

Warum abrunden?

Rundungen verbessern Haptik und reduzieren Spannungsspitzen.
Beim 3D-Druck müssen Überhänge beachtet werden.

2D-Rundung mit offset()

Kontur verkleinern und anschließend wieder aufweiten.
Gut für Platten mit runden Außenecken.

```
offset(r=radius)
  square([breite-2*radius,
         hoehe-2*radius],center=true);
```

2D-Innenkontur

offset(delta=-wert) verkleinert eine Kontur.
Kombiniert mit difference() entstehen Rahmen.

```
difference(){
  offset(r=4) square([52,32],center=true);
  offset(r=2) square([46,26],center=true);
}
```

Extrudierte Rundung

Zuerst eine saubere 2D-Kontur erstellen.
Danach mit linear_extrude() Höhe hinzufügen.

```
linear_extrude(height=4)
  offset(r=5)
    square([70,40],center=true);
```

minkowski()

Addiert die Formen zweier Körper.
Eine Kugel rundet alle erreichbaren Kanten.
Rechenzeit und Außenmaße steigen.

```
minkowski(){
  cube([36,26,6],center=true);
  sphere(r=2,$fn=24);
}
```

Maße bei minkowski()

Der Radius vergrößert jede Außenseite.
Grundkörper vorher um $2 \times \text{Radius}$ verkleinern.

```
r=2;
minkowski(){ cube([40-2*r,30-2*r,8-2*r]);
              sphere(r=r); }
```

hull()

Bildet eine konvexe Hülle um mehrere Körper.
Gut für Langlöcher, Kapseln und weiche Übergänge.

```
hull() for(x=[-10,10])  
  translate([x,0,0]) cylinder(h=5,d=8);
```

Einfache 45°-Fase

Eine Fase kann aus einem gedrehten Werkzeugkörper entstehen.
Bei regelmäßigen Profilen ist 2D-Konstruktion oft einfacher.

Fase per Profil

Querschnitt als Polygon zeichnen.
Mit `rotate_extrude()` entstehen rotationssymmetrische Fasen.

```
rotate_extrude()  
  polygon([[5,0],[10,0],[10,5],[8,7],[5,7]]);
```

Druckgerechte Unterkante

45°-Fasen sind meist ohne Support druckbar.
Große untere Rundungen erzeugen stärkere Überhänge.

Performance

Rundungen nur dort einsetzen, wo sie benötigt werden.
In der Vorschau kleine `$fn`-Werte verwenden.
`minkowski()` bei komplexen Körpern sparsam einsetzen.

```
$fn = $preview ? 16 : 64;
```

Mini-Übung

Erstelle eine 80 × 50 × 4 mm Platte mit Radius 6.
Vergleiche `offset()`, `hull()` und `minkowski()`.
Prüfe Außenmaße und Renderzeit.