

# Intro / Übersicht

## Parameter und Dimensionen

- Dreiachsige Portalfräse mit Z-Probe, Opferplatte aus MDF (kein Vakuumtisch), mit Späneabsaugung
- Fräse hat 3 voneinander unabhängige Achsen (X über Riemen, Y über einen weiteren Riemen, Z über Spindel)
- Unterstützt 2D-Konturfräsen und 3D-Fräsen (räumliche Formen/Pools einseitig oder beidseitig durch zwischenzeitliches Umspannen des Werkstücks)
- Dimensionen (ermittelt am 23.11.2021)
  - Max. Gantry-Movements: x=1040mm y=545mm z=60mm
  - Max. reelle Bauraum XY:
    - x=980mm (wegen Kollisionen zwischen Spindelhalter und Maschinengerüst, sowie in der Luft hängender Fräser)
    - y=520mm (Spindelwerkzeug erst ab ca. y=25mm auf dem Bett)
    - Größe der Fräsauflage (Opferplatte): 1000 x 570mm (mit ca. 10mm Überfräsrand, überstehend unten und rechts)
    - Bauteile müssen etwas kleiner dimensioniert werden, da Einspannrand benötigt wird (je nach Holz; empfohlen min. 2 cm je Seite)
    - **resultierende Empfehlung Maximalmaß Werkstück: 960 x 500 mm**
  - Max reelle Bauraum Z:
    - Der Bauraum Z ist beschränkt durch zahlreiche Faktoren:
      - die Limitschalter Z+ und Z-,
      - die Höhe der überfrästen Grundplatte,
      - den eingespannte Fräser (Schnittlänge),
      - die Absaugplatte (Saugschuh),
      - die Unterkante des Spindelhalters,
      - den Z-Achsenblock,
      - die benötigte Höhe zum Fräserwechseln,
      - den notwendigen Sicherheitsabstand über dem Bauteil,
      - die käuflichen Fräser (max. Maße, insbesondere Fräserlänge, Schneidtiefe und Durchmesser) in Abstimmung mit Spindel und Spannzange,
      - Erscheinungen wie Fräserkreisen oder Fräserbruch,
      - die geringere Kraftaufnahme des Maschinengestells
    - **... resultierend daraus schließen wir:**
      - **maximale Werkstückdicke zum Auflegen: 40 ... 50 mm**

- **maximale Einfrästiefe bzw. Durchfrästiefe: 20 mm (da es für 6mm Spannzangen keine Fräser mit Schneidlänge größer 20mm gibt!)**
- Genauigkeiten:
  - Zustellgenauigkeit der Achsen: ca.  $\pm 0,1\text{mm}$  (Zahnriemen haben ca.  $\pm 0,05\text{mm}$  „Umlenkspiel“ (siehe Video)) - ermittelt am 13.12.2021
  - Fräsgenauigkeit hängt ab von Maschinengestell und Gegenlauf/Gleichlauf, sowie diversen anderen Faktoren. Wir erreichen mit unserer Fräse eine Genauigkeit von  $\pm 0,1\text{mm}$  je Kante → für eine Tasche oder einen Außensteg von z.B. 6,2mm Sollmaß erreichen wir eine garantierte Genauigkeit von 6,4mm (aber meistens besser)
- Fräser
  - Spannzangen: 1 - 7 mm; Verfügbare Fräser von 1 bis 6 mm Fräsdurchmesser und 20 mm Schneidlänge
  - Ausräumen größerer Taschen sehr aufwendig, da maximaler Fräserdurchmesser 6 mm (und Drehzahlbereich 6000 RPM bis 24000 RPM → viele größere Fräser erfordern geringere Drehzahlen!)
  - max. empfohlene Zustelltiefe je Fräsbahn 3mm (aus Stabilitäts-, Vorschub- und Genauigkeitsgründen)
- Geschwindigkeiten/Wege (zuletzt angepasst am 10.12.2021):
  - Homing Speed = 1800 mm/min (definiert in PlanetCNC TNG)
  - Travel (traverse) Speed = 2500 mm/min (definiert in PlanetCNC TNG)
  - Cutting Speed = max. 2800 mm/min (definiert in Estlcam)
  - max. erreichbarer Speed mit Elektronik und Hardware = nicht getestet; vermutlich  $< 5000\text{ mm/min}$  (ruckelig ab ca. 3000 mm/min)
  - Single Stepping (Tastatur) = 0,1mm
- Materialien:
  - Fräsbare Materialien: Hartholz (z.B. Buche), Weichholz (Linde, Kiefer), z.B., MDF
  - Nicht fräsbar („aus Prinzip“, wegen mangelnden Fräsern, wegen schwieriger Mülltrennung (Holzspäne + Kunststoffspäne Mix, mangelnde Gestellsteifigkeit bzw. Spindelleistung): Kunststoffe, Metalle
- Modi:
  - Eingravieren
  - Durchfräsen

**Die „Kotzgrenze“ an Höhe:**



Es sind gerade noch so ca. 5mm Sicherheitsabstand zwischen Fräser (hier 6mm Fräser von Sorotec) über dem 22mm dicken Holzbauteil (bei aktueller Planfräsung der Opferplatte)

## Todos

- Messuhr an Z-Achse anbringen
- error pin deaktivieren inverted, not enabled
- Fräsparameter für Schlichten und Bohren eintragen
- Staubsaugerbeutel wiederverwendbar machen/tauschen
  - <https://www.smarticular.net/staubsaugerbeutel-selber-machen-naehen>
  - Staubsaugerbeutel: Länge x Breite: 225 x 195 mm Loch: 46 mm
- Saugschuh mit 2 Rundstangen und Fixierschrauben höhenverstellbar machen → bei großen Fräsern oder dicken Platten greift die Absaugung erst nach der dritten oder vierten Fräsbahn ein
- Backlash X/Y prüfen
- Doku:
  - wichtig: Befestigungsschrauben auf der platte immer bündig. falls kopf rausguckt, dann pot. kollisionsgefahr mit spannzange/aufnahme an der spindel

- min garantierte Toleranzen: +0,3mm (6,2mm ist max. 6,5mm groß)
- sehr guter artikel: <https://einfach-cnc.de/genauigkeit-der-maschine>
- Saugschlauch befestigen, um ungewollte Kolision zu vermeiden
- Pool-Fräsungen in Estlcam: in X oder Y abzeilen erzeugt GCode, der das Werkzeug gleich mit voller Tiefe eintauchen lässt. Warum? Wie ändern? aktueller fix: Option „Konturparallel“ auswählen

## Allgemeine Nachteile

- Genauigkeit begrenzt durch wackeliges Holzgestell, vibrierende Riemen, Umkehrspiel, etc.
- relativ langsame Maschine
- kein Werkzeugwechsler
- Spänesauger geht nur ab 3 Volt Eingangsspannung (bei niedrigen Drehzahlen keine Absaugung)
- minimale Drehzahl 6000 RPM (zu hoch für einige Fräsprogramme)
- maximale Drehzahl 24000 RPM (zu gering für einige Fräsprogramme)
- Kraftaufnahme gering
- Fräserauswahl begrenzt durch ER11 Aufnahme
- begrenzte Materialhöhe

## PlanetCNC MK3/4 Kanäle (Inputs, Outputs)

1. Z-Sensor (Kupferplatine und Maulklemme) = Input 1
2. Limit Switches
  1. X = 1 (+ und -)
  2. Y = 2 (+ und -)
  3. Z = 3 (+ und -)
3. Output 1 = Drehzahl PWM (lila)
4. Output 2 = CW/CCW (gelb)
5. Output 6 = Spindel an/aus (orange) → Hiermit ist der Staubsauger gekoppelt. geht nur an. Hinweis: Die Spindel kann auch ohne Pin 6 aktiviert werden, allerdings ist ihr dann keine Leistung zugeschaltet und der Staubsauger geht nicht an

## Elektronik - Aktoren/Sensoren und Mechanik

- [1x Bachmann IT PDU 19 Zoll 5-fach Steckdosenleiste Gerätevollschutz 1,5HE \(333.002\) - EAN 4016514011001](#)
- mit Netzfilter
- 6x Endschalter (2 je Achse)

- 2x Solid State Relais SSR-40DA 3-32V DC von Fotek
  - 1x abgeklemmt
  - 1x für Steckdosen (blau) auf Rückseite > Für Staubsauger und noch ggf. einen weiteren Verbraucher, der mit Spindeleinschalten getriggert werden soll

## Boards/Controller

- [1x PlanetCNC Mk3/4 Controller](#)
  - 4 axes controller for stepper and servo motors
  - USB connection (KEIN Ethernet-Anschluss vorhanden) - **2m Kabel OHNE Ferrit-Kern, aber gut geschirmt**
  - 110 kHz maximum step frequency
  - 25 us minimum pulse width, 50% duty cycle at higher frequencies
  - 3 digital outputs on board
  - 3 PWM capable outputs with selectable frequency (10Hz to 500kHz)
  - 3 outputs with support for RC servo motors
  - jogging keyboard support with speed potentiometer, shift, step and spindle sync feature
  - 4 limit switches with shift feature
  - 4 digital inputs on board, filtered and protected
  - spindle encoder and index signal support for spindle synchronization
  - SD card support for running g-code without computer
  - control external devices with I2C and UART protocol 4
  - homing procedure
  - tool change procedure
  - tool length sensor support
  - sensor for capturing and measuring
  - digitizing probe support
  - H-bot kinematics support
  - transformation matrix
  - soft limits
  - slave axes
  - backlash compensation
  - screw terminal connectors for connecting motor drivers, inputs and outputs
- [1x Output Board V4.0 von PlanetCNC](#)
  - Relais auf Output-Modul: Song Chuan 899-1C-F-S
- [1x Schrittmotorensteuerung MDLCNC-T4V4 von Modellbau Letmathe](#)
  - X und Y in 1/16 Schritt konfiguriert (Dip 3 off, Dip 4 on)
  - Kühlflüster Shenshida SD4010S12M 12V 0,12
- 1x Wireless Handrad WHB04-1404 von XHC (mit USB zu Wifi Dongle)

- von FabLab Chemnitz ausgeborgt
- aktuell nicht funktionsfähig mit PlanetCNC, aber Hardware i.O.

## Netzteile

- 1x Schaltnetzteil S-350-36 34V (Versorgung für Stepper Motoren und MDLCNC Board)
- 1x Netzteil 12V 2A (Versorgung für Output Board)
- 1x Netzteil 16V 3,36A (Versorgung für PlanetCNC Mk3/4 Board)

## Weitere Komponenten

- 2x Lüfter 230V, 0,007A Sunon SF230080AT 2082HSL.GN (Gehäuselüfter)
- 2x Stecksicherungen 6,3 A/F (flink) - auf Gehäuserückseite
- 1x Staubsauger MC-E752 von Panasonic (max. 1200W) - nichtbeutellos!
- [4x bipolare Stepper - Nema 23 x 76 mm - 190Ncm - 3,0 A - 1,8° Schrittwinkel von Letmathe](#)
- Relais und Schalter
  - 1x Not-Aus Schalter
  - 1x An/Aus Schalter für PlanetCNC Controller
  - 1x Steckrelais 55.34.8.230.0040 von finder (Schaltung für die beiden blauen Steckdosen auf Gehäuserückseite)
- [1x Spindel 65x208 1.5kW 220V 8A 400HZ](#)
  - Fixierung in Spindelhalter mit Sechskantschlüssel 6mm
  - min. Drehzahl 1 UPM (nach Handbuch), jedoch 6000 UPM nach Frequenzumrichter!
  - max. Drehzahl 24000 UPM @ 400Hz
  - Power Interface: GX16
  - kompatible Spannzangen: ER11
  - Max. Fräserdurchmesser (Schaftdurchmesser): 7mm
  - Runout off < 0,005mm
  - Stromaufnahme 8A
  - Torque: 0,5Nm (geschätzt, aus anderen Datenblättern entnommen)
  - Schrägkugellager 2X7002C P4 (DT) und 2X7002C (P4)
- 1x Frequenzumrichter HY01D523B VFD (Variable Frequency Drive) Inverter
  - Spannung: 220V
  - Nennleistung: 1.5KW
  - Stromaufnahme: 7A
  - Frequenzbereich: 0-400Hz
  - 24V Lüfter zur Kühlung (Installationsrichtung: Luftstrom wird aus dem Gehäuse ausgeblasen!)

- Zahnriemen 2GT-6mm (2mm Teilung - **KEINE** MXL Riemen mit 2,032mm Teilung!)
- Y-Achse: 1650mm (gemessen) - mit 1580mm freiem Riemen / 70mm eingespannt (Halteblech)
- X-Achse: 1400mm + 1400mm + 1400mm + 80mm + 80mm + Puffer = 6000mm
- Riemenscheiben Zähnezahl (XY Achsen) = 18
- Y-Achse
  - 2x Stahlwelle 800mm - 16mm Durchmesser
  - 4x Linearlager: TBR16UU (beidseitig abgedichtet) Größe: ca. 62 x 42 x 29mm - 4 Kugelreihen
- X-Achse
  - 2x Stahlwelle 1400mm (X-Achse) - 25 mm Durchmesser
  - 4x Linearlager: TBR25UU (beidseitig abgedichtet) Größe: ca. 82 x 65 x 41mm - 4 Kugelreihen
- [Microsteps XY:](#)
  - 1/16 Schritte, 2mm Zahnteilung (2GT), 18 Zähne, 1,8° Stepper, Faktor für Doppelriemen = 2 → 177,78
- [Microsteps Z:](#)
  - Trapezgewindespindel RTS TR 12x3 rechts - 3mm Steigung, 1/16 Schritte, 1,8° Stepper → 1066,67
- Opferplatte
  - 16mm starkes, eingefärbtes MDF (lässt sich gut spanen, ist weich, nimmt gut Schrauben auf)
  - mit 9 Schrauben im Raster X=44cm, Y=22cm fixiert (von der Mitte nach außen fixieren!)
  - Fixierschrauben auf 6mm Höhenniveau (Achtung: Fräser darf also max. 10mm tief ins Material eintauchen)

## Ursachen und Lösungen für mech. Ungenauigkeiten (die man häufig im Frästeil sieht > z.B. Kreis ist ein Oval)

- ausgeschlackerte Kugellager in der Spindel
- Fräser vibriert (zu lang eingespannt)
- Zahnriemen nicht korrekt fixiert (wenn zu lasch, dann Überspringen möglich) - äußert sich z.B. durch Stottergeräusche in eine oder beide Richtung (+, - oder +-): Während der Riemen auf der Antriebsseite gezogen wird, wird der auf der Abtriebsseite geschoben. Wenn die Abtriebsseite locker eingespannt ist, dann kommt es zum Überschnappen
- Zahnriemen hat sich gedehnt/gerissen > Wechsel notwendig (bei Überdehnung entsteht Schlupf oder Ruckeln)

- Zahnriemenspannung zu hoch (zu hoher mech. Widerstand)
- schlechte Schmierung der Wellen
- verdreckte Lager
- Portalwellen schief (zu viel Reibung)
- Zahnscheiben nicht korrekt befestigt (Winkelspiel auf Motorschaft) > Madenschrauben prüfen
- Schrittverlust (Strom), z.B. durch
  - Elektrische Kontakte In Terminals wackeln
  - Überhitzung/Kühlungsfehler der Steuerung, Lüfter oder Steppertreiber
  - Kabelbruch
- USB-Übertragungsfehler (siehe EStop & ErrorCount im Log)
- GCode Fehler
- Ruckelgeräusche können auch vom Stepper verursacht werden, diese sind normal (passiert z.B, wenn von Koordinate X=0, Y=0 zu X=0,1, Y=540 gefahren werden soll > viel Y-Weg, aber ganz geringe X-Interpolation!)
- Riemenvibration

## Dip Switch Config Stepper Treiber

XYZA Einstellungen sind alle gleich konfiguriert!

Stepper	Decay	Schrittmodus	Phasenstrom
X	50% Fast (1 = off, 2 = on)	1/16 (3 = off, 4 = on)	2,5 A (5 = off ,6 = off)
Y	50% Fast (1 = off, 2 = on)	1/16 (3 = off, 4 = on)	2,5 A (5 = off ,6 = off)
Z	50% Fast (1 = off, 2 = on)	1/16 (3 = off, 4 = on)	2,5 A (5 = off ,6 = off)
A	50% Fast (1 = off, 2 = on)	1/16 (3 = off, 4 = on)	2,5 A (5 = off ,6 = off)

### Hinweise:

- Die Step Width (Schrittweite) in TNGv2 hat offenbar keinen fühlbaren Einfluss auf die Bewegung. Eingestellt sind 30µs
- „Nur wenn die Motoren ausschließlich langsam laufen, ist auf Slow Decay einzustellen. Umgekehrt gilt, wenn die Motoren ausschließlich schnell laufen, ist auf Fast Decay zu stellen. Für Universalbetrieb ist die Mittelstellung zu empfehlen“ → (50%)



- Slow Decay vs Fast Decay → <https://www.motioncontroltips.com/what-is-current-decay-in-a-stepper-drive>

## Steuer-PC

- Windows 10 Pro
- RAM: 8 GB RAM (4 Module a 2 von HP)
- CPU: Intel CPU G640 2,80
- Board: Fujitsu D3161-A1
- System: Fujitsu Esprimo E710 E85+
- HDD: Samsung EVO 860 500GB

## Stromverbrauchsmessungen

Verbraucher	Gemessener Leistungsbedarf
LED-Lampe	3 W
Steckdosenleiste mit Netzfilter + PC-Monitor im Standby + Frequenzumrichter im Standby	12 W
Steuerung eingeschalten (Grundstrom auf Schrittmotoren)	60 W
PC an + Monitor an + Frequenzumrichter im Standby	103 W
PC an + Monitor an + Frequenzumrichter im Standby + Steuerung eingeschalten (Grundstrom auf Schrittmotoren)	163 W
Steppermotor XYZ (einzeln)	30 W
PC an + Monitor an + Frequenzumrichter im Standby + Steuerung eingeschalten + XY Stepper Movement	230 W
PC an + Monitor an + Frequenzumrichter im Standby + Steuerung eingeschalten + Spindel an (24000 UPM)	260 W
PC an + Monitor an + Fräse im Betrieb (Spindel 24000 UPM, Werkzeug im Material, XY-Stepper in Bewegung)	330 W
Staubsauger Festool CTI I Mini auf Stufe 5/5 (niedrigere Stufen saugen weniger gut)	1200 W (minimum 350 Watt auf Stufe 1)

Version #7

Erstellt: 25 April 2025 15:03:27 von Mario Voigt

Zuletzt aktualisiert: 25 April 2025 16:14:08 von Mario Voigt