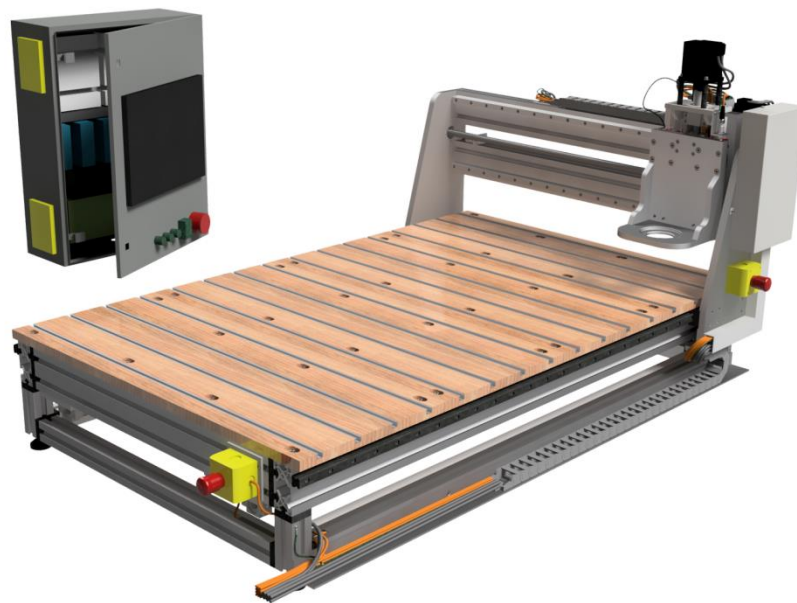


Eigenbau CNC-Portalfräse

Dokumentation



Ein kompaktes und leichtes 3-Achsen-CNC-Portal für die Holz- und
Kunststoffbearbeitung

Ausschlussklausel

Die hier gezeigte Selbstbaumaschine ist kein Spielzeug. Bei unsachgemäßem Zusammenbau oder Bedienung können schwerste Verletzungen und Sachschäden entstehen. Das Arbeiten an stromführenden Komponenten darf nur von fachkundigen, dafür ausgebildeten Personen erfolgen. Ich übernehme für Sach- und Personenschäden keinerlei Haftung! Die Zeichnungen und das 3D-Modell wurden im Besten Wissen und Gewissen erstellt, dennoch übernehme ich keine Garantie auf Richtigkeit und Vollständigkeit.

Inhaltsverzeichnis

Ausschlussklausel.....	2
Inhaltsverzeichnis	3
Abbildungsverzeichnis.....	5
1 Intention.....	8
2 Technische Daten	12
3 Werkzeug und Verbrauchsmaterial	13
4 Aufbau der Konstruktion, Zeichnungen und Stückliste	14
5 Mechanische Auslegung	19
5.1 Auslegung der Zahnriemem der X- und Y-Achse	19
5.2 Kugelumlaufspindeln	21
5.3 Profilschienenführungen	24
5.4 Bezugsquellen	28
6 Spezielle Hinweise zu den einzelnen Baugruppen	31
6.1 Grundgestell.....	31
6.2 Y-Achse.....	35
6.3 Z-Achse.....	36
7 Auslegung Elektro-Komponenten	38
7.1 Kabel und Verlegung	38
7.2 Schaltschrank	40
7.3 Initiatoren als Endschalter und für die Referenzfahrt	45

7.4	Motoren und Endstufen	47
7.5	Steuerung CSMIO IP/S	51
7.6	Handrad und MPG-Modul	53
7.7	Bezugsquellen	55
8	Sicherheit: Not-Aus-Schalter – Schutzabdeckungen	58
9	Konfiguration Mach4 und CSMIO	61
10	Bedienung.....	69
10.1	Mach4	69
10.2	G-Code-Erstellung/ CAM-Programm	71
10.3	Aufspannen von Werkstücken.....	75
10.4	Werkzeu glängentaster.....	76
10.5	Antasten von Werkstücken.....	77
10.6	Fräsparameter	78
10.7	Absaugung	81
11	Einstell- und Wartungsarbeiten	82
11.1	Einstellen der Riemenspannung	82
11.2	Einstellen des Portals – Diagonalmethode.....	85
11.3	Anzugsmomente	88
11.4	Schmier en	89
11.5	Austausch der Kugellager	90
12	Mögliche Erweiterungen	92

Abbildungsverzeichnis

Bild 1: 3D-Modell der Fräse	14
Bild 2: Zeichnungen im Ordner	15
Bild 3: Zusammenbauzeichnung Z-Achse	16
Bild 4: CAD-Modell Datei	16
Bild 5: Materialangabe auf Zeichnung	17
Bild 6: Ordnerpfad Stückliste	18
Bild 7: Stückliste Reiter "Ebenen"	18
Bild 8: Auslegung Zahnriemen X-Achse	19
Bild 9: Vorrichtung zum Demontieren des Zahnriemenrads	20
Bild 10: Aufbau einer Kugelumlaufspindel	21
Bild 11: Lagermutter	23
Bild 12: Max. zulässige Kräfte an Profilschienenführungen der Fa. Rollon	25
Bild 13: Anschlagflächen bei Profilschienenführungen der Fa. Rollon	26
Bild 14: Anschlagfläche bei der Profilschienenführung der Z-Achse	26
Bild 15: Abdeckkappen Profilschienenführung	27
Bild 16: Umlenk- und Laufrollen für HTD5 Aliexpress	28
Bild 17: Kugelumlaufspindel in Aliexpress	29
Bild 18: Gebrauchte Profilschienenführung in Ebay	30
Bild 19: CAD-Modell Grundgestell - Nutbreite in Profil	31
Bild 20: Schematischer Zusammenbau des Profils	31
Bild 21: Fühlerlehrenband	32
Bild 22: Parallelmaß Grundgestell	33
Bild 23: Messung des Höhenmaß Grundgestell	34
Bild 24: Y-Achse	35
Bild 25: Ausschnitt aus Zeichnung der Querstreben	35
Bild 26: Z-Achse	36

Bild 27: Kabelführung Z-Achse	36
Bild 28: Größe Eurohalsaufnahme	37
Bild 29: Biegeradien bei der Kabelverlegung	38
Bild 30: Abdeckprofil	39
Bild 31: Erdungspunkt	39
Bild 32: Schaltschrank an Wand montiert	40
Bild 33: Schaltschrank von Innen	41
Bild 34: Erdungspunkte im Schaltschrank	43
Bild 35: Kabelschirm	44
Bild 36: Erdung an Endstufen und Signalkabeln	44
Bild 37: Initiator für Endanschlag und Referenzierung	45
Bild 38: Datenblatt des Motors	47
Bild 39: Maßzeichnung Motor	48
Bild 40: Drehmomentkurven	48
Bild 41: Berechnungsprogramm Stepper-Calculator	50
Bild 42: Steuerung fertig angeschlossen im Schaltschrank	51
Bild 43: Übersicht der Anschlüsse an der CSMIO IP/S	52
Bild 44: Handrad und MPG-Modul	53
Bild 45: Anschlussschema Handrad	54
Bild 46: Handradanschluß	54
Bild 47: 48V DC-Netzteil in Aliexpress	55
Bild 48: Motor mit Endstufe sowie Encoder Kabel in Aliexpress	56
Bild 49: Handrad in Aliexpress	57
Bild 50: Not-Aus Schema	59
Bild 51: Schutzabdeckungen der Zahnriemen	60
Bild 52: Schutzabdeckung als Blechbiegeteil für Y-Achse	60
Bild 53: Einstellungen in der CSMIO	62
Bild 54: Reiter "Defaults"	62

Bild 55: Reiter "General"	63
Bild 56: Reiter "Plugins"	63
Bild 57: Motorkonfiguration X-Achse	64
Bild 58: Motorkonfiguration Y-Achse	64
Bild 59: Motorkonfiguration Z-Achse	64
Bild 60: Reiter "Axis Mapping"	65
Bild 61: Reiter "Homing/ Soft Limits"	65
Bild 62: Reiter "MPGs"	67
Bild 63: Reiter "Tools"	68
Bild 64: Vergleich Gleichlauf/ Gegenlauf Fa. Sorotec	73
Bild 65: Vorschubreduzierung	74
Bild 66: 3D- Kantentaster von Fa. Tschorn	77
Bild 67: Spiralnutfräser Vollhartmetall	78
Bild 68: VHM-1-Schneider für die Kunststoffbearbeitung.....	79
Bild 69: Absaugung von Fa. Stepcraft	81
Bild 70: Zahnriemen gespannt Y-Achse	82
Bild 71: Spanneinheit X-Achse	83
Bild 72: Gespannter Zahnriemen X-Achse	83
Bild 73: Portal-Ausrichtung	85
Bild 74: Fräsen der Diagonalen	86
Bild 75: Verstellung des Festlagers Kugelumlaufspindel	87
Bild 76: Schraubendrehmomente	88
Bild 77: Handhebelfettpresse	89
Bild 78: Ersatzspindelmutter.....	91
Bild 79: Ersatz für Fest-/ Loslager	91
Bild 80: Verlängerte Aufnahme für Oberfräse zu Stirnseitenbearbeitung.....	92

1 Intention

Es gibt mittlerweile zahlreiche Bauanleitungen und Beispiele von selbstgebaute CNC-Maschinen im Internet. Auch ich wurde davon inspiriert und möchte ein paar Tipps und meine Erfahrungen, welche ich durch meine selbstgebaute CNC-Fräse die letzten Jahre gewonnen habe, an Interessierte weitergeben.

Diese Dokumentation soll einen Einblick in die Welt der Selbstbau-CNC-Maschinen dienen und darüber hinaus die wesentlichen Merkmale der mechanischen und elektrischen Konstruktion, Sicherheitsaspekte und Erweiterungsmöglichkeiten vermitteln. Ihr könnt diese Dokumentation als Basis für euer Eigenbauprojekt verwenden, die Konstruktion anpassen, verändern oder sogar meine Maschine nachbauen. Hierfür gebe ich die Möglichkeit für Interessierte einen kompletten Zeichnungssatz im PDF-Format sowie das 3D-Modell als Step-Modell käuflich zu erwerben.

Vor dem Bau steht die Planung! Hierbei sollten u.a. folgende Fragen beantwortet werden:

Warum CNC?

Meine Intention für den Bau war die Herstellung einer Marmelbahn aus Holz. Ich bin schlicht gescheitert, mit der Kombination Oberfräse + Kopiering enge Kurven mit kleinen Radien herzustellen. In Wikipedia steht folgendes: „CNC-Maschinen (Computerized Numerical Control) sind Werkzeugmaschinen, die durch den Einsatz von Steuerungstechnik in der Lage sind, Werkstücke mit hoher Präzision auch für komplexe Formen automatisch herzustellen.“¹

¹ Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/CNC-Maschine>

Welche Materialien möchte ich fräsen?

Die zu fräsenden Materialien bestimmen letztlich die Konstruktion der Maschine. Wer wie ich "nur" Holz und Kunststoff bearbeiten möchte, wird vorrangig auf eine leichte Grundkonstruktion, z.B. aus Aluminium oder sogar Holz, gehen. Dies spart Kosten und kann mit „haushaltsüblichen“ Werkzeugen gebaut werden.

Wie genau möchte ich fräsen?

Es gilt: Umso massiver und schwerer die Konstruktion, umso genauer kann ich fräsen. Mit handelsüblichen Messmethoden (Messschieber) wird eine Genauigkeit von max. $\pm 0,05\text{mm}$ erreicht. Meine Maschine fräst mit einer Genauigkeit von $\pm 0,05\text{mm}$, wenn sie gut eingestellt ist. Dies ist für mich vollkommen ausreichend. Wer Metall mit Passungen etc. fräsen möchte, braucht eine wesentlich solidere Grundkonstruktion sowie eine feinere Mechanik, Antriebs- und Messtechnik. Dadurch wird die Maschine um ein Vielfaches teurer.

Wie schnell möchte ich fräsen?

Eine Grundkonstruktion aus Aluminium oder Holz ist nicht sehr verwindungssteif. Die auftretenden Beschleunigungen und die Fräskräfte müssen abgefangen werden, sodass hier keine sehr hohen Vorschübe möglich sind. Meine Maschine schafft mittlerweile aber $2000\text{mm}/\text{min}$, was doch relativ flott ist.

Welche Antriebstechnik?

Man kann entweder Schrittmotoren oder Servomotoren einsetzen. Ich habe mich für eine Mischung aus beiden entschieden, ein sogenanntes Closed-Loop-System. Hierbei wird über einen eingebauten Encoder die Position des Schrittmotors abgefragt. Dadurch wird gewährleistet, dass der Motor immer die geforderte Anzahl an Schritten macht. Bei einer falschen Anzahl Schritten kommt eine Fehlermeldung. Dies hat den Vorteil, dass man Schrittverluste erkennt. Bei konventionellen Schrittmotoren ohne

Encoder geht das nicht. Der Königsweg ist die Verwendung von Servomotoren, welche Schrittverluste selbständig korrigieren können. Diese sind aber wesentlich teurer.

Die höchstmögliche Genauigkeit erreicht man bei einem Direktantrieb der Achsen. Da dies konstruktiv nicht immer möglich ist, muss man entweder ein Getriebe verwenden oder wie bei mir mit Zahnriemen arbeiten. Auf meiner X-Achse befindet sich der Motor zentral und treibt über einen Zahnriemen zwei Kugelumlaufspindeln an. Aufgrund der Breite des Portals muss man hier mit zwei Spindeln arbeiten, sodass sich das Portal nicht verzieht.

Wie groß sind meine Werkstücke und wie viel Platz steht mir zur Verfügung?

Durch meinen begrenzten Platz in der Werkstatt waren auch die Abmessungen meiner Maschine begrenzt. Wichtig war für mich aber, Werkstücke mit 60cm Breite (Möbelmaß) bearbeiten zu können. Je nach Konstruktion der Maschine verliert man Bearbeitungsfläche durch das Portal, Z-Achse oder durch Aufspannflächen. Dies gilt es zu berücksichtigen:

Wie viele Achsen werden benötigt?

Ich habe aktuell drei Achsen mit Vorbereitung auf eine vierte Achse, eine sogenannte Drehachse. Dadurch kann man z.B. Gewinde auf einem Rundstab aufbringen. Die Konstruktion und Ausführung einer vierten oder fünften Achse sind technisch sehr kompliziert und teuer.

Welche Frässpindel?

Da ich schon eine gute Oberfräse mit zahlreichen Fräsern sowie Spannzangen hatte, wollte ich diese auch in die Maschine einbauen. Dies hat einen Kostenvorteil und außerdem habe ich gleich eine gute Absaugung.

Mittlerweile überlege ich aber auf eine konventionelle Spindel zu gehen, bei der man elektronisch die Drehzahl genau einstellen kann.

Wie hoch ist mein Budget?

Die Kostenübersicht für meine Maschine sieht wie folgt aus:

- Aluprofil: 1000€
- Profilschienenführungen: 1000€
- Gefräste Alu-Teile und andere Fertigungsteile: 2000€
- Kugelumlaufspindeln: 600€
- Schrauben und Montagematerial: 300€
- Motoren und Endstufen: 600€
- Steuerung: 650€
- Elektrobauteile, Kabel, Schaltschrank: 1000€
- Steuerungssoftware Mach4, PC und Monitor: 700€

In Summe ca. 8000€ Material und das obwohl ich einige No-name-Komponenten, wie z.B. die Kugelumlaufspindeln und deren Lager verbaut habe.

Hinzu kommen die Frässpindel, Konstruktions- und CAM-Software und unzählige Stunden für Zusammenbau und Einstellarbeiten.

Habe ich grundlegende Kenntnisse im Bereich Maschinenbau, Elektro- und Steuerungstechnik?

Durch mein technisches Studium und meine Konstruktionserfahrung hatte ich bereits einige Kenntnisse. Jedoch habe ich im Bereich Elektro- und Steuerungstechnik einiges dazu lernen müssen.

Erweiterbarkeit

Die Maschine eignet sich nicht nur für das Fräsen, man kann theoretisch auch einen Laser (zum Gravieren) oder einen 3D-Druckkopf einbauen. Es besteht auch die Möglichkeit, die Maschine auf eine vierte Achse zu erweitern. Durch diese sogenannte Drehachse könnte man z.B. Gewinde auf einen Rundstab fräsen.

2 Technische Daten

Länge: 1770mm Breite: 1160mm Höhe: 915mm

Gewicht Fräse: ca. 180kg

Gewicht Schaltschrank: ca. 20kg

Verfahrweg: X: 1340mm Y: 760mm Z: 139mm

Verfahrgeschwindigkeit: 2000mm/min

Genauigkeit: zwischen 0,05mm und 0,1mm

Grundgestell: Aluminiumprofil Robotunits

Restliche Teile: vorrangig Aluminium AlMg4 und Stahl

Kugelumlaufspindeln: Ø20mm Steigung 5mm

Profilschienenführung: Größe 25 HiWin und Rollon

Referenzschalter: IFM Initiatoren

Endanschlagschalter: IFM Initiatoren

Motoren: Closed Loop System von Leadshine

Steuerung: CSMIO IP/S und CSMIO MPG mit Handrad

Steuerungssoftware: Mach4 auf Windows7 PC