

Vorwort

Da haben Sie nun Ihren 3D-Drucker gekauft und möchten an der neuen industriellen Revolution teilhaben. Vielleicht wollen Sie originelle Entwürfe herstellen, gar für besondere Menschen und Anlässe einzigartige Kreationen erzeugen? In diesem Fall können Sie nicht einfach Dateien mit Konstruktionen anderer Leute herunterladen und drucken, sondern müssen die passende Software dafür beherrschen lernen. Wenn Sie das tun wollen und aus dem Stadium der Anfängeranwendungen herausgewachsen sind, ist dieses Buch das richtige für Sie. Hier erfahren Sie, wie Sie Ihre eigenen Entwürfe mit der Software Fusion 360 von Autodesk gestalten. Schenken Sie sich ein Glas von Ihrem Lieblingsgetränk ein, starten Sie Ihren Computer, um das Gelernte nachzuvollziehen, und lesen Sie weiter!

Was ist Fusion 360?

Fusion 360 (siehe Abb. V-1) ist ein 3D-Konstruktionsprogramm. Mit dem Namen »Fusion« zeigt Autodesk, dass dieses Programm viele verschiedene Arten von Software vereint. Sie können damit Aufgaben aus den Bereichen CAD (Computer-Aided Design), CAM (Computer-Aided Manufacturing) und CAE (Computer-Aided Engineering) erfüllen. Mit seinen CAD-Fähigkeiten können Sie praktisch alles modellieren, was Sie wollen (siehe Abb. V-2), mit seinen CAM-Funktionen können Sie NC-Code für CNC-Schneidemaschinen mit bis zu fünf Achsen zum Schneiden, Gravieren und Drehen erstellen. Die CAE-Optionen erlauben eine Untersuchung des Modells auf optimale Funktionsfähigkeit. Fusion 360 ist zwar kein BIM-Werkzeug (Building Information Modeling), allerdings können Sie Fusion-Modelle in einem Format exportieren, das einen Import in BIM-Programme erlaubt.



Abbildung V-1 Fusion 360

Fusion 360 kann Modelle animieren (Videos erstellen), rendern (mit realistischen Farben und Texturen versehen) und in Form von maßstabsgerechten 2D-Konstruktionszeichnungen darstellen. Die einzelnen Teile eines Modells lassen sich zu einer Baugruppe kombinieren. Es ist möglich, Dateien vieler proprietärer Typen zu importieren. Außerdem können Sie mit A360, einem in Fusion integrierten Autodesk-Arbeitsbereich, an Ihren Projekten mit anderen zusammenarbeiten.

Fusion 360 ist ein sehr umfassendes Programm, das ziemlich kompliziert sein kann, aber es eignet sich für Benutzer mit unterschiedlichsten Erfahrungen und Hintergründen. Unabhängig davon, ob Sie ein Einsteiger in die Kunst der Modellierung, ein Hobbybastler oder ein erfahrener Ingenieur sind, ist diese Software für Sie nützlich. In der Fusion 360-Galerie auf [gallery.autodesk.com/fusion360](http://autodesk.com/fusion360) finden Sie viele Konstruktionen, die von Benutzern wie Ihnen erstellt wurden. Viele davon können Sie herunterladen.

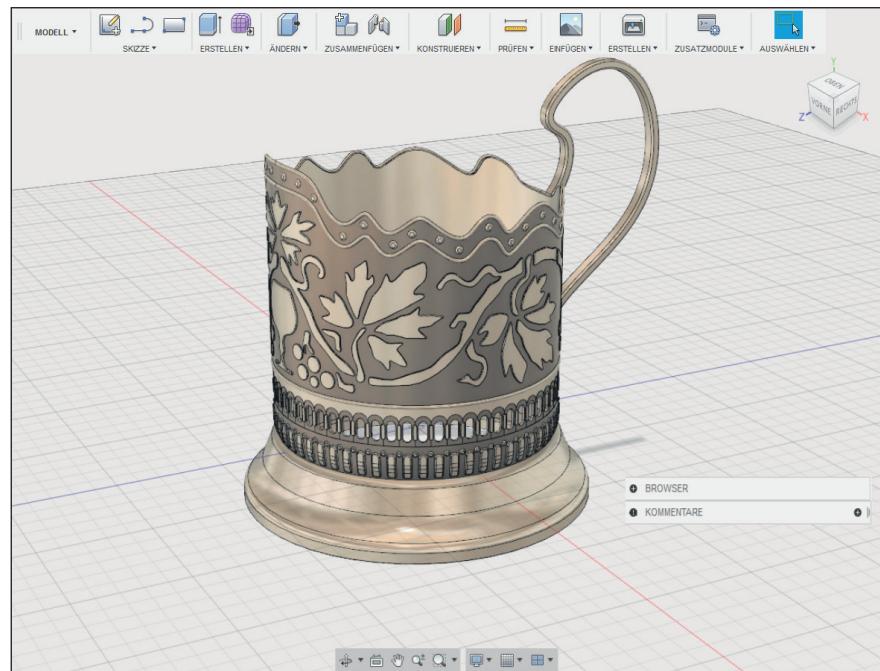


Abbildung V-2 Ein Tassenhalter in der Fusion 360-Galerie

In der Cloud

Fusion wird online ausgeführt, und alle Ihre Dateien werden online gespeichert. Das heißt, dass Sie sie nicht verlieren können und stets Zugriff darauf haben. Allerdings laden Sie das Programm auf Ihren PC, Ihren Mac oder Ihr Mobilgerät herunter. Bei der Onlinearbeit steht Ihnen der größte Funktionsumfang zur Verfügung, aber wenn Ihre Internetverbindung nicht funktioniert oder die Autodesk-Server ausgefallen sind, können Sie auch offline arbeiten. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, Ihre Dateien offline zu speichern.

Arten der Modellierung

Modellierung ist Zeichnen in drei Dimensionen. In Fusion gibt es dafür drei Möglichkeiten: Freiform-, Massivkörper- und Oberflächenmodellierung.

Freiformmodellierung: Hierbei werden Hohlmodelle aus Polygonen erstellt (siehe Abb. V-3). Sie gestalten die Oberfläche des Modells, indem Sie Polygone zu gekrümmten, fließenden Formen extrudieren.

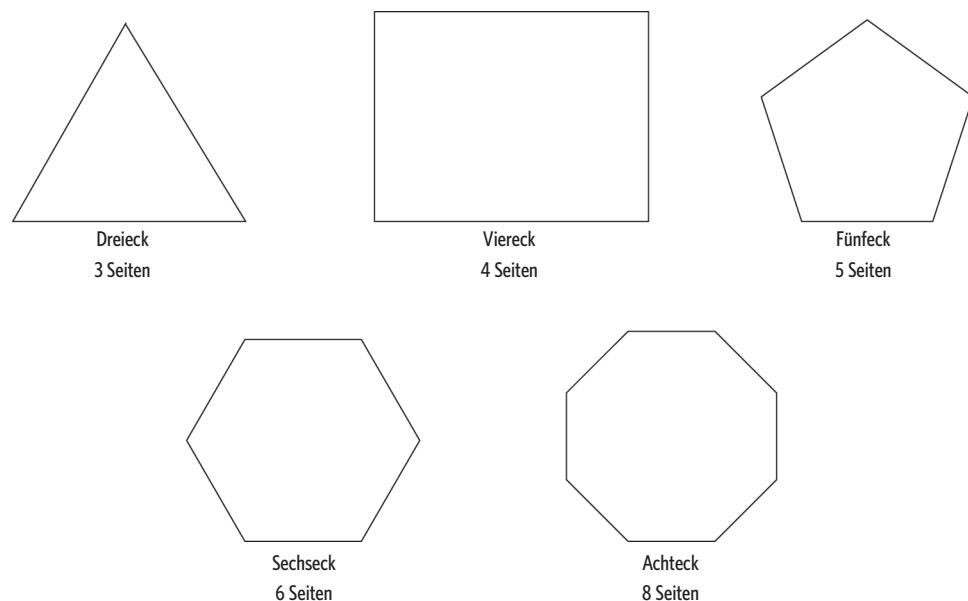


Abbildung V-3 *Polygone sind flache Objekte mit mindestens drei geraden Seiten.*

Es gibt verschiedene Arten der Freiformmodellierung, z. B. die polygonale, die NURBS- und die T-Spline-Modellierung. Fusion verwendet die letztgenannte Vorgehensweise, die die Vorteile der polygonalen und der NURBS-Modellierung vereint. Sie können dabei Details gezielt dort hinzufügen, wo sie benötigt werden, nicht rechteckige Polygone erstellen und komplexe Freiformmodelle auf einfache Weise bearbeiten (siehe Abb. V-4). T-Spline-Oberflächen können Bereiche mit sehr unterschiedlichem Detailierungsgrad enthalten. Steuerungspunkte (Bearbeitungspunkte) lassen sich gezielt dort hinzufügen, wo sie auch wirklich gebraucht werden. Wenn Sie Ihr Modell in ein anderes Modell exportieren möchten, können Sie die T-Spline-Oberflächen in NURBS-Oberflächen umwandeln. Auch eine Konvertierung in ein massives Modell ist möglich.

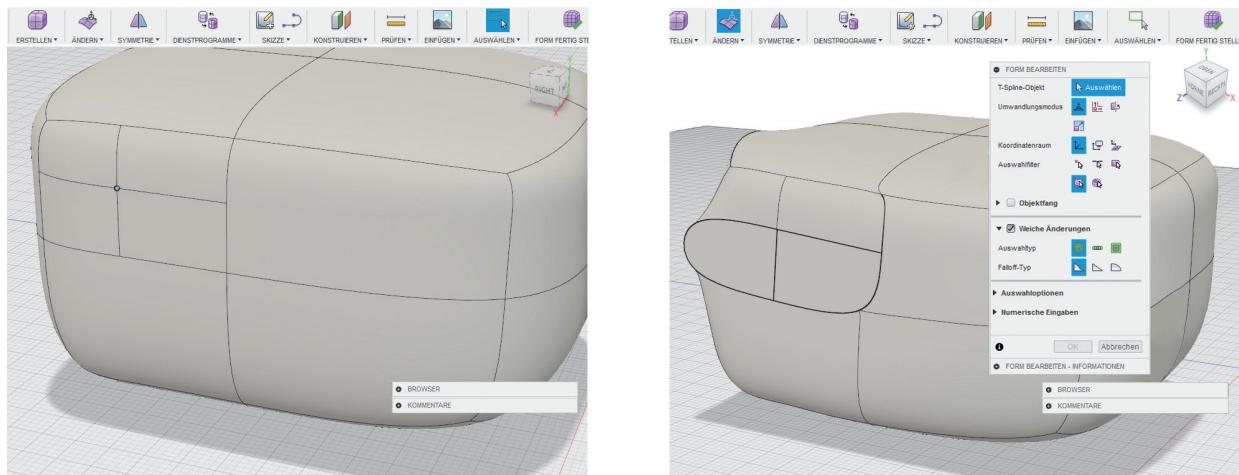


Abbildung V-4 T-Spline-Freiformmodelle lassen sich auf einfache Weise bearbeiten.

Massivkörpermodellierung: Bei dieser Vorgehensweise addieren und subtrahieren Sie Grundelemente (Primitiva), also geometrische Formen wie Würfel und Zylinder. Technisch wird dieser Vorgang als CSG-Modellierung (konstruktive solide Geometrie) bezeichnet. Sie können dazu zweidimensionale Formen erstellen und in 3D-Körper umwandeln, was BREP-Modellierung (Boundary Representation) genannt wird (siehe Abb. V-5). Wenn Sie solche Modelle aufschneiden, können Sie erkennen, dass sie tatsächlich massiv sind.

Oberflächenmodellierung: Die Objekte, die Sie hiermit erstellen, wirken massiv, doch wenn Sie sie aufschneiden, erweisen sie sich als hohl. Sie haben nur eine Oberfläche, aber das Innere ist nicht ausgefüllt.

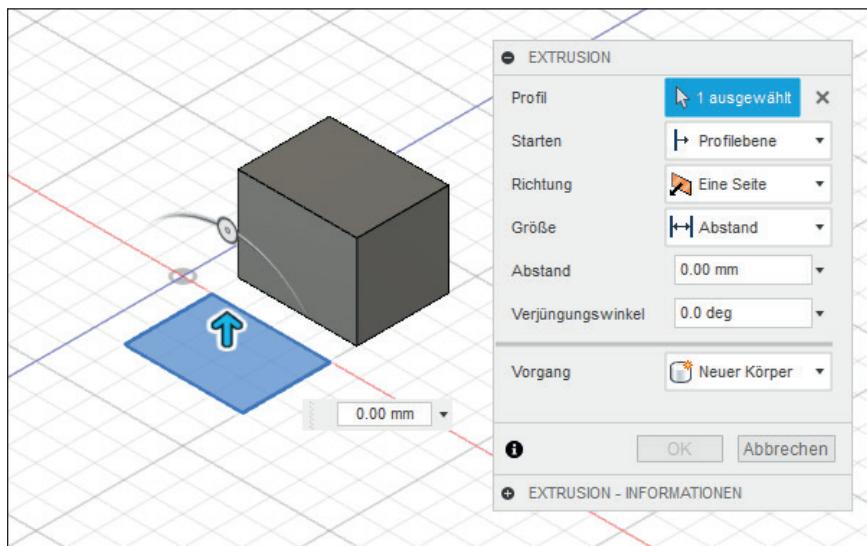


Abbildung V-5 Ein massives Modell besteht aus massiven Grundelementen.

Parametrische und direkte Modellierung

Die Modellierung in Fusion kann auf zwei verschiedene Weisen erfolgen:

- **Parametrisch:** Bei der Gestaltung verwenden Sie Abhängigkeiten und Parameter. Sie können die verschiedenen Dimensionen einzeln bearbeiten. Wenn Sie beispielsweise eine 15 cm dicke Wand haben, dann bleibt sie 15 cm lang, auch wenn Sie den Grundriss des Modells verdoppeln. Eine Möglichkeit zur Änderung von Parametern bietet die Zeitachse mit dem Verlauf, die während Ihrer Arbeit geführt wird. Wenn Sie dort etwas ändern, werden alle darauffolgenden Elemente in der Zeitachse automatisch angepasst.
- **Direkt:** Sie können ein Modell bearbeiten, indem Sie es einfach ziehen, drücken und drehen. Das geht zwar einfacher, aber dabei steht Ihnen kein Verlauf zur Verfügung, sodass Sie nicht in der Lage sind, ein Merkmal nachträglich zu ändern und alle darauffolgenden Aktionen automatisch anzupassen zu lassen.

Allgemein gesagt, ist die direkte Modellierung einfacher und intuitiver als die parametrische. Wenn Sie daran gewöhnt sind, in einem CAD-Programm mit direkter Modellierung zu arbeiten, finden Sie im direkten Modus von Fusion eine vertraute Umgebung. Die parametrische Modellierung erfordert eine andere Denk- und Herangehensweise aufgrund der Tatsache,

dass das Vorhandensein fast jeden Elements vom Vorhandensein von irgendetwas anderem abhängt. Allerdings ist die parametrische Modellierung die geeignete Vorgehensweise für komplex aufgebaute Objekte, da Sie hierbei die Möglichkeit haben, etwas nachträglich zu ändern und alle davon abhängigen Elemente automatisch anpassen zu lassen. Das kann bei der Gestaltung von unschätzbarem Wert sein.

Manche Funktionen der parametrischen Modellierung stehen im direkten Modus nicht zur Verfügung und umgekehrt. Massivkörper- und Oberflächenmodelle können sowohl parametrisch als auch direkt erstellt werden, Freiformmodelle dagegen nur direkt.

Was wir in diesem Buch tun werden

Dieses Buch zeigt Einsteigern und fortgeschrittenen Anfängern, wie sie Fusion 360 verwenden können. Anhand von Projekten steigender Komplexität, bei denen jeweils neue Techniken vorgeführt werden, sollen Sie sich mit der Software vertraut machen. Dabei wird keine vorherige Erfahrung mit diesem oder einem anderen CAD-Programm vorausgesetzt. Wir werden den parametrischen und den direkten Modus sowie die Massivkörper-, Oberflächen- und Freiformmodellierung nutzen und auch eine Baugruppe mit Verbindungen erstellen. Des Weiteren erfahren Sie, wie Sie Netfabb für Fusion installieren, ein Zusatzmodul, das digitale Modelle auf Mängel untersucht. Außerdem verwenden wir Slicer, ein weiteres Fusion-Zusatzmodul, das das Modell in zweidimensionale Teile zerlegt. Von einem der Projekte erstellen wir Konstruktionszeichnungen, und ein anderes bearbeiten wir im CAM-Arbeitsbereich.

Einige der Projekte erstellen wir ganz ohne Vorlage, andere auf der Grundlage importierter Skizzen oder heruntergeladener Konstruktionen. Wir sehen uns auch die empfohlenen Vorgehensweisen zur Optimierung eines digitalen Modells für die Herstellung an.

Die ersten vier Kapitel enthalten grundlegende Informationen über das Skizzieren, Modellieren und Bearbeiten, weshalb Sie sie als Erstes lesen sollten. Diese Informationen werden in den anschließenden Projekten wieder aufgegriffen, noch ausführlicher erläutert und genutzt. Speichern Sie alle Konstruktionen nach der Fertigstellung, da Sie einige Projekte in den Kapiteln weiter hinten noch benötigen werden. In den Kästen finden Sie Tipps zur Verwendung der Software, für den Druck und zur Lösung häufig auftretender Probleme.

Voraussetzungen zur Verwendung von Fusion

Zur Ausführung der Software gelten zurzeit die folgenden Systemvoraussetzungen:

Betriebssystem	Apple macOS Sierra 10.2, macOS 10.11.x (El Capitan), macOS 10.10.x (Yosemite); Microsoft Windows 7 SP1, Windows 8.1, Windows 10 (nur 64 Bit)
Prozessor	64-Bit-Prozessor (32 Bit nicht unterstützt)
Arbeitsspeicher	3 GB RAM (4 GB oder mehr werden empfohlen)
Grafikkarte	512 MB GDDR-RAM oder mehr, ausgenommen Intel GMA X3100-Karten
Festplattenplatz	ca. 2,5 GB
Zeigegerät	Microsoft-kompatible Maus, Apple Mouse, Magic Mouse, MacBook Pro-Trackpad
Internet	DSL-Internetanschluss oder schneller

Fusion kann zwar mit den in der Tabelle aufgeführten Zeigegeräten verwendet werden, aber am besten eignet sich eine Maus mit zwei Tasten und einem Scrollrad. Die linke Taste dient dabei zur Auswahl, die rechte ruft Kontextmenüs auf und fungiert als Eingabetaste, und das Scrollrad wird zum Drehen und Zoomen verwendet.

Optionale 3D-Maus

Ein optionales Zubehör sowohl für PC- als auch für Mac-Benutzer ist der Space Navigator von 3DConnexion (siehe Abb. V-6), der eigens für die Verwendung zusammen mit Modellierungssoftware ausgelegt ist. Er funktioniert ähnlich wie ein Joystick, kombiniert die Zoom-, Pan- und Orbitwerkzeuge der Software und kann die Modelle auch kippen, gieren und neigen. Eingesetzt wird er als Ergänzung zu einer herkömmlichen Maus. Während Sie mit dem Navigator das Modell bewegen, können Sie dann mit der Maus die Links- und Rechtsklicks ausführen. Es ist auch möglich, dem Navigator Ihre am häufigsten verwendeten Werkzeuge einzuprogrammieren, sodass Sie bei einem Klick auf eine beliebige Stelle des Bildschirms darauf zugreifen können.



Abbildung V-6 Der Space Navigator ist eigens für die 3D-Modellierung konstruiert.

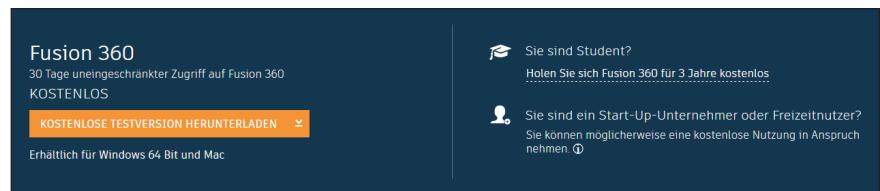
Fusion 360 herunterladen

Um ins Fusion-Abenteuer zu starten, benötigen Sie ein kostenloses Autodesk-Konto, das Sie auf <http://accounts.autodesk.com/register> anlegen können. Dieses Konto gilt für alle Autodesk-Websites. Laden Sie anschließend Fusion von <http://autodesk.de/products/fusion-360/subscribe> herunter. Für den persönlichen Gebrauch und für Kleinunternehmen ist die Software kostenlos. Alle anderen Benutzer müssen sie als Monats- oder Jahresabonnement erwerben. Sie haben die Wahl zwischen der Standardversion und Fusion 360 Ultimate, wobei Letzteres erweiterte Simulations- und Herstellungsmöglichkeiten bietet.

Um eine kostenlose Version zu beziehen, klicken Sie auf *Kostenlose Testversion* und folgen dann den Anweisungen unter *Sie sind Student?* bzw. *Sie sind ein Start-Up-Unternehmer oder Freizeitnutzer?*



1



2

Abbildung V-7 Herunterladen einer kostenlosen Version für Studenten und Freizeitnutzer

Definitionen

Die folgenden Begriffe werden in diesem Buch häufig erwähnt, weshalb sie hier gesammelt erklärt werden.

Abhängigkeiten Einschränkungen für Skizzen.

Baugruppe Eine Konstruktion aus mehreren Teilen, die mithilfe von beweglichen Verbindungen zusammengehalten werden.

CAD Computer-Aided Design (computerunterstütztes Konstruieren)

CAM Computer-Aided Manufacturing oder Computer-Aided Machining (computerunterstützte Fertigung bzw. mechanische Bearbeitung).

CNC Computer Numerical Control (computergestützte numerische Steuerung); die Automatisierung von Werkzeugen zur mechanischen Bearbeitung mithilfe von Computern.

DXF Drawing Exchange Format; ein von Autodesk entwickeltes universelles Dateiformat zur Speicherung von CAD-Modellen.

Element Ein Objekt, dessen Eigenschaften Sie festlegen. Auch Konstruktionsoperationen können Elemente sein. Beispielsweise sind sowohl Bohrungen, Abrundungen und Fasen als auch die Ergebnisse von Extrusions-, Dreh-, Spiegelungs- und Anordnungsoperationen Elemente.

Elementabhängigkeit Die Abhängigkeit eines Elements vom Vorhandensein eines anderen. Beispielsweise muss für eine Fase eine Kante vorhanden sein.

FDM Fused Deposition Modelling, auch Fused Filament Fabrication (FFF) oder Schmelzschichtung genannt. Ein additives Herstellungsverfahren, bei dem ein Extruder Plastikfilamente schmilzt und in der Form des digitalen Modells auf einer Grundplatte ablagert.

Filament Kunststofffaden; wird auf Spule gewickelt geliefert.

Fläche Eine flache Oberfläche, die von Kanten begrenzt ist.

Fräsen Ein Zerspanungsverfahren, das Material in einer Folge von mehreren Durchgängen von der Oberfläche eines Rohteils abträgt.

G-Code Die übliche Bezeichnung für eine weit verbreitete CNC-Programmiersprache.

Gelenk/Verbindung (Englisch »joint«; in der deutschen Oberfläche von Fusion uneinheitlich übersetzt.) Ein Punkt, an dem zwei Teile beweglich miteinander verbunden sind. In einer Baugruppe können Sie Animationen erstellen, die diese Bewegungen zeigen.

Geometrie Ein Oberbegriff für Skizzen, Punkte, Kanten, 3D-Formen und sonstige Konstruktionsobjekte. In einem CAD-Programm ist eine Geometrie technisch gesehen die mathematische Beschreibung einer Form.

Komponente Ein unsichtbarer Container, der Körper, andere Komponenten, Skizzen und sonstige Konstruktionselemente enthält; auch ein unabhängiger Teil einer Baugruppe.

Konstruktionsgeometrie Ebenen, Achsen und Punkte werden als Geometrien oder Konstruktionsobjekte bezeichnet.

Körper Eine einzelne dreidimensionale Form.

Massives Modell Eine durchgängig gefüllte Konstruktion (vergleichbar mit einem Stein).

Modell Eine digitale Konstruktion. Der Begriff bezeichnet gewöhnlich die gesamte Konstruktion, wohingegen mit den *Elementen* die einzelnen Bestandteile gemeint sind.

Modellierung Der Vorgang, eine digitale Konstruktion in einer 3D-Software zu erstellen.

NC Numerical Control (numerische Steuerung); eine Programmiersprache, deren Code eine computergesteuerte Fertigungsmaschine lesen kann.

Netzmodell Eine Konstruktion aus Polygonen, die innen hohl ist (vergleichbar mit einem Luftballon).

Orthografische Ansicht Eine zweidimensionale Ansicht eines dreidimensionalen Objekts, z. B. eine Draufsicht oder Seitenansicht.

Orthografische Zeichnungen Zweidimensionale Zeichnungen zur Beschreibung eines dreidimensionalen Objekts.

Parameter Ein Term, der Bedingungen festlegt. Um beispielsweise dafür zu sorgen, dass eine Bohrung stets den halben Durchmesser einer anderen Bohrung aufweist, verknüpfen Sie die beiden mit einer Parameterformel.

PLA Ein Kunststofffilament auf Maisbasis, das aufgrund seiner einfachen Handhabung für Einsteiger geeignet ist. Es gibt nur milde Dämpfe ab, verzieht sich nicht so sehr und ist hart, spröde und glänzend.

Polygon Eine geschlossene Fläche mit mindestens drei geraden Seiten. Zu den Polygonen gehören Dreiecke, Vierecke und *n*-Gone (mit mehr als vier Seiten).

Slicer Eine Software, die eine STL-Datei in eine für 3D-Drucker lesbare Sprache übersetzt. Sie zerlegt eine digitale Konstruktion in Querschnitte (»Slices«), die später die physischen Schichten des Drucks bilden. Zu den am häufigsten verwendeten Slicern gehören MakerBot Desktop, Simply3D und Cura.

STL Ein Dateiformat für den 3D-Druck. Es beschreibt eine Konstruktion mithilfe eines Netzmodells.

Teil Ein Körper oder eine Komponente. Sie können Teile selbst gestalten, aber auch Teile einsetzen, die von anderen konstruiert wurden.

Topologie Geometrische Eigenheiten der Oberfläche eines Netzmodells.

Unterbaugruppe Eine Komponente.

Wurzel Die Standardkomponente einer Konstruktion. Ihr Name wird im obersten Feld des Browsers angezeigt.

Und nun geht es los mit Kapitel 1!

Weitere Quellen

3D Hubs Talk (www.3dhubs.com/talk): Hier erhalten Sie Antworten auf Fragen rund um den 3D-Druck.

YouTube-Kanal zu Autodesk Fusion 360 (www.youtube.com/user/AutodeskFusion360): Hier finden Sie viele Lehrvideos.

Fusion 360-Galerie (gallery.autodesk.com/fusion360): Hier können Sie sich Projekte anderer Benutzer ansehen.

Fusion 360-Foren (forums.autodesk.com/t5/fusion-360/ct-p/1234): Hier erhalten Sie Antworten auf Fragen zu Fusion 360.

YouTube-Kanal von Lydia Cline (youtube.com/profdrafting): Viele Lehrvideos über Fusion und andere Software.