Werner Dolata www.franzis.de

# Grundlagen

mit DesignCAD



Werner Dolata www.franzis.de

# Grundlagen 3D-Drucken mit DesignCAD

Inkl. DesignCAD-Tutorial Gabelgelenk

#### Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte Daten sind im Internet über http://dnb.ddb.de abrufbar.

Hinweis: Alle Angaben in diesem Buch wurden vom Autor mit größter Sorgfalt erarbeitet bzw. zusammengestellt und unter Einschaltung wirksamer Kontrollmaßnahmen reproduziert. Trotzdem sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Der Verlag und der Autor sehen sich deshalb gezwungen, darauf hinzuweisen, dass sie weder eine Garantienoch die juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für Folgen, die auf fehlerhafte Angaben zurückgehen, übernehmen können. Für die Mitteilung etwaiger Fehler sind Verlag und Autor jederzeit dankbar. Internetadressen oder Versionsnummern stellen den bei Redaktionsschluss verfügbaren Informationsstand dar. Verlag und Autor übernehmen keinerlei Verantwortung oder Haftung für Veränderungen, die sich aus nicht von ihnen zu vertretenden Umständen ergeben. Evtl. beigefügte oder zum Download angebotene Dateien und Informationen dienen ausschließlich der nicht gewerblichen Nutzung. Eine gewerbliche Nutzung ist nur mit Zustimmung des Lizenzinhabers möglich.

#### © 2016 Franzis Verlag GmbH, 85540 Haar bei München

Alle Rechte vorbehalten, auch die der fotomechanischen Wiedergabe und der Speicherung in elektronischen Medien. Das Erstellen und Verbreiten von Kopien auf Papier, auf Datenträgern oder im Internet, insbesondere als PDF, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Verlags gestattet und wird widrigenfalls strafrechtlich verfolgt.

Die meisten Produktbezeichnungen von Hard- und Software sowie Firmennamen und Firmenlogos, die in diesem Werk genannt werden, sind in der Regel gleichzeitig auch eingetragene Warenzeichen und sollten als solche betrachtet werden. Der Verlag folgt bei den Produktbezeichnungen im Wesentlichen den Schreibweisen der Hersteller.

**Herausgeber:** Ulrich Dorn **Autor:** Werner Dolata

Satz: www.buch-macher.de

**Produktmanagement:** Anna Sailer **Covergestaltung:** Manuel Blex

ISBN 978-3-645-20482-8

# Inhalt

Vorwort	5
3D-Druck – Die dritte industrielle Revolution?	8
Die Druckverfahren	11
Schmelzschichtung (FDM/FFF)	11
Selectives Laser Sintering / Laserintern (SLS)	12
Stereolithografie (SLA)	13
Die Funktionsweise eines FDM/FFF-Druckers	14
Materialien beim FDM/FFF-Druck	17
PLA (Polylactide/Polymichsäuren)	18
ABS (Acrylnitril-Butadien-Styrol)	19
Fertige 3D-Objekte drucken – Download aus dem Internet	20
3D-Programme – Objekte selbst "konstruieren"	23
Das Austauschformat STL	25
STL-Dateien optimieren	28
Der Slicer / Aufteilung in Schichten	30
Skeinforge	30
Slic3r	31
Cura	31
Die Host-Software	33
Druckvorbereitung – Brücken	36
Druckvorbereitung – Raft	38
Druckvorbereitung – Layer-/Schichthöhe	40
Druckvorbereitung – Überhänge	41
Druckvorbereitung – Wandstärke	42
3D-Drucken über einen Dienstleister	44
Tutorial Gabelgelenk	49
Index	67

#### Vorwort

Mehr und mehr werden wir mit dem Thema 3D-Drucken konfrontiert. Besonders in den letzten drei Jahren hat sich das Thema extrem entwickelt. Was in der Vergangenheit nur Bastlern, Hobbyisten und größeren Industrieunternehmen vorbehalten war, erreicht nun auch Consumer-Märkte und kleinere Unternehmen bzw. die Abteilungsebene.



Zugegeben, auch bei mir war bis Anfang 2014 diese Bewegung völlig unbekannt, obwohl ich mich seit über 20 Jahren mit dem Thema CAD befasse.

Je mehr ich mich jedoch damit beschäftigt habe, desto deutlicher wurde es, dass das Thema nicht mehr nur als "Trend-Thema" oder als witzige Luftblase einzuordnen ist.

Ganz im Gegenteil, der 3D-Druck-Bereich wird einen extrem wichtigen Part in den bisherigen Produktionsketten einnehmen.

Obwohl derzeit aus dem Hobbyisten-Bereich noch sehr viele Gimmicks präsentiert werden, hat der Bereich 3D-Drucken zukünftig einen sehr ernsten und wichtigen Einsatzbereich.



Noch existieren sehr viele Projekte aus dem Privat-/Hobbyisten-Bereich.



Eine sehr kreative Idee aus dem Hobbyisten-Bereich, die bereits die großen Möglichkeiten des 3D-Drucks erahnen lassen.

Wird der Bereich auch Spaß machen? Ich meine "absolut" JA – trotz aller Ernsthaftigkeit. Je intensiver ich mich mit dem Thema befasst habe, desto mehr Spaß hatte ich daran und der Spaß hat sich auf alle meiner Kollegen übertragen.

Es ist neu, es ist faszinierend den Drucker zu beachten und ganz wichtig, man hat nach der Fertigstellung etwas Sichtbares und Fühlbares produziert – ein positives Gefühl, etwas geschaffen zu haben.



Auch das Scannen und Ausdrucken von Kollegen gehört dazu.

Das ist auch mein Ziel dieses Werkes. Zum einen will ich Ihnen ein wenig Frustration bei den ersten Versuchen ersparen und zum anderen, Ihnen den Spaß, den das Thema mit sich bringt ein wenig näherbringen.

Mit diesem Werk will ich Ihnen helfen, die Grundlagen des 3D-Druckens besser zu verstehen und, so hoffe ich, meine Begeisterung für das Thema auf Sie übertragen zu können.

Ich wünsche Ihnen schon mal viel Erfolg für Ihre Projekte.

Werner Dolata, Rosenheim

# Die Druckverfahren

Schmelzschichtung (FDM/FFF)

Das FDM-Verfahren (Fused Deposition Modeling) wurde Ende der 80iger Jahren von der Firma Stratasys entwickelt. Da der Begriff FDM patenrechtlich von der Firma Stratasys geschützt ist, wird auch vom FFF-Verfahren (Fused Filament Fabrication) gesprochen. Als Material wird in der Regel ein Kunststoff in Drahtform verwendet. Aber auch sehr viele neue Materialien werden in den nächsten Jahren das Sortiment stark erweitern. So werden z.B. Mischformen, wie Metall und Kunststoff oder gummiartige Werkstoffe die Möglichkeiten enorm erweitern.

Der Draht (Filament) ist meist auf Rollenform verfügbar und wird mit Hilfe eines Extruders (Fördergerät mit einer beheizten Düse) zum Schmelzen gebracht. Der Düsendurchmesser beträgt i.d.R. 0.4 mm, aber auch Düsen mit den Durchmessern 0.3 mm und 0.5 mm sind erhältlich.

Das Material wird schichtweise aufgetragen. Die Schichthöhe beeinflusst die Qualität des Ausdruckes. Als Standard-Schichthöhe wird meist die Höhe 0.2 mm (200 Mikron) definiert. Für eine sehr hohe Qualität die Schichthöhe 0.1 mm (100 Mikron) und für eine niedrige Qualität die Schichthöhe 0.3 (oder 0.4) mm (300 Mikron/400 Mikron). Aber nicht nur die Qualität wird mit der Schichthöhe in Verbindung gebracht, sondern auch die Ausdruckgeschwindigkeit. Je höher die Qualität, desto längere Druckzeiten sind zu kalkulieren.

Ein Beispiel von der Erstellung eines 3D-Objekte bis hin zum FDM/FFF-Druck:



Selectives Laser Sintering / Laserintern (SLS)

Das Druckverfahren Selective Laser Sintering (SLS) / Selective Laser Melting (SLM) wurde während der 80er Jahre entwickelt. Im deutschsprachigen Raum wird mehr die Bezeichnung Lasersintern oder Laserschmelzen verwendet. Bei diesem Verfahren wird feines Kunststoff- oder Metallpulver verwendet.

Auch hier wird das Objekt in Schichten aufgebaut. Eine komplette Schicht wird mit Pulver bedeckt. Anschließend erhitzt ein Laserstrahl das verwendete Pulver an den Stellen, an denen das Objekt entstehen soll. Das restliche Pulver dient zugleich als Stützmaterial. Interessant ist hier, dass bei diesem Verfahren bereits Farbe mit hinzugemischt werden kann.

Bei Fertigstellung des Druckes ist der gesamte Druckraum mit Pulver gefüllt. Eingebettet liegt das fertige Druckergebnis. Mittels Pressluft wird das Objekt in einer zweiten Kammer gesäubert.

Ein führender Hersteller von Select Laser Sintering ist beispielsweise die Firma 3D Systems. Hier ein Video von 3D Systems zum Thema SLS:



#### Stereolithografie (SLA)

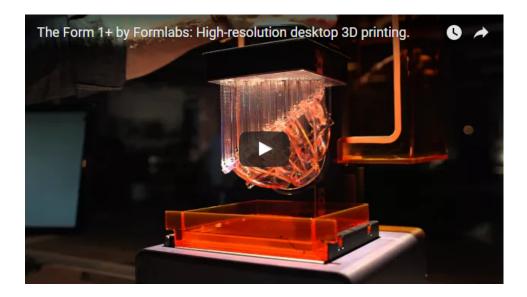
Das Druckverfahren Sterolithografie (SL oder SLA) wurde Mitte der 80er Jahre entwickelt. Dabei handelt es sich um das Erhärten eines Kunstharzes mit Hilfe von UV-Licht.

Die meisten SL-Drucker arbeiten nach der Methodik, dass sich im unteren Bereich eine Wanne mit dem flüssigen Kunstharz befindet. Die Flüssigkeit wird von unten mit einem Laser angestrahlt. Das Material erhärtet an diesen Stellen und wird nach oben gezogen, um die nächste Schicht zu generieren.

Das Verfahren wird besonders für die Erstellung von Prototypen, der Dental- und der Schmuckindustrie eingesetzt. Der Vorteil dieses Verfahrens ist die extrem gute Auflösung der gedruckten Objekte. Bei dieser Methodik ist eine Schichthöhe von nur 0.025 mm (25 Microns) möglich.

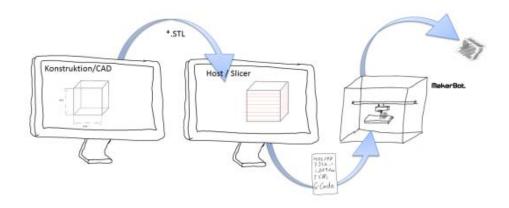
Die bisher größten Nachteile sind die höheren Anschaffungs- und Verbrauchskosten gegenüber dem FDM/FFF-Verfahren und die Entsorgung des Restmaterials, da es als Sondermüll behandelt werden muss. Des Weiteren sollte man SL-Drucker nur in gut durchlüfteten Räumen betreiben.

Ein führender Hersteller von SL-Druckern ist die Firma Formlabs. Folgend ein Video der Firma zum Thema SL-Druck.

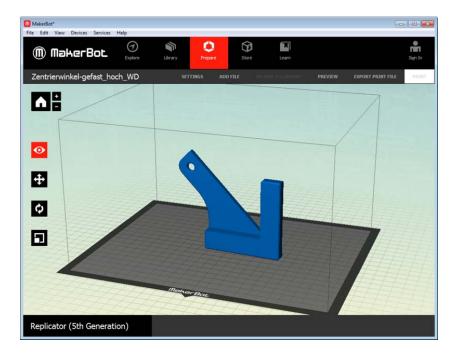


# Die Host-Software

Die Host-Software stellt die Schnittstelle zwischen dem 3D-Programm, mit dem das 3D-Modell erstellt wurde, und dem Slicer, dem Programm, das den Maschinencode (GCODE) für den 3D-Drucker erstellt, dar. Die Host-Software übernimmt die Daten, meist in Form einer STL-Datei, und erstellt mit Hilfe eines Slicers eine Druckdatei (GCODE). Das Slicer-Programm ist in der Regel bei der Installation der Host-Software integriert.

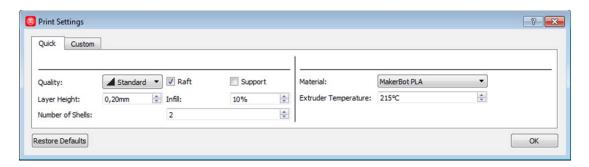


Mit der Host-Software erhalten die Anwender im ersten Schritt bereits eine visuelle Vorschau des Objektes.

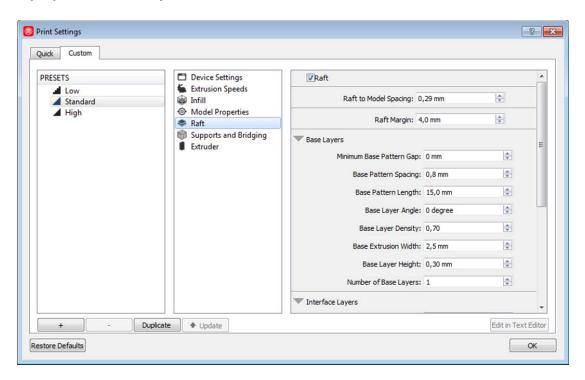


Beispiel eine Host-Software: MakerBot Desktop nach dem Öffnen einer STL-Datei.

Bevor nun eine 3D-Druckdatei (GCODE) erstellt wird, hat der Anwender, abhängig von der Host-Software, zahlreiche Einstellmöglichkeiten bzgl. der Druckausgabe vorzunehmen. Darunter fällt z.B. die Qualität des Ausdruckes, ob ein Raft (Plattform, auf dem das Objekt erstellt wird) oder Support-Material gedruckt werden soll.



In diesem Dialogfenster können Sie z.B. Raft, Support, Infill (Stärke der Füllung), Shells (Dicke der Außenfläche) und die Layerhöhe (Höhe einer Druckschicht) bestimmen.



Bei den meisten Host-Software-Varianten können zusätzlich Feineinstellungen vorgenommen werden. Hier als Beispiel die Feineinstellungen für die Option Raft. Die integrierte Slicer-Software übersetzt die durchgeführten Einstellungen in einen 3D-Druckdatei (GCODE), die der 3D-Drucker verarbeiten kann.

GCODE-Beispiel (Ausschnitt):

;LAYER:0

M107

G1 F1200 E-1.5

G0 F5400 X90.9 Y79.15 Z0.3

G1 F1200 E0

G1 F1800 X90.9 Y50.951 E2.1102

G1 X119.1 Y50.951 E4.2206

G1 X119.1 Y79.15 E6.3309

G1 X90.9 Y79.15 E8.4412

G0 F5400 X90.3 Y79.75

Die Übertragung der 3D-Druckdaten kann auf drei Wegen erfolgen. Der erste Weg erfolgt über eine SD-Karte. Viele 3D-Drucker besitzen einen SD-Kartenleser.

Dieser Weg gilt immer noch als der Sicherste. Der zweite Weg erfolgt über einen USB-Anschluss, mit dem Sie den Druckauftrag direkt an den Drucker senden können. Bei neueren 3D-Druckern ist jetzt schon der dritte Weg möglich, das Drucken im Netzwerk. 3D-Drucker neuerer Generation besitzen bereits einen Netzwerkanschluss via Kabel oder Wifi.

# Index

Cube 9 Cura 31, 32

3	D
3D Scanner 46	Deegreen 32
3D Systems 12, 46	DesignCAD starten 50
3D-Drucken 14	Dienstleister 44
3D-Drucker 46	Dreiecksflächen 26
3D-Druckmaschinen 44	dritte industrielle Revolution 8
3D-Modell 33	Druckgeschwindigkeit 37
3D-Modelle 20	Druckplatte 36
3D-Objekte 20, 23	Druckplattform 39
3D-Programm 33	Druckverfahren 11
3D-Programme 23	Druckzeit 40
	Düse 42
A	
, ,	E
ABS 17, 19, 46	
Acrylnitril-Butadien-Styrol 17, 19	Exchange3D 21
Additive Fertigung 46	Extruder 16
additives manufacturing 14	
Aufbau einer STL 27	F
Ausdruckgeschwindigkeit 11	•
Außenhülle 42	Fab@Home 8
	Fabber 47
В	FabLab 47
	FDM 47
b3D 32	FDM/FFF-Druckverfahren 14, 36
Biokunststoff 18	FDM/FFF-Verfahren 13, 40
Bioprinter 46	FDM-Verfahren 11
Blender 46	FFF-Verfahren 11
Siender 10	Filament 11, 18, 47
C	Fördergerät 16
C	Fused Deposition Modeling 11, 47
	Fused Filament Fabrication 11
CAD 5, 46	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·

G	Microsoft 29 Milchsäure 18
GCODE 28, 33, 34 Gips 44 Glaspulver 17	N
Glasreinigungsmittel 39 GrabCAD 21	Netfabb 28 Nylon 17
Н	Ο
Haftung 38 Hobbyisten 5, 6, 8, 9	Open Hardware 8
Holz 17 Host-Software 30, 33, 36	Open Source 8
	Р
Industriebereich 8	Patente 9 PLA 17, 18, 39, 47 Polyhexamethylenadipinsäureamid 17
K	Polylactide 17, 18 Polymichsäuren 17, 18
Klebstoff 39 Konstruktionsprogramme 23 Kunstfaser 17	Q
Kunstharz 13 Kunststoff 11	Qualität 40, 41
L	R
Laserintern (SLS) 12 Layer 40 Lizenzbedingungen 20	Raft 38 Rapid Prototyping 10, 47 RepRap 47 Revolution 9
M	S
MakerBot Desktop 33 MakerBot Replicator 8 Materialbestückung 15 Materialien 17 Metall 11, 44	Schichtbaukonzept 14 Schichtbreite 42, 43 Schichten 30 Schichthöhe 13, 40

Schmelzschichtung 11 Schneckenfördergerät 16 SD-Karte 35 Selectives Laser Sintering 12 Shell 42 Shell thickness 42 Skeinforge 30 Slic3r 31 Slicer 28, 30, 35 Slicing 30, 47 Stereolithografie (SLA) 13 STL 25, 26, 27, 28, 44, 48 STL-Datei 23 STL-Dateien optimieren 28 Stützmaterial 36, 37, 41 Support-Material 34 Surface Tessellation Language 25

# Τ

Thingiverse 20
Traceparts 21
Traktor 16
Transportsystem 16
Tutorial Gabelgelenk 49

# U

Überhänge 41 Ultimaker 9 UltiMaker 31 USB-Anschluss 35

# V

Vorwort 5 VRML 44

# W

Wandstärke 42, 43 Warp-Effekt 18 Wifi 35

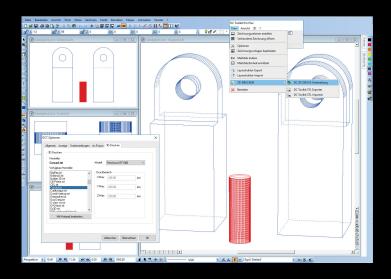
Υ

YouMagine 20

# Grundlagen 3D-Drucken

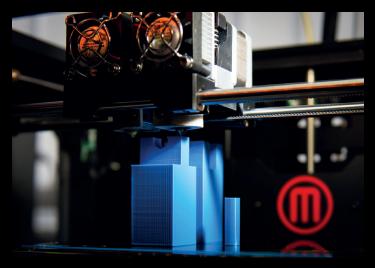
# mit DesignCAD

Wie funktioniert 3D-DRUCKEN? Welche Drucktechnologie ist für mich die Richtige? Was muss ich beim 3D-DRUCKEN beachten? Wie funktioniert die Datenübergabe von DesignCAD (ab V24) an das 3D-Druckprogramm? Welche Möglichkeiten existieren für die externe Vergabe von Druckaufträgen?



Der Autor gibt hier Antworten auf diese Fragen. Ergänzt werden diese Informationen mit einem DesignCAD-Tutorial zur Erstellung eines 3D-Gabelgelenkes, das im Anschluss für den 3D-Druck ausgegeben wird. Die Leser werden so in den Stand versetzt, mit DesignCAD selbst eine 3D-Konstruktion anzufertigen und auf einem 3D-Drucker auszudrucken bzw. bei einem Dienstleister ausdrucken zu lassen.

ISBN:



# Über den Autor

Werner Dolata ist seit 20 Jahren absoluter DesignCAD-Experte im deutschsprachigen Raum. Er begleitet die Entwicklung von DesignCAD bereits seit 1992. Im Bereich Forschung & Lehre betreut er seit Jahren Lehrkräfte, die DesignCAD im Schulbereich einsetzen, da sich das Programm durch seine einfache Struktur besonders für Neulinge sehr gut eignet. Seit 2014 beschäftigt er sich mit der faszinierenden Welt des angesagten 3D-Druckens!



Werner Dolata

