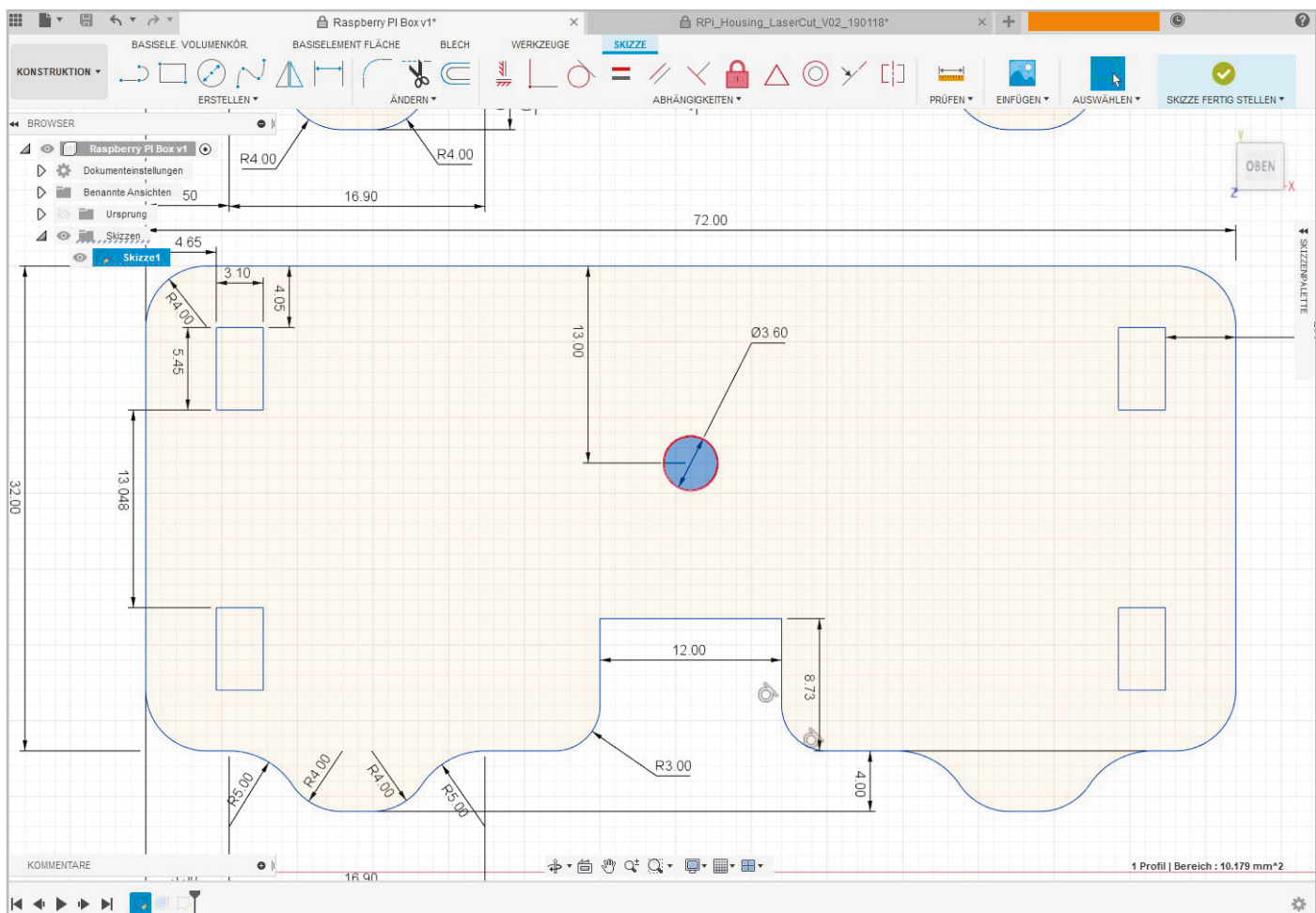




Von der Idee zum Objekt

Einstieg in das Computer-Aided Design (CAD) Teil 3

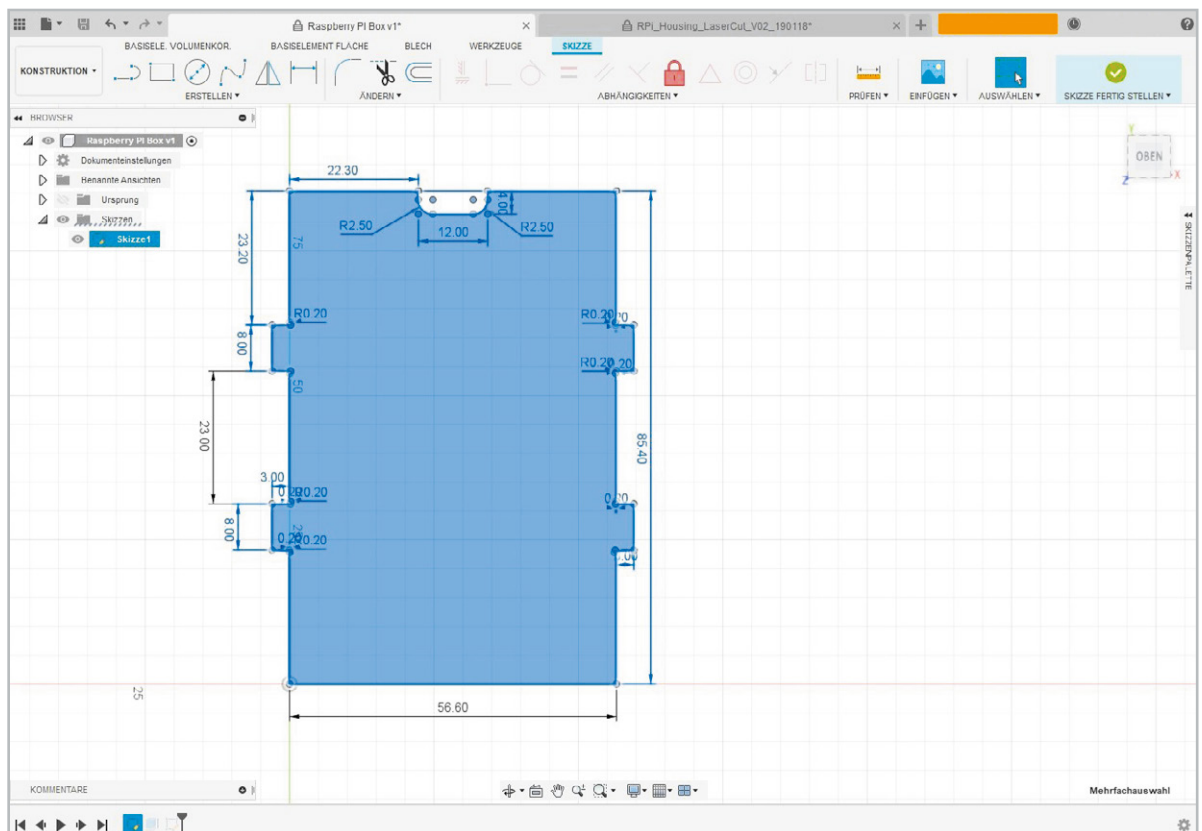
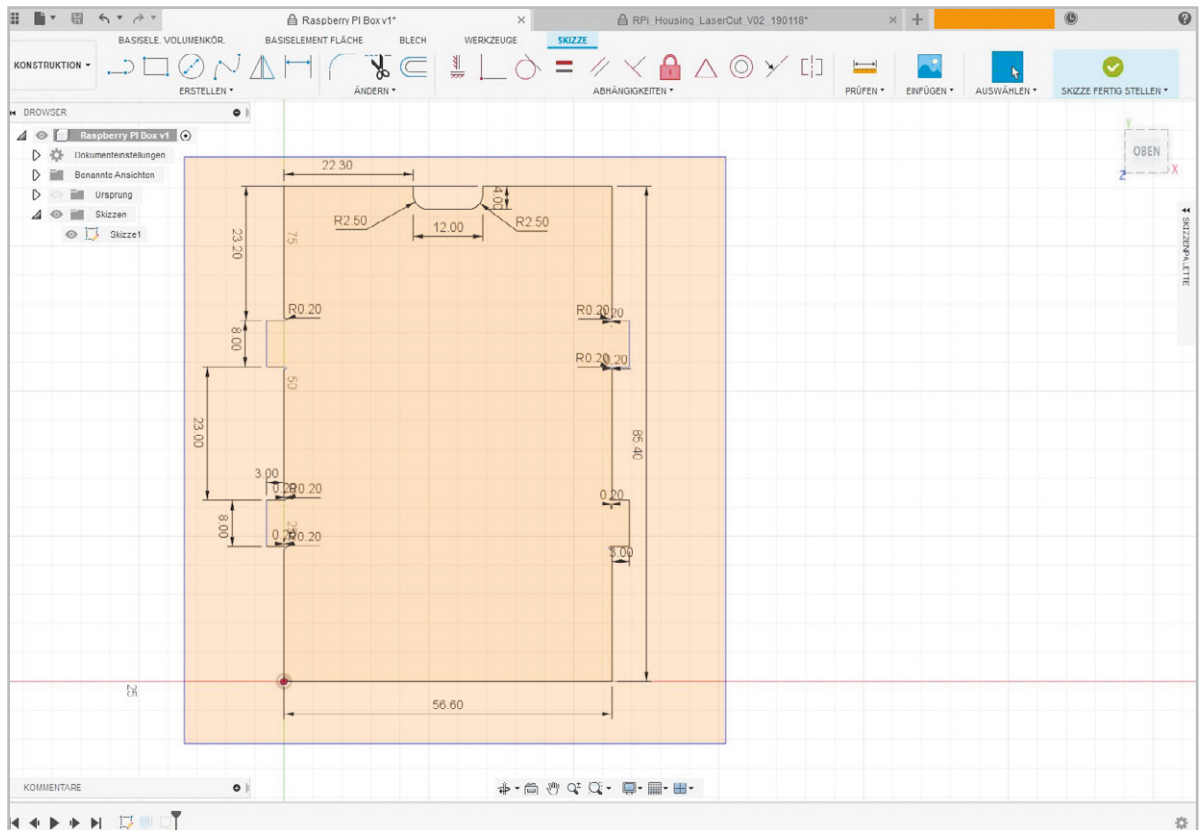
Viele mechanische Teile und Formteile in der Industrie und in immer mehr Hobbykellern, Makerspaces und Fablabs werden heute mit CNC-Fräsen, Lasercuttern und 3D-Druckern erstellt. Im ELVjournal beschreiben wir anhand eines konkreten Projekts Schritt für Schritt den Weg zu einem selbst erstellten Objekt. Unser Vorhaben: die Konstruktion eines Gehäuses für den Raspberry Pi Power-Controller aus dem ELVjournal 2/2019. In dieser Folge führen wir weitere Schritte der Konstruktion durch und werfen einen Blick auf das Open-Source-Programm OpenSCAD.



In diesem Teil zeigen wir Ihnen, wie Sie weitere Bauteile unseres Raspberry-Pi-Gehäuses herstellen. Zunächst erstellen Sie die Frontplatte bzw. die Oberseite des Gehäuses. Dazu öffnen Sie wieder die zuvor ([in Teil 2 der Artikelreihe \[1\]](#)) erstellte Skizze.



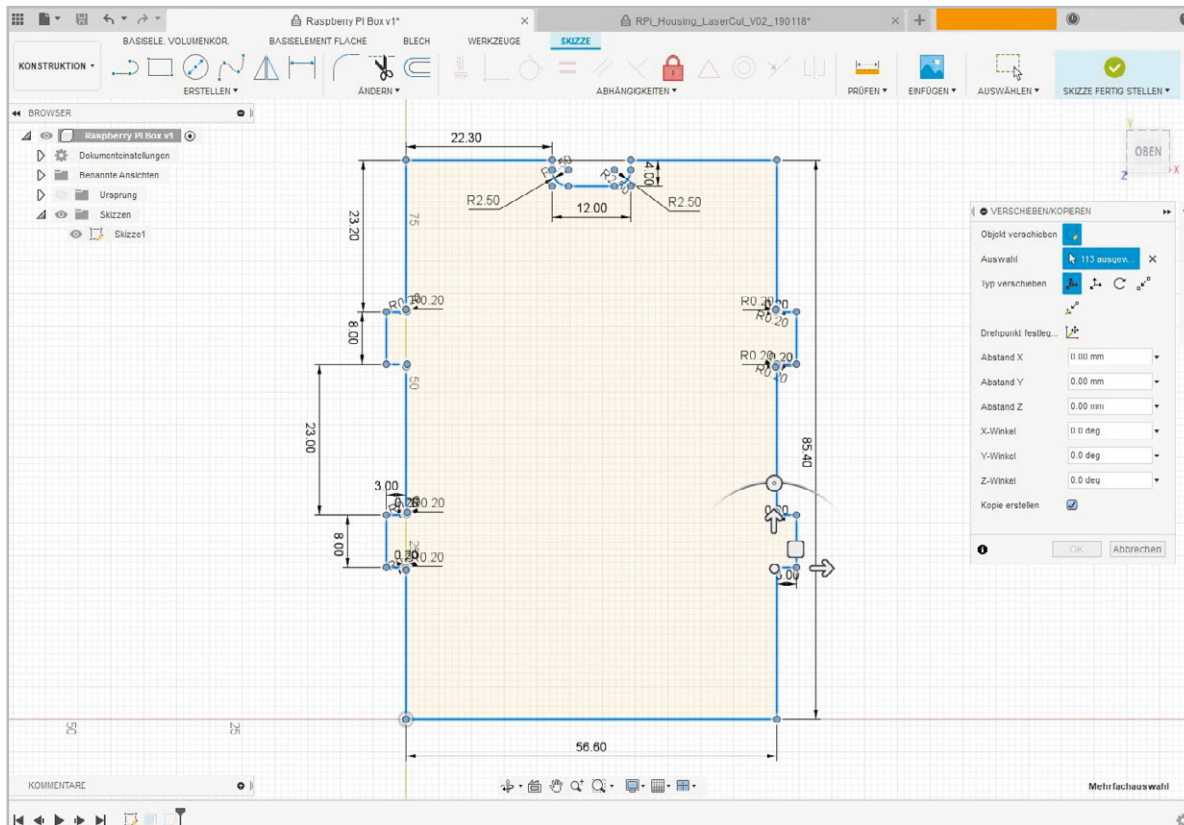
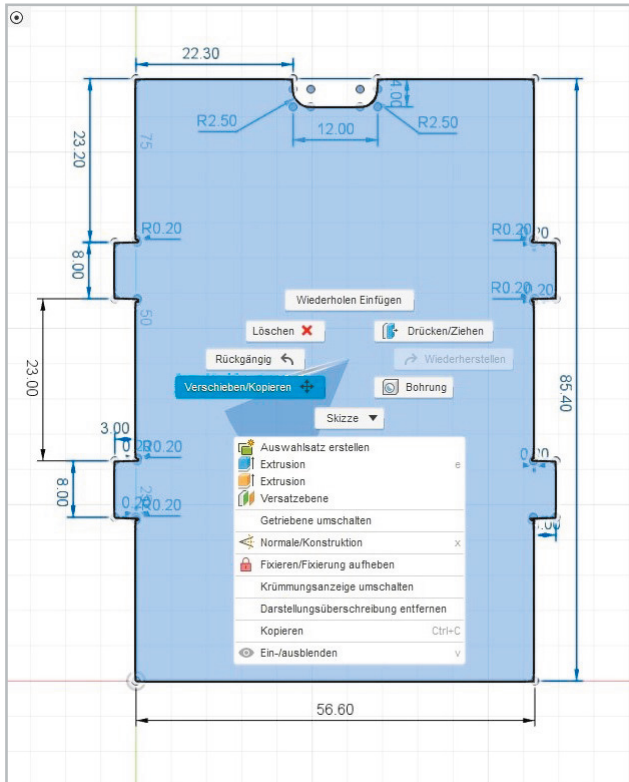
- 1 Sie markieren die gesamte Skizze, indem Sie oberhalb und neben der Skizze ins Feld klicken und die Maus gedrückt halten. Beim Bewegen des Cursors entsteht ein oranges Rechteck. Dieses ziehen Sie über die gesamte Skizze und lassen dann links unten, außerhalb des skizzierten Bereichs, die Maustaste los. Die Skizze ist komplett ausgewählt, wenn sie blau eingefärbt ist.





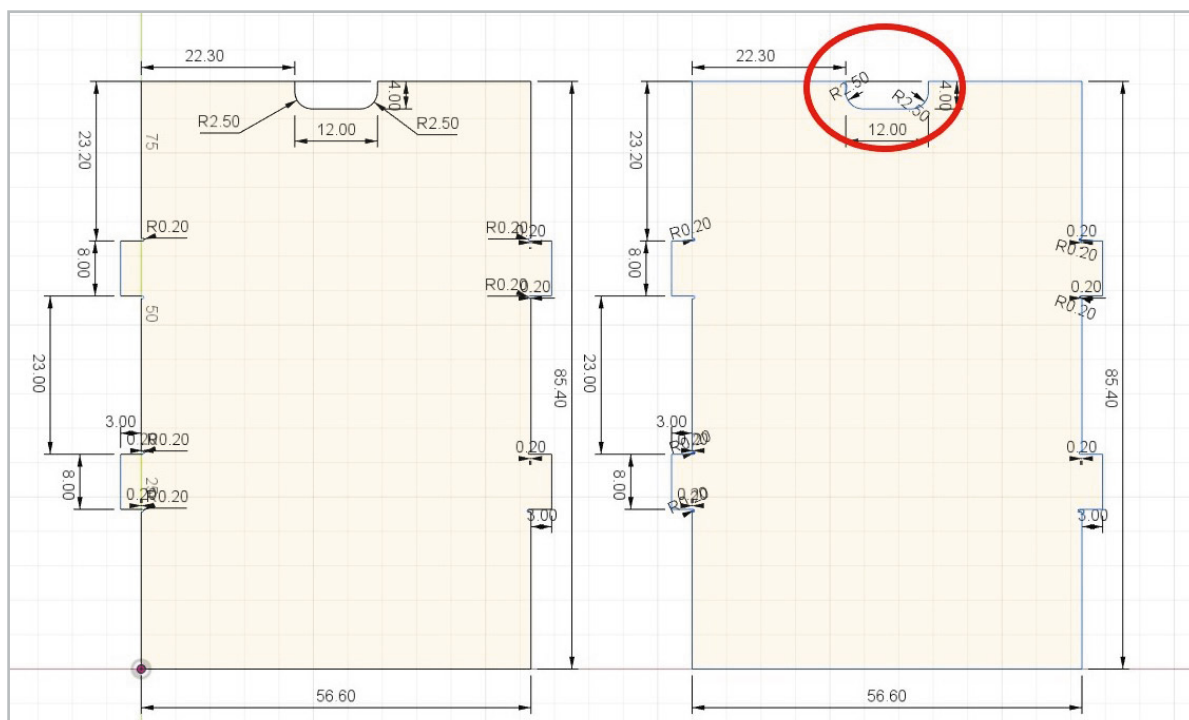
2 Nach erfolgter Skizzenauswahl kopieren wir die gesamte Skizze:

Dazu klicken Sie auf die rechte Maustaste, wählen *Verschieben/Kopieren* an. Nun erscheint im Bildschirmbereich ein Fenster *Verschieben/Kopiere*, wo sie einen Haken beim Punkt *Kopie erstellen* setzen. Dann können Sie durch die an der Skizze erscheinenden Pfeile die Kopie nach links ziehen. Zuletzt tippen Sie auf Enter, um das Kopieren zu bestätigen.



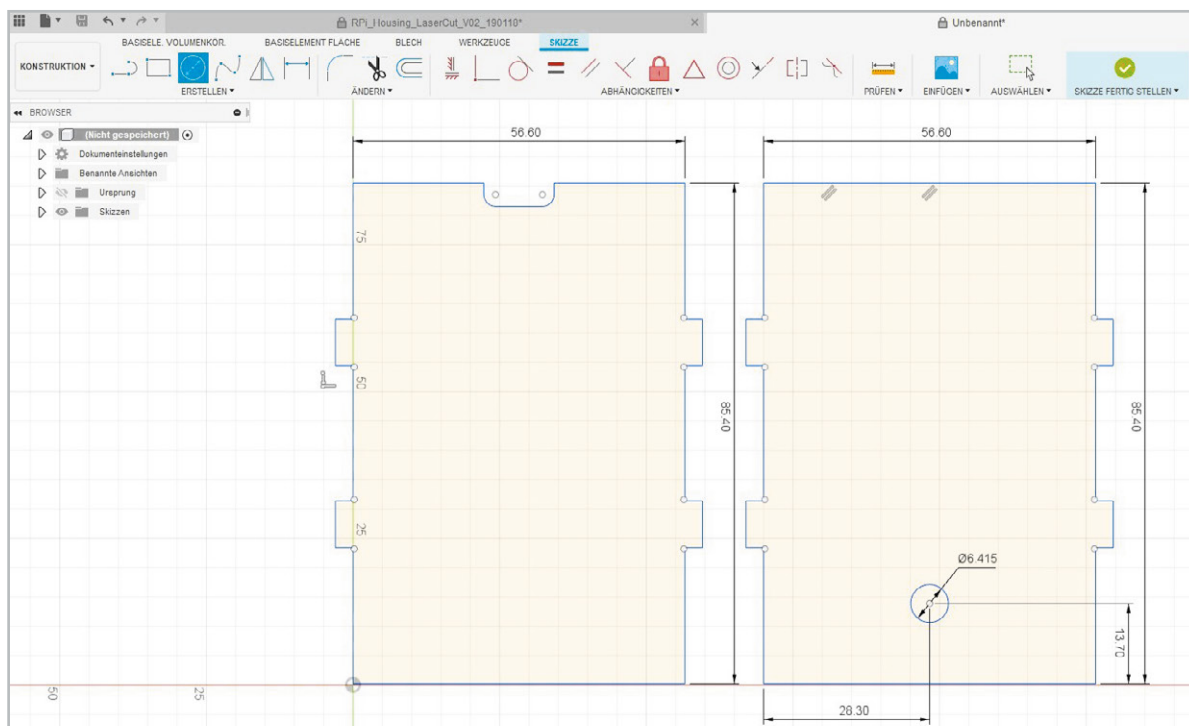


3 Die erstellte Kopie verwenden wir nun zum Erstellen der Deckplatte. Anders als zur Unterseite benötigen wir den Ausschnitt an der Oberkante der Skizze nicht. Deshalb löschen Sie mit *Stutzen* (Sie können dafür auch das Scheren-Symbol aus der Menüleiste oben auswählen) die nicht benötigten Linien.



4 Nun muss die Skizze mittels einer Linie (Erstellen → Linie) wieder geschlossen werden. Erstellen Sie eine Linie und schließen Sie damit die offene Kontur. Die noch vorhandene Skizzenbemaßung können Sie durch Markieren und Löschen mit der Entfernen-Taste ausblenden.

5 Jetzt erstellen wir den Ausschnitt für den Taster des Moduls. Dazu wählen Sie *Kreis* aus dem Menü *Erstellen*. Dann platzieren Sie den Cursor relativ mittig unten in der Skizze und klicken. Dann ziehen Sie den Mauszeiger etwas und geben als Durchmesser für den Kreis 6,415 mm an. Dann positionieren Sie den Kreis ganz genau über die Skizzenbemaßung (Kürzel D auf der Tastatur oder Erstellen → Skizzenbemaßung, danach wählen Sie den Kreis und die jeweiligen Linien unten/an der Seite aus und geben die Maße ein). Der Kreis liegt auf einer Höhe von 13,7 mm und hat einen Abstand zur Außenlinie links unten von 28,3 mm.

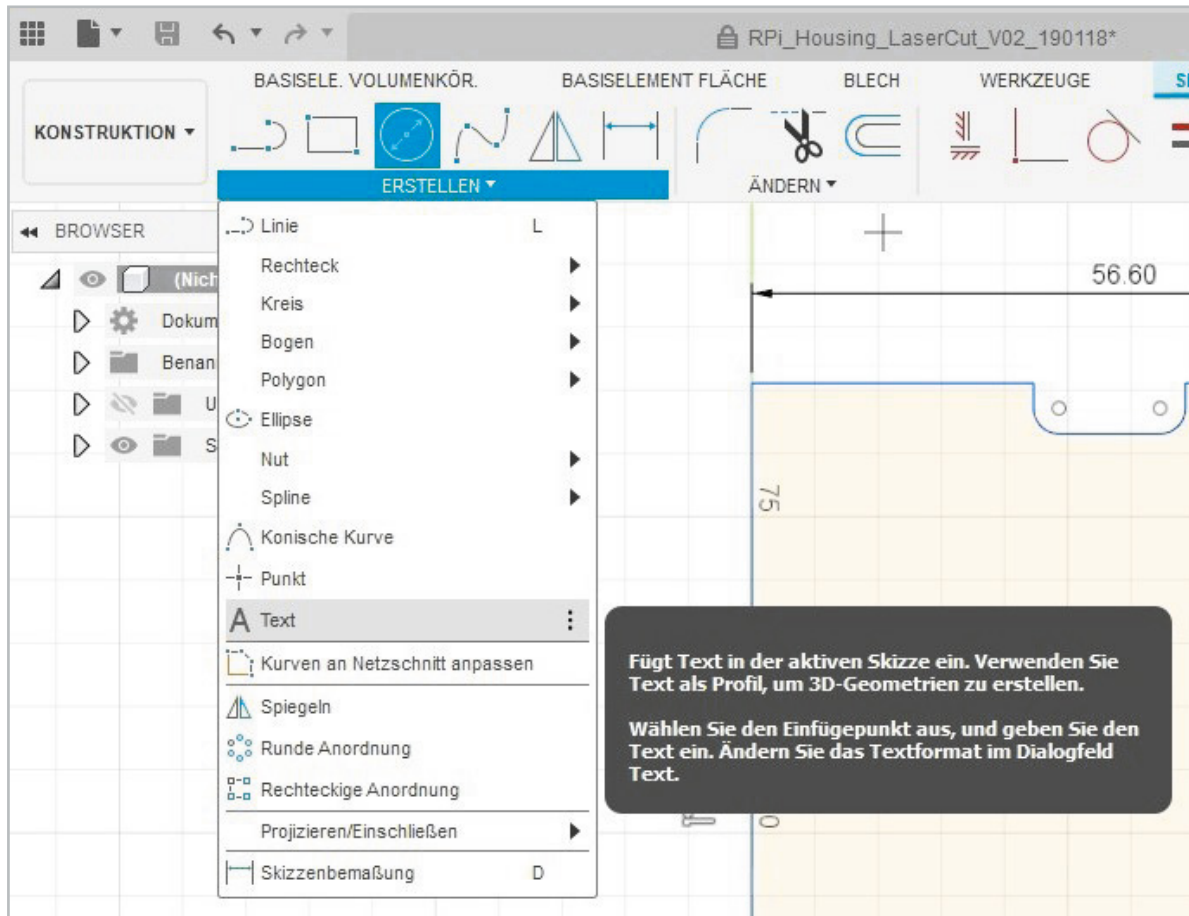


Tipp: Um sich die Skizze etwas übersichtlicher zu gestalten, kann man die Bemaßung im Menü *Skizzenpalette* (im Bildschirm vorwiegend rechts angeordnet) ausblenden.

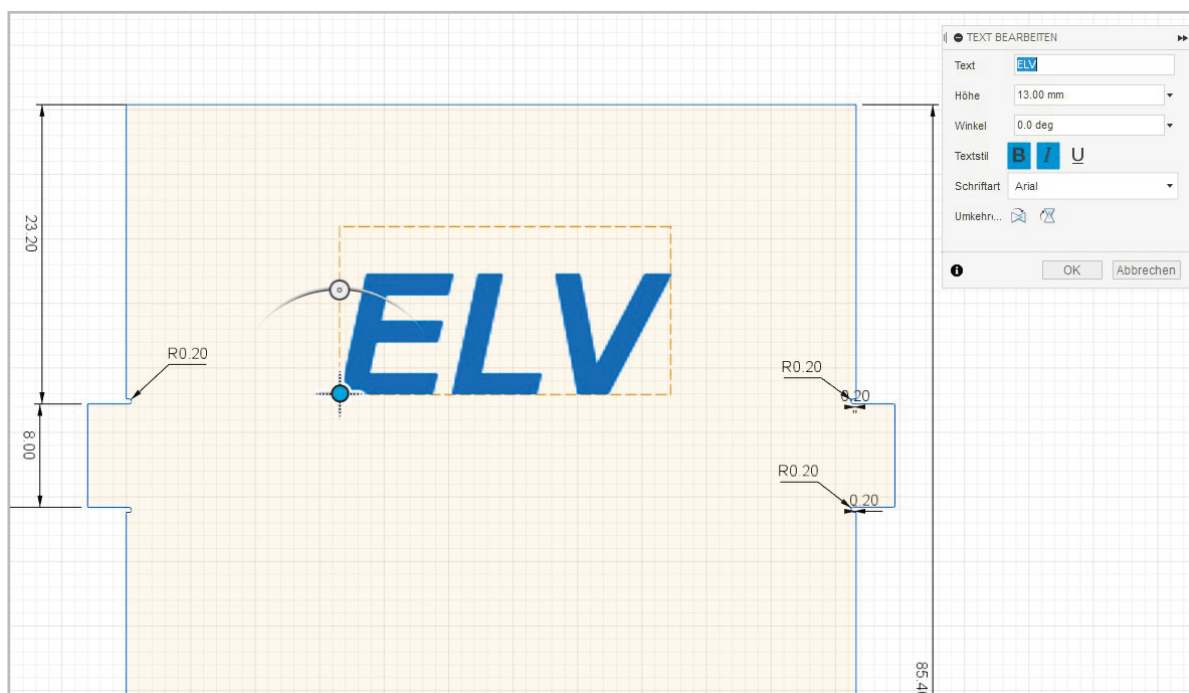


6 Es fehlen noch das Logo bzw. eine Aufschrift. Dieser Schritt ist optional und wird für das Gehäuse nicht zwingend benötigt. Sie können alternativ auch direkt bei Punkt 8 weitermachen.

7 Zunächst wählen Sie unter *Erstellen* den Punkt *Text*.



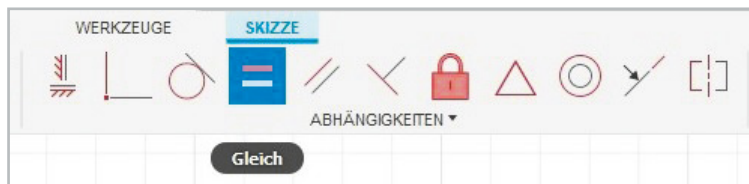
Danach klicken Sie in die Skizze und es erscheint das Menü *Text bearbeiten*. In der ersten Zeile geben Sie Ihren Text ein. Dann bestimmen Sie noch die Textgröße und Schriftart und drücken anschließend auf Enter.



Damit der Lasercutter Linien zum Entlangfahren erkennen kann, müssen Sie den Text in Pfade bzw. Vektorlinien umwandeln. Klicken Sie auf die rechte Maustaste und wählen Sie *Explosionsansicht der Zeichenfolge*.

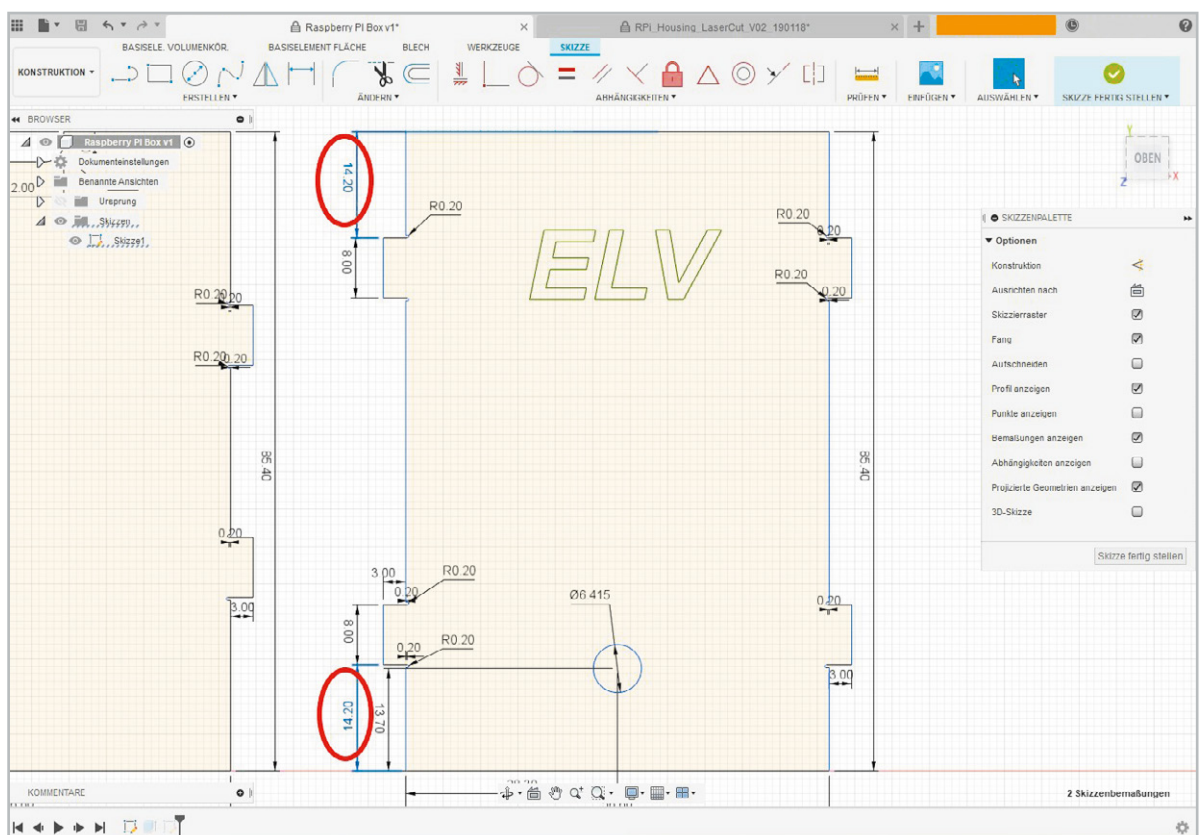


8 Zu guter Letzt kümmern wir uns noch um die Finger-Joints. Anders als die Grundplatte des Gehäuses brauchen diese nicht so weit mittig zu liegen. Damit eine Bemaßungsänderung nicht zu ungewollten Skizzenveränderungen führt, kontrollieren wir die Abhängigkeiten der Linien. Dazu (falls noch nicht vorhanden) lassen Sie sich unter dem Menü *Skizzenpalette* (meist rechts im Bildschirm) die Abhängigkeiten anzeigen. Sie können über Abhängigkeiten Beziehungen zu einzelnen Linien oder Radien erstellen. Wenn Sie z. B. an einer Linie ein Maß angegeben haben und wollen, dass eine andere Linie das gleiche Maß hat, müssen Sie nicht über Skizzenbemaßung ein Maß angeben, sondern können über das Menü *Abhängigkeiten* gleich der Linie dasselbe Maß hinzufügen.



Ein anschauliches Video zu diesem Thema finden Sie auf der Autodesk-Website [2].

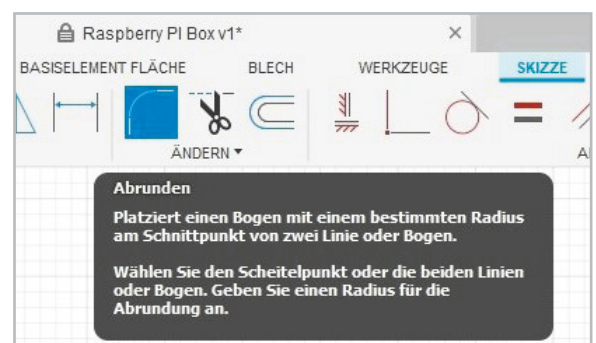
9 Verändern Sie nun das Abstandsmaß der Finger-Joints zu der horizontalen Ober- und Unterlinie der Skizze von 23,2 mm auf 14,2 mm.



Wenn Sie die Abhängigkeiten korrekt erstellt haben, verschieben sich die gespiegelten Finger-Joints an der rechten Seite der Skizze automatisch mit.

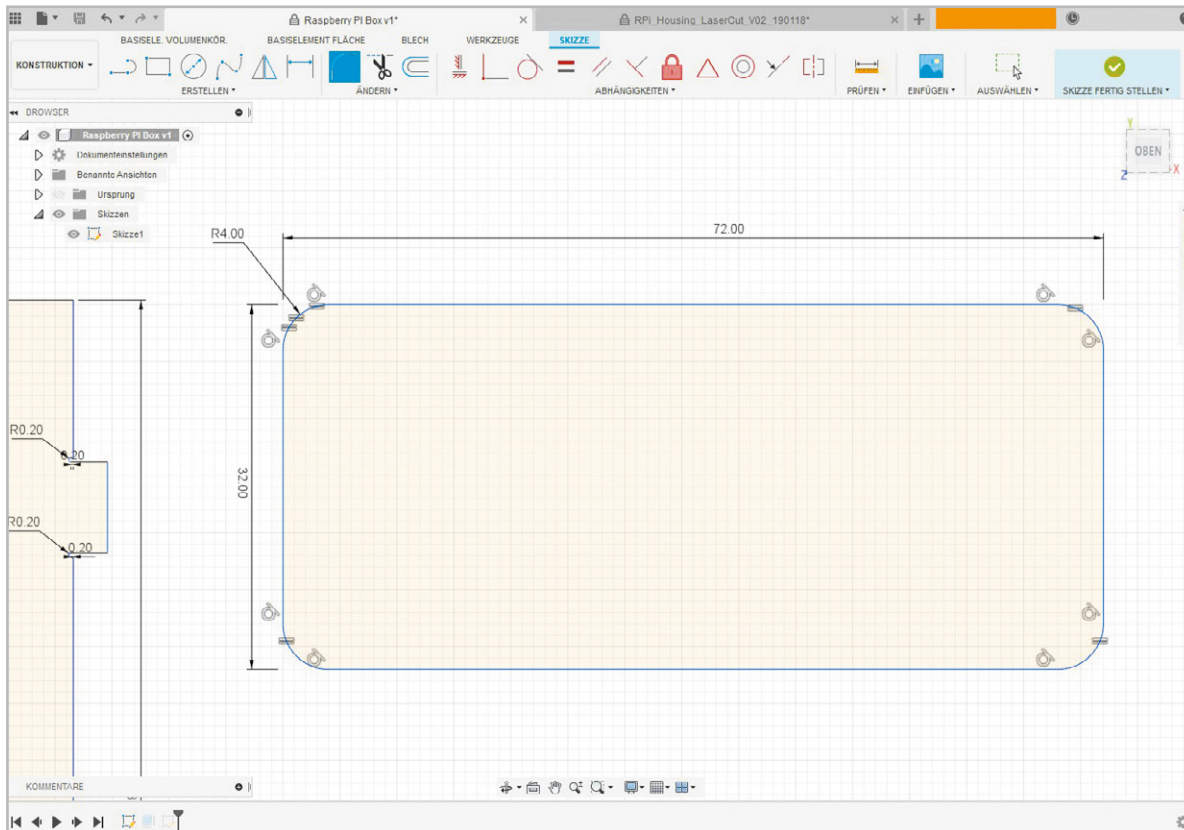
Die Oberseite der Box ist nun fertiggestellt, jetzt machen wir mit den Seitenteilen weiter.

10 Erstellen Sie ein Rechteck mit den Maßen 72 mm x 32 mm und verrunden anschließend die Ecken über *Ändern/Abrunden*. Klicken Sie alle Ecken des Rechteckes nacheinander an.

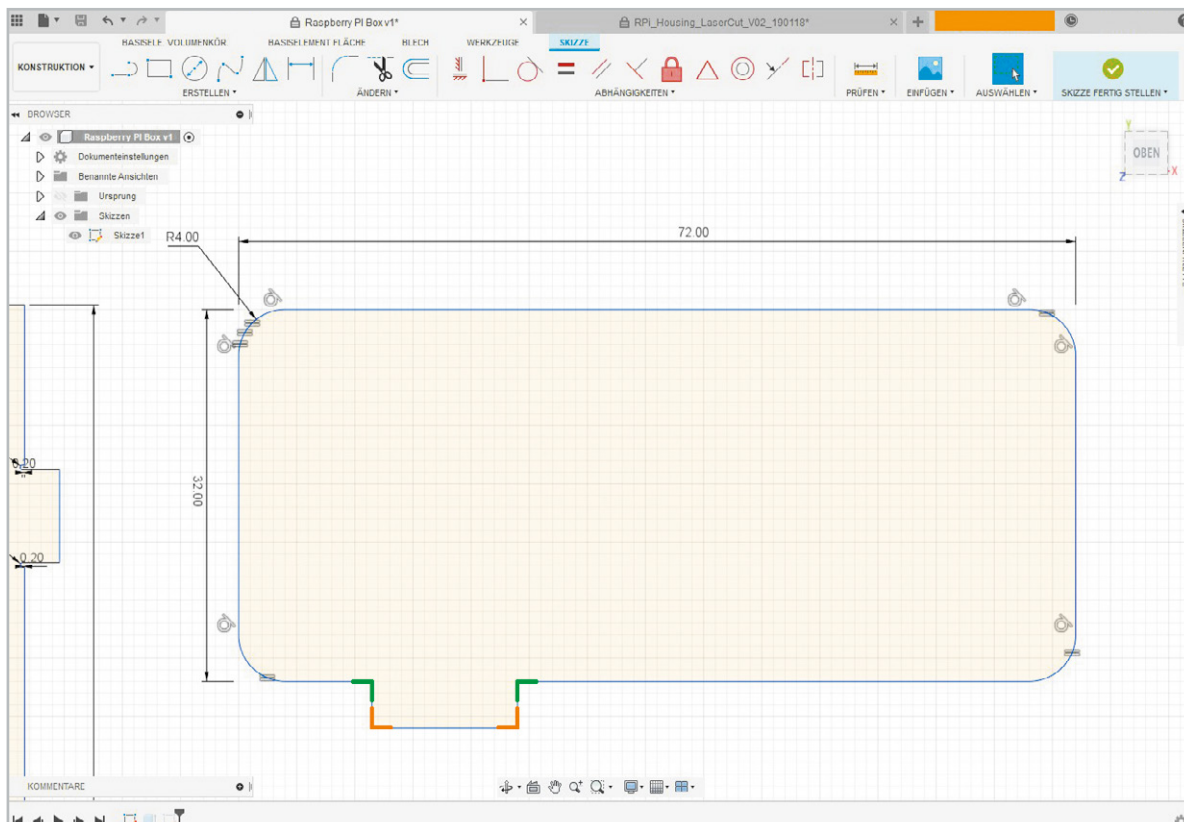




Wenn alle Ecken ausgewählt sind, geben Sie den Radius von 4 mm in das aufpoppende Feld ein.

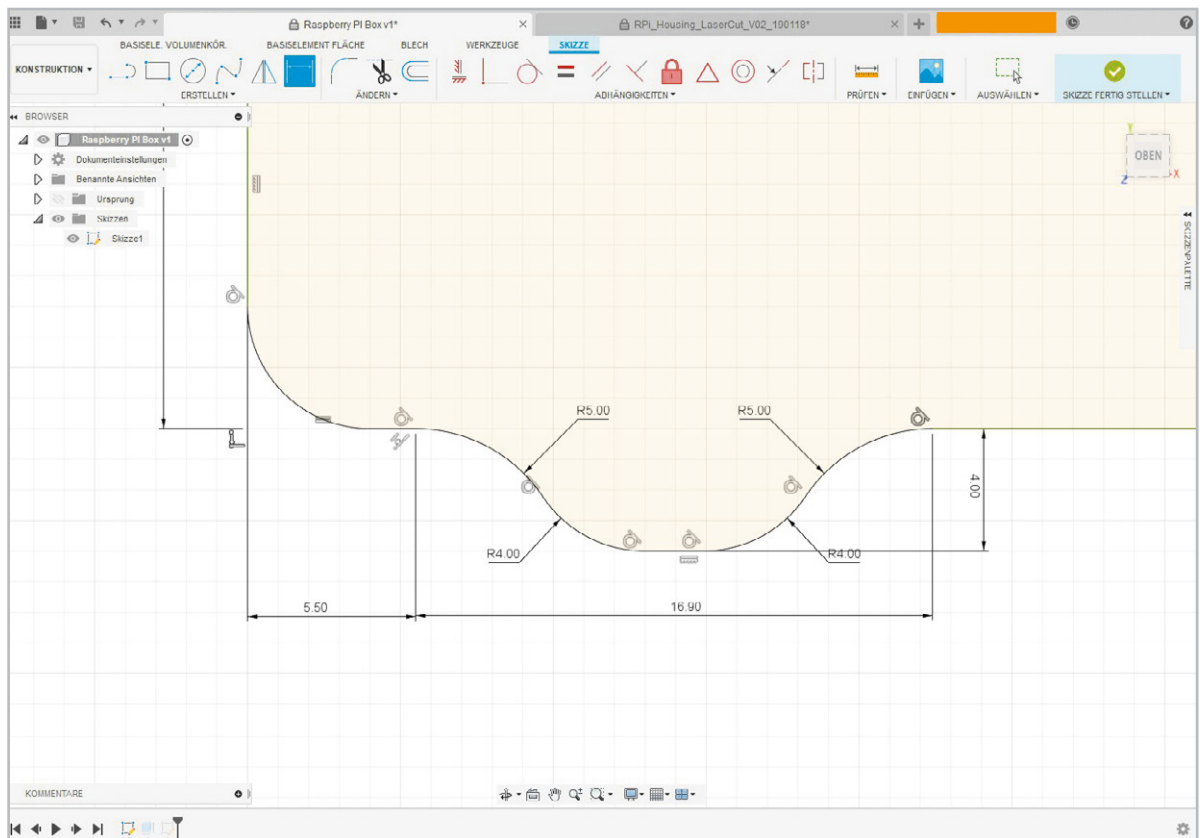


11 Für die Standfüße des Gehäuses erstellen Sie ein Rechteck, welches Sie wieder im Nachhinein spiegeln. Über *Erstellen/Rechteck* fügen Sie ein Rechteck an die Unterkante des zuvor erstellten größeren Rechteckes an. Dieses lassen Sie zunächst ohne Maße. Durch die Funktion *Stutzen* erstellen Sie eine durchgängige Außenkontur. Das Ganze sollte dann wie folgt aussehen:



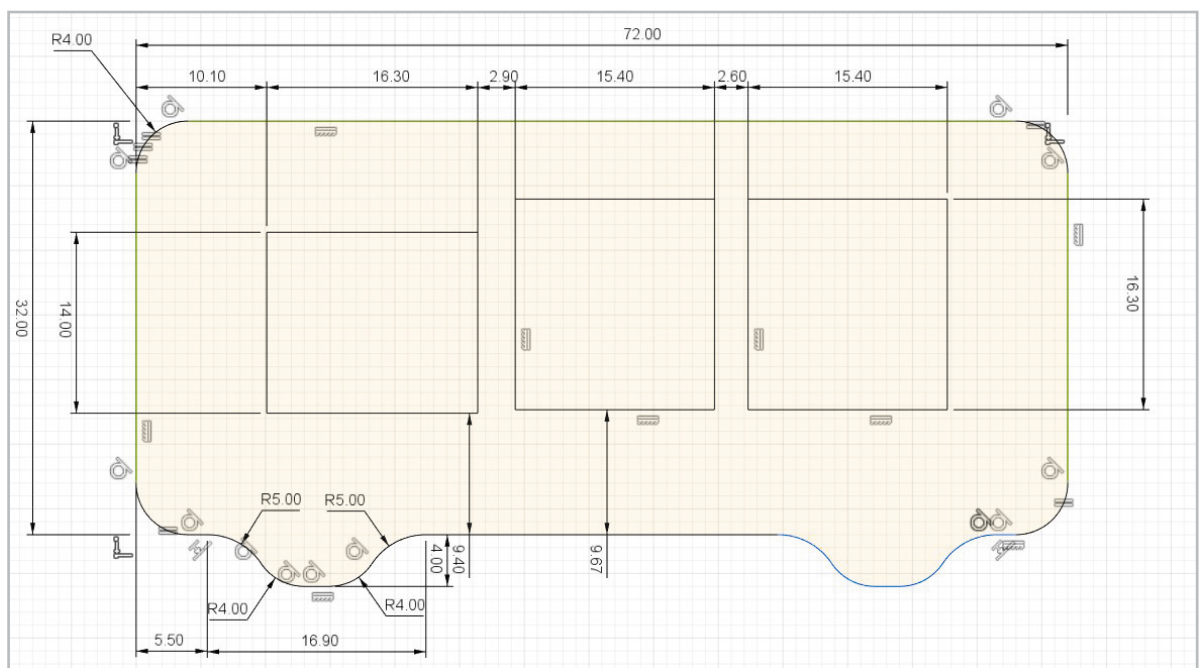


Nun fügen Sie wieder Eckenabrundungen zunächst an den inneren (grün), mit Radius 5 mm, dann an den äußeren Ecken (orange), mit Radius 4 mm, an.
Zuletzt bemaßen Sie den verrundeten Fuß mit folgenden Werten (klicken Sie dabei auf die kleinen Punkte an den Bezugsstellen): Breite des Fußes = 16,9 mm, Höhe = 4,0 mm, Abstand zur linken Außenkante = 5,5 mm.
Der fertige erste Fuß sieht dann wie folgt aus:



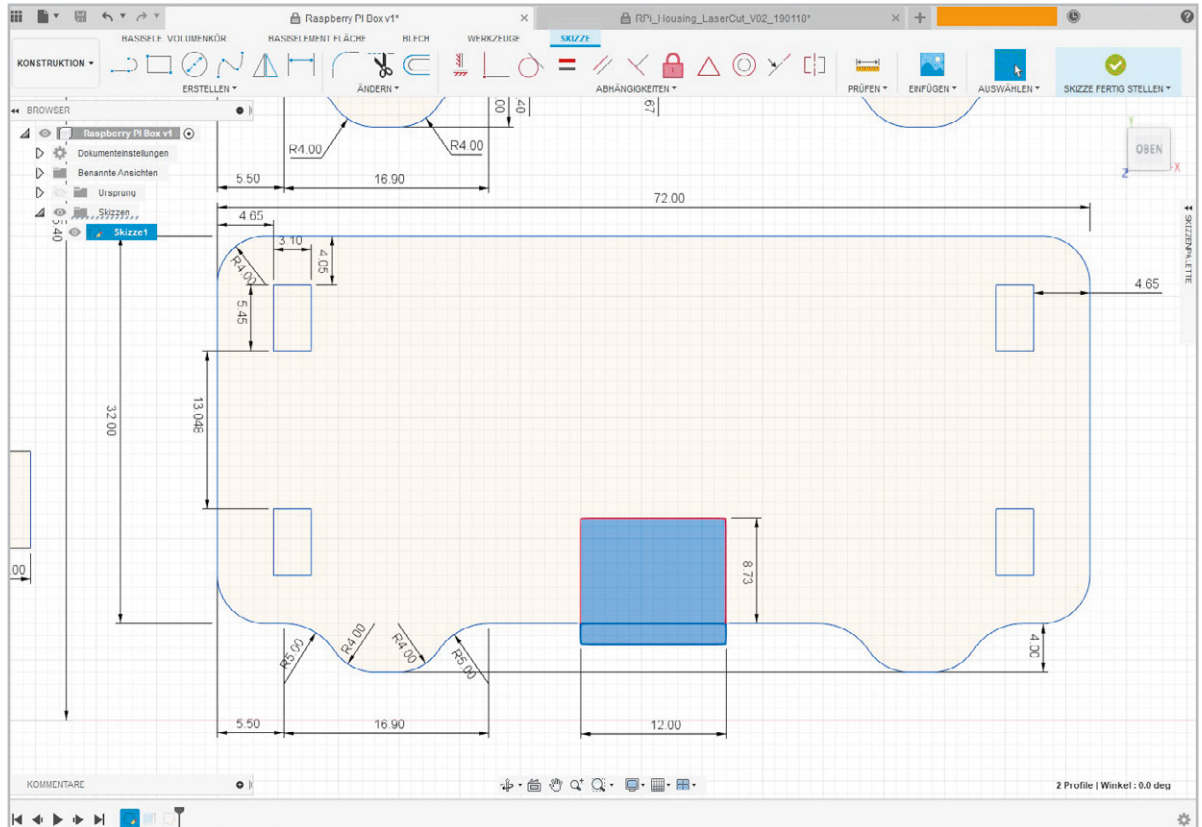
Nun erstellen Sie wieder eine vertikale Mittellinie, spiegeln den Fuß in der Skizze und stützen auch hier wieder die Linien, so dass eine durchgehende Außenkontur entsteht.

12 Es fehlen noch die Ausschnitte für die Anschlüsse am Raspberry-Pi-Controller. Dazu setzen Sie drei Rechtecke nebeneinander in die Skizze. Die Rechtecke können zunächst frei platziert werden. Wichtig ist nur, dass etwas Abstand zueinander entsteht. Anschließend bemaßen Sie die Ausschnitte wie in nachfolgendem Bild. Wichtig: Verwenden Sie beim Bemaßen wieder Abhängigkeiten. So machen Sie es sich etwas übersichtlicher in der Skizze.

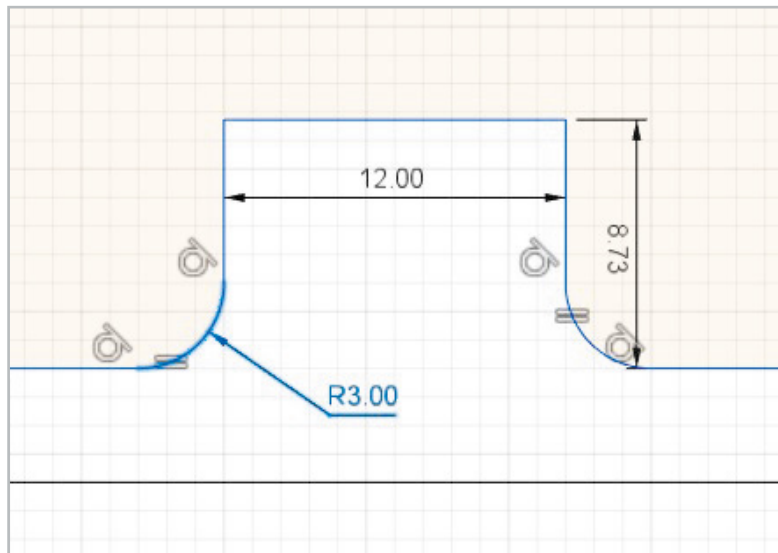




Als Nächstes zeichnen Sie ein weiteres Rechteck. Beginnen Sie zwischen den Füßen, lassen Sie es in die Skizze hineinlaufen und bemaßen Sie es mit 12 mm x 8,73 mm.

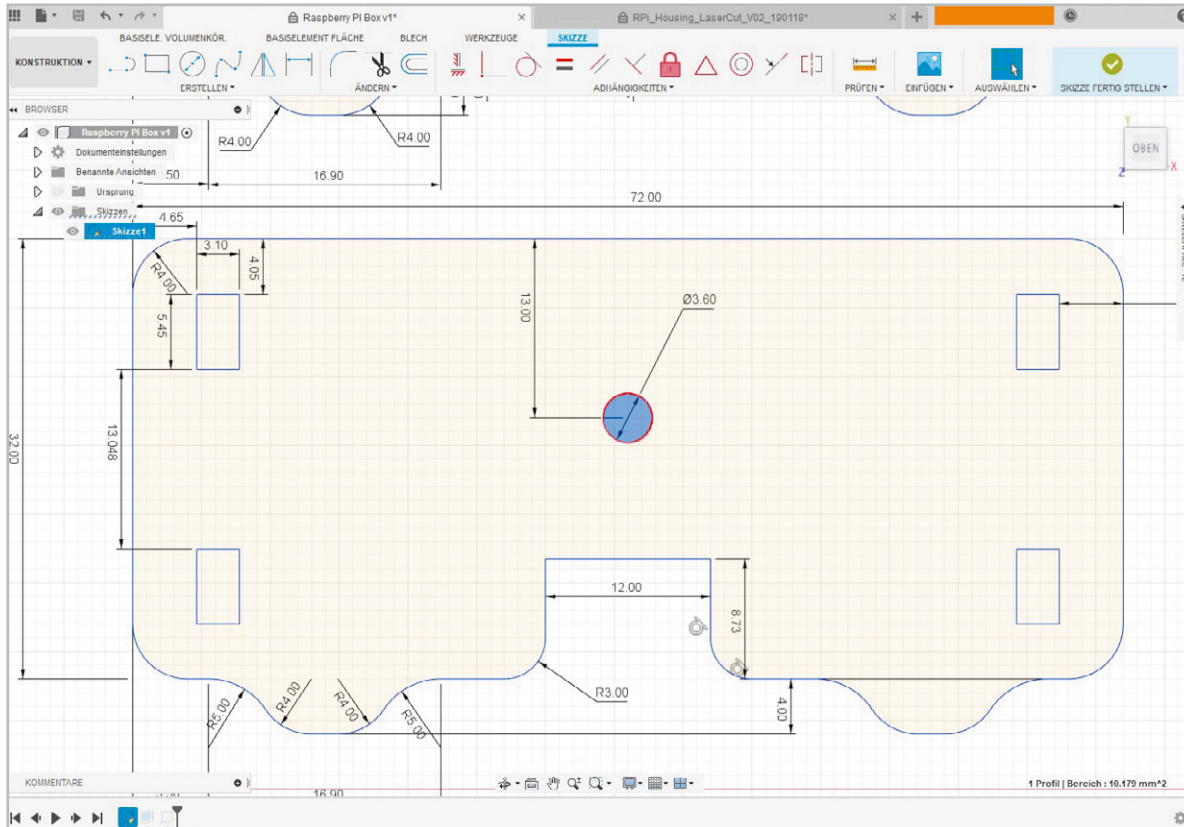


Dieses Rechteck stützen Sie so, dass nur eine Außenkontur bleibt. Wieder verrunden Sie die Ecken mit $R = 3$ mm.





- 14 Zuletzt fehlt dem Seitenteil noch der Ausschnitt für die Diode. Dazu erstellen Sie einen Kreis mit einem Durchmesser von 3,6 mm in der Skizzenmitte. Der Abstand zur Oberkante der Skizze beträgt genau 13 mm.



Ausblick

Im nächsten und letzten Teil des Gehäuse-Designs für unseren Raspberry Pi Power-Controller konstruieren wir die langen Seitenteile mit den Ausschnitten für die Micro-USB- und anderen Schnittstellen des Einplatinenrechners. Außerdem zeigen wir eine Technik, mit der man Rasthaken bzw. Federn per CAD erstellt. Mit deren Hilfe können wir das Gehäuse am Ende ohne Klebstoff fest zusammenfügen und außerdem zerstörungsfrei wieder auseinandernehmen. **ELV**



Weitere Infos:

- [1] ELVjournal 5/2019: Bestell-Nr. 25 10 06
- [2] <https://knowledge.autodesk.com/de/search-result/caas/CloudHelp/cloudhelp/DEU/Fusion-Sketch/files/GUID-BF6D00B3-DBC4-456F-B591-01FBFD174475-htm.html>



OpenSCAD – das etwas andere CAD-Programm

Wenn man sich mit CAD-Nutzern unterhält, gibt es einige, die bezweifeln, dass es sich bei OpenSCAD [1] um ein „richtiges“ CAD-Programm handelt. Die Konstruktion in OpenSCAD geschieht nämlich in Form eines Programm-Codes, der das Objekt beschreibt – sie kann im Gegensatz zu anderer Software aus diesem Bereich nicht aus modellierten Grundformen oder per (interaktiver) Zeichnung durchgeführt werden.

Open Source

Die Open-Source-Software OpenSCAD gibt es für die wichtigsten Betriebssysteme (Windows, Linux, Mac OS) und ist vor allem bei Programmieren beliebt, die ohnehin schon mit Software zu tun haben. Für sie ist der Einstieg besonders einfach, denn es lassen sich mit wenigen Zeilen „Programm“-Code komplexe Objekte erstellen.

Tip: Konstruktionen, die im OpenSCAD-Format vorliegen, lassen sich im Vergleich z. B. zu STL-Dateien (siehe [Elektronikwissen „CAD-Dateiformate“ in ELVjournal 5/2019](#)) leicht anpassen. Auf [Thingiverse \[2\]](#) findet man häufiger Konstruktionen, bei denen die Dateien im *.scad-Format vorliegen.

Öffnet man OpenSCAD, so bekommt man eine dreigeteilte Ansicht: links den Editor, rechts oben die die Vorschau/das Rendering des Objekts und rechts unten die Ausgabe der Konsole für Status- und Fehlermeldungen (Bild A).

Im Editor lassen sich die wichtigsten 2D-/3D-Grundformen anhand von definierten Funktionen erstellen. So erzeugt beispielsweise `square([width,height], center)` ein 2D-Rechteck mit den entsprechenden Abmaßen, für die 3D-Variante wäre es `cube([width,depth,height])`. Hängt man als letzten Parameter noch ein `center=true` an, wird das Objekt mit dem Mittelpunkt auf den Achsen platziert. In dem „CheatSheet“ auf der OpenSCAD-Webseite [3] findet man hierzu eine Übersicht unter 2D bzw. 3D.

Will man aus vorhandenen Formen beispielsweise etwas ausschneiden, nutzt man die boolesche Operation `difference()`. Ein rundes 2 mm großes (Bohr-)Loch (Kreis mit 1 mm Radius) in der Mitte eines Rechtecks mit 5 x 10 mm entsteht so z. B. mit:

```
$fn = 50;
difference() {
    square([5, 10], center=true);
    circle(1);
}
```

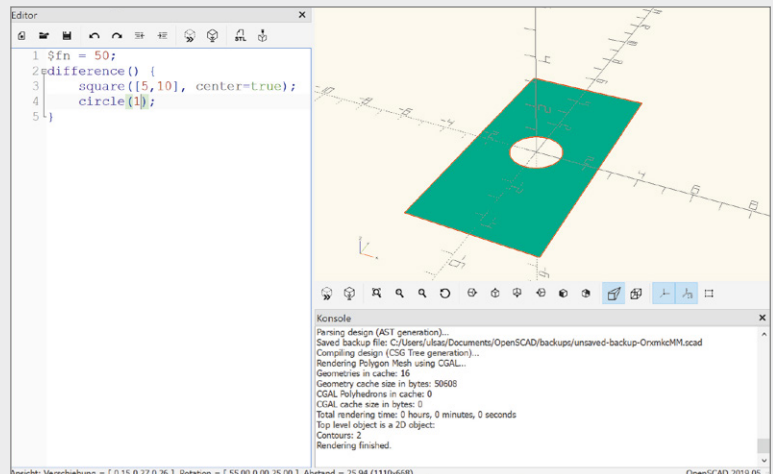
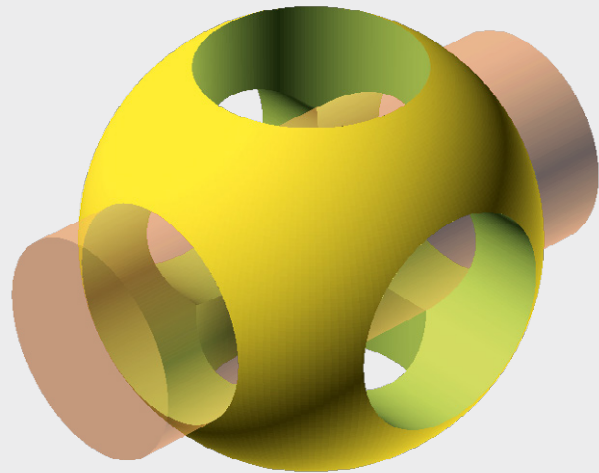


Bild A: Grundformen in OpenSCAD

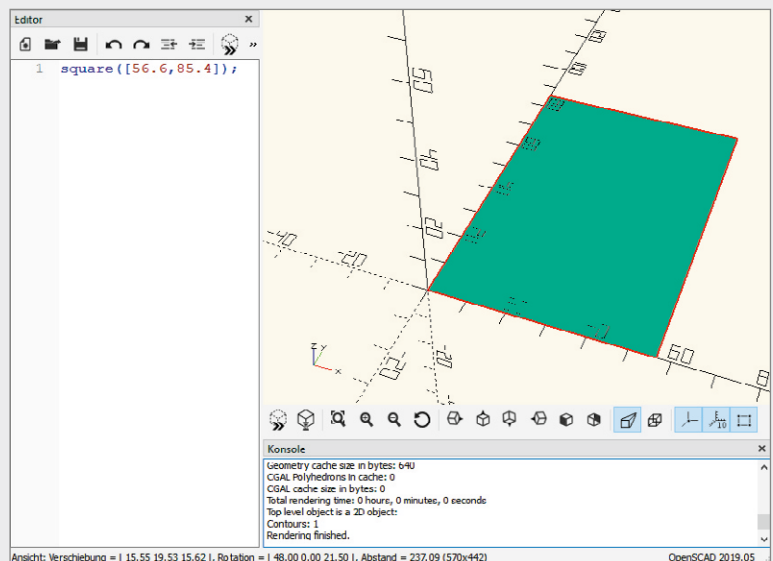


Bild B: Code zum Erzeugen der Grundplatte des Raspberry Pi Power-Controllers in OpenSCAD

Dabei wird die zweite Form von der ersten in der Konstruktion subtrahiert (herausgeschnitten) und es entsteht das Bohrloch mit 2 mm Durchmesser (Bild A).

Tip: In OpenSCAD erzeugt man nach Eingabe des Codes mit F5 eine Vorschau und rendert das Objekt mit F6. Dabei kann man die Auflösung des Objektes mit der Variablen \$fn (n =Anzahl der Fragmente) bestimmen. Je höher diese Zahl, desto feiner sind z. B. Rundungen. Das ist beispielsweise beim 3D-Druck für die Detailtreue des Objekts wichtig.

OpenSCAD wird mit nur wenigen Funktionen geschickt eingesetzt bereits recht mächtig, wenn es um die Konstruktion auch von komplizierteren Formen geht.

Konstruktionsbeispiel

Unsere Grundplatte ($B = 56,6$ mm, $L = 85,4$ mm) für das Gehäuse des Raspberry Pi Power-Controllers wird in OpenSCAD mit diesem Code erzeugt (Bild B):

```
square([56.6,85.4]);
```

Will man jetzt die Finger-Joints aus unserem Konstruktionsbeispiel wie in Fusion 360 erzeugen, muss man die kleinen Rechtecke per Transformation mit der Funktion `translate([x, y, z])` an die richtige Stelle bringen (Bild C).

```
square([56.6,85.4]);
translate([-3,62.2]){
    square([3,8]);
}
```

Mit `translate` verschiebt man das in der geschweiften Klammer enthaltene Objekt (Rechteck mit 3×8 mm) um die entsprechenden Beträge. 3 mm nach links für die Breite des Finger-Joints und 62,2 mm vom Nullpunkt nach oben, da der Finger-Joint 23,2 mm von der oberen, linken Kante platziert sein soll.

Bereits hier werden wahrscheinlich vor allem Software-Entwickler von OpenSCAD begeistert sein, weil die Möglichkeiten der Parametrisierung für den nächsten Schritt deutlich werden und man die bei der Programmierung ungeliebten „Magic Number“ durch Variablen und entsprechende Ausdrücke ersetzen kann (Bild D):

```
// Variablen für die Grundplatte vom
// Raspberry Pi Power Controller Gehaeuse
grundplatte_breite = 56.6;
grundplatte_hoehe = 85.4;
finger_joint_breite = 3;
finger_joint_hoehe = 8;
abstand_finger_joints = 23.2;

//Grundplatte
square([grundplatte_breite,grundplatte_hoehe]);

//finger joint links oben
translate([-finger_joint_breite,grundplatte_hoehe-abstand_finger_joints]){
    square([finger_joint_breite,finger_joint_hoehe]);
}

//finger joint links unten
translate([-finger_joint_breite,abstand_finger_joints]){
    square([finger_joint_breite,finger_joint_hoehe]);
}

//finger joint rechts oben
translate([grundplatte_breite,grundplatte_hoehe-abstand_finger_joints]){
    square([finger_joint_breite,finger_joint_hoehe]);
}

//finger joint rechts unten
translate([grundplatte_breite,abstand_finger_joints]){
    square([finger_joint_breite,finger_joint_hoehe]);
}
```

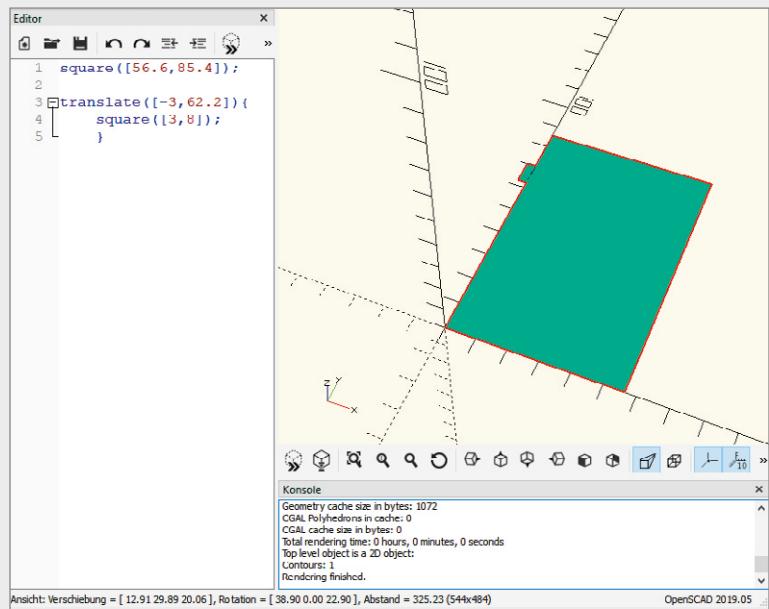


Bild C: Grundplatte mit einem Finger-Joint

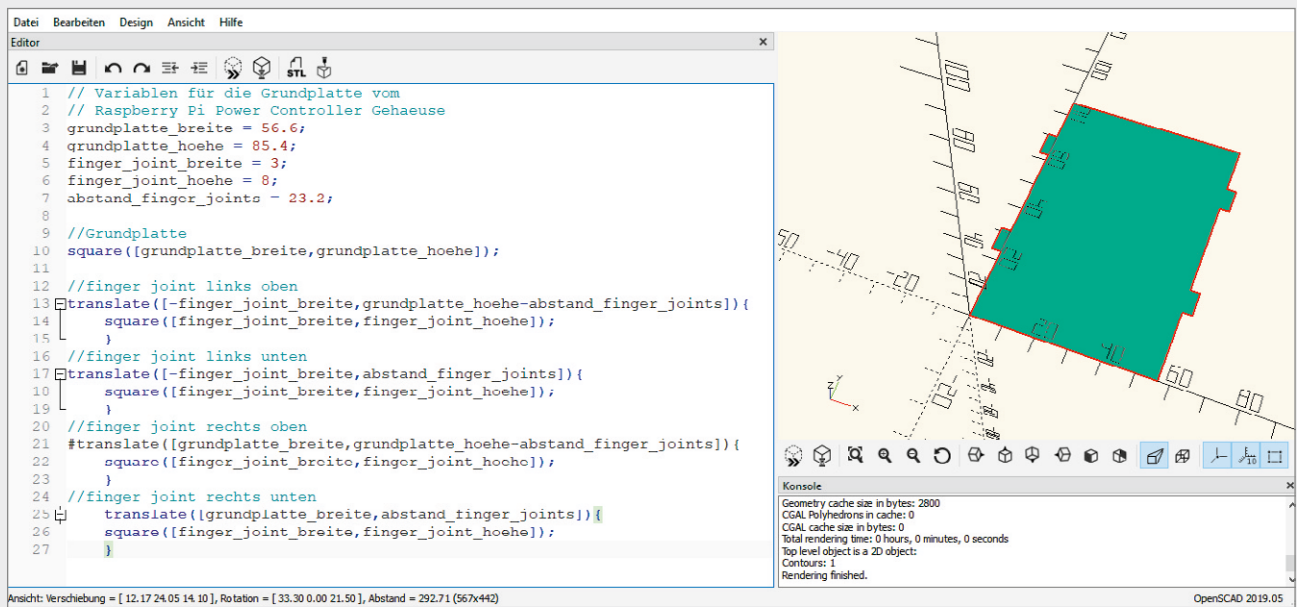


Bild D: Aus Zahlen werden Variablen – so schnell ist die Grundplatte erzeugt.

Verändern sich jetzt die Parameter des Objekts, so kann man einfach die den Variablen zugeordneten Werte verändern. In OpenSCAD kann man neben Variablen noch Schleifen und Funktionen nutzen – eine Übersicht über die wichtigsten Funktionen findet man hier [3].

Das so konstruierte Objekt lässt sich nun in verschiedene Formate exportieren. In der vorliegenden Form kann man bereits eine DXF-Datei zur Bearbeitung mit einer CNC-Maschine exportieren. Fügt man dem obigen Beispiel noch eine Materialstärke von 3 mm hinzu (Z-Achse), kann man eine STL-Datei erzeugen und diese dann mit einem entsprechenden Programm für den 3D-Druck verarbeiten.

ScorchCAD für mobiles CAD

Für Android Smartphones gibt es mit ScorchCAD [4] übrigens noch einen Klon von OpenSCAD für mobile Geräte. Dabei kann man wie im Original per Code Objekte konstruieren. Das Modell wird per Touch und einem Finger rotiert, mit 2-Finger-Pinch gezoomt und verschoben (Pan) mit drei Fingern.

Die beiden Anwendungen nutzen nicht den gleichen Source-Code und nicht alle Funktionen sind in der mobilen CAD-Version vorhanden. In Bild E ist die Ansicht unserer Raspberry Pi Power-Controller Gehäuse-Grundplatte in ScorchCAD zu sehen.

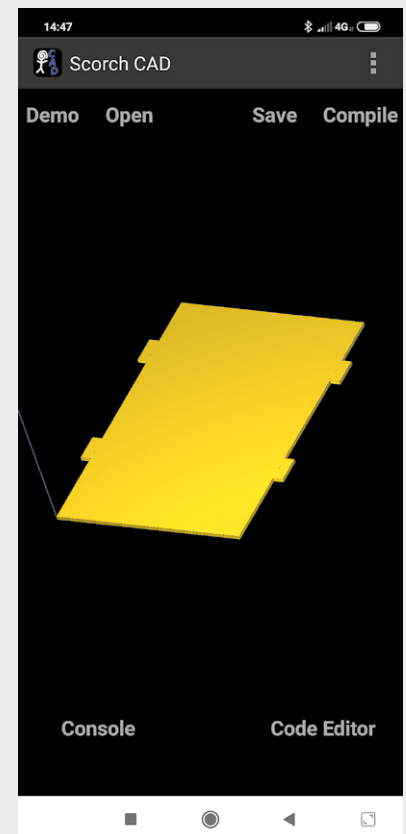


Bild E: OpenSCAD-Klon für mobile Android-Geräte: ScorchCAD

[1] OpenSCAD: <https://www.openscad.org/>
 [2] Thingiverse: <https://www.thingiverse.com>
 [3] OpenSCAD CheatSheet: <https://www.openscad.org/cheatsheet/index.html>
 [4] ScorchCAD: <https://www.scorchworks.com/ScorchCAD/scorchcad.html>