

# BEAMICON

## Direktsteuerung durch PC Anwendungshinweise

Vorläufig

### Kurzbeschreibung

Bisher konnte die BEAMICON-Steuerung nur im sogenannten „Stand alone“-Betrieb benutzt werden, d.h. um die Maschine zu bewegen mußte zuerst ein Programm an die Steuerung übertragen und dieses dann manuell gestartet werden. Für einige Anwendungen ist es aber auch wünschenswert, einzelne Bewegungen oder auch ganze Programme direkt unter Kontrolle des PCs auszuführen, ohne daß Bedienelemente bzw. -aktionen an der BEAMICON-Steuerung erforderlich sein sollen. Hierzu dient der neu eingeführte Direktsteuerungsmodus (kurz „Direktmodus“), sozusagen eine Fernsteuermöglichkeit der Maschine.

**Hinweis:** nach derzeitigem Stand ist der Direktmodus nicht oder nur teilweise implementiert. Das vorliegende Dokument ist als Realisierungsvorschlag bzw. Pflichtenheft anzusehen.

## 1 Sicherheitshinweise

Der Direktmodus ist ausdrücklich *nicht* für den gewöhnlichen Endanwender gedacht, um Befehle direkt am PC per Tastatur einzugeben. Er soll es vielmehr ermöglichen, die BEAMICON-Steuerung an bereits bestehende Bedienoberflächen am PC anzupassen, sie in größere Automatisierungsumgebungen (Transferstraßen, automatische Werkstückzuführung usw.) zu integrieren, oder ganz neue Anwendungen zu erschließen (Robotik, Handlingaufgaben mit variablem Ablauf). Dieser Anwendungshinweis ist deshalb nicht Teil des normalen Benutzerhandbuchs, sondern wird nur auf Anfrage an Maschinenhersteller und „Power User“ ausgegeben, die sich eigene Fernsteuer-Programme schreiben wollen.

Es sei darauf hingewiesen, daß es nach der geltenden Maschinenrichtlinie unzulässig ist, daß sich eine Werkzeugmaschine spontan, d.h. ohne direkte Intervention des Bedieners, in Bewegung setzt, sofern dies für ihn gefährlich werden kann. Gerade dies ist aber im Direktmodus leicht möglich, wenn Maschine und der (fern-) steuernde PC räumlich getrennt sind. Der Maschinenhersteller und der Betreiber sind in diesem Fall dafür verantwortlich, durch geeignete Maßnahmen (z.B. Lichtvorhang, Schutztür) sicherzustellen, daß ein ferngesteuertes Starten der Maschine nicht möglich ist, solange sich Bedienpersonal im Gefahrenbereich befindet. Diese Sicherheitsfunktion ist nicht automatisch Teil der BEAMICON-Steuerung, sondern muß durch entsprechende Programmierung und eventuell externe Schaltungen realisiert werden. Bitte informieren Sie sich über die gesetzlichen Bestimmungen.

Eine weitere Gefahrenquelle sind Übertragungsfehler in der Datenübertragung vom PC zur Maschine. Anders als beim Stand-alone-Betrieb, wo die Datenübertragung im YModem-Protokoll abläuft und durch Checksummen geschützt ist, erfolgt die Datenübertragung beim Direktmodus im Klartext. Ein einziges falsch übertragenes Bit kann eine Koordinate signifikant verändern (z.B. X500 anstatt X100), und eine Kollision hervorrufen. Es wird deshalb dringend empfohlen, keine anfällige RS232-Verbindung, sondern die USB-Schnittstelle zu verwenden, die ein Protokoll zur Fehlerkorrektur bereits eingebaut hat.

## 2 Betriebsarten

Um eine optimale Anpassung an die verschiedensten Anwendungsmöglichkeiten der Direktsteuerung zu erhalten, wurden insgesamt drei verschiedene Untermodi vorgesehen:

### 2.1 Single Step

Hiermit sind natürlich nicht einzelne Schritte der Schritt- oder Servomotoren sondern die Ausführung einzelner Befehlszeilen gemeint. Dieser Modus ist ideal, wenn es kein festes Programm gibt, also nicht im voraus bekannt ist, was als nächstes zu tun ist. Es können sowohl Positionierbefehle (G0, G1, G2/3) gegeben werden, als auch Ausgänge geschaltet werden. Nicht möglich sind Konstrukte, die über mehrere Zeilen gehen, z.B. IF-THEN Befehle. Die Single-Step-Betriebsart hat den geringstmöglichen Overhead, Befehle werden sofort gestartet.

Nachteil der Single-Step-Betriebsart ist, daß keine Optimierung des Bewegungsablaufs stattfinden kann. Insbesondere werden aufeinanderfolgende Linien nicht zusammengefaßt, sondern nach jeder Zeile abgebremst und erneut beschleunigt.

### 2.2 Program Batch

Dies ist das andere Extrem: ein Programm wird zuerst komplett an die Steuerung übertragen und erst nach Beendigung der Übertragung fergesteuert gestartet. Diese Vorgehensweise entspricht eigentlich genau dem Ablauf beim Stand-alone-Betrieb, nur braucht der Benutzer keinen Start-Knopf mehr an der Steuerung zu drücken. Der Batch-Modus ist ideal, wenn die Maschine mit gewöhnlichen NC-Programmen betrieben

werden soll, jedoch ähnlich einem Drucker oder Plotter am PC, wo im normalen Betrieb keine Benutzeraktionen am Gerät selbst erforderlich sind.

### **2.3 Programm Direct**

Diese Betriebsart ist ein Zwischending aus Batch- und Single-Step-Modus. Hiermit ist es möglich, längere Befehlssequenzen oder auch komplette Programme zur direkten Ausführung an die Steuerung zu senden. Die Ausführung startet so früh wie möglich (bereits vor dem Ende der Übertragung), aber unter Umständen nicht sofort, weil eventuell mehrere Zeilen zwecks Bewegungsoptimierung (Polylinien) zusammengefaßt werden. Vorteile sind flüssigere Bewegung und möglicherweise kürzere Gesamtausführungszeit als bei vielen einzelnen Single-Step-Befehlen. Ein Nachteil ist, daß keine starre zeitliche Verbindung zwischen Befehlsübertragung und Ausführung mehr existieren. Der Befehlsgeber (PC) weiß also u.U. nicht, welche Zeile die Maschine in einem bestimmten Moment ausführt.

## 3 Programmierung

### 3.1 Befehlsübersicht

Zur besseren Übersicht sind hier auch noch einmal alle bisherigen Befehle, die nichts mit dem Direktsteuerungsmodus zu tun haben, aufgeführt.

Befehl	Beschreibung
U [Pfad]<Dateiname>	Upload, Datei mit YModem-Protokoll übertragen
M <Dateiname>	Macro-Datei mit YModem-Protokoll übertragen
L [Pfadname]	Dateistruktur oder Verzeichnis anzeigen
P	Parameterdatei anzeigen
T	Werkzeugliste anzeigen
A	freien Speicherplatz anzeigen (available memory)
E	letzten Fehler anzeigen
D [Pfad]<Dateiname>	Datei löschen
B max min	Blockgröße für Dateiübertragung einstellen
H inter fast	Handshakemodus einstellen (interaktive oder fast)
# <G-Code>	Single-Step Befehlsausführung
%	aktiviert Program-Direct-Modus
X [Pfad]<Dateiname>	Programm ausführen (Batch-Modus)
W	warten bis aktuelle Bewegung/Programm beendet
K	aktuelle Koordinaten und Status abfragen
I	aktuelle Bewegung abbrechen (Interrupt)

### 3.2 Handshaking

Um sicherzustellen, daß sich PC und BEAMICON auch bei eventuellen kurzzeitigen Übertragungsfehlern oder Verzögerungen noch einwandfrei verstehen, werden folgende Regeln für die Befehls- und Datenübertragung festgelegt:

- Die Steuerung signalisiert mit einem Prompt („>“ gefolgt von einem Leerzeichen), daß sie bereit ist für Eingaben. Im Interaktiv-Modus (Standard, H inter) wird außerdem vor dem Prompt ein Kurzmenü ausgegeben, das jedoch ignoriert werden kann. Der PC darf den Bereit-Status der Steuerung testen, indem er eine leere Befehlszeile sendet, diese wird mit einem Prompt beantwortet.
- Befehle beginnen grundsätzlich mit einem Befehlsbuchstaben oder -zeichen und enden mit <CR> (Carriage return).
- Bei allen Ausgaben der Steuerung mit Ausnahme des Prompts enden die Zeilen mit <CR><LF> (Carriage return + line feed)
- Die Steuerung wartet vor der Ausgabe von Menü und Prompt im Interaktiv-Modus (H inter) etwa 1s, um eventuellen Datenmüll aus vorhergehenden Übertragungen verwerfen zu können. Im Fast-Modus ist dieser Timeout zwecks schnellerer Reaktionszeit abgeschaltet.
- Eine laufende, längere Datenübertragung (Y-Modem oder Program-Direct) kann mit der Sequenz „\s warten, <Ctrl-X>“ abgebrochen werden. Dies ist dann erforderlich, wenn die Steuerung nicht auf Befehle reagiert, weil Sie noch auf Daten wartet.
- Die BEAMICON-Steuerung verwendet ein vom PC abweichendes, Unix-ähnliches Dateisystem. Die Regeln für Dateinamen sind im Anhang aufgeführt.

- Alle Direktsteuerungsbefehle (#, %, X) wirken asynchron, d.h. sie starten die Befehlsausführung nur, warten aber nicht deren Ende ab. Falls dies erwünscht ist, muß zusätzlich ein W-Befehl gesendet werden. Bei mehreren aufeinanderfolgenden Single-Step-Befehlen (#), kann das W dazwischen jedoch entfallen. Vor dem Start eines neuen Befehls wird automatisch gewartet, bis der vorhergehende abgeschlossen ist.

### 3.3 Befehle für Direktsteuerung

#### Handshake Modus

Das Befehlsinterface der BEAMICON-Steuerung ist im Normalzustand für die interaktive Bedienung über ein Terminalprogramm ausgelegt. Es wird deshalb mehr Wert auf gute Lesbarkeit und Fehlertoleranz gelegt als auf optimale Geschwindigkeit. Programme für die Fernsteuerung oder Dateiübertragung (Browser) benötigen jedoch das Kurzmenü und lange Timeouts nicht und können mit dem „H fast“-Befehl in einen geschwindigkeitsoptimierten Modus schalten. Mit „H inter“ kann vor Beenden des Programs (Disconnect) wieder in den interaktiven Modus geschaltet werden, falls dies vorgesehen ist.

#### Single Step

Mit dem #-Befehl wird die Steuerung veranlaßt, alle nachfolgenden Zeichen bis zum Zeilenende direkt als G-Code zu interpretieren und (falls möglich) sofort auszuführen. Beispiel:

```
# G0 X100 Y75 Z5 (Bohrung 1 Sicherheitsebene)
```

Grundsätzlich sind alle Befehle erlaubt, die in eine Zeile passen, also z.B. auch das Schalten von Ausgängen (M3, M8, M100 usw.), setzen von Stopbedingungen (UNTIL) und der Aufruf von Unterprogrammen. Nicht erlaubt sind dagegen Befehle, die mehrere Zeilen benötigen (IF, THEN, ENDIF) oder Befehle, die eine Bedieneraktion erfordern (M0, M30).

Wenn beim Eintreffen eines Befehls noch ein zuvor gestartetes Programm oder ein Single-Step-Befehl ausgeführt wird, wird zuerst dessen Beendigung abgewartet. Falls anstatt dieser „überlappenden“ Befehlsübertragung eine eindeutige zeitliche Zuordnung der Befehle gewünscht wird, muß zwischen mehreren Single-Step-Befehlen je ein W-Befehl eingefügt werden.

Wegen der asynchronen Befehlsausführung werden nur Syntax- und Bereichsfehler sofort erkannt und gemeldet. Fehler, die erst während der Ausführung erkannt werden (Not-Halt, Endschalter angefahren usw.), werden nicht ohne Anforderung (E oder W) gemeldet, da dies das Handshaking durcheinanderbringen würde.

#### Program Direct

Mit dem %-Befehl wird die Direktausführung eines Programms gestartet. Es können beliebig viele Zeilen mit G-Code folgen, die als Programm behandelt und sobald wie möglich ausgeführt werden. Das Zeichen „%“ ist dabei nicht willkürlich gewählt, es dient sonst auch als Startzeichen in G-Code-Programmen. Das bedeutet, Programme, die vor dem „%“ keinen Kommentar enthalten, können direkt an die Steuerung gesendet werden (z.B. mit „Text senden“ in Hyperterm). Dabei ist jedoch einiges zu beachten:

Die Programme sollten unbedingt mit M2 aufhören, da die Steuerung sonst das Ende des Programms nicht erkennen können. Es sollten keine Befehle vorkommen, die eine Bedieneraktion nötig machen (z.B. M0 oder T-Befehle mit manuellem Werkzeugwechsel).

Im Program-Direct-Modus gibt es keinen Timeout, d.h. zwischen der Übertragung zweier Zeilen darf beliebig lange gewartet werden. Soll das Programm abgebrochen werden, kann einfach ein M2 gesendet werden (Abbruch nach Beendigung des letzten Befehls), oder ein Ctrl-X mit nachfolgendem I-Befehl (sofortiger Abbruch). Beim normaler Beendigung oder Abbruch eines Programms werden, wie beim Stand-alone-Betrieb auch, die Ausgänge für Werkzeugspindel und Kühlmittelpumpe automatisch abgeschaltet.

Für Fehlermeldungen gilt das gleiche wie bei Single-Step: Nur Syntaxfehler werden sofort gemeldet, eventuell später auftretende Fehler müssen mit E oder W explizit angefordert werden. Das Starten eines Programms mit „%“ ist unzulässig, wenn zu diesem Zeitpunkt noch ein anderes Programm oder ein Single-Step-Befehl abläuft.

## Program Batch

In dieser Betriebsart wird das Programm wie im Stand-alone-Betrieb mit „U“ (Upload, YModem-Protokoll) zur Steuerung übertragen und erst danach mit „X <Dateiname>“ gestartet. Es ist zulässig, mehrere Programme hintereinander zur Steuerung zu übertragen, und in beliebiger Reihenfolge, auch mehrfach, auszuführen. Nicht mehr benötigte Programme sollten danach mit „D“ gelöscht werden, da sie sonst Speicherplatz in der Steuerung belegen.

Da während der Übertragung hier überhaupt kein Syntax-Check durchgeführt wird, müssen eventuelle Fehler explizit mit E oder W angefordert werden. Das Starten eines Programms mit „X“ ist unzulässig, wenn zu diesem Zeitpunkt noch ein anderes Programm oder ein Single-Step-Befehl abläuft. Erforderlichenfalls muß ein „W“ ausgeführt werden.

## Warten

Der W-Befehl wartet die Ausführung eines gerade aktiven Programms oder Single-Step-Befehls ab. Eventuel bei der Ausführung aufgetretene Fehler (vor oder nach Aktivierung des W-Befehls), werden danach gemeldet. Die Ausführung des W-Befehls (Zeit vom Abschicken des Befehls bis zum nächsten Prompt) kann abhängig vom Programm beliebig lange sein. Das Warten kann mit Ctrl-X abgebrochen werden. Falls gerade kein Programm oder Single-Step-Befehl ausgeführt wird, oder diese schon beendet wurden, hat der W-Befehl keine Auswirkung und kehrt sofort zurück.

## Unterbrechung

Ein I-Befehl bricht die laufende Bearbeitung eines Programms oder Single-Step-Befehls ab. Sich bewegende Achsen werden mit Bremsrampe so schnell wie möglich gestoppt. Es muß beachtet werden, daß für die korrekte Funktion des I-Befehls die Steuerung bereit für Befehlempfang sein muß (Prompt), ansonsten muß zuvor eine laufende Datenübertragung mit Ctrl-X abgebrochen werden. Falls gerade kein Programm oder Single-Step-Befehl ausgeführt wird, oder diese schon beendet wurden, hat der I-Befehl keine Auswirkung

## Status/Position abfragen

Die aktuelle Position der Maschine kann mit dem K-Befehl ermittelt werden. Die Endposition nach Ausführung eines Befehls ist zwar, falls kein Fehler auftrat, sowieso bekannt. Es kann jedoch wünschenswert sein, eine Koordinatenanzeige während der Programmausführung zu realisieren. Oder es soll ein mit Längenmesstaster oder ähnlichen Funktionen (Fahren mit Stopbedingung UNTIL) ermittelter Wert zurückgelesen werden.

Von Anwendungen, die eine genaue Synchronität von Zeit und Position erfordern (Scannen/Rastern in äquidistanten Abständen und ähnliches) ist ausdrücklich abzuraten, da die Übertragungs- und Reaktionszeit der Datenschnittstelle (RS232 oder USB) stark von der Systemauslastung des PC abhängen und erheblich

schwanken können. Falls Sie derartige Anforderungen haben, kontaktieren Sie bitte Benezan Electronics direkt. Die Ausgabe von längen-, winkel- oder zeitsynchronen Signalen ist auf anderem Weg möglich.

Der K-Befehl gibt Position und Status in folgendem Format zurück (Beispiel):

1 (123.45;34.56;-7.8;0.0;0.0)

Die Zahlen in Klammern sind die fünf Koordinaten der Achsen XYZ und (falls vorhanden) der Drehachsen. Das PC-Programm sollte bei der Interpretation der Koordinaten tolerant sein, unter Umständen können auch nur 3 Koordinaten ausgegeben werden, falls die vierte und fünfte Achse Null oder unbenutzt sind. Die erste Zahl (Status) bedeutet:

- 0: Maschine bewegt sich nicht (kein Programm aktiv bzw schon beendet)
- 1: Maschine bewegt sich (Programm oder Single-Step aktiv)
- 2: Fehler aufgetreten (Maschine steht oder wird gerade angehalten)

## Fehler abfragen

Mit dem E-Befehl kann der zuletzt aufgetretene Fehler ausgegeben werden. Falls beim zuletzt ausgeführten Befehl (außer E selbst, natürlich) kein Fehler aufgetreten ist, wird eine Leerzeile ausgegeben. Fehlermeldungen werden im Klartext ausgegeben. Da Sprache und Text je nach Firmwareversion variieren kann, sollte dieser nicht interpretiert, sondern möglichst 1:1 angezeigt werden. Zur besseren Unterscheidung, ob eine Ausgabe eine Fehlermeldung ist, oder ein normales Ergebnis, werden im Fast-Modus (H fast) folgende Formate verwendet:

! <allgemeine Fehlermeldung> (Befehlssyntax, Dateinamen usw.)

oder

^ <Zeile> <Spalte> <G-Code Fehlermeldung> (Programm oder Single-Step)

## 3.4 Parametereinstellung

Wegen der Sicherheitsrichtlinien muß der Direktsteuerungsmodus vor der Verwendung explizit freigegeben werden. Hierzu muß der Parameter „RemoteMode“ auf einen Wert ungleich Null gesetzt werden.

- 0 Direktsteuerungsmodus verboten (Standard), Bedienung über Tasten oder Handrad
- 1 Direktsteuerung und Bedienelemente aktiviert
- 2 nur Direktsteuerung, keine Bedienelemente (Handrad, Menütasten)

(Frage: wird 2 tatsächlich benötigt? Bei Maschinen, die ausschließlich ferngesteuert werden sollen, reicht es auch, keine Bedienelemente anzuschließen. Gefahr der versehentlichen Selbstaussperrung?)

## Anhang

### Regeln für Datei- und Pfadnamen

1. Dateinamen dürfen alle druckbaren Zeichen (ASCII \$20..\$7F und \$A0 bis \$FF) beinhalten mit folgender Ausnahme: "/" ist komplett verboten und ein Dateiname darf nicht gleich "." sein. ein oder mehrere "." sind dagegen erlaubt.
2. Bei Pfadnamen trennt "/" die Verzeichnis- und den Dateinamen. Ein "/" am Anfang bedeutet Rootverzeichnis. Ein Verzeichnisname darf mit "/" enden, muß aber nicht.
3. Groß- und Kleinschreibung in Dateinamen wird korrekt wiedergegeben aber nicht unterschieden („Foo“ und „foo“ bezeichnen dieselbe Datei).
4. NC-Dateien dürfen in die Verzeichnisse „./ram/cncprg/“ oder „./rom/cncprg/“ gespeichert werden. Wird kein Pfadname angegeben, wird automatisch nach „./ram/cncprg/“ gespeichert. Macros (redefinierbare Befehle) müssen im Verzeichnis „./rom/macros/“ abgelegt werden.
5. Fernsteuer- oder Browserprogramme müssen das Vorhandensein weiterer Verzeichnisse tolerieren, dürfen jedoch keine neuen Verzeichnisse anlegen.