

Heiner Stiller

3D-DRUCKEN FÜR EINSTEIGER



OHNE FRUST
3D-DRUCKER
SELBST NUTZEN

240 SEITEN

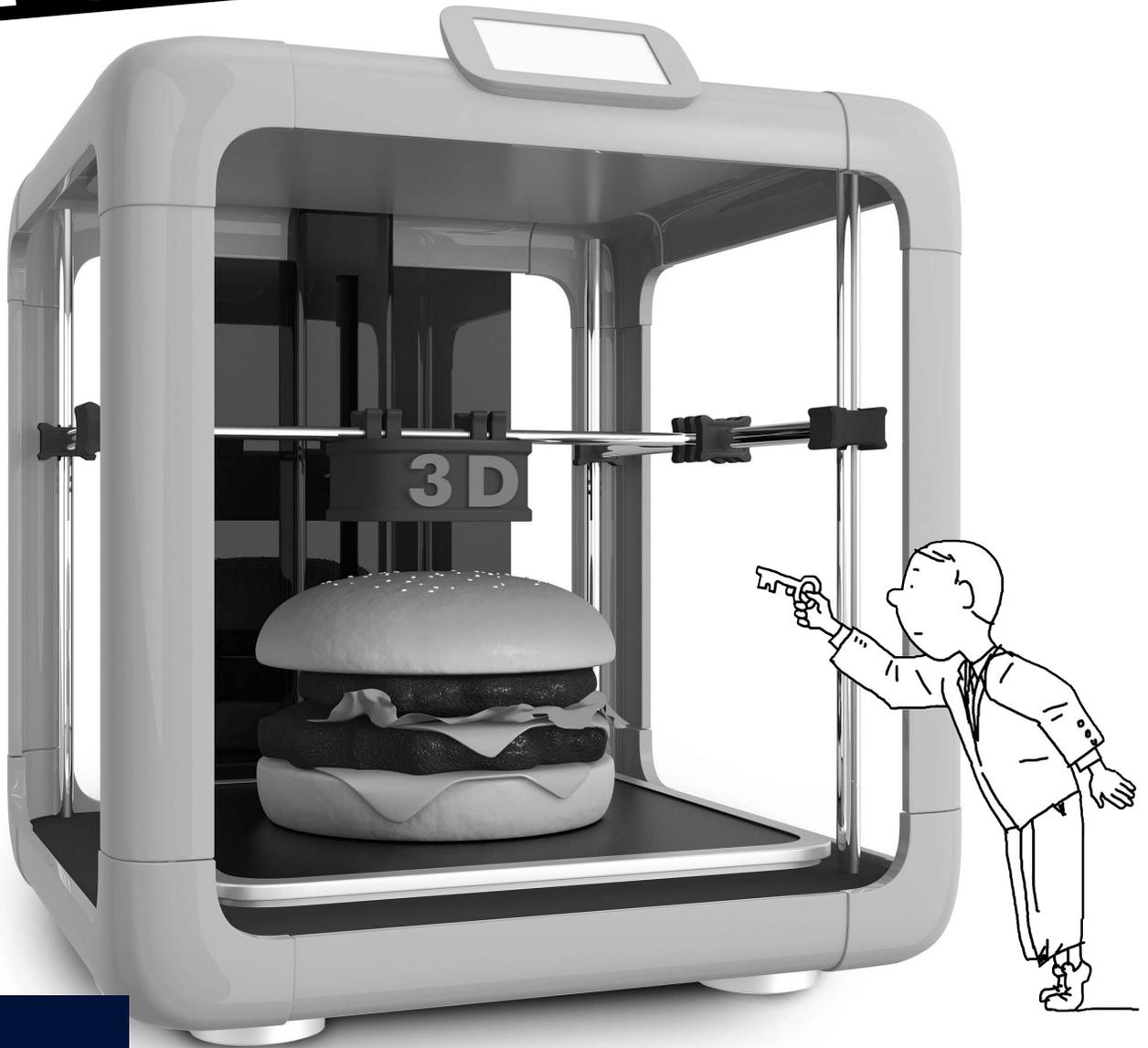
BAUSÄTZE, DIENSTLEISTER, DRUCKVERFAHREN,
FERTIGGERÄTE, MATERIALIEN, MODELLE UND SOFTWARE

FRANZIS

Heiner Stiller

3D-Drucken für Einsteiger

3D-DRUCKEN FÜR EINSTEIGER



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 Garantie noch 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.

© 2014 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.

Programmleitung: Dr. Markus Stäuble

Satz: DTP-Satz A. Kugge, München

art & design: www.ideehoch2.de

Druck: C.H. Beck, Nördlingen

Printed in Germany

ISBN 978-3-645-60301-0

Vorwort

In der Geschichte der Menschheit gab es immer wieder entscheidende Erfindungen, die für ihre weitere Entwicklung zu Wendepunkten wurden. Die Erfindung der Dampfmaschine war einer dieser Wendepunkte, an den sich die industrielle Revolution fast nahtlos anschloss. Die Erfindung des Verbrennungsmotors, des Telefons, der Massenmedien und des Heimcomputers sind weitere Schlüsselmomente, die die Art und Weise wie wir leben und unseren Alltag verbringen ganz wesentlich beeinflussen, ja grundsätzlich verändert haben.

Das Tempo, mit dem solche dramatische Veränderungen auf uns einströmen, hat sich im 20. und 21. Jahrhundert noch einmal deutlich beschleunigt. Lagen früher Jahrhunderte zwischen diesen Schlüsselmomenten, dann Dekaden, so sind wir inzwischen bei Intervallen von wenigen Jahren angekommen.

Die nächste dieser Neuerungen, die zu dramatischen Veränderungen führen wird, ist der 3D-Druck. Der Weg von der Idee zum fertigen Objekt wird durch diese neue Technologie und die sich dadurch eröffnenden Möglichkeiten dramatisch verkürzt. Der Einzelne bekommt Möglichkeiten in die Hand gegeben, die es ihm eröffnen, seine Ideen mit dem nötigen Know-how schnell und unproblematisch in die Tat umzusetzen. Nun, so ganz stimmt das nicht, denn noch sind wir darauf beschränkt, Objekte aus einem einzigen Werkstoff zu produzieren, und alles was aus mehreren Substanzen besteht, ist größtenteils noch Zukunftsmusik. Aber die theoretischen Grundlagen sind da, und vor dem Hintergrund der sich beschleunigenden

Entwicklungen werden wir wahrscheinlich nur wenige Jahre warten müssen, bis auch in diesem Bereich der Durchbruch geschafft ist.

Bis dahin werden wir uns damit begnügen müssen, einfachere Dinge in 3D zu drucken. Zum Beispiel Ersatzteile, die manche Firmen quasi als Sollbruchstelle in ihre Geräte einbauen, oder verloren gegangene Teile wie zum Beispiel Lichtschalter. Die speziell auf die eigenen Bedürfnisse abgestimmte Autohalterung fürs Mobiltelefon oder die Sonnenbrille werden ebenso möglich wie die personalisierte Schutzhülle fürs Handy. Wer bastelt und tüftelt, dem wird der 3D-Druck wie ein Geschenk des Himmels erscheinen, denn all die Ideen, die Ergänzungen, Erweiterungen und Umbauten die ihm vorschwebten, sind nun deutlich leichter herzustellen als das bisher der Fall gewesen ist.

Aber wie funktioniert das 3D-drucken? Was steckt hinter den verschiedenen Techniken? Woher kommen die Objekte, die gedruckt werden? Bin ich darauf angewiesen nur fremde Objekte zu drucken, oder kann ich auch meine eigenen Ideen umsetzen? Diese und viele weitere Fragen, die sich dem Laien im Zusammenhang mit dem Thema 3D-Druck stellen, versuchen wir in diesem Buch so zu beantworten, dass es eben auch der Laie versteht. Neben Ausflügen in die Geschichte des 3D-Drucks und Ausführungen zu den Funktionsweisen der verschiedenen Drucktechniken zeigen wir auch mit welcher Software man 3D-Objekte für den 3D-Druck erzeugen kann.

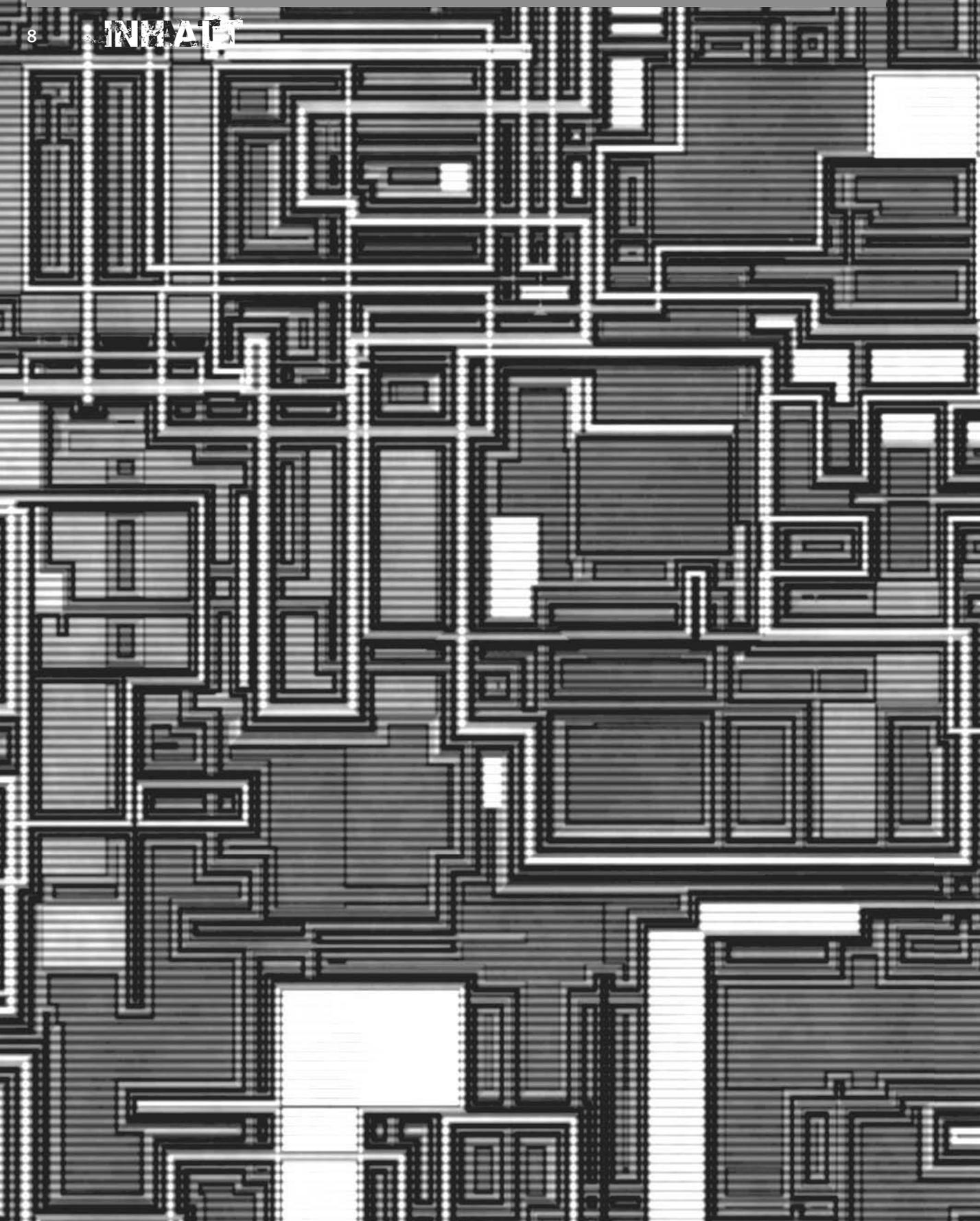
Sind Sie Künstler? Architekt, Techniker, oder schlicht enthusiastischer Bastler? Wir zeigen, welche Software am besten für welches Anwendungsgebiet verwendet wird. Sind die Objekte zum Drucken erzeugt, stellt sich die Frage, was muss ich tun, um sie in den Drucker zu bekommen und was kann ich alles verkehrt machen? Auch hier möchte dieses Buch dem Einsteiger erklären, worum es geht und welche Fallstricke zu erwarten sind.

Erinnern Sie sich wie es war, als die ersten Home Computer herauskamen und wie jene belächelt wurden, die viel Geld dafür ausgaben, um eine dieser Maschinen zuhause zu haben. Das damals gewonnene Know-how ist heute zu einem wertvollen Wissensvorsprung geworden. Obwohl viele 3D-Druckerhersteller jetzt allen möglichen Kunden erzählen, wie einfach die Technik ist und dass jeder (wirklich jeder) auf dem Küchentisch die große 3D-Druck Manufaktur eröffnen kann, seien Sie versichert, dass dem nicht so ist: 3D-Druck ist kein Hexenwerk, und so gut wie jeder kann ler-

nen, damit umzugehen. Aber dazu muss man sich mit der Technik auskennen und sich darüber hinaus mit dem Thema 3D-Grafik auseinandersetzen.

Genau hier möchte dieses Buch die Brücke schlagen und alle Aspekte des 3D-Drucks soweit aufzeigen, dass die Technik nicht mehr wie eine alchemistische Versuchsanordnung anmutet. Was schon heute mit Sicherheit gesagt werden kann: Das Wissen, das Sie sich hier und heute in diesem Buch aneignen, wird Ihnen wie damals bei der Revolution der Home Computer einen profunden Wissensvorsprung verschaffen.

Andere werden in den 3D-Copyshop gehen und sich ihre Dinge des Alltags drucken lassen und wer weiß, vielleicht sind Sie dann der Inhaber dieses 3D-Copyshops! In diesem Sinne: Willkommen in der faszinierenden Welt des 3D-Druckens!



KURZINHALT

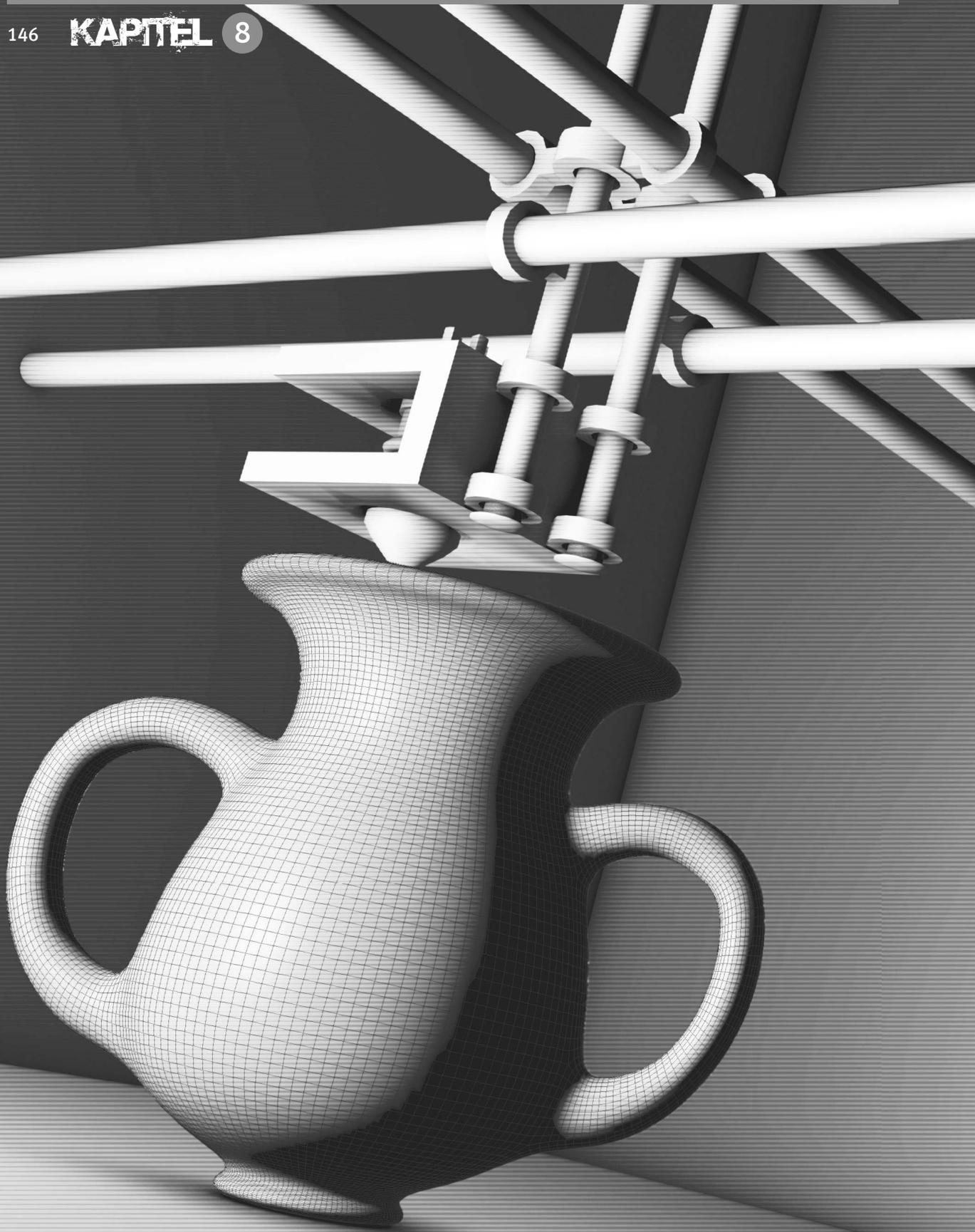
Anwendungsgebiete für 3D-Drucker	15
3D-Druck-Verfahren im Überblick	39
3D-Drucker als Bausatz	66
Aufgebaute 3D-Drucker	79
3D-Drucker aus dem Crowdfunding	91
3D-Software zur Konstruktion von 3D-Druckobjekten	103
Software vor dem Druck und für den Druck	129
Techniken zur Erstellung von druckbaren 3D-Objekten	147
Mit kommerziellen 3D-Druck-Dienstleistern arbeiten	199
Was wird uns die Zukunft bringen?	217
Glossar	228

1. Anwendungsgebiete für 3D-Drucker	15
Die schöne neue Welt der Replikatoren	16
Einsatzgebiete von 3D-Druckern	16
Neue Impulse dank neuer Verfahren	18
Plattenbau im Spritzguss?	20
Open-Source-Prothesen	22
Die Verlockungen der dunklen Seite	24
Aus Forschung und Technik	26
3-D-Druck als Medium der Kunst	33
3D-Druck und Lebensmittel	36
2. 3D-Druckverfahren im Überblick	39
Die Vorläufer: Architekturmodelle	40
Der gemeine Bastelbogen	45
3D-Druck und Rapid Prototyping	45
Die Stereolithographie	45
Das Sinterverfahren	50
Keramik mit Superkleber	52
Weitere Alternativen zum Sintern	54
Mikrowelten: Mikrolasersintern und Laserschmelzen	57
Pro und Contra	57
Der wahre 3D-Druck	58
Materialien für FDM	60
Gegenwart und Zukunft	64
3. 3D-Drucker als Bausatz	66
Der Blick in den Werkzeugkoffer	69
Eine raumgreifende Angelegenheit	70
Frisch ans Werk	72
Zusammenbau für Jedermann?	76

4. Aufgebaute 3D-Drucker	79
Ein Paket in ungeahntem Ausmaß	81
Aufbau, Verkabelung und Installation	83
Kunststoffdraht im Einsatz	86
5. 3D-Drucker aus dem Crowdfunding	91
Die Sache hat einen Haken: 3D-Buccaneer	93
Peachy Printer	95
FormLabs Form 1	96
3D-Doodler	97
Der RigidBot	98
3D-Refiner	100
6. 3D-Software zur Konstruktion von 3D-Druckobjekten	103
3D-Software in allen Variationen	104
Die Rahmenbedingungen	107
Gratis: Programme für den hungernden Künstler	108
Das Programm für den schmalen Geldbeutel	114
Der kleine Industriedesigner	117
Des Künstlers kreatives Arsenal	122
Workflow von A bis Z	126
7. Software vor dem Druck und für den Druck	129
Volumen, Löcher und dünne Wände	130
AccuTrans	131
Mesh Lab	132
NetFabb	135
Fahrt aufnehmen mit Kurs auf den Drucker	138
OctoPrint	140
Slic3e	141

Skeinforge	143
Repetier	144
8. Techniken zur Erstellung von druckbaren 3D-Objekten	147
Was ist G-Code?	148
Was kann schief gehen beim 3D-Druck?	150
Normal ist hier gar nichts	151
Unerwünschte Mannigfaltigkeiten	153
Hangover	154
Warping	156
Überschneidungen	157
Wandstärke	158
Probleme mit dem FDM-Druck	160
Nicht druckbare Details	161
Das Hotend zu hoch	161
Gestaltung von 3D-Objekten	163
Kontrollpunkte, Kanten, Polygone	163
In Blender navigieren und die Benutzeroberfläche anpassen	168
Kontrollpunkte, Kanten und Polygone erzeugen	170
Einen Würfel aushöhlen	172
Verschieben, Skalieren und Rotieren	174
Objekte durch Extrusion ergänzen	174
Die Geometrie verfeinern	175
Rotationskörper: Die virtuelle Töpferscheibe	177
Blenders 3D-Cursor	177
Wir modellieren uns eine Vase	178
Eine Frage des Standpunktes	179
Verfeinern ist alles	182
Modifizieren mit Modifikatoren	184
Modifizierte Modifikatoren	186

Sculping	189
Achsenmächte	189
Subdividieren bis zum Abwinken	190
Wir machen uns ein Grundmodell fürs Sculpten	192
Objekte aushöhlen	195
9. Mit kommerziellen 3D-Druck-Dienstleistern arbeiten	199
Neue Geschäftsideen	200
Die Vielfalt des Materials	202
Materialspezifikationen	204
Simulationsflug	205
Auf die Größe achten	209
Spezielle Dienste	210
Autodesk 123D Design	211
10. Was wird uns die Zukunft bringen?	217
Verbundstoffe verdrucken	219
Der Weg zur Manufaktur	221
Forschung und Technik	221
Reparaturen	223
Form und Material	225
Glossar	228



8.

Kapitel

Techniken zur Erstellung von druckbaren 3D-Objekten

- Welche Techniken gibt es zur Erstellung von druckbaren 3D-Objekten?
- Worauf muss man bei der Erstellung solcher Objekte achten?
- Was versteht man unter Manifolds und geflippten Normalen?
- Blender und was man damit machen kann

Die Techniken des 3D-Drucks haben wir jetzt gründlich und ausführlich beschrieben und auch die verschiedenen Programme beleuchtet, die benötigt werden, um Objekte zu erzeugen bzw. um sie für den Druck vorzubereiten. Wie das jedoch im Einzelnen funktioniert, wollen wir uns jetzt genauer ansehen.

Mit Sicherheit werden viele von Ihnen, wenn sie einen 3D-Drucker haben und verwenden können, zuallererst auf einer Website wie zum Beispiel www.thingiverse.com vorbeischaun, sich dort ein druckfertiges Objekt herunterladen und dieses dann ausdrucken. Wer jetzt allerdings denkt, dass er – analog zu einem Textverarbeitungs- oder Grafikprogramm – wie bei einem regulären Drucker einfach so das Objekt in einer 3D-Anwendung öffnet, dort schnell auf den Drucken-Button klickt und denkt, damit wäre es getan, der wird sich eines Besseren belehren lassen müssen.

Ein großes Hindernis ist der Umstand, dass 3D-Drucker in aller Regel nicht so komfortabel in ein Computersystem eingebunden sind, wie das bei 2D-Druckern an der Fall ist. Druckmanager oder vergleichbare Programme, die sich automatisch mit der Installation des neuen Druckers bzw. des Treibers ebenfalls installieren, suchen Sie bei einem 3D-Drucker vergeblich. Ausnahmen stellen Drucker von großen Herstellern dar, die einige 10.000 Euro kosten.

Was ist G-Code?

Das, was sich ein Normalsterblicher an 3D-Druckern leisten kann, arbeitet mit dem sogenannten G-Code. G-Code ist eine Steuerungs- bzw. Programmiersprache, die an Maschinen Befehle übermittelt, insbesondere Befehle, die dazu dienen, bewegliche Teile der Maschine an bestimmte Positionen zu fahren oder bestimmte Muster zu zeichnen – und dies mit einer bestimmten Geschwindigkeit, wobei damit eigentlich die Geschwindigkeit des betreffenden Maschinenteils gemeint ist.

Ursprünglich kommt der G-Code aus der Welt der CNC-Fräsen, er hat aber einen Befehlsumfang, der auch dazu verwendet werden kann, 3D-Drucker bzw. deren Druckköpfe passend zu steuern. Um also ein 3D-Objekt von einem 3D-Drucker erzeugen zu lassen, muss dieses Objekt zunächst einmal in einem passenden Format in ein Programm geladen werden, das es dann in G-Code umwandelt. Genauer gesagt, wird eigentlich nicht das Objekt umgewandelt, sondern es wird ein G-Code-Skript erzeugt, mit dem der Drucker gefüttert wird. Wenn nun der Drucker das Skript abarbeitet, erzeugt er dabei das Objekt, das der G-Code beschreibt.

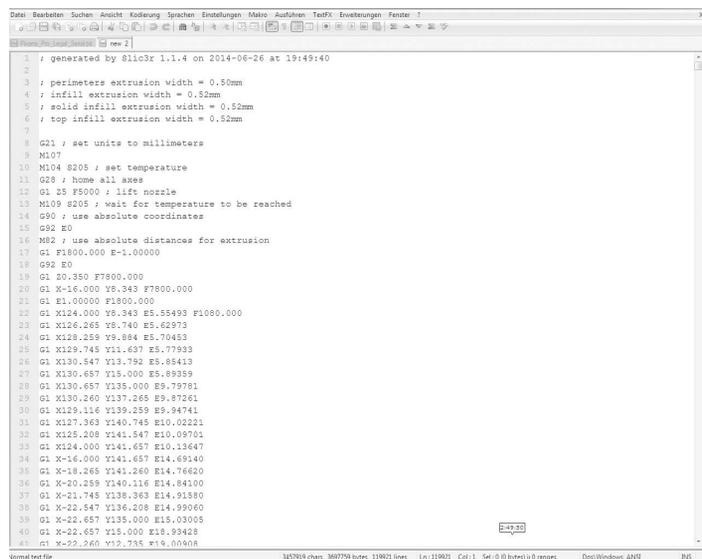
Will man Parallelen zur 2D-Welt ziehen, drängt sich der Vergleich zu PostScript oder HTML auf. Beides sind Programmiersprachen, die eigentlich nicht dazu dienen, Programme im herkömmlichen Sinne zu schreiben, sondern die Dinge zu beschreiben.

PostScript beschreibt Druckseiten und HTML-Webseiten. Wenn im HTML ein Tag `</br>` auftaucht, weiß der Browser, der das HTML-Skript ausführt, dass er an dieser Stelle den Text zu umbrechen hat und eine neue Zeile beginnt. So verfügt der G-Code über die nötigen Befehle, um den Druckkopf in einer Druckschicht alle nötigen Positionen abfahren und dort Material auftragen zu lassen und dann das Äquivalent zu einem HTML-`</br>` auszuführen, um die Druckplattform etwas weiter nach unten zu bewegen und eine neue Druckschicht zu beginnen. Um die Erzeugung des G-Codes auf den 3D-Drucker abzustimmen, ist es nötig, gewisse Grundparameter einzustellen. Zu diesen Grundparametern gehören zum Beispiel die gewünschte Dicke der Druckschicht und der Durchmesser des Druckkopfs bzw. Extruders. Natürlich muss dem Programm, das den G-Code erzeugt, auch mitgeteilt werden, wie groß der Bauraum bzw. die zur Verfügung stehende Druckfläche ist und wo in diesem Raum das zu druckende Objekt positioniert werden soll.

Ist der G-Code erzeugt, wird er an den Drucker übertragen und von diesem ausgeführt. Je nach Drucker kann das auf verschiedene Art und Weise erfolgen. Manche Drucker werden direkt über eine USB-Schnittstelle mit dem Computer verbunden und können den G-Code auf diesem Weg entgegennehmen. Andere Drucker verfügen nicht über solchen Luxus, und man benötigt eine SD-Speicherkarte, auf der der G-Code abgelegt ist, um damit den Drucker zu füttern. Die möglichen Wege sind, wie Sie sehen, variabel, unabänderlich ist jedoch der Vorgang der Umwandlung der 3D-Daten in den für den Drucker ausführbaren G-Code. Schlagen wir den Bogen zurück zum aus dem Internet heruntergeladenen Objekt, bedeutet das, dass dieses Objekt zunächst in ein Programm geladen werden muss, das in der Lage ist, aus 3D-Daten besagten G-Code zu erzeugen.

Wenn nun ein 3D-Objekt vorliegt und auch der Schritt zum Drucker über die Reinterpretation der 3D-Daten als G-Code keine Prob-

G-Code in einem Texteditor, wo man theoretisch zusätzliche Kommandos hinzufügen könnte.



```

1 ; generated by Slic3r 1.1.4 on 2014-06-26 at 19:49:40
2
3 ; perimeters extrusion width = 0.50mm
4 ; infill extrusion width = 0.52mm
5 ; solid infill extrusion width = 0.52mm
6 ; top infill extrusion width = 0.52mm
7
8 G21 ; set units to millimeters
9 M107
10 M104 S205 ; set temperature
11 G28 ; home all axes
12 G1 Z5 F5000 ; lift nozzle
13 M109 S205 ; wait for temperature to be reached
14 G90 ; use absolute coordinates
15 G52 E0
16 M82 ; use absolute distances for extrusion
17 G1 F1800.000 E-1.00000
18 G92 E0
19 G1 Z0.350 F7800.000
20 G1 X-16.000 Y0.343 F7800.000
21 G1 E1.00000 F1800.000
22 G1 X124.000 Y0.343 E5.55493 F1800.000
23 G1 X126.265 Y0.740 E5.62973
24 G1 X128.258 Y0.884 E5.70453
25 G1 X129.745 Y1.1637 E5.77933
26 G1 X130.547 Y1.392 E5.85413
27 G1 X130.657 Y15.000 E5.89359
28 G1 X130.657 Y135.000 E9.79761
29 G1 X130.260 Y137.265 E9.87261
30 G1 X129.116 Y139.259 E9.94741
31 G1 X127.363 Y140.745 E10.02221
32 G1 X125.208 Y141.547 E10.09701
33 G1 X124.000 Y141.657 E10.13647
34 G1 X-16.000 Y141.657 E14.69540
35 G1 X-18.265 Y141.260 E14.76620
36 G1 X-20.258 Y140.116 E14.84200
37 G1 X-21.745 Y138.363 E14.91580
38 G1 X-22.547 Y136.208 E14.99060
39 G1 X-22.657 Y135.000 E15.03005
40 G1 X-22.657 Y15.000 E15.92428
41 G1 X-22.260 Y12.735 E16.00408

```

leme bereitet, heißt das noch lange nicht, dass ein solches Objekt auch wirklich gedruckt werden kann. Auf jeden Fall kann man schon mal die Aussage treffen, dass Objekte, die von besagter Thingiverse -Website heruntergeladen wurden – so sie denn richtig in G-Code übertragen wurden –, auch tatsächlich druckbar sind. Was gilt es aber nun zu beachten, wenn man ein solches Objekt möglicherweise noch selbst modifizieren oder gar gleich ein ganzes Objekt selbst erstellen möchte oder muss?

Das kann schiefgehen beim 3D-Druck

Wie in diesem Buch bereits verschiedentlich erwähnt, gibt es eine Reihe von Standardproblemen, mit denen man sich als angehender 3D-Drucker-Benutzer wird auseinandersetzen müssen. Ganz oben auf der Liste steht dabei das Problem nicht geschlossener Formen. So profan dieses zu sein scheint, es ist ein echter Showstopper: Ein Objekt mit einem solchen Fehler kann nicht gedruckt werden.

Um zu verstehen, worin das Problem liegt, muss man ein wenig weiter ausholen und erklären, wie ein Computer 3D-Geometrie interpretiert. In aller Regel baut sich ein 3D-Objekt aus Punkten, Kanten und Flächen auf. Zwei Punkte können miteinander verbunden werden, die Verbindung ist eine Kante. Drei Kanten, deren Endpunkte miteinander verbunden sind und die ein geschlossenes Dreieck bilden, sind eine Fläche, ein sogenanntes Polygon.

Polygone haben eine Vorderseite und keine Rückseite. Das mag zunächst mal ein unnatürliches Konzept sein, da wir aus der richtigen Welt gewohnt sind, dass alles, was eine Vorderseite hat, auch über eine Rückseite verfügt. Der virtuelle 3D-Raum, in dem ein 3D-Programm seine Objekte definiert, hat nicht unbedingt viel mit der richtigen Welt zu tun, und für die Zwecke der 3D-Konstruktion reicht es völlig aus, dass ein Polygon eine Vorderseite hat! Diese Vorderseite definiert sich über eine sogenannte Normale, wobei man unter einer Normalen eine Linie versteht, die im rechten Winkel aus der Fläche des Polygons aufragt.

Beim Interpretieren eines 3D-Objekts, um es in G-Code umzuwandeln, sucht das betreffende Programm im ersten Schritt nach Geometrie. Dazu wird der 3D-Raum im Rahmen der Datei, in der das 3D-Objekt gespeichert ist, rasterförmig mit virtuellen Suchstrahlen durchforstet. Treffen diese Suchstrahlen auf Geometrie, schaut das Programm nach, wo sich die Geometrie befindet, wie das Polygon im Raum verläuft und auf welcher Seite sich die Normale befindet. Danach erfolgt eine Interpretation, bei der das Programm davon ausgeht, dass

auf der Seite, auf der sich die Normale befindet, außen ist. Die Rückseite des Polygons, also die Seite ohne Normale, ist dementsprechend das Innere des Objekts.

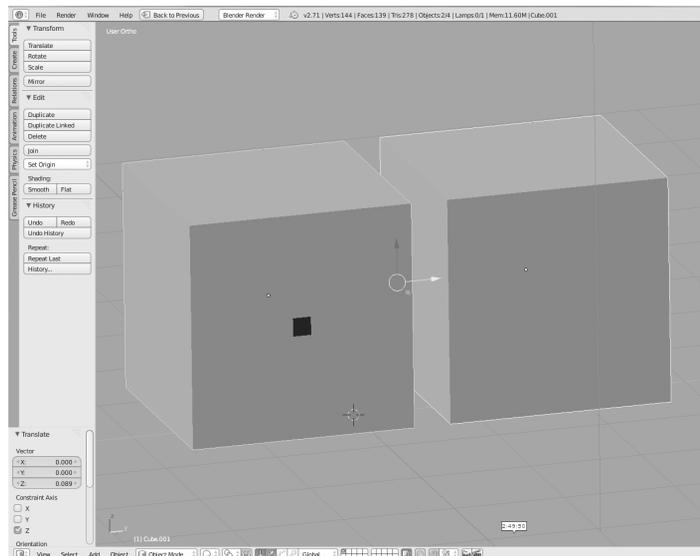
Nun wird aus dem Inneren des Objekts heraus weiterhin mit der Abtastmethode gearbeitet und nach weiterer Geometrie gesucht, um die Form zu schließen. Auch hier wird wieder davon ausgegangen, dass die Seite der Geometrie, auf der sich die Normale befindet, außen ist. Bei einem Objekt, das der Vorgabe der »in sich geschlossenen Geometrie« genügt, kann das Programm also alle Bereiche, die sich im Inneren der Geometrie befinden, vom Äußeren der Geometrie trennen, und weiß so, wo gedruckt werden muss und wo nicht.

Ein Objekt, das der Vorgabe des geschlossenen Zustands genügt, wird auch als wasserdicht bezeichnet. Stößt das Programm im Rahmen seiner Interpretation des 3D-Objekts auf Bereiche, die nicht geschlossen sind, führt das zwangsläufig dazu, dass an betreffenden Stellen lediglich eine Vorderseite der Geometrie gefunden wird, aber keine Rückseite! Ein solches Problem zu beheben und die Geometrie, die aus einem Gitter aus Punkten, Kanten und Polygonen besteht – dem sogenannten Mesh –, zu reparieren, ist relativ einfach: Das Modell muss in ein passendes 3D-Programm geladen werden, die Problemzone wird lokalisiert und durch zusätzlich erstellte Geometrie an den betreffenden Stellen geschlossen und damit repariert.

Normal ist hier gar nichts

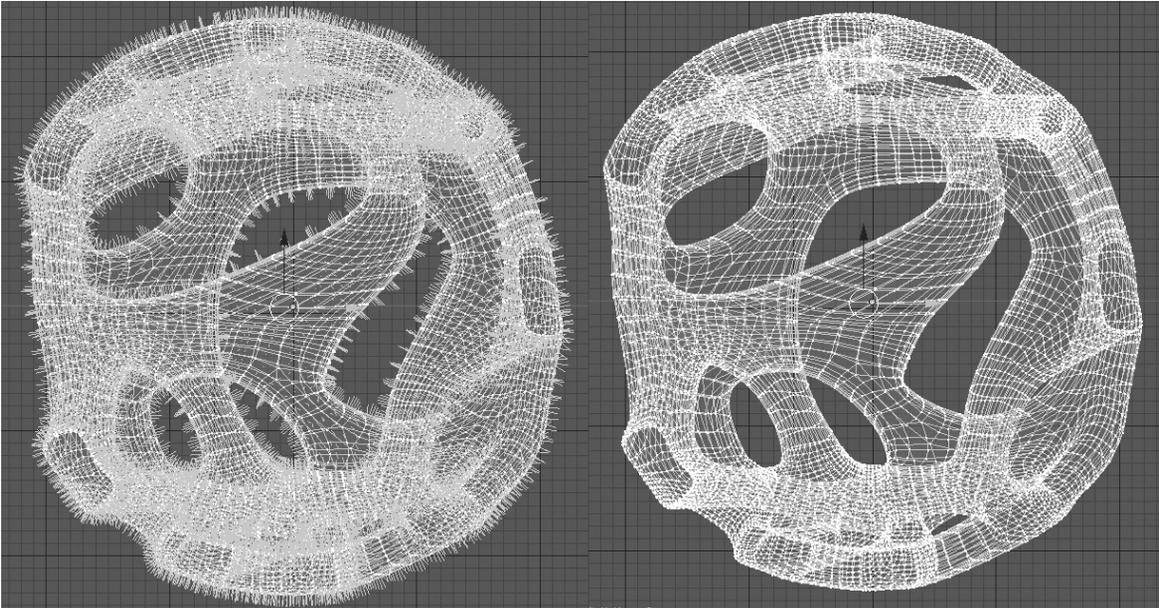
Damit sind wir dann auch gleich bei der nächsten möglichen Fehlerquelle, die nur allzu leicht übersehen werden kann: Sind alle Normale korrekt ausgerichtet? Was ist mit dieser Frage gemeint? Wie schon ausgeführt, werden die Normale dazu benutzt, die Außenseite des Modells zu definieren. Auf der linken Seite des Modells weisen die Normale nach links, also aus dem Modell heraus, auf der rechten Seite nach rechts, und zwischen den beiden befindet sich das zu druckende Objekt.

Allerdings kann es vorkommen, dass ein Modell kein Loch aufweist, die Geometrie rundherum geschlossen ist und trotzdem der Fehler angezeigt



Zweimal dasselbe Modell, jedoch einmal wasserdicht (rechts) und einmal mit einem Loch, das einen 3D-Druck verhindern würde.

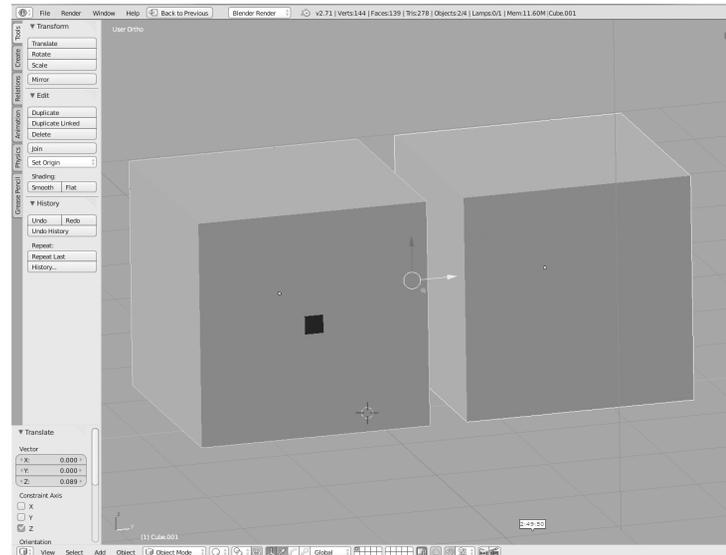
wird, die Geometrie sei nicht wasserdicht. Es gibt verschiedene Modellierungstechniken, bei denen es passieren kann, dass im fertigen Modell nicht alle Normalen automatisch richtig ausgerichtet sind. Dies geschieht, wenn man zum Beispiel nur die eine Hälfte eines Objekts modelliert, diese Hälfte dann kopiert, spiegelt und an die bestehende Hälfte anschließt und die beiden Geometrien miteinander verschmilzt, sodass daraus ein ganzes Objekt wird. Bei einem solchen Arbeitsgang des Kopierens und Spiegeln werden in vielen Programmen die Normalen nicht zwangsläufig ebenfalls umgekehrt, sondern weisen in dieselbe Richtung wie die Normalen des Ausgangsobjekts. Die Folge ist eine Geometrie, in der die Hälfte der Geometrie korrekt ausgerichtet ist, die andere Hälfte nicht.



Dasselbe Modell, mit eingeschalteter Darstellung der Normalen und ohne.

So kann es auch passieren, dass man, während man die Geometrie repariert und neue Polygone erzeugt, diese unbeabsichtigt mit einer umgekehrten Normalen erzeugt. Je nachdem, mit welcher Software man arbeitet, hat man, während man die neue Geometrie erzeugt, keinen oder nur beschränkten Einfluss darauf, in welche Richtung die Normalen der neuen Geometrie ausgerichtet werden. Glücklicherweise ist auch hier das Reparieren wieder eine recht leichte Angelegenheit, denn fast jede Software verfügt über eine Funktion, mit der die Normalen einheitlich ausgerichtet bzw. nötigenfalls umgedreht werden können.

Ein wenig erschwert wird die Problematik der falsch ausgerichteten Normalen dadurch, dass diese in aller Regel nicht automatisch angezeigt werden. Man muss die Darstellung der Normalen per Hand einschalten. Hat man einmal ein komplexeres Modell mit eingeschalteten Normalen gesehen, beginnt man zu verstehen, warum sie nicht automatisch dargestellt werden, denn ein Modell mit einigen Tausend Polygonen hat ebenso viele Normale, und sich dann in diesem Wirrwarr aus Flächen, Punkten, Kanten und Normalen zurechtzufinden, ist eine ernsthafte Herausforderung.



Unerwünschte Mannigfaltigkeiten

Ein weiteres oft auftretendes Problem bei Modellen, die zum 3D-Druck vorbereitet werden sollen, ist der sogenannte Manifold Error. Auch hinter dieser kryptischen Bezeichnung versteckt sich eigentlich ein eher profanes Problem. Wie wir bereits erfahren haben, konstruieren sich Geometrien aus Punkten, Kanten und Flächen. Eine Fläche wird durch Kanten eingegrenzt. Haben wir eine komplexere Fläche wie zum Beispiel einen Zylinder, bildet sich die Außenseite des Zylinders durch mehrere Flächen, deren Kanten jeweils aneinanderstoßen, bzw. die Kante, die die linke Seite eines Polygons bildet, ist gleichzeitig auch die rechte Seite des angrenzenden Polygons. Es ist also nicht so, dass an dieser Stelle mehrere Kanten wären, sondern es gibt nur eine Kante, die von beiden Polygonen genutzt wird.

Solange sich nur zwei Polygone die Kante teilen, ist alles in Ordnung. Kommt allerdings ein drittes Polygon hinzu, das ebenfalls die betreffende Kante als Teil seiner Geometrie verwendet, spricht man von einer Manifold, einer Mannigfaltigkeit, die beim 3D-Druck Fehler verursacht. Mit gutem Grund, denn die ersten beiden Polygone, die aus der Kante entspringen, beschreiben die Außenseite des Objekts, die dritte Fläche, die aus dieser Kante entspringt, muss zwangsläufig im Inneren des Objekts liegen bzw. in das Innere des Objekts hineinragen. Solche Polygone verursachen bei der Ermittlung der Außenseiten eines zu druckenden Objekts Probleme, denn die zuvor erwähnten Suchstrahlen finden nun an verschiedenen Stellen



GLOSSAR



3D-Refiner

Gerät zum sicheren Bearbeiten von 3D-Drucken mit Acetondämpfen.

ABS

Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymerisat, ein synthetisches Terpolymer, das beim 3D-Druck als Druckmaterial zum Einsatz kommt.

Addition

Mathematische Operation, kann im 3D-Jargon auch eine Boole'sche Operation beschreiben, bei der zwei Objekte zu einem neuen verschmolzen werden.

ASCII

Der »American Standard Code for Information Interchange« ist, einfach ausgedrückt, eine Liste, in der für Buchstaben Zahlen verwendet werden. Auf dem Computer umgesetzt, bedeutet dies, dass der Computer anhand der ASCII-Tabelle bestimmte Zahlenwerte in Buchstaben zurückübersetzen kann.

Algorithmen

Präzise, schrittweise Erklärung zur Lösung eines Problems.

Ambivalent

Nicht eindeutig einer Richtung oder Gesinnung zuzuordnen.

Analyse

Systematische Untersuchung eines Problems oder eines Vorgangs. Jedes Mal, wenn jemand sich über

eine Aufgabe und deren mögliche Lösung Gedanken macht, analysiert er die Aufgabe.

Biomimikry

Die Übertragung von in der Natur vorgefundenen Eigenschaften und Funktionen auf eine technische Entwicklung.

Blaupause

Ein Verfahren zur Herstellung großformatiger Kopien von Bau- und Konstruktionsplänen. Kommt oft in der Architektur und im Maschinenbau zum Einsatz.

Blender

Ein Open-Source-3D-Programm.

CAD

Computergestütztes Design.

Carbon

Kohlenstoff.

Chassis

Grundgerüst bzw. Rahmen.

CNC

Computergestützte numerische Kontrolle.

Crowdfunding

Internetgestützte Finanzierung von Ideen und Projekten durch viele Interessenten, die sich mit kleinen bzw.

mittleren Beträgen an der Projektfinanzierung beteiligen. Die bekannteste Plattform ist Kickstarter (www.kickstarter.com).

Digital Light Processing

3D-Drucktechnik, bei der mit Licht gearbeitet wird.

Druckerdüse

Teil eines Tintenstrahldruckers, durch den die Tinte auf das Papier geschossen wird. Kommt auch im 3D-Druck zum Einsatz, verdrückt dabei jedoch flüssiges Bindemittel.

DTP-Systeme

Computersystem, speziell ausgelegt für den Einsatz bei grafischen Aufgaben.

ESA

Europäische Raumfahrtbehörde. Abkürzung für »European Space Agency«.

Empirisch

Durch Versuche belegbar.

Emulator, emulieren

Eine programmierte, aber funktionierende Version einer Hardware.

Epoxidharz

Kunstharz, das zum Kleben und zum 3D-Drucken verwendet wird und nach dem Trocknen außerordentlich hart ist.

Extruder

Teil eines FDM-3D-Druckers, das das zu verdruckende Material aufträgt. Wird auch oft als Hotend bezeichnet.

Feature

Englisch für Merkmal, wird auch benutzt, um Besonderheiten eines Produkts zu bezeichnen.

FDM-Verfahren

FDM, die Abkürzung für »Fused Deposition Modelling«, ist ein weitverbreitetes 3D-Druckverfahren.

Filament

Kunststoffdraht, der als zu verdruckendes Material im FDM-Druckverfahren verwendet wird.

G-Code

Spezieller Code (bzw. Befehlsliste) mit dem viele 3D-Drucker beim Druck gesteuert werden. Vergleichbar mit Postscript.

Grafiktablett

Eingabegerät für Computer, das mit einem Stift gesteuert werden kann.

Haptik

Oberflächenanmutung eines Objekts, wie sie durch Berührung wahrgenommen wird.

Hostprogramm

Hauptanwendung, aus der andere Anwendungen aufgerufen und ausgeführt werden können.

Hotend

Heiße Spitze des Extruders eines FDM-Druckers. Wird auch oft Extruder genannt.

Howard Carter

Entdecker des nahezu unversehrten Grabs des Tutanchamun im Tal der Könige in West-Theben.

Konfektionierung

Zusammenstellung.

Konvertierung

Wandeln eines Dateiformats in ein anderes Dateiformat.

Laminated Object Manufacturing

3D-Druckverfahren.

Laser

Spezielle Lichtart.

LED

Akürzung für »Light Emission Device«, Licht erzeugendes Gerät.

Jackson Pollock

Amerikanischer Künstler, der seinen Malstil als »Action Painting« bezeichnete.

Keramikisolatoren

Spezielle Keramikobjekte, die verwendet werden, um z. B. Stromleitungen zu isolieren.

Modelling Toolset

Funktionsumfang eines 3D-Programms, das dem 3D-Modellieren von Objekten dient.

Molekül

Struktur, die aus aneinander gelagerten Atomen besteht.

Moorsches Gesetz

1965 von Gordon Moore postulierte »Gesetzmäßigkeit«, nach der sich die Leistung von Mikrocomputertechnik innerhalb eines Zeitraums von 12 bis 24 Monaten verdoppelt.

Multimeter

Gerät zum Messen von Stromflüssen, -stärken und -spannungen.

Nanometer

Instrument zum Messen von Größen von weniger als einem Millimeter.

NURBS

NURBS, Akürzung für »Non-Uniform Rational B-Splines«, sind Kurven, die mathematisch präzise definiert werden können, wodurch auch die Erstellung von ebenso präzise definierbaren Flächen zwischen den Kurven möglich wird.

Open Source

Unter Open Source wird Software bezeichnet, die im Quelltext zur Verfügung steht und sich unter gewissen Bedingungen ohne weitere Kosten verwenden lässt. Die Bedingungen hängen von der jeweiligen Open-Source-Lizenz ab.

Photopolymere

Lichtempfindliches Kunstharz.

PLA

Polyactide oder Polymilchsäuren, Abkürzung für »Polylactic Acid«. Thermoplastischer Biokunststoff, der derzeit der am meisten verwendete Kunststoff im Bereich der FDM-Drucker ist.

Plotter

Zeichengerät bzw. Alternative zum Drucker zur Nutzung mit dem Computer, das auf zwei beweglichen Achsen und darauf montierten Stiften basiert. Wird speziell für die Darstellung großformatiger Pläne oder Konstruktionszeichnungen verwendet.

Plug-in

Ergänzungsprogramm, das seine Funktionalität innerhalb eines Hauptprogramms zur Verfügung stellt.

Polygon

Grundkomponente eines virtuellen 3D-Objekts.

Polygongitter

Konstrukt aus einer Vielzahl von Polygonen.

Polyjet

Typenbezeichnung eines 3D-Druckers.

Polymer

Spezielles Kunstharz.

Pop-up-Buch

Buch mit speziell zugeschnittenen Schablonen, die sich beim Blättern des Buchs zu Figuren auffallen.

Produktzyklen

Intervall, in dem ein Produkt durch die nächste Produktgeneration abgelöst wird.

Proof of Concept

Praktischer Beweis für eine These bzw. ein Konzept.

Prothesen

Mechanischer Ersatz für fehlende Gliedmaßen.

Prototyp

Erstes Versuchsmodell für ein neues Gerät oder ein anderes Objekt.

Prototyping

Vorgang der Herstellung eines Prototyps.

Rakel

Eine Art Spachtel mit Gummilippe. Wird oft im Siebdruck eingesetzt.

Rakelschlitten

Mechanische Rakel, die wie ein Schlitten vor- und zurückgezogen wird.

Rapid Manufacturing

Serienproduktion auf Rapid-Prototyping-Maschinen bzw. 3D-Druckern.

Rapid Prototyping

Herstellung von Prototypen mit 3D-Druckern.

Reduktionsprozess

Vorgang, bei dem die Komplexität einer Sache verringert wird.

Remeshing

Neuerzeugen eines bestehenden 3D-Objekts mit einer verbesserten Struktur.

Replikatoren

3D-Drucker aus der TV-Serie Star Trek.

Sculpting

Spezielle Technik des 3D-Modellierens.

Schieblehre

Messschieber zum Messen von Schichten bzw. Öffnungen.

Schneidplotter

Ähnliches Gerät wie ein Zeichenplotter, jedoch mit Messern anstelle von Stiften.

Sintern

Vorgang, ein Objekt unter großem Druck und großer Hitze zu erzeugen.

Slicing

Vorgang des schichtweisen Zerlegens eines 3D-Objekts in Vorbereitung auf den 3D-Druck.

Solid Surface

Spezielle Art von 3D-Modellen, die nicht durch Polygone, sondern durch NURBSgebildet werden.

Skalierung

Änderung der Größe.

Spritzguss

Fertigungsmethode für Kunststoffteile.

Stereolithografie

3D-Drucktechnik.

Stützstrukturen

Strukturen, die beim 3D-Druck verwendet werden, um frei hängende Strukturen an 3D-Objekten drucken zu können.

Subdivisionsoberflächen

Geometrien, die ausschließlich aus viereckigen Polygonen bestehen und daher immer wieder unterteilt werden können.

Subtraktionskörper

Ergebnis einer Operation, bei der zwei Objekte miteinander verbunden werden und dann eines vom anderen abgezogen wird.

Topografie

Struktur einer Oberfläche.

Vakuumkammer

Kammer, die zu 3D-Druckzwecken luftleer gesogen werden kann.

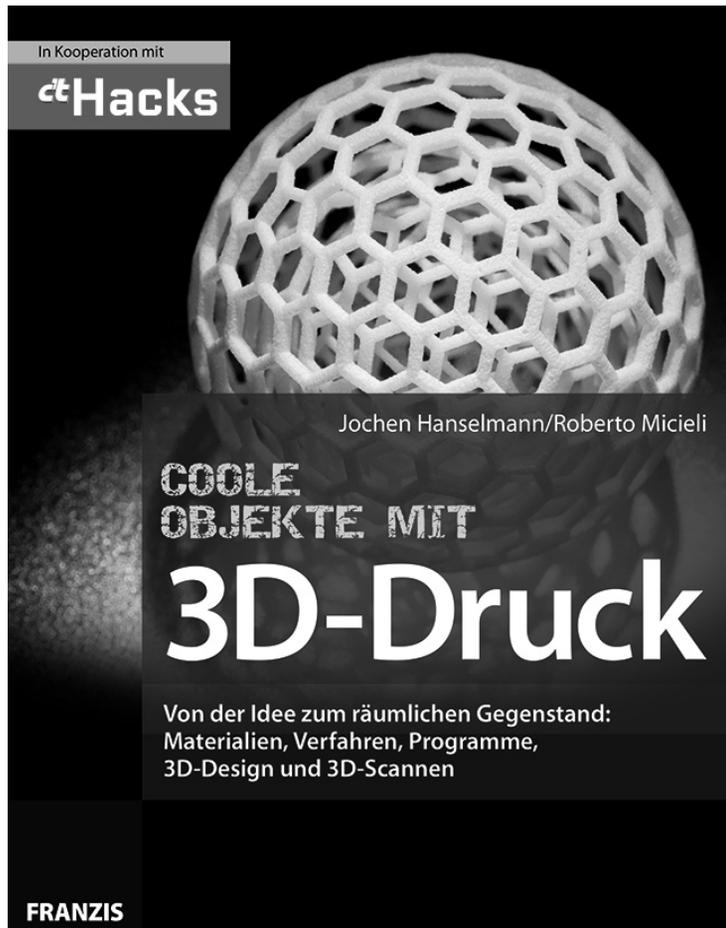
Vertex

Kontrollpunkte, aus denen Polygone und Polygonkanten gebildet werden können.

Workpipeline

Arrangement verschiedener Softwareprogramme mit dem Ziel, bestimmte Aufgaben zu erledigen.

Ebenfalls bei uns im Franzis-Verlag erhältlich:



Sind Sie bereits stolzer Besitzer eines 3D-Druckers oder überlegen Sie, sich ein Gerät zuzulegen? Unabhängig davon, ob Sie schon einen 3D-Drucker besitzen oder nicht, stellen Sie sich wahrscheinlich die Frage, wie man am schnellsten damit produktiv werden kann. Die Antwort auf die Frage: Praxis!

Nur indem Sie ausprobieren und selbst Projekte umsetzen, werden Sie sich in die Materie des 3D-Druckens einarbeiten können. Die Autoren zeigen Ihnen bebilderte Schritt-für-Schritt-Anleitungen, mit denen Sie die notwendige Praxiserfahrung sammeln können. Die Anleitungen sind unabhängig vom Druckermodell.

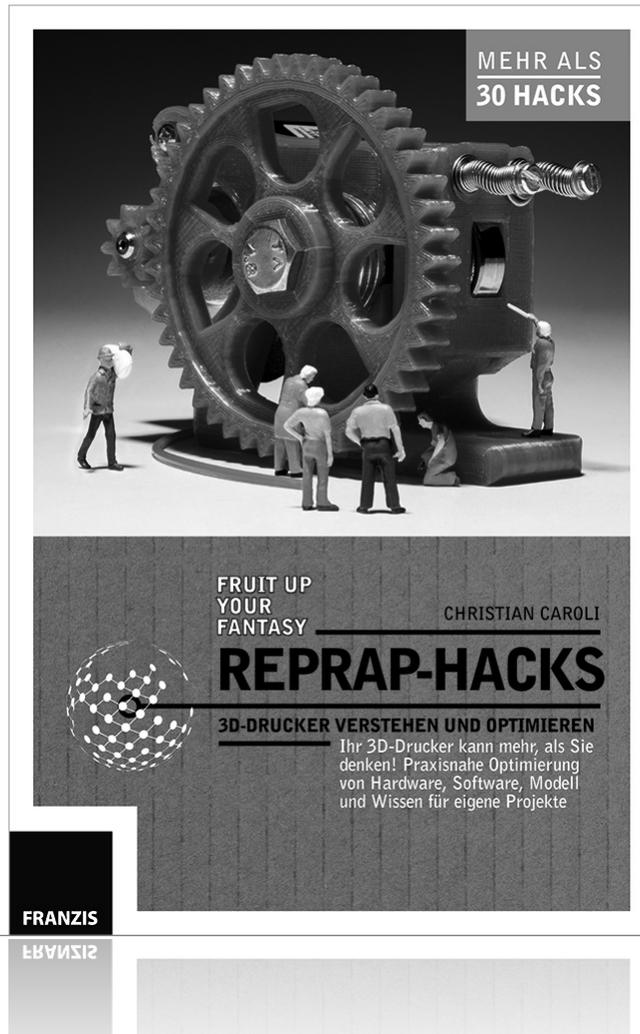
Cooler Objekte mit 3D-Druck

Softcover, 256 Seiten, Jochen Hanselmann, Roberto Micieli
ISBN 978-3-645-60322-5

€ 34,95

Besuchen Sie uns im Internet – www.franzis.de

Ebenfalls bei uns im Franzis-Verlag erhältlich:



Willkommen im 3D-Drucker-Club! Sie haben sich also zum Kauf durchgerungen und hoffentlich auch schon den ersten erfolgreichen Ausdruck hinter sich. Nach der Freude über das selbst ausgedruckte Ersatzteil kommt aber oft die Ernüchterung:

Das Ergebnis ist nicht wie gewünscht und der 3D-Drucker funktioniert nicht so einfach wie in den schönen Videos im Internet. Kann man die Ergebnisse verbessern, statt gleich einen besseren 3D-Drucker zu kaufen?

RepRap-Hacks - 3D-Drucker

Softcover, 300 Seiten, Christian Caroli
ISBN 978-3-645-60315-7

€ 30,-

Besuchen Sie uns im Internet – www.franzis.de

Ebenfalls bei uns im Franzis-Verlag erhältlich:



Wann haben Sie sich zuletzt über Ihre Heizkostenabrechnung geärgert? Oder Ihren Nachbarn beneidet, der sein Garagentor vom fahrenden Wagen aus

öffnet? Oder den Paketdienst verpasst, weil Sie die Klingel im Garten nicht gehört haben? Beim Sparen von Heizkosten kann Ihnen der Raspberry Pi helfen.

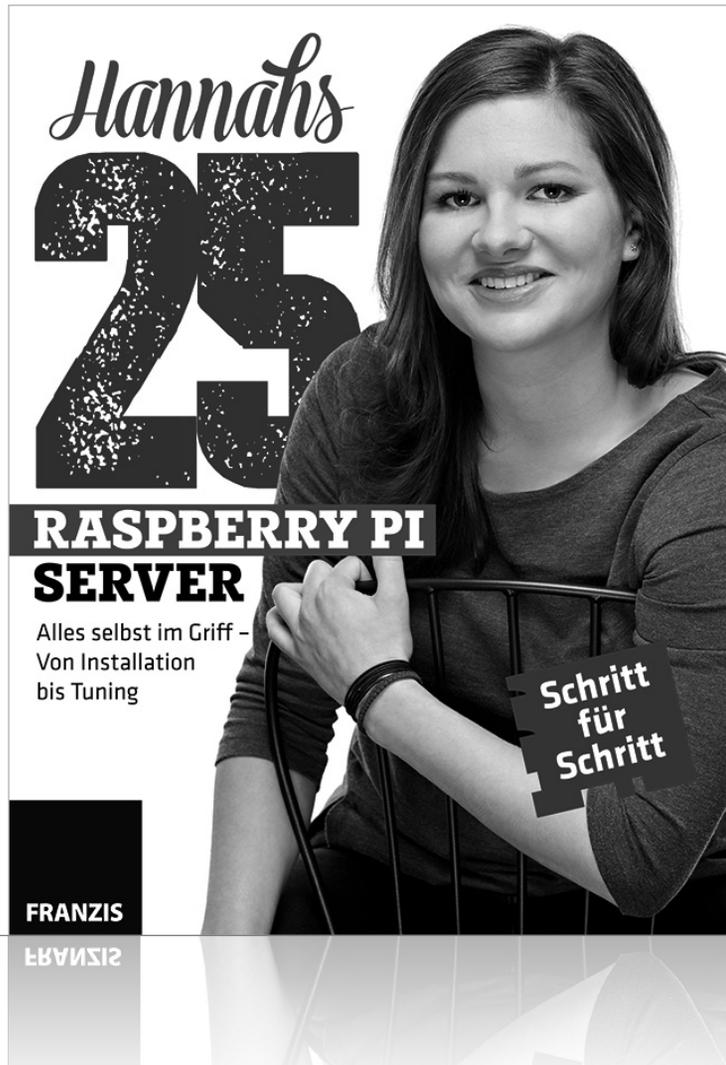
Hausautomation mit Raspberry Pi - 3. Auflage

Softcover, 300 Seiten
ISBN 978-3-645-60313-3

€ 30,-

Besuchen Sie uns im Internet – www.franzis.de

Ebenfalls bei uns im Franzis-Verlag erhältlich:



Klein, leise und stromsparend – das sind drei wichtige Merkmale des Raspberry Pi. Damit eignet sich der Minicomputer hervorragend, um in einer Schublade oder gar im Stromkasten zu

verschwinden und dort unbemerkt seine Aufgaben zu verrichten, nämlich als Server. Die Serverwelt ist Ihnen zu kompliziert? Mit Hannah wird alles einfach und macht auch noch Spaß!

Hannahs 25 Raspberry Pi Server

Softcover, 256 Seiten, Hannah Bernauer
ISBN 978-3-645-60330-0

€ 34,95

Besuchen Sie uns im Internet – www.franzis.de

Heiner Stiller

3D-DRUCKEN FÜR EINSTEIGER

Wie oft haben Sie sich schon geärgert, dass Ihnen ein billiges Plastikteil für die Reparatur eines Gerätes fehlt? Oder hatten Sie schon DIE Erfolg versprechende Produktidee, aber es fehlte Ihnen die Möglichkeit einen Prototyp zu erzeugen? Die Lösung ist da: ein 3D-Drucker. Leider liegen die Geräte nicht in der Preisregion eines Tintenstrahldruckers und somit fällt vielen die Investition schwer. Die Scheu ist zu groß und die Fragen am Anfang zu zahlreich. Die Fülle an vorhandenen Geräten macht die Auswahl auch nicht einfacher. Was Sie alles beim 3D-Druck beachten müssen und welche Art von 3D-Drucker für Sie die richtige ist, lesen Sie im vorliegenden Werk von Heiner Stiller.

Selbstbau oder Fertigerät?

Die RepRap-Community hat es vorgemacht und einen 3D-Drucker kreiert, der sich selbst reproduzieren kann. Die Technik von RepRap ist Grundlage vieler 3D-Drucker am Markt. Da hier alles offenliegt, ist der 3D-Drucker als Bausatz auch keine Überraschung. Nur für wen eignet sich solch ein Bausatz? Heiner Stiller hat es getestet und seine Erfahrungen niedergeschrieben. Lesen Sie das Kapitel und entscheiden Sie selbst, ob Sie ein paar Hundert Euro mehr für ein Fertigerät ausgeben möchten.

Software, Modelle und Ausdruck

Der Ausdruck eines 3D-Modells unterscheidet sich sehr vom gewohnten Ausdruck eines Dokuments. Dies fängt schon bei der Software an, die man benötigt. Heiner Stiller stellt sowohl kostenfreie Software vor, als auch kommerzielle Varianten. Woher man 3D-Modelle bekommt und wie sie entstehen, fehlt dabei natürlich nicht. Nach dem 3D-Modell steht der Ausdruck an. Auch hier ist einiges notwendig: Analyse des Modells, eventuelle Reparatur und Zerlegung (Slicen) in Schichten.

3D-Druck ohne Drucker

Wem die anfängliche Investition zu hoch ist, kann auch auf einen Dienstleister zurückgreifen. Ein Kapitel widmet sich diesem Thema.

Aus dem Inhalt:

- Anwendungsgebiete für 3D-Drucker
- Druckverfahren im Überblick
- Praktische Erfahrungen mit Bausätzen
- 3D-Drucker als Fertigeräte
- Gerätekauf mittels Crowdfunding
- 3D-Software zur Konstruktion von Druckobjekten
- Gratissoftware für 3D-Konstruktion
- Kommerzielle Software für 3D-Konstruktion
- Software zur Analyse und Reparatur von 3D-Modellen
- Host-Software und Slicer
- Techniken zur Erstellung von druckbaren Modellen
- Kommerzielle 3D-Druck-Dienstleister
- Zukunft des 3D-Drucks
- Ausführliches Glossar

Über den Autor:

Heiner Stiller ist Grafiker, Illustrator und IT-Fachautor der ersten Stunde. Seine besondere Leidenschaft gilt der 3D-Computergrafik und ihren vielen Aspekten, zu denen auch das Thema 3D-Druck gehört. Derzeit arbeitet er als technischer Redakteur bei einem bedeutenden Grafiksoftware-Hersteller. Er lebt in der Nähe von Frankfurt am Main.



Unterstützt durch:



Besuchen Sie unsere Website:
www.franzis.de

FRANZIS