

Es muss nicht immer gefrästes Metall sein ... 3D-Druck für Amateurfunkprojekte

von OE8WOZ

3D-Druck, speziell mit dem FFF-Prinzip („fused filament fabrication“), gibt es ja schon eine Weile. Oft als „Spielzeug“ abgetan, um sich irgendwelche „Staubfänger“ für das Schauregal zu drucken, kann man dennoch für relativ wenig Geld (speziell im Vergleich zu metallverarbeitenden CNC-Geräten) auch ganz praktische Dinge damit machen. Die Modellbauer haben 3D-Druck schon lange für ihre Zwecke entdeckt. Jeder, der sich mit dem Raspberry Pi oder Arduino beschäftigt, ist vermutlich auch schon über diverse Gehäuse auf Thingiverse [1] gestolpert. Bei solchen Lösungen, Modelle aus dem Web zu laden, ist man aber ziemlich eingeschränkt, wenn man die Modelle für eigene Zwecke modifizieren will. In diesem Beitrag möchte ich daher zeigen, wie man mit einfachsten Werkzeugen sehr schnell zu eigenen, druckfähigen Modellen kommen kann, und zwar ohne sich in aufwändige 3D-Programme einarbeiten zu müssen.

Ganz konkret möchte ich die Fertigung eines Halters für einen 3cm-Feed (der mir von Paul OE8PKR zur Verfügung gestellt wurde) an einem 60cm-Spiegel (den ich dankenswerterweise von Alfried OE8APK bekommen habe) zeigen. Die wesentlichen Maße dafür sind bekannt oder kann man sich einfach mit der Schiebelehre beschaffen: der Durchmesser der Halteöffnung am Spiegel und der Durchmesser des Feeds. Dazu kommen dann ein paar Zahlen, die man sich selbst überlegen kann, wie Materialdicke und Höhe der Halterung. Schließlich soll es auch was aushalten und nicht beim ersten Zusammenbauen zerbrechen, daher kann es da auch gern mal „1 mm mehr sein“. Mein Fokus ist natürlich Funktionalität – wenn auch dem Auge etwas geboten werden soll, lässt sich das Gezeigte aber leicht für kreative Extras am Werkstück nutzen.

Schritt 1 – die Modellerstellung:

Programme wie Autocad [2] oder Solidworks [3] sind vielen sicher ein Begriff. Aber auch, dass diese Programme eine steile Lernkurve erfordern, um damit effizient arbeiten zu können. Abhilfe dafür war SketchUp [4] – welches zuerst von Google gekauft und dann wieder verkauft wurde und aktuell von Trimble vertrieben wird. Alle diese Programme (und sicher noch einige mehr) haben eines gemeinsam: man muss schon sehr geschickt mit der Maus umgehen können, da sie vorrangig grafisch basiert sind. Manche werden jetzt sagen: „das stimmt so nicht ganz“ und das ist auch richtig – im Vergleich zu dem Programm, das ich gleich vorstellen will, denke ich ist die Aussage dennoch mehr als korrekt ...

Für mechanische Konstruktionen die man „nach Maß“ erstellen möchte, ist ein anderes Programm auch sehr gut, wenn nicht sogar besser, geeignet: OpenSCAD [5]. Hierbei handelt es sich um ein „skriptbasiertes“ Programm, man erstellt also die Modelle mit Hilfe einer einfachen Programmiersprache und kann sich das Ergebnis anzeigen lassen. Auch für manchen nicht so unwichtig: es ist absolut kostenlos, der Quelltext ist offen und es ist für PC (Windows und Linux) sowie auch für den Mac verfügbar.

Die Sprache von OpenSCAD definiert geometrische Körper wie „cylinder(H,D)“ und „cube([X,Y,Z])“, deren Drehung „rotate([X,Y,Z])“ und deren Verschiebung „translate([X,Y,Z])“. Natürlich gibt es auch die Möglichkeit, komplexere Formen zu erstellen. Der Rest ist dann einfach aus der Mengenlehre entnommen, indem man Körper vereinigt „union()“ oder Schnitt bildet „difference()“. Die Parameter werden praktischerweise gleich in Grad und mm angegeben. Natürlich kann man auch Variablen nutzen, Unterprogramme erstellen und Kontrollstrukturen wie Schleifen erstellen. Per Skript lassen sich dann z.B. zwei Halbschalen eines Modells erzeugen, indem man das Modell in ein Unterprogramm packt, zweimal aufruft und jeweils eine Hälfte des Modells mit einem Würfel, der größer als das Modell ist, mittels „difference()“ wegschneidet. Aber auch Strukturen wie Gewinde u.s.w. lassen sich damit „programmtechnisch“ mit Skalierungsfaktoren gut erstellen. Am besten lernt man die Möglichkeiten kennen, wenn man Skripte von anderen Usern studiert. Es werden auch einige Beispiele mit dem Programm geliefert, und in Thingiverse findet man ebenfalls manchmal OpenSCAD files.

Bild 1 zeigt die Software im Betrieb. Im linken Fenster „programmiert“ man

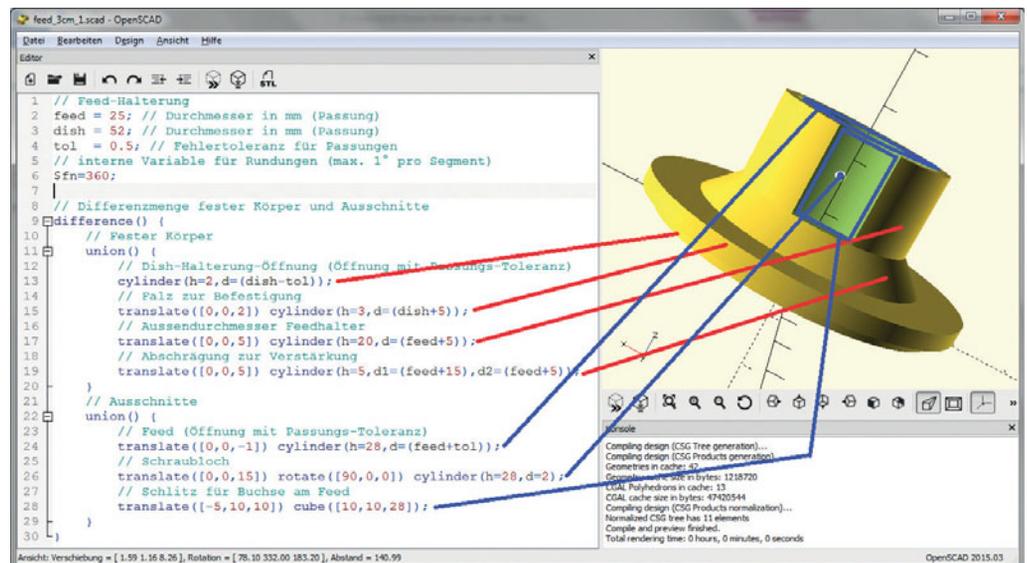


Bild 1: OpenSCAD mit dem Feed-Halter als Beispiel

sich die gewünschten Formen, im rechten Fenster bekommt man direkt das Ergebnis zu sehen, welches man im Raum auch noch drehen und zoomen kann. Das Beispiel zeigt auch die einfache Verwendung von Variablen, damit kann man dieses Modell leicht an andere Feed/Spiegel-Durchmesser anpassen. Auf aufwändige Fehlerabfragen kann man hierbei auch leicht verzichten. In diesem Zusammenhang sieht man auch eine wichtige Notwendigkeit beim FFF-Druck: ausreichende Toleranzen bei Passungen, da sich beim Auftragen des Filaments in der Regel immer etwas kleinere Öffnungen ergeben, als man vorher definiert hatte.

Was man im Bild sieht ist tatsächlich das ganze Skript, um den gezeigten Halter zu erstellen! Mit der Software erstellt man dann sogenannte STL-Dateien, das „Standardformat“ in der 3D-Druckwelt. Hierbei zu erwähnen: OpenSCAD kann auch STL-Dateien einlesen, um noch weitere 3D-Formen anfügen zu können – manchmal hilfreich, wenn man an ein Thingiverse-Modell noch etwas anbauen will. Modifizieren kann man diese eingelesenen STL-Dateien aber nicht mehr, das geht nur (teilweise stark eingeschränkt, je nach Art der STL-Datei) in Programmen wie SketchUp und Co.

Schritt 2 – Erzeugen von G-Code für den FFF-Drucker:

Diese Modelldateien im STL-Format muss man nun „slicen“. So nennt sich der nächste Prozess-Schritt, in dem man die 3D-Daten in einzelne Ebenen auflöst, die dann von unten nach oben am Drucker aufgebaut werden. Hierbei muss die Software entsprechende Überhänge erkennen und sogenannte Stützstrukturen miteinbauen, da der Drucker ja nicht „in der Luft“ eine Fläche beginnen kann. Bekannte Software dafür ist der Slic3r [6], Cura [7] oder kommerzielle Programme wie Simplify3D [8], welches ich nun kurz erkläre.

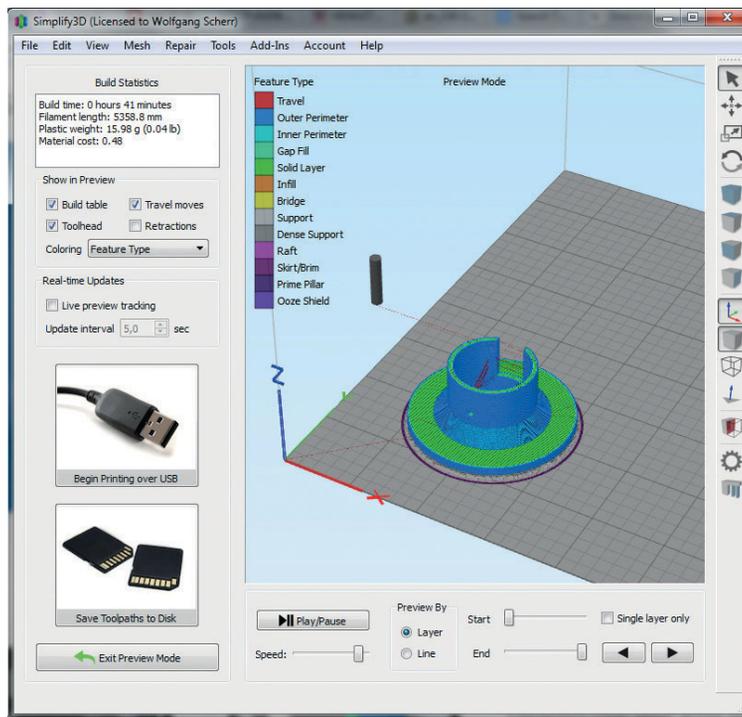


Bild 2: STL Modell in G-Code umgesetzt, inkl. Materialstatistik und dem 3D-Druck-Simulator

Letzteres macht es dem Nutzer einfach, da es bereits für viele Drucker vordefinierte Parametersätze beinhaltet. Gerade am Anfang ist das Gold wert, wenn man noch keine Ahnung hat wie verschiedene Temperaturen, Vorschubzeiten auf den diversen Ebenen oder der Rückzug des Filaments beim Positionswechsel des Kopfs (zur Vermeidung von Filament-Fäden) das Druckbild beeinflussen. Das hat mir zumindest einen frustfreien Start mit meinem Drucker aus China beschert. Wer sich einen hochwertigen Drucker wie z. B. den Ultimaker anlässt, sollte sich aber zuerst mit deren „Haus-Software“ Cura beschäftigen.

Allen Programmen ist gemein: sie erzeugen den Code, den der Drucker verarbeiten kann. Das Format ist zumeist dem von CNC-Maschinen sehr ähnlich (der sogenannte G-Code). Bild 2 zeigt das Ergebnis für das Beispiel des Feeds, zusammen mit ein paar wichtigen Daten: Der Druck wird weniger als 45 min dauern, das Filament dafür wird keine 50 Eurocent ausmachen.

Das ist vermutlich auch eine der größten Stärken dieses Verfahrens: der günstige Materialpreis. Wo sonst bekommt man ein Kunststoffgehäuse mit allen benötigten Aussparungen vollautomatisch erstellt – und das im Cent-Kostenbereich? Das gilt allerdings nur, wenn man nicht einem der verlockenden Billig-Angebote verfällt, wie man

sie von Tintenstrahl-druckern kennt: sehr günstige 3D-Drucker, die aber nur mit Filament-Kassetten eines bestimmten Herstellers arbeiten, welche ein Vielfaches der üblichen 10–30 €/kg (je nach Materialtyp und Qualität) kosten. Das Drucken wird damit auch nicht wirklich einfacher.

Wie man im Bild erkennen kann, bietet Simplify3D (wie auch viele andere Softwarepakete) die Möglichkeit, die Ergebnisdatei auf Disk zu speichern oder direkt auf den Drucker zu spielen.

Ich bin ein Freund der selbstständig arbeitenden Drucker. Der Preisunterschied zu PC-gesteuerten Geräten ist sehr gering geworden, vor allem bleibt der PC für andere Arbeiten frei. Zu schätzen wird man das vor allem dann lernen, wenn einem mal der Laptop mitten im Ausdruck in den „Schlafmodus“ gewechselt hat, weil man vor dem Ausdruck vergessen hat, dieses Feature abzuschalten oder man das Gerät nicht am Ladekabel angeschlossen hatte.

In der Regel sollte man dann den Druck besser wieder vergessen und von vorne beginnen, wenn die Schichten nicht ordentlich „frisch auf frisch“ gedruckt werden können. Und wenn dies bereits ein mehrstündiger Ausdruck war, geht man am besten erst einen Tee trinken um sich nicht zu sehr aufzuregen, hi ...

Schritt 3 – die Materialwahl und das Drucken:

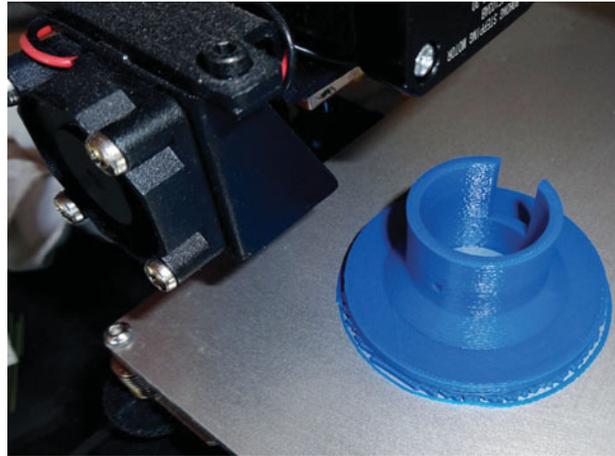
Für den 3D-Druck sind vorrangig zwei Materialien in Verwendung: PLA und ABS. bei PLA (oder Polylactide) handelt es sich um polymerisierte Milchsäuremoleküle. PLA ist in der Regel industriell kompostierbar, in der Natur wird sich das Material aber von selbst nicht zersetzen und ist sehr robust. Es ist auch recht gut resistent gegen Lösungsmittel, z. B. in Lacken. Christof OE8BCK testet gerade PLA-gedruckte Lampenhalter auf seinem Boot, ein Ergebnis

dieses Langzeittests steht aber noch aus. Wenngleich es sich also quasi um einen „Bio-Kunststoff“ handelt, werden die Stoffe in den Farbpigmenten fast nie klar deklariert. Dennoch bevorzuge ich dieses Material gegenüber dem ABS (oder Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymere), welches ich für deutlich umweltbedenklicher halte und dazu noch viel schwerer zu drucken ist. Vor allem löst sich ABS in Aceton und anderen Lösungsmitteln auf, was viele dazu nutzen, um mit Aceton-Dämpfen die Oberflächen von ABS-Werkstücke zu glätten oder Einzelteile zusammenzukleben.

Ein weiterer Nachteil von ABS – aus meiner Sicht: es erfordert höhere Verarbeitungstemperaturen und haftet initial deutlich schlechter am Bett des 3D-Druckers, daher ist hier oft ein zusätzlicher Haftgrund nötig. Ganz generell sollte der Drucker immer eine Druckbettheizung besitzen. Während man PLA (theoretisch) auch ohne beheizte Druckplatte verarbeiten kann (was ich aber stark bezweifle), benötigt ABS auf jeden Fall die Heizung. Diese soll sicherstellen, dass sich das Material nicht zu schnell abkühlt, wenn es am Bett haftet, da sich sonst das Werkstück leicht zusammenzieht und verformt.

Ich verwende einen sehr, sehr günstigen I3-kompatiblen Drucker aus China [9], den ich mir damals nur gekauft hatte, weil er so extrem günstig war, normale Filament-Spulen verarbeiten konnte und ich dachte, dass man schlimmstenfalls die Bauteile brauchen kann wenn das mit dem Drucken nichts wird. Vor allem kam er fertig zusammengebaut per Post an. Nach knapp 2 Jahren drucke ich aber noch immer damit und will eigentlich nichts anderes. Natürlich kann man sich nicht die Qualität eines High-End-Geräts erwarten (nach nicht mal 1 Jahr Benutzung sind einige der Lauflager stark „angeschlagen“), für schnelle Prototypen ist das aber mehr als ausreichend.

Vor allem: wenn man sich mit so einem Gerät mal mit der Materie beschäftigen konnte und gelernt hat, auf was man achten muss, ist immer noch Zeit genug sich ein besseres Gerät in der 1000-Euro-Klasse zu kaufen (eventuell dann auch eines mit mehr als einem Druckkopf o.ä.). Es sei hier erwähnt, dass es Firmen wie z.B. Reprap gibt [10], die Drucker in Österreich fertigen



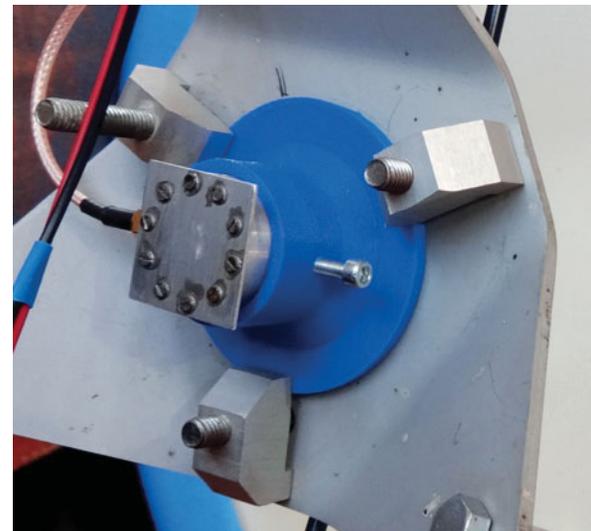
links – Bild 3: Das gedruckte Werkstück beim Auskühlen auf der PEI beschichteten Alu-Dauerdruckplatte

unten – Bild 4: Feed-Halter am Spiegel verbaut

bzw. vertreiben und auch weiterhelfen können. Denn die meiste Arbeit liegt ohnehin darin, Erfahrung im Umgang mit dem Material zu bekommen: wie viel Filament-Vorschub braucht man wirklich? Für welches Material ist welche Düsentemperatur optimal? Wo baut man die Stützstellen bei Überhängen und Öffnungen ein und welche Vorschubgeschwindigkeiten sind da optimal?

In Bild 3 sieht man das Ergebnis des Ausdrucks. Schön zu erkennen sind die Stützstrukturen am Rand, um den Falz (= flacher Überhang) an der Spiegelhalterung drucken zu können. Auch zu erkennen sind die rauen Oberflächen, die durch die zusätzlichen Vibrationen der beschädigten Lauflager im Schlitten zu Stande kamen. Damit muss man bei einem Ultra-Low-Cost-Drucker einfach nach einer Weile intensiver Benutzung rechnen. Einen anderen wesentlichen Nachteil außer die mäßige Oberflächengüte habe ich aber noch nicht festgestellt.

Viele Benutzer haben vor allem Probleme mit der Haftung vom Material am Bett. Wenn die 10. Höheneinstellung noch immer nichts gebracht hat, wird der Grund wohl ein anderer sein. Auch die Qualität/Toleranz des Druckers kann es nicht wirklich sein (zumindest nicht, was dieses Thema angeht – das ist eher bei der Gesamtqualität des Drucks wichtig). Ich sehe die Gründe ganz wo anders: die üblichen, mitgelieferten normale Glas- oder Aluplatten sind nicht gut zu gebrauchen. Die „Uhu-Stick-Methode“ als Haftgrund vor dem Drucken ist aus meiner Sicht



eine ziemliche „Patzerei“ und hilft nur bei ABS halbwegs gut – schlimmstenfalls muss man das Werkstück mit etwas Gewalt loslösen. Diverse „Wunderhaft-Folien“ kosten viel Geld und sind nach ein paar Drucken bereits zu tauschen – entweder sie halten gar nicht oder lassen das Material gar nicht mehr los. ABS haftet generell schon sehr schlecht und braucht hohe Arbeitstemperaturen, warum sich also mit diesem Material herumärgern ...

Mein persönliches 3D-Druck Erfolgsrezept war:

- ausschließlich PLA-Material in der mittleren Preisklasse, kein Billigmaterial, immer mit einem 1 kg-Sack Silica-Gel in „luftdicht“ geschlossenen Behältern gelagert (PLA muss trocken bleiben).
- eine plangefräste Alu-Dauerdruckplatte mit PEI-Beschichtung montieren (direkt auf die FR4-Heizplatte gelegt, die Höheneinstellschrauben halten die Platten gut genug

zusammen und Wärme steigt ja ohnehin auf) – es ist das Geld wert!

- Wichtig bei der PEI-beschichteten Platte: solange das Bett noch warm ist, bekommt man das Modell nicht herunter. Ja, es geht wirklich nicht ab – auch nicht mit Gewalt – da zerbricht das Modell eher vorher. Ist die Platte dann vollständig abgekühlt, fällt es quasi von selbst ab, ganz ohne Werkzeug.
- Ausreichend hohe Bett-Temperatur – lieber ein paar Grad höher als zu niedrig (daher stellt Simplify 3D – zumindest bei meinem Drucker – die Druckdatei so her, dass der Drucker zuerst das Bett aufwärmt und erst bei Erreichen der Bett-Temperatur den Extruder aufwärmt, während das Bett noch etwas weiter nachheizen kann).
- Die Materialmenge durch den Extruder für die erste Lage um ein paar Prozent erhöhen und zusätzlich die erste Schichthöhe etwas niedriger als die Standard-Schichthöhe wählen. Das muss man vorsichtig machen und nur soweit, bis man eine zuverlässige Haftung erhält, da zu viel Material auch zu einem Materialüberschuss führt, der z.B. an der Unterkante einen unschönen Wulst erzeugen kann. Wird der Abstand aber zu gering, kann der Extruder das Material gar nicht mehr auf das Bett bringen. Viel Auflagefläche des Modells am Bett ist generell hilfreich.
- Geduld – bis ich die für mich optimalen Settings gefunden habe, hat es eine Weile gedauert und einige Experimente gebraucht, in denen ich nur 1–2 Schichten gedruckt habe.

Und ich habe NICHT auf andere z.B. in Internetforen gehört und versucht deren Settings zu übernehmen. Das kostet nur Zeit und Ärger – denn jeder hat anderes Material und ein anderes Setup, bei manchen war ich nicht mal sicher, ob sie selbst so genau wussten was sie taten. Ich habe daher mit Standard-Settings für meinen Drucker im Slicer begonnen und immer einen Parameter nach dem anderen sorgfältig angepasst und die Auswirkungen beobachtet.

Die Schichthöhe der ersten Lage im Programm zu ändern ist oft genauer, als zu versuchen das beim Höhenabgleich des Betts mit den Justierschrauben einzustellen. Es ist schon schwer genug, das Bett plan zum Druckkopf zu bekommen. Daher ändere ich mechanisch am Drucker auch nichts mehr, auch nicht vor einem neuen Druck. Ich schalte tatsächlich mein Gerät ein, lege die SD-Karte ein, wähle die Datei aus und gehe wieder – ich warte nicht mal den Druck der ersten Schicht ab.

Einmal richtig eingestellt und die passenden Settings gefunden macht das Drucken viel Spaß und ist auch sehr

effizient, weil es den Arbeitsaufwand auf wenige Minuten reduziert. Das eher mäßige Druckergebnis des Billig-Geräts tut der Funktion keinen Abbruch, wie man in Bild 4 erkennen kann. PLA ist ein recht hartes Material, daher ist es kein Problem wie hier gezeigt ein M3-Gewinde für eine Edelmetallschraube vorzusehen (immer auch erst wie in Metall in der richtigen Größe vorbohren). In der nächsten Variante würde ich hier allerdings noch einen breiteren Steg an dieser Seite vorsehen (einfach noch einen Quader hochkant neben dem Zylinder platziert), da in diesem Fall nur 2,5mm Gewindehöhe vorhanden sind, was auch z.B. für Aluminium recht wenig ist und leicht ausreißen kann.

Das war nur ein Beispiel für den praktischen Einsatz eines 3D-Druckers im Amateurfunk. Viele andere Beispiele sind vorstellbar, wie z. B. schöne Kunststoff-Gehäuse [11]. Ich hoffe mit dem Beitrag den einen oder anderen OM die Startschwelle genommen zu haben, indem ich gezeigt habe, dass es doch gar nicht so kompliziert ist, eigene Werkstücke zu modellieren und auszudrucken!

73 de Wolfgang OE8WOZ

Referenzen:

- [1] <http://www.thingiverse.com/search?q=raspberrypi&sa=>
- [2] <http://www.autodesk.com/products/autocad>
- [3] <http://www.solidworks.com/>
- [4] <https://www.sketchup.com/de>
- [5] <http://www.openscad.org/>
- [6] <http://slic3r.org/>
- [7] <https://ultimaker.com/en/products/cura-software>
- [8] <https://www.simplify3d.com/>
- [9] <http://wanhao3dprinter.eu/wanhao-duplicator-i3-3d-printer>
- [10] <http://www.reprap.cc/>
- [11] <http://adl802.oevsv.at/gehaeuse-fuer-dvme-ga-mit-rf-ambe-und-lf-modul/>



UKW-ECKE

UKW-Referat: Thomas Ostermann, OE7OST, oe7ost@oevsv.at
UKW-Contest: Franz Koci, OE3FKS, ukw-contest@oevsv.at

Termine zur ÖVSV-UKW-Meisterschaft 2017

Contest	Datum	Uhrzeit
2. Subregionaler Contest	ab 2 m	6.–7. Mai
Mikrowellencontest	ab 23 cm	3.–4. Juni
Alpe Adria UHF Contest	ab 70 cm	18. Juni
3. Subregionaler Contest	ab 2 m	1.–2. Juli
Alpe Adria VHF Contest	nur 2 m	6. August
IARU Region 1 VHF Contest	nur 2 m	2.–3. September
IARU Region 1 UHF Contest	ab 70 cm	7.–8. Oktober
Marconi Memorial Contest (CW)	nur 2 m	4.–5. November

Bitte die Logs an ukw-contest@oevsv.at senden und einen eindeutigen Dateinamen, beginnend mit dem Rufzeichen (z. B. OE3FKS-02032015-145.edi), vergeben!

Viel Spass und Erfolg beim Contesten!

73 de Franz, OE3FKS