

# Mostly Printed CNC

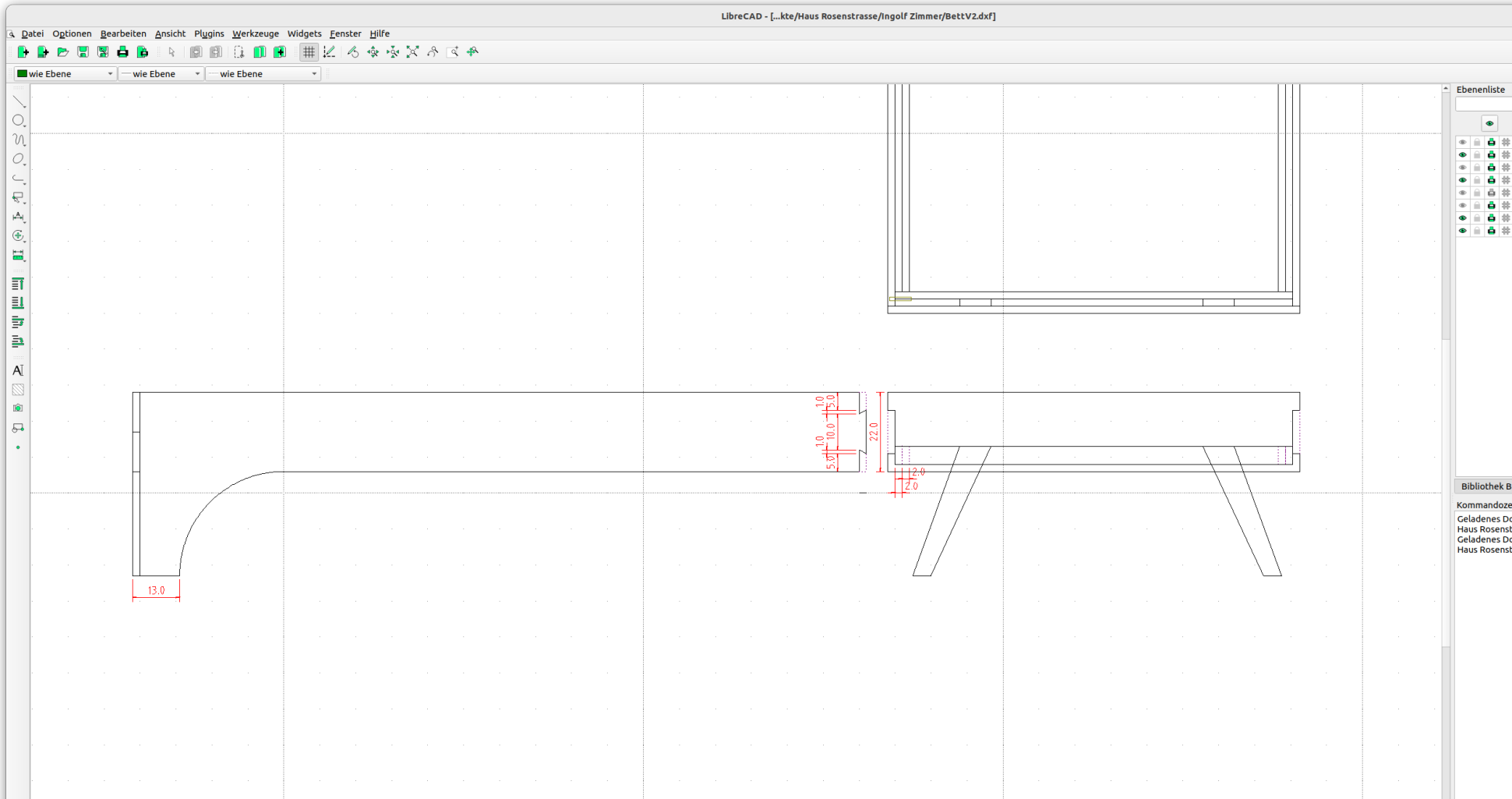
PC-Treff-BB Aidlingen

Ingolf Wittmann

# Agenda

- Warum eine CNC Holzfräse
- Die OpenSource Lösung
- Bau
- Fräsphysik
- Software
- Demo
- Links & Literatur

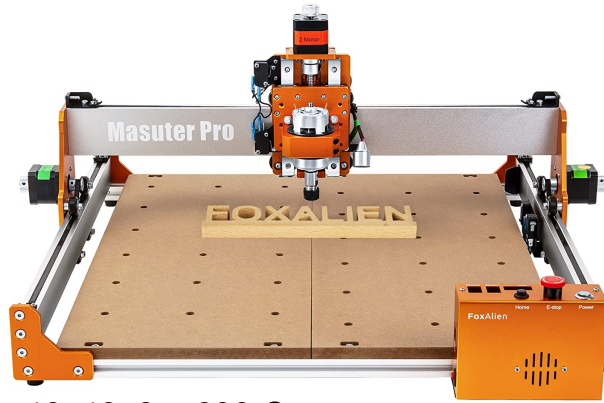
# Warum eine CNC Holzfräse?



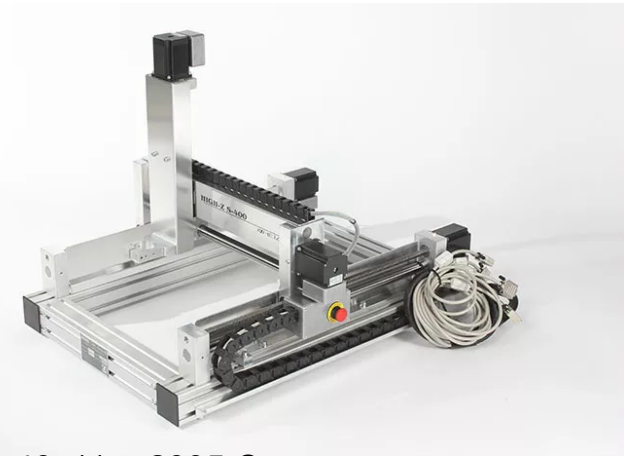
# OpenSource versus Kauf



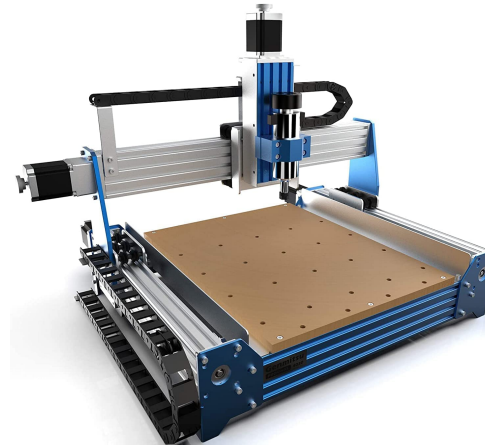
59x88x13 = 1999 €



40x40x6 = 699 €



30x40x11 = 2995 €



30x40x10 = 1189 €

## Aber?

- proprietäre Software
- ohne Motor
- Erweiterbarkeit
- Genauigkeit

## Mostly Printed CNC Primo V2

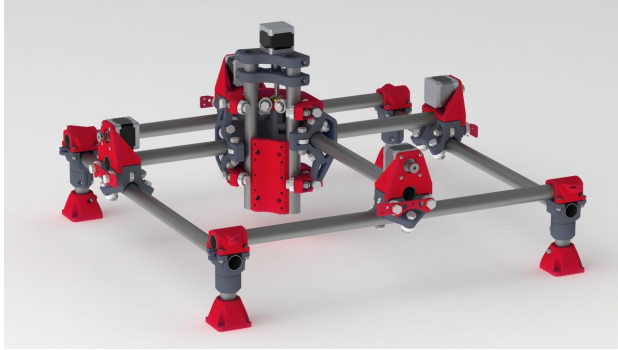
- Entwickelt von einem Ingenieur aus Kalifornien
- Individuelle Größe
- Große Community & Forum
- 3D Druck mit der Möglichkeit für individuelle Anpassungen
- Alle Teile im Internet verfügbar
- Softwarefreiheit
- Ab ca. 500€



Uncle Phil



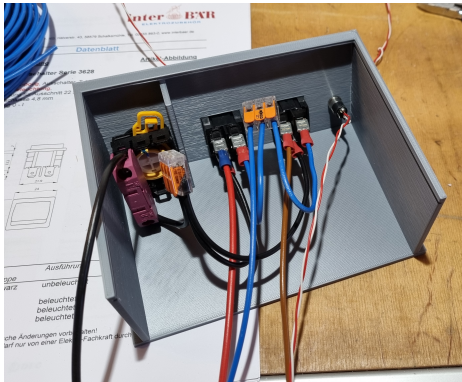
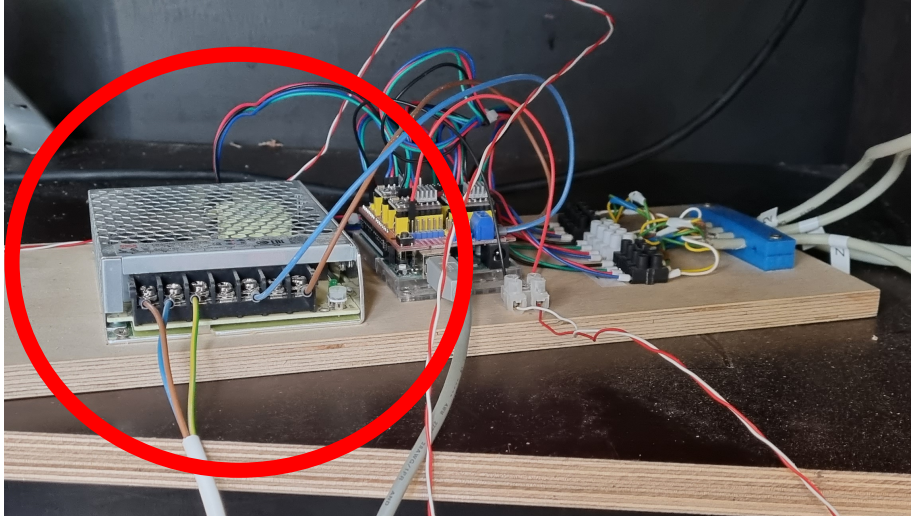
# CNC Hardware



Anzahl	Teile	Deutschland	Preis
2	Prusa PETG Filament	Prusa	80,23 €
1	UNO R3 + CNC Shield V3 Expansion Board + 4pcs DRV8825 Stepper Motor Driver	<a href="https://www.ebay">https://www.ebay</a>	15,22 €
1	EICKE 90 W-Netzteil 12 V, 7,5 A	<a href="https://www.amaz">https://www.amaz</a>	19,99 €
1	GT2 Zahnriemen offen 6mm	<a href="https://www.robote">https://www.robote</a>	13,52 €
1	GT2 Zahnriemensatz mit Schlüssel 16 Zähne 5mm Bohrung für 3D Drucker 6mm Zahnriemen (5 Stücke)	<a href="https://www.ama">https://www.ama</a>	9,99 €
8	GT2 Zahnriemen Flachriemenscheibe 5mm Umlenkrolle	<a href="https://www.robot">https://www.robot</a>	13,60 €
6	10 x Kugellager 608.ZZ 8*22*7 mm	<a href="https://www.robote">https://www.robote</a>	22,50 €
14	KW4-3Z-3 mechanischer Endschalter	<a href="https://www.robote">https://www.robote</a>	4,90 €
1	STEPPERONLINE 5 Stücke Nema 17 Schrittmotor	<a href="https://www.amaz">https://www.amaz</a>	50,99 €
1	WITTKOWARE LiYCY Steuerleitung, geschirmt, 4x0,25mm², grau, 25m	<a href="https://www.amaz">https://www.amaz</a>	24,84 €
1	Schrumpfschlauch-Set 100-teilig Schrumpfschläuche mit Schrumpfrate 2:1 10cm lang 6 Größen Kabel Schlauch Isolierung I Schwarz	<a href="https://www.amaz">https://www.amaz</a>	4,94 €
1	10mm-7.5m PET erweiterbar geflochten kabelschlauch kabelstrumpf kabelschutz kabelmantel-schwarz-Alex Tech kabel sleeve	<a href="https://www.amaz">https://www.amaz</a>	8,99 €
3	Phyachelo 10 x 20 mm 1 m auf beiden Seiten offen, Kunststoff Abschleppleine Kabelschleppkette	<a href="https://www.ama">https://www.ama</a>	29,25 €
1	50 Stück Jumper RM 2,54mm Kurzschluss Stecker offene Bauweise schwarz	<a href="https://www.amaz">https://www.amaz</a>	4,73 €
1	Steckbrückenverbindungskabel	<a href="https://www.amaz">https://www.amaz</a>	6,99 €
1	QLOUNI 620 Stück 2,54mm Dupont Stecker kit, 100 Stück Profi Kabelbinder Industriequalität weiß 100 mm x 2,5 mm für Industrie PC Fahrrad Nylon cable ties stark kurz weiss 8,1kg Zugkraft von Damstone	<a href="https://www.amaz">https://www.amaz</a>	11,99 €
1		<a href="https://www.ama">https://www.ama</a>	3,29 €
<b>Fräse</b>			
1	Makita RT0700CX2J 710 W	<a href="https://www.conto">https://www.conto</a>	146,52 €

Qty	Part	Hardwareteile	Deutschland	Preis
1	Trapezgewindespindel für 3D Drucker, Fräse, usw. 300X8mm		<a href="https://www.robc">https://www.robc</a>	8,94 €
1	Edelstahl + Messingmutter		<a href="https://www.robc">https://www.robc</a>	1,95 €
1	3D-Drucker Schmierfett 10g		<a href="https://www.robc">https://www.robc</a>	1,65 €
1	Flexible Wellenkupplung 5mm auf 8mm		<a href="https://www.ame">https://www.ame</a>	34,95 €
1	Schraubenset Edelstahl			
3	Aluminium Winkel AlMgSi05 ungleichschenklig   BxHxS 25x15x2mm L:1100mm (110cm)		<a href="https://www.am">https://www.am</a>	12,21 €
1	MPCNC Primo Rohr Set Kit Edelstahl Stangen V2A K240 Geschliffen Arbeitsbereich		<a href="https://www.eb">https://www.eb</a>	79,93 €
1	Reduzierhülse 6 auf 3,175 mm		<a href="https://www.sorot">https://www.sorot</a>	8,90 €
1	VHM Einsteigerset 2 (Fräsköpfe)		<a href="https://www.sorot">https://www.sorot</a>	32,50 €
	Siebdruckplatten		Hornbach	340,45 €
	Versandkosten Roboter Bausatz			3,99 €
	Versandkosten SOROTEC			4,90 €
	Versandkosten Amazon			10,90 €
	Summe			1.013,75 €

# CNC Elektronik

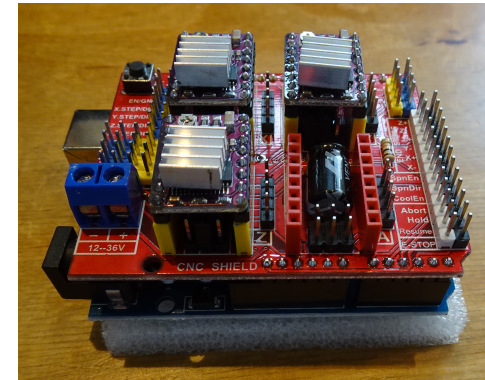


Qty	Part	Steuerung	Deutschland	Preis
1	Frontelement für XB5 Pilzdrucktaster Not-Halt/Not-Aus		Reichelt	8,75 €
1	Kleingerätestecker		Reichelt	0,66 €
1	Mean Well LRS-100-12 Schaltnetzteil - 102 W		ELV	15,50 €
1	DC-Kabel 2 x 0,5 mm² mit DC-Winkelhohlstecker		ELV	2,55 €
1	Einbau-Kaltgerätestecker C14, Steck-Lötkontakt, Flanschbefestigung		ELV	0,95 €
1	Einb.-Kleinger.-Stecker H=6		ELV	2,48 €
1	Einbau-Wippenschalter Serie 3628, schwarz/ rot		ELV	4,95 €
1	Einbau-Wippenschalter Serie 3628, schwarz/grün		ELV	4,95 €
1	Arduino® Uno SMD Rev3		allyouknow	24,99 €
1	3D-Drucker CNC Shield V3 Engraver Erweiterungskarte mit 4 Stück A4988 Treibermodul, 4 Stück Kühler		Amazon	11,48 €

Qty	Part	Betrieb	Deutschland	Preis
1	3 mm Fräser		SOROTEC	32,50 €
1	6 auf 3mm Reduzierhülse		SOROTEC	8,90 €
1	6 mm Fräser		SOROTEC	77,70 €
1	CNC Tastplatte		ASG	26,94 €
1	Estlcam Lizenz		Estlcam	49,00 €

Gesamtsumme

1.277,30 €



# Softwarestack





# Was kann gefräst werden?

2D



2.5D



3D



- CAD Modelle, Grafiken, Geoinformationen können in G-Code umgewandelt werden
- Je kleiner der Fräskopf, je größer das Modell, je strukturierter das Modell, je härter das Material, je schwächer der Fräsmotor desto länger die Fräszeit

# Fräsparameter

- Spanvolumen & Schnittgeschwindigkeit
- Dicke Späne → Biege- Torsionskräfte → Bruch
- Dünne Späne → Reibungshitze, Abstumpfen, Verglühen
- Schneller Vorschub & niedrige Drehzahl → dünne Späne
- Schnittgeschwindigkeit steigt mit dem Durchmesser → je dicker desto kleiner die Drehzahl
- Zweischneider schneidet zwei Späne pro Umdrehung → doppelter Vorschub gegenüber einen Einschneider
- Eintauchtiefe → doppeltes Spanvolumen → halber Vorschub

## Berechnungen

Grundlage für die Berechnung von Drehzahl und Vorschub ist die folgende Tabelle mit Angaben zu Schnittgeschwindigkeiten und Zahnvorschub. Die

Zahlen sind experimentell ermittelte Richtwerte zur groben Orientierung, die je nach Maschine und Peripherie in der Praxis abweichen können.

Richtwerte Fräsparameter										
	Schnittgeschw. m/min.	Durchmesser Fräser								
		Ø 1 mm	Ø 2 mm	Ø 3 mm	Ø 4 mm	Ø 5 mm	Ø 6 mm	Ø 8 mm	Ø 10 mm	Ø 12 mm
		Zahnvorschub in mm / Zahn / Umdrehung								
Guss-Aluminium > 6% Si	500	0,010	0,010	0,010	0,015	0,015	0,025	0,030	0,038	0,050
Aluminium Knetlegierung	500	0,010	0,020	0,025	0,050	0,050	0,050	0,064	0,080	0,100
Weichkunststoff	600	0,025	0,030	0,035	0,045	0,065	0,090	0,100	0,200	0,300
Hartkunststoff	550	0,015	0,020	0,025	0,050	0,060	0,080	0,089	0,100	0,150
Holz hart	450	0,020	0,025	0,030	0,035	0,045	0,055	0,065	0,080	0,090
Holz weich	500	0,025	0,030	0,035	0,040	0,050	0,060	0,070	0,085	0,100
MDF	450	0,030	0,040	0,045	0,050	0,060	0,070	0,080	0,090	0,110
Messing, Kupfer, Bronze	365	0,015	0,020	0,025	0,025	0,030	0,050	0,056	0,065	0,080
Stahl	90	0,010	0,010	0,012	0,025	0,030	0,038	0,045	0,050	0,080

n = Drehzahl des Fräsers in U/min  
 vc = Schnittgeschwindigkeit in m/min  
 d = Fräserdurchmesser in mm  
 z = Zähnezahl  
 fz = Zahnvorschub  
 vf = Vorschubgeschwindigkeit in mm/min

### Drehzahl

Zur Ermittlung der Drehzahl dient die folgende Formel:

$$n \text{ [U/min]} = (vc \text{ [m/min]} \times 1000) / (3,14 \times \varnothing d1 \text{ [mm]})$$

**Beispiel:**

vc = 500 m/min (aus Tabelle)  
d = Ø 8 mm

$$(500 \times 1.000) / (3,14 \times 8) = 19.904 \text{ U/min}$$

### Vorschub

Zur Ermittlung der Vorschubgeschwindigkeit dient die folgende Formel:

$$vf = n \times z \times fz$$

**Beispiel:**

Gegeben sind eine Aluminium-Knetlegierung als Material und ein 8 mm Zweischneider als Fräser.

n = 19.904 U/min (aus Drehzahlberechnung)  
 fz = 0,064 (aus Tabelle)  
 z = 2

$$19.904 \times 2 \times 0,064 = 2.547,77 \text{ mm/min}$$

# Fräsparameter in Estlcam

Werkzeug bearbeiten... Estlcam 11,244\_a\_64

**Werkzeug Basisdaten:**

Name: SOROTEC Frässtichel

Parameter: SOROTEC Frässtiche

Werkzeugnummer: 8

Durchmesser: 1,80mm

Kantenradius: 0,00mm

Schneidenwinkel: 45,00°

Mittenversatz: 0,00mm

Spitzenversatz: 0,00mm

Anzahl Schneiden: 1

**Wirbelfräsen:**

Wirbelzustellung: 0,0%

Wirbelbreite: 50,0%

Wirbeloszillation: 0,00mm

**Standard Parameter:**

Tiefenzustellung: 0,90mm

Eintauchwinkel: 90,00°

Vorschubgeschw.: 1000mm/min

Eintauchgeschw.: 1000mm/min

Drehzahl: 24000upm

Räumzustellung: 5,0%

Schnittgeschw.: 136m/min

Spandicke: 2,3148%

**Schlicht Parameter:**

Tiefenzustellung:

Vorschubgeschw.:

Eintauchgeschw.:

Drehzahl:

Schnittgeschw.: 136m/min

Spandicke: 2,3148%

**Bohr Parameter:**

Tiefenzustellung:

Eintauchgeschw.:

Drehzahl:

Schnittgeschw.: 136m/min

Spandicke: 2,3148%

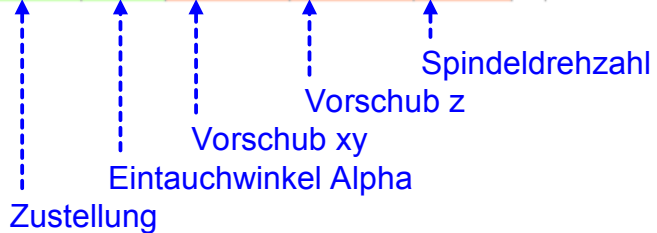
**Kommentar:**

**Bild:**

Werkzeugliste Estlcam 11,244\_a\_64

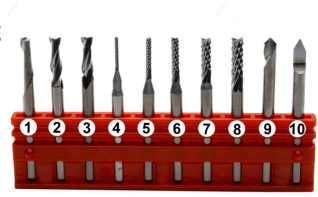
Werkzeugliste Parameter: SOROTEC Frässtiche

Nr.	Name	Ø	Z+	α(z+)	F(xy)	F(z)	S
2	Fräser 5mm	5,00mm	2,00mm	90,00°	1500mm/min	900mm/min	20000upm
3	Fräser 8mm	8,00mm	2,50mm	90,00°	1800mm/min	900mm/min	18000upm
4	Fräser 10mm	10,00mm	3,00mm	90,00°	1800mm/min	900mm/min	12000upm
5	Gravierfräser	20,00mm	10,00mm	90,00°	1200mm/min	1200mm/min	24000upm
6	SOROTEC Frässtichel	3,00mm	3,00mm	45,00°	1000mm/min	1000mm/min	24000upm
7	SOROTEC Fischeschwanz	3,00mm	1,00mm	90,00°	2500mm/min	1000mm/min	24000upm
8	SOROTEC Frässtichel	1,80mm	0,90mm	90,00°	1000mm/min	1000mm/min	24000upm



SOROTEC

SOROTEC



Die Fräser im VHM-Set „Uncle Phil approved“:

- 1-Schneider Ø 3 mm
- 2-Schneider Ø 3 mm
- 2-Schneider ALU Ø 3 mm
- Diamantverzahnt Ø 1 mm
- Diamantverzahnt Ø 1,5 mm
- Diamantverzahnt Ø 2 mm
- Diamantverzahnt Ø 2,5 mm
- Diamantverzahnt Ø 3 mm
- Frässtichel Spitzenwinkel 90°
- Gravierstichel Spitzenwinkel 60°



Die Fräser im VHM-Set „Uncle Phil approved“:

1. Gravier- und Intarsienfräser 15° Uni Z1 6 x 0,2 mm
2. Zweischnider Holz 6 x 21 mm
3. Einschnider Alu 6 x 21 mm
4. Gravierstichel 60° 6 mm mit Ø 1 mm Schneide
5. Gravierstichel 60° 6 mm mit Ø 0,2 mm Schneide

# G-Code und M-Code

```

1 %Testprogramm
2 N100 G00 X10 Y20 Z-15
3 N110 G01 X30 F300
4 N120 M30
5 %Programmende
  
```

**%Testprogramm** ist einfach nur ein Kommentar für den Mensch

**N100** Zählernummer (die Zahl hinter dem "N" ist frei wählbar, r

**G00** Befehl für Eilgang

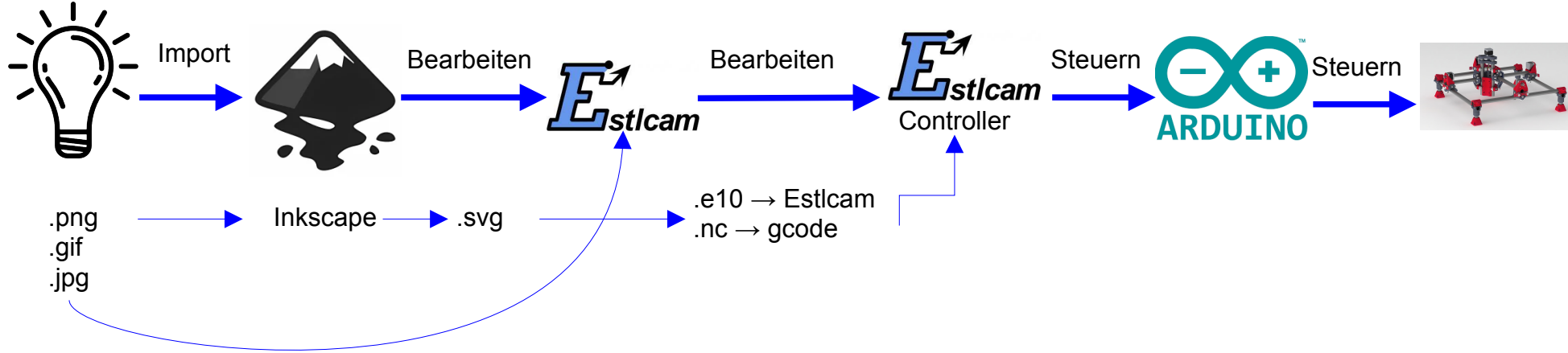
**X10 Y20 Z-15** Positionsangaben

**F300** Vorschub

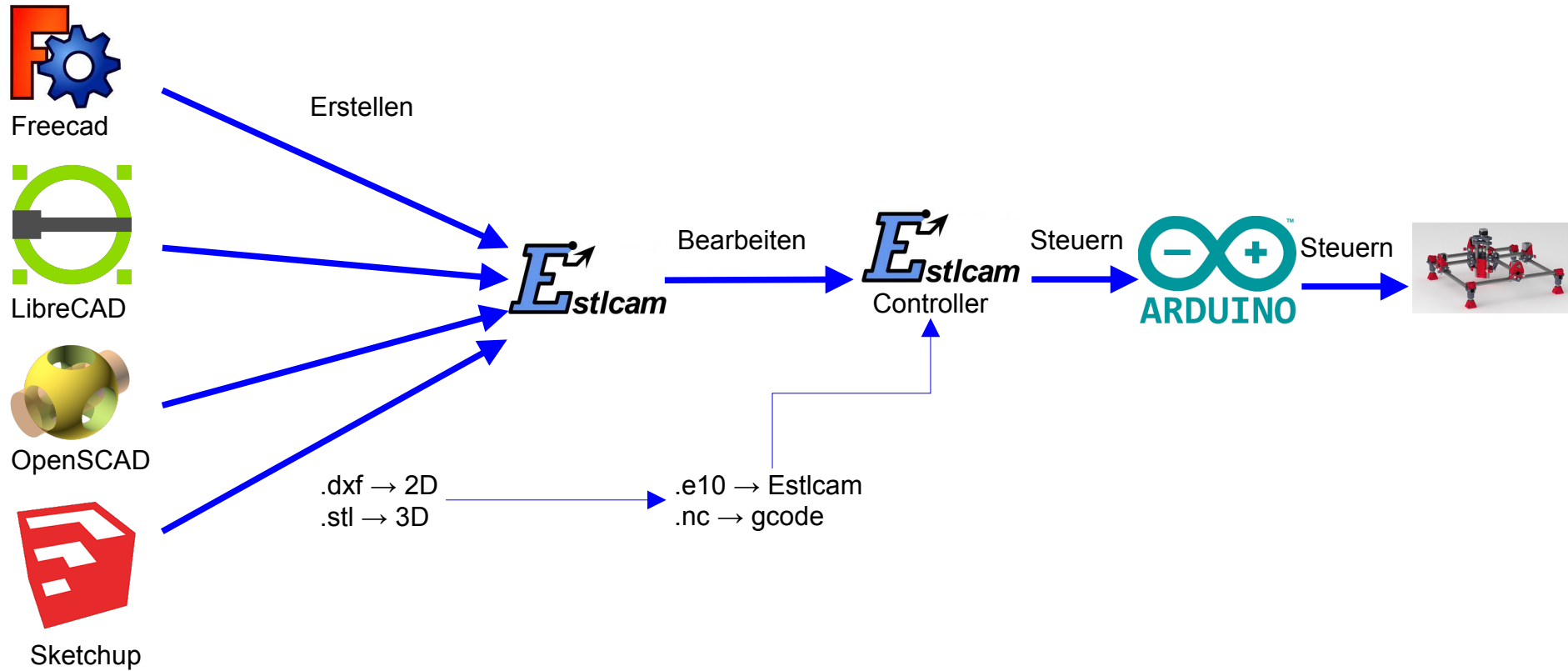
## G-Codes und M-Codes Fräsen

GCode, MCode	Gr	Beschreibung	Beispiel	Erklärung
G00	1	Positionierung im Eilgang	G00 X23 Y50 Z-5	Bewegung auf kürzestem Weg zu den angegebenen Koordinaten Nach G91, Bewegung von der aktuellen Position ausgehend, um die angegebenen Werte, also X + 23, Y +50 und Z -5
G01	1	Positionierung mit Vorschub	G01 X10 Y-12 Z-15 F100	Wie G00, aber mit Vorschub 100 mm/min
G02	1	Bogen im Uhrzeigersinn	G02 X30 Y25 I5 J0	Kreisbewegung von der aktuellen Position (z.B. X20, Y10) hin zu X30, Y25. Der Bogen führt über das Kreiszentrum (Xact - I5) = 25 und (Y25-J0) = 25. Der Startpunkt (also die aktuelle Position) muss dabei auf der Kreisbahn liegen.
G03	1	Bogen im Gegenuhrzeigersinn	siehe G02	siehe G02
G04	18	Verweilzeit, Pause	G04 P1000	Wartet 1000 ms (1 Sekunde) bis das nächste Kommando ausgeführt wird
G05	18	hochgenaue Konturberechnung		
G09	18	genaue Positionsannäherung ein		
G15	17	Polarkoordinaten aus		
G16	17	Polarkoordinaten ein		
G17	2	Auswahl Ebene XY		
G18	2	Auswahl Ebene ZX		
G19	2	Auswahl Ebene YZ		
G20	6	Einheiten in inch		
G21	6	Einheiten in mm		
G22	4	Arbeitsfeldbegrenzung an		
G23	4	Arbeitsfeldbegrenzung aus		

# Software und Prozessschritte - Grafik



# Software und Prozessschritte - CAD



# Estlcam

Fräsjob erzeugen

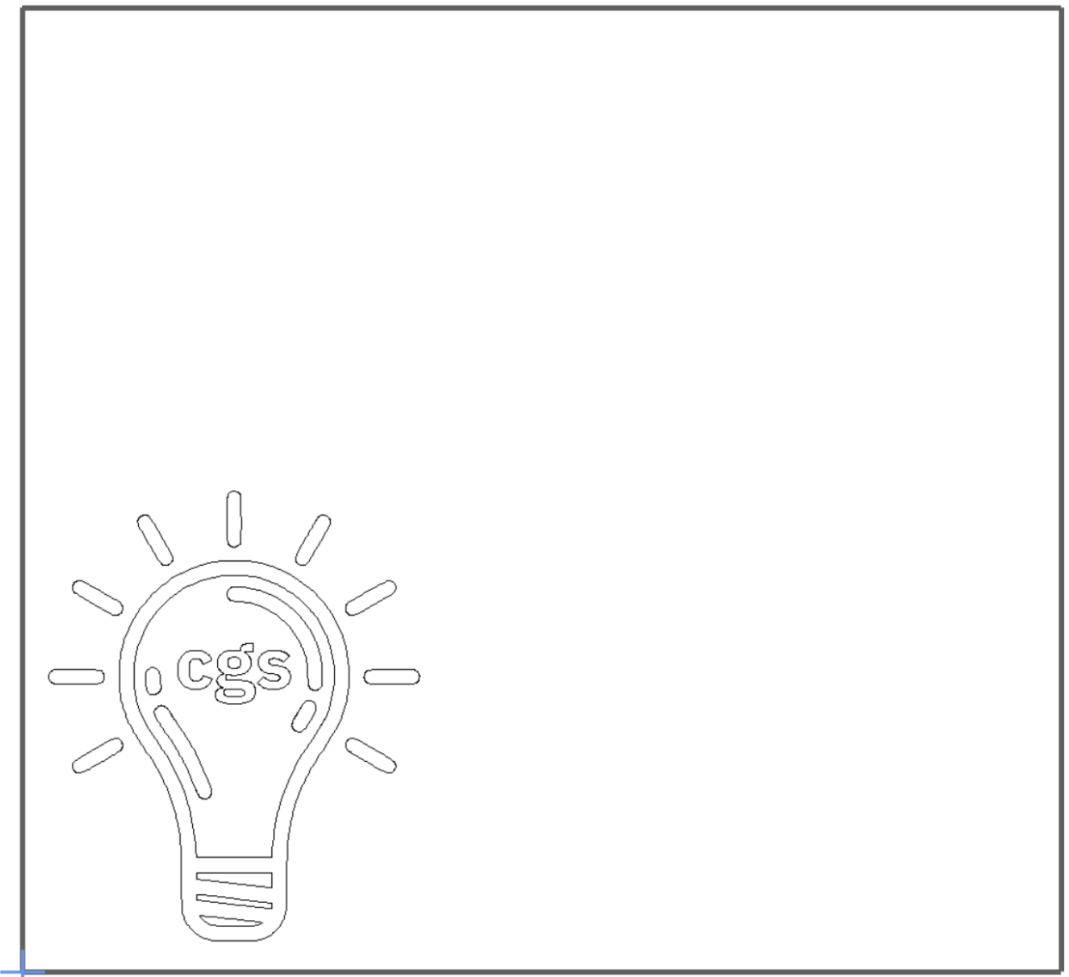
Textfräsjob erzeugen

Nullpunkt setzen

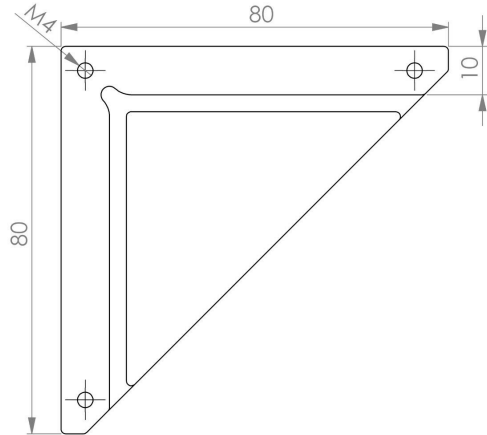
Virtuelle Fräsung



Fräsobjektmanipulation



# Abtastplatte



Estlcam 11,240\_a\_64

**X: 482,06**  
**Y: -45,88**  
**Z: 83,76**

**Automatisch antasten**

Ø Fräser oder Taster: 6,00mm  
Tasttiefe: 5,00mm

X, Y, Z  
X, Y, Z + Verdrehung

Kommandozeile...

**F: 1000**  
100%

**S: 24000**  
100%

CNC Steuerungseinstellungen Estlcam 11,244\_a\_64

Steuerung Fräsmotor Eingänge Ausgänge Referenzf. Längensensor Tastplatte Tastatur / Maus Gamepad Bedienelemente Kamera Diverses

**Tastplatte:**

Tastgeschwindigkeit: 300mm/min  
Tastabstand: 20,00mm  
Winkelmessabstand: 50,00mm  
Rand X: 10,00mm  
Rand Y: 10,00mm  
Dicke Z: 5,00mm


- Mit Hilfe einer Tastplatte kann der Nullpunkt des Werkstücks automatisch ermittelt werden...  
- Das ist ein rechteckiges Stück Metall mit L-förmigen Anschlag...  
- Die Aussparung in der Ecke und Vertiefung entlang des "L" sorgen dafür dass, die Messung nicht durch Grate verfälscht wird...  
- Verbinde die Tastplatte mit einem Sensoreingang und den Fräser mit "GND". (Das ist in der Regel bereits durch die Erdung der Spindel gewährleistet, ansonsten z.B. eine Krokodilklemme verwenden)...  
- Es funktioniert nur mit leitfähigen Werkzeugen und nichtleitendem Maschinenbett...

**Arbeitsweise:**

- Die Tastplatte wird mit dem L-förmigen Anschlag nach unten links / vorne auf das Werkstück gelegt.  
- Fahre anschließend den Fräser grob über die linke, vordere Ecke und starte dann die automatische Messung...



# Demo

- Software → Erstellen und Testen
- WRZ Besuch
-  Werkstatt → Hardware → Fräsen

# Links & Literatur

- **MPCNC** <https://www.v1e.com/>  
<https://www.thingiverse.com/thing:4550789/files>  
<https://www.printables.com/de/model/37292-mostly-printed-cnc-primo-f-25mm-mpcnc/files>
- **Uncle Phil** <https://www.unclephil.de/mostly-printed-cnc/>
- **Konstruktionsbude** <https://konstruktionsbude.de/mpcnc-primo/>
- **LinuxCNC** <http://linuxcnc.org/>
- **Estlcam** <https://www.estlcam.de/anleitung.php>

Ingolf Wittmann  
[ingolf@ijwittmann.de](mailto:ingolf@ijwittmann.de)

