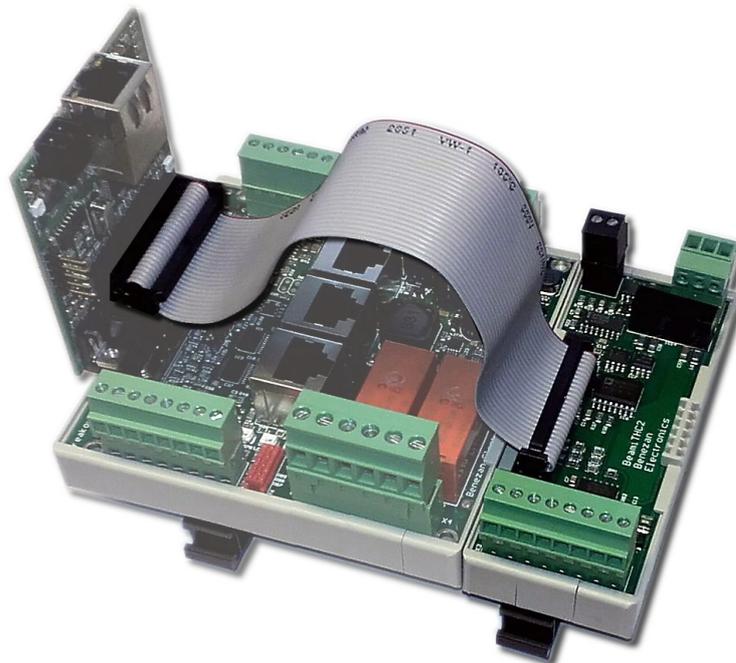


Plasmaschneiden mit Beamicon2

THC Höhenregler-Modul Installations- und Inbetriebnahme-Anleitung

Version 1



Produktkurzbeschreibung

Plasmaschneidanlagen stellen gegenüber spanabhebenden Bearbeitungsmaschinen einige besondere Anforderungen an die CNC-Steuerung. Beim Einstecken muss eine besondere Sequenz zum Zünden des Plasmabrenners beachtet werden. Während des Schneidvorgangs sollte der Abstand des Brenners zum Werkstück überwacht und nachgeregelt werden, um optimale Schnittergebnisse zu erhalten.

Die Erweiterung „THC2“ bietet zusätzliche Ein- und Ausgänge für die Beamicon2-CNC-Steuerung. Das Modul wird mit einem Flachbandkabel an dem zweiten Port des CncPod¹ angeschlossen. Es kann speziell für Plasmaschneidgeräte verwendet werden, um eine Höhenregelung des Brenners (THC = „Torch Height Control“) zu realisieren, und besitzt einen Analogeingang für die Elektrodenspannung. Zusätzlich sind vier digitale Eingänge für Schalter vorhanden.

Im Gegensatz zu externen Lösungen (z.B. Proma und ähnliche) erfolgt die Regelung in Echtzeit direkt im Achssteuerungsmodul (CncPod). Elektrodenspannung und Z-Höhe werden direkt in der Steuerungssoftware auf dem PC angezeigt und eingestellt. Es ist keine extra Bedieneinheit erforderlich.

¹ CncPod und Breakoutboard (links im Bild) nicht im Lieferumfang

1 Grundlagen

Bei Plasmaschneidmaschinen wird ein elektrischer Lichtbogen kombiniert mit einer Gasdüse verwendet, um das Material zu schmelzen und abzutragen. Ähnlich einem Schweißtrafo regelt die Stromquelle den Strom des Lichtbogens auf einen einstellbaren, konstanten Wert. Dazu wird die Spannung an der Elektrode variiert. Je größer der Abstand zum Werkstück desto höher muss die Spannung sein, damit der gewünschte Strom erreicht wird.

Um ein gleichmäßiges und qualitativ hochwertiges Schnittergebnis zu erzielen, sollte der Abstand der Brennerdüse zum Werkstück während dem Schneidvorgang konstant gehalten werden, auch wenn das Werkstück oder der Maschinentisch Durchbiegungen aufweist. Dies wird erreicht, indem der Höhenregler (THC = torch height control) die Lichtbogenspannung überwacht. Steigt sie an, kann daraus geschlossen werden, dass der Abstand zu groß wird, und die Z-Achse wird nach unten bewegt, bis der eingestellte Sollwert wieder erreicht wird. Umgekehrt wird bei zu kleiner Spannung die Z-Achse nach oben gefahren.

1.1 Voraussetzungen

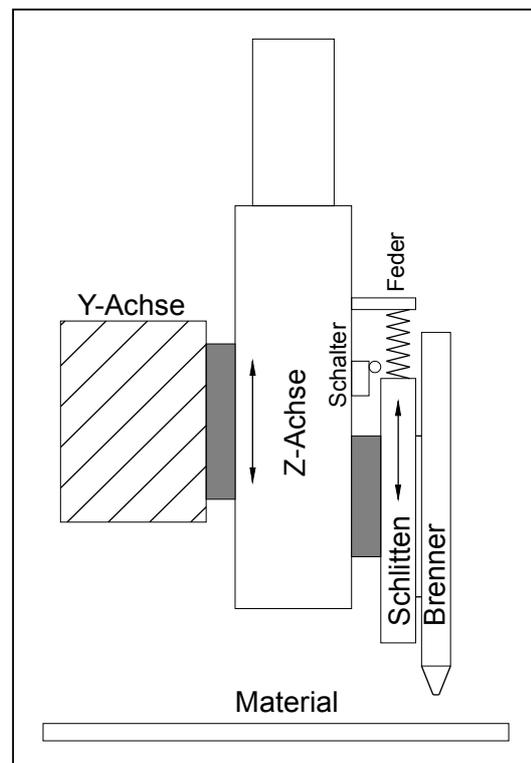
Die Stromquelle muss ein Signal liefern, das proportional zur Elektrodenspannung ("tip voltage") ist. Das THC-Modul hat einen Analogeingang, an dem entweder ein 0..10V-Signal (mit Vorteiler) oder ein 0..250V-Signal (ohne Vorteiler) angeschlossen werden kann. Die Stromquelle muss speziell für den CNC-Betrieb vorbereitet sein, d.h. sie muss eine kontaktlose Zündung und einen Spannungsausgang für die Lichtbogenspannung besitzen.

Es wird ausdrücklich davon abgeraten, Plasma-Brenner für Handbetrieb zu verwenden, da diese entweder eine Kontakt-Zündung (drücken der Elektrode auf das Werkstück) benötigen, oder die HF-Zündspannung (20..30kV!) den Eingang des THC-Moduls beschädigen kann, wenn eine direkte Verbindung den Analogeingangs mit der Elektrode besteht.

Darüber hinaus sollte die Stromquelle über ein 24V-Signal („torch switch“ oder „plasma on“) oder einen Relaiskontakt an- und ausgeschaltet werden können. Für ein zuverlässiges Timing beim Einstechen ist außerdem wichtig zu erkennen, wann der Hauptlichtbogen gezündet hat. Je nach Beschaffenheit der Werkstückoberfläche (Schmutz, Öl, Oxidschicht...) kann dies u.U. erst mit etwas Verzögerung nach Zünden des Pilotlichtbogens erfolgen. Professionelle CNC-Stromquellen (z.B. von Hyperterm) haben zu diesem Zweck einen Ausgang ("arc good" bzw. „arc Ok“), der anzeigt dass der Hauptlichtbogen gezündet hat. Preisgünstige Stromquellen haben dies nicht. In diesem Fall muss der Lichtbogen durch Überwachung der Lichtbogenspannung kontrolliert werden, um das Zünden und eventuelle Fehler durch Lichtbogen-Abriss während des Schneidens erkennen zu können. Die Lichtbogenspannung wird dann mit einem Grenzwert-Fenster überwacht. Ist die Spannung zu hoch (Leerlaufspannung), hat der Lichtbogen noch nicht gezündet. Ist sie zu niedrig, hat entweder die Stromquelle noch nicht eingeschaltet, oder es liegt ein Kurzschluss vor.

Manche Stromquellen benötigen noch zusätzliche Signale, etwa zum Auswählen verschiedener Gasarten. Das THC-Modul besitzt 4 digitale 24V-Eingänge. Zusammen mit den zwei Relais-Ausgängen des Breakoutboards reicht dies für die meisten Anwendungen aus. Bei Bedarf kann die Anzahl der Ein- und Ausgänge mit zusätzlichen IO-Modulen mit Netzwerkanschluss fast beliebig erweitert werden.

Für das automatische Antasten der Materialoberfläche wird empfohlen, den Brenner auf einem zusätzlichen, beweglichen Schlitten auf der Z-Achse zu montieren. Dies ermöglicht über einen zusätzlichen Schalter, die Materialhöhe zu Beginn des Schneidvorgangs automatisch auszumessen. Der Schlitten wird normalerweise durch eine Feder oder das Eigengewicht in der untersten Stellung gehalten. Vor dem ersten Zünden des Brenners fährt die Z-Achse zuerst solange nach unten, bis die Brennerdüse auf dem Material aufsitzt. Wird die Z-Achse noch weiter nach unten bewegt, bleibt der Schlitten mit dem Brenner stehen, die Feder wird gespannt und schließlich der Schalter betätigt.



Wenn der Totweg des Schalters (Weg vom aufsetzen der Düse bis zum Schließen des Schalters) bekannt ist, kann die genaue Höhe der Materialoberfläche und damit die gewünschte Nullpunktlage der Z-Achse ermittelt werden.

1.2 Vermeiden von Störungen

Beim Plasmaschneiden wird mit einem Lichtbogen mit hoher Spannung und hohen Strömen gearbeitet, was prinzipbedingt die Gefahr von elektromagnetischen Störungen mit sich bringt. Dies erfordert besondere Maßnahmen wie eine sorgfältige Erdung und Abschirmung. Bei Nicht-Beachtung der folgenden Regeln können nicht nur Störungen auftreten (Schrittverluste, Abbruch der Kommunikation...) sondern wegen der hohen Spannungen und Ströme sogar Schäden an der Elektronik oder lebensgefährliche Berührungsspannungen auftreten. Befolgen Sie deshalb unbedingt die Hinweise genau, und ziehen Sie im Zweifelsfall einen Fachmann zu Rate.



1. **Fachmännischer Aufbau:** Verwenden Sie nur hochwertiges Material (Kabel, Stecker usw.) und führen Sie alle Arbeiten an der Elektrik sorgfältig und gewissenhaft durch. Provisorien wie lose verdrehte Drahtenden und „frei fliegende“ Kabel haben an einer Plasmaschneidmaschine nichts verloren. Ein einziger loser Kontakt kann dazu führen, dass sich der Strom einen anderen als den vorgesehenen Weg sucht. Der Plasma-Lichtbogen hat genügend Leistung, um Metallblech zu schmelzen, und kann die Elektronik in Sekundenbruchteilen zerstören!
2. **Qualitäts-Geräte:** Finger weg von billigen No-Name-Importen aus Fernost. Kaufen Sie die Stromquelle und die Positionier-Antriebe nur von namhaften Herstellern und vertrauenswürdigen Händlern. Minderwertige Geräte halten oft die zulässigen Grenzwerte für Störabstrahlung nicht ein, und die damit verbundenen Probleme sind dann nicht in den Griff zu kriegen. Auch Marken-Geräte erfordern die Einhaltung der im folgenden beschriebenen Entstörmaßnahmen. Aber der höhere Preis wird durch den vermiedenen Ärger mit Billigprodukten mehr als ausgeglichen.
3. **Erdung:** Alle metallischen Teile der Maschine – auch die beweglichen - müssen geerdet werden. Kugellager und Linear-Führungsschienen gelten dabei nicht als zuverlässige Verbindung und sollten keinen Strom führen. D.h. Portal und Z-Achse müssen mit einem separaten Erdungskabel mit dem Maschinengestell und dem Schutzleiter der Steckdose verbunden werden. Der Querschnitt des Erdungskabels muss ausreichend bemessen sein. Bei allen Teilen, die mit dem Werkstück in Berührung kommen (können), muss der Erdungs-Querschnitt ausreichend für den maximalen Schneidstrom sein, also z.B. min. 10mm² bei 100A. Bei allen anderen Teilen (PC, Schaltschrank) reicht eine Auslegung für den maximalen Strom der Netz-Sicherung (z.B. 1,5mm² für 16A). Auch die negativen Pole des Motornetzteils und des 24V-Netzteils der Steuerung müssen mit dem Schutzleiter verbunden werden.
4. **Kabel so kurz wie möglich:** Empfindliche Signale sind Netzkabel vom PC zur Steuerung, Schritt/Richtungssignale zwischen Steuerung und Schrittmotorendstufen oder Servos und USB-Verbindungen zu Maus und Tastatur. Um diese Kabel so kurz wie möglich zu halten und vor Störungen zu schützen, wird empfohlen, einen Mini-PC (z.B. Intel NUC o.ä.) zusammen mit Steuerung und Endstufen in einen geschlossenen Metall-Schaltschrank einzubauen. Falls der PC außerhalb des Schaltschranks steht, sollte er nicht an einer weit entfernten Steckdose mit Strom versorgt werden, sondern über das gleiche Netzkabel wie das Netzteil der Steuerung.
5. **Abschirmung:** Falls empfindliche Signale außerhalb des Schaltschranks durch die Maschine geführt werden müssen (z.B. Schritt/Richtungssignale bei JLC-Servos), muss abgeschirmtes Kabel mit paarweise verdrehten Adern verwendet werden. Den **Schirm immer beidseitig**, so kurz wie möglich und großflächig kontaktieren. End- und Referenzschaltersignale müssen nicht unbedingt geschirmt sein, weil 24V-Signale ausreichend störsicher sind, und ihr Zustand nicht relevant ist, solange der Brenner in Betrieb ist.
6. **Stromkreise trennen:** Der Schneidstrom darf nur von der Stromquelle über das Schlauchpaket zum Brenner, durch das Werkstück und über die Masse-Klemme wieder zurück zur Stromquelle fließen. Die einzige Verbindung zwischen Schneidstromkreis und anderen Stromkreisen darf die Erdung des Werkstücks am Maschinengestell sein. Der Anschluss der Masse-Klemme an der Stromquelle darf nicht geerdet sein. Auf keinen Fall darf Schneidstrom über Kabel-Abschirmungen oder sonstige Verbindungen abfließen. Das Analogsignal der Lichtbogenspannung führt hohe Spannung (bis 300V!), wenn die Stromquelle keinen eingebauten Verteiler besitzt. Es muss ausreichend isoliert sein und darf nicht parallel zu empfindlichen Signalen verlegt werden.

2 Installation der Hardware

2.1 Sicherheitshinweise

Die Erweiterungsplatine darf nur von qualifiziertem Fachpersonal installiert und in Betrieb genommen werden. Lesen sie bitte die Bedienungsanleitung sorgfältig durch und beachten Sie alle Anweisungen genau. Eine unsachgemäße Installation oder Bedienung des Geräts kann zu Beschädigungen der Elektronik oder der Maschine führen und Gefahren für die Gesundheit des Bedienungspersonals zur Folge haben.



Achtung, Gefahr von elektrischem Schlag. Im Fall von unsachgemäßer Installation, Verdrahtungsfehlern oder Beschädigung der Isolation können **lebensgefährliche Spannungen** auftreten. Achtung, schauen Sie nicht ohne geeignete **Schutzbrille** in den Lichtbogen. Die schädliche UV-Strahlung kann zu **Augenschäden** und zu **Erbblindung** führen. **Brandgefahr** – Lichtbogen und Schneidkanten werden >1000°C heiß, und es können Funken und Tropfen flüssigen Metalls umherfliegen. Bei Schäden an den Kabeln können Kabelbrände entstehen.

Abhängig vom Gefahrenpotential der Maschine sind eventuell zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen erforderlich, wie z.B. Türverriegelung und Stillstandsüberwachung. In der Regel müssen solche Sicherheitsfunktionen mit externen Schaltungen rein elektromechanisch realisiert werden (nicht im Lieferumfang) und dürfen nicht allein von Software und PC-Hardware abhängig sein. Der Anlagenhersteller, der die Interface-Platine und andere Komponenten zur Gesamtanlage zusammenbaut, und der Anlagenbetreiber sind für die Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften verantwortlich.

2.2 Anschlüsse

(Falls nichts anderes angegeben ist, sind die Pins der Klemmen von links nach rechts bzw. von oben nach unten nummeriert.)

Analogeingang (Klemme X2 oben links)

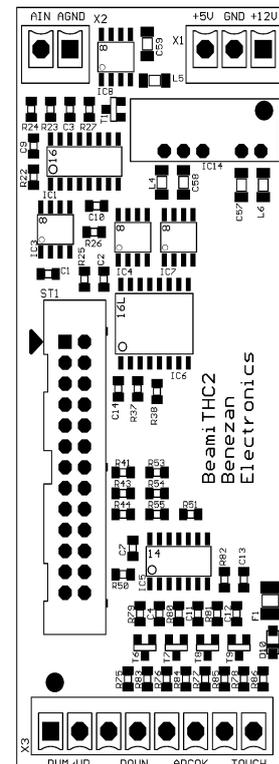
Nr.	Beschreibung
1	negativer Eingang (mit Teiler)
2	Signalmasse
3	Eingang 0..10V (ohne Teiler)
4	positiver Eingang 0..250V

Versorgungsspannung (Klemme X1 oben rechts)

Nr.	Beschreibung
1	+5V Eingang
2	0V Masse
3	+12..24V Eingang

Digitaleinänge (Klemme X3 unten)

Pin Nr.	Belegung
1	12-24V Versorgung für Schalter
2	Signaleingang 1 (Up)
3	12-24V Versorgung für Schalter
4	Signaleingang 2 (Down)
5	12-24V Versorgung für Schalter
6	Signaleingang 3 (Arc Ok)
7	12-24V Versorgung für Schalter
8	Signaleingang 4 (Touch)



Am Anschluss ST1 (Stiftleiste, links) wird das Flachbandkabel zum zweiten Port des CncPods angeschlossen.

2.3 Spannungsversorgung

Das Erweiterungsmodul benötigt zwei Betriebsspannungen +5V und +12V, die vom Breakoutboard zugeführt werden können. Achtung, der 5V-Eingang ist nicht gegen Verpolung und Überspannung geschützt. Das Anlegen einer falschen Spannung kann zu Schäden an der Elektronik führen. Die 5V-Versorgung wird für die internen Logikschaltungen verwendet. Die 12V-Versorgung wird ausschließlich für die an den Digitaleingängen angeschlossenen Schalter oder Sensoren benötigt. Falls z.B. induktive Sensoren verwendet werden, kann alternativ auch +24V angeschlossen werden.

2.4 Anschluss von Aktoren

Das Erweiterungsboard besitzt selbst keine Ausgänge für den Anschluss von Aktoren. Für das Einschalten des Lichtbogens und ein weiteres Signal (z.B. Sperrluft oder Gasventil) können die Relaisausgänge des Breakoutboards verwendet werden. Falls noch mehr Ausgänge benötigt werden, kann ein zusätzliches IO-Modul über einen Netzwerk-Switch angeschlossen werden.

2.5 Anschluss von Sensoren

Mechanische Schalter oder Relais-Schaltkontakte (Öffner oder Schließer) können direkt an die Digitaleingänge angeschlossen werden, z.B. an Klemme X3.1, X3.2.

Bei Verwendung von induktiven Näherungsschaltern muss die positive Versorgung (braun) an X3.1 (bzw. X3.3 usw.) angeschlossen werden, das Schaltsignal (schwarz) an X3.2 und die negative Versorgung (blau) über eine extra Klemme mit der Netzteil-Masse verbunden werden. Die Versorgungsspannung (X1.3) muss dann so gewählt werden, wie vom Näherungsschalter gefordert (12 oder 24V).

3 Konfiguration der Software

Die Zuordnung der Ein- und Ausgänge erfolgt in der Beamicon2-Software. Die Installation und Bedienung der Software sowie die Einstellung der Maschinenparameter ist in den Handbüchern zur Beamicon2-Software ausführlich beschrieben. Deshalb wird hier nur auf die Besonderheiten des Erweiterungsmoduls eingegangen.

Zum Plasmaschneiden müssen folgende Einstellungen gemacht werden:

- Der Maschinentyp (Konfiguration -> Maschine, Seite „Allgemein“) muss auf „Plasmaschneidmaschine“ gesetzt werden.
- THC Spannungsteiler (Seite „Spezial“) entsprechend dem Teilverhältnis der Lichtbogen-Spannung zur Eingangsspannung am Analogeingang gesetzt werden. Wenn z.B. 100V Lichtbogen-Spannung einer Eingangsspannung von 4V entsprechen, dann muss als Teiler $100/4 = 25$ eingetragen werden. Der eingebaute Teiler des Moduls hat ebenfalls einen Faktor von 1:25.
- THC Verstärkung bestimmt die Reaktionsgeschwindigkeit des Höhenreglers. Ein Wert von 1mm/Vs bewirkt, dass pro Volt (Lichtbogen-Spannung) Abweichung von Soll- zum Istwert die Z-Achse mit einer Geschwindigkeit von 1mm/s nachgeregelt wird.
- Falls die Stromquelle kein „ArcGood“-Signal zur Verfügung stellt, muss mit minimaler und maximaler Spannung ein Fenster für den gültigen Bereich der Lichtbogen-Spannung definiert werden.
- Der Totbereich gibt ein Toleranzfeld vor. Ist die Abweichung zum Sollwert kleiner, erfolgt keine Nachregelung. Dies verringert Zitterbewegungen der Z-Achse bei verrauschtem Spannungssignal.
- Die Macros M3 und M5 müssen so geändert werden, dass die Stromquelle und der Höhenregler an- und abgeschaltet werden. (Siehe Kapitel „Macros“, unten)

Parameter	Value	Unit
THC Spannungsteiler 1/	25.0	
THC Verstärkung	5.0	mm/Vs
Benutze min/max Spannung anstatt ArcGood-Signal	<input checked="" type="checkbox"/>	
THC min. Spannung	50.0	V
THC max. Spannung	150.0	V
THC Totbereich	1.0	V
Z Jog-Geschwindigkeit	5.0	mm/s
Auto volt activation	manuell	

- Die für die Höhenregelung benötigten Signaleingänge müssen den entsprechenden Pins des CncPods zugewiesen werden (Seite „Ein-/Ausgänge“). Die Zuordnung der Signale zu den Pins (Klemmen) ist frei. Die Belegung in Klammern ist lediglich ein Vorschlag.

Am einfachsten ist es, die Datei „Plasma_THC.ini“ mit der Funktion „Datei -> Einstellungen importieren“ zu importieren. Damit werden alle für das Plasmaschneiden benötigten Parameter und Macros auf voreingestellte Standardwerte gesetzt. Danach ist nur noch eine Feinjustage z.B. der THC-Verstärkung nötig.

Zuordnung der Signale des CncPods:

Signal Beschreibung	Pin Nr.
Digitaleingang Nr. 1 (Korrektur Z-Höhe aufwärts)	LPT2 Pin 8
Digitaleingang Nr. 2 (Korrektur Z-Höhe abwärts)	LPT2 Pin 9
Digitaleingang Nr. 3 (arc OK, Lichtbogen gezündet)	LPT2 Pin 12
Digitaleingang Nr. 4 (touch, Antasten der Z-Höhe)	LPT2 Pin 13

3.1 Macros

Die M3- und M5-Macros bestimmen das Verhalten der Steuerung beim An- und Abschalten des Brenners. Bei dem unten aufgeführten Standard-Macro wird auf Einstechhöhe gefahren (pierce height), der Ausgang für die Stromquelle eingeschaltet, auf das OK-Signal nach Zünden des Lichtbogens gewartet (arc OK), eine zusätzliche, wählbare Einstechverzögerungszeit gewartet (pierce delay), auf Schneidhöhe gefahren (cut height), und schließlich der Höhenregler eingeschaltet.

Wenn es gewünscht wird, kann das Macro um zusätzliche Features erweitert werden. Z.B. können Gasventile für Sperrluft, Spül- und Schneidgas eingeschaltet werden. Die Programmierung der Macrosprache ist im Beamicon2-Referenzhandbuch erklärt. Wenn Sie nur die Standardfunktionen benötigen, müssen Sie aber nicht programmieren können. Beim Importieren der Datei „Plasma_THC.ini“ werden auch die Standard-Macros mit installiert.

M3: Plasma einschalten

```
#NAME M3.txt #LABEL "Plasma torch ON"
```

```
Parameters:
```

```
P = pierce height
```

```
H = pierce delay
```

```
R = cut height
```

```
#I57 (arc good)
```

```
%
```

```
PRINT "Plasma on, pierce delay=";H
```

```
G0 Z=P
```

```
#O3=1 (Relay output on)
```

```
#0=H
```

```
G4 H2 UNTIL #I57=1
```

```
IF #I57=0 THEN
```

```
    PRINT "ArcOk signal timeout"
```

```
    M2
```

```
ENDIF
```

```
G4 H=#0
```

```
G0 Z=R
```

```
M46 (THC on)
```

```
RETURN
```

```
Simulation:
```

```
PRINT "Plasma on, pierce delay=";H
```

```
G0 Z=P
```

```
#O3=1
```

```
G4
```

```
G0 Z=R
```

```
M46 (THC on)
```

```
RETURN
```

M5: Plasma ausschalten

```
#NAME M5.txt #LABEL "Plasma torch OFF"  
%  
M47 (THC off)  
#O3=0 ( Relay output off)  
PRINT "Plasma off"  
RETURN
```

Simulation:

```
M47  
#O3=0  
PRINT "Plasma off"  
RETURN
```

G79: Materialhöhe messen

```
#NAME G79.txt #LABEL "Plasma torch auto-level"  
#952 (approach speed)  
#953 (offset Z)  
#977 (Z lower limit)  
#156 (float switch, torch tip touches surface)  
#157 (arc good signal)  
%  
PRINT "Torch auto Z-level"  
#1=#909 (Nullpunkt G53..G59 merken)  
#2=1  
#3=Z  
G53 G49 G21 G90  
G1 Z=#977 F=#952 UNTIL #156=1  
IF #156=0 THEN  
  PRINT "probe switch not triggered"  
  #2=0  
ENDIF  
G1 Z=Z+5 F=#952/4 UNTIL #156=0  
IF #156=1 THEN  
  PRINT "probe switch not released"  
  #2=0  
ENDIF  
#0=Z  
#909=#1 (restore previous offset)  
IF #2=0 THEN  
  G0 Z=#3  
  M2  
ENDIF  
#902=#0+#953 (compensate switch offset)  
L53 (store G54 offset)  
RETURN
```

Simulation:

```
PRINT "Torch auto Z-level (simulation)"  
G0 Z0  
RETURN
```

4 Bedienung

Für ein optimales Schnittergebnis müssen folgende Parameter angepasst werden:

- Schneidstrom: Wird an der Stromquelle eingestellt und ist abhängig von der gewählten Düse und der Materialart und -Dicke.
- Gasdruck bzw. Durchflussrate: Wird am Druckregler an der Stromquelle eingestellt und ist abhängig von der gewählten Düse und der Materialart und -Dicke.
- Vorschubgeschwindigkeit: Wird im CAM-Programm eingegeben und ist ebenfalls abhängig von Düse und Material. (Kann während dem Schnitt nachgeregelt werden.)
- Einstech-Höhe: Höhe der Düse über dem Material während des Einstechens (Pierce height). Diese ist etwas höher als die Schneid-Höhe, damit zurück spritzende Metall- und Schlacke-Tropfen nicht die Düse treffen.
- Einstech-Verzögerung: Wartezeit während der die Düse am Einstechpunkt still steht, bevor mit der eigentlichen Schneidbewegung begonnen wird. Diese muss so gewählt werden, dass der Plasmastrahl das Material vollständig durchdrungen hat, jedoch auch nicht zu lange, sonst entstehen unnötig große Brandlöcher.
- Schneid-Höhe: Höhe der Düse über dem Material während der Vorschubbewegung, also dem eigentlichen Schneidvorgang. Bei eingeschalteter Höhenregelung gibt die Schneid-Höhe nur den Anfangswert vor. Die tatsächliche Höhe, bei der sich die Z-Achse später einregelt, ergibt sich dann aus der Elektrodenspannung.
- Elektrodenspannung: Sollwert der Lichtbogenspannung. (Kann während dem Schnitt nachgeregelt werden.) Bei eingeschaltetem Höhenregler wird die Höhe der Düse so geregelt, dass Soll- und Istwert möglichst übereinstimmen.

Vorschubgeschwindigkeit und Elektrodenspannung können während des Schneidvorgangs nachgeregelt werden. Dies ist am Anfang erforderlich, wenn die optimalen Schnittwerte noch nicht bekannt sind. Es kann jedoch auch eine spätere Nachregelung erforderlich sein, um z.B. geänderte Umweltbedingungen (Temperatur, Gasqualität) oder auch Abnutzung von Elektrode und Düse auszugleichen. Alle anderen Parameter (Schneidstrom, Gasdruck, Einstech-Höhe und -Verzögerung) müssen vor dem Start des Programms eingestellt werden.

4.1 Ermittlung der Anfangsparameter

Die optimalen Schnittparameter sind nicht nur vom Material abhängig, sondern auch sehr stark vom verwendeten Brenner und der Stromquelle. Deshalb können nur ungefähre Empfehlungen angegeben werden, und die genauen Werte müssen durch Experimente ermittelt werden. Die folgende Tabelle kann als grobe Orientierung dienen, falls der Hersteller keine Vorgaben mitliefert. Sie gilt für unlegierten Stahl oder Aluminium. Für hochlegierten Stahl muss der Vorschub auf etwa 70% reduziert werden.

Materialdicke (mm)	Strom (A)	Einstech-Höhe (mm)	Einstech-Verzögerung (s)	Schneid-Höhe (mm)	Vorschub (mm/min)
1,0	30	3,5	0,2	1,5	5000
1,5	40	3,5	0,3	1,5	5000
2,0	40	3,5	0,4	1,5	5000
3,0	50	3,5	0,5	1,5	5000
4,0	50	3,5	0,6	1,5	4000
6,0	60	4,0	0,7	1,5	2500
10	60	4,5	1,0	1,5	1100
15	80	6,0	1,5	1,5	800
20	100	Kantenstart / vorbohren	0	1,5	450

Da man wegen der vielen Parameter auch viele Fehler machen kann, und die Höhenregelung am Anfang unter Umständen nicht richtig funktioniert, wird empfohlen, bei jeder neuen Material-Art und -Dicke zuerst einmal

einen Probeschnitt ohne Höhenregelung durchzuführen. Damit wird vermieden, dass bei zu kleiner oder zu großem Elektrodenspannungs-Sollwert die Z-Achse unkontrolliert immer weiter nach unten oder oben fährt, und die Düse auf dem Material schleift oder der Lichtbogen bei zu großem Abstand abreißt.

Antasten der Materialhöhe

Um die Parameter überhaupt richtig einstellen zu können, muss zunächst sichergestellt werden, dass das Antasten der Materialoberfläche richtig funktioniert, und die Angezeigte Z-Höhe auch dem tatsächlichen Abstand der Düse zur Materialoberfläche entspricht. Starten Sie dazu ein beliebiges CNC-Programm (z.B. das unten gezeigte Programm für den Probeschnitt), lassen die Stromquelle dabei aber ausgeschaltet. Das Programm bricht beim ersten Einstechvorgang dann mit einer Fehlermeldung ab (Brenner zündet nicht). Die Höhen-Antastung wird aber davor ausgeführt. Vergleichen Sie die angezeigte Z-Koordinate mit dem tatsächlichen Abstand der Düse zum Material. Korrigieren Sie falls nötig den Parameter #953 „Werkzeuglängentaster Höhe für Z0-Ermittlung“ (im Konfigurations-Dialog – Maschine – Macros) entsprechend, bis der angezeigte Z-Wert und der Abstand übereinstimmen.

Probeschnitte ohne Höhenregelung

Bei einem einzelnen, geraden Schnitt mit z.B. 100mm Länge kann die Durchbiegung des Materials zuerst einmal vernachlässigt werden. Stellen Sie zuerst die vom Hersteller des Brenners vorgeschlagenen Parameter ein. Führen Sie dann einige Probeschnitte durch und passen die Parameter ggf. entsprechend der unten stehenden Tabelle an, bis ein einwandfreier Schnitt erreicht wird.

Beispielprogramm für Probeschnitt

```
%
G54
G0 X0 Y0 Z50
G79 (Z0 = Materialoberkante antasten)
M3 P=5.0 H2.5 R1.5 (Brenner AN)
(P=Einstechhöhe, H=Einstechverzögerung, R=Schneidhöhe)
G1 X100 F2000 (gerader Schnitt 100mm, Vorschub 2m/min)
M5 (Brenner AUS)
G0 Z50
M30
```

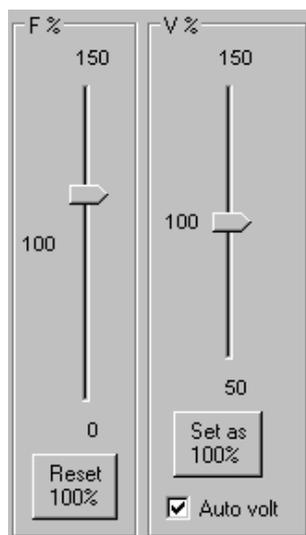
Tipps und Fehlerbehebung

Symptom	Ursache / Abhilfe
starker Funkenflug nach oben, Material nicht ganz durchgeschnitten	Strom zu klein, Vorschub zu hoch
Schnitt zu breit oder nach unten offene, schräge Schnittkanten („A“-Spalt)	Strom zu hoch, Vorschub zu klein
Nach oben offene, schräge Schnittkanten („V“-Spalt)	Strom zu klein, Vorschub zu hoch
Schnitt ungleichmäßig, schräg oder trotz korrekter Parameter nicht ganz durch geschnitten	Düse oder Elektrode verschlissen, Gasdruck zu niedrig
großes Brandloch beim Einstechpunkt	Einstechverzögerung zu groß
am Schnitt-Anfang nicht ganz durchgeschnitten	Einstechverzögerung zu klein
Düse streift am Material	mit THC: Elektrodenspannung zu klein ohne THC: Korrekturparameter (#953) für Höhentaster nicht oder zu klein eingestellt
Düsenabstand zu groß	mit THC: Elektrodenspannung zu groß ohne THC: Korrekturparameter (#953) für Höhentaster zu groß eingestellt

Symptom	Ursache / Abhilfe
Düse fährt nach oben, Lichtbogen reißt ab	Elektroden(soll-)spannung zu groß, Stecker für Elektrodenspannung nicht angeschlossen
Lichtbogen reißt gelegentlich ab trotz funktionierender Höhenregelung	bereits ausgeschnittene Löcher werden überfahren, Kontaktprobleme (Masseklemme?), Verschmutzung oder Beschichtung (Lack, Schlacke, Eloxalschicht?)
Lichtbogen zündet nicht	Kontaktprobleme oder Verschmutzung (Öl?), Einstechhöhe zu groß
Schlacke oder Metallspritzer auf der Oberseite	Schneidhöhe bzw. Elektrodenspannung zu hoch
kleiner, scharfer Grat an der Unterseite, gebogene, schiefe Maserung an der Schneidkante	Vorschub zu hoch
dicke Schlacketrophen an der Unterseite ²	Vorschub oder Elektrodenspannung zu klein

4.2 Arbeiten mit Höhenregler

Wenn Sie alle Einstellungen für eine bestimmte Materialart und -Dicke ermittelt haben, können Sie mit Höhenregler arbeiten. CAM-Software, die Plasmaschneiden unterstützt, bietet die Möglichkeit, die Schnittparameter in einer Liste („Werkzeug“- oder Material-Liste) einzutragen. So können die einmal ermittelten Werte später bequem ausgewählt werden, ohne sie sich alle merken zu müssen.

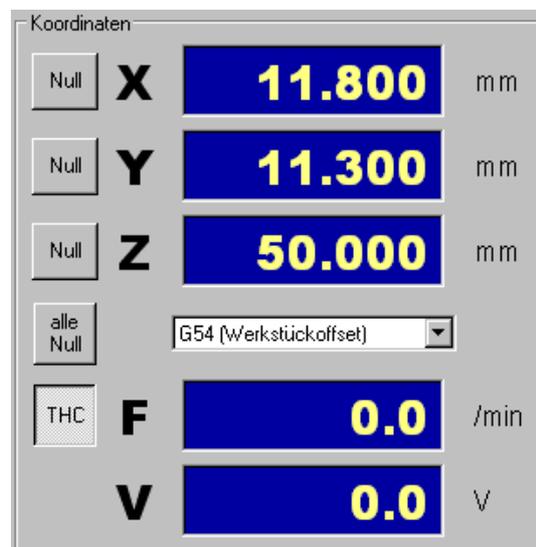


Die Beamicon2-Steuerung merkt sich immer die zuletzt verwendete Soll-Elektrodenspannung. Diese muss deshalb nicht im NC-Programm oder per Tastatur eingegeben werden. Stattdessen muss immer dann, wenn auf einen neuen Material-Typ gewechselt wird, oder Verschleißteile gewechselt wurden, die Option „Auto-Volt“ angeschaltet werden (Siehe Bild links, Checkbox unten). Dies bewirkt, dass zu Beginn des nächsten Schnitts, genauer gesagt nach der Beschleunigungsrampe nach dem ersten Einstechen, die aktuelle Elektrodenspannung gemessen wird und als neue Soll-Spannung verwendet wird. Dieser Sollwert wird dann für alle weiteren Schnitte verwendet, solange er nicht mit dem Schieberegler nachgeregelt wird, oder erneut die Auto-Volt Option aktiviert wird.

Wenn der Höhenregler verwendet werden soll, wird dieser am besten vor dem Programmstart mit dem „THC“-Button unten links in der Koordinaten-Anzeige aktiviert (siehe Bild rechts). Der Höhen-

regler kann auch während einem laufenden Programm ein- oder ausgeschaltet werden. Dies sollte jedoch nur zu Testzwecken und mit Vorsicht benutzt werden, weil man u.U. Kollisionen riskiert, wenn das Material Unebenheiten aufweist.

Zur Feinjustage des Düsenabstands kann bei eingeschaltetem THC der Schieberegler (V%, siehe Bild oben links) verwendet werden. Die Soll-Spannung kann damit zwischen 50 und 150% des mit Auto-Volt ermittelten Werts verändert werden. Der Button „Setze als 100%“ speichert die aktuelle Einstellung und setzt den Schieberegler wieder auf Mittelstellung zurück. Der gespeicherte Wert für die Soll-Spannung bleibt auch bei Neustart der Software erhalten, bis er mit der Auto-Volt-Option wieder neu ermittelt oder mit dem Schieberegler erneut geändert wird.



² Bei Aluminium ist etwas geschmolzenes Material an der Unterseite normal, es sollte sich aber leicht entfernen lassen.

Zusammenfassung

Typischer Arbeitsablauf:

- Auswahl der Schneidparameter aus Werkzeug- oder Materialtabelle im CAM-Programm
- Erzeugung des NC-Codes und laden in Beamicon2-Software
- Einstellen der Werte an der Stromquelle, die nicht mit der Software beeinflusst werden können (Schneidstrom, Gasdruck...)
- Material auflegen, Nullpunkt für XY setzen
- „THC“-Button einschalten (falls noch nicht geschehen)
- „Auto-Volt“ aktivieren (nur beim ersten mal)
- Programm starten
- Falls erforderlich Düsenabstand mit Schieberegler nachregulieren

Tipps

Handrad: Da das Bedienen des Schieberegler mit der Maus und das gleichzeitige Betrachten des Schneidvorgangs (Schutzbrille!) sehr unbequem ist, können auch Hotkeys („THC nachreglen +/-“) oder ein Handrad verwendet werden. Die Spannungs-Nachregelung ersetzt dabei den Spindeldrehzahl-Override-Funktion des Handrads.

AutoVolt: Wer vergesslich ist, und das Einschalten der „Auto Volt“-Option gerne vergisst, kann die Aktivierung in Konfiguration -> Maschine -> Spezial -> Plasmaschneiden auch von „manuell“ auf „erster Schnitt“ oder „immer“ stellen. Der Nachteil ist dann aber, dass die Nachregulierung des Düsenabstands mit dem Schieberegler nicht gespeichert wird, bzw. immer wieder von der nächsten, automatischen Messung überschrieben wird.

Reaktionsgeschwindigkeit: Mit den Standardwerten ist die Regelung (THC Verstärkung) relativ träge eingestellt, damit sie auf allen Maschinen ohne Probleme (Überschwingen) funktioniert. Dies ist in den meisten Fällen ausreichend, wenn nur geringe und langsame Wölbungen des Blechs ausgeglichen werden müssen. Der Regler kann jedoch bei Bedarf auch erheblich reaktionsschneller eingestellt werden, so dass sogar Wellblech geschnitten werden kann, oder auf plötzliches, sprunghaftes „Aufploppen“ des Blechs reagiert werden kann. Dazu ist aber eine schnelle Z-Achse (Servos oder hohe Steigung) und etwas Fingerspitzengefühl bei der Parametereinstellung erforderlich.

Man kann die Verstärkung erhöhen, bis die Reaktionsgeschwindigkeit zufriedenstellend ist. Bei zu hohen Werten können jedoch Schwingungen auftreten. Eine gleichmäßige, wellenförmige Schwingung weist auf einen generell zu hohen Verstärkungsfaktor hin. Unregelmäßiges Zittern kann von Schwankungen der Spannungsmessung (Rauschen) verursacht werden. Dem kann durch geringfügiges Erhöhen des „Totbereichs“ entgegen gewirkt werden.

5 Technische Daten

5.1 Absolute Grenzwerte

Folgende Parameter dürfen unter keinen Umständen überschritten werden, um eine Beschädigung des Geräts zu verhindern:

Parameter	min.	max.	Einheit
Betriebsspannung +5V	-0,5	+6,0	V
Betriebsspannung +12V	-40	+40	V
Lagertemperatur	-40	+70	°C
Betriebstemperatur	0	+70	°C
Spannung an Digitaleingängen	-40	+40	V
Spannung zwischen Analogeingang Masse und Versorgung Masse (Potentialtrennung)	-1000	+1000	V
Spannung am Analogeingang (0..10V ohne Teiler)	-40	+40	V
Spannung am Analogeingang (0..250V mit Teiler)	-1000	+1000	V

5.2 Elektrische Anschlußwerte:

Parameter	min.	max.	Einheit
Betriebsspannung (nominal 5V)	+4,5	+5,5	V
Betriebsspannung (nominal 12V)	+10	+36	V
Leistungsaufnahme (ohne externe Verbraucher)	0,1	0,5	W
Umgebungstemperatur	0	+50	°C
Pegel für logisch 0 an Eingängen	-0,5	+5	V
Pegel für logisch 1 an Eingängen	8,0	36	V
Stromaufnahme an Eingängen bei 24V	3	5	mA
Spannungsbereich Analogeingang (ohne Teiler)	0	10	V
Spannungsbereich Analogeingang (mit Teiler)	0	250	V
Analogeingang Linearitätsabweichung	-1	+1	%
Messfehler (Offset + Verstärkungsfaktor)	-4	+4	%

5.3 Abmessungen:

Beschreibung	Breite	Länge	Höhe	Einheit
Abmessung der Platine ohne Stecker	36	93	20	mm
Abmessungen mit Stecker und Gehäuse	39	100	55	mm