

WIE FINDE ICH DEN RICHTIGEN 3D-DRUCKER?

*Anleitung für eine einfache, schnelle, günstige
und effiziente Suche nach einem geeigneten
3D-Drucker*

*Mit Videos -
direkt über QR-Code abrufbar*



Wie finde ich den richtigen 3D-Drucker?

Anleitung für eine einfache, schnelle, günstige und effiziente

Suche nach einem geeigneten 3D-Drucker

Der Autor:

Martin Folie

Dipl. Techniker HF Maschinenbau

Dorfstrasse 10

5223 Rekingen, Schweiz

Für Fragen, Anregungen und Verbesserungen:

info@3d-drucker-expert.com

www.3d-drucker-expert.com

Das vorliegende Buch wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernimmt der Autor für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung.

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Buches darf in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung von elektronischen Systemen gespeichert, vervielfältigt, verarbeitet oder verbreitet werden. Dies ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Autors gestattet.

Copyright © 2015 – 10

by Martin Folie

Rekingen

Inhalt

VORWORT.....	7
WARUM SCHREIBE ICH DIESES BUCH?.....	10
ZUM EINSTIEG – DIE GESCHICHTE DES 3D-DRUCKS.....	14
3D-DRUCKVERFAHREN	19
<i>Filamentdrucker</i>	19
<i>Lasersinterverfahren</i>	25
<i>Stereolithografiedrucker</i>	31
<i>Inkjet 3D-Drucker</i>	36
<i>3D-Druck mit Pulver (3DP)</i>	42
<i>Weitere Drucksysteme</i>	46
<i>Zur Auswahl eines Verfahrens</i>	50
DER KAUF EINES 3D-DRUCKERS	51
DER DRUCKPROZESS.....	55
<i>3D-Daten</i>	55
<i>Drucksoftware</i>	57
<i>Start des Druckers</i>	59
<i>Druck-Prozess</i>	60
<i>Abfall</i>	61
<i>Stützen entfernen</i>	62
<i>Nachbearbeitung</i>	67
<i>Fertiges Bauteil</i>	67

AUSBLICK	69
DER DRUCKPROZESS (DIAGRAMM).....	70
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	72
ÜBER DEN AUTOR.....	74

VORWORT

WIE FINDE ICH DEN RICHTIGEN 3D-DRUCKER?

Anleitung für eine einfache, schnelle, günstige und effiziente Suche nach einem geeigneten 3D-Drucker

3D-Druck bietet ein Riesenspektrum an Einsatzmöglichkeiten: erste Sichtmuster oder Prototypen für ein neues Produkt erstellen; die Funktion oder Haptik von Bauteilen testen; Urmodelle und Formen für den Formenbau drucken; nicht mehr lieferbare Ersatzteile nachproduzieren; Architekturmodelle oder medizinische Geräte herstellen; Rapid Manufacturing und vieles, vieles mehr ...

Sind auch Sie auf der Suche nach einem 3D-Drucker und wissen nicht, wo und wie Sie beginnen sollen? Dann ist dieses Buch genau das Richtige. Ich erkläre Ihnen in einfachen Schritten mit verständlichen Beschreibungen und übersichtlichen Darstellungen Schritt für Schritt die Grundlagen des 3D-Drucks.

So bietet diese Übersicht eine Unterstützung, um einfach und schnell den richtigen Drucker zu finden. Sie können so gezielt und mit einem guten Hintergrundwissen in das Geschäft Ihres

Vertrauens gehen, haben alle wichtigen Fragen parat und verlieren keine wertvolle Zeit bei der Suche nach dem für Sie richtigen Gerät.

Auf den folgenden Seiten lernen Sie zunächst die Grundlagen der verschiedenen Technologien kennen und erfahren dann alles Wichtige über den Druckprozess. Mit diesen Informationen werden Sie in der Lage sein festzustellen, welche Druckverfahren für Sie in Frage kommen und was Sie beim Kauf eines 3D-Druckers noch berücksichtigen sollten.

Über die im Buch angegebenen QR-Codes und Links zu Webseiten lassen sich Beispielvideos abrufen – dafür brauchen Sie natürlich ein mobiles Gerät und die passende App.

Hier finden Sie auch die Website zum Buch mit zahlreichen hilfreichen Links und weiteren Infos.



*Webseite: Wie finde ich den richtigen 3D-Drucker
<https://www.3d-drucker-expert.com>*

Natürlich wäre auch dieses Buch nicht ohne die freundliche Mitwirkung verschiedener Personen und Firmen zustande gekommen und ich möchte mich bei allen herzlich bedanken, die mir geholfen haben dieses Buch zu schreiben.

Martin Folie
Rekingen, Oktober 2015

WARUM SCHREIBE ICH DIESES BUCH?

Seit etwa vier Jahren bin ich im professionellen 3D-Druckbereich als Vertriebsbeauftragter in der Schweiz tätig und begleite damit dieses spannende, mich schon seit Jahren faszinierende Thema fast von Anfang an. Als gelernter Maschinenmechaniker mit einer Weiterbildung zum diplomierten Techniker HF bin ich über Umwege in den Verkauf gekommen. Mit 3D-Druckern zu arbeiten, macht mir riesigen Spaß und die kompetente Beratung meiner Kunden ist dabei mein wichtigstes Anliegen.

Der 3D-Drucker-Markt hat sich in den letzten zwei Jahren erheblich verändert. Die Geräte sind viel günstiger geworden, Patente sind ausgelaufen und dadurch schießen preisgünstige Drucker wie Pilze aus dem Boden. Die Zahl der Anbieter wächst stetig und ein Laie, der noch nicht viel über 3D-Druck, seine Möglichkeiten und die zu kalkulierenden Kosten weiß, hat es zunehmend schwerer, sich im unübersichtlichen Dschungel des Angebots zurechtzufinden. Alleine die Fachwörter und Abkürzungen für Druckverfahren, Druckertypen, Materialien und Funktionen sind so vielfältig, dass auch ein Fachmann wie ich bisweilen an seine Grenzen stößt.

Und diese Komplexität nimmt eher noch zu, denn jeder Anbieter bringt mit seiner Technologie wieder neue Fachbegriffe mit und so verwenden verschiedene Anbieter für die gleichen Verfahren oft unterschiedliche Begriffe oder Abkürzungen. Mein Rat ist daher: Konzentrieren Sie sich nicht zu sehr auf diese Bezeichnungen – Namen sind schließlich Schall und Rauch – sondern machen Sie sich zunächst mit den Grundbegriffen des 3D-Drucks vertraut. So werden Sie bald in der Lage sein, die einzelnen Verfahren zu vergleichen und müssen sich von der Terminologie nicht verwirren lassen.

Eine der größten Herausforderungen bei der Suche nach dem passenden 3D-Drucker ist die Informationsflut im Internet. Hier finden sich Interessenten kaum noch zurecht im Dickicht der hunderttausenden Treffer, die von Suchmaschinen gefunden werden. Und natürlich wirbt jeder Hersteller für sein Angebot als sei es das einzig Wahre. (Würden Sie und ich ja auch so machen, oder?) Wegen dieser Informationsflut im Netz sind meine Kunden jedenfalls zunehmend verunsichert und kaum in der Lage, den für ihre Bedürfnisse geeigneten Drucker zu identifizieren.

Hier stoßen die meisten Interessenten schon auf das erste große Problem. Nach welchen Kriterien wähle ich aus und was sind die wichtigsten Fragen? Sind es Preise, Größe, Auflösung oder die Anwendungen, die der 3D-Drucker bringen soll? Oder ist mir wichtig, dass der Drucker in verschiedenen Farben drucken kann, möglicherweise sogar im gleichen Teil? Will ich transparenten Druck oder brauche ich Bauteile aus Gummi? Sollten echte Werkstoffe gebaut werden oder sind werkstoffähnliche Teile ausreichend? Wie fest sollte das Material sein und welche Materialien kommen überhaupt in Frage? Und was für Teile sollen schließlich produziert werden? Brauche ich sie nur als erste Sichtmuster oder für Funktionstests oder sollen Teile in Serie produziert werden? Oder habe ich ein Spezialinteresse wie zum Beispiel Lebensmittel und möchte Zuckergussteile oder Schokolade drucken? Diese oder ähnliche Fragen stellt man sich bei der Druckerauswahl. Aber wo finden sich die richtigen Antworten und wer kann sinnvoll beraten?

Und daher schreibe ich nun dieses Buch, das Ihnen einen Weg durch das Labyrinth bahnen möchte und dabei helfen soll, dass Sie genau das richtige Gerät für sich finden – sei es für den Privatgebrauch oder für die Firma. Sie bekommen damit einen

Schlüssel an die Hand, der Sie dabei unterstützt, die komplexen Informationen zu Daten und Leistungen von Herstellern und Anbietern zu lesen und verstehen.

Mein Buch richtet sich an Firmen, seien es Einzelunternehmer, kleinere oder mittlere Betriebe oder auch große Konzerne, die planen, in einen eigenen 3D-Drucker zu investieren. Aber auch für den privaten Bereich dient es als Einstieg, denn der Niedrigpreisbereich ist letztlich ähnlich strukturiert wie der für Profigeräte.

Schließlich ist dieses Buch auch für Personen interessant, die sich bei Dienstleistern 3D-Teile ausdrucken lassen möchten und kann als Entscheidungshilfe dienen, ob die Anschaffung eines eigenen Geräts lohnen würde.

ZUM EINSTIEG – DIE GESCHICHTE DES 3D-DRUCKS

Kaum eine technische Erneuerung hat in den letzten Jahren so große Aufmerksamkeit auf sich gezogen wie der 3D-Druck. Die Möglichkeit, Gegenstände einfach zu replizieren, dreidimensionale Objekte ohne großen Aufwand herstellen zu können, fasziniert viele – und ist für den Einsatz in Wirtschaft, Wissenschaft, Architektur und Kunst gleichermaßen interessant. Mit den ständigen Innovationen und immer günstiger werdenden Geräten entsteht auch ein immer größerer Markt für Privatpersonen. Das Spektrum der mit 3D-Druck herstellbaren Gegenstände scheint fast unbegrenzt: vom kleinen Ersatzteil über Spielsachen, Schmuck, Prothesen, Industrie-Bauteile bis hin zu Designerkleidung.

Die Anwendungsbereiche liegen überall dort, wo Neues entsteht und entwickelt wird. Die Geräte sind unter anderem für die Kunststoffindustrie, Maschinenbau, Automobilindustrie, Flugzeugindustrie und Raumfahrt, Elektronikindustrie, Metallbau, Formenbau, Schmuck- und Uhrenindustrie, Architektur, Kunst, Design, Medizin, Spielwarenindustrie und Film interessant. In den meisten der genannten Bereiche wird

3D-Druck auch bereits zur Serienproduktion eingesetzt. Einer der Vorteile bei Serienfertigung ist, dass im Gegensatz zum Spritzgussverfahren, die aufwändige Herstellung von Gussformen entfällt.

Dienten sie zunächst vor allem der Herstellung von Prototypen, so sind 3D-Drucker inzwischen auch für Privatpersonen immer interessanter geworden – so zum Beispiel für die Herstellung von Spielzeug, Dekorationselementen, Schmuck, Halterungen, Ersatzteilen oder Eigenkreationen.

Zur Geschichte des 3D-Drucks

Die frühesten 3D-Druckverfahren wurden in den 1980er Jahren unter dem Namen Rapid-Prototyping-Technologien (RP) bekannt. Mit ihnen war es möglich, Musterbauteile ausgehend von Konstruktionsdaten schnell herzustellen. 1983 erfand der Amerikaner Chuck Hall das Verfahren der Stereolithografie, das er 1986 patentieren ließ. Etwa zeitgleich gründete er auch die 3D Systems Corporation, die 1988 die ersten Rapid-Prototyping-Geräte auf den Markt brachte. Ebenfalls in den 1980er Jahren wurden parallel dazu andere 3D-Technologien entwickelt. So meldete der Amerikaner Carl Deckard 1987 ein Patent für das Selective-Laser-Sintering-Verfahren (SLS) an. 1989 ließ Scott

Crump, ebenfalls Amerikaner und Mitbegründer der Firma Stratasys Inc., das Fused Deposition Modelling (FDM) patentieren, eine Technologie, die auch heute von vielen Einstiegsgeräten angewandt wird. Ebenfalls 1989 gründete Hans Langer in Deutschland die EOS GmbH, die vor allem im Bereich des Laser-Sintering aktiv ist.

In den frühen 1990er Jahren wurden weitere Drucktechnologien entwickelt, so zum Beispiel das Ballistic Particle Manufacturing (BPM; Patent: William Masters), Laminated Object Manufacturing (LOM; Patent: Michael Feygin), Solid Ground Curing (SGC; Patent: Itzhak Pomerantz u.a.) und Three Dimensional Printing' (3DP; Patent: Emanuel Sachs). Von den damals konkurrierenden Firmen existieren heute noch die drei schon erwähnten: 3D Systems, EOS und Stratasys.

In der Folgezeit der 1990er und frühen 2000er wurden weitere neue Technologien entwickelt und auf den Markt gebracht. Dabei handelte es sich nach wie vor vor allem um Geräte, die für die Prototypenentwicklung interessant waren. Seit Mitte der Nuller Jahre kam es schließlich zu einer Entwicklung hin zu zwei Schwerpunkten: Einerseits ging es weiterhin um den High-End-Bereich mit einem Fokus auf

komplexen, hochwertigen Teilen für die Industrie. Andererseits wurden kosteneffektivere und benutzerfreundlichere Systeme entwickelt, die Vorläufer der heutigen Desktop-Geräte, die vor allem für funktionales Prototyping und Konzeptentwicklung geeignet sind.

2007 war der erste 3D-Drucker für unter 10.000 \$ auf dem Markt. Zu dieser Zeit entstand auch das RepRap-Projekt (Replicating Rapid Prototyper) des britischen Ingenieurs Adrian Bowyer. RepRap ist ein lizenzfreier 3D-Drucker, der alle Kunststoffteile seiner Bauteile auch selbst herstellen kann und der nach dem Willen seines Erfinders für jedermann bau- und nutzbar sein soll. 2009 kam mit dem BfB RapMan 3D-Drucker das erste Gerät auf den Markt, das sich auf dieses-Konzept stützt wie auch eine Reihe weiterer günstigerer Druckermodelle. Spätestens seit 2012 schließlich sind 3D-Drucker in aller Munde und die Technologie wurde vor allem auch durch mediale Berichterstattung immer populärer. 2012 war auch das Jahr, in dem alternative 3D-Druckprozesse als Einstiegsmodelle auf den Markt kamen wie zum Beispiel der B9Creator, der DLP-Technologie verwendet und Form 1, ein Stereolithografie-Gerät, beides Drucker, deren Entwicklung über Crowdfunding finanziert

wurde. 2013 und 2014 konsolidierte sich der immer größer werdende Markt des 3D-Drucks, der von einigen als „Industrielle Revolution 4.0“ bezeichnet wird und dessen weitere Entwicklung außerordentlich spannend bleibt.

3D-DRUCKVERFAHREN

WAS SIE ÜBER 3D-DRUCKER WISSEN SOLLTEN

Es gibt mittlerweile, wie Sie im kurzen Kapitel zur Geschichte des 3D-Drucks lesen konnten, eine ganze Reihe an 3D-Druckverfahren – einige von ihnen gut, andere noch besser. Am weitesten verbreitet sind heute die Technologien FDM (Filamentdrucker), PolyJet, SLS (Selective Laser Sintering) und STL (Stereolithografie). Was es damit auf sich hat, erkläre ich im Folgenden.

Filamentdrucker

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

Das Drucken mit geschmolzenem Material ist im Moment das populärste Verfahren. Kunststoffe wie ABS (Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymerisat) oder PLA (Polylactide) können in den meisten Büro- und Hobbygeräten verwendet werden. Größere Produktionsgeräte, wie sie in der Industrie verwendet werden, können noch weitere Thermoplaste wie zum Beispiel Polykarbonat oder Nylon (PA) verarbeiten.

Die Funktionsweise der FDM-Geräte lässt sich mit dem Prinzip einer Heißklebepistole vergleichen. Der Kunststoff – er ist als

Draht auf Spulen gewickelt oder in Stäbchenform vorhanden – wird durch einen Schlauch oder ein Führungsrohr zum Druckkopf geleitet. Dort wird er durch ein Heizelement geschmolzen. Der nun flüssige Kunststoff wird dann durch eine Düse gedrückt und als dünner Faden direkt auf eine Plattform aufgetragen, während der Druckkopf die von der Software berechneten Bahnen der ersten Schicht abfährt. Zunächst wird in der Regel die Außenkontur gedruckt, dann die Innenkontur. Im nächsten Schritt werden die beiden Konturen durch das Drucken der Füllung (Wand) verbunden. Ist die erste Schicht fertig, so wird die Z-Achse um die Schichtstärke in der Höhe versetzt und der Drucker druckt die zweite Schicht. Schicht für Schicht entsteht das 3-dimensionale Bauteil.

Um überhängende Strukturen, Hohlräume und Hinterschneidungen (Konstruktionselemente, die am Bauteil hervorstehen) erzeugen zu können, benötigt der Filamentdrucker ab einem gewissen Winkel eine Stützkonstruktion, die es je nach Modell in verschiedenen Ausführungen gibt. 3D-Drucker, die keine Stützkonstruktion herstellen können, sind in der Geometrie eingeschränkt und können dementsprechend nicht alle Formen drucken.



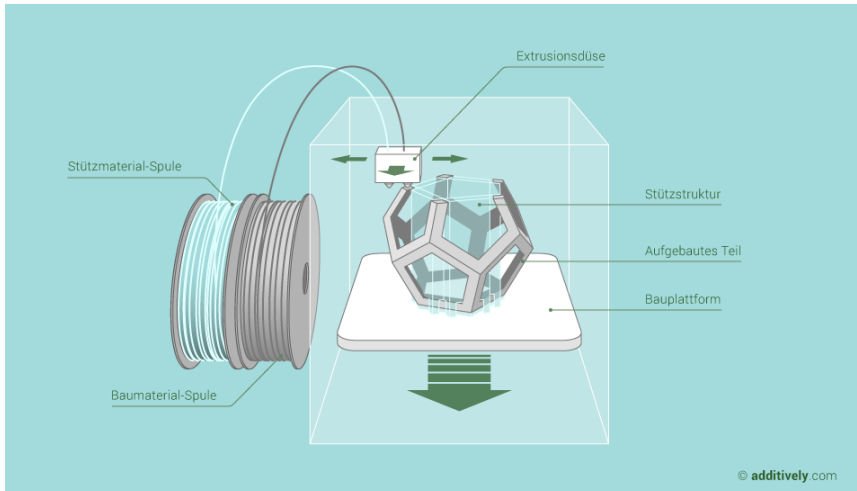
Bauteil mit Stützkonstruktion



Bauteil ohne Stützkonstruktion

Bei den Filamentdruckern, die eine Stützkonstruktion drucken können, gibt es zwei Varianten. Die einen drucken mit dem gleichen Teilematerial auch die Stützen; die anderen verfügen über eine eigene Düse und ein spezielles Stützmaterial, das im Wechsel bei jeder Schicht mit aufgetragen wird und später von Hand entfernt werden kann. Es gibt auch wasserlösliches Stützmaterial, das sich im Wasser- oder Laugenbad einfach entfernen lässt. Dazu später mehr.

Die FDM-Verfahren, die nach dem Prinzip eines Extruders funktionieren, lassen sich auch mit anderen zähflüssigen Materialien wie Gips, Beton oder Lebensmittel gebrauchen. Eine der wohl faszinierendsten Möglichkeiten ist die Verwendung in der Medizin, wo zurzeit Versuche durchgeführt werden, mit Zellen als Material Haut, Körperteile und sogar Organe zu drucken.



Schematische Darstellung eines Filamentdruckers.

Mit freundlicher Genehmigung von



Film zur Filamentdrucktechnologie

<https://www.youtube.com/watch?v=WHO6G67GJbM>

ANWENDUNG VON FILAMENTDRUCKERN

Geeignet für

- Prototypen
- Funktionstests
- Anschauungsmodelle
- Endteile (Rapid Manufacturing)
- Kleinserien

- Vorrichtungen
- Betriebsmittel
- Montagetests
- Ersatzteile

Nicht Geeignet für

- Metallteile
- Materialmix
- dichte Teile (hier ist Nacharbeit nötig)
- sehr kleine, feine Geometrien (zum Beispiel Laufwerk einer Uhr)

Vorteile

- günstige Anschaffungskosten
- günstige Materialkosten
- große Auswahl an thermoplastischen Kunststoffen
- einfache Handhabung durch einfachen Druckprozess

Nachteile

- begrenzte Detailgenauigkeit durch Düsendurchmesser
- begrenzte Druckgeschwindigkeit
- Stützgeometrien notwendig
- nur Thermoplast

Preise

- 3D-Drucker für den Hobbybereich ab ca. € 600,-
- professionelle industrielle 3D-Drucker ab ca. € 5.000,- bis ca. € 500.000,-

Aus der Praxis

Bei den Filamentdruckern sind drei Gruppen zu unterscheiden, sehr preisgünstige Drucker, professionelle Bürogeräte und in der Industrie eingesetzte Geräte. Besonders für den Hobbybereich sind die Filament-3D-Drucker aus dem Niedrigpreisbereich ausgezeichnet geeignet. Diese günstigen Geräte können auch in der Industrie sinnvoll eingesetzt werden, wenn nur sehr wenige Teile produziert werden sollen und der Anwender Zeit und Geduld bei der Herstellung der Bauteile mitbringt. Einige meiner Kunden entscheiden sich, zunächst mit einem Low-cost-Drucker zu arbeiten, um zu testen ob die Anwendung von 3D-Druckern in ihrem Arbeitsumfeld sinnvoll ist. Viele kommen dann nach wenigen Monaten wieder auf mich zu, um ein professionelleres Gerät anzuschaffen, denn sie haben festgestellt, dass ein sehr preisgünstiger Drucker nur beschränkt für den Einsatz in der Industrie geeignet ist. Für mich stellt sich immer wieder die Frage, ob der Aufwand, die Zeit und die Kosten (auch diese Geräte kosten schließlich Geld) es wert waren, den Umweg zu machen, um diese Erkenntnis zu gewinnen. Für Kunden aus dem Hobbybereich dagegen sind Low-cost-Geräte sehr gut geeignet, aber auch von vielen dieser Personen weiß ich, dass ihnen ein Profigerät eigentlich lieber wäre.

Die zweite Gruppe sind professionelle Bürogeräte, die mit sehr wenig Aufwand betrieben werden können. Sie sind der perfekte Partner für Personen, die keinen zusätzlichen Aufwand mit dem 3D-Drucken haben möchten, zum Beispiel Konstrukteure und Entwickler, die schnell und unkompliziert Prototypen, Funktions- und Anschauungsmodelle benötigen. Aber auch Endteile lassen sich mit den professionellen Bürogeräten herstellen.

Die dritte Gruppe sind Profigeräte. Sie sind für Firmen geeignet, die einen Filamentdrucker für die serienmäßige Produktion von Endteilen verwenden möchten. Die Geräte können sehr klein oder sehr groß sein – Hauptsache sie sind hochprofessionell, denn der Druckprozess muss hier stimmen und reibungslos funktionieren.

Lasersinterverfahren

Selective Laser Sintering (SLS), Selective Laser Melting (SLM)

Beim Selective Laser Sintering (deutsch: Lasersintern) und Selective Laser Melting (Laserschmelzen) wird zunächst eine Schicht feines Kunststoffpulver (SLS) oder Metallpulver (SLM) im gesamten Bauraum des 3D-Druckers gleichmäßig verteilt. Dies geschieht nachdem der Bauraum, der sich in einer Schutzgasumgebung befindet, vorgeheizt wurde.

DER DRUCKPROZESS

Ein entscheidender Punkt, der häufig weder bedacht noch angesprochen wird, aber bei jeder Auswahl mit dazugehört, ist der 3D-Druckprozess. Damit meine ich: Wie viel Aufwand muss ich betreiben, um von den 3D-Daten zum fertigen, anwendbaren Teil zu kommen? Dieser Prozess sollte unbedingt in die Evaluation mit einfließen und bei der Auswahl berücksichtigt werden. Dabei geht es um folgende Punkte:

- 3D-Daten und ihre Druckfähigkeit
- 3D-Drucksoftware
- Start des Druckprozesses
- Druckprozess
- Abfall
- Entfernung der Stützen
- Nachbearbeitung

Im Folgenden also zu den wichtigen Punkten.

3D-Daten

Die 3D-Daten gehen meistens aus 3D-Programmen hervor, in denen die Bauteile konstruiert oder modelliert werden. Vor allem CAD (computer-aided design) und Visualisierungsprogramme sind weit verbreitet. Es gibt aber auch einfachere Programme und sogar Apps, die es ermöglichen, auf Tablet-Computern 3D-Bauteile nur mit dem Finger zu entwerfen.

Immer weiter verbreiten sich auch 3D-Scanner, deren Daten für den 3D-Druck verwendet werden können. Und es gibt mittlerweile auch schon Internetplattformen, auf denen sich 3D-Daten von Objekten downloaden lassen, gratis oder kostenpflichtig.

Die wichtigste Frage, die sich stellt: Sind diese 3D-Daten mit Ihrem 3D-Drucker druckbar? Wie ich im Kapitel „3D-Druckverfahren“ erwähnt habe, gibt es Drucker, die



Gleiches Bauteil in verschiedenen Baulagen (mit und ohne Stütze)

kein Stützmaterial drucken können oder das Baumaterial selbst als Stützmaterial verwenden. Somit wird auch die 3D-Drucker-Software keine Stützkonstruktion berechnen.

Dadurch sind Sie mit dem Drucken wiederum

eingeschränkt, da Sie nicht alle Bauteile in verschiedenen Baulagen drucken können. Außerdem benötigen Sie bei Pulver als Stützmaterial Öffnungen, um es später aus dem fertigen Bauteil entfernen zu können.

ENDE LESEPROBE