Daher ist es notwendig die I²t-Zeitkonstante für den verwendeten Motor genau einzustellen. Die meisten Datenblätter bzw. Hersteller von Motoren geben diese Zeitkonstante an.

Falls dies nicht der Fall sein sollte wird in den nachfolgenden Kapitel eine Beispielrechnung für die Ermittlung der I²t-Zeit durchgeführt.

6.2.2 Funktion der I²t-Überwachung:

Die I²t-Überwachung im ARS2000 arbeitet nach dem Prinzip einer Integralberechnung:

- Im Drehzahlreglerzyklustakt: $I_{int} = I_{int} + I_{q^2} - I_{nenn}^2$
- Der Grenzwert errechnet sich zu: $I_{int_lim} = (I_{max}^2 - I_{nenn}^2) * t_{iit_max} / 10 \text{ ms}$
- t_{iit_max} ist die I²t-Zeit, also die Zeit, die der motor mit I_{max} bestromt werden kann bevor die I²t-Abschaltung erfolgt.
- Wenn I_{int} den Grenzwert I_{int_lim} überschreitet, erfolgt eine Meldung und je nach Parametrierung die Abschaltung des Motors

6.2.3 Berechnung der I²t-Zeit für ein Beispiel-Motor

In der folgenden Beispielrechnung werden die Cu-Verluste im Motor ermittelt und die daraus folgende I²t-Zeit und Ströme für den Motor:

Motordaten / eingestellte Ströme:

R_ph_ph	=	1,8 Ω	(Anschlusswiderstand zw. zwei Phasen gemessen, Motor heiß)
R_LL	=	3/2 * R_ph_ph	= 2,7 Ω
I_max	=	10 Aeff	
I_nenn	=	3,1 Aeff	

Projekt ARS 2000	Appl. Note 103	Seite 16 v. 17
Ersteller Metronix		Datum 05.06.2008
Inbetriebnahme Linearmotoren		

Berechnung der Cu-Verluste bei I_{nenn}:

$$I_{LL} = I_{max} / \sqrt{3} = 1,79 \text{ Aeff}$$

$$P_{Cu_nenn} = 3 * I_{LL_nenn}^2 * R_{LL} = 26 \text{ W}$$

Berechnung der Übertemperatur der Wicklung bei I_{nenn}:

$$R_{th_Cu-G} = 2,5 \text{ °K/W Thermischer Widerstand Wicklung - Gehäuse}$$

$$\Rightarrow \Delta T_{Cu-G_nenn} = 65 \text{ °C}$$

$$R_{th_G-L} = 5,4 \text{ °K/W Thermischer Widerstand Gehäuse - Luft}$$

$$\Rightarrow \Delta T_{G-L} = 140 \text{ °C}$$

=> Bei T_U = 25 °C und Betrieb mit Nennstrom erreicht die Wicklung bereits 165 °C !
=> nur noch 10°C Sicherheitsmarge bis 175 °C !
(175°C ist der Grenzwert der Isolationsklasse der Wicklung)

Berechnung der Cu-Verluste bei I_{max}:

$$I_{LL} = I_{max} / \sqrt{3} = 5,77 \text{ Aeff}$$

$$P_{Cu_max} = 3 * I_{LL_max}^2 * R_{LL} = 270 \text{ W}$$

Berechnung der (theoretischen) Übertemperatur der Wicklung bei I_{max}:

$$R_{th_Cu-G} = 2,5 \text{ °K/W Thermischer Widerstand Wicklung - Gehäuse}$$

$$\Rightarrow \Delta T_{Cu-G_max} = 675 \text{ °C}$$

Betriebsdauer für den Betrieb mit I_{max}:

Für den Betrieb mit Maximalstrom ist die thermische Zeitkonstante der Wicklung T_{th_Cu} entscheidend. Für die kurzen Betriebszeiten mit Maximalstrom kann die Gehäusetemperatur als konstant angenommen werden. Aus dem Datenblatt des Motors ergibt sich:

$$T_{th_Cu} = 14 \text{ s Thermische Zeitkonstante der Wicklung}$$

Bis zum Erreichen der Temperaturgrenze ist eine Temperaturerhöhung um maximal ΔT_{Cu-G_zul} zul = 10 °C möglich.

$$t_{iit_max} = \Delta T_{Cu-G_zul} / \Delta T_{Cu-G_max} * T_{th_Cu}$$

$$\Rightarrow t_{iit_max} = 200 \text{ ms}$$

Projekt ARS 2000	Appl. Note 103 Inbetriebnahme Linearmotoren	Seite 17 v. 17
Ersteller Metronix		Datum 05.06.2008

Fazit:

Bei 25°C Umgebungstemperatur darf der Motor maximal mit folgenden Parametern für die I²t-Überwachung betrieben werden:

$$\begin{aligned}
 I_{\max} &= 10 \text{ Aeff} \\
 I_{\text{nenn}} &= 3,1 \text{ Aeff} \\
 t_{\text{iit}_{\max}} &= 200 \text{ ms}
 \end{aligned}$$

Eine weitere Sicherheitsreserve im Hinblick auf höhere Umgebungstemperaturen und „Sicherheit“ für die Wicklung ist aus Gründen der Lebensdauer wünschenswert:

Bei 50°C Umgebungstemperatur und einer maximalen Wicklungstemperatur von 155 °C darf der Motor entsprechend maximal mit den folgenden reduzierten Parameter des Nennstromes für die I²t-Überwachung betrieben werden:

$$\begin{aligned}
 I_{\max} &= 10 \text{ Aeff} \\
 I_{\text{nenn}} &= 2,5 \text{ Aeff} \\
 t_{\text{iit}_{\max}} &= 200 \text{ ms}
 \end{aligned}$$