

Toleranz ist prozessabhängig

Drucker, Material, Lage und Slicer beeinflussen Passungen.
Testkörper sind zuverlässiger als Pauschalwerte.

Bohrungszugabe

Gedruckte Bohrungen fallen oft kleiner aus.
Eine einstellbare Zugabe erleichtert die Kalibrierung.

```
nenn_d = 5;  
zugabe = 0.3;  
bohrung_d = nenn_d + zugabe;
```

Durchgangsbohrung

Der Werkzeugzylinder muss vollständig durch die Platte reichen.
Kleines Übermaß verhindert geschlossene Flächen.

```
cylinder(h=staerke+2, d=bohrung_d,  
        center=true);
```

Zylindersenkung

Für Schraubenkopf oder Mutter wird ein zweiter Zylinder abgezogen.
Tiefe und Durchmesser separat parametrieren.

```
translate([0,0,staerke/2-tiefe/2])  
  cylinder(h=tiefe+0.2,d=kopf_d,center=true);
```

Kegelige Senkung

d1 ist der kleine, d2 der große Durchmesser.
Die Orientierung hängt von der Z-Richtung ab.

```
cylinder(h=tiefe+0.2,  
        d1=bohrung_d,d2=kopf_d);
```

Langloch

Zwei Kreise werden mit hull() verbunden.
Die Länge wird von Mittelpunkt zu Mittelpunkt bestimmt.

```
hull() for(x=[-5,5])  
  translate([x,0,0]) cylinder(h=6,d=5);
```

Passungsarten

Spielpassung: Teile bewegen sich frei.
Übergang: leichtes Fügen möglich.
Presspassung: gezieltes Übermaß, vorher testen.

Elefantenfuß

Die erste Schicht kann Außenmaße vergrößern.
Eine kleine Fase unten verbessert Steckverbindungen.
Alternativ Slicer-Kompensation verwenden.

Druckausrichtung

Runde Bohrungen drucken vertikal meist maßhaltiger.
Horizontale Bohrungen benötigen ggf. Tropfenform oder Support.

Wandstärken

Wände an Düsenbreite und Linienzahl anpassen.
Funktionsbereiche nicht unnötig dünn auslegen.
Lokale Belastung um Bohrungen berücksichtigen.

Kalibrierreihe

Mehrere Varianten in einem Testteil anordnen.
Werte direkt am Modell beschriften.

```
for(i=[0:4])  
  translate([i*15,0,0])  
    cylinder(h=5,d=5+i*0.1);
```

Mini-Übung

Erstelle fünf M5-Bohrungen mit 0.0 bis 0.4 mm Zugabe.
Ergänze eine Senkung und beschrifte jede Variante.