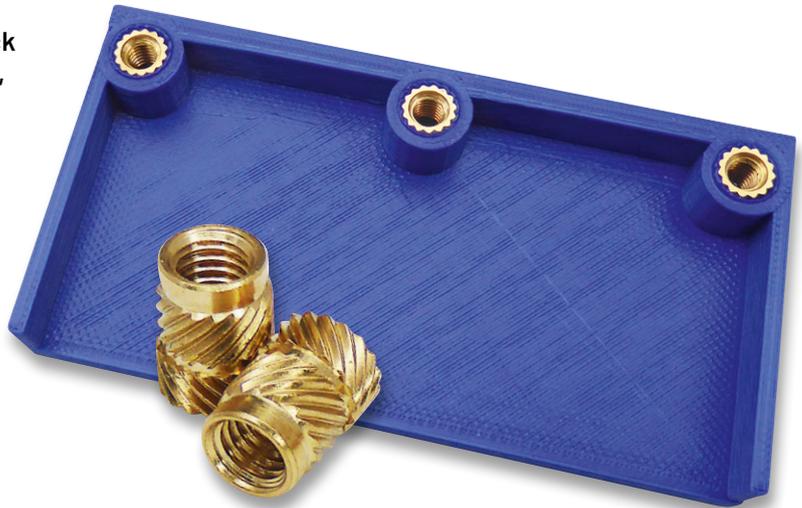


# Sitzt fest

## Schraubbefestigungen im 3D-Druck

Jeder, der sich praktisch mit dem Thema 3D-Druck beschäftigt, stößt irgendwann auf die Aufgabe, Schraubverbindungen zu realisieren. Sei es der einfache Gehäusedeckel oder das Montieren von Konstruktionsteilen. Hier bieten sich je nach Aufgabe die verschiedensten Konstruktionsverfahren an – vom einfachen Schraubendom für selbstschneidende Schrauben bis zu integrierten Schrauben und Muttern. Für Letzteres etabliert sich das nachträgliche thermische Einbauen von Gewindeeinsätzen. Eine Betrachtung aus Sicht des privaten Anwenders.



### Zu- und angeschraubt

Ohne Schraubverbindungen kommen viele im 3D-Druck hergestellte Objekte nicht aus. Schon der obligatorische Verschluss eines Gehäuses erfordert es, sich hierüber Gedanken zu machen. Lediglich mechanisch sehr gering belastete Gehäuseabschlüsse kommen mit einem geschickt konstruierten, selbstklemmenden Deckeleinsatz aus. Bild 1 zeigt ein solches Beispiel [1].

Die wohl einfachste Form, etwa einen Gehäusedeckel verschraubbar zu gestalten, zeigt Bild 2. Hier wurden einfache Aufnahmen ins Gehäuse integriert und nachträglich Schraublöcher in Gehäuse und Deckel gebohrt.

Will man eleganter vorgehen – immerhin belastet Bohren das Material thermisch und es kann zu unkalkulierbaren Schäden kommen –, sieht man konstruktiv gleich entsprechend dimensionierte Schraubenaufnahmen und -dome vor, wie sie in der Zusammenstellung in Bild 3 zu sehen sind. Alle CAD-Programme, selbst einfache wie „123Design“ oder „Tinkercad“, ermöglichen dies durch Einbringen von Bohrungen über die Merge-Funktionen.

Bei der Konstruktion von Teilen mit Schraubenaufnahmen sollte man eine höhere Fülldicke wählen, damit die Schraube hinter der Wandstärke genügend Halt findet.

### Schraube ist nicht gleich Schraube

Das Verschrauben erfolgt in den meisten Fällen mit selbstschneidenden Schrauben. Allerdings sollte man hier unbedingt zu Schrauben mit geradem Gewinde, wie sie als „Schrauben für thermoplastische Kunststoffe“ etwa als „WÜPLAST®“ [2] von Würth (Bild 4) angeboten werden, greifen. Sie garantieren, auch durch den speziell auf Kunststoffe ausgerichteten Gewindeflanken und Werkstoff und ohne Materialstau beim Verschrauben, sondern auch materialschonendes Verschrauben durch den geraden Gewindevverlauf und eine große Gewindesteigung. Damit kann man auch Material und Platz beim Drucken sparen, denn diese Schrauben bedingen nur geringe Wandstärken.

Schrauben mit konischem Profil wie z. B. Holz- oder Blechschrauben sind hier weniger geeignet. Sie bergen das Risiko in sich, die Schraubenaufnahme zu sprengen, und sie halten im Kunststoff auch

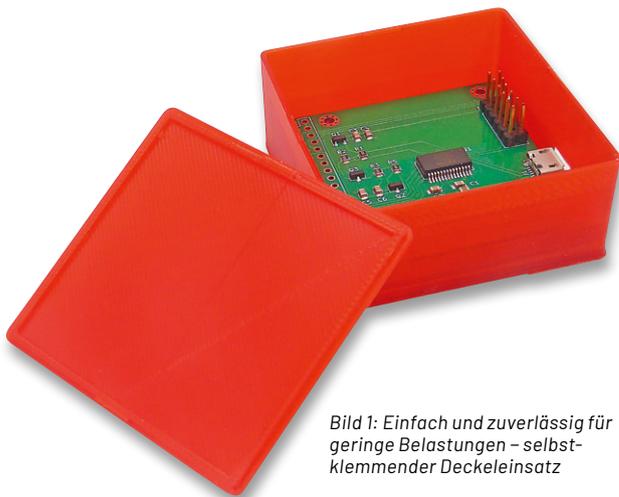


Bild 1: Einfach und zuverlässig für geringe Belastungen – selbstklemmender Deckeleinsatz

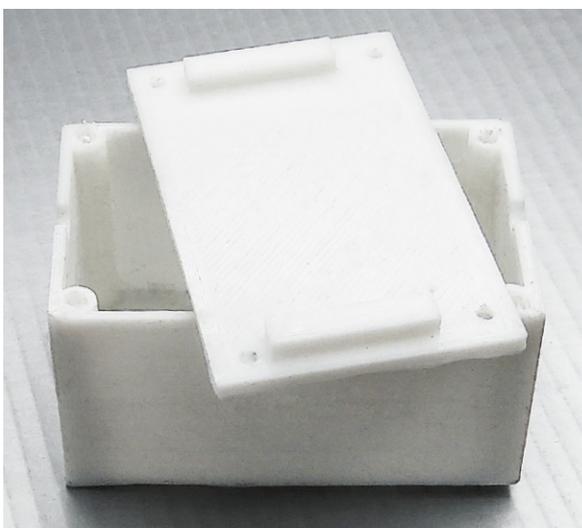


Bild 2: Konstruktion ohne Bohrungen – die Schraublöcher wurden nach dem Druck eingebracht.

nur quasi auf dem letzten Gewindegang und damit nicht dauerhaft. Will man sie einsetzen, sollte man den Gewindedurchmesser in der Mitte der Schraube für das Schraubenloch ansetzen und die Verschraubung nicht für mehrmaliges Lösen vorsehen.

### Spezialfall Mutter

Manchmal kommt man nicht umhin, Schraubverbindungen mit Muttern zu realisieren. Diese Verbindungen können hohe Lasten tragen und sind beliebig oft lös- sowie wiedermontierbar. Für das verdrehsichere Integrieren einer Mutter in den Druck gibt es eine ganze Reihe von Lösungen. Die einfachste, wie in **Bild 5** zu sehen, ist das Einbringen eines passenden Ausschnitts bei der Konstruktion, in den später die Mutter eingesetzt wird. Viele CAD-Programme halten dazu Standardvorlagen bereit. Ansonsten gibt es CAD-Pools wie z. B. den von McMaster-Carr [3], der zu jedem Artikel eine CAD-Zeichnung bereithält, die man nur noch in seine Konstruktion importieren muss und so passende Maße für Konturen und Bohrungen hat. Natürlich kann man auch Normmaßaufstellungen nutzen, die exakte Maße zur Konstruktion auflisten.

Komplizierter wird es, wenn man zur Montage nicht mehr an die Mutter herankommt und diese bis zum Einschrauben der zugehörigen Schraube in allen Lagen sicher sitzen muss. Hier muss man einen Halterungsschacht konstruieren, in dem die Mutter verdrehsicher sitzt und nicht herausfallen kann. Zur zusätzlichen Sicherung gegen Verdrehen kann man sie einkleben.

Industrielle Hersteller [4] lösen dies durch entsprechend programmiertes Druckmanagement, indem exakt nach Fertigstellung des Mutternschachts (oder auch anderer einzubettender Komponenten) der Druck angehalten wird, um die Muttern einzulegen und anschließend weiterzudrücken. Für den privaten Anwender ist diese Methode eher weniger praktikabel, denn er muss, will er nicht an der entsprechenden Stelle den Code händisch mit einem Pause-Befehl versehen, den Druck beobachten und manuell unterbrechen.

Einfacher wird das Einbetten über einen speziell konstruierten Mutternschacht, wie ihn **Bild 6** zeigt (ähnlich in [4] beschrieben). Man bringt zunächst das Muttern-Konturenprofil in das Werkstück ein, um einen verdrehsicheren Sitz zu gewährleisten. Damit die Mutter nicht herausfallen kann, sieht man eine kleine Klemmung in Form konischer Stege vor, über die man die Mutter mit etwas Kraft in den Schacht schiebt. Sie sichern dann die Mutter vor dem Herausfallen.

### Direkt gedruckt

Für bestimmte Einsatzzwecke und vornehmlich im Bereich größer dimensionierter Befestigungen kann man auch direkt Innen- oder Außengewinde mit Filament drucken. Je nach vorhandenem Drucker und auch der Drucktechnik (SLA/FFF) kann man heute recht sicher ab M4 drucken. Die Konstruktionstechnik dazu ist kein Zauberwerk. Komplexere, für Privatanwender nutzbare CAD-Programme wie „Autodesk Fusion360“ haben entsprechende „Thread“-Funktionen für das Konstruieren von Gewindelöchern, Bolzen etc. Hier gibt man die Eckdaten des Gewindes an und erhält die passende Gewindebohrung bzw. einen Bolzen.

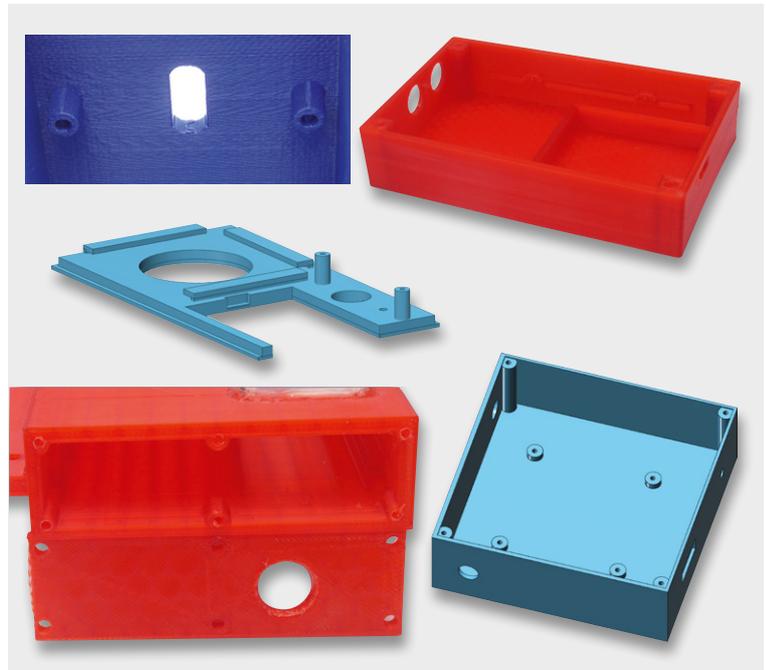


Bild 3: Einkonstruierte Schraubendome mit Schraubenlöchern erleichtern die Montage.



Bild 4: Spezielle Kunststoffschrauben für Anwendungen in Thermoplast, Bild: WÜRTH Industrie Service GmbH

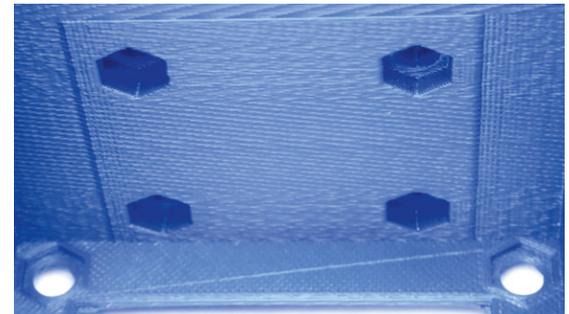


Bild 5: Aussparungen für die verdrehsichere und versenkte Unterbringung von Muttern sorgen für verdrehsicheren Sitz der Mutter.



Bild 6: So kann man eine Mutter verdeckt, verdrehsicher und sicher vor möglichem Herausfallen integrieren.

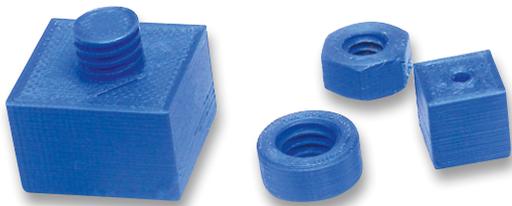


Bild 7: Beispiele für konstruierte Innen- und Außengewinde in und an 3D-Objekten

In einfacheren Programmen kann man sich mit den bereits erwähnten CAD-Pools (auch bei stl-Pools wie Thingiverse oder Suchmaschinen wie stlfinder [5] wird man fündig) behelfen. Man importiert etwa einen passenden Bolzen und setzt diesen per Merge in die eigene Konstruktion ein. Damit kann man sowohl Innen- als auch Außengewinde schnell integrieren. Entstehende Grate werden dann durch die ein- bzw. aufzuschraubenden Metallbauteile beseitigt. Bild 7 zeigt einfache Beispiele für solche Konstruktionen. Natürlich kann man auch Bolzen, Schrauben oder Muttern über diesen Weg herstellen. Höchste Präzision bei kleinen Dimensionen darf man von solch Konstruktionen eher nicht erwarten. M2-Gewinde werden, auch aufgrund der Materialschumpfung zahlreicher Druckmaterialien beim Drucken, eher zum Glücksspiel. Größere Dimensionen gelingen sicherer.



Bild 8: Die Ruthex-Gewindeeinsätze werden in den gängigen Gewindegrößen geliefert und sind einfach thermisch einpressbar.



Bild 9: Ist für geringere mechanische Beanspruchung geeignet – kalt eingepresseter M2-Ruthex-Gewindeeinsatz



Bild 10: So funktioniert das thermische Einpressen des Gewindeeinsatzes. Er sollte so tief eingesetzt werden, dass er komplett im Material sitzt.

## Reingedrückt

Das Problem der fest integrierten Mutter lässt sich heute äußerst elegant lösen, nämlich mit thermisch einzusetzenden Gewindeeinsätzen. Hier hat sich die Firma Ruthex [6], bekannt durch 3D-Drucker-Bauteile wie Düsen, Kupplungen, Zahnriemen oder Heizplattformen, einen Namen gemacht. Sie bietet hochwertige Messing-Gewindeeinsätze in den gängigsten Dimensionen an (Bild 8). Die Grundidee dazu stammt aus dem Kunststoff-Spritzguss, hier bewähren sich solche Befestigungselemente seit Jahren.

In der 3D-Teilekonstruktion erfordert der Gewindeeinsatz das Setzen einer definierten Montagebohrung und eine Mindestwandstärke um den Gewindeeinsatz herum. Für einen festen Sitz des Gewindeeinsatzes wird allgemein eine Druckdichte (Füllung) von mindestens 80 % empfohlen, dann hält diese Art der Verbindung auch hohen Belastungen stand.

Wie wird der feste Sitz im Kunststoff erreicht? Betrachtet man den Gewindeeinsatz genau, fallen zunächst die gegensätzlich verlaufenden Rändelbänder auf, die die Arretierung im Material sichern. Ein Herausziehen ist nur mit Zerstörung des Trägermaterials möglich. Andere Gewindeeinsätze sind mit stachelförmigen Arretierungen ausgestattet, wie die Tappex Multisert®-Einsätze von KVT Fastening [7].

Das Einsetzen kann mit verschiedenen Methoden erfolgen. Weist das Werkstück, in das der Gewindeeinsatz eingesetzt werden soll, genügend Dichte und Festigkeit auf, kann man die Einsätze einpressen, ohne sie erwärmen zu müssen. Bild 9 zeigt ein ausgeführtes Beispiel hierfür mit Ruthex-Gewindeeinsatz. Man sieht im Bild, dass der Einsatz eingepresst und nicht eingebettet ist – der Kunststoff weist rings um den Einsatz kleine Hohlräume auf.

Der Privatanwender wird jedoch hauptsächlich zur einfachen und funktionssicheren Technik des Einbettsens durch Wärme greifen. Dabei wird der Gewindeeinsatz auf die vorgedruckte Bohrung aufgesetzt und direkt mit einer Lötkolbenspitze erwärmt (Bild 10). Gleichzeitig drückt man mit dieser den Gewindeeinsatz in das Material hinein. Durch die Wärmeeinwirkung verformt sich der Kunststoff, gestattet so das einfache Einschleiben und legt sich beim Erkalten dicht an den Gewindekörper an. Dadurch ist der Gewindeeinsatz wirklich formschlüssig eingebracht, während beim kalten Einpressen lediglich die gegenläufigen Rändelbänder bzw. Stacheln durch das Verkrallen ein einfaches Ausziehen aus dem Material verhindern. Der markante Ring am Ende des Gewindeeinsatzes sorgt für ein gerades Einführen des Einsatzes.

Eine Alternative zum etwas rustikal wirkenden Einbetten per Lötkolbenspitze ist das Erwärmen des Gewindeeinsatzes vor dem Einsetzen. Dazu kann man z. B. eine Heißluft-Lötstation einsetzen. Nicht unbedingt empfohlen wird das Anheizen mit einer Flamme – hier riskiert man Materialschäden durch zu hohe Temperaturen. Beim Erwärmen vor dem Einsetzen empfiehlt es sich, den Gewindeeinsatz, wie in Bild 11 zu sehen, zunächst auf einen Bolzen oder ein Stück Gewindestange aufzuschrauben. Damit ist Erwärmen einfach und komplett möglich, aber auch das genau gerade Einsetzen in das Material ist so einfacher. Hier auch in gewissen Grenzen eine Korrektur des Sitzes möglich. **ELV**

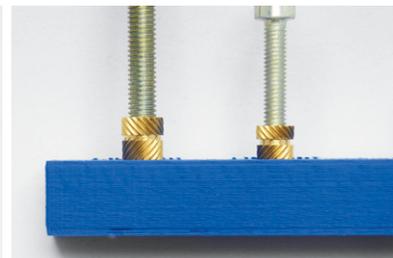


Bild 11: Alternative zur Erwärmung per Lötkolben – Heißluftgerät und Einsetzen mit Bolzen. Beachtet man die mit den Gewindeeinsätzen mitgelieferten Herstellervorgaben für die Einsatzlöcher, gelingt das Einsetzen dank der Führungen sehr gut. Mit passenden Bolzen/Schrauben kann man die genau senkrechte Lage kontrollieren.

## i Weitere Infos

- [1] HomeMatic Gehäuse für HB-RF-USB von Marco Geisler: <https://www.thingiverse.com/thing:4075549>
- [2] WÜPLAST® Spezialschrauben: <https://www.wuerth-industrie.com>
- [3] McMaster-Carr: <https://www.mcmaster.com/>
- [4] Muttern im 3D-Druck einbetten: <https://www.mark3d.com/de/druckmaterialien/muttern-in-den-3d-druck-einbetten/>
- [5] Suchmaschine für stl-Dateien: <https://www.stlfinder.com>
- [6] Ruthex: <https://www.facebook.com/officialruthex>
- [7] KVT Fastening: <https://www.kvt-fastening.de>

Alle Links finden Sie auch online unter: [de.elv.com/elvjournals-links](http://de.elv.com/elvjournals-links)