

# **CNC Eigenbau**

**Open Source Projekt, Version 1.0**

Alexander Frosinn,  
Dawid Konczak,  
Christopher Labisch,  
Alexander Lohberg

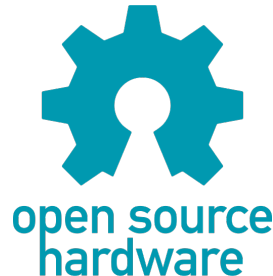
18.05.2017

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Open Hardware CNC-Maschinen</b>	<b>4</b>
1.1	Generelles . . . . .	4
1.2	Arcitype . . . . .	4
1.3	HomoFaciens CNC . . . . .	4
1.4	RepRap CNC . . . . .	4
1.5	MicroMill CNC . . . . .	5
<b>2</b>	<b>Projektmanagement</b>	<b>6</b>
2.1	Workshops . . . . .	6
2.1.1	1. CNC workshop – 11.06.2017 . . . . .	6
2.1.2	2. CNC workshop – 15.06.2017 . . . . .	6
2.2	Projektphasen . . . . .	7
2.2.1	Definition von Projektphasen und Meilensteinen . . . . .	7
2.2.2	Anforderungsprofil . . . . .	7
2.2.3	Recherche . . . . .	7
2.2.4	Konzeptionierung . . . . .	7
2.2.5	Preisvergleich . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Komponenten</b>	<b>8</b>
3.1	Koordinatentisch . . . . .	9
3.1.1	Aluminiumsystemprofile . . . . .	9
3.1.2	Tisch . . . . .	9
3.1.3	Werkstück-Befestigung . . . . .	9
3.1.4	Kühlmittel-Auffangbecken . . . . .	9
3.2	Antrieb . . . . .	9
3.2.1	Antriebswelle . . . . .	9
3.2.2	Antriebsmotoren . . . . .	9
3.3	Bürstenmotoren . . . . .	9
3.4	Schrittmotoren . . . . .	9
3.5	Werkzeug . . . . .	9
3.5.1	Werkzeugantrieb . . . . .	9
3.5.2	Bohrmaschine . . . . .	9
3.5.3	Bohrfutter . . . . .	9
3.5.4	Bohrer . . . . .	9
3.6	Gerüst . . . . .	9
3.6.1	L-Form . . . . .	9
3.6.2	C-Form . . . . .	9
3.6.3	Stahlprofile . . . . .	9
3.6.4	Schutz . . . . .	9
3.7	Kühlkreislauf . . . . .	9
3.7.1	Kühlmittel . . . . .	9
3.7.2	Schläuche . . . . .	9
3.7.3	Pumpe . . . . .	9
3.7.4	Filter . . . . .	9

3.8	Elektronik-Hardware . . . . .	9
3.8.1	Netzteil . . . . .	9
3.8.2	Kabel . . . . .	9
3.8.3	Kabelführung . . . . .	9
3.8.4	Display . . . . .	9
3.8.5	PC-Schnittstelle . . . . .	9
3.8.6	Microcontroller . . . . .	9
3.8.7	Treiber . . . . .	9
3.8.8	Relais . . . . .	9
3.9	Elektronik-Software . . . . .	9
3.9.1	Grbl – open-source CNC controller . . . . .	10
<b>4</b>	<b>Methoden</b>	<b>11</b>
4.1	Modellieren . . . . .	11
4.1.1	FreeCAD . . . . .	11
4.1.2	Illustrator . . . . .	11
4.1.3	Excel . . . . .	11
4.2	Konstruktion . . . . .	11
4.2.1	Fachwerk . . . . .	11
4.2.2	Knotenbleche . . . . .	11
4.2.3	Stecken . . . . .	11
4.2.4	Langloch-Verbinden . . . . .	11
4.2.5	Schrauben . . . . .	11
4.2.6	Schraubverbindung . . . . .	11
4.2.7	Lager . . . . .	11
4.2.8	Linearlager . . . . .	11
4.2.9	Axiallager . . . . .	11
4.3	Bohren . . . . .	11
4.4	Schweißen . . . . .	11
4.5	WIG . . . . .	11
4.6	MAG . . . . .	11
4.7	Schneiden . . . . .	11
4.7.1	Gewindeschneiden . . . . .	11

# 1 Open Hardware CNC-Maschinen



## 1.1 Generelles

Eine kleine Bildergalerie zu industriellen und DIY-CNC-Maschinen stammt von Roman Black [1]. Er kommentiert einzelne Aspekte der Modelle wie Schlupf von Linearwagen, Antriebsarten, austauschbare Werkzeuge oder verwendete NEMA-Schrittmotoren.

## 1.2 Arcitype

Ein ausführliches CNC Projekt ist von DoES Liverpool beschrieben. [12]

## 1.3 HomoFaciens CNC

Norbert Heinz (auch bekannt als HomoFaciens) hat einige Prototypen gefertigt. Hier seien die neusten Entwicklungen angesprochen. Als Designstudie wurde ein Plotter-Modell aus Pappe gebaut [2]. Besonders die Steifigkeit und Geschwindigkeit als Schwachpunkte sind anschaulich erklärt.

In der Version 3.1 werden experimentell verschiedene Linearantriebe betrachtet [3]. Diese werden mit einem alten Druckerantrieb, Bürstenmotoren oder Schrittmotoren angetrieben. Als Sensoren zur Positionsbestimmung kommen Gabellichtschranken, eine optische Maus, oder ein Rotationsencoder zum Einsatz. Die Ansteuerung erfolgt mit einem Arduino Uno.

In der Version 3.2 wird der Aspekt der Konstruktion näher erläutert [4]. Besonders die Bearbeitung der Metallprofile wie Bohren, Biegen, Gewindeschneiden werden erläutert. Die Spindel wird testweise über verschiedene Übersetzungs-Arten bzw. Zahnradgetriebe angetrieben. Außerdem wird ein Kühlmittelkreislauf zur Verbesserung der Auflösung in der Tiefe (z-Achse) gezeigt. Vor der Inbetriebnahme für einen Test wird der Frästisch über Schrauben feinjustiert. Nachteilig sind die große Anzahl an Verschraubungen und die mühselige Konstruktion an sich. Der Preis für die Einzelteile wird mit ungefähr 350€ angegeben.

## 1.4 RepRap CNC

Es gibt einige CNC-Versionen auf RepRap-Basis [9].

## 1.5 MicroMill CNC

Eine kleine CNC-Version im Schreibtischformat wurde kürzlich auf Kickstarter beworben [\[10\]](#). Bei diesem Modell wird besonders Wert auf die Einfachheit und Flexibilität gelegt. Ein besonderes Merkmal ist die Auswahl der Kugel- und Linearlager (Fa. Igus) und die Nutzung eines verfügbaren Werkzeuges (Fa. Proxxon). Der Preis beläuft sich auf \$818, wobei nicht weiter aufgeschlüsselt wird.

## 2 Projektmanagement

Die Herausforderung liegt in dem Projektmanagement, da es sich um ein recht umfangreiches Projekt handelt, das mit wenigen Ressourcen auskommen muss. Viele Teile benötigt werden und eine lange zu erwartende Produktionsphase steht bevor. Ein wesentliches Ziel ist die Projektphase so kurz wie möglich zu halten bei Gewährleistung einer guten Produktqualität.

Zu Beginn sind drei Personen involviert, die dieses Projekt unterstützen. Für den 10.6.2017 ist ein erstes Treffen andauernd, bei dem konzeptionellen Entwürfe erarbeitet und wichtige Rahmenbedingungen geklärt werden sollen. Das Projekt als Open Source Hardware ausgelegt ist, soll es auf Github dokumentiert werden. Für meine persönliche Planung würde ich **Microsoft Project** benutzen, ich kann mir vorstellen, dass außer mir niemand dieses Programm benutzt. Daher wäre es gut, wenn es ein Programm oder eine Plattform gäbe, wo die Ressourcen geplant werden können.

Es könnte eine Art Fahrplan gestellt werden in Form eines Gantt-Diagramms mit Projektphasen und der Definition von Meilensteinen. Zu Beginn steht die Erarbeitung von Konzepten im Vordergrund, wobei doch schon klar werden soll, welche Anforderungen an die Maschine gestellt werden und wie man diese Anforderungen einfach erfüllen kann. Dies betrifft insbesondere die Materialliste, die möglichst kurz ausfallen soll und die Verfügbarkeit von Materialien. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Durchführung der Arbeit an entsprechenden Orten mit entsprechendem Werkzeug.

### 2.1 Workshops

#### 2.1.1 1. CNC workshop – 11.06.2017

**Brainstorming** Zu Beginn haben Christopher und Dawid eine zweiminütige Präsentation der Idee gehalten. Alexander L., Christopher, Dawid und Suleiman haben jeder für sich in 5 Minuten Anforderungen an die CNC auf Karten geschrieben. Diese Anforderungen wurden vorgestellt, kategorisiert, priorisiert und konträre Anforderungen identifiziert. Zuletzt hat Alexander L. die Ergebnisse in **Visual Understanding Environment (VUE)** übertragen. Die *Mindmap Fraese.vue* wurde im Verzeichnis /Konzepte abgelegt.

#### 2.1.2 2. CNC workshop – 15.06.2017

**Bauraum** Anhand dieser Mindmap wurden die Anforderungen an die Konstruktion konkretisiert. Alexander L. hat die Erörterung moderiert. Christopher und Dawid haben vorgestellt, welche Produkte mit der CNC-Fräse sie herstellen möchten. Die Ergebnisse wurden am Whiteboard skizziert (**Bauraum-zu fräsende Objekte-Skizze.JPG** im Verzeichnis /Konzepte) und in die Mindmap schriftlich festgehalten. Die Erörterung brachte hervor, dass eine Präzisionsfräse am besten die Anforderungen erfüllt.

Alexander F. hat angeregt, welche formalen Aspekte bei der Fräskopf-Auswahl hinsichtlich des zu bearbeitenden Materials zu beachten sind. Zwei nützliche Hyperlinks zu einem ähnlichen Projekt[7] und Werkzeug-Angeboten[5] wurden in die Mindmap aufgenommen.

**Fräskopf** Es folgte eine Diskussion über mögliche Fräsköpfe. Es wurden angreifende Kräfte (Normalkraft, Querkraft, ...) und Materialeigenschaften der Werkstücke (Carbon, Aluminium, Kupfer, Silber, Messing, Maschinenmessing, ...) besprochen. Es folgen weitere Recherchen über die zu erwartenden Kräfte (Dawid) und Software-Ansteuerung (Christopher).

Das weitere Projekt-Vorhaben wurde mit ProjectLibre als *Gantt-Diagramm* (Fräsenbau20170615.pod) im Verzeichnis /Konzepte festgehalten.

## **2.2 Projektphasen**

### **2.2.1 Definition von Projektphasen und Meilensteinen**

### **2.2.2 Anforderungsprofil**

### **2.2.3 Recherche**

### **2.2.4 Konzeptionierung**

### **2.2.5 Preisvergleich**





## **3 Komponenten**

### **3.1 Koordinatentisch**

#### **3.1.1 Aluminiumsystemprofile**

#### **3.1.2 Tisch**

#### **3.1.3 Werkstück-Befestigung**

#### **3.1.4 Kühlmittel-Auffangbecken**

### **3.2 Antrieb**

#### **3.2.1 Antriebswelle**

#### **3.2.2 Antriebsmotoren**

### **3.3 Bürstenmotoren**

### **3.4 Schrittmotoren**

### **3.5 Werkzeug**

#### **3.5.1 Werkzeugantrieb**

#### **3.5.2 Bohrmaschine**

#### **3.5.3 Bohrfutter**

#### **3.5.4 Bohrer**

### **3.6 Gerüst**

#### **3.6.1 L-Form**

#### **3.6.2 C-Form**

#### **3.6.3 Stahlprofile**

#### **3.6.4 Schutz**

### **3.7 Kühlkreislauf**

#### **3.7.1 Kühlmittel**

#### **3.7.2 Schläuche**

#### **3.7.3 Pumpe**

#### **3.7.4 Filter**

### **3.8 Elektronik-Hardware**

#### **3.8.1 Netzteil**

#### **3.8.2 Kabel**

#### **3.8.3 Kabelführung**

#### **3.8.4 Display**

#### **3.8.5 PC-Schnittstelle**

#### **3.8.6 Microcontroller**

#### **3.8.7 Treiber**

#### **3.8.8 Relais**

### **3.9 Elektronik-Software**

abgefahren werden können.

### 3.9.1 Grbl – open-source CNC controller

Grbl ist eine open-source Software zur Steuerung von Maschinenbewegungen mit Hilfe eines **Arduino Uno** [6].

Es gibt verschiedene Hobby- und professionelle Projekte, die Grbl als Software benutzen [7, 8, 10, 11].

Viele open-source 3D-Drucker nutzen diese software, außerdem gibt es Modifikationen für ähnliche Anwendungen. Die Software verfügt über ein grafisches User-Interface (GUI), ermöglicht aber auch die Eingabe über eine Konsole. Grbl verarbeitet *g-Code*.

Grbl kann kartesische Koordinaten abfahren (x, y, z). Mit Grbl ist es jedoch (noch) nicht möglich eine Rotationsbewegung (d.h. in Polarkoordinaten) umzusetzen.

Zusätzlich braucht man ein **grbl Shield**. Es wurde China-Ware für 13,37 € bei eBay bestellt:

- 1 × CNC Shield V3.0
- 1 × UNO R3
- 4 × A4988 Driver

folgende Infos stammen aus dem youtube-Video *DIY Arduino CNC Machine with GRBL Shield - Setup Tutorial! NYC CNC* des *CNC NYC*-Kanals[11]:

#### **grbl Software auf den Arduino Uno booten**

Auf gitHub gibt es die Software [grblShield](#). Man muss eine `.hex`-Datei auf den Arduino-Prozessor laden, um grbl lauffähig zu machen.

#### **Universal G-Code Sender**

Weiterhin braucht man die Software Universal [G-Code Sender](#) (gitHub), um g-Code zu streamen.

## **4 Methoden**

### **4.1 Modellieren**

#### **4.1.1 FreeCAD**

#### **4.1.2 Illustrator**

#### **4.1.3 Excel**

### **4.2 Konstruktion**

Bei der Konstruktion ist zu beachten, dass die Module nicht zu großen Drehmomenten ausgesetzt sind, da sonst Spiel in die Mechanik kommt. Deshalb ist es wichtig Torsionskräfte und Hebelkräfte zu kompensieren. Dazu eignen sich z.B. Fachwerke oder Knotenbleche.

#### **4.2.1 Fachwerk**

#### **4.2.2 Knotenbleche**

Ein alter Dachdecker-Spruch besagt:

Viereck vergeht, Dreieck besteht.

#### **4.2.3 Stecken**

#### **4.2.4 Langloch-Verbinden**

#### **4.2.5 Schrauben**

#### **4.2.6 Schraubverbindung**

#### **4.2.7 Lager**

#### **4.2.8 Linearlager**

#### **4.2.9 Axiallager**

### **4.3 Bohren**

### **4.4 Schweißen**

### **4.5 WIG**

### **4.6 MAG**

### **4.7 Schneiden**

#### **4.7.1 Gewindeschneiden**

## Literatur

- [1] Roman Black. *Good CNC Designs*. URL: [http://www.romanblack.com/cnc\\_good.htm](http://www.romanblack.com/cnc_good.htm).
- [2] Norbert Heinz. *CNC V3.0*. URL: [http://homofaciens.de/technics-machines-cnc-v3-0\\_ge.htm](http://homofaciens.de/technics-machines-cnc-v3-0_ge.htm).
- [3] Norbert Heinz. *CNC V3.1 - Linearantriebe und Eigenbau-Drucker*. URL: [http://homofaciens.de/technics-machines-cnc-v3-1\\_ge.htm](http://homofaciens.de/technics-machines-cnc-v3-1_ge.htm).
- [4] Norbert Heinz. *CNC V3.2 - Fräse*. URL: [http://homofaciens.de/technics-machines-cnc-v3-2\\_ge.htm](http://homofaciens.de/technics-machines-cnc-v3-2_ge.htm).
- [5] Horst zu Jeddelloh. *Werkzeuge Maschinen Goldschmiedebedarf*. URL: <http://www.zujeddelloh.de/>.
- [6] Sonny Jeon. *Grbl v1.1 has been released at our new site! The old site will eventually be phased out*. URL: <https://github.com/grbl/grbl/wiki>.
- [7] Herbert König. *CNC-Umbau einer Proxxon MF70 Microfräse*. URL: <https://www.herberts-n-projekt.de/basteleien-1/cnc-umbau-proxxon-mf70/>.
- [8] Philipp Meißner. *CNC-Software – GRBL*. URL: <http://digital-nw.de/CNC-Software.htm>.
- [9] Pknoe3lh u. a. *CNC Mill*. URL: [http://reprap.org/wiki/CNC\\_Mill](http://reprap.org/wiki/CNC_Mill).
- [10] RP3d. *The MicroMill - A desktop CNC milling machine*. URL: <https://www.kickstarter.com/projects/rp3d/the-micromill-a-desktop-cnc-milling-machine>.
- [11] John Saunders. *DIY Arduino CNC Machine with GRBL Shield - Setup Tutorial!* URL: <https://www.youtube.com/watch?v=1ioctbN9JV8>.
- [12] Julian Todd. *Arcitype*. URL: <https://github.com/DoESLiverpool/wiki/wiki/Arcitype>.