

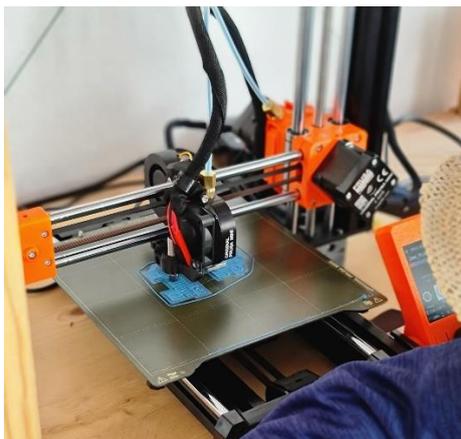
## 3D-Druck im DIGI-Wissens°raum

### Worum geht's?

3D-Drucken ist eine Methode der Herstellung von Objekten aus Kunststoffen, die zuerst digital gestaltet werden. Das Objekt wird anschließend von einem 3D-Drucker gedruckt, was bedeutet, der 3D-Drucker bringt einen gewählten Kunststoff nahe an den Schmelzpunkt und moduliert damit das Objekt in einzelnen dünnen Schichten auf einer Platte nach. Der Kunststoff härtet sehr rasch aus und das neu geschaffene Objekt kann verwendet und mitgenommen werden.

### Eckdaten

- Inhalte: digitales Design, 3D-Drucken mit Tinkercad und Prusa Slicer
- Zielgruppe: Jugendliche ab 10 Jahren, Erwachsene
- Dauer: insgesamt 1-3h + Druckzeit je nach Objekt
- Ressourcen: 3D-Drucker + Filament, Laptops, Zugänge zu Software Tinkercad, USB-Sticks



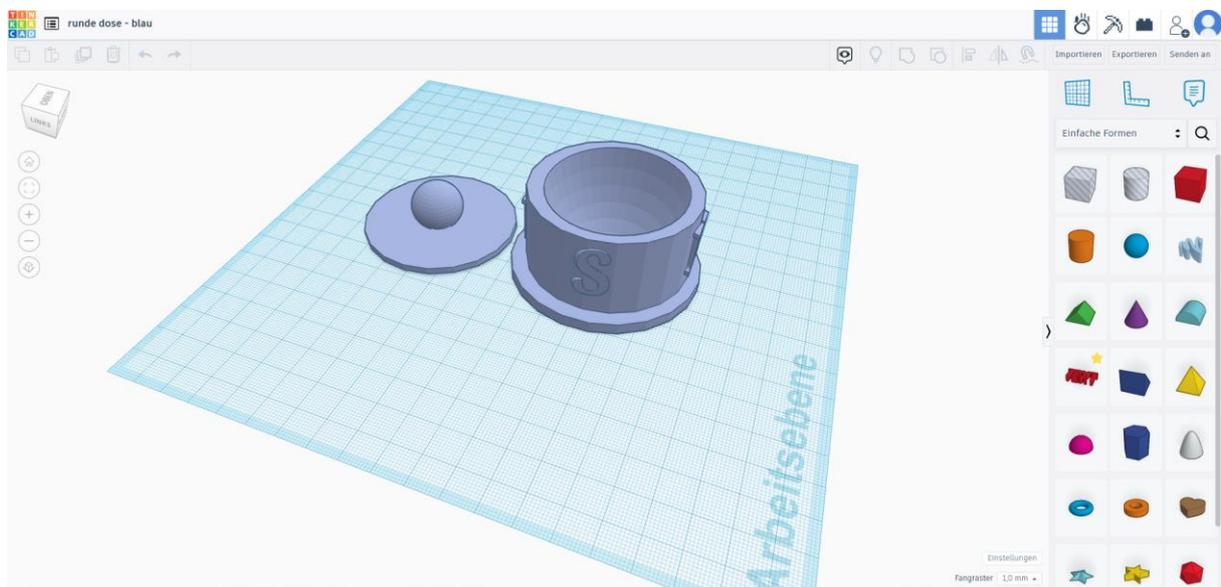
### Beschreibung

3D-Druck ist eine neue Technologie, die es ermöglicht, verschiedenste und auch komplizierte Formen relativ leicht aus Kunststoffen herzustellen. Eine klassische Anwendung in der Industrie ist das Prototyping oder die Spezialanfertigung von diversen Bauteilen für Maschinen und Geräte. Das 3D-Drucken erfreut sich aber auch in der Maker Szene immer größerer Beliebtheit für das Designen und Herstellen von praktischen Gadgets und Tools, lustigen Spielzeugen oder schönen dekorativen Objekten. In der Digi°Werkstatt steht vor allem das Designen eines 3-Dimensionalen Objektes im Vordergrund, welches aber sehr wohl auch gedruckt und mit nach Hause genommen werden kann.

### Tinkercad

Wir verwenden die Software Tinkercad, die speziell für den Bildungsbereich entwickelt wurde. Mit ihr können auch Personen mit geringen Computerkenntnissen und Kinder relativ leicht und intuitiv digitale 3D-Modelle erstellen. Zur Orientierung dient eine einfache Fläche als „Untergrund“ und ein initiales Koordinatensystem in einem 3-Dimensionalen Raum, in dem Formen und Objekte frei

platziert werden können. Klassische geometrische Körper wie Würfel, Kugel, Pyramide oder Zylinder bieten einen guten Startpunkt zur Exploration der Funktionsweise des Programmes und des ersten Designs. Aber auch etwas komplexere Formen wie Paraboloid, Sterne, Ikosaeder, Textobjekte und sogar mit Freihand gezeichnete Objekte lassen sich gestalten. Jede Form lässt sich dabei frei in allen 3 Dimensionen drehen und charakteristische Größen können manipuliert werden. So kann ein Würfel zu einem beliebigen Quader mit verschiedenen langen Seitenlängen verändert werden oder bei einem Ring lassen sich Durchmesser oder Querschnitt gestalten. Die Körper lassen sich mit anderen zu einer neuen Gestalt verbinden, und jede Form lässt sich auch als „Bohrung“ definieren um damit Löcher und Hohlräume in anderen Körpern erstellen zu können. Auch wenn die bereits vordefinierten Ausgangsformen überwiegend simpel sind, lassen sich damit bereits schöne, vielseitige und kreative 3D-Objekte gestalten. Die gestalteten Objekte können schließlich als 3D Druck Dateien exportiert werden und für den 3D Druck aufbereitet werden.



### PrusaSlicer

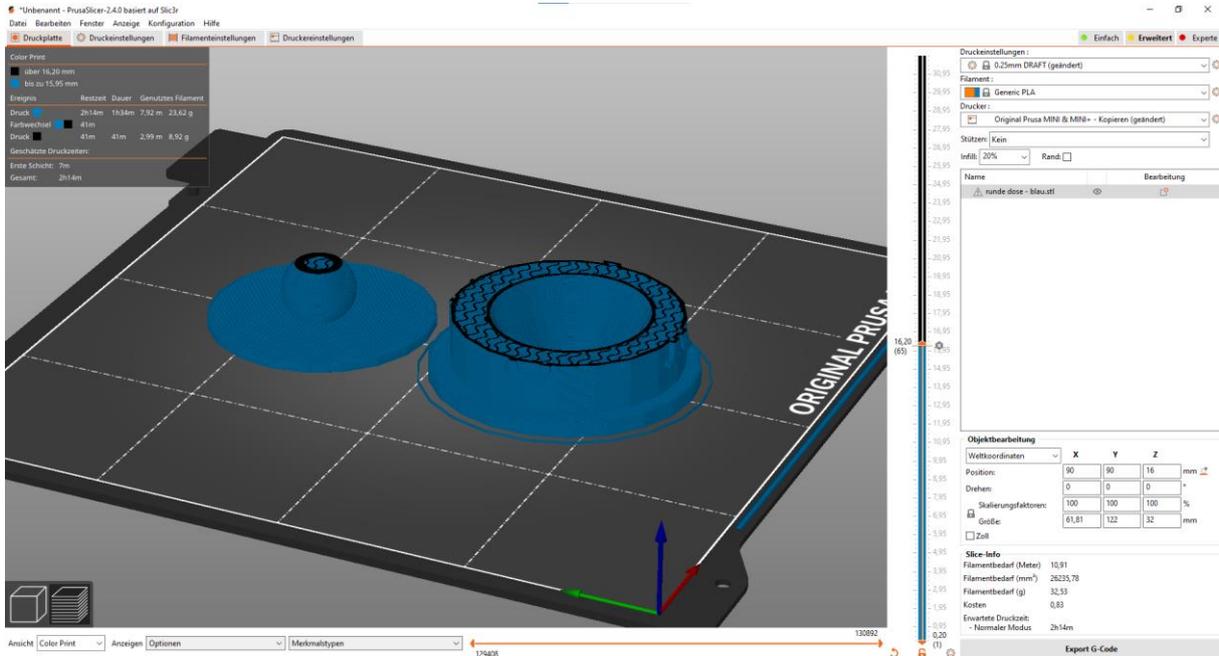
Ein digitales 3D-Modell lässt sich noch nicht direkt auf einem 3D Drucker realisieren. Eine Software wird benötigt um die 3D Form in einzelne Schichten zu zerlegen, welche von einem 3D Drucker schließlich hergestellt werden. Wir verwenden das kostenlose und open source Programm PrusaSlicer, welches in allen Einstellungen bereits optimal für unseren 3D Drucker von Prusa abgestimmt ist.

In PrusaSlicer können mehrere 3D Objekte, die beispielsweise in derselben Farbe gedruckt werden sollen nebeneinander auf der Druckplatte eingefügt werden. PrusaSlicer erlaubt hier praktischerweise noch geringfügige Modifikationen der Objekte wie drehen, skalieren oder abschneiden um sie gegebenenfalls aufeinander abzustimmen.

Nach Auswahl diverser Einstellungen (Material, Dichte der Füllung, Stützstrukturen für Überhänge, Dicke der Schichten), kann man sich die 3D Objekte als Schichtmodell errechnen lassen und danach



jede einzelne Schicht am PC betrachten, um eventuelle Probleme zu erkennen und zu beheben. Schließlich lässt sich noch ein gegebenenfalls gewünschter Farbwechsel bei der entsprechenden Schicht einplanen. Danach wird das Schichtmodell als sogenannter G-Code, ein weit verbreitetes für den 3D Drucker lesbares Dateiformat, auf einen USB-Stick exportiert.

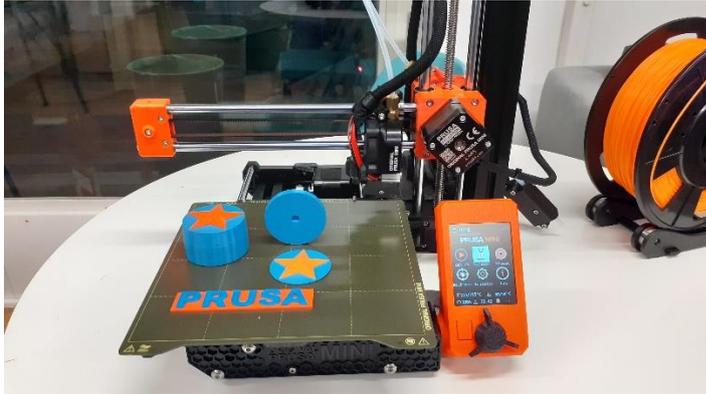


### 3D-Drucken mit dem Prusa Mini+

Der von uns verwendete 3D Drucker Prusa Mini+ ist ein sehr präzises Gerät, technisch aber relativ einfach. Er besteht aus einer beheizbaren beschichteten Metallplatte, auf der das zu druckende 3D Objekt haftet. Die Platte kann sich für den Druck in Y-Richtung verschieben. Eine Spritzdüse (Nozzle), aus welcher das Kunststoff Filament extrudiert, wird befindet sich auf einem in X- und Z-Richtung beweglichen Arm. Wenn der Drucker gut adjustiert ist, muss nur das richtige Filament in den Extruder geladen werden und der 3D Druck kann beginnen. Der G-Code wird mittels USB Stick zum Drucker übertragen und ist im Wesentlichen eine exakte Bewegungsanleitung für die Motoren der X-Y- und Z-Achsen sowie dem Extruder, der das Filament nach Bedarf nach vorschiebt. Die Nozzle-Spitze erhitzt sich über den Schmelzpunkt des Filaments hinaus, in unserem Fall bei Verwendung von PLA Filament auf etwa 210°C. Der sich so verflüssigende Kunststoff wird in einzelnen Schichten von ca. 0,2mm Stärke aufgetragen, erhärtet sofort wieder durch das Auskühlen und bildet so die 3-dimensionale Form. Falls voreingestellt, pausiert der Drucker und zeigt einen notwendigen Filament Farbwechsel an.

Die Technologie des 3D Druckens ist faszinierend und sehr flexibel in ihren Gestaltungsmöglichkeiten, allerdings leider auch langsam. Ein einfacher rechteckiger Schlüsselanhänger (50 x 15 x 5 mm) Seitenlänge mit Namen dauert bereits ca. 15 Minuten. Große Objekte können auch Stunden dauern. Entsprechend ist Zeit einzuplanen, wenn mehrere Personen drucken wollen und nur wenige Drucker zur Verfügung stehen.





## Zielgruppe

Angesprochen werden können mit dieser Aktivität sowohl Jugendliche ab 10 Jahren als auch Erwachsene. Da der 3D Druck einerseits schon relativ bekannt ist, trotzdem aber noch wenige Personen einen 3D Drucker und seine Funktionsweise kennen, ist die Neugierde meist recht groß.

## Vermittlungsziele

- Förderung der Kreativität durch Entwicklung und Design eines eigenen Objektes
- 3-Dimensionales Vorstellungsvermögen
- Software Skills mit CAD Programmen
- Kennenlernen einer computergestützten automatisierten Produktionsmethode
- Training von Designprozessen: Von Idee über Planung bis zur technischen Umsetzung

## Ressourcen

### Materialien:

- ❖ 1 PC mit Internetzugang (Pro Person/Team)
- ❖ 1 3D-Drucker (ggf. mehrere bei großem Besucher:innen Andrang)
- ❖ PLA Filamente in gewünschten Farben.  
(Es gibt sehr viele verschiedene Kunststoffe beim Filament zur Auswahl. PLA ist das gängigste, leicht zu handhaben und außerdem für einen Kunststoff einigermaßen biologisch abbaubar)
- ❖ USB-Stick
- ❖ 3D gedruckte Beispielobjekte
- ❖ Ein Präsentationsbildschirm zur Vorstellung der Software (von Vorteil)



## Tipps für die Vermittlung

### *Bezüge zum Alltag herstellen*

Um die Motivation für das Erstellen eines 3D Objekts zu steigern, hilft es, die Besucher:innen in Gespräche zu verwickeln, wofür die Objekte verwendet werden sollen. In der Maker Szene sind Gadgets, die im Alltag praktisch sein können sehr beliebt – bspw. diverse Halterungen für Dinge wie Stifte, Kochlöffel, Zahnbürsten oder persönliche Gegenstände. Nützlichkeit kann eine Motivation sein etwas zu gestalten – aber auch Schönheit. So kann der Wunsch nach dekorativen Objekten oder Spielfiguren als Motivation dienen.

### *Skizze als Einstieg*

Für manche Besucher:innen ist es hilfreich gleich zu Beginn, oder nach einer kurzen Experimentierzeit in Tinkercad, eine Skizze anzufertigen. Die Skizze kann als Hilfe auch aus mehreren Perspektiven gezeichnet werden.

### *Vorzeigen der Software*

Tinkercad ist eine intuitive Software, mit der jede:r schnell experimentell zu Ergebnissen kommen kann. Dennoch kann es von Vorteil sein die wichtigsten Funktionen vorzuzeigen. Es bewährt sich hierfür einen größeren Bildschirm als Präsentationsfläche zur Verfügung zu haben. Zusätzlich ist es hilfreich, die wichtigsten Schritte des 3D-Druckens und die wichtigsten Funktionen von Tinkercad möglichst einfach und grafisch aufbereitet auf Papier gedruckt zur Verfügung zu stellen.

### *Beispielobjekte und der Drucker in Betrieb*

Ausgewählte 3D-Objekte herzuzeigen ist wichtig, um den Besucher:innen die Materialität und Möglichkeiten der Technik bewusst werden zu lassen. Mit Lupen kann man auch die einzelnen Schichten, aus der ein Druck aufgebaut ist, sehen. Man kann sie aber auch durch Kratzen mit dem Fingernagel spüren. Auch Fehldrucke, die häufig wie Spaghettihaufen aussehen, können hilfreich sein um die Technologie zu verstehen.

Von Vorteil ist es auch einen 3D-Drucker in Betrieb zu haben, damit die Besucher:innen die mechanische Funktionsweise des Drucks beobachten können. Wer versteht, wie der Druck schichtweise von statten geht, wird beim 3D Zeichnen weniger Probleme haben mit dem Verständnis. Vor allem Probleme beim Drucken wie Überstände und unzusammenhängende, frei in der Luft stehende Objekte können so leichter vermittelt werden.

### *Kontrolle des 3D Objektes auf Lücken*

In der 2-dimensionalen Darstellung am Bildschirm mit Tinkercad entstehen oft Darstellungs- bzw Interpretationsprobleme von den 3D Objekten. Viele Besucher:innen fällt es schwer, das gezeichnete Objekt von allen Seiten (auch von unten) zu betrachten und zu erkennen, ob auch wirklich alles am richtigen Platz ist. Es ist sehr wichtig den Besucher:innen klar zu machen, dass alle Objekte, die nicht selbstständig stehen können, lückenlos miteinander verbunden werden müssen. Damit man das gut

erkennen kann, brauchen Besucher:innen gegebenenfalls Unterstützung bei den vielen Ansichtsmöglichkeiten der Software.

### *Überstände, Auskragungen*

Da das 3D Objekt Schicht für Schicht vertikal nach oben produziert wird, entstehen häufig Probleme bei auskragenden und überstehenden Elementen. Diese können nicht gedruckt werden, weil sie keinen festen Untergrund haben. Dies ist bereits im Design zu beachten. Es können aber im PrusaSlicer Stützstrukturen gebildet werden um Überstände zu ermöglichen. Die Oberfläche von Teilen die auf Stützstrukturen gebaut wurden, sind manchmal nicht ganz so hübsch und erfordern zusätzliche Druckzeit. Manchmal hilft es auch, das gesamte Objekt im PrusaSlicer so zu drehen, dass Überstände vermieden werden.

### *Überbrückungen*

Überbrückungen die auf beiden Seiten aufgestützt sind, sind je nach Filament bis zu wenigen cm möglich. Die einzelnen Filamentstränge bilden allerdings manchmal keine schöne ebene Fläche, sondern sind je nach Überbrückungslänge etwas durchhängend. Falls das ein Problem darstellt, können auch hierfür Stützstrukturen im PrusaSlicer hinzugefügt werden.

### *3D Objekte außerhalb der Platte*

Manchmal bleiben Reststücke von verworfenen 3D Entwürfen irgendwo außerhalb des Sichtfeldes vorhanden, werden mitgespeichert und verursachen später Probleme im PrusaSlicer, weil sich Objekte außerhalb des Druckbereiches befinden. Es empfiehlt sich bereits in Tinkercad zu überprüfen, ob sich weit außerhalb der Modellfläche Reste befinden und diese zu löschen. Auch im PrusaSlicer gibt es später Möglichkeiten diese zu entfernen.

### *Größe und Detailgrad*

Auch wenn das 3D Druckgerät prinzipiell sehr exakt arbeiten kann, lassen sich mit dieser Technologie auf Filamentbasis keine sehr detailreichen und filigranen Objekte herstellen. Vor allem bei kleinen Schriftelementen können dünne Linien leicht verschwinden. Es ist empfehlenswert detailreiche Elemente möglichst rasch im PrusaSlicer in der Schichtmodell Ansicht zu überprüfen, ob das Ergebnis zufriedenstellend wird.

Vertikale Elemente mit sehr dünnem Querschnitt neigen dazu leicht zu brechen. Vor allem wenn an den dünnen Stellen ein Farbwechsel eingeplant ist.

### *Druckdauer*

3D-Druck ist leider eine eher langsame Technologie. Für größere Objekte fallen schnell Druckzeiten von einer bis mehreren Stunden an. Sobald ein Druck allerdings gestartet ist, kann er unbeaufsichtigt, beispielsweise über Nacht, fertig gestellt werden (sofern kein Farbwechsel geplant ist).

Entsprechende Kommunikation vorab mit den Besucher:innen bzgl. eventueller Wartezeiten ist sehr wichtig um Enttäuschungen zu vermeiden. Es hat sich auch bewährt, am Ende des Tages alle ausstehenden Drucke in derselben Farbe über Nacht gemeinsam laufen zu lassen. Die Objekte können dann an anderen Öffnungstagen abgeholt werden.



### *Vorbereitung des Druckes und Einsparungen in der Druckzeit mit PrusaSlicer*

Viele Personen designen ein Objekt, ohne auf die tatsächliche Größe zu achten. Auch die Farben des Modells spielen im Designprozess noch keine Rolle, weil die Farbe ausschließlich durch das Filament zustande kommt. PrusaSlicer bietet einfache aber wichtige Funktionen, um fertige 3D Modelle noch anzupassen hinsichtlich Größe, Detailgrad oder Füllung der 3D Körper, was Einfluss auf Qualität und Druckdauer der Objekte hat. Es können mehrere verschiedene Objekte in dasselbe Prusa Projekt geladen werden und mit den einfachen Werkzeugen aneinander angepasst werden. Durch einige dieser Manipulationen lässt sich erheblich Druckzeit einsparen:

- Skalierung: Jedes Objekt kann separat im PrusaSlicer stufenlos vergrößert oder verkleinert werden. Hier kann durch Verkleinern am meisten Zeit eingespart werden. Eine Skalierung nur entlang der Vertikalen Z-Achse ist auch praktisch, um bei mehreren Objekten die Höhe für einen eventuellen Farbwechsel anzupassen.
- Die Funktion Schneiden ermöglicht ebenso eine Höhenanpassung. Sehr praktisch, um zu dick geratene Bodenplatten oder zu hoch stehende Schriftzüge abzuflachen.
- Infill: 3D Objekte werden zur Einsparung von Material und Zeit üblicherweise als Hülle mit der gewünschten Form und einem sogenannten Füllmuster ausgeführt. Es gibt verschiedene 3-dimensionale Muster zur Füllung, welche sich in Druckgeschwindigkeit und Stabilität leicht unterscheiden. Das Infill kann bei Objekten, die wenig mechanischer Beanspruchung ausgesetzt sind, auf 10% oder sogar 5% reduziert werden.
- Schichtdicke: ein 3D-Drucker kann üblicherweise in wenigen Zehntel oder gar Hundertstel Millimeter dicken Schichten drucken. Der Detailgrad erhöht sich allerdings auf Kosten der Druckdauer. Für einfache Objekte und erste Versuche von Besucher:innen ist ein Detailgrad von 0,2cm oder 0,25cm meist ausreichend.
- Stützstrukturen: Diese sollten eingestellt werden, wenn auskragende Elemente im Objekt vorhanden sind. Hier sollte in der Ansicht des Schichtmodells in PrusaSlicer genau darauf geachtet werden, ob mit den eingestellten Stützeinstellungen auch an den notwendigen Stellen Stützen dargestellt werden.
- Farbwechsel: Ein wesentliches Design Element in 3D Drucken ist ein Farbwechsel, um beispielsweise Schrift oder dekorative Formen von einer Basisplatte abzuheben. Die meisten einfachen 3D Drucker ermöglichen Farbwechsel nur entlang der Vertikalen Achse, also übereinander und keine verschiedenen Farben nebeneinander. In der Regel ist auch ein manueller Wechsel des Filaments notwendig, sobald das Druckprogramm dies entsprechend anzeigt.

## Weiterführende Ideen

### *3D-Drucke mit technischer Anwendung*

Obwohl TinkerCAD sehr einfach zu bedienen ist, kann doch sehr genau gearbeitet werden. Es ist daher durchaus möglich, Objekte mit gewissen technischen Ansprüchen zu designen. Im Wissens°raum wurde beispielsweise eine Kurbel designt und gedruckt, um sie später für eine andere Tinkeringaktivität, dem Bau einer Kurbelmaschine, einzusetzen.

### *Reparaturwerkzeug 3D Drucker*

Sehr viele Dinge und Geräte enthalten diverse Kunststoffteile, die kaputt oder verloren gehen können. Je nach Komplexität des Objekts und Fähigkeiten der Besucher:innen können diese Teile oft einfach mit einem 3D Drucker nachmodelliert werden. Für viele Geräte, die eine tatsächliche Schwachstelle haben, existieren bereits kostenlose fertige Druckdateien im Internet. Diese zu verwenden und gegebenenfalls zu adaptieren, kann oft viele Mühen beim Designen ersparen.

### *Filament Experimente*

Neben dem sehr klassischen „Einsteiger“ Filament PLA gibt es viele andere interessante Kunststoffmaterialien, die bspw. besonders widerstandsfähig oder gummiartig flexibel sind, manche lassen sich besonders gut mit Lösungsmitteln oder Schleifpapier nachbearbeiten (um schöne glatte Oberflächen zu erzeugen). Einfache 3D Drucker können eine Vielzahl an Kunststoffen verarbeiten, Spezialdrucker schaffen sogar Filamente mit Keramik oder Metall Anteilen.

## Typische Beispielobjekte aus dem Digi-Wissens°raum Betrieb



