

# SERVO - ENDSTUFEN - FAMILIE

## E X X X X

### **Softwarebeschreibung und Hardware-Übersicht**

(ES4, ES8, E15, E8, E12, EDS12, ED15, ED50, ED100, GD02)

Stand: Dokumentation 20.05.2008, Software v5.xx / v6.xx

Dokumentenname: E-Global

- ◆ Endstufen für DC-Servo und AC-Servo- in verschiedenen Leistungsklassen
- ◆ Digitaler Lageregler mit Abtastzeit 1ms/250us, digitaler Stromregler 128us Abtastzeit
- ◆ Resolver oder 1Vss Feedback optional mit Endat-Interface für Absolutgeber
- ◆ DC-Betriebsspannungen je nach Ausführung 50-560, Spitzenströme bis 100A
- ◆ Integrierter Fahrtengenerator (Indexer) und Programmierbare Logik Kontrolle (PLC)
- ◆ Per Software anpassbar für Schrittmotoren (3-Phasen-Schrittmotoren)
- ◆ Regelungs- und Betriebsparameter programmierbar
- ◆ Sicherung von Parameterwerten in einem E<sup>2</sup>PROM
- ◆ Sicherung von CNC- und PLC- Programmen in einem FLASH-Speicher
- ◆ Potentialgetrennte 24V E/A-Einheit mit zusätzlichem NOTAUS-Eingang
- ◆ Kommunikation über serielle Schnittstelle RS422/485 im DIN-Protokoll 19244
- ◆ 3/6-HE-Baugruppen: Europakarten mit DIN 41612 Steckverbindern. Höhe von Ausführung abhängig.

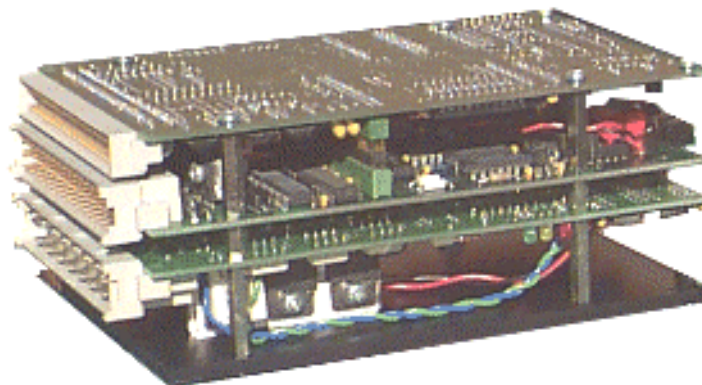


Bild: E15

Inhalt:

<b>1</b>	<b>ALLGEMEINE BESCHREIBUNG.....</b>	<b>3</b>
1.1	DER LAGEREGLER.....	3
1.2	DER STROMREGLER.....	4
1.3	DER INDEXER.....	4
1.4	DIE PROGRAMMIERBARE LOGIK KONTROLLE (PLC) .....	4
1.5	BETRIEBSARTEN .....	5
<b>2</b>	<b>BEDIENUNGSANLEITUNG .....</b>	<b>6</b>
2.1	SERIELLE KOMMUNIKATION .....	6
2.2	DER DIL-SCHALTER.....	6
2.3	KOMMANDOS.....	6
2.4	PLC-PROGRAMMIERUNG, BEDIENUNG E/A-EINHEIT.....	6
2.4.1	<i>Spezielle Merker der Exxx</i> .....	6
2.4.2	<i>Ein-/Ausgänge / Datenbereich:</i> .....	7
2.4.3	<i>PLC-Direktbefehle</i> .....	8
2.4.4	<i>Beeinflussung des Indexers durch die PLC</i> .....	8
2.5	CNC-ABLAUFPROGRAMM.....	8
2.6	SYNCHRONEINGANG, ZÄHLEINGANG.....	8
2.7	BEREICH UND GENAUIGKEIT VON GESCHWINDIGKEITEN .....	9
<b>3</b>	<b>EIGENSCHAFTEN DER SOFTWARE .....</b>	<b>9</b>
3.1	AUTOMATISCHE GEBER-OPTIMIERUNG (AB VERSION 5.64).....	9
3.2	REAKTION BEI ABFALL DES NOTAUS-EINGANGS .....	9
<b>4</b>	<b>EIGENSCHAFTEN DER HARDWARE .....</b>	<b>10</b>
4.1	ÜBERWACHUNG DER ENDSTUFE .....	10
4.2	SPANNUNGSVERSORGUNG.....	10
<b>5</b>	<b>INBETRIEBNAHME .....</b>	<b>10</b>
5.1	LEISTUNGSTEIL .....	10
5.2	BALLAST .....	11
5.3	SCHNITTSTELLEN, GEBER UND 24V E/A .....	11
5.3.1	<i>Edxx/RES Resolver</i> .....	11
5.3.2	<i>Edxx/SIN 1Vss-Geber</i> .....	11
5.3.3	<i>Motortemperaturüberwachung</i> .....	12
5.3.4	<i>Beschaltung der E/A-Einheit:</i> .....	12
5.3.5	<i>Serielle Schnittstellen:</i> .....	12
5.4	VERFAHREN DER INBETRIEBNAHME .....	12
5.5	SPEZIELLE FUNKTIONEN IN DEN BETRIEBSARTEN .....	12
<b>6</b>	<b>STECKERBELEGUNGEN .....</b>	<b>13</b>
<b>7</b>	<b>LEISTUNGSDATEN.....</b>	<b>13</b>

## 1 Allgemeine Beschreibung

Die Servoendstufen der E-Familie eignen sich zur Ansteuerung von AC-Synchron-Motoren und 3-Phasen-Schrittmotoren. Die Endstufen können an die meisten auf dem Markt erhältlichen Motor-Typen angepasst werden. Der Spitzenstrom kann vom Anwender zur Anpassung an den verwendeten Motor programmiert werden. Eine ebenfalls programmierbare I<sup>2</sup>t-Leistungs-Begrenzung schützt Motor und Leistungselektronik. Die Endstufen enthalten alle wichtigen Schutzfunktionen: Über- und Unterspannung im Zwischenkreis, Kurzschluss und Kühlkörper- sowie Motortemperatur werden überwacht. Die Ballastschaltung verhindert das Ansteigen der Spannung, wenn der Motor gebremst werden muss.

Die Positionserfassung erfolgt je nach Ausführung durch einen Resolver oder einen 1Vss-Geber. Diese übernehmen gleichzeitig die Rückmeldung der Lage der Motorwelle für die elektronische Kommutierung.

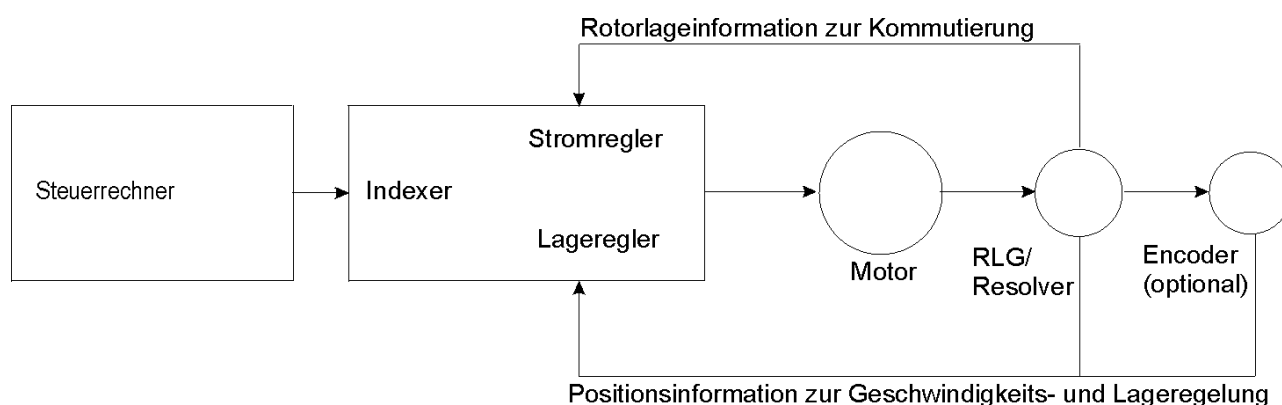
Exx-Varianten:

- Exx-RES, Resolver-Feedback
- Exx-SIN, 1Vss-Feedback, Endat-Interface für Absolutmess-System

Die Kommunikation zu einem Steuerrechner findet mittels der seriellen Schnittstelle statt. Das Kommunikationsverfahren erlaubt es, bis zu 31 (Option 63) Achsen von einem Steuerrechner aus zu bedienen. Falls die Achsen interpolierend arbeiten sollen, kann der Karte eine Interpolationskarte vorgeschaltet werden, die bis zu sechs Achsen verwalten kann.

Fahrbefehle kann die Endstufe über die serielle Schnittstelle erhalten. (Verwendung des integrierten Indexers), jedoch kann auch ein Zähl-Eingang (2-Phasen-Differential-Signal) zur Eingabe des Positions-Sollwerts benutzt werden. Zur Steuerung externer Abläufe steht eine 24V E/A-Einheit zur Verfügung. Diese Einheit ist vom Rest der Endstufe potentialgetrennt und für eine Betriebsspannung von 24V ausgelegt; die Ausgänge der Karte sind kurzschlussfest. Einige Signale sind für spezielle Funktionen vorbelegt (z.B. Bremsausgang, Referenzeingänge). Ein NOTAUS-Eingang ist vorhanden, welcher generell beschaltet sein muss, wenn mit der Endstufe gearbeitet werden soll.

Die Reglerdaten, sowie PLC- und CNC-Programme, werden in Speichern (E<sup>2</sup>PROM bzw. FLASH) gesichert, welche diese Daten (ohne zusätzliche Batterien) auch bei abgeschalteter Spannung hält.



Prinzip eines Antriebs mit einem Servomotor

### 1.1 Der Lageregler

Der Lageregler arbeitet digital mit einer Abtastzeit von wahlweise 1ms, 500us oder 250us. Als Regelprinzip ist ein PIDD1 Algorithmus integriert, dessen Parameter programmiert werden können. Unabhängig voneinander lassen sich so Proportional- (P), Integral- (I) und Differentialanteil (D) sowie die Zeitkonstante (T1) einstellen. Die Parameter sind bei Auslieferung auf Default-Werte eingestellt. Die Sollwerte aus dem Lageregler werden an den integrierten Stromregler weitergegeben. Die maximal zulässige Grösse des Schleppabstands (Regelabweichung) kann programmiert werden. Der Istwert der Position kann, wie andere Informationen auch, aus der Karte ausgelesen werden.

## 1.2 Der Stromregler

Der Stromregler arbeitet digital mit einer Abtastzeit von 128µs. Als Regelprinzip ist ein PI Algorithmus integriert, dessen Parameter von außen verändert werden können. Unabhängig voneinander lassen sich Proportional- (P) und Integral- (I) einstellen. Die Parameter sind bei Auslieferung auf Default-Werte eingestellt. Diese Parameter erlauben die Anpassung des Stromreglers an die Wicklungseigenschaften des Motors, der vom Lageregler geforderte Sollstrom soll möglichst schnell erreicht werden.

Hier kann auch der maximale Fahrstrom des Motors im Verhältnis zum Spitzenwert des maximalen Endstufenstromes programmiert werden.

## 1.3 Der Indexer

Der integrierte Indexer generiert Fahrten mit linearen oder Sin<sup>2</sup>-förmigen Beschleunigungs- und Bremsrampen. Die Fahrgeschwindigkeit wird in Hz (Inkrement pro Sekunde) und die Beschleunigung in Hz/ms eingegeben. Zur externen Beeinflussung der Geschwindigkeit, kann ein Override-Potentiometer angeschlossen werden, das einen Stellbereich von 0 bis 125% der programmierten Geschwindigkeit ermöglicht. Die anzufahrenden Positionen können in einen Bereich von -8388352 bis +8388607 Inkrementen liegen (24-Bit-Positionsangabe). Dies entspricht über 16m Fahrstrecke bei µ-Auflösung. Eine einfache Lose-Kompensation ermöglicht den Ausgleich von Spiel in der Mechanik.

Als Besonderheit, ist die Zusammensetz-Funktion des Indexers zu erwähnen. Zwei oder mehrere aufeinanderfolgende Fahrten in der selben Richtung, werden ohne Brems- und Beschleunigungsvorgänge aneinandergelagert. Diese Funktion ist auch noch gewährleistet, wenn zwischen den Fahrten Ausgänge die E/A-Einheit bedient, oder neue Fahrgeschwindigkeiten gesetzt werden sollen.

## 1.4 Die Programmierbare Logik Kontrolle (PLC)

Die PLC erlaubt eine komfortable Bedienung der E/A-Einheit und die Kontrolle der gesamten Endstufe. Die PLC muss nicht zwingend programmiert werden, zudem stehen auch Befehle zur direkten E/A-Bedienung zur Verfügung. Müssen jedoch z.B. während dem Fahren Ein- und Ausgänge bedient werden oder soll die Endstufe eigenständig arbeiten, kann dies durch entsprechende PLC-Programme erreicht bzw. unterstützt werden. Die PLC bearbeitet ein vom Benutzer erstelltes Programm im Hintergrund, d.h. ohne andere Funktionen der Karte zu beeinträchtigen. Die PLC unterstützt einen Grossteil der Befehle des Siemens-Step5 Befehlsvorrates. Die Programmstruktur ist ebenso identisch zur Step5. (Siehe STEP5 Dokumentation). Die erforderlichen GMS-PLC-Befehle werden durch einen Assembler aus einer entsprechenden Klartext-Quelle erzeugt und werden download-fähig bereitgestellt. Dieser Assembler ist auf IBM-PC's (und Kompatiblen) lauffähig. Ein Fehlersuchprogramm (Debugger) erlaubt es, das Verknüpfungsergebnis (VKE), Eingänge, Ausgänge und Merker, während des Programmlaufes zu beobachten.

Mit den Befehlen des PLC-Programmes können folgende Funktionen erreicht werden:

- Bedienung der 24V-E/A-Einheit
- Logische Verknüpfung von Merkern, Ein- und Ausgängen, Zähler und Timer
- Ausführen einfacher Arithmetik
- Kopplungen zu Lageregler, Indexer und CNC-Programmen über einen reservierten Merkerbereich

Das PLC-Programm wird zyklisch durchlaufen. Am Ende eines Durchgangs werden die intern aufbereiteten Daten des Prozessabbildes Ausgänge (PAA) an die Ausgänge übertragen; die Stellung der Eingänge wird vor jedem Zyklus in das Prozessabbild Eingänge (PAE) übertragen. Das Arbeiten der PLC darf die Aktivität der anderen Funktionen der Endstufe nicht stören - wenn der Indexer und die serielle Schnittstelle aktiv sind, wird daher die Arbeitsgeschwindigkeit der PLC langsamer und somit die Zykluszeit grösser. Die interne Schnittstelle zwischen CNC und PLC funktioniert folgendermaßen:

### **Kopplung von CNC zu PLC:**

Das CNC-Programm kann durch Ausführen von 'M'-Kommandos festgelegte Merkerbits der PLC setzen, das CNC-Programm wird dann solange angehalten, bis das PLC-Programm dieses Bit wieder zurücksetzt. Im Sonderfall können im CNC-Programm auch direkte E/A-Befehle eingesetzt werden, z.B.: Schnelles Setzen eines Ausganges.

### **Kopplung von PLC zu CNC:**

Die PLC kann CNC-Programme starten, anhalten und abbrechen. Dafür sind in der PLC eine Reihe von Merkern reserviert (siehe 2.4.1). Über solche Merker wird die PLC auch über wichtige Betriebszustände der Endstufe informiert (z.B. Überwachungsschaltung der Leistungselektronik hat angesprochen).

## 1.5 Betriebsarten

Wie bereits erwähnt erfolgt die Kommunikation mit der Karte über eine serielle Schnittstelle. Die Karte kann wahlweise im Online-Betrieb oder nach entsprechender Programmierung selbständig arbeiten. Ein gemischter Betrieb ist ebenfalls möglich.

### Online-Betrieb:

Im Online-Betrieb empfängt die Endstufe alle Befehle von einem Hostrechner und führt diese unmittelbar aus. Die Parameter des Indexers (Geschwindigkeit, Beschleunigung, u.s.w.) können gestellt und Fahrbefehle ausgeführt werden. Die momentane Position und Informationen über den Betriebszustand können abgefragt werden. Abfrage der Eingänge und setzen von Ausgängen der 24V-E/A ist möglich.

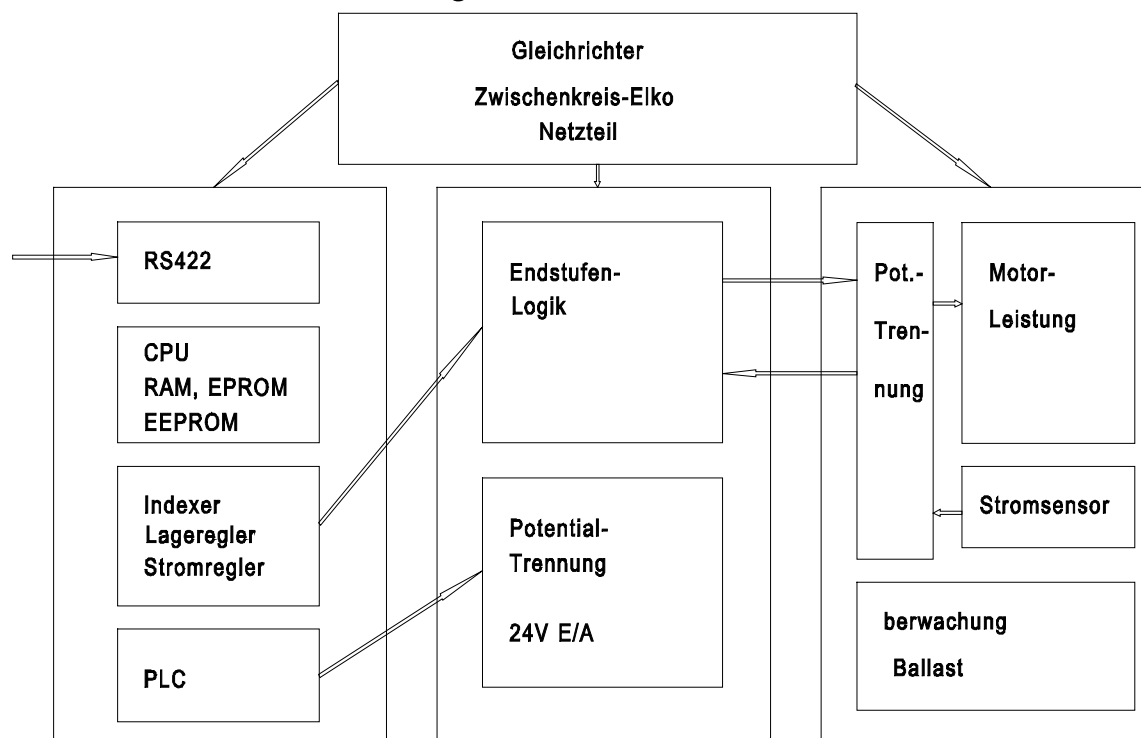
### Programmierbetrieb:

Bei einer Inbetriebnahme muss zunächst die Grundbetriebsart festgelegt und die Reglerparameter optimiert werden. Diese Parameter werden dann im E<sup>2</sup>PROM gesichert und stehen beim späteren Wiedereinschalten sofort zur Verfügung. Im weiteren können bis zu 100 CNC- und ein PLC-Programm in den FLASH-Speicher der Endstufe geladen werden. Das PLC-Programm bedient die E/A's und kann CNC-Programme starten.

### Selbstständiges Arbeiten der GMS:

Wurden entsprechende CNC- und PLC-Programme in die GMS geladen, kann die Endstufe nun selbstständig, auch ohne serielle Kommunikation arbeiten.

### Schematischer Aufbau der intelligenten Endstufe:



## 2 Bedienungsanleitung

### 2.1 Serielle Kommunikation

Es stehen zwei RS422 Schnittstellen zur Verfügung. Die RS422 ist eine Voll-Duplex Schnittstelle mit Differential-Leitungen. Ausgenutzt werden nur die Empfangs- und Sendeleitung (keine Handshake-Signale) im Halb-Duplex-Betrieb (siehe auch 5.3.5).

### 2.2 Der DIL-Schalter

Die Grundplatine der Endstufe ist mit einem DIL-Schalter mit 8 Stellern ausgerüstet. Die ersten 4 Steller ermöglichen die Adresswahl zwischen 0 und 15 (on/on/on/on = 0, off/on/on/on = 1 ... off/off/off/off = 15).

Die Steller 5 bis 8 stellen folgende Optionen bereit...

- Steller 5: off = Normaler Adressbereich wie mit Steller 1..4 gewählt, on = Adressoffset 16 (somit Adressbereich 16..31).
- Steller 6: Interpolations-Funktion (wenn eine GMI-Karte als *Master* verwendet wird).
- Steller 7: 19244-Protokolltyp: off = S-Version, on = E-Version.
- Steller 8: Umstellung der Übertragungsrates (Baudrate). Nur bei Standardsoftware off = 9600 Bd, on = 38400 Bd

Das Gerät liest die Stellung des DIL-Schalters nur beim Einschalten bzw. nach einem Reset (z.B. Notaus) ein. Änderungen sollten normalerweise nur bei abgeschalteter Versorgungsspannung erfolgen, anderenfalls muss nach der Änderung ein Reset erfolgen.

Die Softwareversion EDV (Lader Boot\_EDV ist Voraussetzung) besitzt eine modifizierte DIL-Schalterbelegung um einen Adressbereich bis 63 Achsen zu ermöglichen:

Die Steller 1 bis 6 erlauben die Adresseinstellung zwischen 0 und 63 (on,on,on...on = 0, off, off, ...off = 63. Die Steller 7 und 8 stellen folgende Optionen bereit...

- Steller 7: 19244-Protokolltyp: off = S-Version, on = E-Version.
- Steller 8: Interpolations-Funktion (wenn eine GMI-Karte als *Master* verwendet wird).

### 2.3 Kommandos

Kommandos bestehen aus einem Befehlszeichen (Kommando) und einer Anzahl Parameter, die von der Art des Befehls abhängt. Diese Befehle werden mit einem Protokoll nach DIN 19244 übertragen. Eine Liste und Erklärung der Kommandos ist im Dokument *E-Kommandos* enthalten.

### 2.4 PLC-Programmierung, Bedienung E/A-Einheit

Die PLC kann mit folgenden Elementen arbeiten:

18 Eingänge, 11 Ausgänge, 256 Byte Merker (Flags),  
16 Timer, 16 Zähler, 128 Daten-Worte

Zur Bedienung der Ein-, Ausgänge, Merker, Timer, Zähler und Daten stehen Befehle zur Verfügung, die hier nicht im einzelnen aufgeführt werden. Sie werden durch den Step5 Assembler erzeugt und werden download-fähig bereitgestellt. Der Ablauf des PLC-Programms kann, nach erfolgreichem Download (=Laden des Programms in die GMS), gestartet und gestoppt werden. Liegt beim Einschalten der GMS ein PLC-Programm im FLASH, so wird es automatisch gestartet.

Die Funktionalität der PLC-Befehle insbesondere die Funktionen des Bausteins FB 254 finden Sie in der gesonderten Dokumentation der Step5-PLC.

Im weiteren Text bezieht sich der Ausdruck Hostgerät auf ein, der GMS übergeordnetes Gerät. Dabei kann es sich z.B. um eine GMS-M einen Personal-Computer (PC mit Betriebssoftware) oder ein Bedienteil (UNI-BT) handeln.

#### 2.4.1 Spezielle Merker der Exxx

Im Merkerbereich sind die Bytes MB0 bis MB29 mit speziellen Funktionen und Daten belegt, um die PLC von Systemzuständen zu informieren und Abläufe zu steuern. **Vorsicht:** Die Informationsbits können innerhalb eines PLC-Zyklus ihren Zustand ändern.

In eckigen Klammern steht die Zugriffsberechtigung [rw] (r = Lesen, w = Schreiben); ein Punkt bedeutet Lesen bzw. Schreiben verboten. Grossbuchstaben bedeuten, dass diese Zugriffsart normalerweise benutzt wird, die andere jedoch möglich/nötig ist...

MB0	0.0	[rw]	STOP: Stop-Zustand im CNC-Befehl / -Programm. Wird das Bit vom PLC-Programm gesetzt, so wird die aktuelle Fahrt der Achse abgebremst (nicht abgebrochen). Die Achse bleibt stehen, solange STOP auf 1 bleibt. Wird das Bit gelöscht, so wird die unterbrochene Fahrt fortgesetzt. (Zustand 0 = Fahrfreigabe)
	0.1	[.w]	CNC-Befehl (Fahr-Funktion bzw. CNC-Programm) abbrechen. Eine möglicherweise anstehende Stop-Situation (M 0.0 = 1) wird hierdurch nicht beendet.
	0.2	[rw]	r: <i>CNC-Programmausgabe läuft</i> , w: <i>Starte CNC Programm</i>
	0.3	[r.]	Fahrbewegung aktiv (0=keine gesteuerte Motor-Bewegung)
	0.4	[r.]	Status Notaus (0=Notaus-Situation)
	0.5	[r.]	Lageregler aktiv (0=inaktiv)
	0.6	[r.]	Endstufen-Überwachung (1=Fehler, Endstufe inaktiv)
	0.7	[r.]	IDXOFF: 0=Indexer aktiv (1=nach Schlepp-Fehler). Das Bit wird im PLC-Zyklus nach dem Start der Referenzfahrt gesetzt, bzw. nach einem entsprechenden Fehler im darauffolgenden PLC-Zyklus rückgesetzt.
MB1	1.0	[r.]	CNC-Programm erfolgreich beendet
	1.1	[r.]	I <sup>t</sup> -Merker (1=I <sup>t</sup> -Situation ist/war vorhanden)
	1.2	[r.]	RDY: (=invertiertes BUSY) 0=CNC-Kommando in Ausführung 1=bereit
	1.3	[rw]	Synchronisations-Stop (intern verwendet)
	1.4	[r.]	Sollgeschwindigkeit erreicht = Beschleunigungs- bzw. Bremsphase abgeschlossen, z.B. nutzbar bei Spindelfunktionen.
	1.5	[rW]	Block-Markierung (kennzeichnet zusammengehörende Befehle)
	1.6	[r.]	(reserviert) Extended-Bit0, an Host (MCC/GSC), z.B. Grundstellung
	1.7	[r.]	(reserviert) Extended-Bit1, an Host (MCC/GSC)
MB2		[rW]	zu startende CNC-Programmnummer (wenn M0.2 gesetzt wird), gestartete CNC-Programmnummer, bei Start per p3;1;x-Kommando.
MB3	3.1	[R0]	Meldungs-Abfrage (siehe Sofort-Kommando q)
	3.4	[r.]	Fahr-Funktion unterdrückt (siehe Nx;17-Kommando)
	3.5	[r.]	Warte auf <i>In-Position</i> (siehe H2-Kommando)
	3.6	[rW]	reserviert für Geschwindigkeitsreduzierung (nur ISO-GB/MS)
	3.7	[rW]	Sicherung des statischen Datenbereichs DW0..39 bei Überwachungs-Situation. Hierdurch können aktuelle Daten permanent gespeichert werden.
MB4		[rW]	Meldungs-Code (wird im Kurzsatz-Status an Host geschickt)
MB5		[rW]	Fehler-Register (nur in speziellen Steuerungen)
MB6		[Rw]	M-Bits M50..M89 bzgl. m-Kommando (M-Funktionen des CNC-Programms, z.B. M50=M6.0, M51=M6.1, M58=M7.0...)
..10			
MB11		[Rw]	erweitertes M-Datum (zweiter Parameter aus m-Kommando)
MB12		[r.]	Betriebsarten-Melderegister (siehe steuernde Software, z.B. ISOCAM)
MB13		[r.]	Tastatur-Eingaben vom Hostgerät.
	13.6		Fehler-/Meldungs-Quittung (i.A. <Enter>-Taste)
MB15		[Rw]	erweitertes S-Datum (aus ISOCAM: <i>Spindel-Nummer - 1</i> in 15.0 bis 15.6)
	15.7		M-Bit (siehe 2.3.1., m-Befehl Sonderfall)
MW16		[Rw]	Spindel-Drehzahl aus S-Funktion (siehe 2.3.1., m-Befehl - Sonderfall)
MB18		[Rw]	Werkzeugnummer aus T-Funktion (18.0 bis 18.6, NV)
	18.7		M-Bit (siehe 2.3.1., m-Befehl - Sonderfall)
MB19		[r.]	aktueller Werkzeugspeicher (D-Nummer aus CNC-Programm, m-Befehl).
MB20			(bitte für zukünftige Erweiterungen freihalten)
..29			

## 2.4.2 Ein-/Ausgänge / Datenbereich:

**digitale Ausgänge:** A0.0 .. A1.7; Hardware bestückt bis A1.3, A0.0 normalerweise als **Bremsausgang** konfiguriert (siehe Nx;21-Kom.).

*für externe Hardware:* A4.0 .. A15.7; reserviert für max. 6 Ausgabekarten SPA.

**analoge Ausgänge:** AB2; hardwaremäßig vorhanden.

*für externe Hardware:* AB16 .. AB27; reserviert für max. 6 Ausgabekarten SPA.

**digitale Eingänge:** E0.0 .. E3.7; Hardware bis E2.1, bei interpolierten Achsen wird statt E1.6/1.7 in der IP-Karte E 2.0/2.1 dargestellt, da nur 16 Eingänge übermittelt werden.

*spezielle Signale:* E2.2 = Kurzschluss 24V

*für externe Hardware:* E4.0 .. E15.7; reserviert für max. 6 Eingabekarten SPE.

<b>analoge Eingänge:</b>	EB16 .. EB27; reserviert für max. 6 Eingabekarten SPE.
<b>Datenbereich:</b>	DW0 .. 127 (davon DW0..79 statisch, siehe d- und c-Kommando).
<b>Merkerbereich:</b>	MB0 .. MB255 (bis MB29 reserviert für Kopplungsmerker)

### 2.4.3 PLC-Direktbefehle

Falls eine PLC (als Step5-Programm) nicht erwünscht bzw. nicht nötig ist oder Sonderfälle eintreten (z.B. Setzen eines Ausgangs zwischen zwei Fahrten) stehen Befehle Kommandos zur Verfügung (p10-Befehl), die das direkte Beeinflussen der E/A ermöglichen:

OpCode	Operand	Name	Erläuterung
2	0..17	WOSI	warte bis Eingang Operand gesetzt
3	0..17	WORI	warte bis Eingang Operand rückgesetzt
6	0..10	WOSO	warte bis Ausgang Operand gesetzt
7	0..10	WORO	warte bis Ausgang Operand rückgesetzt
10	0..255	WOSF	warte bis Merker Operand gesetzt
11	0..255	WORF	warte bis Merker Operand rückgesetzt
14	0..255	WAIT	warte Operand Zehntelsekunden lang
16	0..10	SETO	Ausgang Operand einschalten
17	0..10	RESO	Ausgang Operand ausschalten
24	0..10	INVO	Ausgang Operand invertieren
26	0	CLAO	Alle Ausgänge rücksetzen
28	0..255	SNDF	Operand gebuffert in MB5 (Fehler-Byte) eintragen
29	0.255	SNDM	Operand gebuffert in MB4 (Meldung) eintragen

Die Befehle SETO, RESO, SNDF und SNDM sind sogenannte *Synchron-Kommandos*. Wenn sie in einer Reihe von Fahr-Kommandos mitübertragen werden, so stören sie das Zusammensetzen der Fahrten nicht. Mit den Synchron-Kommandos ist es somit möglich Ausgänge *fliegend* zu bedienen oder Meldungen/Fehler zu senden.

### 2.4.4 Beeinflussung des Indexers durch die PLC

#### Achs-Schutzfunktionen (FB 254, Funktion 27)

Dies ist ein spezieller Mechanismus in der Achskarte, der Bewegungen blockiert, solange bestimmte Bedingungen in der PLC anstehen. Die PLC kann eine Freigabe erteilen und bekommt Informationen darüber, ob Achsbewegungen blockiert wurden. Siehe Step5-Dokumentation.

## 2.5 CNC-Ablaufprogramm

CNC Programme bestehen aus einer Reihe unterschiedlicher Befehle. 80 verschiedene CNC-Programme ( $P_{nr} = 0..79$ ) können in den Speicher der Exxx geladen und zur Ausführung gebracht werden. Laden Sie die Kommandos (in der gewünschten Reihenfolge) nach einem 'p3;100; $P_{nr}$ '-Befehl. Die einzelnen Kommandos werden dabei nicht ausgeführt sondern nur aufgezeichnet. Schliessen Sie die Folge mit 'p3;101' ab. Sie können nun dieses Ablaufprogramm mit 'p3;1; $P_{nr}$ ' oder dem Startbefehl der PLC starten. Innerhalb eines Programms können weitere Programmstarts auftreten (Unterprogrammaufrufe, Schachtelung bis 8 möglich). T-Kommandos sind im Programm nicht zulässig. Das Abbrechen des laufenden CNC-Programms ist mit dem Break-Kommando möglich.

## 2.6 Synchron Eingang, Zähl Eingang

Statt die Sollwerte mit dem internen Indexer zu erzeugen, besteht die Möglichkeit die Positions-Sollwerte über einen Zähl Eingang (=Synchron Eingang) vorzugeben. Dazu muss ein 2-Phasen-Encoder-Signal an den dafür vorgesehenen Anschlüssen angelegt werden. Der Zähl Eingang kann per Software jederzeit aktiviert und deaktiviert werden. Dies geschieht über die Eingabe eines M-Kommandos:

- $m < 2$  Quadratureingang mit Vierfachauswertung aktiv (max. Strich-Frequenz = 1MHz),
- $m > 1$  interner Indexer aktiv.

Die erfolgte Eingabe eines M-Werts muss zur späteren Aktivierung mit dem s85;170-Befehl im E<sup>2</sup>PROM abgelegt werden. Nach einer Umschaltung (M-Befehl + s-Befehl) muss ein Neustart der Endstufe (Notaus oder Aus-/Einschalten) erfolgen. Der Zähl Eingang kann in der Achskarte gewichtet werden. (siehe Nv;23-Befehl). Jedes eintreffende Inkrement wird dabei zu v Sollwert-Inkrementen bewertet (v im Bereich 1..8); somit



kann die Geschwindigkeit des Zählereingangs ohne Änderung der Gesamtauflösung (rein softwaremäßig) erhöht oder ein elektronisches Getriebe mit variabler Übersetzung erzeugt werden.

## 2.7 Bereich und Genauigkeit von Geschwindigkeiten

Kartenintern werden Geschwindigkeiten nur in einem Bereich von 1..50000 Hz dargestellt. Um höhere Geschwindigkeiten zu erzeugen wird der *V-Faktor* benutzt. Diesen V-Faktor bestimmt die Karte aus dem programmierten Eilgang (M-Befehl) wie folgt:

M-Wert [Hz]	V-Faktor	Min. Geschw. [Hz] bei G94
5..50000	1	2
50001..100000	2	4
100001..200000	4	8
200001..400000	8	16
400001..500000	10	20
500001..1000000	20	40
1000001..1250000	25	50
1250001..2000000	40	80

Die minimale Geschwindigkeit, die mit dem f-Befehl gesetzt werden kann ist der doppelte V-Faktor. Werden kleinere Werte eingegeben, so kann es vorkommen, dass keine Fahrbewegung erfolgt.

Die hohen Minimalwerte beim Umdrehungsvorschub G95 resultieren aus der Tatsache, dass hier die Geschwindigkeiten in Inkrementen pro Umdrehung programmiert werden.

## 3 Eigenschaften der Software

### 3.1 Automatische Geber-Optimierung (ab Version 5.64)

Fehler der Signale von 1Vss-Gebern und Resolvieren führen zu Ungenauigkeiten in der ermittelten Ist-Position. Die beiden gravierendsten Fehler sind dabei *Offset von Sin* und *Cos* und *Pegelunterschied zwischen Sin und Cos*. Diese Fehler sollen durch ein Einmessverfahren, das automatisch in der Achskarte abläuft kompensiert werden. Im Achsmonitor (Registerkarte ‚Motoranpassung‘) ab JPack v2.04 kann die Funktion aktiviert und beobachtet werden.

#### Die Methode

Während der Geberauswertung im Rahmen der Lageregelung werden Pegelwerte überhalb einer bestimmten Schwelle gefiltert und gesammelt, wodurch sich 4 Spitzenwertspeicher (Sin+, Sin-, Cos+ und Cos-) ergeben. Die Methode geht von einer statistischen Gleichverteilung der Werte in den Spitzenwertspeichern aus. Wenn genügend Daten gesammelt wurden, werden Korrekturwerte für *Offset \** und *Pegelunterschied (Gain)* berechnet. Ungleich-Verteilungen werden dabei erkannt und entsprechende Messung werden verworfen. Da die Ermittlung der Werte recht lange dauern kann (bis 0,5h), werden diese nichtflüchtig im Gerät gespeichert.

\*) Beim Resolver ergeben sich durch den *FIR-Filter* keine Offsetfehler.

Fehlertabelle bei 1polpaarigem Resolver:

Amplitudenfehler    Abweichung    Abweichung in min.

5mV                    0,0623°    3,78'

10mV                  0,1248°    7,5'

15mV                  0,1874°    11,24'

→ der Fehler verhält sich annähernd linear mit 7,5' je 10mV Amplitudenfehler.

### 3.2 Reaktion bei Abfall des Notaus-Eingangs

- 1.) Wenn der Notaus-Eingang während einer Fahrt abfällt wird die Bewegung zuerst unter Einsatz der Notbremsrampe abgebremst (egal ob die Endstufe mit IS1 ausgestattet ist oder nicht).
- 2.) Der Bremsausgang wird gelöscht (Bremsse schließt), der Lageregler bleibt aber noch für 20ms aktiv (bis v5.68: 200ms).

Hinweise:

- Bei Gleichzeitiger Abschaltung der 24V-Versorgung der Ausgänge schließt die Motorbremse schon beim Abfallen des Notaus. Die Reaktionszeit der Bremse liegt etwa im Bereich 50..300 ms.

## 4 Eigenschaften der Hardware

### 4.1 Überwachung der Endstufe

Die Funktion der Endstufe wird abgeschaltet, wenn

- die Zwischenkreisspannung unter einen Mindestwert sinkt,
- die Zwischenkreisspannung einen Maximalwert übersteigt,
- ein Kurzschluss in der Leistungsleitung zum Motor vorliegt,
- die Kühlkörper-Temperatur zu hoch ist,
- die Signale vom Resolver oder des 1Vss-Gebers ausgefallen sind,
- die Versorgung eines Hilfs-Encoder-Anschlusses überlastet wird,
- der Bremskreis (Ballastwiderstand) überlastet wird,
- die Motor-Temperatur zu hoch ist,
- die Zwischenkreisspannung ausfällt,
- eine Phase der Versorgungsspannung fehlt,
- das Leistungs-Modul einen Fehler signalisiert bzw. signalisiert hat,
- ein Power-Fail (Absinken der 24V-Spannung) vorliegt.
- ein Speicherfehler (Flash, E<sup>2</sup>PROM oder externes RAM) erkannt wird.

In solchen Fällen wird die Lage- und Stromregelung abgeschaltet und (falls programmiert) der Ausgang BREMSE aktiv (0V). Die Grenzwerte für Zwischenkreisspannung und Temperatur sind programmierbar.

Die Istwerte von Zwischenkreisspannung und Endstufen-Temperatur können über die Schnittstelle ausgelesen und angezeigt werden.

Alle Typen geben über die Schnittstelle Auskunft über die Störungsursache.

#### **I<sup>2</sup>-t-Schutz:**

Zusätzlich kann die Endstufe sowie der Motor durch die programmierbare I<sup>2</sup>-t Grenze geschützt werden. Die Motorelektronik prüft ständig, ob der angegebene Stromwert (255 entspricht 100% des maximalen Endstufenstromes) überschritten wird. Dabei wird der Betrag des Stromes bewertet und bei dauerhafter Überschreitung der Schwelle wird der Motorstrom auf den programmierten Grenzwert gesetzt; bei einer 100%-igen Überschreitung des Grenzwertes ist eine Zeit von 2 Sekunden (früher 0.2 Sekunden) zugelassen. *Ein Beispiel:* Die I<sup>2</sup>-t Grenze wird auf 127 (50%) programmiert, die Endstufe kann einen maximalen Strom von 15 Ampere liefern (Annahme) → Wird nun plötzlich ein Motorstrom von 15 Ampere gefordert, so wird dies für 0.2 Sekunden zugelassen, danach wird der Motorstrom auf 7,5 Ampere begrenzt. Das Ansprechen der I<sup>2</sup>-t Sicherung zieht normalerweise einen Schleppfehler nach sich, da der Motor der gewünschten Bewegung (durch den verringerten Strom) nicht längere Zeit folgen kann. Ob die Ursache des Schleppfehlers die I<sup>2</sup>-t-Sicherung war, kann durch eine entsprechende Status-Abfrage festgestellt werden.

### 4.2 Spannungsversorgung

Die ES4/8 und E15-Endstufen erzeugen alle intern benötigten Spannungen aus der Zwischenkreis-Spannung. Die Typen E8, E12 und EDxx erzeugen die internen Spannungen aus der 24V-Versorgung. Die 24V-Spannung für die E/A muss von außen zugeführt werden. Für die Leistungsversorgung ist ein Gleichrichter integriert.

## 5 Inbetriebnahme

### 5.1 Leistungsteil

#### **Anschluss von Zwischenkreis-Spannung und Motor:**

- Bei den ESxx und E15 - Endstufen erfolgt die Leistungsversorgung ein- oder dreiphasig aus einem Trenntransformator. Der Gleichrichter ist in der Karte eingebaut. Die Leistung des Transformators soll etwa der mechanischen Leistung des Antriebs entsprechen. Ein Gleichzeitigkeitsfaktor (Fahren alle Achsen gleichzeitig mit Voll-Last?) kann berücksichtigt werden. Die Leerlaufausgangsspannung des Transformators, multipliziert mit 1.4 soll etwa die Nennspannung der Servoendstufe ergeben. Größere Spannungen sind möglich, es muss aber sichergestellt sein, dass bei Überspannung aus dem Netz der

Bremskreis noch nicht aktiviert wird. Bei kleineren Spannungen muss beachtet werden, dass bei Voll-Last die Unterspannungsschwelle der Servoendstufe nicht unterschritten wird.

- Die Endstufen E8, E12 und EDxx werden über ein Netzfilter direkt ein- oder dreiphasig am Netz betrieben. Auf den Endstufen wird **sichere Trennung** zu den Logik-Spannungen und zur 24V-Versorgung eingehalten.

Der Motor wird nach den jeweiligen Anschlussvorschriften des Herstellers mit der Servoendstufe verbunden. Es sollen abgeschirmte Leitungen passenden Querschnitts verwendet werden. Die Abschirmung wird beidseitig aufgelegt.

## 5.2 Ballast

Beim Bremsen wird die Energie der bewegten Masse in den Zwischenkreis zurückgespeist. Beim Überschreiten einer festeingestellten Zwischenkreis-Spannung wird die Ballastschaltung aktiv. Ein geeigneter Ballastwiderstand nimmt die Bremsenergie auf. Bei großem Trägheitsmoment reicht die Energieaufnahme der Ladekondensatoren nicht aus, die Zwischenkreisspannung innerhalb des zulässigen Bereichs zu halten. Durch das Ansteigen der Spannung über einen festgesetzten Wert wird die Ballastschaltung aktiviert; die anfallende Energie wird im Ballastwiderstand in Wärme umgesetzt. Für Anschluss und Berechnung des externen Ballast-Widerstands siehe die speziellen Beschreibungen.

Die ESxx - Endstufen und die Endstufe ED100 besitzen keinen internen Ballastwiderstand. Bei Bedarf muss ein externer Ballastwiderstand angeschlossen werden.

Die Endstufen E8, E12 und EDxx besitzen integrierte Ballastwiderstände.

## 5.3 Schnittstellen, Geber und 24V E/A

### 5.3.1 Edxx/RES Resolver

Der Resolver des Motors muß nach Angaben des Motorenherstellers mit der Endstufe verbunden werden. Wir empfehlen eine beidseitig aufgelegte Abschirmung zu verwenden. Die Leitungen zum Resolver sollen paarweise verdreht sein. Die Arbeitsweise des Resolvers kann über die Inbetriebnahmesoftware GMSH eingestellt werden. Es sind dies:

- Resolver-Erregerfrequenz 8kHz oder 4 kHz
- Resolerauflösung 12bit oder 13bit (4098 oder 8192 Inkremente/Umdrehung bei 1-poligem Resolver)
- Verhältnis Motorpolzahl zu Resolverpolzahl (wird für die korrekte Kommutierung benötigt)
- Feldsymmetrie (Resolvermontage gegen Feldlage Motor, für Kommutierung)

### Hilfs-Encoder- und Zählengang:

Es stehen hier zwei Hilfsencoder-Eingänge (Kanal 1 und Kanal 2) zur Verfügung (5V RS422). Kanal 1 ist für die erweiterte Lageregelung ausgelegt, Kanal 2 für ein Messrad (Korrektur/Überwachung).

Kanal 1: Ein Hilfsencoder kann zur Positionserfassung verwendet werden. Ist der Eingang als Zählengang programmiert, kann der Antrieb als Folgeantrieb mit Sollwertvorgabe durch diesen Zählengang arbeiten. Diese Eingänge arbeiten nach RS422-Spezifikation (5V Differenzeingänge). Signal-Eingänge sind für die Kanäle Spur1, Spur2 und Referenz vorhanden (K1, K2 und K0). Die Schirmung des Encoderkabels erfolgt beidseitig. Die Versorgung des Encoders erfolgt aus der Endstufe. Eine Spannung von 5V, max. 150mA wird bereitgestellt.

### 5.3.2 Edxx/SIN 1Vss-Geber

Mit einem 1Vss-Geber ist eine sehr präzise Erfassung der Motorposition möglich. Momentan ist eine interne Interpolation im Sinus-Signal von max. 32 möglich. Dies ergibt bei einem Geber mit 2048 Strichen pro Umdrehung eine Auflösung von 65536 Inkrementen pro Umdrehung. Über GMSH sind folgende Einstellungen erforderlich:

- Verhältnis Motorpolzahl / Encoderstrichzahl (für Kommutierung)
- Geberunterteilung (momentan max. 32) (bestimmt Auflösung für Lageregler)
- Endatinterface (Absolutmess-System) ein/aus
- Feldsymmetrie falls Absolutmess-System aktiv (ohne Abs.-Geber wird die Feldsymmetrie beim Einschalten durch eine Suchbewegung festgelegt)
- Die maximale Geberfrequenz ist 200kHz.

#### Hilfs-Encoder- und Zähl Eingang:

Es steht hier ein Hilfsencoder-Eingang (Kanal 2) zur Verfügung (5V RS422). Ein Encoder kann zur Positionserfassung verwendet werden. Ist der Eingang als Zähl Eingang programmiert, kann der Antrieb als Folgeantrieb mit Sollwertvorgabe durch diesen Zähl Eingang arbeiten. Dieser Eingang arbeitet nach RS422-Spezifikation (5V Differenzeingänge). Signal-Eingänge sind für die Kanäle Spur1, Spur2 und Referenz vorhanden (K1, K2 und K0). Die Schirmung des Encoderkabels erfolgt beidseitig. Die Versorgung des Encoders erfolgt aus der Endstufe. Eine Spannung von 5V, max. 150mA wird bereitgestellt.

### 5.3.3 Motortemperaturüberwachung

Eine Überwachung der Motortemperatur ist über PTC-Widerstände oder KTY84 Temperatursensoren in der Motorwicklung vorgesehen. Die Überwachung PTC und KTY wird am Resolverstecker oder alternativ (nur PTC) am 24V-Stecker X13. Die PTC-Widerstände sollten im Kaltzustand einen Widerstand kleiner 500 Ohm aufweisen. Wird die Überwachung nicht benutzt, müssen in einem der beiden Stecker die Überwachungssignale gebrückt werden.

### 5.3.4 Beschaltung der E/A-Einheit:

Mindestens die 24V-Versorgung 24Vi und der Anschluss Notaus (low-aktiv) muss mit 24V verbunden sein (GND = 24V-Masse). Die Ausgänge sind plus-schaltend, Freilaufdioden nach GND sind eingebaut. Jeder Transistorausgang darf einen Strom von 500mA abgeben, der Gesamtstrom darf jedoch 2A nicht übersteigen. Eine elektronische Kurzschluss-Sicherung schaltet bei einem Gesamtstrom von ca. 2.5A alle Ausgänge ab; nach Ausschalten der 24V Versorgung (mindestens 10 Sekunden) und Beseitigung des Kurzschlusses oder der Überlast können die Ausgänge wieder arbeiten. Die Stromaufnahme der Endstufe aus der 24V-Versorgung beträgt 0.6A.

### 5.3.5 Serielle Schnittstellen:

Zwei serielle Schnittstellen stehen zur Verfügung. Diese arbeiten als RS422 (Vierdraht). Die Verständigung auf der Schnittstelle geschieht nach dem Protokoll DIN 19244, 9600 bzw. 38400 Baud, 1 Start-, 8 Daten- und einem Stop-Bit mit gerader Parität. Die Wahl des Protokolltyps erfolgt per DIL-Schalter (siehe unten); zur weiteren Erläuterung lesen Sie bitte die Zusatzdokumentation 19244-Protokoll. Die Signalbezeichnung HRXD bedeutet: Empfangsleitung der Host-Seite, ist also geräteseitig eine Sendeleitung. Für Interpolationsbetrieb muss die Haupt-RS422 verwendet werden. RS422-Schnittstellenkarten sind auf dem Markt erhältlich. Wir bieten jedoch auch RS422-RS232 Schnittstellen-Wandlerkarten und -Module an, so dass mit der weitverbreiteten RS232-Schnittstelle gearbeitet werden kann.

#### **19244-E-Version**

Die Exx ist mit der verbesserten E-Version des 19244-Protokolls ausgestattet. Aktivierung per DIL-Schalter (siehe 2.2). In einem System dürfen E- und S-Versionen nicht gemischt werden, außerdem muss die steuernde Software das Protokoll ebenfalls unterstützen.

**Hinweis:** Zum einfachen Anschluss der Geber und der seriellen Schnittstelle(n) sowie Leistungsanschluss fertigen wir Rückwandverdrahtungskarten, auf der SUB-D-Buchsen/Stecker bzw. Wannenstecker zum Anschlagen von Flachbandkabeln bestückbar sind.

## 5.4 Verfahren der Inbetriebnahme

Normalfall: Nach dem Einschalten der Versorgungsspannung ist der Motor fest und zieht bei Auslenkung in die Ausgangslage zurück. Für das Optimieren der Parameter des Lagereglers und das Testen einfacher Fahrbefehle empfehlen wir die Verwendung unseres MS-DOS-Programms GMSH (im Lieferumfang enthalten). Dieses zeigt im Einrichtmenü übersichtlich alle Parameter der Endstufe, diese können leicht geändert und dazu momentane Zustände des Geräts beobachtet werden. Weiteres entnehmen Sie bitte der speziellen Beschreibung von GMSH. Sie erhalten dort weitere Hinweise und Hilfestellung zum phasenrichtigen Anschluss des Motors und des Resolvers sowie der Optimierung der Reglerparameter.

## 5.5 Spezielle Funktionen in den Betriebsarten

### **Interpolationsfähigkeit**

Wählbar durch Schalter DIL6 oder 8 (siehe 2.2). Hierbei wird der Verstärker an einem Slot einer Interpolationskarte (GMI99) betrieben. Die PLC-Fähigkeit der E-Endstufen geht dabei verloren, die E/A-Hardware kann jedoch genutzt werden; dabei sind jeweils 16 Bit (2 Byte) pro E-Karte im PAE und PAA der Interpolationskarte eingeblendet - die Eingänge 2.0 / 2.1 sind intern auf die Eingänge 1.6 / 1.7 umgelegt, um in der Interpolationskarte Zugriff zu haben.. Die Seriell-Kommunikation wird durch die GMI-Karte (hindurch)

ermöglicht. Siehe GMI99-Beschreibung.

## 6 Steckerbelegungen

Die Belegung der Stecker ist bei den jeweiligen Typen unterschiedlich. Die Belegung muss den entsprechenden Unterlagen zu den Leistungsteilen entnommen werden.

## 7 Leistungsdaten

### Übersicht E-Servoendstufen

(Stromangaben sind DC-Spitzenwerte)

Typ:	E15	E15-2	ES4	ES8	E8	E12	ED15	ED50	ED100
Nenn-Spannung: (DC)	70V	160V	160V	160V	310V	310V	560V	560V	560V
Unterspannung	30V	60V	60V	60V	200V	200V	250V	250V	250V
Überspannung:	95V	190V	190V	190V	400V	400V	680V	680V	680V
Ballasteinsatz:	80V	180V	180V	180V	380V	380V	650V	650V	650V
Ladeelko: [uF]	1000	100	100	100	200	200	330	330	330
Nennstrom:	5A	5A	2A	4A	5A	5A	5A	17A	33A
Spitzenstrom:	15A	15A	4A	8A	8A	12A	15A	50A	100A
Bremsstrom:	15A	15A	5A	15A	10A	10A	5A	14A	30A
Bauhöhe: [mm]	68	68	68	80	112	112	6HE/ 112		6HE/ 140
Zahl der 24V Ein- und Ausgänge	17E 11A	17E 11A	17E 11A	17E 11A	17E 11A	17E 11A	17E 11A	17E 11A	17E 11A

Die PLC-Laufzeit beträgt ca. 30 ms pro 1000 Befehle und wurde während einer Positionierung gemessen. Bei weniger intensiver Beschäftigung der Geräte sind kürzere Laufzeiten möglich.

### Für alle Ausführungen gemeinsam

Abtastzeit des Lagereglers:	1ms
Algorithmus des Lagereglers:	PIDT1
Abtastzeit Stromregler:	125 µs (PI-Regler)
Maximale Strichfrequenz Encoder:	1MHz, intern 4MHz da Vierfachauswertung
Mindestinduktivität des Motors:	0.5 mH
Taktfrequenz Endstufe:	9 kHz
Frequenz der Stromwelligkeit:	18 kHz
Wirkungsgrad Endstufe:	95%
Betriebstemperatur:	0-40 Grad Celsius

### E Endstufen mit Resolver

Die Endstufen erhalten in ihrer Bezeichnung den Index 'R'. Z.B.: E15-R.

Resolversteuerung:

Erreger:	4V <sub>eff</sub> , I <sub>eff</sub> max. = 30 mA
Sekundär:	Sinus und Kosinus mit 2 V <sub>eff</sub>
Auflösung:	4096 oder 8192 Inkremente pro Poldurchlauf (u.u. mehrere Pole pro Umdrehung)

**E8/E12/E15/ED15/ED50/ED100** Endstufen arbeiten mit Resolver oder 1V<sub>ss</sub>-Gebern.

**ES4/ES8: 3-Phasen-Schrittmotor-Endstufen**

Bei einem 50-poligen Motor (SIG-Berger) ist die Auflösung 6400 Schritte/Umdrehung. Die max. Schrittfrequenz ist 500kHz.

Die Schrittmotorendstufen besitzen keine externe Istwerterfassung, stattdessen wird angenommen, dass der Rotor des Motors der Feldweitschaltung folgt, dementsprechend wird die interne Istposition weitergezählt. Alle anderen Funktionen entsprechen den Karten mit Servoregelung.