

HANSER



Leseprobe

zu

Mach was mit 3D-Druck!

von Stephan Regele

Print-ISBN: 978-3-446-47570-0

E-Book-ISBN: 978-3-446-47753-7

ePub-ISBN: 978-3-446-47790-2

Weitere Informationen und Bestellungen unter

<https://www.hanser-kundencenter.de/fachbuch/artikel/9783446475700>

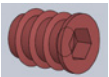
sowie im Buchhandel





© Carl Hanser Verlag, München

Inhalt

1	Einführung	1
2	Schnelleinstieg in den 3D-Druck	5
2.1	Welche 3D-Druckverfahren gibt es?	5
2.2	Aufbau eines FDM-Druckers	7
2.3	Auswahlkriterien zur Anschaffung eines 3D-Druckers	13
2.4	Druckmaterialien	15
2.4.1	PLA	16
2.4.2	ABS	16
2.4.3	PLA und ABS im Vergleich	16
2.4.4	PETg	17
2.4.5	PVA	17
2.4.6	TPE	17
2.4.7	Die wichtigsten Druckmaterialien im Vergleich	18
2.5	Datenerstellung und -aufbereitung für den Druck	19
2.5.1	Content-Plattformen	20
2.5.2	CAD-Programme	22
2.5.3	Slicer-Software	23
3	3D-Druck-Grundlagen	25
3.1	Allgemeine Druckeinstellungen	25
3.1.1	Extruder	26
3.1.2	Schichten	27
3.1.3	Ergänzungen	28
3.1.4	Füllung	28

3.1.5	Stützen	29
3.1.6	Temperatur	35
3.1.7	Abkühlen	36
3.1.8	G-Code	36
3.1.9	Skripte	37
3.1.10	Andere	38
3.1.11	Weitere Einstellungen	39
3.2	Druckherausforderungen und -probleme meistern	40
3.2.1	Lagerung des Filaments	40
3.2.2	Geometrische Formen	40
3.2.2.1	Schräge Wand mit/ohne Stützstruktur (Support)	40
3.2.2.2	Übergang (Bridge)	42
3.2.2.3	Horizontale Bohrung	46
3.2.3	Dünne Wandstärken	47
3.2.4	Verbesserung der Haftung des Druckteils auf der Druckplatte	53
3.2.5	Gelungener Druckbeginn – die erste Schicht	56
3.2.6	Düsenverstopfung	59
3.3	Druckerpflege und -wartung	60
3.3.1	Reinigen und Schmieren der Antriebsstränge	60
3.3.2	Zahnriemenspannung überprüfen	60
4	Verbindung von 3D-Druckteilen	64
4.1	Schraubverbindung mit Gewindeeinsatz	65
4.2	Schraubverbindung mit 6kt-Mutter in Senknot	67
4.3	Schraubverbindung mit Einpressmutter	70
4.4	Schraubverbindung mit Quermutterbolzen	72
4.5	Schraubverbindung mit Nutmutter	74
4.6	Schraubverbindung mit Spreizmuffe	78
4.7	Schraubverbindung mit Helicoil	79
4.8	Schraubverbindung mit Hülsenverschraubung	84
4.9	Selbst gedruckte Schraubverbindung (DIY)	87
4.10	Kleberverbindung	93

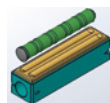


5	Puzzle	98	
5.1	Übersicht der benötigten Teile	98	
5.2	Druckeinstellungen für das Puzzle	99	
5.3	Hinzufügen von Mund und Augen	100	
5.4	Nachdruck eines einzelnen Puzzleteils	100	
6	USB-Stick	103	
6.1	USB-Stick mit Smiley-Gehäuse (Variante 1)	103	
6.1.1	Übersicht der benötigten Teile	104	
6.1.2	Druckeinstellungen für das Smiley-Gehäuse (Hauptkörper)	105	
6.1.3	Druckeinstellungen für den Halter (Einschub)	108	
6.2	USB-Stick mit Smiley-Gehäuse (Variante 2)	112	
6.2.1	Übersicht der benötigten Teile	112	
6.2.2	Druckeinstellungen für Augen und Mund	113	
6.2.3	Festkleben von Augen und Mund	114	
6.3	USB-Stick mit Smiley-Gehäuse (Variante 3)	114	
6.3.1	Übersicht der benötigten Teile	114	
6.3.2	Druckeinstellungen für den Hauptkörper und den Einschub	115	
6.3.3	Druckeinstellungen für Augen und Mund	115	
6.4	USB-Stick mit Smiley-Gehäuse: die drei Varianten im Vergleich	116	
6.5	USB-Stick mit Yin-Yang-Gehäuse	119	
6.5.1	Übersicht der benötigten Teile	120	
6.5.2	Druckeinstellungen für Yin- und Yang-Körper	121	
6.5.3	Druckeinstellungen für die Zylinder	122	
7	Tragegriffe für Tüten und Taschen	125	
7.1	Tragegriff für Tüten	125	
7.1.1	Übersicht der benötigten Teile	127	
7.1.2	Druckeinstellungen für den Tragegriff	128	
7.2	Tragegriff für Taschen	129	
7.2.1	Übersicht der benötigten Teile	130	
7.2.2	Druckeinstellungen für den Tragegriff	130	

	8	Nussknacker	134
	8.1	Übersicht der benötigten Teile	135
	8.2	Konstruktive Verstärkung des Hebels	136
	8.3	Druckeinstellungen für das Gestell	138
	8.4	Druckeinstellungen für den Hebel	142
	8.5	Druckeinstellungen für das Distanzstück	142
	8.6	Montage	143
	9	Zubehör für elektronische Geräte	146
	9.1	Tabletständer	146
	9.1.1	Übersicht der benötigten Teile	147
	9.1.2	Druckeinstellungen für den Tabletständer	147
	9.2	Kleiner Tabletständer	149
	9.2.1	Druckeinstellungen für den kleinen Tabletständer	149
	9.3	Handyhalter	151
	9.3.1	Druckeinstellungen für den Handyhalter	152
	9.4	Handyhalter mit USB-Stick	157
	10	Fruchtfliegenfalle	161
	10.1	Übersicht der benötigten Teile	163
	10.2	Probendruck der Abdeckung	164
	10.3	Endgültiger Druck der Abdeckung	165
	10.4	Zubereitung des Fruchtfliegenköders	166
	11	Hamburgerpresse	169
	11.1	Übersicht der benötigten Teile	169
	11.2	Allgemeine Druckeinstellungen für sämtliche Teile der Hamburgerpresse ..	171
	11.3	Druckeinstellungen für den Griff	172
	11.4	Druckeinstellungen für den Außenring	173
	11.5	Druckeinstellungen für die Oberplatte	174
	11.6	Druckeinstellungen für die Unterplatte	174
	11.7	Druckeinstellungen für den Zentrierbolzen	175
	11.8	Verbindung von Griff und Oberplatte	175
	11.9	Konstruktive Varianten	176
	11.10	Tipps zum richtigen Einsatz der Hamburgerpresse	177

12 Mückenstichheiler.....178

- 12.1 Übersicht der benötigten Teile179
- 12.2 Druckeinstellungen für den Behälter.....180
- 12.3 Druckeinstellungen für den Stift181
- 12.4 Anfertigung der Holzplatte.....183
- 12.5 Zusammenbau des Mückenstichheilers.....183
- 12.6 Gebrauchsanweisung zur Verwendung des Mückenstichheilers185



13 Blumenvase.....186

- 13.1 Übersicht der benötigten Teile187
- 13.2 Druckeinstellungen für das Gestell188
- 13.3 Druckeinstellungen für den Halter.....191
- 13.4 Druckeinstellungen für das Etikett.....191
- 13.5 Nachbearbeitung des Etiketts193



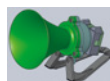
14 Brillengestell.....196

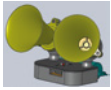
- 14.1 Übersicht der benötigten Teile198
- 14.2 Druckeinstellungen für den Brillenrahmen198
- 14.3 Druckeinstellungen für die Bügel.....200
- 14.4 Druckeinstellungen für die Scharniere204
- 14.5 Zusammenbau des Brillengestells205
- 14.6 Einfügen der Brillengläser206



15 MP3-Player.....208

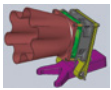
- 15.1 MP3-Player (Mono).....208
 - 15.1.1 Übersicht der benötigten Teile211
 - 15.1.2 Zusammenbau des MP3-Players (Mono)212
 - 15.1.3 Druckteile des MP3-Players (Mono)213
 - 15.1.4 Druckeinstellungen für den Halter214
 - 15.1.5 Druckeinstellungen für die Box.....215
 - 15.1.6 Druckeinstellungen für die Taste217
 - 15.1.7 Druckeinstellungen für den Deckel.....217
 - 15.1.8 Druckeinstellungen für den Lautsprecherhalter218
 - 15.1.9 Druckeinstellungen für das Horn221



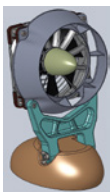


15.2	MP3-Player (Stereo) . . . . .	.222
15.2.1	Übersicht der benötigten Teile . . . . .	.223
15.2.2	Zusammenbau des MP3-Players (Stereo) . . . . .	.225
15.2.3	Schaltplan des MP3-Players (Stereo). . . . .	.225
15.2.4	Druckteile des MP3-Players (Stereo). . . . .	.227
15.2.5	Druckeinstellungen für das Horn . . . . .	.227
15.2.6	Druckeinstellungen für den Lautsprecherhalter . . . . .	.228
15.2.7	Druckeinstellungen für den Halter . . . . .	.229
15.2.8	Druckeinstellungen für die Box. . . . .	.229
15.2.9	Druckeinstellungen für den Deckel. . . . .	.230
15.2.10	Druckeinstellungen für die Taste . . . . .	.231
15.2.11	Tastenbelegung der MP3-Player-Karte . . . . .	.232



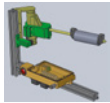

16 Tischventilator. 233



16.1	Ventilator 80 mm . . . . .	.233
16.1.1	Übersicht der benötigten Teile . . . . .	.235
16.1.2	Zusammenbau des Ventilators (80 mm). . . . .	.236
16.1.3	Verkabelung des Ventilators (80 mm). . . . .	.238
16.1.4	Druckteile des Ventilators (80 mm) . . . . .	.239
16.1.5	Druckeinstellungen für das Rohr . . . . .	.239
16.1.6	Druckeinstellungen für den Halter . . . . .	.240
16.1.7	Druckeinstellungen für den Strömungsrichter . . . . .	.241
16.1.8	Druckeinstellungen für die Basis . . . . .	.243



16.2	Ventilator 120 mm . . . . .	.245
16.2.1	Übersicht der benötigten Teile . . . . .	.245
16.2.2	Zusammenbau des Ventilators (120 mm) . . . . .	.247
16.2.3	Verkabelung des Ventilators (120 mm). . . . .	.248
16.2.4	Druckteile des Ventilators (120 mm). . . . .	.249
16.2.5	Druckeinstellungen für die Düse. . . . .	.249
16.2.6	Druckeinstellungen für den Zapfen . . . . .	.251
16.2.7	Druckeinstellungen für den Halter . . . . .	.253
16.2.8	Druckeinstellungen für die Basis . . . . .	.255

16.3	Doppelventilator 120 mm	257	
16.3.1	Unterbaugruppe Fußplatte	259	
16.3.2	Unterbaugruppe Basis	259	
16.3.3	Unterbaugruppe Ventilatorenhalter	261	
16.3.4	Hauptbaugruppe	262	
16.3.5	Verkabelung des Doppelventilators	263	
16.3.6	Druckteile des Doppelventilators	265	
16.4	Varianten der Ventilatoren (120 mm)	273	
16.4.1	Neuteil der Düse	274	
16.4.2	Umbauteil der Düse	276	
16.4.3	Nachrüstteil der Düse	277	
17	Alarmvorrichtung zum Erkennen von Filament-Problemen	279	
17.1	Unterbaugruppe Filamentrollenhalter	281	
17.2	Unterbaugruppe Sensorhalter	283	
17.3	Unterbaugruppe Elektronikgehäuse	284	
17.4	Unterbaugruppe Gestell	286	
17.5	Verkabelung	287	
17.6	Druckteile für die Alarmvorrichtung	289	
17.6.1	Druckeinstellungen für den Halter	290	
17.6.2	Druckeinstellungen für den Anschlag	291	
17.6.3	Druckeinstellungen für den Sensorhalter	292	
17.6.4	Druckeinstellungen für das Gehäuse	293	
17.6.5	Druckeinstellungen für den Deckel	295	
18	Geige	297	
18.1	Unterbaugruppe Vorderteil	298	
18.2	Unterbaugruppe Mittelteil	299	
18.3	Unterbaugruppe Hinterteil	300	
18.4	Unterbaugruppe Halter Schulterstütze	301	
18.5	Unterbaugruppe Rohr	302	
18.6	Baugruppe Geige	303	
18.7	Verschraubungen	305	

18.8	Druckteile der Geige	312
18.8.1	Druckeinstellungen für das Vorderteil	313
18.8.2	Druckeinstellungen für das Mittelteil	319
18.8.3	Druckeinstellungen für das Hinterteil	321
18.8.4	Druckeinstellungen für den Anschlag	323
18.8.5	Druckeinstellungen für den Halter (Kinnhalter)	324
18.8.6	Druckeinstellungen für den Halter (Schulterstütze)	325
18.8.7	Druckeinstellungen für den Steg	325
19	Uhrenbeweger	328
19.1	Baugruppen des Uhrenbewegers	329
19.1.1	Unterbaugruppe Innenring	330
19.1.2	Unterbaugruppe Mittelring	331
19.1.3	Unterbaugruppe Außenring	331
19.1.4	Unterbaugruppe Uhrenhalter	332
19.1.5	Unterbaugruppe Mitnehmer	333
19.1.6	Unterbaugruppe Gehäusedeckel	334
19.1.7	Unterbaugruppe Gehäusewand	335
19.1.8	Unterbaugruppe Gehäuseboden	336
19.1.9	Stücklisten des Uhrenbewegers	336
19.2	Verkabelung	341
19.3	Programmierung	342
19.4	Druckeinstellungen	346
19.4.1	Allgemeine Druckeinstellungen	346
19.4.2	Spezielle Druckeinstellungen	346
19.5	Nacharbeit und Zusammenbau	354
19.6	Inbetriebnahme	361
	Index	365



1

Einführung

Lohnt sich die Anschaffung eines 3D-Druckers? Darauf gibt es nur eine Antwort: Es kommt darauf an. Zuallererst muss man sich im Klaren sein, dass 3D-Drucken ein Hobby für Kreative ist. Sich fertig modellierte Teile aus dem Netz herunterzuladen und auszudrucken, ist am Anfang eine gute Möglichkeit, den Drucker und das Druckprogramm näher kennenzulernen, doch mit der Zeit wird die Langeweile siegen. In dir wird sich der Wunsch regen, bestehende Modelle abzuändern und deinen Wünschen anzupassen, oder selbstentwickelte Objekte zu fertigen. Genau hier beginnt es, kreativ zu werden – nämlich dann, wenn man sich Gedanken macht, was für einen Gegenstand man gerne fertigen möchte. Um die eigenen Ideen umzusetzen, ist ein CAD-Programm zum Modellieren der Teile sowie ein Druckprogramm (auch Slicer-Software genannt) unentbehrlich. Im Internet gibt es ein großes Angebot kostenloser Slicing- und CAD-Software. Wenn man in der Anwendung dieser Programme noch ungeübt ist, findet man auf z.B. auf YouTube jede Menge Tutorials, die einem dabei helfen, die Programme leichter und schneller zu erlernen.

Kreativität ist das richtige Stichwort, denn hier setzt dieses Buch an. Nicht ohne Grund lautet der Titel des Buches *Mach was mit 3D-Druck*. Dieses Buch soll zeigen, dass 3D-Drucken mehr als das bloße Nachdrucken von Vorlagen ist, und dir Anregungen geben, was sich mit 3D-Druck alles realisieren lässt. Das Buch ist sowohl für Druckanfänger als auch für erfahrene 3D-Druck-Anwender geeignet. Es geht darin auch nicht nur ums 3D-Drucken, sondern um das Herstellen von Gegenständen. Dieses Buch vermittelt dir Fertigkeiten, die einen echten Erfinder ausmachen. Du erfährst alles, was du wissen musst, um mithilfe von 3D-Druck deine Produktidee zu realisieren: vom Konstruktionsmodell über das Drucken der Einzelteile bis zum Zusammenbau deines DIY-Objekts.

Dieses Buch enthält 25 Beispielprojekte. Dazu zählen sowohl Gebrauchsgegenstände und Arbeitsmittel als auch Gegenstände für Freizeit & Hobby. Von einfachen Utensilien bis zu komplizierten Geräten ist alles dabei. In einigen Projekten sind auch elektronische Komponenten enthalten. Die Projekte sind nach Schwierigkeitsgrad geordnet. Es wird mit einfachen, leicht zu druckenden Teilen begon-

nen. Zum Ende hin werden die Baugruppen dann immer komplexer. Darüber hinaus werden in Kapitel vier verschiedene Methoden vorgestellt, mit denen Druckteile miteinander verbunden werden können.

Für alle Druckteile werden allgemeine Druckeinstellungen vorgeschlagen. Falls z. B. konstruktive Herausforderungen besondere Einstellungen erforderlich machen, werden diese ausführlich dargestellt. Es wird auch beschrieben, wie man Druckprobleme bereits in der Konstruktion durch die Anwendung bestimmter Tricks umgehen kann.

Alle in diesem Buch vorgestellten Gegenstände habe ich entweder selbst entwickelt oder ich habe ein Modell aus dem Internet heruntergeladen und dieses an meine persönlichen Vorstellungen angepasst. Zu Beginn meiner 3D-Druck-Laufbahn habe ich erst einmal Druckvorlagen verwendet oder Objekte nachkonstruiert. Mit der Zeit kamen dann immer kompliziertere Apparate zustande. Am Ende habe ich mich sogar an den Einsatz von elektronischen Bauteilen herangewagt. Folgenden Tipp kann ich dir mit auf den Weg geben: Außer Kreativität solltest du beim 3D-Drucken auf jeden Fall auch viel Geduld mitbringen. Solltest du diese Geduld nicht besitzen, dann werden dir die Fehldrucke, die du mühsam über einen halben Tag hinweg produziert hast, diesen Charakterzug sicherlich noch nahebringen. Ich weiß, wovon ich spreche ...

Wie man mit diesem Buch arbeitet

Zum Arbeiten mit diesem Buch benötigst du selbstverständlich einen 3D-Drucker. Die technischen Voraussetzungen dieses Druckers sind minimal, das heißt, fast alle Projekte aus diesem Buch benötigen nur einen Extruder und eine Druckplattform von 200 × 200 mm (ohne Heizbett). Lediglich das Vasen-Projekt aus Kapitel 13 benötigt eine Druckplattform von mindestens 250 × 200 mm. Als Druckmaterial wird in fast allen Projekten PLA vorgeschlagen. Falls man über ein Heizbett verfügt, kann man diese Teile auch mit ABS drucken. Einige wenige Projekte benötigen aus hygienischen Gründen PETg als Druckmaterial.

Eine Voraussetzung zum Erstellen der Druckdateien ist der Besitz einer Slicing-Software. Alle Druckbeispiele sind mit dem kommerziellen Programm Simplify3D (Version 4.1.2) erzeugt worden. Dieses Programm hat eine große Vielfalt an Einstellmöglichkeiten und erzeugt sehr gute Druckergebnisse. Das Programm ist kostenpflichtig und lohnt sich deshalb vor allem für Anwender, die häufig drucken. Die allermeisten der hier beschriebenen Befehle können auch mit kostenlosen Druckprogrammen erzeugt werden.



Sämtliche Druckteile, die in den Beispielprojekten aus diesem Buch zum Einsatz kommen, stehen unter *plus.hanser-fachbuch.de* bereit. Ganz vorne im Buch findest du den dafür benötigten Zugangscodes. Zusätzlich zu den Druckdateien (stl-Format) werden die Daten auch als neutrale, von allen CAD-Programmen verarbeitbare STEP-Dateien zur Verfügung gestellt. Auf diese Weise können am existierenden Modell Änderungen vorgenommen werden, was bei Daten im stl-Format meistens unmöglich ist. Ein CAD-Programm ist demnach nicht erforderlich, aber gewünscht, damit bei Bedarf Anpassungen an den Modellen vorgenommen werden können, oder kreative Weiterentwicklungen möglich werden.

Viele der Projekte gehen weit über das 3D-Drucken hinaus. Größere Baugruppen bestehen nicht nur aus Druckteilen, sondern enthalten auch (elektronische) Kaufteile, welche man sich beim Baumarkt oder bei Onlineanbietern besorgen kann. Die meisten dieser Teile können bei Amazon oder eBay bezogen werden. Normteile wie Schrauben, Muttern oder Aluminiumrohre können in jedem Baumarkt gekauft werden.

Zu Beginn jedes Beispielprojekts erhältst du eine Übersicht der benötigten Teile. Diese sogenannte Stückliste enthält sowohl die über 3D-Druck erzeugten Teile sowie alle zusätzlich benötigten Teile inklusive der genauen Referenzen und Bezugsmöglichkeiten. Bei komplexeren Projekten findest zu jedem Teil eine Positionsnummer (Abkürzung: Pos.) in der Stückliste. Die Positionsnummer findet sich auch in der technischen Zeichnung zu diesem Projekt wieder, welche die Einzelteile in der Übersicht zeigt. Über die Positionsnummern wird deutlich, um welches Teil aus der Stückliste es sich jeweils handelt.

Ich habe jedes der Teile gekauft und vermessen, um zu gewährleisten, dass die Kaufteile genau in die Druckteile passen. Trotzdem kann es passieren, dass sich im Laufe der Zeit Kaufteile mit gleicher Bestellnummer in ihren Eigenschaften verändern. Deshalb empfehle ich, die Teile zuerst zu erwerben und mit den CAD-Daten zu vergleichen, bevor du das jeweilige Teil druckst.

Hinsichtlich der Elektronikteile möchte ich noch erwähnen, dass immer Anschlusspläne vorliegen. Trotzdem solltest du im Umgang mit Strom nicht unvorsichtig sein, auch wenn nur 5–12 V Gleichstrom anliegen.



Wenn du dir unsicher bist oder keine Erfahrung auf dem Gebiet der Verkabelung hast, ist dringend anzuraten, eine im Umgang mit Elektronik erfahrene Person zurate zu ziehen, denn jeder noch so kleine Kurzschluss kann einen Brand verursachen.



Falls du noch Fragen oder Anregungen hast, dann kannst du mich gerne unter info@mach-was-mit-3d-druck.org kontaktieren. Auf der Webseite zum Buch (<http://mach-was-mit-3d-druck.org>) findest du Hinweise zu Aktualisierungen bzw. Änderungen, welche die Inhalte des Buches sowie den 3D-Druck im Allgemeinen betreffen.

Und nun wünsche ich dir viel Freude bei der Lektüre dieses Buches!

Villanueva de la Cañada, Januar 2023

Stephan Regele

2

Schnelleinstieg in den 3D-Druck

In diesem Kapitel erhältst du einen Schnelleinstieg in die Welt des 3D-Drucks. Du lernst die verschiedenen Druckverfahren kennen, allen voran das FDM/FFF-Verfahren, das bei der Mehrheit der 3D-Drucker für den Heimanwenderbereich zum Einsatz kommt. Du erfährst, wie ein FDM-Drucker aufgebaut ist, wie er funktioniert und auf welche Auswahlkriterien du bei der Anschaffung achten solltest. Außerdem lernst du die verschiedenen Druckmaterialien kennen, die du verwenden kannst. Darüber hinaus erfährst du, wie du von der Idee über das Konstruktionsmodell und die Druckdatei zum gedruckten Gegenstand gelangst.

■ 2.1 Welche 3D-Druckverfahren gibt es?

Der geniale Erfinder Charles W. Hull patentierte 1984 das erste Druckverfahren, die Stereolithografie. Fünf Jahre später patentierte S. Scott Crump das Schmelzschichtverfahren, auf dessen Technik die meisten 3D-Drucker für den Hobbybereich basieren. Vor allem seit Ablauf einiger Patente hat sich ab 2010 ein 3D-Druck-Megatrend sowohl in der Industrie als auch im Heimanwenderbereich entwickelt.

Die technische Realisierung aller Druckverfahren basiert auf der Schichtbautechnologie, das heißt, das Druckteil wird schichtweise erzeugt. Der 3D-Druck ist ein sogenanntes Generatives bzw. Additives Fertigungsverfahren. Mit additiv ist gemeint, dass dem Werkstück Material hinzugefügt wird. Dies unterscheidet den 3D-Druck von herkömmlichen Fertigungsverfahren wie der Subtraktiven (Drehen, Fräsen, Bohren) und der Formativen Fertigung (Gießen, Schmieden, Biegen).

Die Druckverfahren unterscheiden sich im Wesentlichen im Druckwerkstoff, im Zustand des zu verdruckenden Materials und in der Art der Verschmelzung. Die Anforderungen an das Druckteil sind ebenso zu berücksichtigen. Wird das Druckteil hohen oder niedrigen Belastungen ausgesetzt sein oder soll es nur als Anschauungsobjekt dienen? Natürlich spielen auch die Herstellungskosten eine große Rolle. Im Folgenden stelle ich die bekanntesten 3D-Druckverfahren kurz vor.

Stereolithografie (SLA/STL)

Die Stereolithografie (SLA/STL: Stereo Lithography Apparatus¹) basiert auf einer photochemischen Reaktion des lichtempfindlichen Druckwerkstoffs. Bei diesem Verfahren wird lichtaushärtender, flüssiger Kunststoff (Kunstharz, Epoxyharz) von einem Laser schichtweise ausgehärtet. Eine Druckplattform befindet sich in einem mit flüssigem Kunststoff gefüllten Behälter. Diese senkt sich um die Druckschichtdicke ab, sodass der flüssige Kunststoff über die zuletzt gedruckte Schicht fließt. Dann wird die nächste Druckschicht mit dem Laser ausgehärtet.

Vorteil: Das Verfahren erzeugt sehr glatte Oberflächen und es können filigrane Strukturen gedruckt werden.

Nachteil: Aufgrund der geringen Bauteilfestigkeit dient es vornehmlich für die Erzeugung visueller Prototypen (= Anschauungsmodelle).

Selektives Laserschmelzen/Selective Laser Melting (SLM)

Beim Selektiven Laserschmelzen (Selective Laser Melting, SLM) wird Metall- oder Keramikpulver durch Laserstrahlen verschmolzen. Nachdem eine Druckschicht erzeugt wurde, wird das Druckteil um eine Druckschichthöhe abgesenkt. Anschließend wird weiteres Pulver mithilfe eines Rakels über die gedruckte Schicht verteilt, bevor die nächste Druckschicht mit dem Laser angeschmolzen wird. Dieser Vorgang wiederholt sich, bis das Druckstück fertig gedruckt ist. Um eine Oxidation des Druckmaterials während des Drucks zu vermeiden, wird der hermetisch verschlossene Druckbereich mit einer Schutzatmosphäre (Stickstoff oder Argon) gefüllt.

Vorteil: Man kann glattere Oberflächen als bei den meisten anderen Druckverfahren erzielen. Es ist eine hohe Bauteilfestigkeit gewährleistet und es sind keine Stützstrukturen nötig.

Nachteil: Man kann keine hohlen Körper drucken, ohne dass eine Auslassöffnung für das im Inneren verbliebene Pulver in das Bauteil eingearbeitet wurde. Die Anschaffungskosten für den Drucker sowie die Bauteilkosten (teures Pulver) sind verhältnismäßig hoch.

Selektives Lasersintern (SLS)

Ein weiteres Druckverfahren ist das Selektive Lasersintern (SLS). Es ähnelt dem Prinzip des Selektiven Laserschmelzens. Neben Metallen und keramischen Materialien kann auch Kunststoffpulver gesintert werden. Beim Sintern werden die Oberflächen der Pulverkörner miteinander verschmolzen. Das hat ein gewisses Maß an Porosität (Durchlässigkeit) zur Folge, sodass das Bauteil (falls nötig) nach dem Druck noch mit geeigneten Lacken an der Oberfläche versiegelt werden kann.

¹ stereos [στερεός] ist das altgriechische Wort für fest, stabil, im weiteren Sinn auch räumlich; lithos [λίθος] bedeutet Stein und graphein [γράφω] heißt schreiben.

Eine Besonderheit stellt das Versintern von Kunststoffpulver dar. Hier wird der Bauraum bis knapp unter die Schmelztemperatur des Kunststoffes erhitzt, sodass der Laser nur noch geringe Energie aufbringen muss, um das Kunststoffpulver zu versintern.

Fused Deposition Modeling/Fused Filament Fabrication (FDM/FFF)

Die Mehrheit der 3D-Drucker für den Heimanwenderbereich funktionieren nach dem Prinzip der Schmelzschichtung (FDM = Fused Deposition Modeling bzw. FFF = Fused Filament Fabrication). Hierbei wird ein Kunststoff-Filament aus Thermoplast² (z. B. PLA, ABS, PET, PVC) über die Schmelztemperatur erhitzt und in Schichten übereinander aufgetragen.

■ 2.2 Aufbau eines FDM-Druckers

Wie bereits erwähnt, basiert das Prinzip des FDM-Druckers darauf, ein Kunststoff-Filament zu erhitzen und mit Positioniervorrichtungen an die gewünschten Stellen aufzubringen. Die mechanischen Grundelemente eines FDM-Druckers sind der Druckkopf (Extruder), das Hotend, die Druckplatte und die Positioniereinheit, welche ich im Folgenden genauer vorstellen werde.

Druckkopf (Extruder)

Der Druckkopf (Extruder) dient der Filament-Zufuhr. Er besteht aus einem Schrittmotor, auf dessen Welle ein gerändeltes Rad sitzt. Ein gefedert gelagertes Anpressrad sorgt für einen schlupffreien Filament-Vorschub (Bild 2.1).

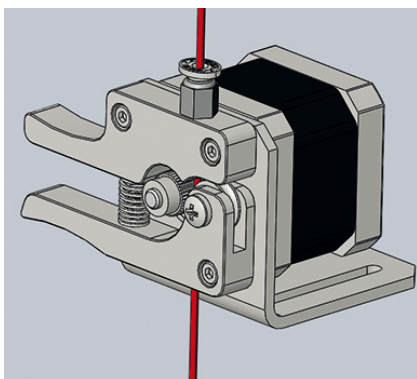


Bild 2.1 Extruder

² Thermoplaste sind Kunststoffe, welche sich in bestimmten Temperaturbereichen plastisch verformen und nach dem Abkühlen die Form beibehalten.

Hotend

Im Hotend wird das Filament geschmolzen. Um eine Verstopfung des Zuführrohrs durch geschmolzenes Filament zu unterbinden, ist das Zuführrohr mit einem Wärmediffusor (*Heat Sink*) ausgestattet. So wird die überschüssige Wärme an die Umgebung abgeleitet und das vorzeitige Schmelzen des Filaments verhindert. Zur Unterstützung der Wärmeabfuhr wird nicht selten ein Ventilator auf den Diffusor gesetzt.

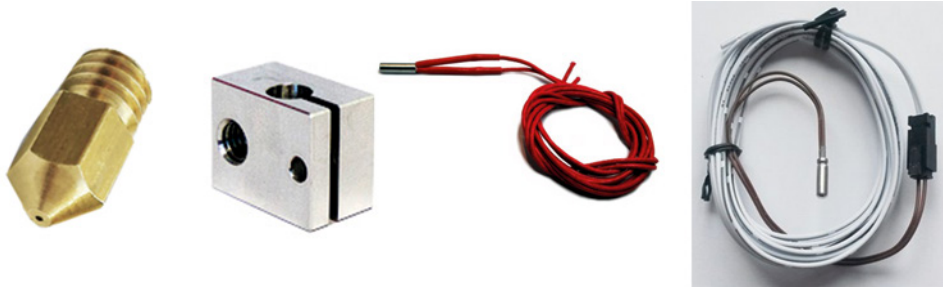


Bild 2.2 Düse, Heizblock, Heizelement und Thermoresistor (von links nach rechts)

Unterhalb des Wärmediffusors befindet sich der Heizblock mit dem Heizelement. Erst dort wird das Filament geschmolzen. Über ein Heizelement wird die Wärmeenergie in den Heizblock gebracht. Mit einem Thermoresistor wird die Temperatur ermittelt. Auf diese Weise kann die gewünschte Temperatur genau über das Druckprogramm eingestellt werden.

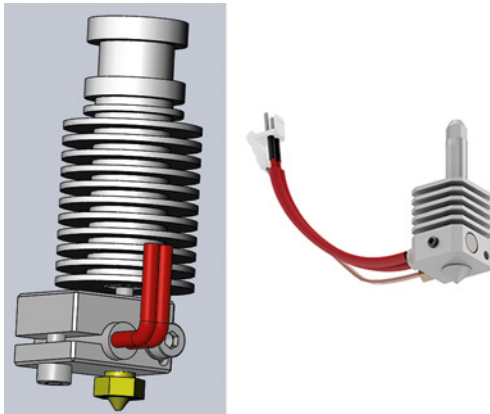


Bild 2.3 Hotend mit Wärmediffusor

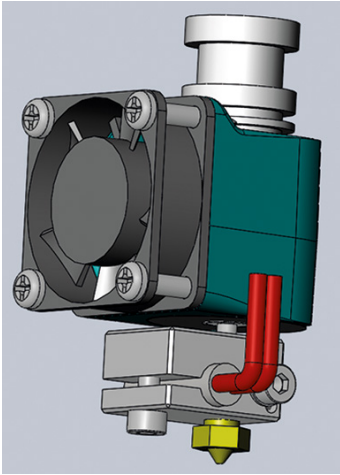


Bild 2.4 Hotend mit Wärmediffusor und Ventilator

Am unteren Ende des Heizblocks befindet sich die Druckdüse. Übliche Düsendurchmesser bewegen sich zwischen 0,3 mm und 0,5 mm. Damit das verdruckte Filament schneller erstarrt, befindet sich an manchen Hotends ein weiterer Ventilator mit einer kleinen Umlenkdüse.

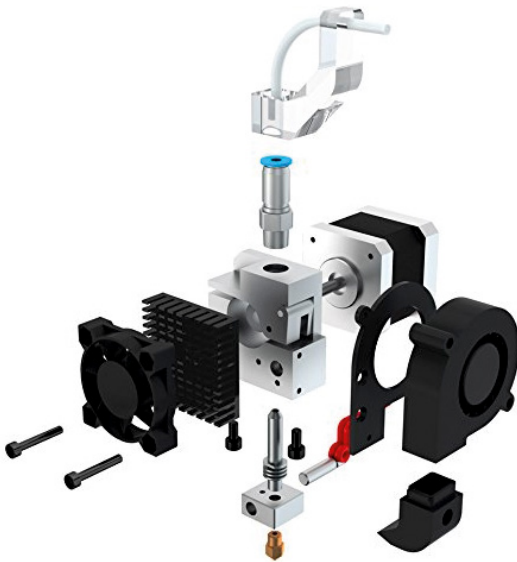


Bild 2.5 Explosionsdarstellung eines Extruders mit Hotend (Druckermodell: BQ)

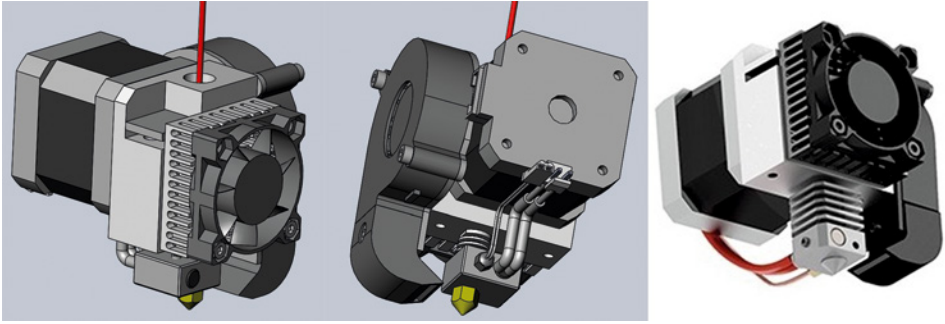


Bild 2.6 Extruder mit Hotend (Druckermodell: BQ)

Besonderheit bei Extrudern

Bei den meisten 3D-Druckern ist das Hotend direkt am Extruder befestigt (Direct Extruder). Es gibt aber auch 3D-Drucker, bei denen das Hotend vom Extruder getrennt ist. Das heißt, der Extruder sitzt fest am Gehäuse und fördert in einem Teflonschlauch das Filament in das Hotend. Diese Form von Filament-Förderung wird Bowden-Extruder genannt. Der Bowden-Extruder hat den großen Vorteil, dass das bewegte Gewicht wesentlich geringer ist als beim Direct Extruder (der Gewichtsunterschied kann durchaus 0,5 kg betragen). Damit sind höhere Beschleunigungen und somit auch höhere Druckgeschwindigkeiten möglich. Ein kleiner Nachteil des Bowden-Extruders ist das Nachtropfen des Filaments, wenn das Hotend ohne zu drucken zu einer anderen Druckposition fährt. Dies führt in der Regel zu Fadenbildung. Mithilfe der Drucker-Software und ein wenig Erfahrung kann man allerdings den Filament-Einzug (*Retract*) optimieren und dieses Problem gut in den Griff bekommen. Für flexible Filamente ist der Bowden-Extruder praktisch nicht geeignet. Die Firma Ultimaker bietet 3D-Drucker auf Basis der Bowden-Technologie an.

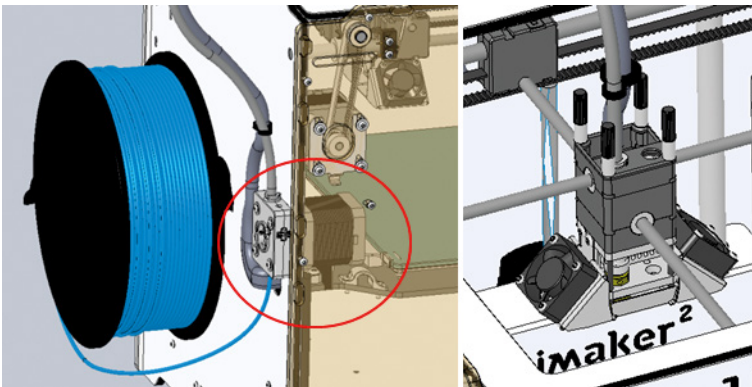


Bild 2.7 Bowden-Extruder auf der Rückseite des 3D-Druckers (links); Hotend eines 3D-Druckers mit Bowden-Extruder (rechts)

Index

Symbole

3D-Druck-Grundlagen 25

A

ABS 16

Alarmvorrichtung 279

Allgemeine Druckeinstellungen 25

Aufbau, FDM-Drucker 7

B

Blumenvase 186

Bowden-Extruder 10

Bridge 42

Brillengestell 196

Brim 54

C

CAD-Programme 22

Content-Plattformen 20

D

Direct Extruder 10

Doppelventilator 120 mm 257

Druckeinstellungen

– Abkühlen 36

– Andere 38

– Ergänzungen 28

– Extruder 26

– Füllung 28

– G-Code 36

– Schichten 27

– Skripte 37

– Stützen 29

– Temperatur 35

– Weitere Einstellungen 39

Druckherausforderungen 40

Druckkopf 7

Druckmaterialien 15

– im Vergleich 18

Druckplatte 11

Druckprobleme 40

Drucktemperatur 57

Dünne Wandstärken 47

Düsendurchmesser 14

Düsenverstopfung 59

E

Erste Schicht 56

Extruder 7

F

FDM-Drucker, Aufbau 7

Filamentdurchmesser 15

Fruchtfliegenfalle 161, 162

Fused Deposition Modeling (FDM) 7

G

Geige 297

Geometrische Formen 40

Glasfaserplatten 54

H

Haarspray 54
 Haftung 53
 Hamburgerpresse 169
 Handyhalter 151
 Handyhalter mit USB-Stick 157
 Horizontale Bohrung 46
 Hotend 8

K

Kabelbruchsensoren 288
 Klebverbindung 93
 – Gestaltung 95
 Kleiner Tabletständer 149
 Kühlung 58

L

Lagerung des Filaments 40
 Luftblasen 58

M

Maximale Druckgeschwindigkeit 14, 15
 Maximale Schichthöhe 15
 Minimale Schichthöhe 14
 MP3-Player (Mono) 208
 MP3-Player (Stereo) 222
 Mückenstichheiler 178

N

Nussknacker 134

P

PETg 17
 PLA 16
 PLA vs. ABS, Vergleich 16
 Positioniereinheit 11
 Positioniergenauigkeit 14
 Puzzle 98
 – Druckeinstellungen 99
 – Hinzufügen von Mund und Augen 100

– Nachdruck eines einzelnen Teils 100
 – Übersicht der benötigten Teile 98
 PVA 17

R

Raft 55

S

Schenkelfeder 60
 Schräge Wand 40
 Schraubverbindung
 – mit 6kt-Mutter in Senknut 67
 – mit Einpressmutter 70
 – mit Gewindeinsatz 65
 – mit Helicoil 79
 – mit Hülsenverschraubung 84
 – mit Nutmutter 74
 – mit Quermutterbolzen 72
 – mit Spreizmuffe 78
 Schürze 54
 Selbst gedruckte Schraubverbindung
 (DIY) 87
 Selektives Laserschmelzen 6
 Selektives Lasersintern 6
 Sensor für verheddertes Filament 287
 Skirt 54
 Slicer-Software 23
 Stereolithografie 6
 Strömungsrichter 273

T

Tabletständer 146
 Tischventilator 233
 TPE 17
 Tragegriff für Taschen 125, 129

U

Übergang 42
 Uhrenbeweger 328
 USB-Stick 103
 – mit Smiley-Gehäuse 103
 – mit Yin-Yang-Gehäuse 119

V

Ventilator 80 mm *233*
Ventilator 120 mm *245*
Verbindung von 3D-Druckteilen *64*
Vergleich, PLA vs. ABS *16*

W

Warping *53*
Wartung *60*

Z

Zahnriemenscheiben *61*
Zahnriemenspannung *60*
Zubehör für elektronische Geräte *146*