

BEAMICON

Bene's Affordable Mill Controller

5-Achs CNC Steuerung für Fräsmaschinen

Installationshandbuch



Produktkurzbeschreibung

Die BEAMICON-Steuerung verarbeitet CNC-Steuerprogramme nach DIN (G-Code) und erzeugt daraus Schritt- und Richtungssignale für Schritt- oder Servomotoren. Es können bis zu fünf Achsen gleichzeitig angesteuert werden, wobei Parameter wie Auflösung und Verfahrenswege frei eingestellt und auf beliebige Fräsmaschinen angepaßt werden können. Die Steuerung besitzt eigene, hardwareunterstützte Recheneinheiten für die Bahninterpolation und benötigt einen PC (Workstation oder anderes Datenterminal) nur zur Programmeingabe und -übertragung.

Inhalt

1	SICHERHEITSHINWEISE.....	4
2	SYSTEMANFORDERUNGEN	4
3	ELEKTRISCHE INSTALLATION	5
3.1	GEHÄUSE.....	5
3.2	NETZTEIL.....	5
3.3	SERIELLE SCHNITTSTELLE.....	5
3.4	VGA-MONITOR.....	6
	HANDSTEUERUNGSMODUL.....	6
3.6	SCHALTEREINGÄNGE.....	6
3.7	AUSGÄNGE FÜR SCHRITTMOTOREN/SERVOENDSTUFEN	7
3.8	DIGITALE EIN/AUSGÄNGE.....	8
	<i>Ausgänge</i>	8
	<i>Eingänge</i>	8
3.9	ANALOGAUSGANG.....	9
3.10	FELDBUS.....	9
3.11	EMV UND ENTSTÖRMABNAHMEN	10
4	INBETRIEBNAHME	11
4.1	GRUNDLAGEN DER BENUTZEROBERFLÄCHE.....	11
4.2	KOMMUNIKATIONSAUFBAU MIT DEM PC.....	11
4.3	EINSTELLEN DER MASCHINENPARAMETER.....	12
	<i>Achsengeometrie</i>	13
	<i>Auflösungen und Verfahrswege</i>	14
	<i>Geschwindigkeit und Beschleunigung</i>	14
	<i>Schalterpolarität</i>	15
	<i>Verzögerungszeiten</i>	16
	<i>Baudrate</i>	17
	<i>Spezielle Parameter</i>	17
	<i>Speicher für Nullpunktverschiebungen</i>	17
	<i>Auflösung des Handrads</i>	18
	<i>Modus für Referenzfahrt</i>	18
	<i>Belegung der Ausgänge</i>	18
	<i>Kennlinie für Spindeldrehzahl</i>	18
	<i>Dateien überschreiben</i>	19
	<i>Lizenzen für Zusatzoptionen</i>	19
	<i>Definition der Drehachsenlage</i>	19
	<i>Geometriekorrektur</i>	19
4.4	PROBELAUF DER ACHSANTRIEBE.....	19
	<i>Kontrolle der Endschalter</i>	19
	<i>Kontrolle der Relaisausgänge</i>	20
	<i>Kontrolle der Motorlaufrichtung</i>	20

5	ZUBEHÖR, ERWEITERUNGEN UND UPDATES	21
5.1	ZUSÄTZLICHE EIN-/AUSGÄNGE.....	21
5.2	HANDSTEUERUNGSMODUL.....	22
5.3	SPEICHERERWEITERUNG	22
5.4	SOFTWARE-UPDATES	22
6	PROBLEME BEHEBEN	24
6.1	ÜBERTRAGUNGSFEHLER	24
6.2	PARAMETERSPEICHER LÖSCHEN.....	24
6.3	HANDSTEUERGERÄT FUNKTIONIERT NICHT.....	24
7	TECHNISCHE DATEN.....	25
7.1	LEISTUNGSMERKMALE:.....	25
7.2	ABSOLUTE GRENZWERTE.....	25
7.3	ELEKTRISCHE ANSCHLUBWERTE:	26

1 Sicherheitshinweise

Die Steuerung darf nur von qualifiziertem Fachpersonal installiert und in Betrieb genommen werden. Lesen sie bitte die Kapitel „Elektrische Installation“ und „Inbetriebnahme“ sorgfältig durch und beachten Sie alle Anweisungen genau. Eine unsachgemäße Installation oder Bedienung des Geräts kann zu Beschädigungen der Steuerung oder der Fräsmaschine führen und Gefahren für die Gesundheit des Bedienungs-personals zur Folge haben. Der Anlagenhersteller, der Die BEAMICON-Steuerung und andere Komponenten zur Gesamtanlage zusammenbaut, und der Anlagenbetreiber sind für die Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften verantwortlich.



2 Systemanforderungen

Zur Inbetriebnahme der BEAMICON-Steuerung benötigen Sie außer der Steuerung selbst noch folgende Komponenten:

1. Die Fräsmaschine mit drei bis fünf Achsen
2. Antriebseinheiten für alle Achsen bestehend aus
 - a) Schrittmotoren mit passenden Endstufen, oder
 - b) Servomotoren komplett mit Lageregeln und Endstufen
3. Netzteil mit 12..36V Gleichspannungsausgang, oder ein Trafo mit 9..24V Wechselspannung, ca. 4W
4. Ein 19-Zoll-Gehäuse (3HE) und ein Steckverbinder DIN41612 Bauform C (96 Pole, weiblich)
5. Ein PC oder sonstiges Datenterminal mit RS232-Schnittstelle (Option USB-Schnittstelle als Zubehör)
6. Einen VGA-kompatiblen Monitor oder LCD-Bildschirm (für die Steuerung, zusätzlich zu dem des PCs)
7. optional ein Handsteuerungsmodul (siehe Kapitel „Zubehör und Erweiterungen“)

Die Antriebseinheiten für die einzelnen Achsen müssen je einen Schritt- und Richtungseingang mit TTL-Digitalpegel haben. Servoendstufen mit analogen Strom- oder Spannungssollwert-Eingängen sind *nicht* geeignet.

3 Elektrische Installation

3.1 Gehäuse

Die Beamicon-Steuerung ist für die Installation in einem geschlossenen Metallgehäuse oder einem Schaltschrank vorgesehen. Dies ist nicht nur sinnvoll, um die empfindliche Elektronik vor Staub, Spänen und Kühlmittel zu schützen, sondern ist auch aus Gründen der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) erforderlich. Beachten sie deshalb auch unbedingt das Kapitel „EMV und Entstörmaßnahmen“.

Falls im gleichen Gehäuse auch die Endstufen der Schritt- oder Servomotoren untergebracht werden, sollte auf ausreichende Wärmeabfuhr geachtet werden. Dies gilt selbstverständlich auch für Frequenzrichter für Spindelantriebe, Trafos größerer Leistung und sonstige Bauteile mit größerer Wärmeabgabe. Die Steuerung selbst produziert nur sehr wenig Abwärme. Sie sollte jedoch nicht unmittelbar über den Kühlkörpern oben genannter Leistungsbauteile montiert werden. Bei Hitze Problemen hilft meist ein kleiner Lüfter, der gegen das heiße Teil bläst.

3.2 Netzteil

Für die Energieversorgung der Steuerung ist ein externes Netzteil erforderlich, an das jedoch keine besonderen Anforderungen gestellt wird. Ein integrierter Spannungsregler mit Weitbereichseingang sorgt dafür, daß die Beamicon-Steuerung mit Gleichspannungen von 12 bis 36V oder mit Wechselspannung von 9 bis 24V klarkommt. Meist kann die Spannungsversorgung der Endstufen mit-

verwendet werden, etwa bei den üblichen Schrittmotorendstufen bis 36V Eingangsspannung. Es sollte mindestens 4W Leistungsabgabe besitzen, dies entspricht etwa 0,33A bei 12V oder 0,16A bei 24V.

Achtung: Bei Speisung mit Wechselspannung muß beachtet werden, daß die Steuerung keine galvanische Trennung zwischen Spannungsversorgung und Signalausgängen besitzt. Im Zweifelsfall sollte ein separater Trafo oder ein Trafo mit getrennten Wicklungen für Leistungsteil und Steuerung verwendet werden.



3.3 Serielle Schnittstelle

Die serielle Schnittstelle befindet sich auf der Frontseite links unten („RS232“). Sie dient zur Kommunikation mit dem PC oder einem anderen Arbeitsplatzrechner. Über sie können die CNC-Programme übertragen werden und Parametereinstellungen oder Softwareupdates durchgeführt werden. Die Schnittstelle entspricht dem RS232-Standard und hat die bei PCs übliche Anschlußbelegung mit einem 9-poligen SUBD-Steckverbinder. Zur Verbindung mit dem

PC kann ein handelsübliches serielles Kabel verwendet werden, wie es etwa zum Anschluß von Modems verwendet wird (9-polig weiblich zu männlich, 1:1 durchverbunden).

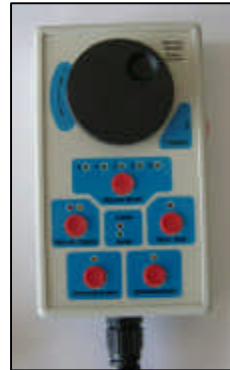
Für den Verbindungsaufbau sollte „hardware-Handshake“ gewählt werden (5-Draht-Verbindung). Die voreingestellte Baudrate ist 57600 Baud, 8N1. Details werden im Kapitel „Inbetriebnahme“ erläutert.

3.4 VGA-Monitor

An den Video-Ausgang kann ein handelsüblicher Farbmonitor angeschlossen werden. Die Steuerung verfügt über einen VGA-kompatiblen 15-poligen SUBD-HD Steckverbinder (Frontseite unten rechts, „Video“) wie er bei fast allen Computerbildschirmen Standard ist. Es werden keine besonderen Anforderungen an Auflösung und Frequenz gestellt (31kHz/60Hz horizontal/vertikal, 640 x 480 Punkte).

3.5 Handsteuerungsmodul

Alternativ zu den Tastern (Bild oben) kann die Steuerung auch über ein externes Handsteuerungsmodul bedient werden, was wesentlich komfortabler ist und z.B. auch eine feinfühlig Positionierung der Achsen über ein Handrad ermöglicht. Das Handsteuerungsmodul (Bild rechts) kann an die runde Buchse an der Frontplatte oben rechts angeschlossen werden.



3.6 Schaltereingänge

Alle anderen Signale sind an dem 96-poligen Steckverbinder auf der Rückseite zugänglich. An die Schaltereingänge (Pins A15 bis C17) werden die Endschalter der Achsantriebe angeschlossen. Die Endschalter sind für die Referenzfahrt zu Beginn des Fräsvorgangs erforderlich, um den Nullpunkt der Achsen zu bestimmen, da im Einschaltzeitpunkt die absolute Position der Achsen nicht bekannt ist (relative Positionierung über Schritt/Richtungs-Signale). Die Eingänge werden mit 12 oder 24V-Pegeln angesteuert, wobei normale mechanische Schalter, Lichtschranken oder induktive Näherungsschalter verwendet werden können. Die Polarität der Schalter (Öffner oder Schließer bzw. High/Lowside oder NPN/PNP-Typ) kann über Software-Parameter eingestellt werden (siehe Kapitel „Inbetriebnahme“).

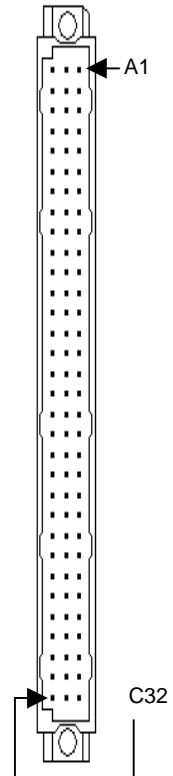
Bei mechanischen Schaltern kann wahlweise ein Öffner oder Schließer zwischen +12/24V (Pin B15 bis B17) und dem jeweiligen Eingang angeschlossen werden. Bei Verwendung von Lichtschranken, Induktivschaltern oder sonstigen aktiven Sensoren muß der Sensorausgang mit dem Eingang (Pin C18 bis C25), die positive Klemme mit +12/24V (B15 bis B17), und die Sensor-Masseleitung mit Masse (B18 bis B25) verbunden werden, unabhängig von der Polarität des Sensors, welche, wie gesagt, über Software konfiguriert werden kann.

Der Alarm- bzw. Not-Stop-Eingang kann entweder für einen manuellen Not-Halt oder für einen Türkontakt (Maschine stoppt beim Öffnen der Tür) oder für den Alarmanstieg anderer Geräte (z.B. Überlast des Spindeltriebs) verwendet werden. **Achtung:** dieser Nothalt-Eingang ersetzt nicht den obligatorischen Not-Hauptschalter, der die komplette Stromzufuhr zu allen Antrieben unterbrechen muß. Bei eventueller Beschädigung der Steuerung (Netz-Überspannung, Eindringen von Kühlwasser ö.ä.), muß eine unabhängige Möglichkeit vorgesehen werden, die Maschine abzuschalten.



Der Steckverbinder auf der Geräterückseite hat folgende Belegung (Blick von hinten auf den Stecker, Pin 1 oben):

	Reihe C (links)	Reihe B (Mitte)	Reihe A (rechts)
1	X-Achse Schritt –	Masse	X-Achse Schritt +
2	X-Achse Richtung –	Masse	X-Achse Richtung +
3	Y-Achse Schritt –	Masse	Y-Achse Schritt +
4	Y-Achse Richtung –	Masse	Y-Achse Richtung +
5	Z-Achse Schritt –	Masse	Z-Achse Schritt +
6	Z-Achse Richtung –	Masse	Z-Achse Richtung +
7	4. Achse Schritt –	Masse	4. Achse Schritt +
8	4. Achse Richtung –	Masse	4. Achse Richtung +
9	5. Achse Schritt –	Masse	5. Achse Schritt +
10	5. Achse Richtung –	Masse	5. Achse Richtung +
11	reserviert	Masse	reserviert
12	reserviert	Masse	reserviert
13	Feldbus Ausgang –	+5V Ausgang	Feldbus Ausgang +
14	Feldbus Eingang –	+5V Ausgang	Feldbus Eingang +
15	Y Endschalter Eingang	+12..24V Ausgang	X Endschalter Eingang
16	4. Endschalter Eingang	+12..24V Ausgang	Z Endschalter Eingang
17	reserviert	+12..24V Ausgang	5. Endschalter Eingang
18	Ein/Ausgang 1	Masse	Notstop/Alarm Eingang
19	Ein/Ausgang 2	Masse	+12..24V Ausgang
20	Ein/Ausgang 3	Masse	reserviert
21	Ein/Ausgang 4	Masse	reserviert
22	Ein/Ausgang 5	Masse	Stromabsenkung Ausg.
23	Ein/Ausgang 6	Masse	reserviert
24	Ein/Ausgang 7	Masse	Analogausgang 0..10V
25	Ein/Ausgang 8	Masse	Analogausgang Masse
26	-	-	-
27	+5V Ausgang		
28	-	-	-
29	+12..24V Ausgang		
30	-	-	-
31	12..36V= oder 9..24V~ Eingang		
32	0V= oder 0V~ Eingang		



Die Ausgänge für Schritt und Richtung für die Achsantriebe und der Feldbus besitzen symmetrische Komplementärausgänge (ähnlich RS422), d.h. es ist jeweils ein positives und ein negatives Signal vorhanden. Die Zusatzfunktionen können über Software gesteuert wahlweise als Ein- oder Ausgang verwendet werden. Der Analogausgang ist galvanisch getrennt und besitzt einen eigenen Masseanschluß (Pin C25).

3.7 Ausgänge für Schrittmotoren/Servoendstufen

An den Pins A1 bis C10 sind die Schritt- und Richtungssignale für Schrittmotor- oder Servoendstufen herausgeführt. Jedes Signal besitzt einen positiven (+) und einen negativen (-) Anschluß, was für eine komplementäre (RS422) Signalübertragung verwendet werden kann, wodurch eine bessere Störfestigkeit erreicht wird. Werden Endstufen mit einfachem Eingang (TTL) verwendet, verwenden Sie bitte nur das positive Signal (+). Die Polarität kann bei Bedarf zusätzlich über Softwareparameter invertiert werden.

An Pin A22 steht ein Stromabsenkungssignal zur Verfügung. Dies kann verwendet werden, um bei geeigneten Schrittmotorendstufen den Ruhestrom abzusenken, was die Erwärmung der Motoren reduziert. Da der Motorstrom nur dann verringert werden sollte, wenn *alle* Achsen stillstehen, reicht ein Ausgang für alle Achsen aus. Die Polarität kann ebenfalls über Parametereinstellung invertiert werden.

3.8 Digitale Ein/Ausgänge

Die Steuerung verfügt über acht unabhängig voneinander programmierbare digitale Kanäle, die wahlweise als Ein- oder Ausgang verwendet werden können. Um einen Kanal als Ein- oder Ausgang zu konfigurieren ist kein spezieller Arbeitsschritt – weder Jumper stecken noch Softwareeinstellung – erforderlich. Jeder nicht eingeschaltete Ausgang ist automatisch Eingang.

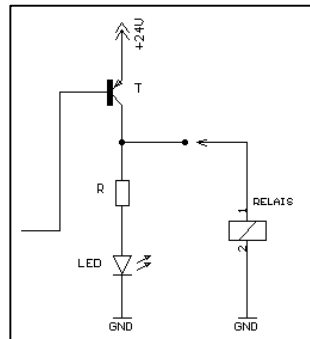
Sowohl Ein- als auch Ausgänge arbeiten mit Spannungspegeln von 9 bis 36V Gleichspannung und positiver Logik („Highside“ Schalter), d.h. eine logische „1“ entspricht eingeschaltetem Ausgang und positiver Spannung, eine „0“ entspricht abgeschaltetem Ausgang bzw. keine Spannung. Alle acht digitalen Ein-/Ausgänge liegen auf demselben Bezugspotential (Masse, Pin B18 bis B25) und sind *nicht* von der Versorgung der Steuerung galvanisch getrennt.

Ausgänge

Das Ersatzschaltbild eines Ausgangskanals ist rechts abgebildet, es entspricht einem typischen SPS-Ausgang vom PNP-Typ. Die tatsächliche interne Schaltung ist weitaus komplizierter, weil zahlreiche Schutzmechanismen den Ausgang vor Überlast, Kurzschluß oder Spannungsspitzen beim Abschalten induktiver Lasten schützen.

Verbraucher müssen mit einem Anschluß an den Ausgang (Pin C18 bis 25, siehe Tabelle Seite 7) und mit dem anderen an Masse (B18 bis 25) angeschlossen werden. Der Verbraucher ist eingeschaltet, wenn die Steuerung eine „1“ ausgibt. Es können beliebige ohmsche oder induktive Verbraucher wie z.B. Glühlampen, Relais, Magnetventile (Pneumatik oder Hydraulik), Hubmagnete oder kleinere Gleichstrommotoren mit bis zu 250mA Stromaufnahme betrieben werden. Bei Überlast oder Kurzschluß wird der Ausgang teilweise (Strombegrenzung) oder ganz abgeschaltet. Bei Glühlampen und Motoren ist zu berücksichtigen, daß der Einschaltstrom ein mehrfaches des normalen Betriebsstroms betragen kann, und der Ausgang eventuell sofort wieder abschaltet. Die Summe aller Verbraucherströme plus dem Strombedarf der Steuerung selbst darf den maximalen Versorgungsstrom von 1,5A nicht überschreiten und ist bei der Dimensionierung des Netzteils zu berücksichtigen!

Ein abgeschalteter Ausgang verhält sich (näherungsweise) wie ein unterbrochener Kontakt, wird also nicht aktiv auf Masse gezogen. Ein Anschließen des Verbrauchers gegen den Pluspol der Versorgung anstatt gegen Masse, um ein invertiertes Verhalten zu erreichen, ist also nicht möglich. Dies ist auch nicht zulässig, da im Fehlerfall (Feldbus Leitungsunterbrechung oder Not-Aus) alle Verbraucher abgeschaltet werden sollen. Die Invertierung kann statt dessen in der Software erfolgen.



Eingänge

Wie bereits erwähnt, muß der zugehörige Ausgang ausgeschaltet sein, um einen Kanal als Eingang zu nutzen. Der Steuerung wird eine „1“ gemeldet, wenn die Spannung an der Eingangsklemme größer etwa 6V ist, ansonsten eine „0“. Angeschlossene Sensoren müssen also ebenfalls einen Ausgang vom PNP-Typ

besitzen, mechanische Schalter einen Öffner oder Schließer gegen die positive Versorgung. Ein Pulldown-Widerstand ist nicht erforderlich.

Falls ein Schalter mit öffnendem Kontakt angeschlossen werden soll, kann das Signal per Software invertiert werden. Ein Schalten gegen Masse ist nicht möglich. Der Schalter oder Sensorausgang wird unabhängig von der Betriebsspannung mit etwa 5mA belastet. An einem Eingang darf auch dann noch Spannung anliegen, wenn die Versorgungsspannung des Moduls abgeschaltet ist, ohne daß das Modul beschädigt wird.

3.9 Analogausgang

Der Analogausgang ist zum Ansteuern des Sollzahl-Eingangs von Frequenzumrichtern für Werkzeugspindelantriebe, Proportionalventilen oder anderen Proportionalstellern wie etwa Temperaturreglern o.ä. gedacht. Er kann eine Spannung von 0 bis +10V mit 8 Bit Auflösung (entspricht 256 Schritten je ca. 39mV) ausgeben. Er besitzt eine eigene galvanische Trennung und kann so unabhängig vom Bezugspotential (Masse) sowohl der Steuerung als auch des Moduls bzw. der Digitalein-/Ausgänge betrieben werden.

Achtung: Aus Sicherheitsgründen ist ein Betrieb auf (230/400V-) Netzpotential *nicht* zulässig. Der Frequenzumrichter muß eine ausreichende Isolation des Sollwertingangs zum Stromnetz besitzen! Der Analogausgang ist zwar kurzschlußfest, es sollte jedoch unter allen Umständen vermieden werden, fälschlicherweise Fremdspannungen (etwa 24V) hier anzuschließen. Dies kann den Analogausgang zerstören.



3.10 Feldbus

Der Feldbus wird normalerweise für den Anschluß des Handsteuerungsgerätes verwendet und ist auch an der Frontplatte verfügbar (runde Buchse oben rechts). Der Anschluß an der Rückwand kann dazu benutzt werden, weitere Ein/Ausgabegeräte anzuschließen. Wird er nicht verwendet, müssen der Pin A13 mit A14 sowie C13 mit C14 verbunden werden.

3.11 EMV und Entstörmaßnahmen

Da bei Fräsmaschinen einerseits Komponenten zum Einsatz kommen, die starke elektromagnetische Störungen abstrahlen können (z.B. getaktete Schrittmotorendstufen, Thyristor-Drehzahlsteller für Fräsmotor), und andererseits falsche Steuerimpulse erhebliche Schäden anrichten können (Fräserbruch, Beschädigung der Werkstücks und der Maschine oder sogar Gefährdung des Bedieners), sollte der elektrische Aufbau sorgfältig ausgeführt werden, um Fehlfunktionen zu vermeiden.

Achtung: die hier beschriebenen Regeln dienen nicht nur der Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften, etwa um Beeinträchtigungen des Radioempfangs und Funkverkehrs auszuschließen, sondern sind für den sicheren Betrieb der Anlage unerlässlich!



- **Erdung aller Maschinen- und Gehäuseteile:** Das Maschinenbett, die Gehäuse aller Motoren und der Schaltschrank bzw. das Steuerungsgehäuse müssen mit Erdungsleitungen mit mindestens 1,5mm² an einem zentralen Erdungspunkt mit der Netz-Potentialerde verbunden werden. Es muß ein Netzstecker mit Schutzkontakt verwendet werden
- **Abschirmung aller Leitungen:** Alle Kabel, die Störungen abstrahlen (Schritt/Servomotoren) oder empfindlich gegenüber Störungen sind (Endschalter, Sensoren), müssen abgeschirmt sein. Der Schirm muß an der Steuerungsseite möglichst kurz mit der Signalmasse verbunden werden. Am Netzteil sollte die Masseleitung zusätzlich mit der Potentialerde verbunden werden. Am anderen Ende (Motor oder Sensor) darf der Schirm nicht angeschlossen werden, um Masseschleifen zu vermeiden.
- **Räumliche Trennung von Leistungs- und Sensorleitungen:** Motor- und Sensorleitungen (Endschalter) müssen in getrennten Kabeln und möglichst weit voneinander entfernt verlegt werden. Nur bei Verwendung von Spezialkabel mit getrennter, voneinander isolierter Abschirmung für Leistungs- und Signaladern dürfen beide im selben Kabel verlaufen.
- **Entstörfilter:** Alle Geräte, die Störungen produzieren können (insbesondere getaktete Endstufen, Frequenzumrichter, Thyristorsteller) müssen mit geeigneten Entstörfiltern versehen werden, um Rückspeisung von Störspannungen ins Netz zu vermeiden, und damit die Beeinflussung anderer Geräte zu unterbinden. Dies gilt insbesondere für Eigenbauten (z.B. Schrittmotorendstufen) die meist keinerlei Entstörmaßnahmen enthalten. Bei käuflichen Gräten (z.B. Frequenzumrichter) werden in der Regel passende Entstörfilter angeboten. Hier sollte nicht am falschen Fleck gespart werden.
- **Kabel so kurz wie möglich:** Alle gegen Störungen empfindlichen Leitungen sollten so kurz wie möglich gehalten werden. Insbesondere die Schritt- und Richtungssignale zwischen der Steuerung und den Endstufen dürfen 0,5m Leitungslänge nicht überschreiten (gilt für einfache, nicht differentielle Signale) und dürfen keinesfalls parallel zu Motorkabeln verlaufen. Die Einstreuung einer Störfrequenz (Rückkopplung von Endstufen) könnte unkontrollierte Motorbewegungen zur Folge haben (Verletzungsgefahr!).

Bei Verwendung von paarweise verdrehten, abgeschirmten Kabeln und differentiellen Empfängern (z.B. 26LS32) sind Leitungslängen bis 5m erlaubt. Hierbei ist ein komplementäres Signalkabel (z.B. C1 und A1) auf je ein verdrehtes Aderpaar zu legen und der Schirm einseitig auf Masse.

4 Inbetriebnahme

4.1 Grundlagen der Benutzeroberfläche

Die Bedienung der Steuerung erfolgt im wesentlichen über drei Elemente: Den Bildschirm, die Bedienungstasten und der seriellen Schnittstelle bzw. dem daran angeschlossenen PC. Über die Tasten können die wichtigsten Grundfunktionen mit einer Menüsteuerung aktiviert werden, wobei der Bildschirm zusätzlich zum Menü auch noch die aktuellen Koordinaten und andere Informationen anzeigt. CNC-Programme (G-Code) sowie Parameterdateien und Software-Updates werden vom PC über die serielle Schnittstelle übertragen.

Die Menüführung ist eigentlich selbsterklärend. Im Hilfe-Fenster in der Mitte des Bildschirms werden immer die gerade verfügbaren Optionen angezeigt. Mit den Pfeiltasten kann der Auswahlbalken nach oben oder unten verschoben werden. Mit der Menütaste gelangt man in das nächste oder darüberliegende Menü (←), bzw. aktiviert einen Befehl.

Wer eine Handsteuerung besitzt, kann den Menübalken auch mit dem Handrad bewegen. Als Auswahl-taste dient dann die Freigabetaste rechts am Handsteuerungsmodul.

Die Menütaste kann auch benutzt werden, um längerdauernde Operationen wie z.B. die Programmausführung abzubrechen. Bei Unterbrechung des laufenden CNC-Programms wird die Fräsmaschine selbstverständlich mit normaler Bremsrampe angehalten, und die Bearbeitung kann ohne Schrittverlust wieder fortgesetzt werden.

4.2 Kommunikationsaufbau mit dem PC

Nachdem Sie, wie im Kapitel „Elektrische Installation“ beschrieben, die Steuerung über die serielle Schnittstelle an den PC angeschlossen haben, muß die Verbindung jetzt softwareseitig eingerichtet werden. Die CNC-Programme können später unter Umständen direkt aus Ihrem CAD-Programm gesendet werden, wenn dieses über die Möglichkeit verfügt, G-Code zu generieren, und einen seriellen Universaltreiber besitzt. Zum einstellen der Parameter und für erste Tests ist jedoch die Verwendung eines Terminalprogramms ratsam, wie es früher für die Kommunikation mit Mailboxen oder zum Übertragen von Dateien per Modem benutzt wurde.

Die hier angegebene Anleitung beziehen sich auf die Verwendung von „Hyperterm“ auf MS-Windows, weil dieses weit verbreitet ist. Selbstverständlich können auch andere Programme verwendet werden. Bitte beachten Sie dann die jeweilige Bedienungsanleitung.

Nach dem Starten des Terminalprogramms muß zuerst eine neue Verbindung aufgebaut werden (Datei – neue Verbindung). Wählen sie bei „Verbinden über“ aus der Liste „Direktverbindung über COM1“ (oder COM2, je nachdem, wo die Steuerung angeschlossen ist) aus. Falls dieser Punkt in der Liste nicht erscheint, muß es über den Menüpunkt „Datei – Eigenschaften“ eingestellt werden. Dann müssen über den Button „Konfigurieren...“ die Schnittstellenparameter eingestellt werden: Bits pro Sekunde 57600, Datenbits 8, Parität keine, Stopbits 1, Protokoll Hardware (RTS/CTS). Alle anderen Einstellungen (ASCII, Terminalemulation belassen Sie bitte auf den Standardwerten). Bei anderen Terminalprogrammen müssen Sie unter Umständen noch „full Duplex“ einstellen.

Nach dem Einschalten meldet sich die Steuerung im Terminalfenster mit der Meldung „Beamicon CNC-Steuerung...“ und einem Kurzbefehlsmenü. Wenn sie diese Text lesen können, ist die serielle Verbindung korrekt aufgebaut.

4.3 Einstellen der Maschinenparameter

Bevor die Fräsmaschine zum ersten mal in Bewegung gesetzt wird, müssen alle Maschinenparameter eingestellt werden, damit der Steuerung die zulässigen Verfahwege, Auflösung der Achsen und andere wichtige Informationen bekannt sind. Die Parameterliste kann mit einem normalen Texteditor bearbeitet werden. Beim ersten mal gehen sie am einfachsten von der mitgelieferten Datei „Parameter.txt“ aus. Ist diese nicht zur Hand, können die aktuellen Einstellungen auch von der Steuerung mit der Funktion „P = Parameter anzeigen“ auf den PC übertragen werden. Geben sie dazu am PC im Terminalprogramm „P“ ein (und drücken sie die Eingabetaste). Um den angezeigten Text in eine Datei zu speichern, können sie die Funktion „Übertragung – Text aufzeichnen“ des Terminalprogramms benutzen, dann „P“ eingeben und zum Schluß „Übertragung – Text aufzeichnen – Beenden“. Danach können Sie die Datei dann mit einem Editor bearbeiten und wieder zur Steuerung übertragen.

Die Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgelistet, wobei es je nach Softwareversion vorkommen kann, daß bei „Upload“ noch mehr Parameter angezeigt werden. Diejenigen, die hier nicht aufgeführt werden, brauchen sie nicht zu berücksichtigen oder zu verändern.

Parameter	Datentyp	Einheit	Bedeutung
xyzResolution	Dezimalbruch	Schritte/m	Auflösung für X, Y, Z
xyzMaxVelocity	Dezimalbruch	m/s	max. Vorschubgeschwindigkeit für X, Y, Z
xyzRefVelocity	Dezimalbruch	m/s	Referenzfahrtgeschwindigkeit für X, Y, Z
xyzMaxAcceler	Dezimalbruch	m/s ²	max. Beschleunigung für X, Y, Z
degResolution	Dezimalbruch	Schritte/°	Auflösung für A, B oder C
degResolution5	Dezimalbruch	Schritte/°	Auflösung für 5. Achse, falls abweichend von 4. Achse
radMaxVelocity	Dezimalbruch	rad/s	max. Vorschubgeschwindigkeit für A, B oder C
radRefVelocity	Dezimalbruch	rad/s	Referenzfahrtgeschwindigkeit für A, B oder C
radMaxAcceler	Dezimalbruch	rad/s ²	max. Beschleunigung für A, B oder C
minX, maxX	Dezimalbruch	m	Verfahrbereich X-Achse
minY, maxY	Dezimalbruch	m	Verfahrbereich Y-Achse
minZ, maxZ	Dezimalbruch	m	Verfahrbereich Z-Achse
minA, maxA	Dezimalbruch	°	Verfahrbereich A-Achse
minB, maxB	Dezimalbruch	°	Verfahrbereich B-Achse
minC, maxC	Dezimalbruch	°	Verfahrbereich C-Achse
minU, maxU	Dezimalbruch	m	Verfahrbereich U-Achse
minV, maxV	Dezimalbruch	m	Verfahrbereich V-Achse
abcRefRadius	Dezimalbruch	m	Referenzradius für Drehachsen
maxJumpVel	Dezimalbruch	m/s	max. Geschwindigkeitssprung alle Achsen
maxRdiff	Dezimalbruch	m	maximale Raduisabweichung Start/Endpunkt
motorDelay	Ganzzahl	ms	Wartezeit nach Motor anschalten
pumpDelay	Ganzzahl	ms	Wartezeit nach Pumpe anschalten
filterDelay	Ganzzahl	ms	Filterzeitkonstante für Schalterentprellung
jogFilter	Ganzzahl	ms	Filterzeitkonstante für manuelles Fahren
baudRate	Ganzzahl	Bd	Datenrate für serielle Schnittstelle
inverted	Binärschalter	-	Polarität der (End-) Schalter
geometry	Buchstaben	-	Achsengeometrie (verwendete Achsen)
selectable	Buchstaben	-	Achsen, die am Handrad ausgewählt werden dürfen
homing	Buchstaben	-	Achsen für automatische Referenzfahrt

Parameter	Datentyp	Einheit	Bedeutung
minS, maxS	Dezimalbruch	1/min	Drehzahlbereich der Werkzeugspindel
maxT	Ganzzahl	-	Anzahl Werkzeuge
L54-59	Vector	mm, °	Speicher für Nullpunktverschiebungen
stepS	Dezimalbruch	1/min	Auflösung/Verstellschritt des Handrads für S (Drehzahl)
stepF	Dezimalbruch	mm/min	Auflösung/Verstellschritt des Handrads für F (Vorschub)
stepXYZ	Dezimalbruch	m	Auflösung/Verstellschritt des Handrads für Linearachsen
stepDeg	Dezimalbruch	°	Auflösung/Verstellschritt des Handrads für Drehachsen
stepFactor	Dezimalbruch	-	Beschleunigungsfaktor für Handrad Eilgang
motorForwRel	Ganzzahl	-	Ausgang Nr. für Relais Spindelmotor vorwärts
motorBackRel	Ganzzahl	-	Ausgang Nr. für Relais Spindelmotor rückwärts
pumpRel	Ganzzahl	-	Ausgang Nr. für Relais Kühlmittelpumpe/Späneabsaugung
referenceMode	Ganzzahl	-	Modus für Referenzfahrt (0=nie, 1=einmal, 2=immer)
overwrite	Ganzzahl	-	Dateien überschreiben erlaubt (1) oder verboten (0)
licenseCode	Text	-	Lizenznummer für Zusatzoptionen
defineA, B, C	Vector	mm	Lagedefinition der Drehachsen (nur mit Option A)
correctionX,Y,Z	Vector	-	Korrekturmatrix für Winkel/Steigungsfehler (nur mit Option C)

Sie können die Werte hinter dem Gleichheitszeichen nach den Parameternamen nun entsprechend ihrer Maschine ändern, und danach die komplette Parameterdatei zurück an die Steuerung übertragen, indem Sie im Terminalfenster den Befehl „U“ für Übertragung eingeben. Wählen Sie dann aus dem Menü des Terminalprogramms „Datei senden“ (*nicht* „Textdatei senden“) und als Übertragungsprotokoll „Y-Modem“. Bei anderen Terminalprogrammen wird das Protokoll auch als „Y-Modem Batch“ bezeichnet. Wählen sie die Datei aus und starten Sie die Übertragung mit „Senden“. Der Dateiname muß unbedingt „Parameters.txt“ lauten, damit die Steuerung die Datei annimmt.

Achtung: es wird nur ein sehr einfacher Syntax-Check durchgeführt, die Plausibilität der Parameter kann die Steuerung nicht prüfen, sie muß darauf vertrauen, daß Sie die richtigen Werte eingeben. Falsche Angaben können im Extremfall zu Kollisionen führen, oder die Antriebskomponenten überlasten. Ein falsches Einstellen der Baudrate oder der Schalterpolarität kann eventuell dazu führen, daß die Steuerung nicht mehr bedienbar ist (Ausweg siehe Kapitel „Parameter zurücksetzen“).



Achsengeometrie

Mit dem Parameter „geometry“ kann die Achsenanzahl und -geometrie der Fräsmaschine angegeben werden. Mögliche Einstellungen und die zugehörigen Steckerbelegungen sind:

Einstellung	Erklärung	Steckerbelegung					
		X	Y	Z	-	-	
XYZ	3-Achs-Maschine	X	Y	Z	-	-	
XYZA	4-Achs-Maschine, Drehachse parallel zu X	X	Y	Z	A	-	
XYZB	4-Achs-Maschine, Drehachse parallel zu Y	X	Y	Z	-	B	
XYZAB	5-Achs-Maschine, Drehachsen parallel zu X/Y	X	Y	Z	A	B	
XYZBC	5-Achs-Maschine, Drehachsen parallel zu Y/Z	X	Y	Z	C	B	
XYUV	Styroporschneidmaschine oder Drahterodiermaschine mit zwei unabhängigen XY-Ebenen	X	Y	U	V	-	

Mit dem Parameter „homing“ werden diejenigen Achsen angegeben, die bei der automatischen Referenzfahrt mit einbezogen werden sollen, „selectable“ gibt an, welche Achsen mit der Handsteuerung ausgewählt werden können. Beide Parameter sind im Normalfall gleich „geometry“, andernfalls eine Untermenge davon. Es kann sinnvoll sein, einzelne Achsen auszuschließen, wenn diese nicht für die Positionierung des Werkzeugs bzw. Werkstücks verwendet werden, sondern für Zusatzfunktionen wie beispielsweise Werkzeugwechsler, Klemmung, Magazine oder Schaltgetriebe.

Auflösungen und Verfahwege

Damit die Steuerung weiß, wieviel Schritte sie für einen bestimmten Verfahweg ausgeben soll, muß die Auflösung der Achsantriebe eingegeben werden. Bei den Linearachsen (XYZ und auch UV) werden üblicherweise Kugelgewindespindeln eingesetzt. Die Auflösung muß in Schritte je Meter angegeben werden und errechnet sich nach der Formel

$$\text{xyzResolution} = \text{Motorschritte je Umdrehung} \times \text{Multiplikator} \times 1000 / \text{Spindelsteigung in Millimeter}$$

Motorschritte je Umdrehung gilt für den Schrittmotor oder für den Drehgeber/Encoder bei Servomotoren. Der Multiplikator kommt bei Halbschrittbetrieb (Multiplikator=2) oder bei Mikroschrittdstufen (z.B. Multiplikator = 8 bei Achtelschritt) zur Anwendung.

Für die Drehachsen (ABC, falls vorhanden) muß die Auflösung in Schritten pro Grad angegeben werden, die sich mit folgender Formel berechnen läßt:

$$\text{degResolution} = \text{Motorschritte je Umdrehung} \times \text{Multiplikator} \times \text{Getriebeübersetzung} / 360$$

Bei 5-Achsmaschinen kann zusätzlich noch für die fünfte Achse eine abweichende Auflösung eingestellt werden, etwa wenn die Getriebe der beiden Drehachsen unterschiedliche Übersetzungen haben. Dies kann mit dem Parameter „degResolution5“ geschehen. Ist dieser Parameter Null, dann gelten für beide Drehachsen dieselbe Auflösung.

Die zulässigen Verfahwege werden mit den Parametern „minX“, „maxX“ usw. bis „minV“ und „maxV“ angegeben, wobei natürlich nur diejenigen Parameter angegeben werden müssen, deren Achsen bei der Fräsmaschine auch vorhanden sind. Normalerweise ist der min-Wert immer Null und der max-Wert eine positive Zahl, außer bei der Z-Achse, die den Nullpunkt üblicherweise oben hat. In diesem Fall ist der min-Wert eine negative Zahl und der max-Wert Null. **Achtung:** die Verfahwege werden in Metern angegeben, während sie im CNC-Programm (G-Code) in Millimetern gemessen werden. Die Verfahwege der Drehachsen werden wie üblich in Grad angegeben.

Geschwindigkeit und Beschleunigung

Um die Beschleunigungs- und Bremsrampen richtig berechnen zu können, benötigt die Steuerung Angaben über die maximale Verfahrgeschwindigkeit und das Beschleunigungsvermögen der Antriebe. Mit dem Parameter „xyzMaxVelocity“ wird die Maximalgeschwindigkeit der Linearachsen in Metern pro Sekunde, und mit „radMaxVelocity“ die Maximalgeschwindigkeit der Drehachsen im Bogenmaß pro Sekunde

angegeben. Das Bogenmaß kann aus der Drehfrequenz (Umdrehungen je Sekunde) durch Multiplikation mit 2π berechnet werden.

Mit „xyzMaxAcceler“ kann die maximale Beschleunigung für die Linearachsen in m/s^2 und mit „radMaxAcceler“ für die Drehachsen in der Winkelbeschleunigung rad/s^2 angegeben werden. Für Servoantriebe empfiehlt sich hier eine genauere Berechnung unter Berücksichtigung der Masenträgheitsmomente. Bei Schrittmotoren kann dies experimentell ermittelt werden, indem beginnend mit kleineren Beschleunigungen solange größere Werte getestet werden, bis Schritsverluste auftreten, und dann ein etwas kleinerer Wert benutzt wird.

Zusätzlich muß noch die Verfahrgeschwindigkeit für Referenzfahrten angegeben werden. In manchen Fällen muß diese geringer als die maximale Verfahrgeschwindigkeit gewählt werden, weil bei der Referenzfahrt nur ein begrenzter Weg für die Bremsrampe zur Verfügung steht. Bei der Referenzfahrt fährt die betreffende Achse mit konstanter Geschwindigkeit in Richtung des Endschalters. Wenn dieser erreicht und betätigt wird, was wegen der unbekanntenen Ausgangsposition nicht vorhergesehen werden kann, beginnt die Steuerung mit der Bremsrampe. Damit der Motor zum Stillstand kommt, bevor die Achse an den Anschlag fährt, darf die Geschwindigkeit einen bestimmten Maximalwert nicht überschreiten, der sich mit folgender Formel berechnen läßt:

$$\text{xyzRefVelocity} = \sqrt{\text{Bremsweg} \cdot \text{xyzMaxAcceler}}$$
$$\text{radRefVelocity} = \sqrt{\text{Bremswinkel} \cdot \text{radMaxAcceler}}$$

Hierbei ist Bremsweg der zur Verfügung stehende Weg für die Linearachsen vom Ansprechpunkt des Endschalters bis zum Anschlag in Metern und Bremswinkel der entsprechende Weg für die Drehachsen im Bogenmaß (Winkel in $^\circ$ mal $2\pi/360$). Selbstverständlich darf für xyzRefVelocity kein größerer Wert als xyzMaxVelocity und für radRefVelocity kein größerer als radMaxVelocity angegeben werden.

Nachdem der Motor stillsteht, wird zum Abschluß der Referenzfahrt der Motor mit einem Zehntel der Referenzgeschwindigkeit in die umgekehrte Richtung bewegt, solange bis der Endschalter wieder freigegeben ist. Bei Endschaltern mit Hysterese muß also beachtet werden, daß der Nullpunkt der Achse dem Schaltpunkt beim Loslassen und nicht beim Betätigen des Endschalters entspricht.

Schalterpolarität

Mit dem Parameter „inverted“ kann die Polarität der Schaltereingänge und der Endstufenausgänge eingestellt werden. Der Parameter besteht aus einer Folge von Nullen und Einsen, jede Ziffer steht für einen Ein- bzw. Ausgang. Von links (Pos. 1) nach rechts (Pos. 20) gilt folgende Zuordnung: (bei abweichender Achsenbelegung gilt die Reihenfolge wie in der Tabelle Seite 14)

Position	Zuordnung
1	Endschalter X-Achse
2	Endschalter Y-Achse
3	Endschalter Z-Achse
4	Endschalter A/C-Achse
5	Endschalter B-Achse
6	Alarm / Nothalt-Taster
7	Menütaste
8	Ausgang Stromabsenkung
9	Pfeil-nach-oben-Taster
10	Pfeil-nach-unten-Taster
11	Takt / Schrittsignal X-Achse
12	Richtungssignal X-Achse
13	Takt / Schrittsignal Y-Achse
14	Richtungssignal Y-Achse
15	Takt / Schrittsignal Z-Achse
16	Richtungssignal Z-Achse
17	Takt / Schrittsignal A/C-Achse
18	Richtungssignal A/C-Achse
19	Takt / Schrittsignal B-Achse
20	Richtungssignal B-Achse

Für die Schaltereingänge stehen folgende Einstellungen zur Auswahl:

Parameter	mechanischer Schalter	Sensor / SPS-Ausgang	Transistor Typ
0	Schließer (NO)	high-aktiv	PNP
1	Öffner (NC)	low-aktiv	NPN

Für die Ausgänge bedeuten die Ziffern 0 und 1 folgendes:

Parameter	Stromabsenkung	Takt / Schrittsignal	Richtungssignal
0	0V=voller Strom, 5V=Absenkung	steigende Flanke aktiv	0V=positiv, weg vom Endschalter, 5V=negativ, zum Endschalter
1	0V=Strom abgesenkt, 5V=voller Strom	fallende Flanke aktiv	0V=negativ, zum Endschalter 5V=positiv, weg vom Endschalter

Verzögerungszeiten

Mit dem Parameter „motorDelay“ kann die Zeit vorgewählt werden, die die Steuerung nach dem Anschalten des Spindelmotors wartet, bis weitere Achsbewegungen gestartet werden. Hier sollte der Wert in Millisekunden eingetragen werden, die der Motor zum Erreichen der maximalen Drehzahl braucht. Der voreingestellte Wert ist 500ms = 0,5s.

Analoges gilt für „pumpDelay“, die die Vorlaufzeit der Kühlmittelpumpe (oder sonstigen Zusatzagregats) angibt. Mit dem Parameter „filterDelay“ kann die Zeitkonstante für den digitalen Filter zur Entprellung der End- und Bedienungsschalter eingestellt werden. Ein guter Wert ist etwa 20ms, bei Prellproblemen (Mehrfachimpulse bei nur einmaliger Betätigung) oder Endschaltern ohne Hysterese sollte eine höherer Wert gewählt werden, der jedoch die Reaktionszeit verlängert.

Der Parameter „jogFilter“ bestimmt den Grad der „Glättung“ der Bewegung bei der manuellen Fahrt. Ohne Filterung würden die Achsen wegen der diskreten Schritte sonst sehr unsanft und ruckelnd fahren. Höhere Werte führen zu einem „weicheren“ Verhalten und niedrigerem Geräuschpegel, verlangsamen allerdings die Reaktion. Praktikable Werte liegen zwischen 50 und 200.

Baudrate

Hiermit kann die Datenübertragungsgeschwindigkeit der seriellen Schnittstelle in Baud (Bits/Sekunde) eingestellt werden. Die Änderung der Übertragungsrate wird natürlich erst am Ende der Parameterübertragung aktiv, damit die Übertragung nicht unterbrochen wird. **Vorsicht:** die Steuerung erlaubt auch die Auswahl „exotischer“ Baudraten, etwa 64000Bd. Der PC versteht aber in der Regel nur Baudraten, die durch Verdopplung aus 2400 oder 14400 erreicht werden können (z.B. 19200, 38400, 57600 usw.). Der höchste zulässige Wert ist 115000. Sollten sie den Wert irrtümlich auf einen unzulässigen Wert gestellt haben, können sie die Steuerung eventuell nicht mehr bedienen. Abhilfe ist im Kapitel „Parameter zurücksetzen“ am Ende des Handbuchs beschrieben.

Spezielle Parameter

Die BEAMICON-Steuerung führt eine Reihe von Optimierungen durch, um den Ablauf der Fräsprogramme zu beschleunigen. Hierfür werden noch einige Zusatzparameter benötigt:

Mit „maxJumpVel“ wird die maximale vektorielle Geschwindigkeitsabweichung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Linien- oder Kreissegmenten angegeben, unterhalb der keine Brems- und Beschleunigungsrampe gefahren wird, sondern ohne anzuhalten weitergefahren wird. Der Winkel zwischen den Segmenten beeinflusst zwar diese Entscheidung, es kommt jedoch nicht auf den Winkel alleine sondern auf die Kombination mit der Vorschubgeschwindigkeit an. Ein kleiner Winkel bei großer Verfahrgeschwindigkeit führt zur gleichen vektoriellen Geschwindigkeitsabweichung wie ein großer Winkel bei kleiner Verfahrgeschwindigkeit. Bei Winkeln von 45° und mehr wird immer abgebremst.

Der Parameter „maxRdiff“ bezeichnet die maximale Abweichung eines Kreisbogenmittelpunkts durch Rundungsfehler im G-Code. Dadurch, daß im CNC-Programm die Koordinaten nur mit endlicher Stellenzahl hinter dem Komma angegeben werden, kann es vorkommen, daß der programmierte Mittelpunkt nicht genau den gleichen Abstand vom Start- wie zum Endpunkt des Kreisbogens hat. Die BEAMICON-Steuerung korrigiert diesen Fehler automatisch, jedoch nur bis zu einer einstellbaren Obergrenze.

„abRefRadius“ bezeichnet den nominellen Werkstückdurchmesser bei Maschinen mit Drehachsen und drehbarem Werkstück bzw. schwenkbarer Spannfläche, oder den Abstand des Gelenkmittelpunkts von der Fräterspitze bei Maschinen mit schwenkbarem Fräskopf. Dieser Radius ist zur Berechnung der Vorschubgeschwindigkeiten der Drehachsen erforderlich. Bei einer Maschine mit drehbarem Werkstück wird dann z.B. der Vorschub der Drehachse so gewählt, daß beim Gravieren eines Rechtecks auf einem Rohrfumfang alle Seiten mit gleichem Vorschub graviert werden (Umfangsgeschwindigkeit der Drehachse = Vorschub der Linearachse), wenn der Rohrradius dem hier eingestellten Wert entspricht.

Speicher für Nullpunktverschiebungen

Mit den Befehlen G54 bis G59 kann eine Verschiebung des Koordinatennullpunkts aktiviert werden, um Fräsprogramme unabhängig von der Maschine und Aufspannung zu machen, bzw. um die Programmierung zu vereinfachen. Die Werte für diese Nullpunktverschiebungen sind in sechs Speicherplätzen als Vektoren abgelegt. Die Speicher können entweder durch manuelles Anfahren des Werkstücknullpunktes oder durch explizites Setzen im Programm mit den L54- bis L59-Befehlen oder als Parameter gesetzt werden.

Es ist zu beachten, daß die Einheiten der Vektorkomponenten den Einheiten der Achsen im G-Code entsprechen, also nicht Meter sondern Millimeter und Grad.

L54 = (100, 50, -75, 90, 0)

bedeutet also, daß der Werkstücknullpunkt bei X100 Y50 Z-75 (in mm) A90 B0 (in °) bzw. C90 B0 (je nach Maschinengeometrie) liegt. Bei abweichender Achsenbelegung gilt die Reihenfolge wie in der Tabelle Seite 14. Wenn die Koordinaten der vierten und fünften Achse Null sind, können diese auch weggelassen werden.

Auflösung des Handrads

Die Parameter „stepS“, „stepF“, „stepXYZ“, „stepDeg“ dienen zur Einstellung der Handradauflösung, also des kleinsten einstellbaren Schritts. Sie sind nur von Bedeutung, wenn ein externes Handsteuerungsmodul angeschlossen ist. Mit „stepFactor“ wird angegeben, wievielfach größer die Schritte im Eilgang sind.

Modus für Referenzfahrt

Mit dem Parameter „referenceMode“ kann beeinflusst werden, wann die Steuerung von sich aus eine Referenzfahrt (fahren in Richtung Nullpunkt bis an die Endschalter) auslöst. Es sind folgende Einstellungen möglich:

- **0 = nie:** Es wird keine automatische Referenzfahrt nach dem Einschalten der Steuerung durchgeführt. Dieser Modus ist für den ersten Probelauf der Achsen hilfreich, wenn die Endschalter noch nicht funktionieren, oder die Polarität der Endschalter und die Fahrtrichtung der Motoren erst noch ermittelt werden muß. **Achtung:** Außer für Testzwecke sollte dieser Modus nicht verwendet werden, da es sonst zu Kollisionen kommen kann, wenn Programme ohne G74 (Referenzfahrt ausführen) am Anfang gestartet werden!
- **1 = einmal:** Dies ist die empfohlene Standardeinstellung. Die Steuerung führt beim ersten Programmstart nach dem Einschalten selbständig eine Referenzfahrt durch, danach nur noch auf ausdrücklichen Befehl (G74).
- **2 = immer:** Die Steuerung führt bei jedem Programmstart eine Referenzfahrt durch. Dies ist normalerweise nicht erforderlich und verschlechtert die Wiederholgenauigkeit der Fräsmaschine eher, vom Zeitverlust ganz abgesehen.

Belegung der Ausgänge

Mit den Parametern „motorForwRel“, „motorBackRel“ und „pumpRel“ können die verwendeten Ausgänge für die Befehle M3 (Werkzeugspindel vorwärts), M4 (rückwärts) und M8 (Kühlmittel an) festgelegt werden. Erlaubte Werte sind die Nummern 100 bis 107 (entsprechend den Pins C18 bis C25) oder höhere, falls weitere, externe Erweiterungsmodule angeschlossen sind. Mit MotorBackRel = -1 kann der Befehl M4 gesperrt werden, wodurch mehr Ausgänge für Zusatzfunktionen zur Verfügung stehen.

Kennlinie für Spindeldrehzahl

Wenn der Analogausgang (0..10V) verwendet wird, um über einen Frequenzumrichter die Spindeldrehzahl zu regeln, kann mit den Parametern „minS“ und „maxS“ die Kennlinie festgelegt werden. Mit „minS“ wird die Drehzahl für 0V, mit „maxS“ die Drehzahl für 10V definiert, dazwischen ist die Kennlinie linear.

Dateien überschreiben

Der Parameter „overwrite“ legt fest, ob Dateien automatisch überschrieben werden dürfen, wenn erneut eine Datei mit dem selben Namen an die Steuerung übertragen wird (= 1), oder ob dies verboten ist (= 0).

Lizenzen für Zusatzoptionen

Damit nicht für jeden Kunden oder gar für jede Maschine eine andere Softwareversion erstellt werden muß, enthält die Steuerung immer alle Softwaremodule für alle verfügbaren Optionen. Sie werden aber erst aktiviert (freigeschaltet), wenn eine gültige Lizenznummer eingegeben wird. Diese erhalten Sie beim Kauf der entsprechenden Option. Um die Steuerung in der Grundausstattung zu betreiben, ist kein Lizenzcode erforderlich.

Definition der Drehachsenlage

Beim 5-Achsfräsen mit Werkzeuglängenkompensation (Achsnachführung) muß die Steuerung die genaue Lage der Drehachsen relativ zum Maschinennullpunkt kennen. Es wird jeweils ein Punkt im XYZ-Raum angegeben, der auf der jeweiligen Drehachse liegt, wenn die restlichen Achsen in Grundstellung sind. Die Angabe ist nur mit der Option OPT-A (Achsnachführung) erforderlich und kann ansonsten weggelassen werden.

Geometriekorrektur

Mit einer Koordinatentransformation (Matrix) können lineare Steigungs- oder Winkelfehler (Drehung, Scherung, Stauchung) der Maschine ausgeglichen werden. „correctionX“ enthält dabei die Koeffizienten für die Berechnung des X-Ausgangswerts (Motorposition) aus den X-, Y- und Z-Sollwerten (Programm). Die Transformation ist nur mit aktiver Option OPT-C (Geometriekorrektur) wirksam, ansonsten muß hier die Einheitsmatrix (Einsen in der Diagonalen, sonst Nullen) stehen.

4.4 Probelauf der Achsantriebe

Wenn alle Komponenten an die Steuerung angeschlossen und alle Parameter eingestellt sind, sollte die korrekte Funktion der Motoren und Endschalter überprüft werden, bevor mit der Fräsmaschine das erste mal gearbeitet wird. Dazu gehen sie wie folgt vor:

Schalten sie die Steuerung zuerst aus und drehen die Motoren auf eine Position in sicherem Abstand von den Anschlägen bzw. Endschaltern. Danach schalten sie die Steuerung wieder ein, gehen in das Menü „Maschine einrichten – Referenzfahrt“ und stellen den Modus auf „nie“. Dies erlaubt das manuelle Verfahren der Motoren, ohne daß zunächst die Endschalter benötigt werden.

Kontrolle der Endschalter

Verlassen sie das Menü „Referenzfahrt“ und wählen sie das Menü „Ein/Ausgänge setzen“. In den obersten Zeilen wird jetzt der Zustand der fünf Endschalter „RefX“ bis „RefB“ angezeigt, der im Ruhezustand Null sein sollte. Betätigen sie jetzt die Endschalter der Reihe nach von Hand. Im gedrückten Zustand muß in der entsprechenden Zeile eine Eins erscheinen.

Falls ein Endschalter seinen Zustand nicht wechselt oder die Zuordnung der Achsen vertauscht ist, kontrollieren sie noch einmal die Verdrahtung. Falls ein oder mehrere Endschalter falsche Polarität aufweisen (Ruhezustand 1, gedrückt 0), ändern sie die Polarität mit dem Parameter „inverted“ wie im Kapitel „Einstellen der Maschinenparameter“ beschrieben, und kontrollieren danach die Funktion erneut.

Nicht vorhandene Achsen (bei 3- oder 4-Achsmaschinen) benötigen natürlich auch keinen Endschalter, die Polarität muß trotzdem richtig eingestellt werden, so daß der zugehörige Eingang im Zustand „0“ steht.

Kontrolle der Relaisausgänge

Ebenfalls im Menü „Ein/Ausgänge setzen“ kann die Funktion der Relaisausgänge getestet werden. Gehen sie dazu in die Zeile „Motor“ bzw. „Pumpe“. Nach einmaligem Drücken der Menütaste (Freigabetaste beim Handsteuergerät) erscheint „E=0 A=0“. „E“ bedeutet dabei Eingang, „A“ Ausgang. In der Regel gilt nur eines von beidem, nur Anschlüsse von Erweiterungsmodulen können sowohl Ein- als auch Ausgang sein.

Beim zweiten Drücken der Menütaste springt die Anzeige auf „A=1“ und das zugehörige Relais sollte einschalten (Vorsicht: Spindel läuft an, Verletzungsgefahr!). Nochmaliges Drücken schaltet das Relais wieder aus („A=0“).

Kontrolle der Motorlaufrichtung

Verlassen sie das Menü „Ein/Ausgänge setzen“ und gehen sie in das Menü „manuell Fahren“. Wählen sie eine Achse aus, indem sie in die entsprechende Zeile gehen und die Menütaste drücken (und loslassen). Beim Handsteuergerät muß dagegen die Freigabetaste gedrückt und gehalten werden. (Falls die Meldung „Referenzfahrt erforderlich, weiter/abbrechen“ erscheint, haben sie vergessen, den Referenzfahrt-Modus wie oben beschrieben auf „nie“ zu stellen. Wählen sie in diesem Fall „abbrechen“ und holen sie dies nach.)

Drücken sie nun eine der Pfeiltasten oder drehen sie vorsichtig am Handrad. Bei der Taste „↑“ oder drehen im Uhrzeigersinn muß sich der Motor in Richtung positiver Koordinatenwerte bewegen, d.h. bei X- und Y-Achse vom Endschalter weg und bei der Z-Achse zum Endschalter hin (bei senkrechter Anordnung nach oben). Bei der Taste „↓“ oder drehen gegen den Uhrzeigersinn muß sich der Motor dagegen in Richtung negativer Koordinaten bewegen, also bei X und Y zum Endschalter hin und bei Z vom Endschalter weg (nach unten).

Falls der Motor in die falsche Richtung dreht, haben sie folgende Möglichkeiten, die Laufrichtung umzudrehen:

- a) Bei Schrittmotoren Umpolen einer Spule, bei DC-Servomotoren Vertauschen der Motoranschlüsse *und* gleichzeitiges Vertauschen der Encoderanschlüsse (Spur A und B), bei bürstenlosen Servomotoren ist ein Umpolen nicht möglich. Achtung: Abklemmen der Motoranschlüsse kann bei einigen Endstufentypen zu Schäden führen, deshalb vorher immer erst ausschalten.
- b) Umpolen des Richtungsausgangs der Steuerung durch Softwareparameter „inverted“ (siehe Kapitel „Maschinenparameter einrichten“).

Neben der Laufrichtung sollten sie auch noch einmal die richtige Einstellung der Auflösung grob kontrollieren, indem sie z.B. nach der Bildschirmanzeige 1cm verfahren und den zurückgelegten Weg mit einem Maßband kontrollieren. Grobe Rechenfehler oder Wahl des falschen Faktors für Halb- Voll- oder Microschrittbetrieb können hierbei erkannt und spätere Kollisionen vermieden werden.

Wenn die Laufrichtungen aller Achsen kontrolliert sind, kann die erste Referenzfahrt durchgeführt werden. Wechseln sie dazu in das Menü „Referenzfahrt“ und stellen den Modus wieder auf „einmal“. Aktivieren sie dann den Menüpunkt „Ref.-Fahrt auslösen“. Alle Achsen sollten jetzt der Reihe nach in Richtung Endschalter fahren, bis dieser betätigt wird, und dann langsam ein kleines Stück in die entgegengesetzte Richtung fahren, bis der Schalter wieder im Ruhezustand (freigefahren) ist.

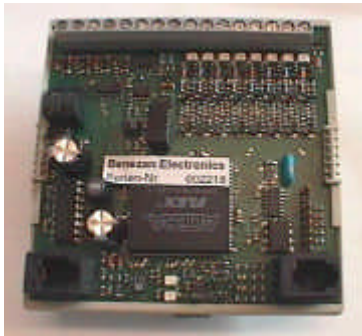
Wenn diese Prüfung erfolgreich beendet ist, ist die Steuerung einsatzbereit.

5 Zubehör, Erweiterungen und Updates

5.1 Zusätzliche Ein-/Ausgänge

Bei einigen Anwendungen kann es sein, daß die vorhandenen Schaltein- und Ausgänge der Steuerung nicht ausreichen. Dazu gehören beispielsweise Werkzeugwechsler, automatische Spannvorrichtungen, zusätzliche Endschalter für Meßtaster, Werkzeuglängenkorrektur oder –bruchererkennung, Klemmung für Drehachsen, Richtungsumschaltung des Werkzeugspindelmotors uvm.

Für diese Zwecke sind zwei Erweiterungsmodule erhältlich, von denen auch mehrere gleichzeitig über eine Feldbus-Schnittstelle an die BEAMICON-Steuerung angeschlossen werden können.



Bestellbezeichnung: BEAMIEXT



Bestellbezeichnung: SLIOD16

- **Acht digitale Ein/Ausgabekanäle:** Jeder Kanal kann unabhängig wahlweise entweder als Eingang (z.B. für Endschalter, Lichtschranken, Sensoren) oder als Ausgang (z.B. für Relais, Pneumatik- oder Hydraulikventile) verwendet werden.
- **Ein Analogausgang 0..10V:** Hiermit kann der Soll Drehzahl-Eingang eines Frequenzumrichters angesteuert werden.
- **Ein Digitaleingang für Encoder/ Drehwinkelgeber:** Dies ist ein Eingang für Quadratursignale, wie sie bei Inkrementaldrehgebern verwendet werden:
- **Hilfsversorgung 5V:** Das Erweiterungsmodul stellt eine Hilfsspannung von 5V (max. 100mA) für Drehgeber oder andere Sensoren zur Verfügung.
- **Potentialtrennung:** Erweiterungsmodul und BEAMICON-Steuerung sind galvanisch getrennt und können an unterschiedlichen Versorgungsspannungen (9-36V) betrieben werden.

- **16 digitale Ein/Ausgabekanäle** für 12- oder 24V-Sensoren, Endschalter, Relais oder Pneumatikventile bis 250mA
- günstiges Preis/Kanalanzahl-Verhältnis

5.2 Handsteuerungsmodul

Um die Einstiegsversion der BEAMICON-Steuerung möglichst preisgünstig zu gestalten, wurde auf eine standardmäßige Ausrüstung mit einer Handsteuerung verzichtet, und eine Bedienung über nur drei Tasten ermöglicht. Für höhere Ansprüche an den Bedienungskomfort ist dieses „digitale Handrad“ aber auf jeden Fall zu empfehlen. Es ermöglicht neben der bequemeren und schnelleren Menüführung auch das präzise und feinfühligere Anfahren des Werkstücknullpunktes mit einem Handrad wie an einer manuellen Fräsmaschine. Die wichtigsten Funktionen wie Programm-Start/Stop, Eilgang, Vorschub usw. sind außerdem über extra Tasten sofort und ohne Menüs erreichbar.

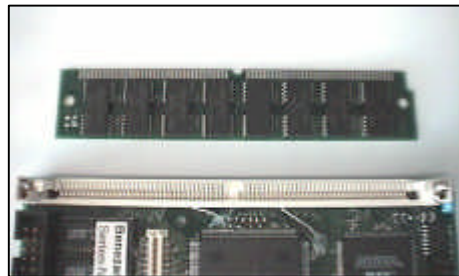
(Bestellbezeichnung: BEAMIHSET)



5.3 Speichererweiterung

Die BEAMICON-Steuerung verfügt standardmäßig über 512kB RAM-Speicher, wovon jedoch ein Großteil für interne Zwecke (Benutzeroberfläche) benötigt wird. Der verbleibende Speicherplatz von etwa 32kB für das eigentliche CNC-Programm reicht in der Regel für einfachere Bearbeitungsabläufe und handgeschriebene Programme gut aus. Für komplexere Teile, die mit modernen CAD-Programmen erstellt wurden, werden jedoch unter Umständen mehrere Megabytes lange Programme erzeugt, insbesondere, wenn Freiformflächen und Drei- oder Mehrachsbearbeitung zusammenkommen. Der zur Verfügung stehende freie Speicherplatz wird vor der Übertragung eines CNC-Programms angezeigt.

Die Steuerung kann mit handelsüblichen SIM-Modulen nachgerüstet werden. Es können Module mit 72 Pins (EDO oder FPM) mit 4 bis 32MB und Zugriffszeiten von 70ns oder schneller verwendet werden. Es müssen keine Jumper gesteckt werden, die Steuerung erkennt die Speichergröße und alle erforderlichen Einstellungen (Seitengröße, Refresh-Modus usw.) selbstständig. Zur Montage des Moduls müssen Sie das Gehäuse zerlegen und die CPU-Platine mit dem weißen Sockel (Bild rechts) von der großen Platine abziehen. Die Ausrichtung des Moduls beim Einstecken ist wichtig (siehe Bild, ausgesparte Ecke oben rechts am Modul).



5.4 Software-Updates

Software-Updates können ohne Eingriffe in die Steuerung oder den Austausch von elektronischen Bauteilen allein über die serielle Schnittstelle vorgenommen werden. Um die in der Steuerung befindliche Software vor unbeabsichtigtem Überschreiben zu schützen, ist sie mit einem Hardware-Schutzmechanismus versehen. Um diesen Mechanismus zu entriegeln, muß ein „versteckter“ Schalter hinter dem Loch mit der Beschriftung „Mode“ links unten an der Frontplatte betätigt werden. Gehen Sie hierzu wie folgt vor:

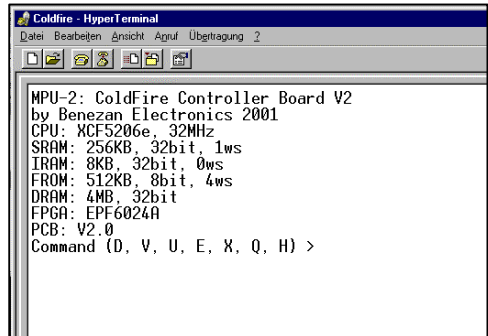
Sie benötigen einen PC mit serieller Schnittstelle und ein Terminalprogramm zur Datenübertragung (z.B. Hyperterm). Schließen sie die serielle Schnittstelle wie im Kapitel „Inbetriebnahme“ beschrieben an die Steuerung an und starten sie das Terminalprogramm. Unabhängig von der an der Steuerung eingestellten Baudrate muß jetzt jedoch grundsätzlich 57600 Baud (der Standardwert) im Terminalprogramm einge-

stellt werden. Nehmen sie jetzt einen dünnen aber nicht spitzen Gegenstand, etwa eine Kugelschreibermine, und betätigen mit diesem den Drucktaster hinter dem Loch. Erst dann schalten Sie die Steuerung ein, danach können sie den Taster loslassen.

Anders als sonst erscheint nun kein Bild auf dem Monitor der Steuerung, stattdessen wird eine Textmeldung im Fenster des Terminalprogramms angezeigt (siehe Bild rechts). Falls nur unleserliche Zeichen erscheinen, war die falsche Baudrate eingestellt. Schalten sie in diesem Fall die Steuerung aus, stellen sie richtig ein, und schalten erneut ein.

Wählen sie nun im Terminalprogramm „Textdatei übertragen“ oder „ASCII-Upload“ und wählen die Datei aus, die das Update enthält (Dateiname endet auf *.HEX). Während die Übertragung läuft, wird ein hochlaufender Zähler angezeigt, der die aktuelle Adresse des Schreibvorgangs im Speicher der Steuerung anzeigt. Sollte die Meldung „Checksum error“ erscheinen, oder die Übertragung hängenbleiben, war die Übertragung fehlerhaft. In diesem Fall muß abgebrochen und von neuem gestartet werden.

Nach erfolgreicher Übertragung schalten Sie die Steuerung aus. Beim nächsten Einschalten (ohne drücken des Tasters) wird die neue Software aktiviert. Vergessen Sie bitte nicht, die Baudrate im Terminalprogramm wieder auf den ursprünglichen Wert zu setzen, falls Sie mit einer anderen als der Standardbaudrate arbeiten. Ebenso wie die Baudrate bleiben auch alle anderen eingestellten Maschinenparameter beim Software-Update erhalten.



6 Probleme beheben

6.1 Übertragungsfehler

Probleme mit der Übertragung von Daten über die serielle Schnittstelle machen sich dadurch bemerkbar, daß entweder nur wirre Zeichen erscheinen (etwa beim Parameter-Upload) oder bei Programmen sporadisch Fehler gemeldet werden (z.B. „Fehler im Zahlenformat“), die durch einzelne Zeichen hervorgerufen werden, die im ursprünglichen Programm nicht vorhanden waren.

Kontrollieren sie in diesem Fall:

- die korrekte Einstellung der Baudrate und des Protokolls „Hardware“ bzw. Handshake-Modus RTS/CTS
- die richtige Verbindung der Masseleitung des seriellen Kabels (Pin 5) und der Abschirmung

Insbesondere bei langen Leitungen kann es auch möglich sein, daß die Motorendstufen die Übertragung stören. Dies kann dadurch erkannt werden, daß die Übertragung bei abgeschalteten Endstufen problemlos funktioniert. In diesem Fall müssen zusätzliche Entstörmaßnahmen getroffen werden. Achten sie auch auf richtige Erdung und Vermeidung von Masseschleifen (siehe Kapitel „EMV und Entstörmaßnahmen“).

6.2 Parameterspeicher löschen

Falls sie irrtümlich die Baudrate oder die Polarität der Bedienungstaster so eingestellt haben, daß sich die Steuerung nicht mehr bedienen läßt, ist ein Wiederherstellen der alten Parameterwerte auf normalem Wege nicht mehr möglich. In diesem Fall muß der Parameterspeicher gelöscht werden, was alle Parameter auf die Werkseinstellungen zurücksetzt (Bedienungstaster nicht invertiert, 57600 Baud). Gehen sie hierzu folgendermaßen vor:

Schalten sie die Steuerung aus und bei gedrücktem „Mode“-Taster wieder ein, wie im Kapitel „Software-Updates“ beschrieben. Nach dem Einschalten erscheint das Startmenü im Terminalfenster wie auf dem Bild in Kapitel 5.4 „Software-Updates“. Geben sie jetzt „E 130000“ im Terminalprogramm ein und drücken sie die Eingabetaste. Es muß jetzt die Meldung „Erasing Flash ROM“ erscheinen, danach ist der Parameterspeicher gelöscht. Schalten sie die Steuerung aus und wieder ein, ohne den Taster zu drücken. Vor der erneuten Verwendung der Steuerung müssen jetzt alle Parameter wie im Kapitel 4.3 „Einstellen der Maschinenparameter“ neu gesetzt werden.

6.3 Handsteuergerät funktioniert nicht

Dies macht sich dadurch bemerkbar, daß die Fehler-LED am Handsteuergerät leuchtet, und im unteren Fenster auf dem Bildschirm „Feldbus: Leitung unterbrochen“ gemeldet wird. Damit der Feldbus für das Handsteuermodul korrekt funktioniert, müssen an der Rückwand die Pins A13 mit A14 und C13 mit C14 gebrückt sein, falls dort keine weiteren Geräte angeschlossen werden. Außerdem dürfen die beiden Jumper neben dem Steckverbinder für das Handsteuergerät *nicht* gesteckt sein.

7 Technische Daten

7.1 Leistungsmerkmale:

- Leistungsfähiger Prozessor (Motorola ColdFire 32-Bit RISC), spezielle Beschleunigungshardware für Bahninterpolation
- Unterstützt Maschinen mit 3 bis 5 Achsen und verschiedenen Geometrien (Anordnung von Drehachsen, zB. XYZA oder XYZBC)
- TTL-Kompatible Ausgänge für Schritt/Richtung zur Ansteuerung von Servo- oder Schrittmotorendstufen
- Bedienung über Menüsteuerung (VGA-kompatibler Monitor oder LCD)
- Serielle Schnittstelle (RS232, optional USB) für Übertragung von CNC-Programmen und Parametern
- Schrittfrequenz bis 4MHz möglich, dadurch auch bei Microschritt oder hochauflösenden Encodern keine Einschränkung der Verfahrensgeschwindigkeit
- Lineare Interpolation von bis zu 5 Achsen gleichzeitig
- Echte Kreis- und Helixinterpolation (2-3 Achsen), keine n-eckigen Polygone
- Sanfte Beschleunigungs/Bremsrampen mit kubischer Spline-Charakteristik für ruckfreies Anfahren
- Optimierte Bearbeitung zusammenhängender Linienzüge ohne Abbremsen spart Zeit bei Freiformflächen
- Stop und Wiederanlauf ohne Schrittverlust an jeder Stelle möglich
- Optionales Handsteuermodul ("digitales Handrad") für komfortablere Bedienung erhältlich
- Veränderung von Vorschub und Spindeldrehzahl bei laufendem Programm möglich ("Feed-Override")
- Feldbus-Interface ermöglicht beliebige Erweiterung von Ein-/Ausgangskanälen, z.B. für Werkzeugwechsler, Spannvorrichtungen, Frequenzumrichtern uvm.
- Alle Parameter frei einstellbar (Verfahrwege, Auflösung, max. Geschwindigkeit und Beschleunigung usw.)
- Software-Updates ohne Tauschen von Bauteilen möglich (Flash-Speicher)
- 0,5 bis 32MB Speicher für Programme und Daten (erweiterbar mit standard SIM-Modulen)
- 190kB Festwertspeicher (Flash) für dauerhaftes Abspeichern oft benötigter (Unter-) Programme
- Abmessungen 128,5 x 60,2 x 173 mm (H x B x L) als Einschub für 19"-Baugruppenträger (3HE, 12TE)

7.2 Absolute Grenzwerte

Folgende Parameter dürfen unter keinen Umständen überschritten werden, um eine Beschädigung der Steuerung zu verhindern:

Parameter	min.	max.	Einheit
Betriebsspannung	-0,5	+40	V
Lagertemperatur	-40	+70	°C
Betriebstemperatur	0	+70	°C
Spannung an Schalteingängen	-40	+40	V
Spannung an Relaisausgängen	-0,5	+40	V
Spannung an Servo/Schrittausgängen	-0,3	+5,5	V
Strom an Servo/Schrittausgängen	-10	+10	mA

7.3 Elektrische Anschlußwerte:

Parameter	Pin Nr.	min.	max.	Einheit
Betriebsspannung (Gleichspannung)	A-C21, A-C32	+12	+36	V
Betriebsspannung (Wechselspannung effektiv)		+9	+24	V
Leistungsaufnahme (ohne externe Verbraucher)		1	4	W
Stromaufnahme (mit externen Verbrauchern)		-	1,5	A
Versorgungsausgang für Sensoren	B15-17, A-C29	+11	+36	V
Umgebungstemperatur	-	0	+50	°C
Schwellwert für Schalteingang 1→0	A15-17, C15-16, C18-25	2	5	V
Schwellwert für Schalteingang 0→1		6	11	V
Pegel für Servo/Schrittausgang 0	A1-10, C1-10	0	0,5	V
Pegel für Servo/Schrittausgang 1		2,4	5,25	V