

Frei-Pfad-Planer

FreeCAD erzeugt G-Code für CNC-Fräsen

FreeCAD taugt nicht nur zum Entwerfen von Bauteilen, es enthält auch einen Arbeitsbereich, um Bewegungen einer CNC-Fräse zu planen. Das Open-Source-Programm kann teure CAM-Software ersetzen.

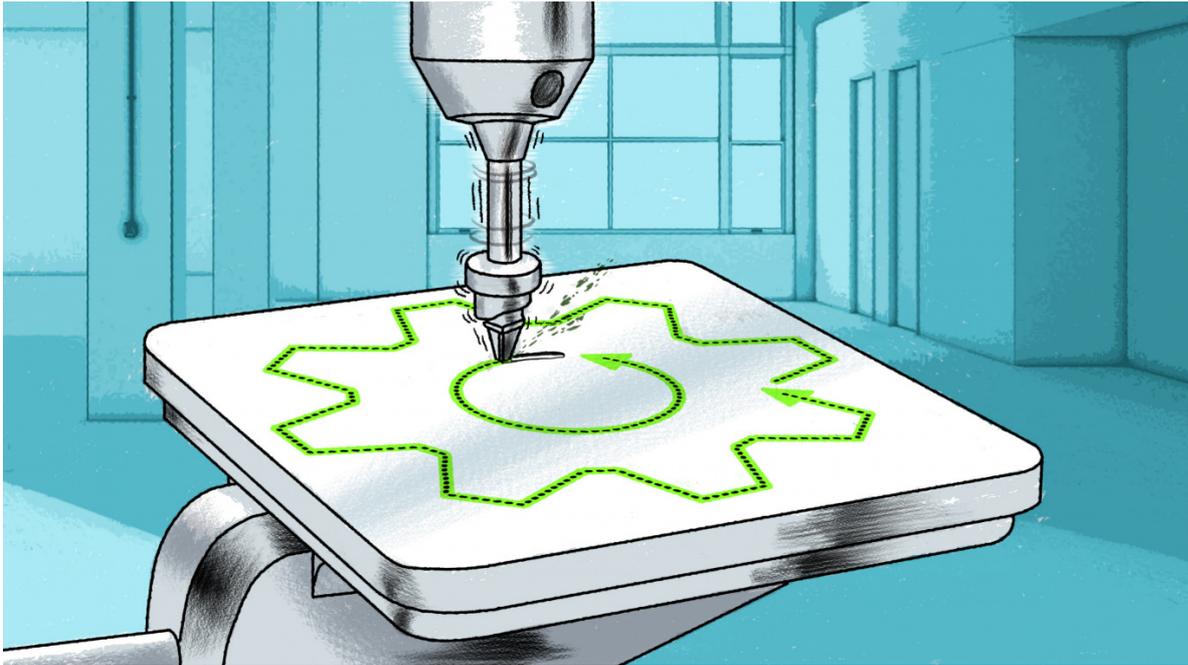


Bild: Thomas Kuhlenbeck

c't kompakt

G-Code-Programme mit Fräspfaden werden schnell zu lang, um sie per Hand zu schreiben. FreeCAD bietet ein durchdachtes grafisches Interface, um sie automatisch zu erzeugen. Sonst übernehmen teure CAM-Tools diese Aufgabe, die meist nicht unter Linux laufen. Das kostenlose FreeCAD funktioniert auf allen Desktop-Betriebssystemen.

Die Schneide aus gehärtetem Stahl beschleunigt auf 20.000 Umdrehungen pro Minute, die Z-Spindel setzt sich in Bewegung und drückt das wirbelnde Messer mit so viel Gewalt ins Metall, dass die Kristallstruktur des Aluminiums zerreißt. Die Späne brechen, wirbeln im Abluftstrom der Motorkühlung nach oben, geraten in einen Sog und verschwinden im Staubsauger.

CNC-Fräsen sind faszinierende Maschinen, weil sie enorme Kräfte entfalten und dennoch präziser arbeiten als ein Mensch das könnte. Zudem sind sie mächtige Maschinen, da sich mit ihnen Teile fertigen lassen, die man manuell nicht hinbekäme. In diesem Beispiel sind es Aluplatten, um einen 3D-Drucker zu versteifen, gefräst aus einem 5 Millimeter dicken Blech aus AlMg4,5Mn (eine Aluminium-Knetlegierung) auf einer Fräse namens OX-CNC [1]. Genauso entstehen aber auch Teile aus Holz oder Kunststoff. Wer eine stabilere Fräse als die OX-CNC besitzt, kann mit FreeCAD sogar die Bearbeitung von Stahl programmieren.

Obwohl sie sich raffiniert bewegen, enthalten CNC-Fräsen erstaunlich dumme Computer. Sie arbeiten stupide Programme in der sehr einfachen Programmiersprache G-Code [2] ab. Beobachten und Nachregulieren wie ein Mensch das machen würde, kennen CNC-Fräsen nicht: Das Programm schreibt die zu fräsenden Bewegungen vor

und die Maschine führt sie aus, egal wie sehr der Motor jault und die Maschine vibriert. Deswegen ist es die Aufgabe des Maschinenbedieners, ein G-Code-Programm so zu schreiben, dass die Maschine nicht überlastet wird und Maße und Reihenfolge aller Bewegungen korrekt festlegt.

FreeCAD kann ein solches G-Code-Programm mit Tausenden von einzelnen Befehlen automatisch erzeugen. Die dafür nötige "Path"-Workbench ist dabei. Die Bedienung ist ähnlich wie in kommerzieller CAM-Software, da aber einige Details anders funktionieren, zeigen wir den Workflow am Beispiel unserer Aluplatten vom Anordnen der Teile bis zum Export mit dem richtigen Postprozessor. Das Beispiel geht von einer mit GRBL- und cnc.js-gesteuerten OX-CNC aus. Die Formeln, um für Ihre eigene CNC-Fräse die richtigen Geschwindigkeiten zu wählen, finden Sie in [3].

FreeCAD installieren

FreeCAD können Sie von freecadweb.org herunterladen. Linuxern empfehlen wir wie üblich die Installation über die Paketverwaltung der Distribution oder als Flatpak. Für Windows und macOS laden Sie die Installer von der Website herunter. Wir haben mit Version 0.19 gearbeitet.

Wie oft bei freier Software ist FreeCAD schon lange mit einer Versionsnummer unter 1 im Umlauf. Mehr zur Versionierung von Software lesen Sie auf Seite 128. FreeCAD kann zwar noch nicht alles, was die Entwickler für Version 1 vorgesehen haben, ist aber durchaus für den produktiven Einsatz auch in Unternehmen geeignet.

Zeichnen oder importieren

Sie können alle Teile, die Sie fräsen wollen, direkt in FreeCAD entwerfen (wie das geht, erklärt [4]). Stattdessen können Sie aber auch STEP-Dateien importieren. Das heißt, Sie können für das Design auch jedes andere CAD-Programm benutzen. Wir haben beispielsweise Onshape [5, 6] verwendet, weil wir dort die Original-Pläne des EVA-Hotends für besagten 3D-Drucker in den virtuellen Zusammenbau der Maschine einbinden konnten. Um STEP-Dateien zu importieren, legen Sie zunächst mit Datei/Neu ein Dokument an und laden dann mit Datei/Importieren die 3D-Entwürfe.

Als nächsten Schritt empfehlen wir, die Objekte direkt so auszurichten, dass sie zum Koordinatensystem der Maschine passen. Dabei müssen Sie sich überlegen, wie Sie den Nullpunkt festlegen möchten und wo das Rohmaterial mit welchen Spannwerkzeugen auf der Maschine befestigt wird.

Als Rohmaterial diene uns ein quadratisches Blech mit 50 Zentimetern Seitenlänge. Unsere OX-CNC hat im Raster von 10 Zentimetern M5-Einschlagmuttern in der Opferplatte versenkt. Wir haben gute Erfahrungen damit gemacht, per Hand Löcher im Blech vorzubohren und das Blech mit M5-Schrauben in den Löchern zu fixieren. Sehr gut funktionieren auch direkt in die Opferplatte geschraubte Holzschrauben, da hier die Köpfe nicht stark über die Oberkante des Blechs herausstehen. Spannpratzen klemmen ebenfalls sehr gut, da sie aber höher sind, können sie mit der Z-Achse der Maschine kollidieren. Anfänger machen häufig Fehler bei der Aufspannung, was zu gebrochenen Fräsern oder Schrittverlusten führen kann und stets auch das Rohmaterial ruiniert.

Um all das leichter durchdenken und planen zu können, wechseln Sie zunächst in die Part-Workbench. Diese bringt Werkzeuge mit, um sehr schnell Grundkörper wie Quader und Zylinder zu erstellen. In der linken Seitenleiste, dem "Combo View" sehen Sie oben alle Objekte und unter der Unterteilung ihre Eigenschaften einschließlich der Position im Raum. Um unser Rohmaterial darzustellen, haben wir einfach einen Quader erstellt und seine Seitenlängen eingegeben. FreeCAD versteht Angaben mit Einheiten wie "5 mm" oder "50 cm".

Für die Positionierung müssen Sie entscheiden, wie Sie das Koordinatensystem für diesen Fräsauftrag ausrichten möchten. Meist ist es sinnvoll, den Nullpunkt auf der Oberseite des Materials zu positionieren, damit Sie diese vor dem Fräsen auf der Oberseite antasten können. Alle Bearbeitungsschritte finden dann mit negativen Z-Koordinaten statt. X und Y dürfen aber durchaus positiv sein, wofür Sie den Nullpunkt in der vorderen linken Ecke positionieren. Wir haben den Quader, der das unbearbeitete Blech darstellt daher so verschoben, dass seine vordere linke Ecke auf dem Nullpunkt liegt. Das Achsenkreuz am Nullpunkt blenden Sie mit der Tastenkombination A+C ein (es reicht, die Tasten kurz hintereinander zu drücken), falls es nicht zu sehen ist.

Puzzeln

Nun gilt es, alle zu fräsenden Teile so im Rohmaterial anzuordnen, dass wenig Verschnitt übrig bleibt, sich das Blech gut aufspannen lässt und die Teile genug Abstand haben, damit der Fräser dazwischen passt. Schalten Sie dafür das Rohmaterialobjekt zuerst mit Strg+D in den Gitternetzmodus. Danach haben Sie freie Sicht, um die Teile ins Rohmaterial zu puzzeln.

Wir haben die vor dem Fräsen gebohrten Befestigungslöcher für die Aufspannung mit 5 Millimeter großen Zylindern markiert. Für die Löcher erstellen wir keine Fräsbahnen, aber es hilft, beim Anordnen zu sehen, wo die Löcher sind. Falls Sie mit Pratzen spannen wollen, können Sie diese auch als komplexere Objekte in der Part-Workbench modellieren, um die Bewegungen gekonnt drumherum zu planen.

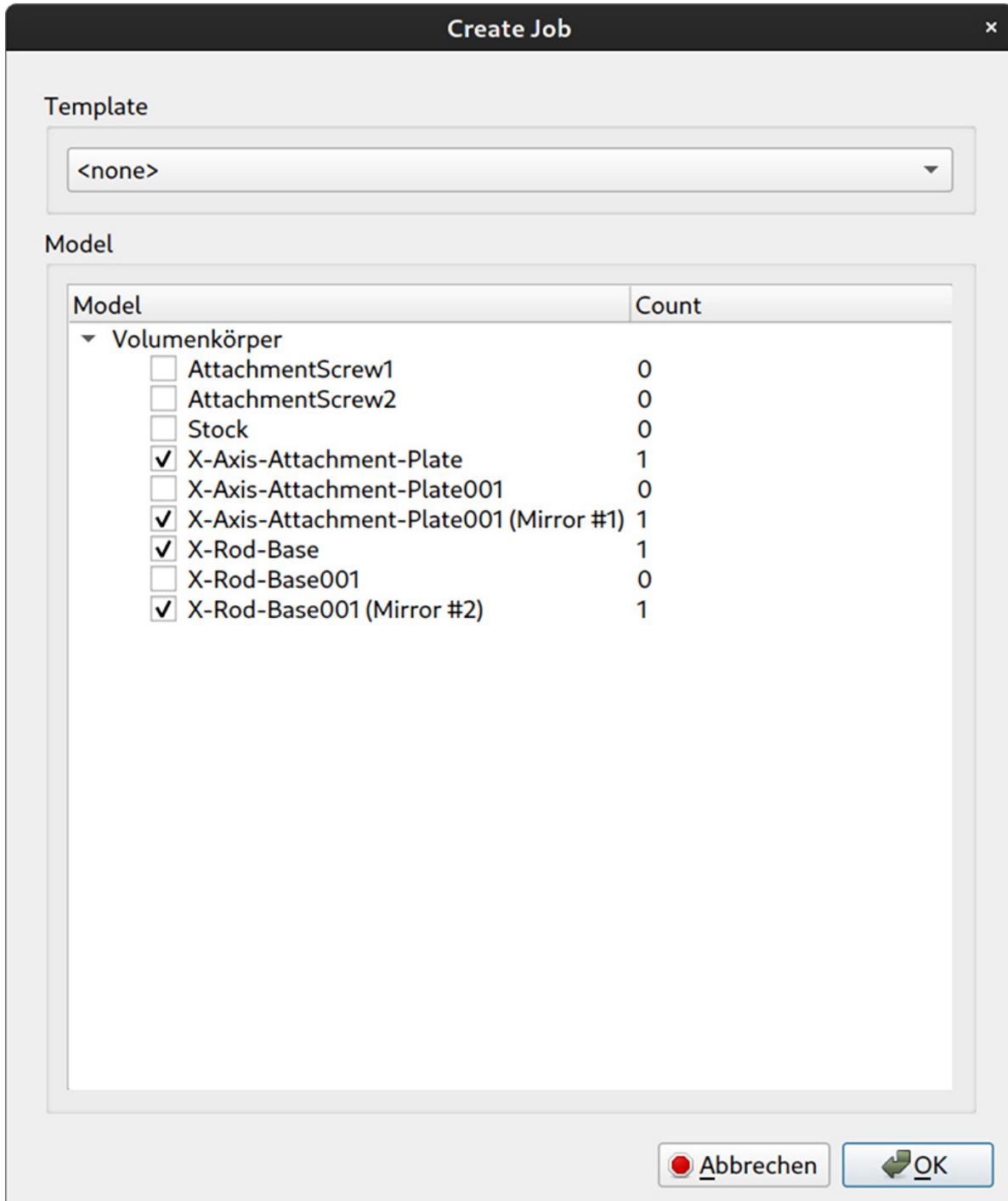
Um genug Abstand zu halten, müssen Sie wissen, welche Fräser Sie einsetzen. Wir haben unsere Pfade für einen einschneidigen Fräser mit 4 Millimetern Durchmesser geplant, da dieser mit einem Helix-Pfad schöne 5-Millimeter-Löcher fräsen kann. Profimaschinen, deren Spindel langsam genug für Spiralbohrer drehen kann, würden für Bohrungen einen Werkzeugwechsel vorsehen. Eine einfache CNC-Maschine mit weniger gut regelbarem Motor wie die OX macht auch mit einem kleineren Schafffräser und einer Helix, aber mit genug Zeit ausreichend exakte Löcher.

Beim Anordnen der Bauteile gilt es zuletzt noch zu bedenken, wie sie sich verhalten, wenn sie komplett ausgefräst sind. Wenn sich Teile während der Bearbeitung lösen können, besteht die Gefahr, dass der Fräser sie erfasst und

wegschleudert. Das beschädigt nicht nur das hergestellte Teil, sondern eventuell auch die Fräse und schlimmstenfalls ihren Besitzer. Üblicherweise umgeht man das Problem mit Haltestegen. Je mindestens drei Stege sollten das Bauteil mit einem festgespannten Teil des Rohmaterials verbinden. Stellen Sie sich schon beim Anordnen vor, wo Sie später die Haltestege positionieren möchten.

Pfade sammeln

Sobald alle Teile innerhalb des Rohmaterials positioniert sind, wechseln Sie zur Path Workbench. Dort erzeugen Sie einen "Job", ein Objekt, das im Combo View auftaucht, die Operationen bündelt und Grundeinstellungen für alle Bearbeitungsschritte speichert. Beim Erstellen wählen Sie zunächst die zu fräsenden Objekte, nicht aber Hilfskörper wie Pratten oder Zylinder, die Löcher markieren.



Der "Job" sammelt die Fräsbahnen für die Bearbeitungsschritte. Beim Erstellen wählen Sie zuerst aus, welche Objekte er bearbeiten soll.

Danach öffnen sich sofort die Einstellungen mit mehreren Reitern. Im ersten können Sie einen Namen und eine Beschreibung vergeben. Im zweiten stellen Sie den Postprozessor ein, also welchen G-Code-Dialekt FreeCAD exportiert. Für die OX-CNC mussten wir dort von "centroid" auf "grbl" umstellen.

Im Reiter "Setup" stellen Sie das Rohmaterial ein. Standardmäßig geht FreeCAD von einem Quader aus, der in alle Richtungen ein Millimeter größer als die Objekte ist. Wenn Sie im Drop-Down-Menü "Use existing Solid" auswählen, erscheint darunter ein weiteres Drop-Down-Menü, in dem Sie den Quader auswählen können.

Abbrechen OK

Job Edit

General Output **Setup** Tools Workplan Op Defaults

Layout

Stock

Use Existing Solid Refresh

Stock

Alignment

Move to Origin Set Origin

Center in Stock XY in Stock

Set

X-Axis Y-Axis Z-Axis

X=0 Y=0 Z=0

Link Stock and Model

Move - XY

← ↑ ↗

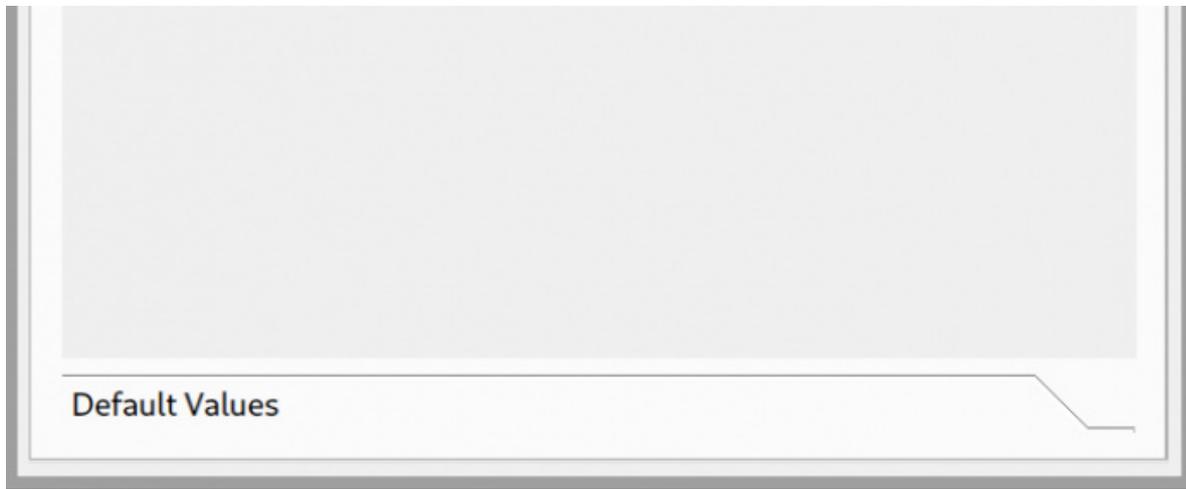
← 1,00 →

↙ ↓ ↘

Rotate - XY

↻ 90,00 ↻

Compound



Um die Fräsbahnen simulieren zu können, stellen Sie beim Job ein, wie das Rohmaterial aussieht. Im Beispiel haben wir dafür vorab einen Quader erstellt, den wir im Reiter "Setup" auswählen konnten.

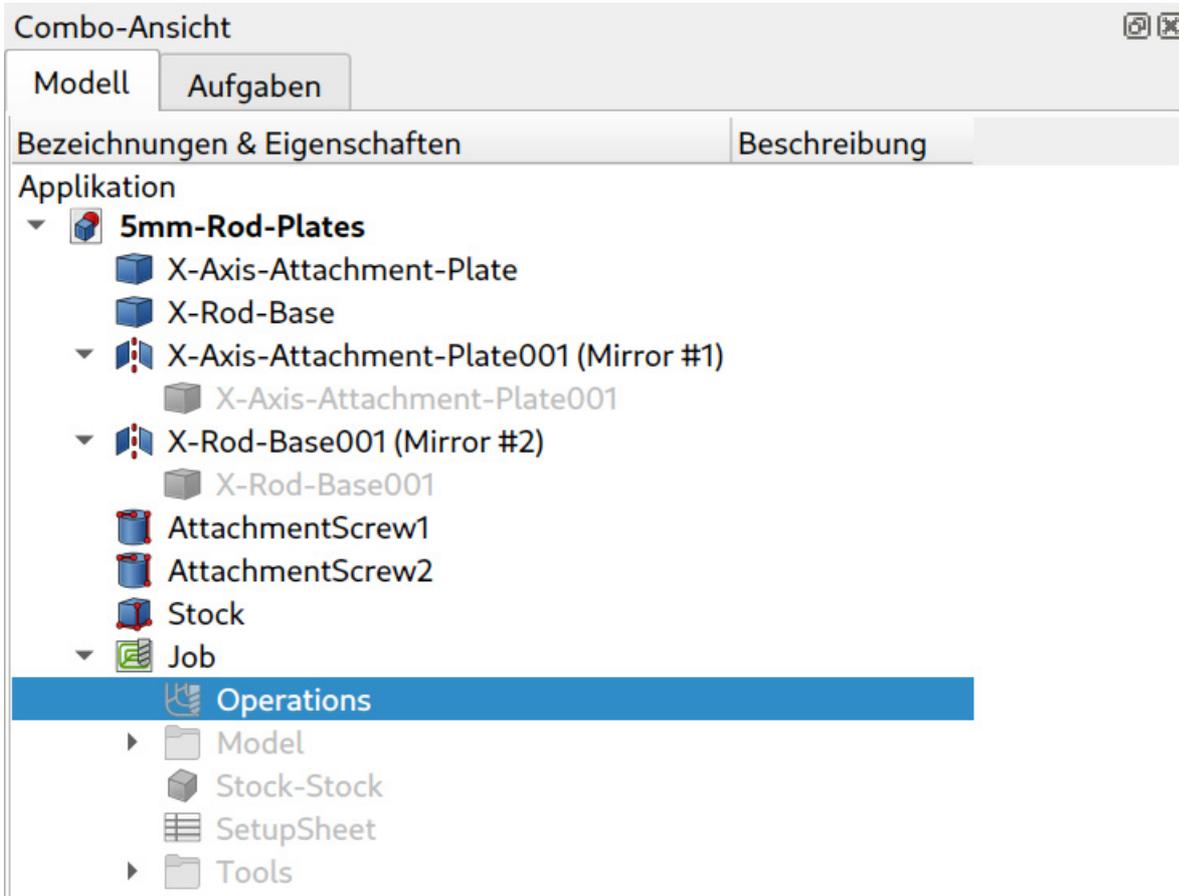
Unter "Tools" wählen Sie den Fräser aus. Mit der Tastenkombination P+T öffnen Sie eine Seitenleiste mit Ihrer Werkzeugbibliothek. Mit einem Klick auf den Button mit drei Fräsern öffnet sich ein Fenster, in dem Sie die Bibliothek bearbeiten können. Für die Form der Fräser bringt FreeCAD Beispielgeometrien für die üblichen Formen wie Schafffräser (EndMill) oder Fasenfräser (Chamfer) mit. Die Formen sind parametrisierte FreeCAD-Dateien im Verzeichnis /usr/share/freecad/Mod/Path/Tools/Shape. Sie können also eigene Formen hinzufügen, wenn Ihnen die neun mitgelieferten Formen nicht reichen. Für unser Beispiel haben wir einen Schafffräser mit 4 Millimetern Durchmesser und einer Länge von 20 Millimetern erstellt und in den Job eingefügt. Für eine bessere Übersicht haben wir das "Default Tool" gelöscht.

Name	#	↔ mm/s	↓ mm/s	Spindle
4mm_1Flute_Endmill001	1	6.66667	2.91667	+0

Den Vorschub stellen Sie beim Werkzeug ein. Dabei sollten Sie die Einheit mit angeben, beispielsweise "200 mm/min".

Wichtig ist, dass Sie danach sinnvolle Vorschubgeschwindigkeiten für horizontale Bewegungen und fürs Eintauchen einstellen. FreeCAD rechnet intern mit Millimetern pro Sekunde. Sie können aber die Einheit mit eingeben, sodass Sie die in GRBL üblichen Millimeter pro Minute nicht per Hand umrechnen müssen. FreeCAD speichert die Eingabe als Formel genauso, wie Sie sie eingeben, zeigt aber nach der Bearbeitung den umgerechneten Wert an.

Die beiden letzten Reiter brauchen Sie vorerst noch nicht. Sie kommen jederzeit mit einem Doppelklick auf den Job im Combo View zu den Reitern zurück. Wenn Sie beispielsweise später die Reihenfolge der Bearbeitungsschritte ändern möchten, geht das im Reiter "Workplan", der bei der Erstellung aber noch leer ist.

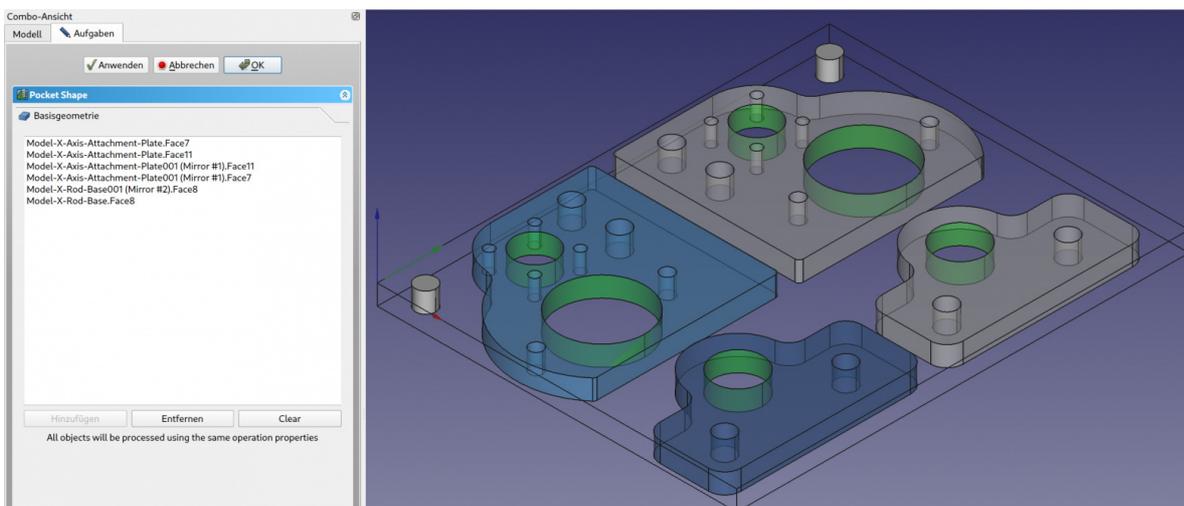


Im Job sammeln sich unter "Operations" die einzelnen Bearbeitungsschritte. Die Reihenfolge können Sie auch im Nachhinein noch mit dem Reiter "Workplan" in den Job-Einstellungen ändern.

Taschen fräsen

Nun sammeln Sie im Job Bearbeitungsschritte. Im Beispiel besteht der erste Schritt daraus, mehrere Taschen auszufräsen. Mit einer "Tasche" bezeichnen Maschinenschlosser ein Loch oder eine Vertiefung. Die Form des Teils gibt im Beispiel kreisrunde Löcher vor, da sie aber gefräst und nicht gebohrt werden, dürfen Taschen durchaus auch eckig sein. Lediglich in den Ecken ergeben sich zwangsläufig Rundungen mit dem Radius des Fräasers.

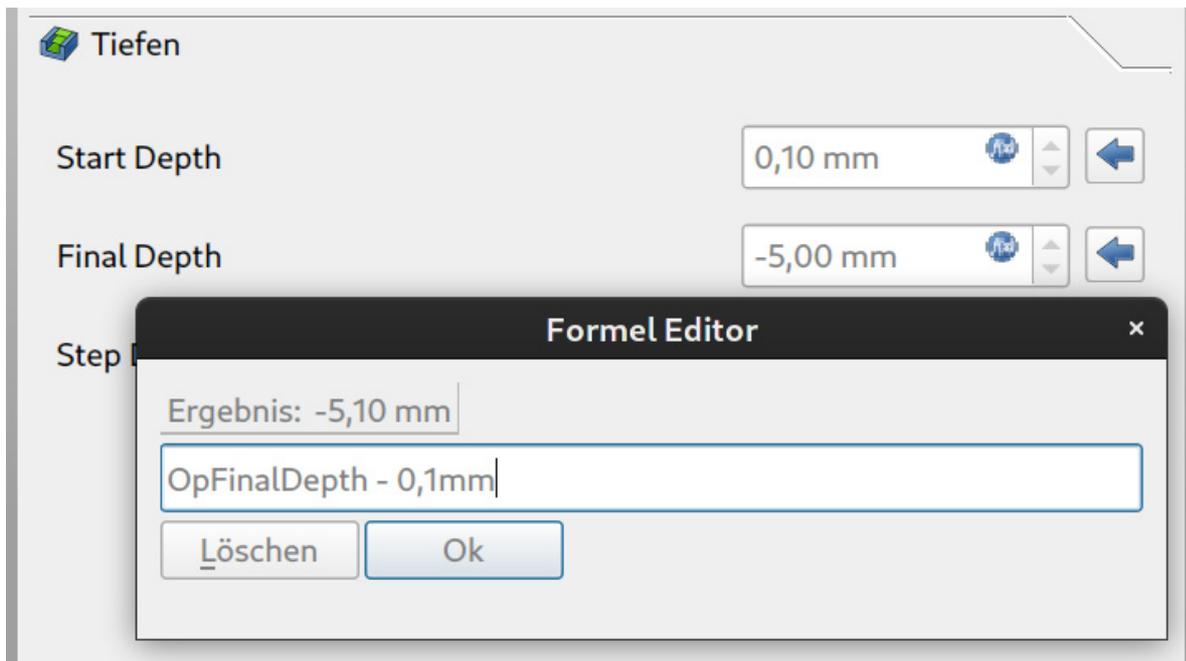
Jeder Bearbeitungsschritt bezieht sich auf eine "Basisgeometrie". Bei den Taschen wählen Sie dafür die Innenwände aus. Gehören die ausgewählten Flächen zu mehr als einem Loch, erzeugt FreeCAD automatisch Pfade für jede Tasche. Sie müssen aber alle gleich tief sein. Würde das Objekt weitere, nicht ganz durchgehende Vertiefungen vorgeben, müssten Sie dafür weitere Taschen-Operationen erzeugen.



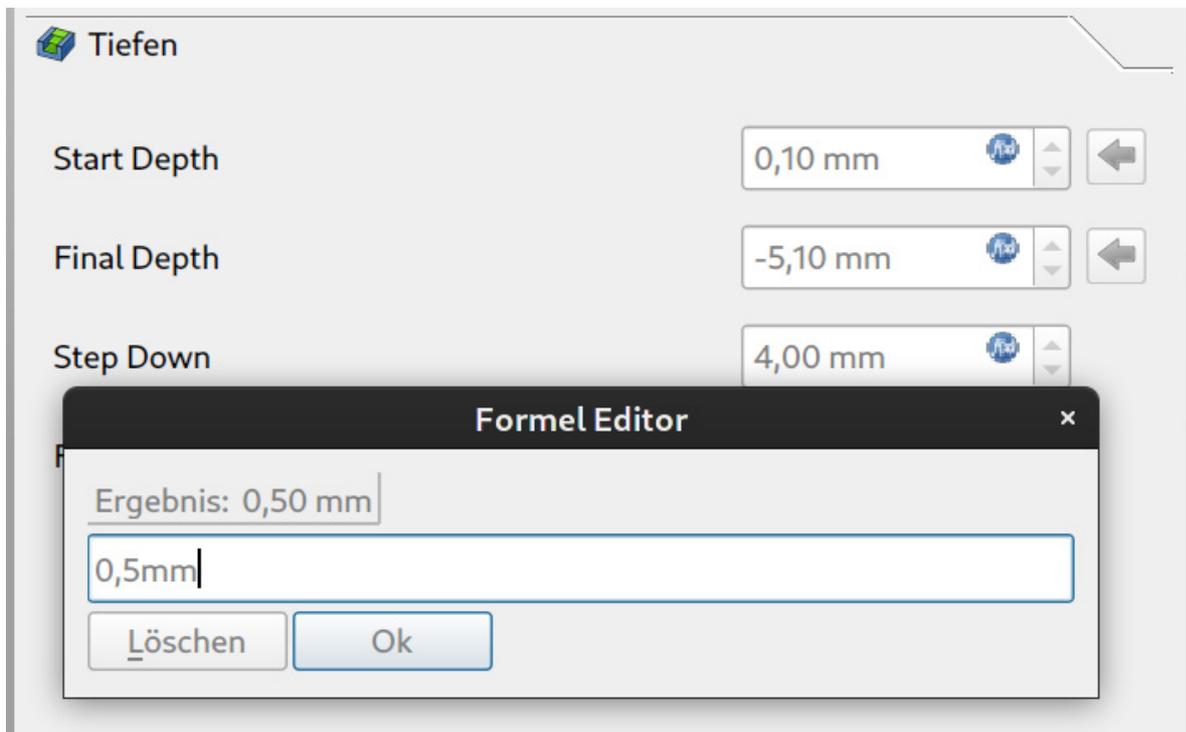
Jede Bearbeitung beginnt damit, dass Sie die Geometrie auswählen, auf die sie sich bezieht.

Gehen Sie für alle Bearbeitungen die vertikalen Reiter der Reihe nach durch. Der nächste Schritt sind die "Tiefen". Hier stellen Sie ein, wo die Fräsarbeit beginnt, in welcher Tiefe sie endet und wie viel Material der Fräser in jedem Durchgang maximal entfernen darf. Um nicht zu hart ins Material zu stoßen, empfiehlt es sich, ein kleines Stück über der Oberkante zu beginnen und unter der Unterkante zu enden, damit am Boden kein Steg übrig bleibt. Die Fräse wird dann einfach ein bisschen in die Opferplatte hineinfräsen. Dafür ist diese ja da. Die Standardeinstellung für die

Tiefenschritte (einmal Fräserdurchmesser) ist für die OX-CNC viel zu groß. Wir haben mit 0,5 Millimetern in Alu gute Erfahrungen gemacht.



Die Tiefeneinstellung kann auch mit Formeln arbeiten.



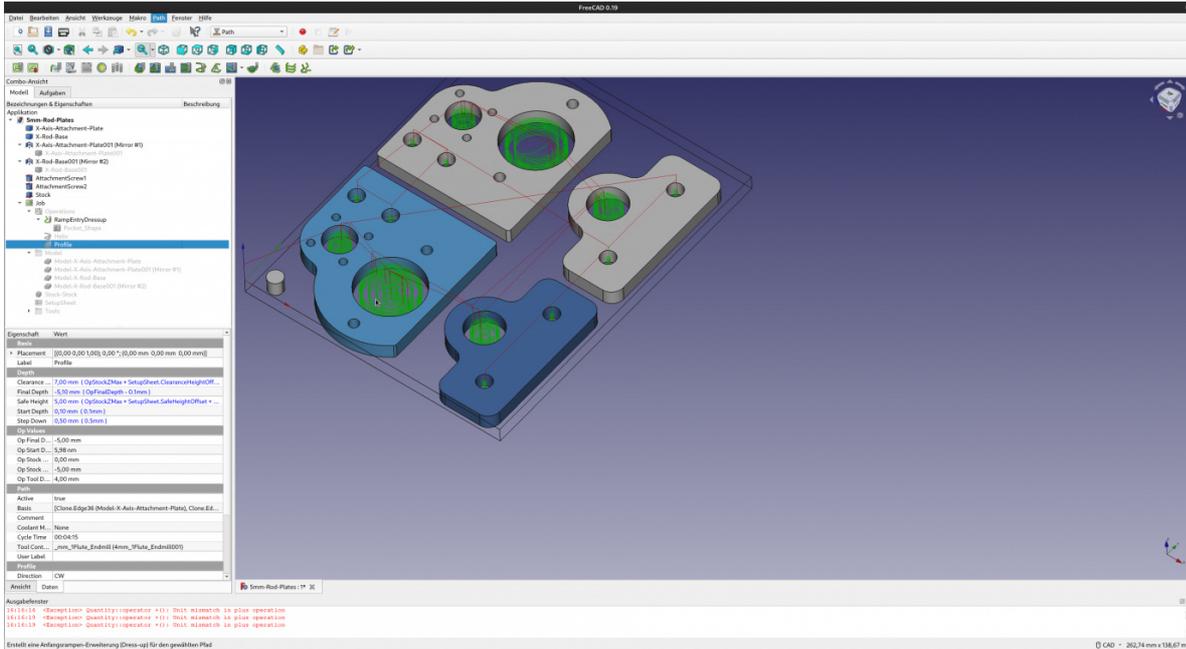
Stellen Sie bei den Tiefenschritten unbedingt einen für Ihre Maschine zumutbaren Wert ein. Für die OX-CNC sind in Alu 0,5 Millimeter realistisch.

Bei den "Höhen" können Sie die Standardeinstellungen oft stehen lassen. Stellen Sie genug Abstand ein, damit der Fräser beim Verfahren zum Startpunkt und zwischen den Taschen nicht mit Spanschrauben oder Prätzen kollidieren kann. Der Abstand darf aber auch nicht größer sein als die Verfahrsweite der Z-Achse.

Bei "Operation" sollten Sie stets prüfen, dass beim "Tool Controller" der richtige Fräser ausgewählt ist. Der "Cut Mode" stellt Gleichlauf- ("Climb") und Gegenlaufräsen ("Conventional") ein. CNC-Fräsen haben meist kein Spindelspiel und produzieren beim Gleichlaufräsen bessere Oberflächen. Wir haben in einem YouTube-Video erklärt, warum das so ist (siehe [ct.de/yjxg](https://www.youtube.com/watch?v=ct.de/yjxg)).

Das "Pattern" legt das Muster fest, mit dem der Fräser Material im Inneren der Tasche entfernt. "ZigZag" ist Standard, wir haben uns im Beispiel für "Spiral" entschieden. Bei "Step Over Percent" sollten Sie im Normalfall 50 einstellen, damit die Schneiden des Fräasers möglichst im 90°-Winkel ins Material eintauchen. Mehr spart Zeit, belastet aber die Maschine und den Fräser stärker; mit weniger entlasten Sie die Maschine. Meist ist es sinnvoller, die Tiefenschritte an die Belastbarkeit der Maschine anzupassen, statt einen ungünstigen Eintauchwinkel des Fräasers zu riskieren.

Taschen bearbeiten immer die Innenseite der Basisgeometrie. Bei Konturoperationen können Sie auswählen, ob der Fräser ihr innen oder außen folgen soll. Mit dem Anwenden-Button sehen Sie eine Vorschau der Pfade als grüne Linien in der 3D-Ansicht. Die Vorschau hilft, keine Fehler bei der Bearbeitungsseite und beim Muster zu machen.

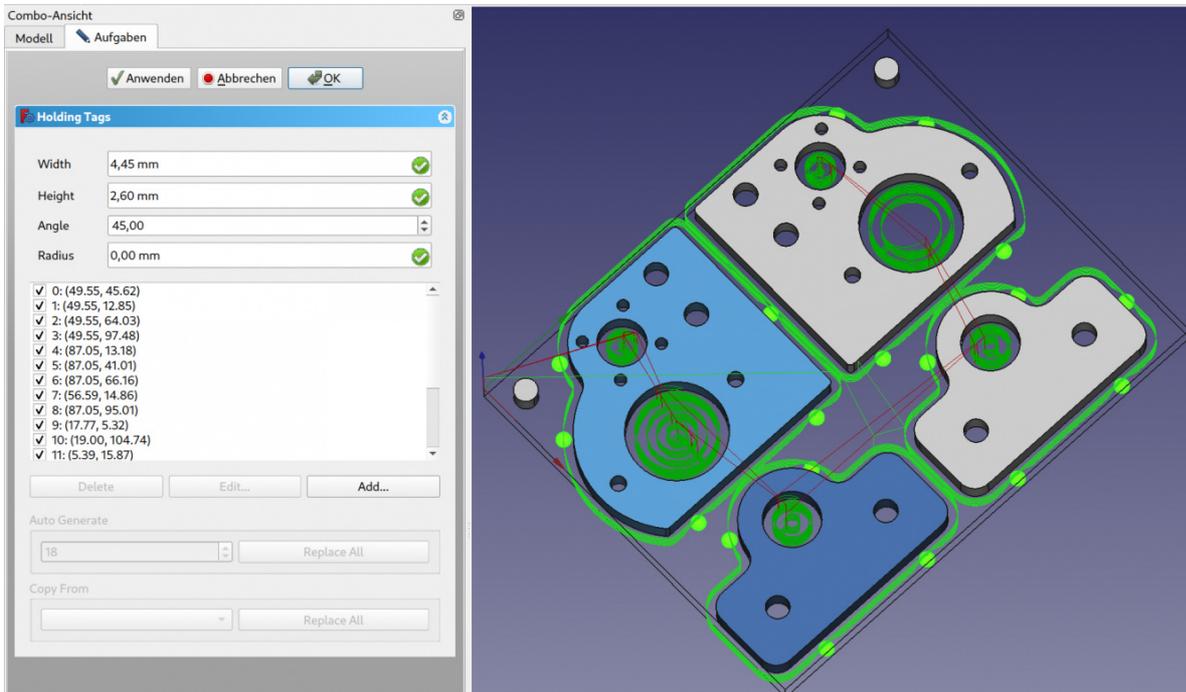


Die Pfade für Taschen entfernen auch das Material im Inneren. In der Vorschau erkennen Sie das an den grünen Linien im Abstand des halben Fräserdurchmessers.

Mit Dressups modifizieren

Die Konturoperation stellen Sie im Prinzip genauso ein wie die Tasche. Sie arbeitet mit Kanten statt Flächen als Basisgeometrie, weshalb Sie nach dem Auswählen der unteren Umrisskanten unbedingt die korrekte Starthöhe prüfen müssen. Der Rest der Einstellungen ist gleich oder sogar einfacher. Nach dem Klick auf OK entsteht ein Pfad, der die Teile aus dem Blech schneidet.

Ein solcher Pfad wäre jedoch gefährlich, da den frisch geschnittenen Aluteilen jede Verbindung zur Aufspannung fehlen würde. Abhilfe schaffen Haltestege, die Sie in der Konturoperation aber nicht einstellen können. FreeCAD löst das stattdessen mit einem "Dressup". Ein Dressup modifiziert einen bereits berechneten Pfad. Die verfügbaren Modifikatoren finden Sie im Menü unter Pfad/Pfad Dressups. Wählen Sie also zuerst die Konturoperation im Combo View aus und fügen sie dann über das Menü ein Haltesteg-Dressup ein. In der Seitenleiste können Sie nun die Stegflanken einstellen: Breite (10 mm reichen), Höhe (1,5 mm ist noch gut zu entfernen) und Steigungswinkel (45° passt). Darunter finden Sie eine Liste der Stegpositionen, einschließlich eines Buttons zum Hinzufügen. FreeCAD zeigt die Positionen als grüne Kugeln in der 3D-Ansicht an. Eine neue Stegposition können Sie mit einem Klick auf eine Stelle der grünen Pfadlinie in der 3D-Ansicht festlegen, mit dem Editieren-Button können Sie bestehende Stegpositionen auf gleiche Art umsetzen.



Das Haltesteg-Dressup fügt Stege an den mit grünen Kugeln markierten Stellen ein. Das klappt leider nicht immer, weshalb Sie prüfen sollten, ob die erzeugten Pfade tatsächlich Stege freilassen.

Ein Klick auf "Anwenden" macht die Stege sichtbar, da sich die grünen Pfadlinien an den Stegpositionen anheben. Unserer Erfahrung nach klappt das meistens ziemlich gut. Hin und wieder konnte FreeCAD unsere gewünschten Stege aber nicht erzeugen. Prüfen Sie also für alle Stegpositionen, ob FreeCAD sie tatsächlich umgesetzt hat.

Dressups lassen sich auch aufeinander anwenden. Sobald die Haltestege platziert sind, können Sie daher problemlos noch ein Eintauchwinkel-Dressup hinzufügen, damit der Fräser mit einer Rampe statt senkrecht ins Material fährt.

Simulation

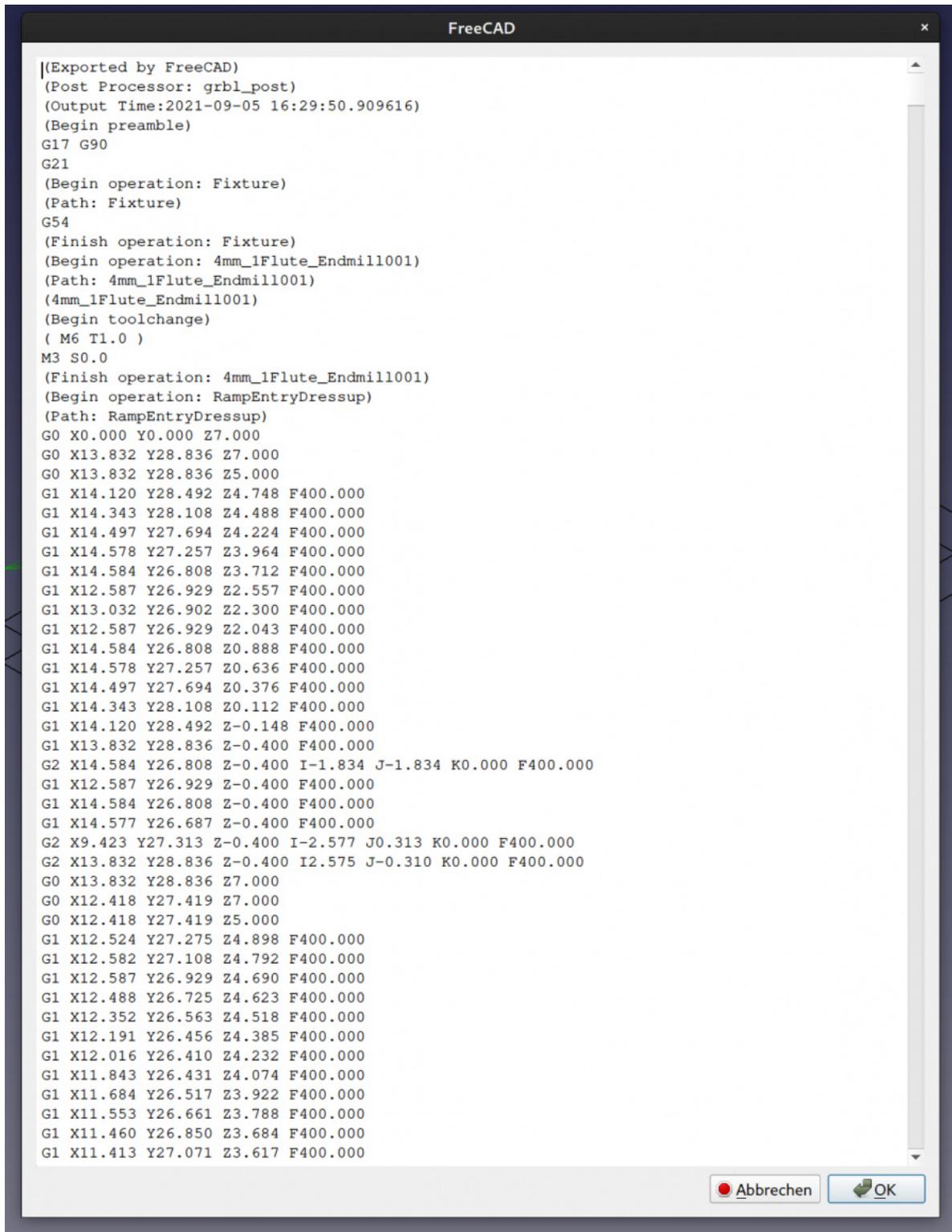
Die Fräspfade benutzen zwar Flächen und Kanten aus dem CAD-Design als Referenz, stellen aber nicht automatisch sicher, dass das ausgefräste Teil auch aussieht wie das virtuelle Objekt. Um zu prüfen, was die Pfade produzieren, integriert FreeCAD eine voxelbasierte Simulation der Bearbeitung. Sie nutzt ein Raster aus Würfelchen im Raum (Voxel), weshalb das virtuell gefräste Objekt ein wenig wie Minecraft aussieht. Um abzuschätzen, was die Fräse machen wird, ist die Simulation aber genau genug.

Eine neue Simulation erzeugen Sie mit der Tastenkombination P+M. Sie läuft schneller als in Echtzeit, braucht aber dennoch mehrere Minuten, um alle Bewegungen nachzuvollziehen. Sie starten sie mit dem Play-Knopf und können zuschauen, während sie läuft. Dabei sehen Sie, wo der Fräser entlangläuft und ob irgendwo Material stehen bleibt, das weggeschleudert werden könnte. Nehmen Sie sich dabei auch einen Moment Zeit, um vor auszusehen, ob eine der Bewegungen zu einer Kollision mit der Aufspannung führen könnte. Wir erwähnen das so oft, weil die meisten unserer Fehler mit der CNC-Fräse solche ärgerlichen und vermeidbaren Kollisionen waren.

Für den Export von G-Code ist die Simulation nicht notwendig, weshalb Sie sie löschen können, wenn Sie das Voxel-Objekt in der 3D-Ansicht stört.

Export

Erst beim Export passt FreeCAD Vorschübe und Koordinaten im G-Code an den Dialekt der Maschine an. Achten Sie deshalb beim Exportieren (Tastenkombination zweimal P) darauf, dass im Job der richtige Postprozessor ausgewählt ist. FreeCAD zeigt nach dem Auswählen des Dateinamens ein Fenster mit dem kompletten G-Code-Programm an. Für GRBL sollten dort hinter den F-Befehlen dreistellige Vorschübe stehen, was zeigt, dass die Umrechnung auf Millimeter pro Minute geklappt hat. Wenn die Vorschau gut aussieht, bestätigen Sie sie mit OK.



```

|(Exported by FreeCAD)
(Post Processor: grbl_post)
(Output Time:2021-09-05 16:29:50.909616)
(Begin preamble)
G17 G90
G21
(Begin operation: Fixture)
(Path: Fixture)
G54
(Finish operation: Fixture)
(Begin operation: 4mm_1Flute_Endmill001)
(Path: 4mm_1Flute_Endmill001)
(4mm_1Flute_Endmill001)
(Begin toolchange)
( M6 T1.0 )
M3 S0.0
(Finish operation: 4mm_1Flute_Endmill001)
(Begin operation: RampEntryDressup)
(Path: RampEntryDressup)
G0 X0.000 Y0.000 Z7.000
G0 X13.832 Y28.836 Z7.000
G0 X13.832 Y28.836 Z5.000
G1 X14.120 Y28.492 Z4.748 F400.000
G1 X14.343 Y28.108 Z4.488 F400.000
G1 X14.497 Y27.694 Z4.224 F400.000
G1 X14.578 Y27.257 Z3.964 F400.000
G1 X14.584 Y26.808 Z3.712 F400.000
G1 X12.587 Y26.929 Z2.557 F400.000
G1 X13.032 Y26.902 Z2.300 F400.000
G1 X12.587 Y26.929 Z2.043 F400.000
G1 X14.584 Y26.808 Z0.888 F400.000
G1 X14.578 Y27.257 Z0.636 F400.000
G1 X14.497 Y27.694 Z0.376 F400.000
G1 X14.343 Y28.108 Z0.112 F400.000
G1 X14.120 Y28.492 Z-0.148 F400.000
G1 X13.832 Y28.836 Z-0.400 F400.000
G2 X14.584 Y26.808 Z-0.400 I-1.834 J-1.834 K0.000 F400.000
G1 X12.587 Y26.929 Z-0.400 F400.000
G1 X14.584 Y26.808 Z-0.400 F400.000
G1 X14.577 Y26.687 Z-0.400 F400.000
G2 X9.423 Y27.313 Z-0.400 I-2.577 J0.313 K0.000 F400.000
G2 X13.832 Y28.836 Z-0.400 I2.575 J-0.310 K0.000 F400.000
G0 X13.832 Y28.836 Z7.000
G0 X12.418 Y27.419 Z7.000
G0 X12.418 Y27.419 Z5.000
G1 X12.524 Y27.275 Z4.898 F400.000
G1 X12.582 Y27.108 Z4.792 F400.000
G1 X12.587 Y26.929 Z4.690 F400.000
G1 X12.488 Y26.725 Z4.623 F400.000
G1 X12.352 Y26.563 Z4.518 F400.000
G1 X12.191 Y26.456 Z4.385 F400.000
G1 X12.016 Y26.410 Z4.232 F400.000
G1 X11.843 Y26.431 Z4.074 F400.000
G1 X11.684 Y26.517 Z3.922 F400.000
G1 X11.553 Y26.661 Z3.788 F400.000
G1 X11.460 Y26.850 Z3.684 F400.000
G1 X11.413 Y27.071 Z3.617 F400.000

```

Beim Export zeigt FreeCAD den erzeugten G-Code an. Am Code erkennen Sie, ob der richtige Postprozessor ausgewählt war.

Auf unserer OX-CNC laden wir danach diese Datei in cnc.js und prüfen in der dortigen Vorschau, ob die Fräsbahnen von der Größe und von der Lage des Nullpunkts zum aufgespannten Material passen. Danach starten wir den Motor, fahren den Nullpunkt an und aktivieren die Absaugung. Nach einem Druck auf den Play-Button in cnc.js läuft dann alles automatisch, während die Fräse dem G-Code-Programm folgt.

Unserer Erfahrung nach muss man sich an die richtigen Einstellungen mit verschiedenen Projekten herantasten. Für die optimalen Vorschubgeschwindigkeiten und Tiefenschritte lohnt es sich, mit jeder Fräser-Material-Kombination eine kleine Test-Fräsung zu machen. Welche Pfade beim Spantransport Probleme machen und wann die Maschine in Schwingung gerät, finden Sie bei den ersten Projekten heraus. Oft liefert die CNC auch mit suboptimalen Pfaden ein verwendbares Teil und jeder neue Versuch zeigt Wege, den G-Code für das nächste Teil noch ein bisschen zu optimieren.

FreeCAD macht als CAM-Tool für die heimische CNC eine gute Figur. Unter Linux gibt es wenig Alternativen. Die Pfadoperationen für übliche Konstruktionsteile funktionieren gut und der Workflow ist ähnlich schnell wie beispielsweise in Fusion360. Pfade für Gravuren und künstlerische Objekte lassen sich mit FreeCAD aber nicht oder

nur mit großer Mühe erzeugen. Außerdem scheitert das Programm hin und wieder beim Erzeugen von Haltestegen. Hier könnte aber jede neue Version Abhilfe schaffen, da FreeCAD seit vielen Jahren konsequent verbessert wird. Für Holz- und Metallprojekte auf der OX-CNC ist FreeCAD unser bevorzugtes CAM-Tool.

Literatur

1. Pina Merkert, Stark wie eine OX, Stabile Portalfräse OX-CNC selbst bauen, c't 7/2021, S. 142
2. Pina Merkert, Bewegungsprogramm, G-Code verstehen, programmieren und mit Python generieren, c't 25/2017, S. 174
3. Christoph Schmith, Feeds & Speeds, Optimale Parameter für die eigene CNC-Fräse finden, c't 8/2021, S. 118
4. Christoph Schmith, CAD-Content, 3D-Konstruktion mit FreeCAD, c't 13/2018, S. 140
5. Pina Merkert, Browser Aided Design, Einstieg in Onshape: 3D-Designs im Browser, c't 24/2020, S. 150
6. Pina Merkert, 3D-Modell selbst gezüchtet, Ersatzteile konstruieren mit Onshape, c't 4/2021, S. 146

Erklärvideo: Gleichlauf- und Gegenlaufräsen: [ct.de/yjxg](https://www.youtube.com/watch?v=ct.de/yjxg)

Pina Merkert

Quelle:	c't Heft 24/2021 S. 162-168
ISSN:	0724-8679
Ressort:	Praxis
Rubrik:	Fräspfade mit FreeCAD
Dokumentnummer:	2128408492767040761

Dauerhafte Adresse des Dokuments: https://www-wiso-net-de.ezproxy.hs-augsburg.de/document/CT__21fed37f26051a40db54f5cf02437e9b2f3bc1f8
Alle Rechte vorbehalten: (c) Heise Zeitschriften Verlag GmbH & Co. KG

 © GBI-Genios Deutsche Wirtschaftsdatenbank GmbH