

# 3D-Modell-Anbieter im Internet – Ein Marktüberblick

CEDIFA Arbeitsbericht 3

21.05.2013

Manuel Trautmann, Marco Wirth

## Zusammenfassung

Der vorliegende Arbeitsbericht beschäftigt sich mit dem Thema 3D-Druck. Insbesondere wird der Erwerb von 3D-Modellen aus dem Internet thematisiert und einige Aspekte zu den charakteristischen Merkmalen auf der Anbieterseite herausgearbeitet. Dazu wird als Ausgangspunkt die Problemstellung erörtert, von welchen Portalen, Webseiten und Communities die 3D-Modelle zu beziehen sind. Darüber hinaus wird erläutert, zu welchen Konditionen diese erworben werden können und für welchen Einsatzzweck sie gedacht sind. Um diese Fragestellungen zu verfolgen, werden verschiedene Eigenschaften der 3D-Modell-Anbieter dargelegt. In die Recherche einbezogen wurden unter anderem Attribute der CAD-Dateien, die preislichen Regelungen sowie eine denkbare Qualitätsprüfung der Dateien seitens der Anbieter. Ein indirekter Bezug zu erwerbbaaren 3D-Modellen konnte bei den Applikationen zur Modellierung festgestellt werden. Durch Vorlagen oder angebotene Modelle als Bestandteil großer Communities ist auch hier im weiteren Sinne die Rede von 3D-Modell-Anbietern, auch wenn die Strukturen von denen anderer Dienstleister abweichen. Abschließend erfolgen eine Zusammenfassung der gewonnenen Erkenntnisse und eine Einschätzung der zukünftigen Entwicklung der Technologie 3D-Druck.

## Inhaltsverzeichnis

1	Vom Rapid Prototyping zum Rapid Manufacturing.....	3
2	3D-Druck – Grundlagen .....	4
3	Eigenschaften der 3D-Modell-Anbieter.....	5
3.1	Modelleigenschaften .....	6
3.2	Preisgestaltung .....	7
3.3	Druckbare Materialien.....	8
3.4	Einsatzzwecke der Modelle .....	10
3.5	Qualitätsprüfung durch die Anbieter .....	11
3.6	Maßnahmen vor Druckbeginn.....	12
3.7	Verwendbarkeit und Schutz der Modelle.....	13
3.8	Social Media: Elemente und Integration.....	15
4	Modellierung.....	16
4.1	Native Applikationen .....	16
4.2	Web-Applikationen.....	17
4.3	Dienstleistungen .....	19
5	3D-Druck – Langfristige Veränderung der Marktsituation? .....	21
6	Literaturverzeichnis .....	22
	Anhang: 3D-Modell-Anbieter .....	26
	Über die Autoren.....	27
	Kontakt .....	28

# 1 Vom Rapid Prototyping zum Rapid Manufacturing

Hungrige Mitarbeiter des Technologie-Konzerns Google haben wortwörtlich die Gelegenheit, in den „Genuss“ einer sehr speziellen Zubereitungsart ihrer Mahlzeit zu kommen. Denn die Kantine im Hauptsitz des Unternehmens verwendet zur Herstellung von Teigwaren keine herkömmlichen industriellen Pastamaschinen, sondern einen 3D-Drucker. Durch diese Technik lassen sich spezielle Formen für Nudeln kreieren, die in ihrem Aussehen nach individuellen Wünschen gestaltet werden können. Dadurch können die Köche ihrer Kreativität freien Lauf lassen und jede bereits bekannte oder auch neue Nudelsorte erstellen (3Druck.com, 2013a).

Was anhand dieses Beispiels nach einer unrealistischen Darstellung klingt, findet sowohl in der industriellen als auch in der privaten Nutzung tatsächlich immer größeren Anklang. Wurde die Technologie der additiven Fertigung lange Zeit lediglich zur Herstellung von Prototypen verwendet, lassen sich aufgrund besserer Materialien und erschwinglicher Druckmaschinen auch vermehrt Gebrauchs- und Konsumgüter für die praktische Verwendung produzieren. Vor allem im Gesundheitswesen löst die additive Fertigung heutzutage schon die klassischen Herstellungsverfahren ab, um medizinische Bauteile zu fertigen (Honsel, 2011).

In der vorliegenden Arbeit soll aufgezeigt werden, von welchen Webseiten und Plattformen sich 3D-Modelle beziehen lassen und welche Merkmale bzw. Strukturen sich hinter den Konzepten verbergen. Da die Modellierung gewünschter Objekte mitunter sehr aufwendig sein kann, verbirgt sich hinter diesem „On-Demand“-Konzept hohes Potential. Ob und inwieweit bereits zum jetzigen Zeitpunkt für den Druck taugliche 3D-Modelle erhältlich sind, soll im Verlauf dieser Arbeit untersucht werden.

Im Folgenden wird der Aufbau der Arbeit in Kürze erläutert. Um den grundsätzlichen Sinn und Zweck von digitalen Modellen im Zusammenhang mit 3D-Druck zu verdeutlichen, wird zunächst auf die Grundlagen verschiedener Techniken eingegangen. Im Anschluss daran folgt eine ausführliche Erläuterung der charakteristischen Merkmale von 3D-Modell-Anbietern. Dazu werden zunächst verschiedene Angebote im Internet identifiziert und allgemeine Charakteristika dargelegt. Jedes der festgestellten Merkmale soll im weiteren Verlauf anhand einiger Beispiele dokumentiert werden. Da etliche Angebote sehr eng mit Modellierungswerkzeugen verknüpft sind, wird dieser Thematik ein eigener Gliederungspunkt gewidmet. Diese Verknüpfung äußert sich u. a. darin, dass 3D-Modelle sich zunehmend in Browser-Applikationen vom Nutzer erstellen bzw. modifizieren lassen. Abschließend wird die Arbeit mit einer Schlussfolgerung abgerundet, die wesentlichen Ergebnisse aufgezeigt sowie ein Abriss über künftige Chancen der Technologie 3D-Druck gegeben.

## 2 3D-Druck – Grundlagen

Bevor im Hauptteil dieser Seminararbeit auf die Anbieter von 3D-Modellen in detaillierter Form eingegangen wird, werden im Folgenden zum besseren Verständnis der Zusammenhänge die wesentlichen Grundlagen des 3D-Drucks erläutert.

Wenn von 3D-Druck die Rede ist, werden einige Begrifflichkeiten und zugrunde liegende Technologien oftmals durcheinander gebracht und nicht klar differenziert. Zu unterscheiden sind zunächst additive, subtraktive und formende Herstellungsverfahren. Beim 3D-Druck handelt es sich um ein additives Verfahren, bei dem physische Gegenstände basierend auf digitalen 3D-CAD-Modellen angefertigt werden. Dabei wird das Material beim Fertigungsprozess Schicht für Schicht hinzugefügt und auf die darunter liegende Schicht aufgetragen. Dieses Prinzip der schichtweisen Erzeugung wird im nachfolgenden Kapitel nochmals aufgegriffen. Der Hauptunterschied zu den subtraktiven und formenden Verfahren besteht darin, dass das Material hinzugefügt anstatt entfernt oder verformt wird. Der Begriff „3D-Druck“ ist dabei lediglich ein Oberbegriff für Herstellungsprozesse nach dem additiven Prinzip. Als Vorteile im Gegensatz zu den übrigen erwähnten Verfahren gelten u. a. die geringeren fixen und variablen Kosten sowie das geringere Aufkommen von Abfallmaterial (Berman, 2012, S. 155 und 157).

Bei der additiven Fertigung sind verschiedene Druckverfahren voneinander abzugrenzen, deren Unterscheidungsmerkmale vorrangig von den zu druckenden Materialien abhängen. Die wichtigsten Druckverfahren verwenden Pulver sowie geschmolzene und flüssige Materialien.

Zum 3D-Druck mit Pulver gehören die drei Verfahren „Selective Laser Sintering“ (SLS), „Selective Laser Melting“ (SLM) sowie das „Electron Beam Melting“ (EBM), im Deutschen auch Elektronenstrahlschmelzen genannt. Alle drei Verfahren arbeiten nach dem Prinzip, dass pulverförmige Materialien wie z. B. Kunststoffe oder Metalle mittels eines Lasers bzw. Elektronenstrahls verschmolzen werden.

Der Druck unter Anwendung von geschmolzenen Materialien ist auch unter dem Begriff „Fused Deposition Modeling“ (FDM) bekannt. Dieses Verfahren ist derzeit eine der gefragtesten und günstigsten Methoden des 3D-Drucks. Der bekannteste Vertreter dieser Form ist das Open Source Projekt „RepRap“, nach dessen Prinzip u. a. auch die Drucker der Hersteller Ultimaking und MakerBot funktionieren. Die meisten dieser Drucker verwenden ABS- oder PLA-Kunststoffe, aber auch andere Materialien wie Beton, Gips oder sogar Lebensmittel lassen sich verarbeiten.

Flüssige Materialien lassen sich mit Hilfe der Methoden „Stereolithografie“ (SLA), „Digital Light Processing“ (DLP), „Multi Jet Modeling“ (MJM), „Film Transfer Imaging“ (FTI) sowie dem Polyjet-Verfahren drucken. Die flüssigen Kunststoffe sind UV-empfindlich und werden anhand von Lichtquellen gehärtet (3Druck.com, 2013b).

### 3 Eigenschaften der 3D-Modell-Anbieter

Im vorhergehenden Kapitel wurde bereits angedeutet, dass für den 3D-Druck zwingend digitale 3D-Modelle benötigt werden, um physische Objekte erstellen zu können. Diese Voraussetzung ist vergleichbar mit einem Desktop-Drucker, der die Druckinformationen beispielsweise aus einem Word-Dokument oder einer PDF-Datei erhält. Der grobe zeitliche Ablauf mit den notwendigen Bearbeitungsschritten vom 3D-Modell zum gedruckten Objekt lässt sich aus Abbildung 1 entnehmen.

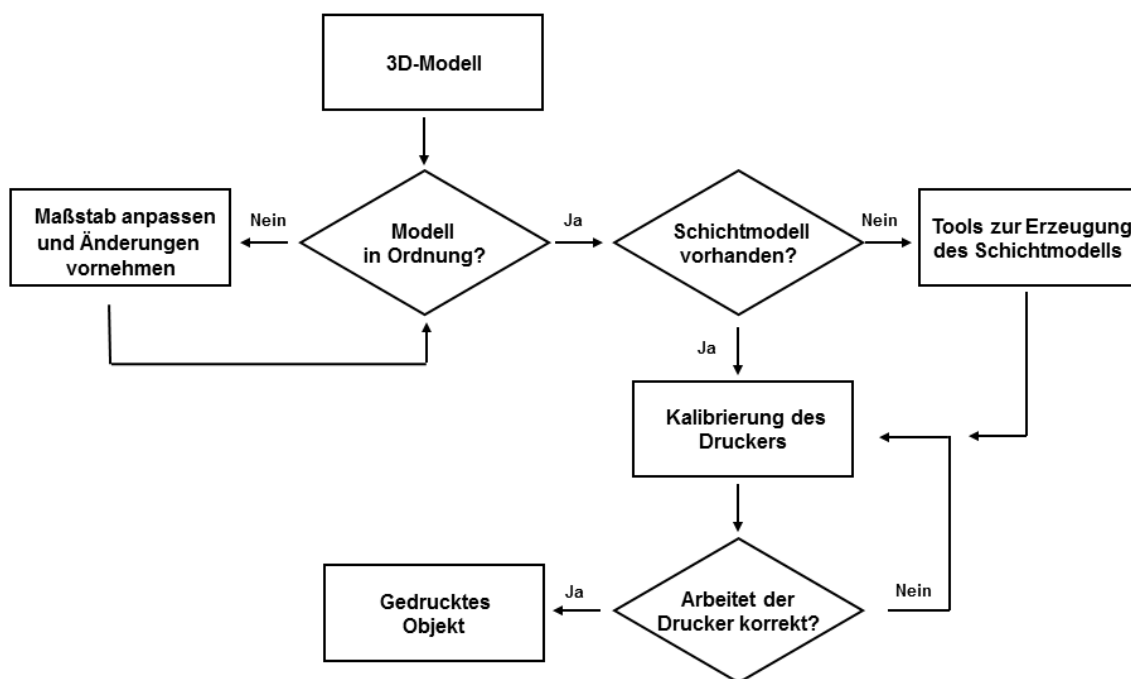


Abbildung 1: Workflow 3D-Druck (eigene Abbildung in Anlehnung an Evans 2012, S. 28)

Im Allgemeinen bestehen drei Möglichkeiten, in den Besitz eines 3D-Modells zu kommen. Die vielleicht trivialste Option ist das eigenständige Modellieren mit Hilfe einer entsprechenden Software (siehe Kapitel 4). Eine zweite Alternative bietet das 3D-Scannen von realen Objekten und die anschließende Weiterbearbeitung für den 3D-Druck. Zu diesem Zweck existieren sowohl Hochleistungsscanner für die industrielle Nutzung als auch Apps für Smartphones oder Kameras wie das Produkt Kinect von Microsoft für die nicht-kommerzielle Privatnutzung (Fastermann, 2012, S. 52-56). Für den Druck vorbereitete 3D-Modelle lassen sich aber auch aus dem Internet herunterladen. Diese Dateien liegen bei Anbietern, auf Portalen und Communities bereit und lassen sich entweder kostenlos oder kostenpflichtig beziehen.

Generell können drei Kategorien von Anbietern für 3D-Modelle abgegrenzt werden. Auf der einen Seite lassen sich die 3D-Modelle vom Nutzer direkt herunterladen und mit der entsprechenden CAD-Software bearbeiten bzw. mit einem lokalen Gerät drucken (z. B. Thingiverse). Auf der anderen Seite gibt es Anbieter, die den Druckprozess übernehmen und im Anschluss die gedruckten Objekte auf dem Postweg an den Nutzer bzw. Empfänger

versenden (z. B. Sculpteo). Diese Anbieter gewähren in den meisten Fällen keine Download-Option zur eigenen Verwendung der digitalen Modelle. Die dritte Kategorie unter den Anbietern können in diesem Kontext als „hybride“ Anbieter definiert werden. Diese erlauben sowohl den Download der 3D-Modelle als auch deren Druck durch externe Dienstleister (z. B. Tinkercad Things, Cubify). Die beiden Dienstleistungen in Form des Angebots und des Drucks von Modellen werden also oftmals miteinander gekoppelt, wodurch eine Differenzierung nicht immer auf den ersten Blick möglich ist.

Auf den meisten Plattformen und Webseiten der Anbieter ist eine Registrierung seitens des Nutzers notwendig, um Dienste in Anspruch nehmen zu können. Für Designer, die ihre Modelle zur Verfügung stellen, gilt dies ebenfalls. Diese haben oftmals die Option, eigene virtuelle Shops einzurichten und damit die Anbieterplattformen als Verkaufskanal für eigene Designs zu nutzen. Als Beispiel sei an dieser Stelle die Webseite des Anbieters Sculpteo genannt, auf der Designer eigene Modelle öffentlich zur Verfügung stellen können, die im weiteren Verlauf vom Anbieter physisch gefertigt werden (Sculpteo, 2013a).

Im Folgenden werden verschiedene Aspekte und Konzepte der Anbieter von 3D-Modellen beleuchtet. Diese Kriterien umfassen u. a. Eigenschaften der 3D-Modelle, Preisstrukturen und Qualitätsprüfung der Anbieter oder ein möglicher Schutz der Modelle mittels Kopierschutzmechanismen und urheberrechtlichen Bestimmungen.

### 3.1 Modelleigenschaften

Die digitalen 3D-Modelle unterliegen gewissen Rahmenbedingungen, damit die Dateien vom Drucker verarbeitet werden können und das Druckergebnis zufriedenstellend ist.

Ein entscheidendes Kriterium ist das Dateiformat eines dreidimensionalen Modells. Aufgrund der hohen Anzahl verschiedener CAD-Modellierungstools existieren unterschiedliche Formate, die ohne Konvertierung nicht von einem 3D-Drucker interpretiert werden können. Das derzeit gängigste für den Drucker lesbare Format ist STL (Surface Tessellation Language bzw. Standard Triangulation Language), das seinen Ursprung in der Stereolithografie hat und faktisch zum Standard ausgereift ist (Wohlers, 2012, S. 261). Dateien im STL-Format sind prinzipiell ohne weitere Konvertierung oder Bearbeitung von einem Drucker lesbar. Wie der Begriff bereits andeutet, wird die Oberfläche eines Modells durch Dreiecke beschrieben (siehe Abbildung 2). Die Größe dieser Dreiecke ist dabei ein Indikator für die Auflösung und damit für den Detailgrad des Modells. Je kleiner die Dreiecksfacetten gewählt sind, desto höher ist die Auflösung, aber auch die Dateigröße. Auch im Hinblick auf die maximal mögliche Darstellung durch den Drucker gilt es, einen akzeptablen Mittelweg zu finden (Fastermann, 2012, S. 8f.).

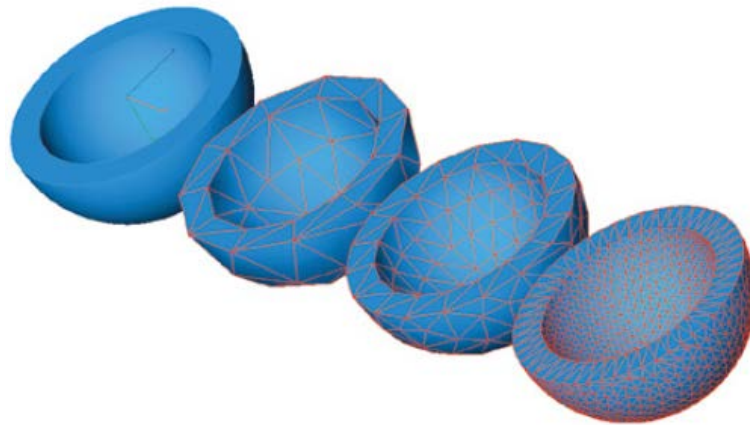


Abbildung 2: Facettennetz eines 3D-Modells (Fastermann 2012, S. 10)

Ein weiteres Merkmal für die Durchführbarkeit eines Drucks ist die Tatsache, dass Objekte in ihrer Größeneinheit nicht frei definierbar und skalierbar sind. Je nach Druckverfahren und maximalem Volumen eines Druckers gelten gewisse Höchstmaße für die Größe eines zusammenhängenden Objekts. Besondere Einschränkungen bestehen auch bei der Konstruktion hinsichtlich Wandstärken und Spaltmaßen. Um eine beabsichtigte Beweglichkeit und ausreichende Stabilität zu gewährleisten, sollten daher gewisse Mindestabstände und -maße nicht unterschritten werden (Barczok & König, 2011, S. 86).

## 3.2 Preisgestaltung

Bei der Preisgestaltung unterschiedlicher Anbieter von 3D-Modellen sind diverse Abweichungen zu identifizieren. Prinzipiell muss unterschieden werden, ob es sich beim Nutzer um einen Designer handelt, der seine eigens erstellten Modelle auf einer Plattform der Öffentlichkeit zugänglich macht und diese entweder unentgeltlich oder kostenpflichtig anbieten möchte. Oder es handelt sich beim Nutzer um einen Anwender, der auf der Suche nach geeigneten Modellen ist und diese entweder in Eigenregie oder mittels eines Dienstleisters drucken möchte.

Aus Anwendersicht besteht die Möglichkeit, auf eine Vielzahl gebührenfreier Modelle aus dem Internet zurückzugreifen. Die derzeit wohl bekannteste Plattform für kostenlose Modelle ist Thingiverse. Dabei handelt es sich um einen Marktplatz, der von MakerBot Industries, einem Hersteller für 3D-Drucker, entwickelt wurde. Aus der Webseite heraus entstand eine große Community, bei der der Open-Source-Gedanke einen hohen Stellenwert trägt. Mittlerweile ist Thingiverse eine offene Datenbank für 3D-Modelle aller Art, in der sich von der iPhone-Hülle bis hin zu Ersatzteilen für diverse Geräte alles erdenklich Druckbare finden lässt (Fastermann, 2012, S. 33).

Ähnlich verhält es sich auch auf der Plattform Tinkercad für den Anwender. Die Auswahl ist im Gegensatz zu Thingiverse zwar noch knapp, dafür stehen zum Download aber verschiedene Dateiformate zur Verfügung. Neben der üblichen STL-Datei werden außerdem die CAD-Formate OBJ, X3D, VRML97 sowie das 2D-Format SVG angeboten (Tinkercad, Inc., 2013a).

Erwähnenswert ist zudem, dass für das Herunterladen von Modellen weder beim Dienst Thingiverse noch bei Tinkercad eine Registrierung notwendig ist. Viele Anbieter von 3D-Modellen sind aber im Gegensatz zu den beiden bisher vorgestellten Plattformen kommerziell ausgerichtet. Dies bedeutet, dass ein Anwender für den Download eines Modells einen vom Anbieter bzw. vom Designer veranschlagte Gebühr entrichtet. Beispielhaft für dieses Preismodell ist der US-amerikanische Dienstleister Cubify. Falls der Designer die Option zulässt, können die Modelle neben dem externen Druck und anschließendem Versand zu einem meist geringeren Preis heruntergeladen und weiterverarbeitet werden (3D Systems, Inc., 2013a).

Aus der Betrachtungsweise der Designer sind zusätzliche Faktoren von Bedeutung, wenn diese ihre 3D-Modelle zum kostenpflichtigen Download auf den Portalen freigeben möchten. Viele der Anbieter, die ein solches Preismodell unterstützen, lassen sich am Umsatz der verkauften Modelle in Form von Provisionen beteiligen. Dafür steht dem Designer eine zentrale Verkaufsplattform seiner Dateien zur Verfügung und es fallen in den meisten Fällen keine weiteren Nutzungsgebühren an. Das Berliner Startup trinckle, dessen Plattform sich zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Seminararbeit noch in einer offenen Beta-Version befand, nutzt ein derartiges Preismodell. Registrierte Designer haben die Option, den Verkaufspreis für ihre Modelle selbst festzulegen. Die Betreiber der Plattform erhalten dann bei jedem verkauften Objekt eine Provision über 30 Prozent des Verkaufspreises (Trinckle 3D GbR, 2013). Ein ähnliches Konzept bietet auch der bereits erwähnte Dienst Cubify. Die einbehaltene Provision liegt demgegenüber aber bei 40 Prozent des Verkaufspreises, falls das Modell mit einer Downloadoption erworben wird. Für den Fall, dass ein 3D-Modell nicht heruntergeladen, sondern vom Anbieter physisch erzeugt und an den Empfänger versandt wird, fällt sogar eine Provision von 95 Prozent zu Gunsten des Betreibers an (3D Systems, Inc., 2013b). Die Plattform Tinkercad bietet eine gestaffelte Preisstruktur nach dem sog. Freemium-Modell. Der monatliche Grundpreis reicht von einem kostenlosen Benutzerkonto bis hin zu einer Gebühr von 499 Dollar für Unternehmen. Unterschiede bestehen u. a. bei Nutzung des Speicherplatzes auf den Servern von Tinkercad, der nicht in Gigabyte sondern für die Anzahl der hinterlegten 3D-Modelle berechnet wird sowie in der Möglichkeit der Nutzung der Plattform im Team mit unterschiedlicher maximaler Anzahl an Nutzern und dem Import verschiedener Dateiformate (Tinkercad, Inc., 2013b).

In die Betrachtung der Preismodelle wurden Anbieter einbezogen, deren Portfolio sich vorrangig an Privatanwender richtet. Für die additive Fertigung im industriellen Bereich variieren die anfallenden Kosten u. a. je nach Branche und Komplexität der individuellen Kundenaufträge.

### 3.3 Druckbare Materialien

Wenn es um die 3D-Modellierung geht, ist einer der interessantesten Aspekte zweifelsohne die Beschaffenheit des fertigen physischen Objektes. Die gängigsten Materialien für den Druck sind Kunststoffe und Metalle, wobei für den Hausgebrauch derzeit die Kunststoffe



überwiegen. Darüber hinaus ist die additive Fertigung mit Verbundwerkstoffen, Keramikstoffen und hybriden Stoffen mit Bestandteilen aus Metallen und Keramik möglich. Diese Grundstoffe sind in Abhängigkeit der bereits an anderer Stelle erwähnten Druckverfahren geeignet. Zu deren Eigenschaften zählen u. a. die Farbe, Bruchfestigkeit, Lichtdurchlässigkeit, Bioverträglichkeit, Feuchtigkeits- und Hitzebeständigkeit (Wohlers, 2012, S. 75).

Die unterschiedlichen Materialien lassen sich weiterhin entsprechend deren Konsistenz kategorisieren. Auf die einzelnen chemischen Zusammensetzungen soll an dieser Stelle nicht eingegangen werden, sondern exemplarisch die daraus abgeleiteten Eigenschaften bei Kunststoffen angesprochen werden. Bei den verwendeten Kunststoffen ist in der Regel zwischen Thermoplasten und Duroplasten zu unterscheiden. Erstere behalten ihre Struktur auch nach wiederholter Schmelzung und Erhärtung, letztere können nur ein einziges Mal verformt werden. Aus der Wahl des Rohstoffes kann also eine eingeschränkte Wiederverwendbarkeit resultieren (Wohlers, 2012, S. 76f.).

Unter den Dienstleistern im Bereich 3D-Druck existiert mittlerweile eine vielfältige Auswahl verschiedener Materialien zur Realisierung eigener Designs. Das französische Unternehmen Sculpteo ist beispielsweise in der Lage, anhand verschiedener Verfahren aus digitalen 3D-Modellen physische Objekte zu erzeugen. Zu den branchenüblichen Standardleistungen zählt die Verarbeitung von Kunststoffen in unterschiedlichen Varianten. Neben weißem und farbigem Plastik können Objekte mittels eines Verfahrens hergestellt werden, durch das die Oberfläche zusätzlich bearbeitet wird. Dadurch wird diese glatter und das Objekt wirkt qualitativ hochwertiger. Zur weiteren Auswahl stehen die Materialien Alumid, eine Mischung aus Polyamid und Aluminiumstaub, sowie Silber, Granulat und Keramik (Sculpteo, 2013b).

Aus den Materialien resultieren außerdem unterschiedliche Mindest- und Höchstmaße in Bezug auf das ganze Objekt sowie die minimale Wandstärke und Mindestspaltmaße, um Qualitätsmerkmale wie Stabilität und Elastizität gewährleisten zu können. Sculpteo gibt beispielsweise für 3D-Modelle, aus denen physische Kunststoff-Modelle entstehen sollen, eine minimale Wandstärke von 0,8 Millimeter vor (Sculpteo, 2013c). Das Material Silber setzt dagegen sogar eine Mindestwandstärke von 2 Millimeter voraus (Sculpteo, 2013d). Dieser Umstand verdeutlicht die Tatsache, dass bereits während der Modellierungsphase das später zu fertigende Material berücksichtigt werden sollte.

Um bereits vor der Erteilung eines Auftrages einen Eindruck von der Qualität der angebotenen Materialien zu bekommen, offerieren viele Anbieter Mustersätze von ausgewählten oder allen verfügbaren Grundstoffen. Der belgische Dienstleister i.materialise bietet in seinem Portfolio mehrere solcher Mustersätze für verschiedene Materialien an. Neben den verbreiteten Kunststoffen haben (potentielle) Kunden die Möglichkeit, die Struktur und Konsistenz verschiedener Stoffe wie Keramik, Messing, Polyamid, Edelstahl und Titan zu begutachten. Das Set an Kunststoffen hat einen Preis von 30 Euro (exkl. MwSt.), allerdings erhalten Kunden bei Bestellung dieses Mustersatzes einen Gutschein über 25 Euro für einen Auftrag beim Dienstleister (i.materialise, 2013a).

### 3.4 Einsatzzwecke der Modelle

Die additive Fertigung hat Einflüsse auf verschiedene industrielle Branchen. Auf der einen Seite zählen dazu die Haushaltswaren- und Konsumgüterindustrie mit beispielsweise Einrichtungsgegenständen, Schmuckwaren, Spielwaren, Zubehör- und Ersatzteilen. Andererseits bieten sich diese Herstellungsverfahren auch für Industrien wie der Luft- und Raumfahrt, Medizin, Elektronik und Automobilwirtschaft an (Wohlers, 2012, S. 48). Die meisten Anbieter von 3D-Modellen spezialisieren sich auf einen der genannten Bereiche. Bei den zuletzt genannten Industriezweigen ist es nicht üblich, dass Modelle von Kunden online bezogen werden können, da die Komplexität der Produkte ein solches Bezugsmodell gar nicht ermöglichen würde. Vielmehr müssen die Produkte im Bedarfsfall kundenindividuell geplant und gefertigt werden. Im Folgenden werden Beispiele angeführt, die die vielfältigen Möglichkeiten beim 3D-Druck aufzeigen sollen.

Private Anwender finden auf diversen Plattformen wie Sculpteo und Cubify die 3D-Modelle von physischen Gegenständen, die unterschiedliche Einsatzzwecke erfüllen können. Auf der Plattform Thingiverse sind die Modelle derzeit wie folgt kategorisiert (MakerBot Industries, LLC, 2013a):

- Zubehör für 3D-Drucker, z. B. Halterung, die zur Fixierung des Filaments an der Rolle dient (MakerBot Industries, LLC, 2013b)
- Künstlerische Gegenstände, z. B. Android-Figur mit beweglichen Teilen (MakerBot Industries, LLC, 2013c)
- Modeartikel, z. B. Schmuck (MakerBot Industries, LLC, 2013d)
- Gadgets, z. B. anpassbare Schutzhülle für das Smartphone Nokia Lumia 820 (MakerBot Industries, LLC, 2013e)
- Utensilien für den Hobbybereich, z. B. Grundgerüst für einen Quadcopter (MakerBot Industries, LLC, 2013f)
- Haushaltsgegenstände, z. B. Zitronenpresse (MakerBot Industries, LLC, 2013g)
- Lernmaterialien, z. B. Modell eines menschlichen Herzens zu Unterrichtszwecken (MakerBot Industries, LLC, 2013h)
- Modellvorlagen, z. B. für Vehikel wie einen VW Bus (MakerBot Industries, LLC, 2013i)
- Werkzeuge / Arbeitshilfen, z. B. Schraubenschlüssel (MakerBot Industries, LLC, 2013j)
- Spielwaren und Zubehör, z. B. Schachfiguren (MakerBot Industries, LLC, 2013k)

Generell sind die zu druckenden Objekte in ihrer Größe beschränkt, da die 3D-Drucker für den Hausgebrauch in ihren Druckvolumina limitiert sind. Größere Objekte lassen sich prinzipiell erstellen, müssen aber in ihren Einzelteilen modelliert, erzeugt und anschließend zusammengefügt werden.

Beispielhaft für die industrielle Nutzung wird im Folgenden das Gesundheitswesen in Verbindung mit dem 3D-Druck näher betrachtet. In der Medizinbranche positionieren sich zunehmend mehr Anbieter auf dem Markt, die durch additive Verfahren medizinische Fortschritte erreichen. Dazu zählt das in den USA ansässige Unternehmen Organovo, das im Bereich Tissue Engineering (Gewebezüchtung) tätig ist. Die Methode zielt zukünftig darauf ab, menschliche Zellen außerhalb des Körpers zu züchten und diese dem Patienten zu implantieren. Dabei werden die lebenden Zellen mit einer Art Hydrogel zusammengeführt, sodass diese sich vermehren können. Auf diese Weise gelang es den Forschern beispielsweise, innerhalb von 30 Minuten ein Blutgefäß mit einem Durchmesser von weniger als einem Millimeter und einer Länge von fünf Zentimetern herzustellen (Couden & Mohammadi, 2013, S. 88).

Während 3D-Druck in der Stammzellenforschung gegenwärtig noch eher wissenschaftlich geprägt ist, wird in anderen medizinischen Bereichen wie der Prothesenanpassung bereits in ausgereifter Form mit Methoden des 3D-Drucks gearbeitet. Das Unternehmen Bespoke Innovations fertigt kundenindividuelle Verschaltungen für Beinprothesen an, die je nach verarbeiteten Materialien und Design zwischen 4.000 und 6.000 US-Dollar kosten. Diese Verschaltungen ermöglichen den Trägern einer Prothese einen erhöhten Komfort im Alltag sowie bei sportlichen Aktivitäten und kaschieren die künstlichen Körperteile (Bespoke Products 3D Systems, 2013).

### 3.5 Qualitätsprüfung durch die Anbieter

Bei der Vielzahl insgesamt verfügbarer 3D-Modelle unter den verschiedenen Anbietern besteht die Gefahr, dass die qualitativen Merkmale der konstruierten Dateien nicht immer die Anforderungen erfüllen, damit sie von Druckmaschinen lesbar sind und nach Plan bzw. Intention des Designers erzeugt werden können. Nachfolgend wird auf den Aspekt eingegangen, welche Hauptkriterien zu erfüllen sind und ob die Plattformen hochgeladene Modelle in irgendeiner Form prüfen oder sogar Ausbesserungen vornehmen, bevor diese von anderen Nutzern bezogen werden können.

Für die Durchführbarkeit des Druckes dürfen die Modelle im STL-Format im Allgemeinen u. a. keine Hohlräume zwischen Dreiecksfacetten, keine doppelten sowie keine sich überschneidende Dreiecksfacetten aufweisen (siehe dazu auch Abbildung 2). Diese Fehler können beim Export aus CAD-Programmen auftreten und lassen sich durch oftmals enthaltene Reparaturfunktionen beheben. Darüber hinaus sind die beiden Merkmale des korrekten Volumenmodells und der einheitlichen Normalenrichtung als Voraussetzungen für die Realisierbarkeit eines Ausdruckes zu interpretieren. Um ein Volumenmodell handelt es sich dann, wenn die Oberfläche eines Objektes ganzheitlich erfasst wird, so dass die Hülle komplett geschlossen ist und keine Lücken aufweist. In diesem Kontext wird auch oft von einem wasserdichten Modell gesprochen. Die einheitliche Normalenrichtung als Erfordernis gibt an, dass ein digitales 3D-Modell eine erkennbare Innen- und Außenseite haben muss

(Fastermann, 2012, S. 9-12). Auf die Korrekturmöglichkeiten wird im nachfolgenden Gliederungspunkt ausführlicher eingegangen.

Eine Kontrolle und Regulierung der hochgeladenen Modelle wird nicht von allen Anbietern bzw. Plattformen gleichermaßen durchgeführt. Die Webseite Thingiverse führt keinerlei Qualitätsprüfung für die in der Datenbank befindlichen Modelle durch. Daher sind mitunter auch einige unausgereifte Konstruktionen verfügbar, die entweder nicht in korrekter Form oder gar nicht von den Druckern verarbeitet werden können. Nach Ansicht des Verfassers ist dies dem Umstand geschuldet, dass die Modelle lediglich zum Download zur Verfügung stehen und sich nicht direkt bei Drittanbietern fertigen lassen können, wie das bei anderen Anbietern teilweise der Fall ist.

Anders wird die Überprüfung auf Fehler beim Anbieter Cubify gehandhabt. Nach dem Hochladen eines 3D-Modells durch den Designer prüfen Mitarbeiter der Plattform, ob die Datei druckbar ist und geben gegebenenfalls Hinweise, falls das Modell noch nicht verwendbar ist. Vor der Verifizierung werden zudem die Modellgröße, sprich die erforderliche Maßeinheit, sowie geometrische Eigenschaften kontrolliert (3D Systems, Inc., 2013b).

In ähnlicher Form läuft die Kontrolle beim Dienstleister Sculpteo ab. Beim Hochladen werden die Modelle jedoch automatisch im Hintergrund kontrolliert und wenn nötig ausgebessert. Bei Fehlern, die durch den automatisierten Mechanismus nicht behoben werden können, muss der Designer selbst Überarbeitungen vornehmen und findet dazu Hilfestellungen auf der Webseite des Anbieters (Sculpteo, 2013e).

Der Service Shapeways gibt auf der unternehmenseigenen Webseite an, dass der Reparaturservice namens „Mesh Medic“ beim Hochladen auch wiederum automatisch im Hintergrund in der Lage ist, Löcher auszubessern sowie die bereits erwähnten Normalenrichtungen zu korrigieren (Shapeways Inc., 2010).

### 3.6 Maßnahmen vor Druckbeginn

Im vorhergehenden Abschnitt wurde bereits angesprochen, dass CAD-Dateien oftmals angepasst werden müssen, bevor sie als druckreif betrachtet werden können. Neben den Reparaturhilfen innerhalb der Modellierungsprogramme gibt es Tools, wobei auf einen Service exemplarisch im Folgenden näher eingegangen wird.

Eine Variante zur Korrektur fehlerhafter Modelle bietet der unentgeltliche Dienst netfabb Cloud Services. Dabei handelt es sich um einen web-basierten Service, bei dem Dateien im STL-Format hochgeladen und anschließend auf Mängel geprüft werden können. Durch die Nutzung im Browser ist der Dienst plattformunabhängig nutzbar. Ein Designer oder Nutzer hat die Möglichkeit, ohne vorherige Registrierung die betroffene Datei unter Angabe einer korrekten E-Mail-Adresse und der Maßeinheit auf der Webseite des Betreibers hochzuladen. Nach dem Upload wird die Datei bereinigt und Lücken in der Oberfläche behoben. Per E-Mail

wird ferner ein Link zur Verfügung gestellt, der auf die reparierte STL-Datei verweist (Evans, 2012, S. 85ff.).

Zum Testen der Korrekturmaßnahmen wurde das Modell eines „Brain Gears“ von der Plattform Thingiverse (MakerBot Industries, LLC, 2013I) heruntergeladen und anschließend mit dem Dienst netfabb Cloud Services analysiert. Aus Abbildung 3 ist anhand der abweichenden Werte des reparierten Modells im Gegensatz zum ursprünglichen Modell ersichtlich, wie sich der Vorgang auf die Datei auswirkt. Die Anzahl der Dreiecksfacetten wurde beispielsweise reduziert, was eine Verringerung der Dateigröße nach sich zieht.

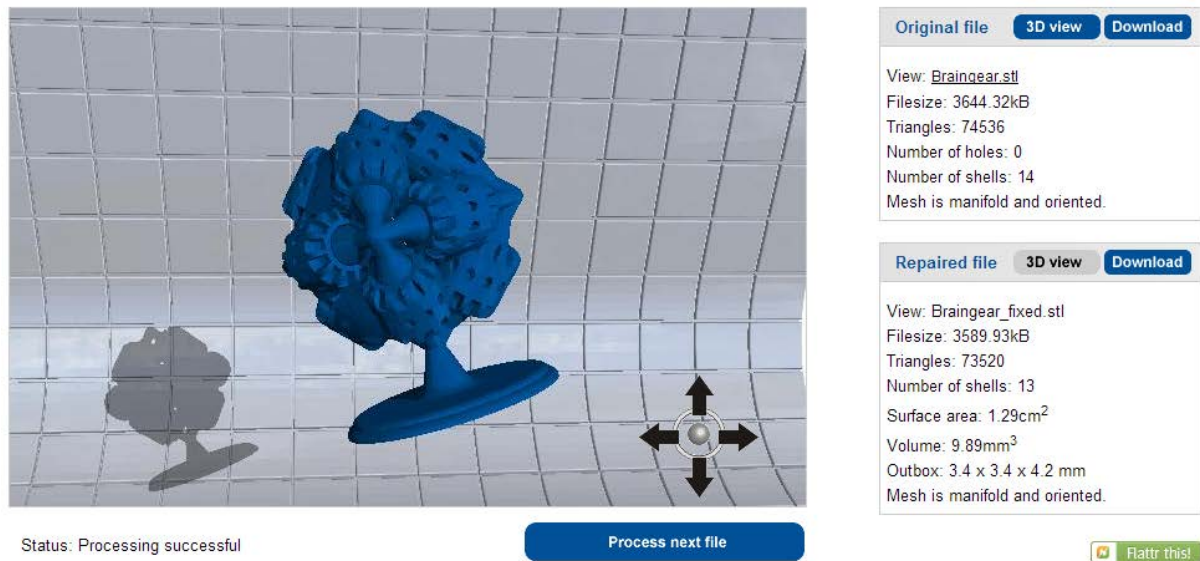


Abbildung 3: netfabb Cloud Services (netfabb GmbH, 2013)

### 3.7 Verwendbarkeit und Schutz der Modelle

Vergleichbar mit der Verbreitung von geschützten Musikstücken oder Filmen über das Internet besteht bei 3D-Modellen eine ähnliche Problematik im Hinblick auf die Verletzung von Urheberrechten. Nachfolgend wird daher die Verwendbarkeit der CAD-Daten erläutert sowie auf die derzeitige Lage rechtlicher Rahmenbedingungen im Umgang mit 3D-Druck eingegangen.

Bezieht ein Nutzer beispielsweise gegenwärtig ein 3D-Modell von der Plattform Thingiverse, so lassen sich an diesem digitalen Modell beliebig Änderungen anhand einer Modellierungssoftware vornehmen. Darüber hinaus gibt es derzeit keine Beschränkungen, was die Anzahl möglicher Drucke betrifft. Dies bedeutet, dass die Modelle keinem Kopierschutz unterliegen und sich somit duplizieren und im Internet weiter verteilen lassen könnten. Um diesem Umstand entgegenzuwirken, stellte das Unternehmen Intellectual Ventures ein Patent mit der Bezeichnung „Manufacturing control system“ aus. Dahinter verbirgt sich ein Verfahren, mit dem die Nutzung und Verbreitung digitaler Modelle kontrolliert werden soll. Das Patent umfasst im Wesentlichen die Idee der Verwaltung digitaler Rechte (DRM) für 3D-Drucker. Vor dem Druckvorgang soll u. a. geprüft werden, ob die nötigen

Rechte vorliegen, welche Materialien für das Druckerzeugnis gestattet sind oder wie oft das Objekt erzeugt werden darf (Regalado, 2012). Noch konnte aber bei diversen Anbietern und Plattformen kein 3D-Modell vom Autor ausfindig gemacht werden, welches diesen oder einen ähnlichen Kopierschutzmechanismus enthält.

Die Bestrebungen, eine unkontrollierte Vervielfältigung und Nutzung einzudämmen, werden überdies durch rechtliche Bestimmungen gewährleistet. Der gewerbliche Rechtsschutz ist nicht nur auf eine Bestimmung zu beschränken, sondern betrifft mehrere Gesetze. Im Einzelnen sind dies die folgenden Gesetzmäßigkeiten (Schmieder, 2011, S. 102):

- Urheberrecht
- Geschmacksmuster
- Patent
- Gebrauchsmuster
- Markenrecht

Prinzipiell genießt aber nicht jedes digitale 3D-Modell alle gesetzlichen Schutzmechanismen, sondern es müssen gewisse Voraussetzungen erfüllt sein. Das Herunterladen und Drucken von Lego-Bausteinen ist beispielsweise nicht gesetzwidrig, da der Patentschutz bereits vor einigen Jahren abgelaufen ist und im Regelfall nur eine Gültigkeit zwischen 20 und 25 Jahren hat. Untersagt ist es dahingegen aber, das Firmen- bzw. Markenlogo auf das Objekt anzubringen (Schmieder, 2011, S. 104). Anbieter und Druckdienstleister haben in der Regel keine rechtlichen Konsequenzen zu fürchten, wenn urheberrechtlich geschützte Modelle von Nutzern auf deren Plattform eingestellt bzw. in Druckauftrag gegeben werden. Nach momentaner Gesetzeslage ist es ausreichend, wenn Nutzer auf mögliche Urheberrechtsverletzungen hingewiesen werden und bestätigen, dass sie die Rechte an den Modellen besitzen (Schmieder, 2011, S. 105).

Die lizenzrechtlichen Bedingungen sind bei den verschiedenen Anbietern unterschiedlich ausgeprägt. Die Plattform Ponoko beispielsweise bietet differierende Lizenzmodelle an. Auf der Webseite des Anbieters wird Designern vorgeschlagen, auf das Creative Commons Lizenzschema zurückzugreifen. Dieses beinhaltet mehrere Stufen, durch die geregelt ist, ob bei der Nutzung von 3D-Modellen eine Nennung des Urhebers verpflichtend ist, eine kommerzielle Nutzung generell erlaubt ist oder ob Änderungen seitens des Urhebers genehmigt werden. Darüber hinaus ist Gegenstand des Lizenzmodells, dass bearbeitete 3D-Modelle über dieselbe Lizenz geschützt sind wie die Originaldatei. Auf der Webseite stehen zudem Funktionen bereit, um Urheberrechtsverletzungen an die Betreiber zu melden (Ponoko, 2013). Die deutsche Plattform trinckle weist in ihren allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB) darauf hin, dass Designer bei Nutzung der Plattform als Vertriebskanal alle Rechte am Design behalten (Trinckle 3D GbR, 2013).

### 3.8 Social Media: Elemente und Integration

Da auf den Plattformen der Anbieter viele Nutzer mit ähnlichen Interessen zusammenkommen, versuchen die Seitenbetreiber zunehmend auf deren Bedürfnisse einzugehen. Dazu zählt u. a. die Möglichkeit, mit anderen Nutzern zu interagieren. Aus diesem Grund entstehen aus den anfänglichen Anbieter-Webseiten mehr und mehr Plattformen, bei denen der Community-Gedanke eine immer größere Rolle spielt.

Die Webseite Thingiverse hat sich mittlerweile zu einer aktiven sozialen Plattform entwickelt, auf der das Anbieten und Tauschen von 3D-Modellen die zentrale Rolle spielen. Nutzer können beispielsweise auf eine Kommentarfunktion für Designs zurückgreifen, mit der alle öffentlich zugänglichen Modelle diskutiert werden können. Auf diese Weise kann konstruktives Feedback mit direktem Bezug auf ein jeweiliges Modell geäußert werden. Aber nicht nur durch die Kommentarfunktion weist Thingiverse gewisse Parallelen zu anderen sozialen Diensten wie Facebook oder Twitter auf. Nach dem Einloggen auf der Webseite gelangt man als Nutzer zunächst auf das eigene Dashboard, auf dem alle Aktivitäten in gebündelter Form dargestellt werden. Zu den Aktivitäten zählen u. a. Veröffentlichungen und Kommentare anderer User, denen gefolgt wird. Somit bildet das Dashboard eine zentrale Einstiegsseite, die mit dem Newsfeed-Prinzip des sozialen Netzwerks Facebook zu vergleichen ist. Erwähnt wurde soeben auch schon die Funktion, über das „Folgen“ mit anderen Nutzern in Kontakt zu treten und über deren Aktivitäten auf der Plattform informiert zu werden. Zudem kann jedes 3D-Modell von Nutzern favorisiert werden. Dadurch wird einerseits die Wertschätzung an der Arbeit eines anderen Users zum Ausdruck gebracht und andererseits erhält man als Nutzer wiederum sämtliche Aktualisierungen an diesem Modell im bereits angesprochenen Dashboard. Neben dem Dashboard existiert eine Übersicht in Form einer Sidebar mit Informationen zur Anzahl der bereitgestellten Modelle sowie zur Anzahl der abonnierten Nutzer (Follower). Um die Übersicht selbst erstellter 3D-Modelle zu sichern, können „Collections“ angelegt werden, um die CAD-Dateien thematisch kategorisieren zu können. Dies macht es auch für andere Nutzer leichter, relevante Modelle zu finden (MakerBot Industries, LLC, 2013m).

Viele Anbieter sind zudem auf den bekannten sozialen Netzwerken wie Facebook und Twitter vertreten und stellen damit weitere Kanäle bereit, auf denen sich Nutzer und Interessierte über die Thematik 3D-Druck informieren und austauschen können.

## 4 Modellierung

Wie bereits an anderer Stelle ausführlich erläutert, bildet die Konstruktion eines 3D-Modells die Grundlage für die additive Fertigung. Zur Modellierung stehen verschiedene kostenlose und kostenpflichtige CAD-Werkzeuge bereit, die teilweise sogar direkt von den 3D-Modell-Anbietern angeboten werden. Zu unterscheiden sind native Applikationen, die vor der Nutzung lokal auf einem Endgerät installiert werden müssen, sowie Web-Applikationen, die über den Browser (z. B. Mozilla Firefox, Google Chrome oder Apple Safari) des Endgeräts abgerufen werden und keine Installation erfordern. Falls keine ausreichenden Fähigkeiten für die Modellierung vorhanden sind, besteht darüber hinaus die Möglichkeit, eigene Ideen zu verwirklichen, indem Designer über das Internet beauftragt werden.

Zum Erstellen und Drucken von eigenen 3D-Modellen werden neben der Modellierungssoftware noch zwei weitere Applikationstypen benötigt, die an dieser Stelle jedoch nur kurz erwähnt werden. Zum einen ist dies ein Computer-Aided Manufacturing Programm (CAM), das üblicherweise auch als Slicer bezeichnet wird. Dieses Tool wird dazu benötigt, um das gesamte 3D-Modell aufzutrennen und in feine horizontale Schichten zu unterteilen. Durch diesen Prozess wird das Modell durch den Drucker reproduzierbar und kann Schicht für Schicht aufgetragen werden. Zum anderen ist ein Drucker-Client von Nöten, der die Funktionen zur Steuerung des Druckers bereithält. Mittels dieser Schnittstelle lassen sich beispielsweise Druckvorgänge starten, pausieren und stoppen oder Kalibrierungen am Gerät vornehmen (Griffin & Mets, 2013, S. 26).

In diesem Kapitel werden verschiedene Lösungen zur Modellierung vorgestellt, die sich wie eingangs beschrieben kategorisieren lassen.

### 4.1 Native Applikationen

Unter den nativen Anwendungen gibt es viele kostenlose und kostenpflichtige Lösungen mit verschiedenartigem Funktionsumfang. Die Applikationen zeichnen sich dadurch aus, dass sie speziell für bestimmte Betriebssysteme entwickelt wurden und nur auf diesen lauffähig sind. Zu den gebührenpflichtigen CAD-Umgebungen zählt Software für die industrielle Nutzung, die für den privaten Anwender in ihren Funktionen aber meist überdimensioniert sind. Dazu gehören beispielsweise die Softwarepakete CATIA, SolidWorks und AutoCAD. Für Unternehmen interessante Merkmale sind Funktionen für die Integration von ERP-Systemen oder unterstützte Freigabeprozesse für Konstruktionsmodelle (Fastermann, 2012, S. 21f.).

Im Segment der unentgeltlichen 3D-Modellierungsprogramme steht der geneigte Nutzer vor einer breiten Auswahl nützlicher Werkzeuge. Zu nennen sind hier die gängigen Programme Trimble SketchUp (ehemals Google SketchUp), Pixologic Sculpttris, Blender sowie OpenSCAD.

Neben den Programmen für Desktop-PCs existieren für die Erzeugung von 3D-Modellen etliche Apps für mobile Endgeräte (siehe Abbildung 4). Hervorzuheben sind an dieser Stelle



die Anwendungen des Herstellers Autodesk, die neben einer Version für den PC und Mac auch für das Apple iPad bzw. iPhone kostenlos zur Verfügung stehen. In der Softwareserie mit dem Namen 123D werden diverse Anwendungsfelder vom 3D-Scan bis hin zur Modellierung von Objekten abgedeckt (Autodesk, Inc., 2013). Die App 123D Design beispielsweise ermöglicht die Erstellung und Bearbeitung von Designs auf der Basis von Grundformen, welche im Programm bereits hinterlegt sind. Die Bedienung der Software erfolgt dabei ausschließlich mit den Fingern des Nutzers auf dem berührungsempfindlichen Bildschirm. Ferner sind bereits einige Beispielprojekte enthalten, die sich weiter modifizieren lassen und so auch für erste Lernfortschritte eignen. Die App setzt zudem auf eine Community auf, deren Inhalte in Form von 3D-Modellen frei durchsuchbar und verwendbar sind (Apple, Inc., 2013a).



Abbildung 4: Apps für iOS: 123D Catch, Sculpteo 3D Printing Design Maker, Sculptmaster 3D (Apple, Inc., 2013b)

## 4.2 Web-Applikationen

Web-basierte Applikationen lassen sich vollständig innerhalb eines Browser-Fensters ausführen und ermöglichen dem Nutzer somit eine plattformunabhängige Anwendung. Diese Applikationstypen werden meistens durch die Technologien WebGL und HTML5 realisiert, in manchen Fällen auch durch Java-Applets (Evans, 2012, S. 87).

Die derzeit geläufigsten Webanwendungen in Bezug auf 3D-Modellierung sind Tinkercad und 3DTin. Beide Lösungen lassen sich kostenlos und in ihren Grundfunktionen ohne Registrierung nutzen. Die Besonderheit an den beiden Modellierungswerkzeugen ist die intuitive und einfache Bedienung, für die keine Kenntnisse im Umgang mit CAD-Programmen notwendig sind. Durch das Hinzufügen von geometrischen Elementen wie Zylindern, Würfeln oder Kegeln lassen sich 3D-Modelle sukzessive erstellen (siehe Abbildung 5). Das Werkzeug 3DTin bietet alle Funktionalitäten kostenlos an und setzt dabei im Gegenzug von seinen Nutzern voraus, dass diese ihre Entwürfe unter einer Creative Commons Lizenz anderen Nutzern zur Verfügung stellen. Die Modelle werden nach dem Speichervorgang in einer öffentlich zugänglichen

Datenbank abgelegt. Darüber hinaus ist gegen eine jährliche Gebühr von 9,99 US-Dollar der Erwerb eines Premiumzugangs möglich. Durch diesen erhält ein Nutzer zusätzlichen Online-Speicherplatz sowie eine erweiterte Berechtigung zur Verfügung gestellt, mit der sich eigene Modelle vor dem Zugriff anderer Nutzer schützen lassen. Weitere nennenswerte Besonderheiten des kostenpflichtigen Benutzerkontos sind eine werbefreie Arbeitsoberfläche, erweiterte Importoptionen sowie die Möglichkeit der Vollbild-Darstellung des Editors. Bereits in der unentgeltlichen Variante lassen sich die Entwürfe jederzeit auf das eigene Endgerät herunterladen. Für den Export stehen die Dateiformate STL, DAE, OBJ sowie PNG zur Verfügung. Möchte ein Nutzer ein selbst erstelltes Modell von einem Dienstleister fertigen lassen, so kann außerdem auf die Funktion des direkten Exports zurückgegriffen werden. Zur Auswahl stehen dabei die drei Unternehmen i.materialise, Sculpteo und Thingiverse (3DTin.com, 2013a). Nach dem Export wird der Nutzer zum gewählten Anbieter weitergeleitet und hat die dort üblichen Optionen zur Vorbereitung der Fertigung (z. B. Auswahl der Modellgröße sowie der Materialart) bzw. zum Hinzufügen des Modells in die eigene Bibliothek.

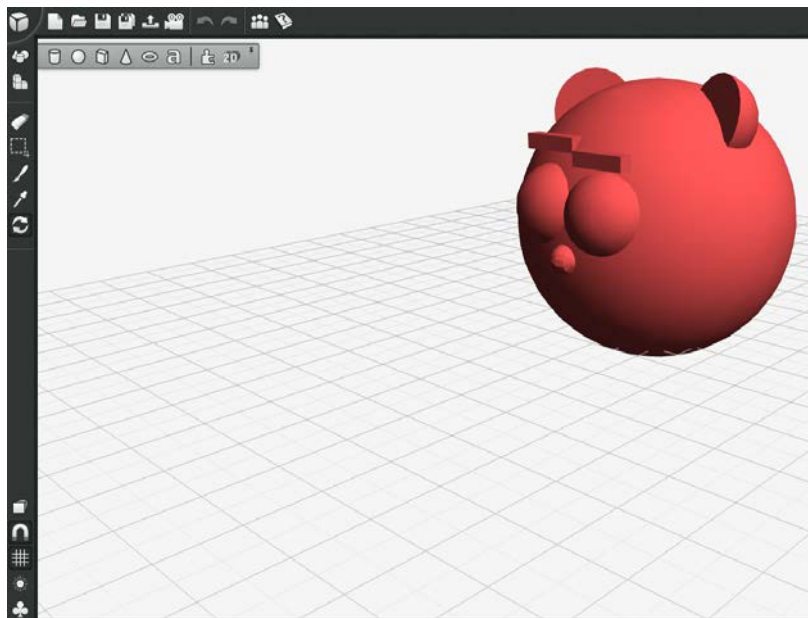


Abbildung 5: Modellierungswerkzeug 3DTin (3DTin.com, 2013b)

Nicht nur auf spezialisierten Plattformen wie 3DTin und Tinkercad ist es möglich, eigene Modelle zu konstruieren und im weiteren Verlauf für die additive Fertigung vorzubereiten. Auch 3D-Druck-Dienstleister wie Sculpteo, Ponoko oder Shapeways halten auf deren Webseiten Editoren bereit, mit denen sich eigene Ideen umsetzen lassen. Diese bieten im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Konzepten im Allgemeinen jedoch nur eingeschränkte Gestaltungsmöglichkeiten. Als Beispiel für die Bereitstellung solcher Editoren sei an dieser Stelle der Anbieter Sculpteo genannt. Der Dienstleister für 3D-Druck stellt einige web-basierte Anwendungen zur Verfügung, mit denen sich Objekte in begrenztem Umfang personalisiert erstellen und bearbeiten lassen. Auch unerfahrenen Anwendern wird die Bedienung ermöglicht, da die Funktionen zumeist selbsterklärend sind. Im Gegensatz zu CAD-Editoren wie Tinkercad haben Nutzer keinerlei Möglichkeiten, die erstellten 3D-Modelle für eine

weitere Bearbeitung lokal oder zu anderen Dienstleistern zu exportieren. Die Eigenkreationen können im Anschluss an die Erstellung über das Shop-System lediglich zur Fertigung in den hauseigenen Anlagen in Auftrag gegeben werden. Zudem sind auch keine Funktionalitäten dafür vorgesehen, die Modelle mit anderen Nutzern zu teilen. Einer dieser Editoren wird in Abbildung 6 dargestellt. Mit Hilfe dieser Anwendung kann ein dreidimensionaler Text mit maximal 700 Zeichen erstellt werden. Neben dem dargestellten Text an sich kann u. a. die Schriftart, Textausrichtung sowie die Farbe der Buchstaben und des Hintergrunds definiert werden. Letztendlich variiert der Preis für die Fertigung eines solchen 3D-Modells je nach Material, Größe und Komplexität des Objektes (Sculpteo, 2013f).

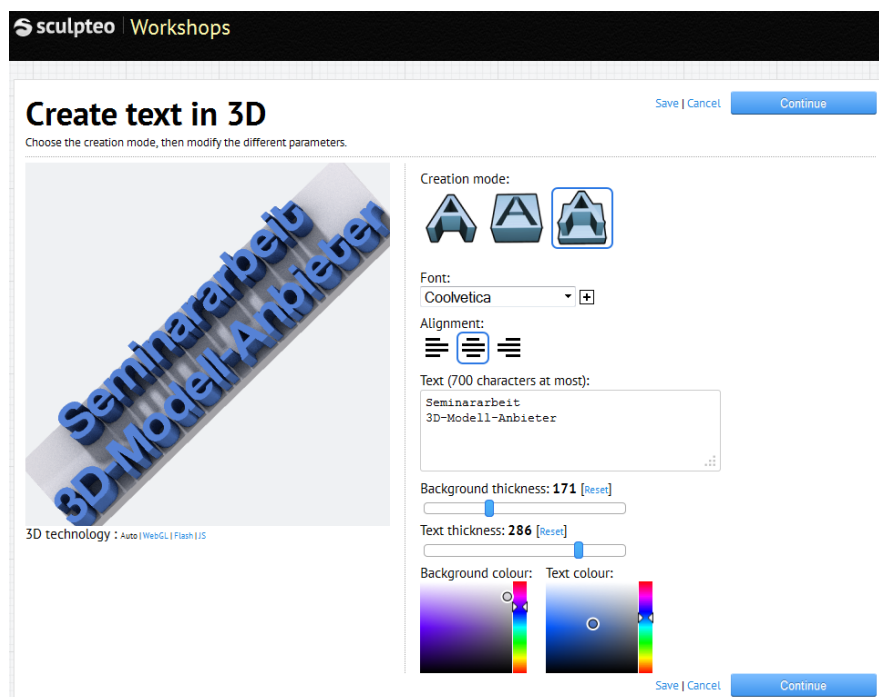


Abbildung 6: Sculpteo „Create text in 3D“ (Sculpteo, 2013f)

### 4.3 Dienstleistungen

Auch wenn es viele kostenlose Programme zur Realisierung eigener Ideen für den 3D-Druck gibt, stellt der Umgang mit 3D-Modellierungswerkzeugen für unerfahrene Nutzer oftmals eine Hürde dar. Gründe hierfür können u. a. mangelnde Kenntnisse bei der Bedienung der Software oder ein zu hoher Komplexitätsgrad des zu erstellenden Modells sein. In solchen Fällen kann auf Dienstleistungen von erfahrenen Designern zurückgegriffen werden, die auf diversen Portalen im Internet angeboten werden. Nachstehend wird exemplarisch das Angebot des Unternehmens i.materialise dargestellt.

Die Webseite bietet einerseits Nutzern mit einer gewissen Vorstellung des zu erstellenden Objektes die Möglichkeit, mit Designern Kontakt aufzunehmen. Dazu steht ein Forum bereit, in dem die verschiedenen Designer gelistet sind. In vielen Fällen findet sich ein kurzer Vorstellungstext mit Erfahrungswerten, Kontaktmöglichkeiten und Preisvorstellungen wieder. Um als Designer in diesem Forum aufgelistet zu werden, ist eine Bewerbung hierfür an die

Betreiber von i.materialise nötig. Anhand verschiedener Kriterien wird geprüft, ob ein Bewerber eine ausreichende Qualifizierung besitzt. Kommt eine Vereinbarung zwischen Ideengeber und Designer zustande, behält sich der Anbieter i.materialise die finale Prüfung des Modells auf Druckbarkeit sowie die eigentliche Fertigung vor (i.materialise, 2013b).

Eine weitere Gelegenheit für Nutzer mit nicht ausreichenden Kenntnissen bei der Modellierung ist das Angebot mit der Bezeichnung „Sketch to 3D“. Der Prozess hin zum fertigen Produkt ist dabei in drei Schritte unterteilt. Zunächst erstellt der Nutzer eine Skizze von dem Objekt, das physisch erzeugt werden soll und lädt dieses auf der Webseite von i.materialise hoch. Dies kann eine von Hand gezeichnete Skizze, eine mit einem Bildbearbeitungsprogramm erstellte Grafik oder ein Foto eines bereits existierenden Objektes sein. In einem zweiten Schritt erstellt ein registrierter Designer der Plattform GrabCAD ein 3D-Modell und wendet sich gegebenenfalls bei Rückfragen per E-Mail an den Auftraggeber. Auch das fertige Modell wird per E-Mail mit einer Zahlungsaufforderung über pauschal 57 Euro zugestellt. Im letzten Vorgang hat der Nutzer die Möglichkeit, das Modell an den Dienst i.materialise zu übertragen und physisch fertigen zu lassen. Alternativ kann eine weitere Bearbeitung oder die Fertigung allerdings auch in Eigenregie vom Auftraggeber durchgeführt werden, wenn dieser Zugang zu einem 3D-Druckgerät hat (i.materialise, 2013c).

## 5 3D-Druck – Langfristige Veränderung der Marktsituation?

Aus der vorliegenden Arbeit wurde deutlich, welche grundlegenden Optionen es beim Bezug von 3D-Modellen im Internet gibt und welche strukturellen Unterschiede die einzelnen Plattformen und Webseiten der Anbieter aufweisen können. Im Allgemeinen konnte die Erkenntnis gewonnen werden, dass Anwender für das Erzeugen von Objekten mittels 3D-Druckern nicht zwingend über Kenntnisse bei der Modellierung verfügen müssen. Vielmehr existieren immer mehr Werkzeuge, die sich auch von ungeübten Anwendern bedienen lassen und akzeptable Ergebnisse aufweisen. Überdies ist das Angebot derzeit auf vielen Plattformen bereits breit angelegt und die Anzahl verfügbarer Modelle steigt kontinuierlich an.

Durch die Untersuchung vieler Portale hinsichtlich verschiedener Kriterien konnten einige Feststellungen getroffen werden. Die Preisstruktur der Anbieter ist beispielsweise in vielen Fällen so gewählt, dass die Betreiber anteilig an verkauften CAD-Modellen bzw. gedruckten Objekten Einnahmen erzielen. Auf der anderen Seite stoßen Designer bei den bekannten Plattformen auf eine große Nutzerbasis und damit auf eine große Zahl potentieller Abnehmer, was einen erheblichen Vorteil darstellt. Die Untersuchung der Einsatzzwecke von 3D-Modellen hat zudem ergeben, dass viele Einsatzbereiche abgedeckt werden, seien es Zubehör für 3D-Drucker, Haushaltsgegenstände oder Modeartikel. Aber auch Ersatzteile werden künftig vermehrt auf den Anbieter-Plattformen zu finden sein.

Während der Erstellung dieser Arbeit war es für den Autor spürbar, dass der Markt rund um die Technologie 3D-Druck dynamisch agiert. Dies äußerte sich beispielsweise darin, dass die Betreiber des populären Diensts Tinkercad am 26.03.2013 auf ihrer Webseite erklärten, dass die Plattform mit sofortiger Wirkung nicht weiterentwickelt werde. Bis Mitte des Jahres 2014 werde die Funktionalität schrittweise in regelmäßigen Zyklen eingeschränkt und schließlich das Angebot beendet. Ferner wurden bei einigen Anbietern Änderungen bei der Preisgestaltung festgestellt, was ein Indiz für das wachsende Interesse darstellen könnte.

Was bleibt, ist die Frage, ob sich die Technologie rund um das Thema 3D-Druck weiter verbreitet oder sogar klassische Fertigungsverfahren in absehbarer Zeit ablösen wird. Nach Meinung des Autors sind die Vorteile der additiven Fertigung nicht in allen privaten und industriellen Bereichen bedeutsam. Für eine Großserien- oder Massenfertigung eignet sich das Verfahren weniger als bei Einzelstücken und Kleinserien. Grund hierfür ist einerseits die lange Fertigungsdauer beim 3D-Druck und andererseits die derzeit noch teuren und unflexiblen Materialeinsätze. Gerade aber für den Bereich der individuellen Produktion unter dem Stichwort „Mass Customization“ bietet die additive Fertigung beträchtliches Potential.

## 6 Literaturverzeichnis

- 3D Systems, Inc. (2013a). *Cubify - Express Yourself in 3D - Bird Hanger Small*. Abgerufen am 18. März 2013 von <http://cubify.com/store/creation.aspx?reference=6IXO4RKH1G>
- 3D Systems, Inc. (2013b). *Cubify FAQ*. Abgerufen am 18. März 2013 von <http://cubify.com/info/faq/faq.aspx>
- 3Druck.com. (2013a). *Google verwendet 3D-Drucker in der Küche - 3Druck.com*. Abgerufen am 08. April 2013 von <http://3druck.com/nachrichten/google-verwendet-3d-drucker-in-der-kueche-135652>
- 3Druck.com. (2013b). *Teil 2: Übersicht der aktuellen 3D-Druckverfahren*. Abgerufen am 14. März 2013 von <http://3druck.com/grundkurs-3d-drucker/teil-2-uebersicht-der-aktuellen-3d-druckverfahren-462146>
- 3DTin.com. (2013a). *3DTin*. Abgerufen am 24. März 2013 von <http://www.3dtin.com/#>
- 3DTin.com. (2013b). *3DTin*. Abgerufen am 24. März 2013 von <http://www.3dtin.com/pore#>
- Apple, Inc. (2013a). *123D Design for iPad on the iTunes App Store*. Abgerufen am 02. April 2013 von <https://itunes.apple.com/us/app/123d-design/id567821620?ls=1&mt=8>
- Apple, Inc. (2013b). *App Store Downloads on iTunes*. Abgerufen am 02. April 2013 von <https://itunes.apple.com/us/genre/ios/id36?mt=8>
- Autodesk, Inc. (2013). *Autodesk 123D - Free 3D Modeling Software, 3D Models, DIY Pro-jects, Personal Fabrication Tools*. Abgerufen am 02. April 2013 von <http://www.123dapp.com>
- Barczok, A., & König, P. (2011). Ideen materialisieren - Webdienste fertigen Objekte nach Ihren 3D-Entwürfen. *c't magazin für computertechnik*(15), S. 84-94.
- Berman, B. (2012). 3-D printing: The new industrial revolution. In M. J. Dollinger (Hrsg.), *Business Horizons* (S. 155-162). Bloomington.
- Bespoke Products 3D Systems. (2013). *What is a Fairing? | Bespoke Innovations*. Abgerufen am 25. März 2013 von <http://www.bespokeinnovations.com/content/what-fairing>
- Couden, C., & Mohammadi, G. (2013). 3D Printing in Medicine. *Make: Ultimate Guide to 3D Printing*.
- Evans, B. (2012). *Practical 3D Printers - The Science and Art of 3D Printing*. New York: Apress Verlag.
- Fastermann, P. (2012). *3D-Druck / Rapid Prototyping. Eine Zukunftstechnologie kompakt erklärt*. Berlin: Springer Verlag.
- Griffin, M., & Mets, M. (2013). The 3D Printing Software Toolchain – An overview of the CAD, CAM, and client software you need. *Make: Ultimate Guide to 3D Printing*.

- Honsel, G. (2011). *Rapid Manufacturing | Technology Review*. Abgerufen am 08. April 2013 von <http://www.heise.de/tr/artikel/Rapid-Manufacturing-1211350.html>
- i.materialise. (2013a). *3D Printing Service i.materialise | Sample kit*. Abgerufen am 26. März 2013 von <http://i.materialise.com/materials/sample-kit>
- i.materialise. (2013b). *3D Printing Service i.materialise | 3D modeling service*. Abgerufen am 03. April 2013 von <http://i.materialise.com/creationcorner/3d-modeling-service>
- i.materialise. (2013c). *3D Printing Service i.materialise | Sketch to 3D*. Abgerufen am 03. April 2013 von <http://i.materialise.com/creationcorner/sketch-to-3d>
- MakerBot Industries, LLC. (2013a). *Thing Categories – Thingiverse*. Abgerufen am 25. März 2013 von <http://www.thingiverse.com/categories>
- MakerBot Industries, LLC. (2013b). *1.75mm Filament Clip by walter - Thingiverse*. Abgerufen am 25. März 2013 von <http://www.thingiverse.com/thing:42528>
- MakerBot Industries, LLC. (2013c). *Android Figure Customizable by frankkienl - Thingiverse*. Abgerufen am 25. März 2013 von <http://www.thingiverse.com/thing:46760>
- MakerBot Industries, LLC. (2013d). *for the birds by Benjamin - Thingiverse*. Abgerufen am 25. März 2013 von <http://www.thingiverse.com/thing:47032>
- MakerBot Industries, LLC. (2013e). *Customizable Nokia Lumia 820 Case by nokia - Thingiverse*. Abgerufen am 25. März 2013 von <http://www.thingiverse.com/thing:52507>
- MakerBot Industries, LLC. (2013f). *3D printed Quadcopter by therobotfish - Thingiverse*. Abgerufen am 25. März 2013 von <http://www.thingiverse.com/thing:22537>
- MakerBot Industries, LLC. (2013g). *Citrus Juicer by walter - Thingiverse*. Abgerufen am 25. März 2013 von <http://www.thingiverse.com/thing:44328>
- MakerBot Industries, LLC. (2013h). *Anatomical Heart by chanso1 - Thingiverse*. Abgerufen am 25. März 2013 von <http://www.thingiverse.com/thing:21103>
- MakerBot Industries, LLC. (2013i). *'The Bus' - A VW Bus Pinewood Derby Car by Skimbal - Thingiverse*. Abgerufen am 25. März 2013 von <http://www.thingiverse.com/thing:1454>
- MakerBot Industries, LLC. (2013j). *9/16 in. wrench by ow3n - Thingiverse*. Abgerufen am 25. März 2013 von <http://www.thingiverse.com/thing:26425>
- MakerBot Industries, LLC. (2013k). *Chess - Classic Set by SteedMaker - Thingiverse*. Abgerufen am 25. März 2013 von <http://www.thingiverse.com/thing:34017>
- MakerBot Industries, LLC. (2013l). *Brain Gears by hoeken - Thingiverse*. Abgerufen am 20. März 2013 von <http://www.thingiverse.com/thing:370>

- MakerBot Industries, LLC. (2013m). *Thingiverse - Digital Designs for Physical Objects*. Abgerufen am 02. April 2013 von <http://www.thingiverse.com/dashboard/tour>
- netfabb GmbH. (2013). *netfabb Cloud Service – Beta*. Abgerufen am 25. März 2013 von <http://cloud.netfabb.com/?key=ece281a89a59c85062ef5f62d0704fe3136973&fixedfile=1>
- Ponoko. (2013). *Ponoko media center - About Us - Ponoko*. Abgerufen am 28. März 2013 von <http://www.ponoko.com/about/the-big-idea>
- Regalado, A. (2012). *Nathan Myhrvold's Cunning Plan to Prevent 3-D Printer Piracy | MIT Technology Review*. Abgerufen am 28. März 2013 von <http://www.technologyreview.com/view/429566/nathan-myhrvolds-cunning-plan-to-prevent-3-d-printer-piracy>
- Schmieder, F. (2011). *Nachbauer und Markenphlegmatiker - Rechtliche Untiefen im Zusammenhang mit 3D-Druck. c't magazin für computertechnik(15), S. 102-105.*
- Sculpteo. (2013a). *3D designs powered by the Sculpteo community | 3D printing (page 1/674)*. Abgerufen am 16. März 2013 von <http://www.sculpteo.com/en/gallery/today>
- Sculpteo. (2013b). *About Sculpteo materials | 3D printing*. Abgerufen am 26. März 2013 von <http://www.sculpteo.com/en/materials>
- Sculpteo. (2013c). *About Sculpteo materials | White plastic | 3D printing*. Abgerufen am 26. März 2013 von [http://www.sculpteo.com/en/materials/white\\_plastic](http://www.sculpteo.com/en/materials/white_plastic)
- Sculpteo. (2013d). *About Sculpteo materials | Silver | 3D printing*. Abgerufen am 26. März 2013 von <http://www.sculpteo.com/en/materials/silver>
- Sculpteo. (2013e). *Frequently asked questions on 3D printing | Sculpteo*. Abgerufen am 18. März 2013 von <http://www.sculpteo.com/en/help/#why-do-some-designs-require-fixing>
- Sculpteo. (2013f). *Create a text in 3D | 3D printing | Sculpteo*. Abgerufen am 24. März 2013 von <http://www.sculpteo.com/en/workshops/create/text/?uuid=CPWWm2wyb26sa1HrVEeV8g>
- Shapeways Inc. (2010). *Mesh Medic: automatic 3D printing file repair - Shapeways Blog on 3D Printing News & Innovation*. Abgerufen am 18. März 2013 von <http://www.shapeways.com/blog/archives/398-mesh-medic-automatic-3d-printing-file-repair.html>
- Tinkercad, Inc. (2013a). *Tinkercad Things*. Abgerufen am 18. März 2013 von <https://tinkercad.com/things>
- Tinkercad, Inc. (2013b). *Plans & Pricing • Tinkercad*. Abgerufen am 18. März 2013 von <https://tinkercad.com/plans>



Trinckle 3D GbR. (2013). *Info for Designers - Trinckle*. Abgerufen am 18. März 2013 von <http://www.trinckle.com/infodesigner.php>

Wohlers, T. (2012). *Wohlers Report 2012 - Additive Manufacturing and 3D Printing State of the Industry - Annual Worldwide Progress Report*. Fort Collins: Wohlers Associates Inc.

## Anhang: 3D-Modell-Anbieter

Der Anhang enthält eine Auflistung von 3D-Modell-Anbietern im Internet. Geschuldet der Tatsache, dass die derzeitige Entwicklung der Technologie 3D-Druck einen rasanten und dynamischen Verlauf aufweist, erhebt die folgende Liste keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit. Die Sortierung erfolgt aufwärts in alphabetischer Reihenfolge.

Anbieter	Webseite
3D: Activation	<a href="http://www.3d-activation.de">http://www.3d-activation.de</a>
3Dfile.io	<a href="http://3dfile.io">http://3dfile.io</a>
3dprintuk	<a href="http://www.3dprint-uk.co.uk/index.html">http://www.3dprint-uk.co.uk/index.html</a>
3DTin	<a href="http://www.3dtin.com">http://www.3dtin.com</a>
Autocad 123D Gallery	<a href="http://www.123dapp.com/Gallery">http://www.123dapp.com/Gallery</a>
Blender 3D Model Repository	<a href="http://www.blender-models.com">http://www.blender-models.com</a>
Cubehero	<a href="https://cubehero.com">https://cubehero.com</a>
Cubify	<a href="http://cubify.com">http://cubify.com</a>
EndlessForms	<a href="http://endlessforms.com">http://endlessforms.com</a>
fabberhouse	<a href="http://www.fabberhouse.de/pages/home.aspx">http://www.fabberhouse.de/pages/home.aspx</a>
Freebie 3D	<a href="http://www.freebie3d.com">http://www.freebie3d.com</a>
GrabCAD	<a href="http://grabcad.com">http://grabcad.com</a>
Grain 3D	<a href="http://www.grain3d.com">http://www.grain3d.com</a>
i.materialise	<a href="http://i.materialise.com">http://i.materialise.com</a>
Kraftwurx	<a href="http://www.kraftwurx.com">http://www.kraftwurx.com</a>
Materialise	<a href="http://materialise.com">http://materialise.com</a>
Mongasso	<a href="http://www.mongasso.com">http://www.mongasso.com</a>
Ponoko	<a href="https://www.ponoko.com">https://www.ponoko.com</a>
Sculpteo	<a href="http://www.sculpteo.com/en">http://www.sculpteo.com/en</a>
Shapeways	<a href="http://www.shapeways.com">http://www.shapeways.com</a>
Thing Tracker Network	<a href="http://thingtracker.net">http://thingtracker.net</a>
Thingiverse	<a href="http://www.thingiverse.com">http://www.thingiverse.com</a>
Tinkercad	<a href="https://tinkercad.com">https://tinkercad.com</a>
Trimble 3D-galerie	<a href="http://sketchup.google.com/3dwarehouse">http://sketchup.google.com/3dwarehouse</a>
Trinckle	<a href="http://www.trinckle.com/index.php">http://www.trinckle.com/index.php</a>
TurboSquid	<a href="http://www.turbosquid.com">http://www.turbosquid.com</a>

## Über die Autoren



**Manuel Trautmann** studierte Wirtschaftsinformatik an der Hochschule der Medien in Stuttgart und an der Ramkhamhaeng University in Bangkok. Derzeit absolviert er das Masterstudium der Wirtschaftsinformatik an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg. Im Rahmen einer Seminararbeit am Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik und Systementwicklung beschäftigte er sich mit Modell-Anbietern der additiven Fertigung.



**Marco Wirth, M.Sc.** studierte Informatik mit Nebenfach Wirtschaftswissenschaften an den Universitäten Paderborn und Helsinki. Seit 2012 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik und Systementwicklung der Universität Würzburg tätig. Im Rahmen seines Engagements im Kompetenzzentrum CEDIFA beschäftigt er sich mit Fragestellungen rund um das Gebiet der additiven Fertigung.

## Kontakt

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik und Systementwicklung  
Julius-Maximilians-Universität Würzburg  
Josef-Stangl-Platz 2  
D-97070 Würzburg

T +49 (0)931 3180242  
F +49 (0)931 3181268  
E [kontakt@cedifa.de](mailto:kontakt@cedifa.de)  
W <http://www.cedifa.de>