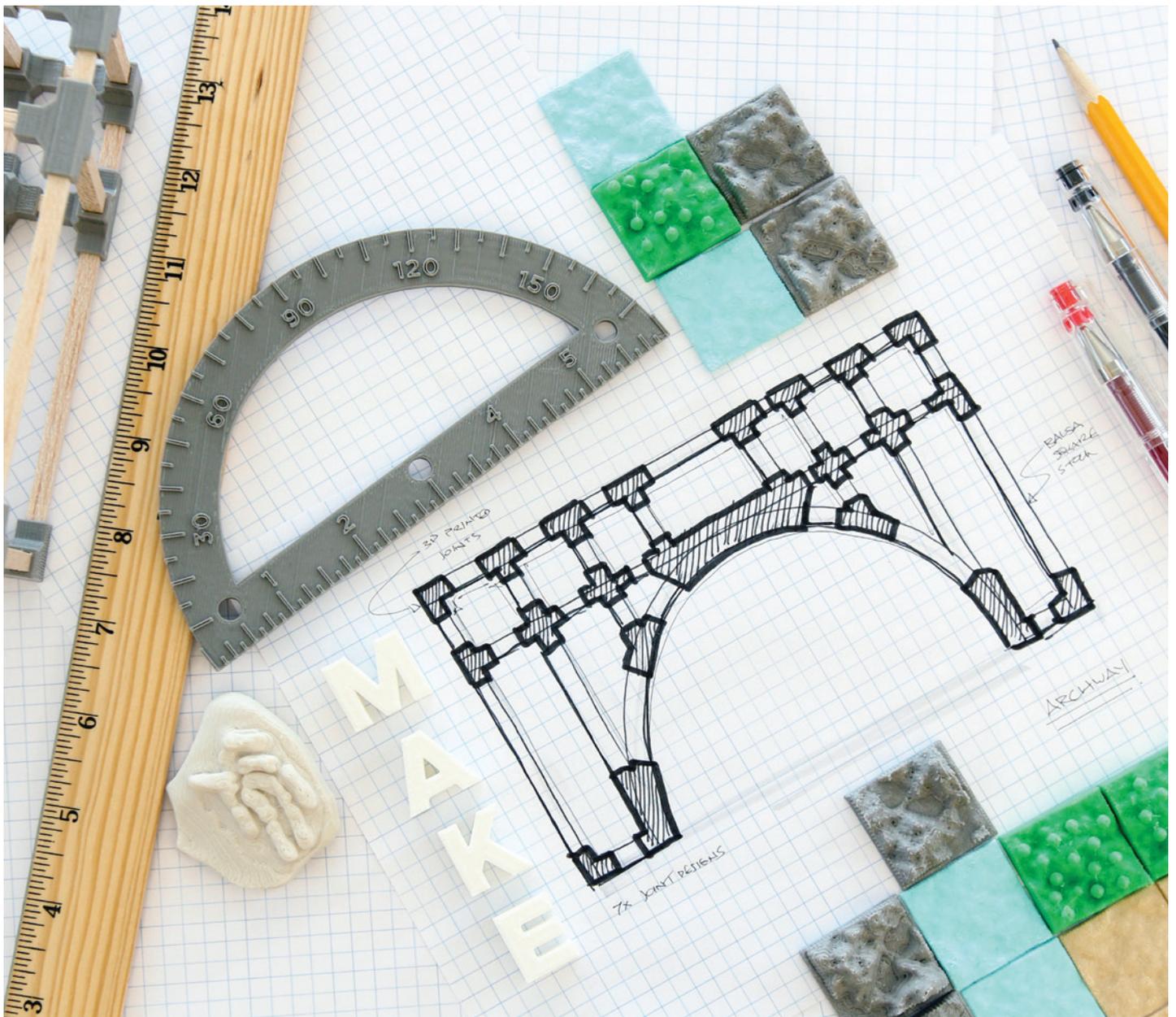


MAKERBOT IN THE CLASSROOM

Eine Einführung in 3D-Druck und -Design



ZUSAMMENGESTELLT VON MAKERBOT EDUCATION

MAKERBOT IN THE CLASSROOM

Eine Einführung in 3D-Druck und -Design

Copyright © 2015 by MakerBot®

www.makerbot.com

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Veröffentlichung darf ohne die vorherige schriftliche Genehmigung des Herausgebers vervielfältigt, verbreitet oder in irgendeiner Form oder mit irgendwelchen Mitteln, einschließlich Fotokopien, Tonaufnahmen oder anderen elektronischen oder mechanischen Methoden übertragen werden, außer im Falle von kurzen Zitaten in kritischen Bewertungen und bestimmten anderen nichtkommerziellen Anwendungen des Urheberrechtes.

Die Informationen in diesem Dokument über Produkte oder Dienstleistungen, die nicht von MakerBot sind, stammen von den Herstellern dieser Produkte oder Dienstleistungen oder aus deren offiziellen Veröffentlichungen. Spezifische Fragen zu den Leistungsmerkmalen von Nicht-MakerBot-Produkten und -Dienstleistungen sind an die Hersteller dieser Produkte und Dienstleistungen zu richten.

ISBN: 978-1-4951-6175-9

Gedruckt in den Vereinigten Staaten von Amerika

Erste Auflage

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1



MAKERBOT IN THE CLASSROOM

Eine Einführung in 3D-Druck und -Design

Zusammengestellt von MakerBot Education



INHALTS- VERZEICHNIS

- 06 EINFÜHRUNG IN DEN 3D-DRUCK IM KLASSENZIMMER**
- 08 LEKTION 1: EINFÜHRUNG IN DEN 3D-DRUCK**
 - 11 MakerBot Story: Bildung
 - 12 MakerBot Story: Medizin
 - 13 MakerBot Story: Industrie
 - 14 MakerBot Story: Nachbearbeitung
 - 15 MakerBot Story: Design
- 16 LEKTION 2: VERWENDUNG EINES 3D-DRUCKERS**
- 24 LEKTION 3: VORBEREITUNG VON DATEIEN FÜR DEN DRUCK**
- 35 DREI VORGEHENSWEISEN**
 - 36 DOWNLOADEN**
 - 40 SCANNEN**
 - 46 DESIGNEN**
- 51 PROJEKTE UND DESIGNSOFTWARE**
 - 52 PROJEKT: MODELLIEREN MIT 3D-PRIMITIVEN MIT TINKERCAD**
 - 53 Gestalten Sie Ihr eigenes Land
 - 55 Entdecken: Modellieren mit Tinkercad
 - 59 Forschen: Geografie und Klima
 - 60 Erstellen: Designen einer Wasserplatte
 - 62 Erstellen: Designen einer Waldplatte
 - 66 Erstellen: Designen einer Bergplatte
 - 69 Erstellen: Designen einer Landplatte
 - 71 Weiterführende Aktivitäten: Die neue Welt erkunden
 - 74 PROJEKT: PARAMETRISCHES MODELLIEREN MIT OPENSCAD**
 - 75 Codieren lernen für 3D-Druck: Namensschilder erstellen
 - 77 Forschen: Parametrische und anpassbare Modelle
 - 78 Entdecken: Modellieren mit OpenSCAD-Code
 - 83 Erstellen: Anpassen eines Namensschilds mit OpenSCAD-Code
 - 88 Erstellen: Vom Entwurf einer Zeichnung bis zum fertigen Modell mit OpenSCAD
 - 90 Weiterführende Aktivitäten: OpenSCAD und Thingiverse Anpassungswerkzeug

92	PROJEKT: DIGITALE SCULPTURENERSTELLUNG MIT SCULPTRIS
93	3D-gedruckte Fossilien erstellen
95	Forschen: Fossilien und die geologische Zeitskala
96	Entdecken: Designen mit Sculptris
100	Erstellen: Design eines Muschelfossils
103	Erstellen: Design eines Zahnfossils
106	Erstellen: Eigene Fossilien entwerfen
108	Weiterführende Aktivitäten: Plastikformen, Zeitskala Fossilienausgrabung
110	PROJEKT: MODELLIEREN MIT 123D DESIGN
111	Experimentelle Ingenieursarbeit: Brückenbau
113	Forschen: Brücken und andere Tragstrukturen
114	Entdecken: Modellieren mit 123D Design
118	Erstellen: Modellieren von Belastbarkeitstest-Trägern
123	Erstellen: Design einer Vier-Punkt-Verbindung
127	Erstellen: Design einer Sechseck-Verbindung
130	Erstellen: Design einer Bogen-Verbindung
133	Erstellen: Design zusätzlicher Verbindungen
134	Weiterführende Aktivitäten: Brückenprüfung, aufbereitete Strukturen
136	FORTGESCHRITTENE DRUCKTECHNIKEN UND FEHLERDIAGNOSE
137	Verwendung von Autodesk Meshmixer im 3D-Druck
142	FAZIT UND NÄCHSTE SCHRITTE
144	DANKSAGUNGEN

EINFÜHRUNG IN DEN 3D-DRUCK IM KLASSENZIMMER

Wir von MakerBot glauben, dass das 3D-Drucken und -Modellieren eine hervorragende Möglichkeit bietet, die Vermittlung von Wissenschaft, Technologie, Ingenieurwesen, Technik, Mathematik und Design-Fähigkeiten bereits in der Schule zu verbessern und zu verstärken. Mit echten Herausforderungen konfrontiert, suchen die Schüler einen aktiven Problemlösungsansatz.

Jeder geht beim Herangehen an das 3D-Drucken seinen eigenen Weg. Es spielt keine Rolle, welchen Hintergrund Sie haben; jeder kann durch projektbezogenes Lehren und Experimentieren lernen, mit dem 3D-Druck schöpferisch zu arbeiten.

3D-Druck ist ein Werkzeug, das es ermöglicht, neue Dinge zu schaffen, soweit die Phantasie reicht. 3D-Druck und Modellprojekte sollen Ihre Schüler dazu befähigen, Risiken einzugehen und Fehler zu machen. Obwohl es unkonventionell klingen mag, ermuntern wir Schüler dazu, früh und häufig zu scheitern, um sich dadurch die problemlösenden Sachkenntnisse und das Vertrauen zu erwerben, das sie ermutigt weiterzumachen, bis ein Design erfolgreich fertiggestellt ist.

Verwenden Sie dieses Buch als Ausgangsbasis, die Ihnen dabei helfen kann, den 3D-Druck in Ihren Lehrplan zu integrieren und Ihren Schülern die Grundlagen des 3D-Drucks zu vermitteln. Ehe Sie sich versehen, wird Ihre Klasse erstaunliche Dinge schaffen, die Sie nie für möglich gehalten hätten.

Lassen Sie sich inspirieren. Wir sind schon gespannt auf Ihre Designs!

hr MakerBot Education Team

LERNZIELE

Unser Ziel für Sie:

- Eine solide Grundlage zum Erlernen und Vermitteln des 3D-Drucks
- Ideen zur Einbindung des 3D-Drucks in Ihren Lehrplan
- Kenntnisse über verschiedene 3D-Modellierungs-Softwares und ihre Stärken
- Grundlagenprojekte, die es Ihnen leicht machen, den 3D-Druck in Ihren Lehrplan zu integrieren
- Das Vertrauen, Ihre Projekte weiterzuentwickeln und an die Bedürfnisse Ihrer Schüler anzupassen

Unser Ziel für Ihre Schüler:

- Steigerung von Planungsvermögen, kritischem Denken, Argumentation und kreativen Fähigkeiten
- Entwicklung guter Kommunikations- und Zusammenarbeitsfähigkeiten
- Übung von Visualisierung und Entscheidungsfindung
- Wissen, wie und wann die Technologie genutzt wird und wie man geeignete Tools wählt
- Die Bedeutung der Iteration im Entwicklungszyklus kennenlernen
- Verstehen, wie ein 3D-Drucker verwendet wird

3D-DRUCK ALS WERKZEUG

Denken Sie daran, dass ein 3D-Drucker ein weiteres Werkzeug in Ihrem Werkzeugkasten ist, das für die Erschaffung einer großen Bandbreite an einfachen als auch komplexen Objekten sehr hilfreich ist. Durch das Erlernen der Feinheiten dieser neuartigen Technologie, können Sie neue und interessante Anwendungsmöglichkeiten finden, die weit über den Druck simpler Modelle hinausgehen.

WIE MAN DIESES BUCH VERWENDET

Verwenden Sie dieses Buch als Ausgangspunkt, um sich dem 3D-Druck zu nähern. In den folgenden Abschnitten teilen wir unsere Kenntnisse mit Ihnen und zeigen Ihnen einige Projekte, die Sie mit Ihrer Klasse umsetzen können. Natürlich können Sie mit einem 3D-Drucker viel mehr tun, als wir hier beschreiben. 3D-Drucker können in jedem Fach eingesetzt werden, wenn Sie ein paar Grundlagen verstanden haben und über den Tellerrand hinausblicken.

Im ersten Teil dieses Buches geht es darum, wie MakerBot Replicator 3D-Drucker funktionieren und wie man die Technologie der Drucker im Unterricht vermittelt. Jeder Abschnitt bietet Ihnen Hintergrundwissen, Lernziele, Terminologie, Beispielaktivitäten und Diskussionsmaterialien.

Der zweite Teil umfasst drei Hauptansätze für Vorgehensweisen, um Modelle für den 3D-Druck zu finden: Das Herunterladen von einer Online-Community, das Navigieren eines 3D-Scanners und das eigenständige Entwerfen von Modellen unter Verwendung diverser 3D-Designprogramme.

Der dritte Teil des Buches konzentriert sich auf bestimmte projektbasierte Lernbeispiele, die ein Sprungbrett für die Einbindung von 3D-Druck im Klassenzimmer darstellen. Sie und Ihre Schüler sollen das Thema untersuchen, eine Vielzahl von 3D-Modellierungswerkzeugen entdecken und dann originelle Entwürfe erstellen und drucken. Wir ermuntern Sie dazu, sich für jedes Projekt den Abschnitt Weiterführende Untersuchung anzuschauen, der Sie auf Ideen bringt, wie Sie das Projekt optimal in Ihren Lehrplan einbinden können.

LEKTION 1: EINFÜHRUNG IN DEN 3D-DRUCK

Während der Desktop-3D-Druck für die Verbraucher erst in den letzten Jahren weithin zugänglich geworden ist, gibt es die Technologie im gewerblichen Bereich bereits seit den 1990er Jahren. Es sind verschiedene Arten von 3D-Druckern entwickelt worden, aber in diesem Buch konzentrieren wir uns auf die Technologie der MakerBot Replicator 3D-Drucker. Lassen Sie uns eintauchen und die Grundlagen erlernen.

HINTERGRUND: WAS BEDEUTET 3D-DRUCKEN?

3D-Druck ist der Vorgang, bei dem man aus einem Digitalmodell einen physischen Gegenstand herstellt. Wenn Sie ein Dokument auf Ihrem Computer verfassen, haben Sie eine digitale Version erschaffen. Drücken Sie anschließend auf „Drucken“, so erstellen Sie eine physische Kopie davon. 3D-Drucker funktionieren prinzipiell gleich, nur arbeiten diese mit einer weiteren, dritten Dimension.

Im Gegensatz zu einem herkömmlichen subtraktiven Herstellungsverfahren, bei dem ein Gegenstand aus einem Materialstück gebaut wird, ist das 3D-Drucken ein additiver Herstellungsprozess, bei dem ein Objekt durch das Aufbringen von Materialschichten über einen Zeitraum aufgebaut wird. Diese Schichten verschmelzen miteinander und bilden das 3D-Druckobjekt.

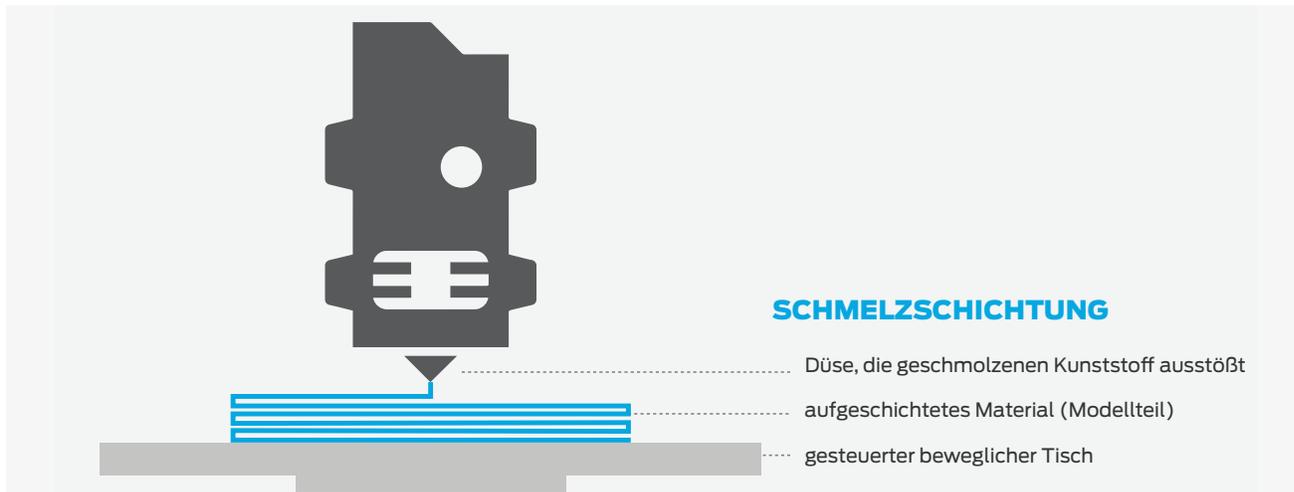
Diskussion: Fallen euch noch andere Beispiele für Dinge ein, die durch das Aufeinanderschichten von Materialien hergestellt werden? (Bausteine, Kuchen, Mauern etc.)

LERNZIELE

- Verstehen Sie, was 3D-Druck ist und wie er funktioniert
- Erfahren Sie, welche Technologie MakerBot Replicator 3D-Drucker verwenden, und lernen Sie die Geschichte dieser Technik kennen

TERMINOLOGIE

- **FDM:** Schmelzschichtung (Fused Deposition Modeling), die von MakerBot verwendete 3D-Drucktechnologie.
- **Slicing:** Der Vorgang, ein digitales 3D-Modell in dünne Schichten zu verwandeln, die der 3D-Drucker für den 3D-Druck verwendet
- **Filament:** Für Ihre 3D-Drucke verwendetes Material
- **Extruder:** Die „Heißklebepistole“ Ihres 3D-Druckers; sie verwendet Filament zur Erstellung der Schichten Ihrer 3D-Drucke
- **Bauplatte:** Die Fläche, auf der die Drucke aufgebaut werden



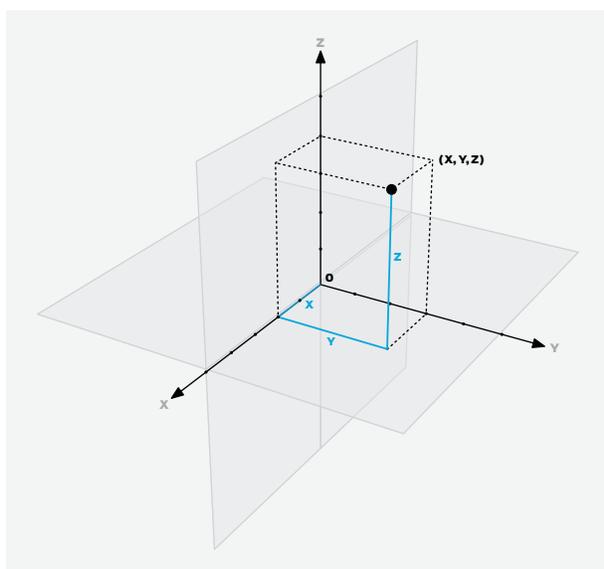
MAKERBOT TECHNOLOGIE

Fused Deposition Modeling (FDM) ist die additive Fertigungstechnologie, die MakerBot Replicator 3D-Drucker verwenden, um 3D-Modelle zu erstellen.

Diskussion: Welche anderen 3D-Drucktechnologien gibt es? (SLA, SLS, PolyJet etc.)

Wie funktioniert sie? Der FDM-Druck beginnt mit einem digitalen 3D-Modell, das in dünne Scheiben „gesliced“ wird. Im Drucker wird Filament in einen Extruder geführt, der jede geslicte Scheibe Schicht für Schicht auf die Bauplatte aufträgt. Im Laufe der Zeit bauen sich diese dünnen Schichten übereinander auf, bis das Objekt fertig ist.

Geschichte: Scott Crump hat FDM in den späten 1980er Jahren durch die Schaffung eines Systems erfunden, das Schichten auf einer x-y-z-Matrix aufträgt. Obwohl es den 3D-Druck schon seit damals gibt, ist die Technologie erst in den letzten fünf Jahren allgemein zugänglich geworden. Genau wie der Siegeszug des Computers begann die 3D-Druck-Revolution mit wenigen Auserwählten. Im Jahr 2009 brachte MakerBot Desktop 3D-Drucker auf den Markt und damit eine neue Welle erschwinglichen 3D-Drucks ins Rollen.



Das kartesische Koordinatensystem

Aktivität: Ziehen Sie ein Quadrat mit einer Heißklebepistole. Lassen Sie es abkühlen wiederholen Sie den Vorgang direkt auf dem ersten Quadrat. Dies zeigt das ursprüngliche Konzept des FDM 3D-Drucks. Alternativ ziehen Sie die Schichten mit Zuckerguss oder Schlagsahne.

Das kartesische Koordinatensystem ist ein Verfahren, um die Position von Punkten in einem 2D- oder 3D-Raster zu spezifizieren. Jedes 3D-Modell hat seinen eigenen Satz von Koordinaten, die seine Form definieren. Unsere Drucker verwenden diese Punkte als Anweisungen, um Ihr Objekt zu erstellen.

Sobald eine Schicht aufgetragen ist, macht die Aufbauplatte einen Schritt entlang der z-Achse (nach unten). Dann wird die nächste Schicht aufgetragen. Im Laufe der Zeit stapeln sich die Schichten übereinander wie bei einer mehrstöckigen Geburtstagstorte und bilden Ihr 3D-Objekt.

WISSENS-CHECK

- Welche Technologie verwenden MakerBot Replicator 3D-Drucker?
- Wie funktioniert diese Technologie?

WIE 3D-DRUCKER EINGESETZT WERDEN

Jetzt, wo Sie ein Grundverständnis von der Arbeitsweise Ihres 3D-Druckers haben, wollen wir erfahren, wie die 3D-Druck-Community diese spannende Technologie bis hierhin verwendet hat!

Einer der interessantesten Aspekte des 3D-Drucks ist, dass sich der Fokus bei wachsender Vertrautheit immer mehr auf das richtet, was man mit 3D-Druckern machen kann und nicht darauf, wie sie funktionieren. Der 3D-Drucker ist in Ihrem Unterricht etwa wie ein Ofen: er ist einfach zu bedienen und Ihre Schüler können jetzt lernen, wie man „backt“.

Im nächsten Abschnitt wird anhand einiger Beispiele vorgestellt, wie Menschen ihre MakerBot Replicator 3D-Drucker verwenden. Wir hoffen, dass diese Geschichten Sie dazu anregen, darüber nachzudenken, wie Sie mit Ihrem 3D-Drucker „backen“ können. Schauen Sie sich beim Lesen jeder Geschichte unbedingt auch die zugehörigen Beispiele an, die einem anderen Ansatz folgen.

Weiterführend: Erkunden Sie MakerBot Thingiverse und GrabCAD, tolle Websites, um sich für Ihr nächstes Projekt inspirieren zu lassen. Beide sind Online-Bibliotheken, die Hunderttausende von kostenlosen 3D-Modellen zum Downloaden und 3D-Drucken enthalten.

MAKERBOT STORY: BILDUNG



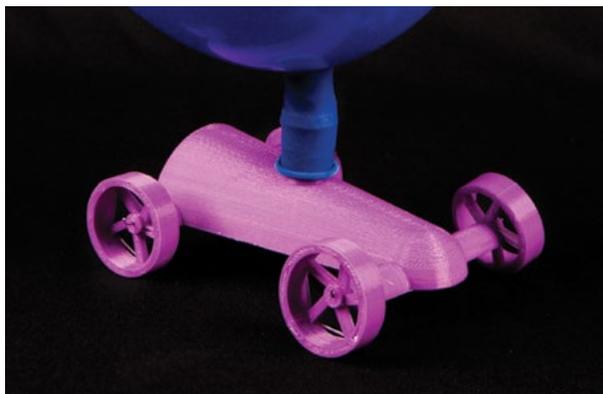
Das CO₂-Auto eines Schülers mit individuell erstellten, 3D-gedruckten Rädern.

A. MACARTHUR BARR MITTELSCHULE – CO₂ BESCHLEUNIGUNGSRENNEN

Thema: Technikvermittlung anhand eines CO₂-angetriebenen Rennautos

Verwandte Inhalte: Naturwissenschaften, Mathematik, Technik

Geschichte: Vinny Garrison ist Lehrer für Technologien und Rennbeauftragter an der Mittelschule A. MacArthur Barr in Nanuet, New York. Im Laufe von sieben Wochen schnitzt jeder Achtklässler ein fußlanges Automodell aus Holz und druckt einen Satz Räder auf einem MakerBot Replicator 3D-Drucker. Mit dem Ehrgeiz, den Zeitrekord zu brechen, stellen die Schüler Räder her, die weniger als ein Gramm wiegen.



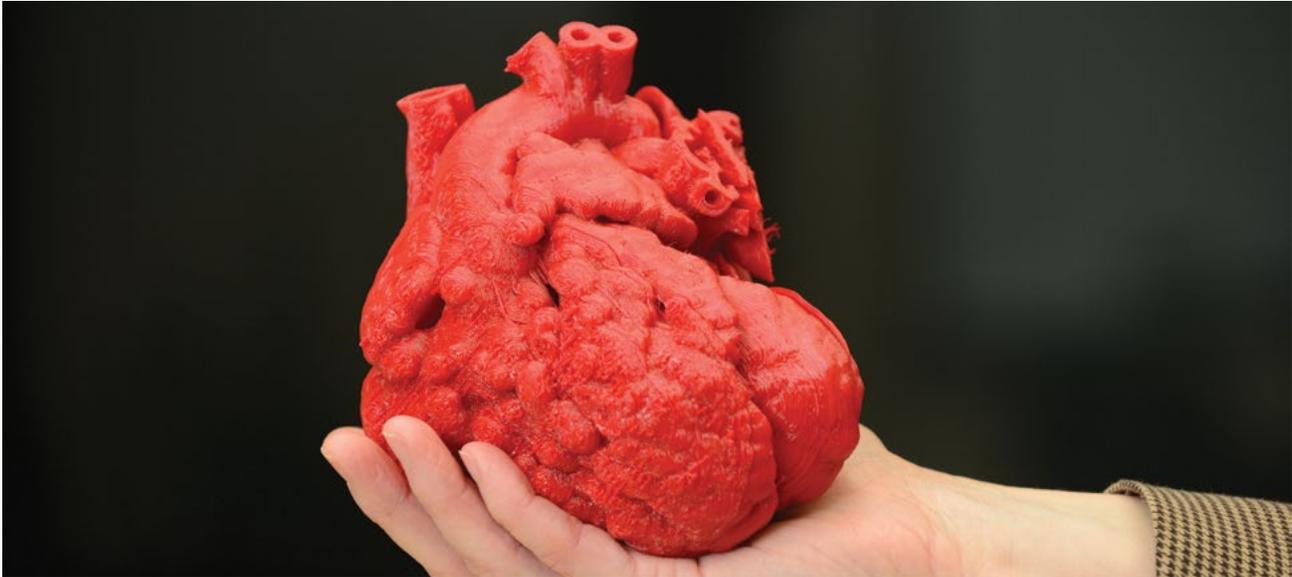
Ballonangetriebene Autos

Durchsuchen Sie Thingiverse nach „balloon powered cars“.

Stellen Sie ballonangetriebene Autos zur Veranschaulichung des Gedankens der Energieerhaltung her.

Ballonangetriebenes Jet Car-Fahrzeug von thehans, thing:16987

MAKERBOT STORY: MEDIZIN



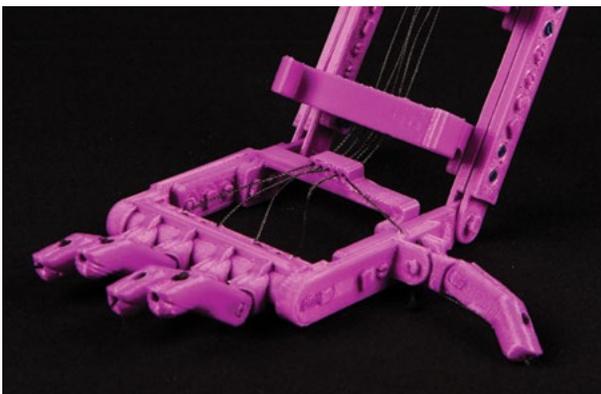
Das Herz eines Kindes wurde digital erfasst und in dreifacher Größe 3D-gedruckt.

KOSAIR KINDERKRANKENHAUS

Thema: Erforschung von medizinischen Anwendungen des 3D-Druckes

Verwandte Inhalte: Naturwissenschaften, Gesundheit, Medizin, Anatomie

Geschichte: Die Ärzte im Kinderkrankenhaus von Kosair in Louisville, Kentucky, haben einen MakerBot Replicator 3D-Drucker verwendet, um die Nachbildung des Herzens eines 14 Monate alten Jungen zu schaffen. Dafür wandelten sie die CT-Scandaten in ein 3D-druckbares Format um, welches ein maßstabsgetreues Modell ergab. Das Modell wurde dann verwendet, um die beste Strategie und Vorgehensweise für die Durchführung der Operation zu planen und so im Ernstfall wertvolle Zeit zu sparen.



Robohand

Robohand ist eine preisgünstige 3D-gedruckte Handprothese, die sich an die Größe und Bedürfnisse jedes Benutzer individuell anpassen lässt. Dieses Open-Source-Projekt hat eine erstaunliche Gemeinschaft von Menschen zusammengebracht, die sich bereit erklären, für jeden, der sie benötigt, eine solche Robohand zu drucken.

Robohand von MakerBot, thing:92937

MAKERBOT STORY: INDUSTRIE



Die gesamte Elektronik, die Kisi benötigt, wird in dieser 3D-gedruckten Schale untergebracht.

KISI

Thema: Produktentwicklung

Verwandte Inhalte: Unternehmerschaft, Produktdesign, Business

Geschichte: Kisi ist eine elektronische Sperre, die mit Hilfe einer Handy-App entschlüsselt werden kann. Die Angestellten von Kisi nutzen einen MakerBot Replicator 3D-Drucker für das Prototyping, aber auch für die Fertigung der Sperren. Sobald eine Verriegelung gedruckt ist, wird die Elektronik in das Gerät eingebaut. Weil die Fertigung auf Bestellung erfolgt, kann jede Vorrichtung auf die individuellen Kundenwünsche zugeschnitten werden.



Hoover Air Cordless

LithiumLife Akkusatz für verlängerte Laufzeit

Hoover hat auf Rückmeldungen von Kunden einen 3D-druckbaren Schnappeinsatz entwickelt. Mit diesem lässt sich ein Ersatzakku direkt am kabellosen Staubsauger befestigen. Die entsprechende Datei stellte die Firma als kostenlosen Download bei Thingiverse zur Verfügung.

Hoover Air Cordless Extended Runtime LithiumLife Battery Mount von Hoover, thing:605278

MAKERBOT STORY: NACHBEARBEITUNG



Diese Zementlampe wurde mithilfe einer 3D-gedruckten Form gefertigt. Foto © Shane Blomberg.

GUSS-BETONLAMPE

Thema: Postprocessing

Verwandte Inhalte: Formenbau, Kunst, andere Medien

Geschichte: Shane Blomberg wollte eine Lampe schaffen, die das Aussehen von heißem Metall in einem Brennofen nachahmt. Mithilfe einer 3D-gedruckten Form konnte er die Gestalt der Lampe aus Schnellbeton erzeugen. Nach dem Abbinden des Betons benutzte er eine Heißluftpistole, um den Kunststoff wegzuschmelzen. Eine gute Möglichkeit, additive und subtraktive Techniken in einem kreativen Projekt zu kombinieren.

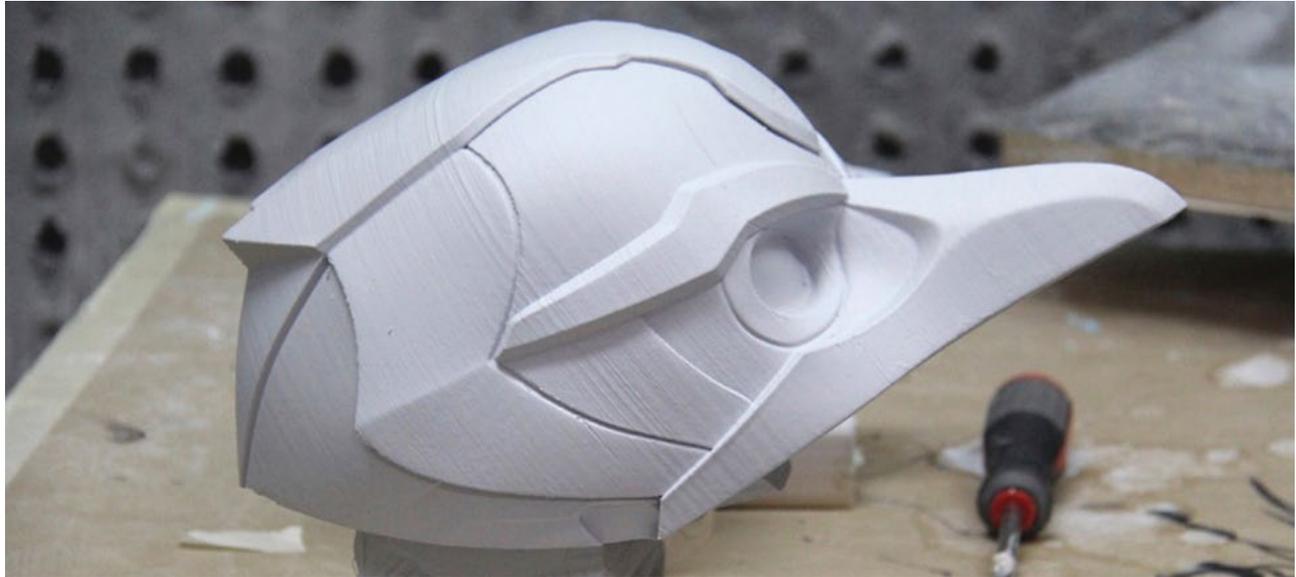


Lolliformen

Wenn Sie lebensmittelgeeignete Silikonformen mithilfe von 3D-gedruckten Stempeln herstellen, können Sie eine unbegrenzte Anzahl individuell gestalteter Leckereien produzieren.

Designer-Lolli mit 3D-gedruckter Form von mrtial, thing:661482

MAKERBOT STORY: DESIGN



Was früher vollständig von Hand gefertigt werden musste, wird heute am Computer 3D-modelliert und dann 3D-gedruckt.

LEGACY EFFECTS

Thema: 3D-Druck und Design

Verwandte Inhalte: Medienkunst, Unterhaltung, Animation, Computergrafik

Geschichte: Legacy Effects ist ein Studio für Spezialeffekte, das auf den Entwurf von Filmkreaturen, prothetisches Make-up, Animatronics und Spezialanzüge für Hollywood-Blockbuster-Filme spezialisiert ist. Der leitende Systemingenieur Jason Lopes nutzt seinen MakerBot Replicator 3D-Drucker zur schnellen Fertigung kostengünstiger Prototypen, bevor er sich auf die serienreifen Modelle festlegt, die der Magie der mit Computergrafik animierten Filme zugrunde liegt.



Denken Sie sich Ihre eigenen Kreaturen aus

Erstellen Sie fantastische 3D-Skulpturen und Figuren und passen Sie diese Ihren Wünschen nach Belieben an. Autodesk 123D Sculpt + oder Autodesk Tinkerplay sind zwei kostenlose Design-Anwendungen, mit denen Sie sich in Kürze zum Profi-Modellierer entwickeln.

LEKTION 2: VERWENDUNG EINES 3D-DRUCKERS

Jetzt wo wir ein wenig erforscht haben, wie andere ihre 3D-Drucker verwenden, ist es an der Zeit, selbst loszulegen. Verwenden Sie dieses Buch sowie Ihr Benutzerhandbuch als Grundlage. Es konzentriert sich auf MakerBot Replicator Desktop 3D-Drucker, enthält aber auch Erklärungen für andere MakerBot 3D-Drucker. Der gesamte behandelte Stoff sollte deshalb unabhängig von dem 3D-Drucker, den Sie verwenden, für Sie relevant und hilfreich sein.

LERNZIELE

- Einen MakerBot Replicator 3D-Drucker einrichten
- Die wichtigsten Bestandteile Ihres Druckers identifizieren und definieren
- Die Einstellung und ihre Bedeutung definieren

TERMINOLOGIE

- **Aufhängung:** Ein Rollen- und Riemensystem, das das Fahrgestell bewegt
- **Fahrgestell:** Der Teil des Druckers, der den Extruder auf der x- und y-Achse trägt
- **Bauplatte:** Die Fläche, auf der die Drucke aufgebaut werden
- **Filament:** Für Ihre 3D-Drucke verwendetes Material
- **MakerBot Replicator Smart Extruder:** Die „Heißklebepistole“ Ihres 3D-Druckers; sie verwendet Filament zur Erstellung der Schichten Ihrer 3D-Drucke
- **Leveling:** Vorgang zur Festlegung des richtigen Abstands zwischen der Düse des Smart Extruders und der Bauplatte
- **Bereinigungslinie:** Gerade Linie, die zu Beginn jedes Drucks über die Vorderseite der Bauplatte gezogen wird
- **Firmware:** Der in der Hardware des Druckers installierte Code, der es ermöglicht, diesen zu bedienen
- **MakerBot Desktop:** Eine kostenlose 3D-Drucksoftware für das Entdecken, Verwalten, Vorbereiten und Teilen Ihrer 3D-Drucke

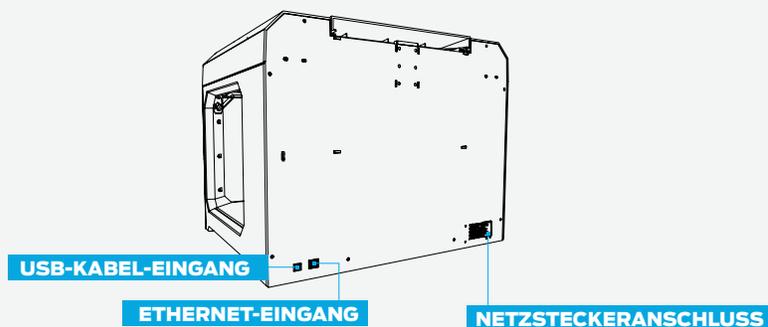
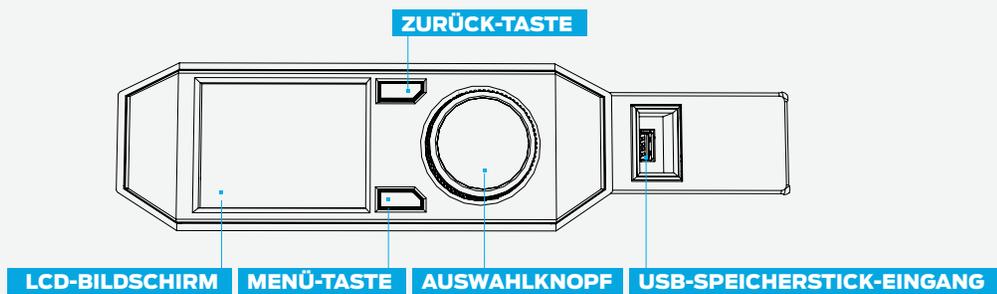
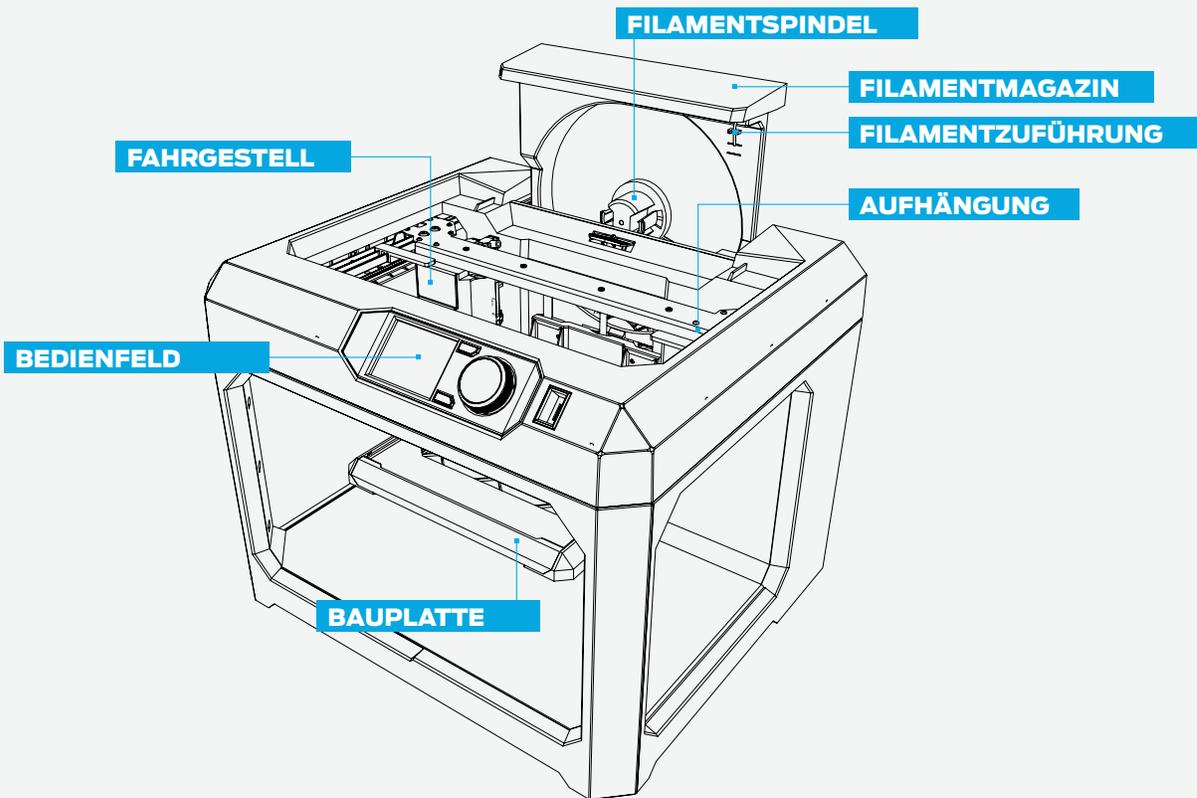
AUSPACKEN UND INSTALLATION

In Ihrem Benutzerhandbuch finden Sie detaillierte Auspack- und Installationsanweisungen. Stellen Sie vor dem ersten Drucken sicher, dass Sie die neueste Version von MakerBot Desktop und der Firmware verwenden. Weitere Informationen finden Sie auf Seite 53 des MakerBot Replicator Benutzerhandbuchs.

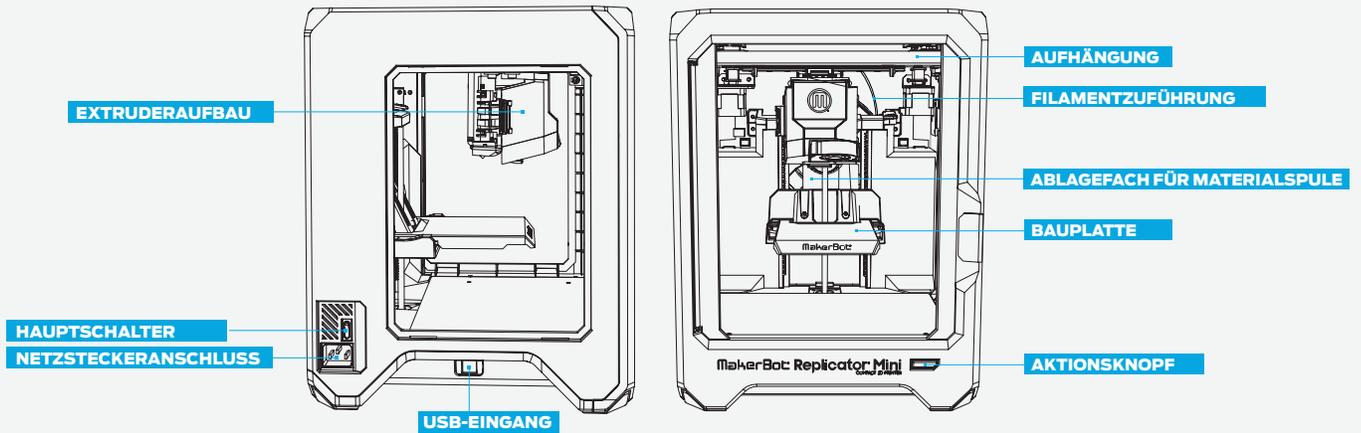
Die folgenden Abbildungen zeigen die Hauptkomponenten jedes Druckers.

Aktivität: Studieren Sie die folgenden Abbildungen und die Terminologie der einzelnen Drucker. Identifizieren und definieren Sie nach der Durchsicht die wichtigsten Bestandteile.

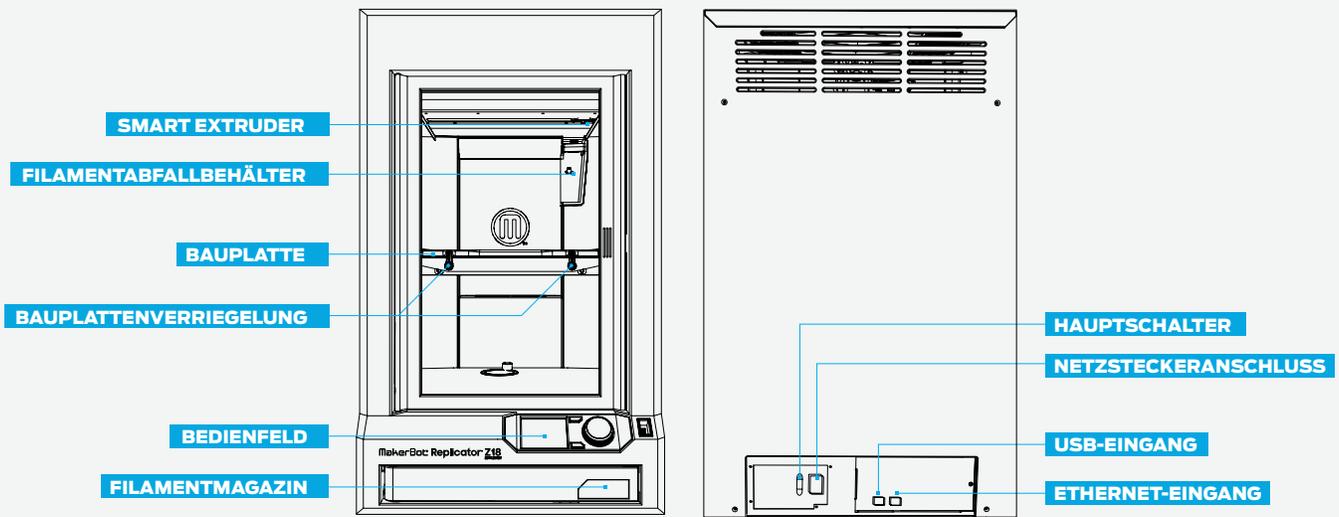
MAKERBOT REPLICATOR DESKTOP 3D-DRUCKER



MAKERBOT REPLICATOR MINI COMPACT 3D-DRUCKER



MAKERBOT REPLICATOR Z18 3D-DRUCKER



DRUCKEREINSTELLUNGSLOGISTIK

Drucker- und Filamentplatzierung

Die Aufstellung Ihrer/s Drucker/s kann Einfluss auf die Benutzung und Leistung haben:

- Stellen Sie Ihren Drucker in einer stabilen Position ohne übermäßige Temperaturschwankungen während des Tages auf (z.B. nicht in der Nähe einer Klimaanlage).
- Es ist nützlich, in der Nähe des Druckers Platz zum Säubern der Drucke zu haben. Sie benötigen auch Platz für Druckwerkzeuge (siehe unten Empfohlenes Werkzeug).
- Filament an einem kühlen, trockenen Ort vorzugsweise in der Originalverpackung lagern, um es vor Feuchtigkeit zu schützen.

Weitere Hinweise

- Die Aufstellung eines/mehrerer 3D-Drucker/s in Ihrem Klassenzimmer gestattet den Schülern viel Interaktion, praktische Arbeit und das Drucken während des Unterrichts, aber die Sichtbarkeit und Zugänglichkeit für die Schulgemeinschaft ist geringer.
- Die Aufstellung des/der 3D-Drucker/s in einem Gemeinschaftsraum (Bibliothek, Büro etc.) gewährleistet die Sichtbarkeit und fördert den Gebrauch durch Schüler und Studenten, die Fakultät und das Personal, verkompliziert jedoch die Logistik des Druckens während des Unterrichts.
- Wenn der Drucker in einem offen zugänglichen Bereich steht, bewahren Sie das Filament und den Smart Extruder in Ihrem Schreibtisch oder in einem Schrank auf, um unerwünschten Gebrauch zu verhindern.

Empfohlenes Werkzeug

Zur Säuberung und Nachbearbeitung der Druckerzeugnisse sind folgende Werkzeuge in der Nähe des Druckers sehr nützlich:

- **Dünnere Metallspachtel** - zum Abnehmen der Drucke von der Bauplatte ohne Beschädigung des Klebebands.
- **Nadelzange** – zur Entfernung von Stützmaterial.
- **Kleiner Seitenschneider** – zur Entfernung von Stützmaterial und überschüssigem Filament.
- **Pinzette** – zur Entfernung von Stützmaterial.
- **Rakel** – für das Aufkleben von Bauplattenklebeband und das Glätten von Luftblasen.

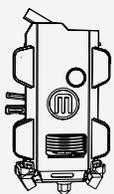
Thingiverse (siehe Seite 36) bietet eine große Sammlung von druckbaren Werkzeughaltern. Die Aufgabe der Organisation der Werkzeuge ist für die Schüler auch eine gute Möglichkeit, ihre eigenen Werkzeughalter zu entwerfen und zu drucken.

IM ZUBEHÖR-KIT ENTHALTENE TEILE



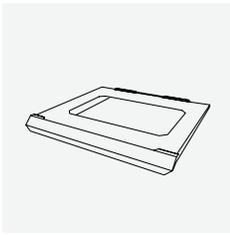
Bauplattenhaftfolie

Fünf vorgeschchnittene Blätter für Ihre Bauplatte. Wenn Sie einen MakerBot Replicator Z18 3D-Drucker haben, erhalten Sie ein Blatt.



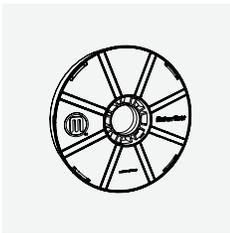
Smart Extruder

Der MakerBot Replicator Smart Extruder ist ein Extruder mit zahlreichen eingebauten Sensoren. Die Sensoren erfassen das Fehlen von Filament sowie Verstopfungen. Der Extruder ist mittels Magneten und Stiften am Fahrgestell befestigt.



Bauplatte

Die Bauplatten der MakerBot Replicator 3D-Drucker sind im Typ und in der Größe je nach Modell unterschiedlich. Wir empfehlen, nicht ohne Schutzfolie direkt auf der Bauplatte zu drucken.



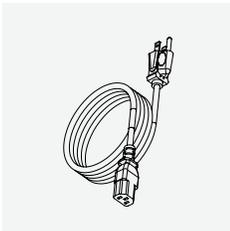
Filamentspule

900-g-Spule MakerBot PLA Filament. PLA heißt Polylactid oder Polymilchsäure. MakerBot PLA Filament ist ein nicht toxisches Harz aus Zucker, das aus Mais gewonnen wird und beim Erhitzen süßlich riecht (wie Waffeln).



USB-Kabel

Das USB-Kabel ist für den lokalen Druck oder die Einrichtung von WLAN-Funktionen erhältlich.



Stromkabel

Der Drucker muss an eine Stromquelle von 100-240 VAC angeschlossen werden.

Entfernen Sie das Verpackungsmaterial

Für den Versand sind Kunststoffeinsätze unter der Bauplatte sowie eine Schaumstoffklammer an der Aufhängung angebracht. Entfernen Sie diese drei Komponenten, bevor Sie Ihren Drucker in Betrieb nehmen. Bewahren Sie diese Materialien auf, besonders, wenn Sie vorhaben, mit Ihrem Drucker zu reisen.

ERSTE INBETRIEBNAHME

Drucker-Walkthrough

Sobald Ihr Drucker eingeschaltet ist, läuft ein Startskript. Diese Routine bereitet den Drucker für den ersten Druck vor. **Print Menu > Internal Storage** enthält alle Demo-Drucke, falls Sie sie erneut aufrufen möchten.

ANSCHLUSS IHRES 3D-DRUCKERS

Sobald Sie Ihren ersten Druck abgeschlossen haben, empfiehlt MakerBot, Ihren Drucker über USB-Kabel oder Ethernet anzuschließen, um die neueste Firmware herunterzuladen. Wenn Sie WLAN nutzen möchten, müssen Sie zuerst eine der eben genannten Methoden verwenden. Überprüfen Sie die Verbindung im **Geräte-Dropdown-Menü** in MakerBot Desktop. Wenn Sie verbunden sind, sollte **[Ihr Druckername hier] (USB)** zu lesen sein.

Firmware-Update

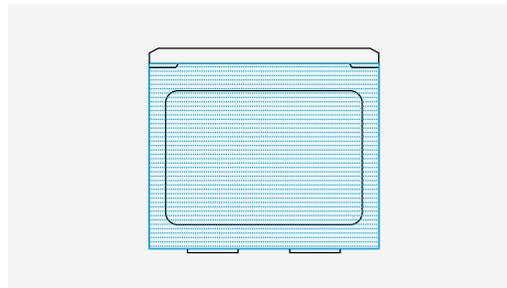
Sie werden aufgefordert, eine neue Firmware herunterzuladen, wenn der angeschlossene Drucker nicht mehr aktuell sein sollte. Prüfen Sie dies erneut unter **Devices > Update Firmware**.

Über WLAN verbinden

Zur Verbindung über WLAN schließen Sie sich entweder über Ethernet oder über USB-Kabel an den Drucker an. **Devices > Device Preference > Network** gestattet Ihnen nun die Verbindung über WLAN.

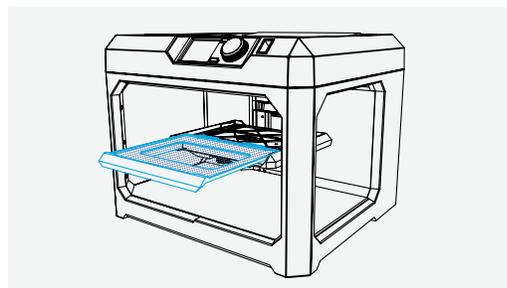
CHECKLISTE VOR DEM DRUCKEN

Überprüfen Sie vor jedem Druck folgende Punkte:



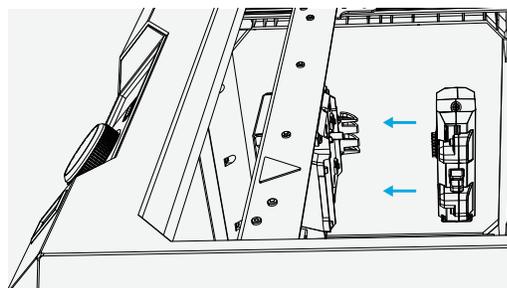
Bauplattenhaftfolie aufgeklebt

Die Bauplattenhaftfolie bedeckt die Bauplatte und ist (im Wesentlichen) frei von Rissen. Wenn mehr als ein paar kleinere Risse vorhanden sind, entnehmen Sie die Bauplatte und versehen Sie sie vor dem Drucken mit einer neuen Folie.



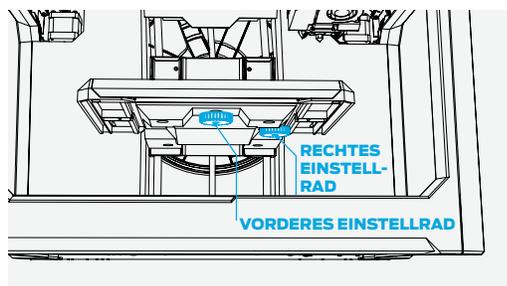
Bauplatte installiert

Die Bauplatte wurde korrekt auf die Z-Ebene geladen.



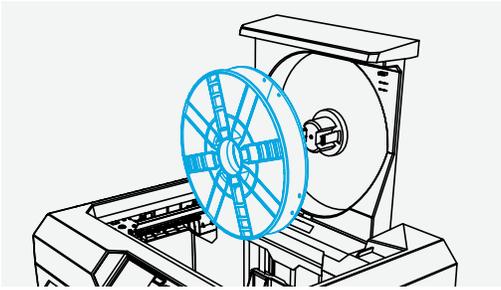
MakerBot Replicator Smart Extruder angebracht

Ein Smart Extruder ist am Fahrgestell angeschlossen. Überprüfen Sie, dass der Smart Extruder angeschlossen ist, indem Sie mit dem Wahlschalter auf **Utilities > Attach Smart Extruder** gehen.



Bauplatte ist nivelliert

Wenn Sie nicht der Letzte waren, der den Drucker verwendet hat, sollten Sie Ihre Bauplatte vor dem Drucken nivellieren. Scrollen Sie auf **Utilities > Level Build Plate** und folgen Sie den Anweisungen auf dem Bildschirm, bis die unterstützte Nivellierung abgeschlossen ist.



Filament richtig geladen

Vergewissern Sie sich, dass das Filament korrekt in das Filamentmagazin eingesetzt ist. Wechseln Sie das Filament anhand des **Filament**-Menüs. Knipsen Sie beim Laden von neuem Filament das Ende ab, so dass eine Spitze entsteht, um Verstopfungen in Ihrem Extruder zu verhindern.

WAS IST LEVELING? WARUM IST ES WICHTIG?

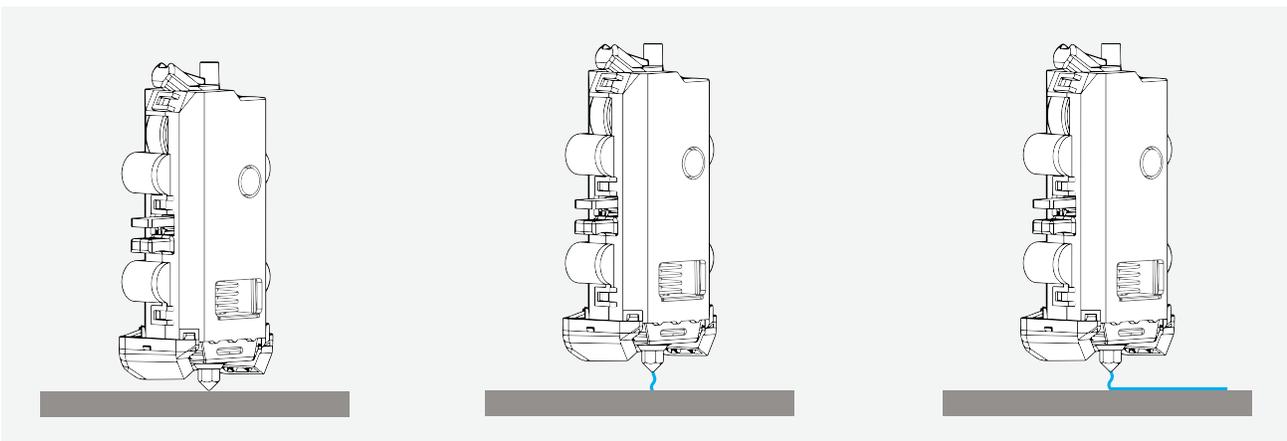
Eine richtig eingestellte Bauplatte bedeutet, dass der Abstand zwischen der Düse des Extruders und der Bauplatte an jedem Punkt gleich ist. Eine schlecht nivellierte Bauplatte führt normalerweise zu unzulänglichen Druckergebnissen. Wenn die Bauplatte zum Beispiel auf der rechten Seite leicht nach oben geneigt ist, wird die erste Schicht des Drucks auf der rechten Seite gequetscht und auf der linken Seite zu locker. Die erste Schicht des Drucks ist die wichtigste; sie ist wie das Fundament Ihres Hauses. Wenn es nicht richtig verlegt ist, kann der Rest des Hauses davon betroffen sein.

Der MakerBot Replicator Smart Extruder testet diese Distanz automatisch. Sie müssen nur die Bauplatte so einzustellen, dass sie nicht zu nah oder zu weit weg ist. Wenn der Drucker vor Kurzem bewegt wurde oder Sie nicht sicher sind, wann er zuletzt eingestellt wurde, ist es sicherer, Ihre Bauplatte vor dem Drucken einzustellen. Scrollen Sie auf **Utilities > Level Build Plate** und folgen Sie den Anweisungen auf dem Bildschirm, bis die unterstützte Nivellierung abgeschlossen ist.

Die Nivellierung der Bauplatte ist der wohl wichtigste Teil der Einrichtung und Pflege eines 3D-Druckers. Sollten Sie beobachten, dass die Drucke nicht an der Bauplatte haften, muss die Platte eventuell wieder nivelliert werden.

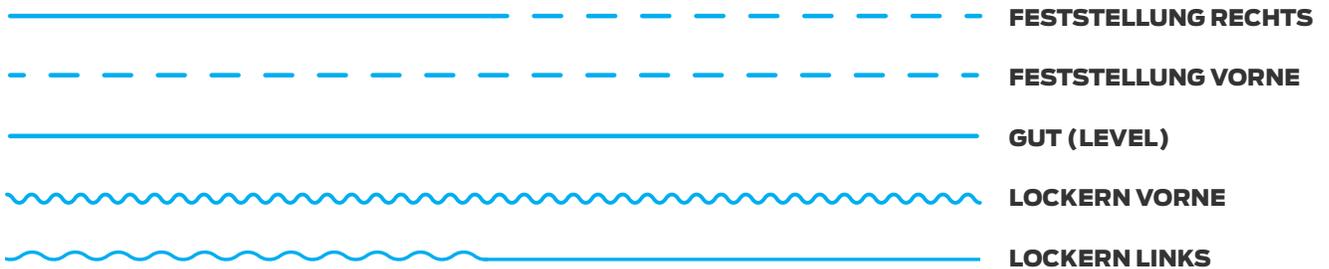
Wann muss nivelliert werden?

- Das erste Mal nach dem Auspacken eines neuen Druckers oder nach dem Anbringen eines neuen Smart-Extruders
- Wenn der Standort des Druckers verändert wurde
- Wenn das Filament in der ersten Schicht eines Drucks verzerrt wirkt
- Wenn Sie bei der ersten Schicht eines Drucks ein Klicken hören
- Wenn die Düse in die Bauplattenhaftfolie schneidet oder das Filament am Extrudieren gehindert ist
- Nach Firmwareaktualisierungen
- Wenn Sie sich nicht daran erinnern, wann die Bauplatte zuletzt nivelliert wurde



Aktivität: Der MakerBot Replicator 3D-Drucker zieht zu Beginn jedes Drucks eine gerade Linie über die Vorderseite der Bauplatte. Diese „Bereinigungslinie“ kann Ihnen eine Menge wichtiger Informationen über Ihren Drucker liefern.

1. Starten Sie einen Testdruck. Achten Sie gut auf die Bereinigungslinie.
 - a. Wie sieht die Bereinigungslinie aus?
 - b. Was sagt diese Bereinigungslinie aus?
2. Schauen Sie sich die folgenden Beispiel-Bereinigungslinien an. Erklären Sie, was jede davon über den Drucker aussagt.



3. Bewahren Sie sie auf! Lassen Sie die Schüler sie sammeln, auf ein Blatt Papier aufkleben und als Referenzmaterial für die Zukunft beschriften.

WISSENS-CHECK

- Welche Hauptbestandteile besitzt ein MakerBot Replicator?
- Warum ist es wichtig, die Bauplatte des Druckers zu nivellieren?
- Was sollten Sie vor jedem Drucken überprüfen?

ICH HABE MEINEN DRUCKER EINGERICHTET. UND WAS NUN?

Der 3D-Druck mit einem MakerBot Replicator 3D-Drucker besitzt zwei Hauptaspekte. Einer davon ist die Hardware, der 3D-Drucker selbst. Der andere ist die Software MakerBot Desktop, die Ihre 3D-Entwürfe für den Druck vorbereitet. Als nächstes untersuchen wir die Vorbereitung einer Datei für den Druck und die Einstellungen, die Sie anpassen können, um Ihre 3D-Drucke zu verändern.

LEKTION 3: VORBEREITUNG VON DATEIEN FÜR DEN DRUCK

Sobald Ihr Drucker eingerichtet ist, laden Sie die MakerBot Desktop-Software von www.makerbot.com/desktop herunter, installieren und öffnen sie. Die primäre Aufgabe von MakerBot Desktop ist es, 3D-Modelle in 3D-druckbare Dateien umzuwandeln. MakerBot Desktop ist in fünf Bereiche eingeteilt: **Explore (Entdecken)**, **Library (Bibliothek)**, **Prepare (Vorbereiten)**, **Store (Aufbewahren)** und **Learn (Lernen)**. Der **Prepare**-Tab hilft Ihnen Ihre Modelle von der digitalen in die physische Welt zu übersetzen.

LERNZIELE

- Erkunden Sie MakerBot Desktop und seine Funktionen
- Lernen Sie die wichtigsten Gesichtspunkte bei der Vorbereitung von Modellen für den 3D-Druck kennen
- Verwenden Sie MakerBot Desktop zur richtigen Vorbereitung von Dateien
- Lernen Sie die Bedeutung der Druckeinstellungen (Auflösung, Füllung, Hüllen) kennen
- Unterscheiden Sie die wichtigsten Dateitypen, die MakerBot Desktop zugeordnet sind

TERMINOLOGIE

- **STL:** Stereolithographie-Dateiformat, allgemein im 3D-Druck verwendet
- **OBJ:** Object-Dateiformat, allgemein für die Bildschirmvisualisierung und den 3D-Druck verwendet
- **Werkstückvolumen:** Maximale physische Größe, die Sie auf Ihrem Drucker drucken können
- **Layout:** Anordnung von STL- und/oder OBJ-Dateien innerhalb MakerBot Desktop
- **Thing:** Dateityp für gespeicherte MakerBot Desktop-Layouts
- **Slice:** Exportvorgang einer .makerbot oder .x3g Datei
- **.makerbot:** Dateityp, den MakerBot Replicator 3D-Drucker zum Drucken verwenden; nur von diesen Druckern lesbar
- **.x3g:** Von früheren Generationen einschließlich MakerBot Replicator 2 und MakerBot Replicator 2X verwendeter Dateityp
- **Auflösung:** Die Oberflächengüte eines 3D-Drucks, bestimmt durch die Höhe der einzelnen Schichten
- **Raft:** Flache Oberfläche, die eine Grundlage für die Haftung des Drucks bietet (Grundsicht)
- **Überhang:** Wenn sich eine Schicht nach außen - möglicherweise nicht gestützt - über die vorherige Schicht hinaus erstreckt
- **Stützen:** Entfernbare Stützkonstruktion zur Unterstützung von Teilen eines Objekts, die ohne Material darunter in der Luft hängen (siehe **Überhang**)
- **Brücke:** Wenn eine Schicht zwischen zwei Säulen in der Luft gedruckt wird
- **Füllung:** Hexagonale Wabenstruktur, die im Inneren des Modells aufgebaut wird
- **Hüllen:** Die Außenwände, die die Umrisse Ihres Objekts bilden
- **Print-in-Place:** Ein Entwurf mit Teilen, die sofort nach dem Druck bewegen können
- **MakerBot Cloud-Bibliothek:** Gestattet den Zugang zu Dateien der Cloud, entweder von Ihrem Drucker oder von MakerBot Desktop aus

DIE VERWENDUNG VON MAKERBOT DESKTOP ZUR VORBEREITUNG VON DATEIEN

Auf dem Hauptbildschirm gibt es oben fünf Optionen.

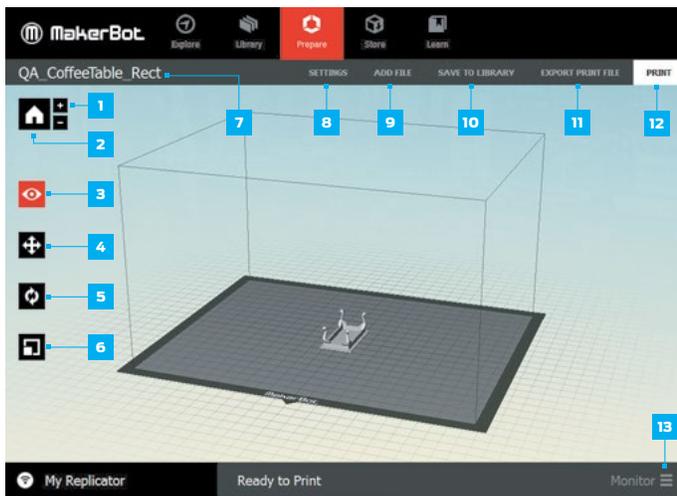
- **Explore (Entdecken)** ist Ihr Zugang zu Thingiverse und zu hunderttausenden 3D-druckbaren Objekten, die von der Thingiverse-Community gestaltet worden sind. Lassen Sie sich in Explore durch Thingiverse inspirieren oder suchen Sie nach neuen Dingen zum Drucken und speichern Sie diese dann in Ihrer Sammlung oder bereiten Sie sie zum Druck vor.
- **Library (Bibliothek)** gibt Ihnen Zugriff auf Ihre MakerBot Cloud Bibliothek und hilft Ihnen bei der Organisation Ihrer 3D-Modell- Dateien. Darüberhinaus haben Sie Zugriff auf die Things, die Sie auf Thingiverse gesammelt oder im MakerBot Digital Store gekauft haben, sowie auf Ihre eigenen Modelle.
- Mit **Prepare (Vorbereiten)** verwandeln Sie 3D-Modelle in Druck-Dateien. Ziehen Sie 3D-Modelle auf den Prepare-Bildschirm und bearbeiten Sie diese auf einer virtuellen Bauplatte. Danach können Sie Druckoptionen einstellen und die Druckdateien zu Ihrem MakerBot Replicator 3D-Drucker senden.
- **Store (Aufbewahren)** Hier können Sie Druckdateien für 3D-Modelle in höchster Qualität kaufen. Der MakerBot Digital Store bietet originelle, lustige und sammelbare digitale Inhalte an, die speziell für MakerBot Replicator Desktop 3D-Drucker erstellt wurden. Wenn Sie im MakerBot Digital Store ein Modell kaufen, wird die Druckdatei für Ihren MakerBot Replicator 3D-Drucker zu Ihrer MakerBot Cloud-Bibliothek hinzugefügt.
- **Learn (Lernen)** präsentiert Videoanleitungen zu den geläufigsten Abläufen, z. B. Datelexport, Druckvorbereitung und Suche in Thingiverse. Wir sind bemüht, in zukünftigen Versionen von MakerBot Desktop neue Anleitungen hinzuzufügen. Sie können sich auch die MakerBot Desktop-Anleitung nochmals im Learn-Tab ansehen.

Zur Wiederholung: Nutzen Sie **Store** und **Explore**, um 3D-Modelle zu finden, **Library**, um sie zu verwalten und **Prepare**, um sie zum Drucken an Ihren MakerBot Replicator 3D-Drucker zu senden. Im Bereich **Learn** werden Anleitungen bereitgestellt.

Prepare

Prepare ist bei MakerBot Desktop die Instanz, wo Sie entscheiden, wie Ihr 3D-Drucker das Modell erstellt. Ähnlich wie in der Vorschau beim 2D-Druck dient Prepare als Dienstprogramm, in dem Sie Ihre Einstellungen auswählen. Sobald Sie sich entschieden haben, wie Ihr Objekt gedruckt werden soll, wird Ihr 3D-Modell in eine Sprache übersetzt, die der Drucker verstehen kann. Dies wird als **Slicing** einer Datei bezeichnet. Die **.makerbot** Datei bestimmt den Pfad, dem Ihr Drucker folgt,





Die Schnittstelle kennenlernen

Unter Prepare (Vorbereiten) helfen Ihnen mehrere Schaltflächen bei der Erstellung Ihres Layouts.

Oberer Bereich (7–12)

- Mit diesen Schaltflächen können Sie Dateien hinzufügen, Druckeinstellungen festlegen und Dateien exportieren.

Seitlicher Bereich (1–6)

- Mit diesen Schaltflächen können Sie die Anordnung von Druckern auf der Bauplatte kontrollieren.

Unterer Bereich (13)

- Mit dieser Schaltfläche können Sie alle angeschlossenen Drucker überwachen und kontrollieren.

(Weitere Informationen zu jeder Schaltfläche finden Sie auf den Seiten 31-32 des MakerBot Replicator Benutzerhandbuchs.)

Welche Dateitypen kann MakerBot Desktop lesen?

MakerBot Desktop kann 3D-Modelle im **STL**- und **OBJ**-Format öffnen. Diese beiden Formate sind in fast allen 3D-Modellierungsprogrammen Industrie-Standard geworden. **Thing**-Dateien können ebenso geöffnet werden, denn sie sind MakerBot Desktop-eigen.

Mit welchen Dateitypen kann ich drucken?

Der Drucker, den Sie in der Registerkarte Prepare (Vorbereiten) auswählen, diktiert, als welcher Dateityp Ihr Modell beim Export gespeichert wird. Einmal in diesen Formaten „geslicet“, sind die Dateien ausschließlich für diesen Drucker lesbar.

MakerBot Replicator Desktop 3D-Drucker, MakerBot Replicator Z18 3D-Drucker und MakerBot Replicator Mini Compact 3D-Drucker: **.makerbot**

MakerBot Replicator 2 Desktop 3D-Drucker, MakerBot Replicator 2X Experimental 3D-Drucker und MakerBot Thing-O-Matic: **.x3g**

Wie groß kann ich drucken?

Jeder Drucker hat ein anderes **Bauvolumen**. Wenn Sie das richtige Gerät im Geräte-Dropdown-Menü wählen, wird virtuell das Bauvolumen angezeigt, um Ihre maximal mögliche Druckgröße anzuzeigen.

- MakerBot Replicator Mini: 10,0 x 10,0 x 12,5 cm (L x B x H)
- MakerBot Replicator: 2,2 x 19,9 x 1,0 cm (L x B x H)
- MakerBot Replicator Z18: 30,5 x 30,5 x 45,7 cm (L x B x H)
- MakerBot Replicator 2: 28,5 x 15,3 x 15,5 cm (L x B x H)
- MakerBot Replicator 2X: 24,6 x 15,2 x 1,5 cm (L x B x H)

ÜBERSICHT ÜBER MAKERBOT DESKTOP



Importieren einer Datei

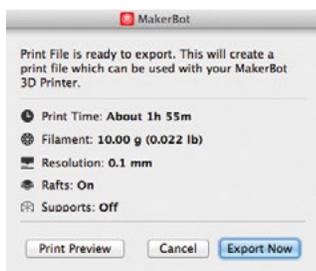
Wählen Sie **Datei hinzufügen** in der oberen Leiste des **Prepare** Tabs, um Ihre **STL** und **OBJ** Dateien in MakerBot Desktop zu öffnen.

Belegungsplan erstellen

Ein Belegungsplan ist die Anordnung Ihrer Datei/en in Ihrem Bauraum. Sie können ein einziges Objekt oder mehrere Objekte gleichzeitig drucken. Sie können Objekte durch Kopieren und Einfügen einfach vervielfältigen.

Was muss ich berücksichtigen?

Bei jeder Datei müssen Sie überlegen, wo Sie sie platzieren wollen und wie sie auf der Bauplatte ausgerichtet werden soll. Sie können bei Bedarf auch die Größe des Objekts anpassen. Hier sind einige hilfreiche Tipps für den Belegungsplan Ihres Drucks:



- Platzieren Sie die größte flache Oberfläche des Objekts auf der Bauplatte.
- Sollte Ihr Objekt keine ebenen Flächen haben, wählen Sie den Abschnitt mit der größten Oberfläche.
- Platzieren Sie den/die Druck/e auf der Bauplatte so zentral wie möglich.
- **Exportieren Sie die Druckdatei (Export Print File)** und überprüfen Sie immer die **Druckvorschau (Print Preview)**, um zu sehen, wie verschiedene Layouts vor dem Senden an den Drucker gebaut werden.

Wie passe ich das Layout an?

Verschieben (Move): Kontrolliert die Platzierung Ihres/Ihrer Objekts/e in Bezug auf die Bauplatte. Durch erneutes Klicken öffnet sich das Untermenü. **On Platform** und **Center** sind nützliche Tools zur schnellen Positionierung Ihres/Ihrer Objekts/e.

TIPP: ALLGEMEIN IST DER NIVELLIERTESTE BEREICH DER BAUPLATTE DIE MITTE.

Drehen (Turn): Dreht Ihr/e Objekt/e in Bezug auf den Bauraum. Durch erneutes Klicken öffnet sich das Untermenü. Verwenden Sie **90° Drehungen** und **Lay Flat (flach hinlegen)**, und das Objekt zu kippen.

TIPP: DAS ÄNDERN DER AUSRICHTUNG EINES DRUCKS KANN VIELE EIGENSCHAFTEN IHRES MODELLS BEEINFLUSSEN. WIR EMPFEHLEN DAS EXPERIMENTIEREN MIT EINER VIELZAHL VON AUSRICHTUNGEN, DAMIT SIE SEHEN, WIE SICH JEDE VON IHNEN AUSWIRKT.

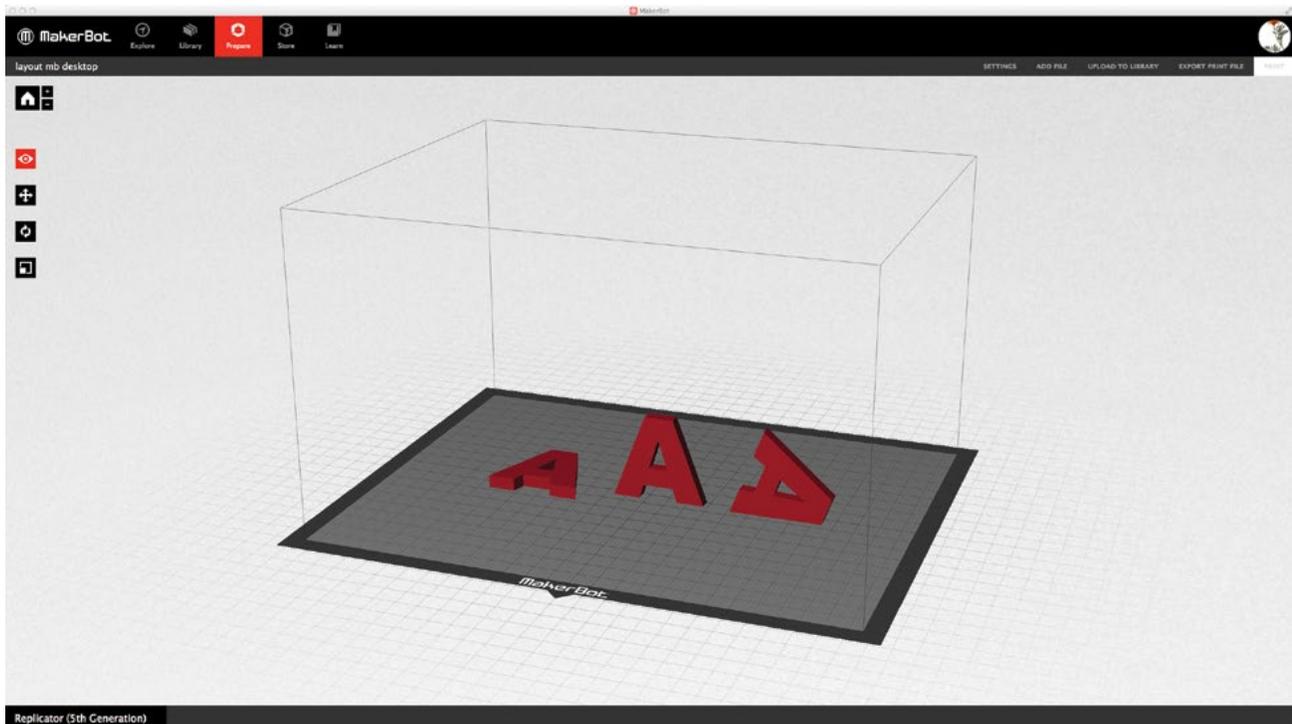
Maßstab: Passt die Größe des Objekts an. Durch erneutes Klicken öffnet sich das Untermenü.
Maximum Size ist eine schnelle Art, den größtmöglichen Druck auf der Grundlage Ihres maximalen Bauvolumens zu erhalten.

TIPP: WENN SIE IN ZOLL ENTWERFEN, SKALIERT DAS **ZOLL » MM-TOOL**
IHR OBJEKT SCHNELL AUF DIE RICHTIGE GRÖSSE.

Kann ich das Layout speichern?

Selbstverständlich! Upload to Library (in die Bibliothek laden) speichert Ihr Layout auf der Registerkarte Bibliothek. Sie können auch **Upload to Library > Save Local File** benutzen. So wird Ihr Layout als Thing-Datei gespeichert.

Aktivität: Laden Sie die Datei „Ein MakerBot Desktop-Beispiel“ (thing: 814499) von Thingiverse herunter. Orientieren, skalieren und kopieren Sie, bis es diesem Layout entspricht:

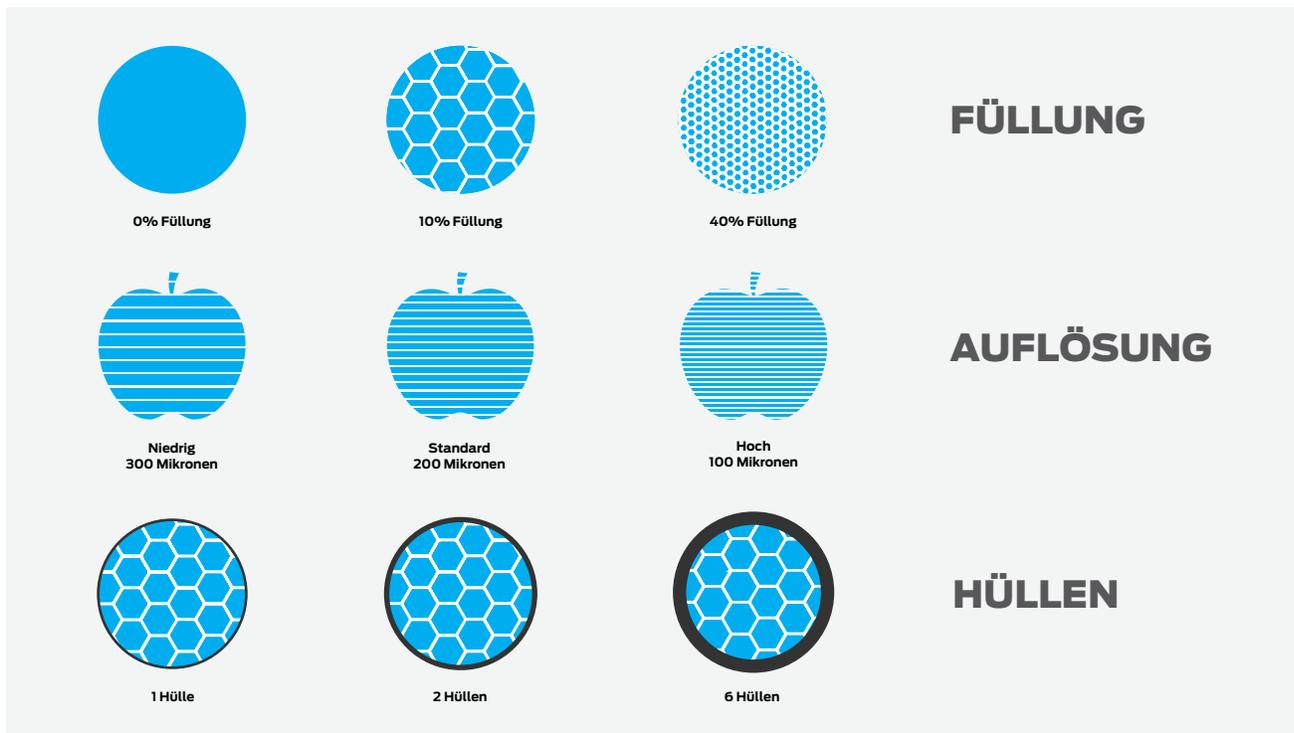


Alle A-Buchstaben können ohne Stützmaterial gedruckt werden.

Welche Druckeinstellungen kann ich wählen?

Mit den Druckeinstellungen können Sie festlegen, wie Ihr Druck ausgeführt wird. Die Druckeinstellungen beeinflussen die Eigenschaften des gedruckten Objekts wie Festigkeit, Oberflächenqualität, Gewicht und Druckzeit. Experimentieren Sie mit einigen Einstellungen und beobachten Sie, wie unterschiedlich Ihre Drucke ausfallen.

Schauen Sie in den Abschnitt **Print Kit herunterladen und drucken** auf Seite 33. Mit den 3D-gedruckten Beispielen, können Sie veranschaulichen, wie Einstellungen das Aussehen eines Modells beeinflussen können.



Resolution (Auflösung) bezieht sich auf die Dicke jeder Schicht Ihres Drucks.

- Die Standardauflösung (0,2 mm) ist die gebräuchlichste, weil sie die goldene Mitte zwischen Oberflächenqualität und Geschwindigkeit darstellt.
- Niedrige Auflösung (0,3 mm) druckt Entwurfsqualität schnell und mit einer raueren Oberfläche.
- Hohe Auflösung (0,1 mm) ergibt sehr glatte Oberflächen, aber die Bauzeit verlängert sich.

Raft: Markieren Sie das Kontrollkästchen, wenn Ihr Objekt auf einem Raft aufgebaut werden soll. Das Raft dient als Basis für Ihr Objekt und alle Stützstrukturen. Es sorgt dafür, dass alles gut an der Bauplatte haftet. Das Raft kann entfernt werden, sobald Ihr Druck abgeschlossen ist.

Stützen: Markieren Sie das Kontrollkästchen, wenn Sie Ihr Objekt beim Druck mit Support (Stützstrukturen) versehen wollen. MakerBot Desktop generiert automatisch Support für überstehende Bereiche Ihres Objekts. Das Stützmaterial kann mit den Händen oder einfachen Werkzeugen entfernt werden, sobald Ihr Druck abgeschlossen ist. Aktivieren Sie Support für einen Überhang von mehr als 68 Grad bei PLA bzw. 45 Grad bei ABS. Weitere Informationen zu diesem Thema finden Sie im Abschnitt Print Kit bei den Beispielen für Überhänge / Brücken.

Erweiterte Optionen

- **Füllung (Infill)** ist die interne Struktur Ihres Objekts. Diese kann so spärlich oder so umfangreich sein, wie Sie wollen. Ein höherer Prozentsatz führt zu in einem festen Gegenstand, während 0% Füllung etwas vollkommen hohles ergibt.
- **Hüllen (Shells)** sind die gedruckten Umrisse jeder Schicht des Objekts; sie machen die Wände Ihres Objekts aus. Das Hinzufügen von Hüllen wirkt sich nicht auf die äußeren Dimensionen des Objekts aus, kann jedoch seine Festigkeit erhöhen.

- **Schichthöhe (Layer Height)** legt die Dicke jeder Schicht fest (siehe die Definition von Auflösung weiter oben). Je dünner die Schichthöhe, desto feiner ist die Auflösung Ihres Objekts. Dünnere Schichten sehen weicher aus, aber sie verlängern die Druckzeit erheblich. Für jede Schicht, die Sie mit 0,3 mm drucken könnten, müssen Sie drei Schichten von 0,1 mm drucken, um denselben Abschnitt Ihres Objekts zu erhalten.

Benutzerprofil

Das Erstellen eines eigenen Profils ist optional und bietet Ihnen einen noch umfassenderen Zugriff auf den Code, der Ihre Modelle für den Druck vorbereitet. Klicken Sie auf Profil erstellen (Create Profile), geben Sie einen Namen ein, wählen Sie eine Vorlage und Profil bearbeiten (Edit Profile), um den Code zu sehen.

Export & Print Preview (Druckvorschau)

Sobald Sie Ihr/e Objekt/e festgelegt und Ihre Einstellungen gespeichert haben, müssen Sie Ihre Datei exportieren oder „slicen“, um eine .makerbot-Datei zu generieren, die der Drucker zur Erstellung Ihres/Ihrer Objekt/e verwendet.

Druckvorschau

- Überprüfen Sie immer die **Druckvorschau (Print Preview)** bevor Sie mit Ihrem Druck beginnen
- Scrollen Sie nach unten zu Schicht 1 und bewegen Sie sich Schicht für Schicht nach oben, um sicherzustellen, dass Ihr Fundament richtig aufgebaut wird
- Achten Sie auf den geschätzten Materialverbrauch und die Druckzeit

Als allgemeine Faustregel gilt: Wenn etwas in der Druckvorschau falsch aussieht, wird es beim Drucken ein Problem geben. Hier sind einige der geläufigsten Tipps zur Fehlerbehebung:

PROBLEM	MÖGLICHE URSACHE	MÖGLICHE LÖSUNG
Das importierte Modell ist in der MakerBot Desktop-Ansicht extrem klein.	Vielleicht wurde Ihr Modell in Zoll erstellt, während Desktop das Modell in Millimetern interpretiert.	Klicken Sie auf Scale und drücken Sie die Inches » mm -Schaltfläche einmal, um die Modellgröße anzupassen.
Das Modell haftet beim Drucken nicht gut an der Bauplatte.	Vielleicht ist die Bauplatte Ihres 3D-Druckers nicht nivelliert.	Führen Sie über Utilities > Level Build Plate bei Ihrem Drucker die Nivellierungsroutine durch.
Die Bauplatte wurde nivelliert, doch das Modell haftet beim Drucken immer noch nicht gut an der Platte.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Eine sehr kleine Oberfläche Ihres Modells hat Kontakt mit der Bauplatte. 2. Ihr Modell besitzt eine organische Form und hat keinen flachen Boden. 3. Ihr Modell hat eine große Oberfläche, steht jedoch schief auf der Bauplatte. 	Verwenden Sie das Turn -Menü (Drehen), um die Kontaktfläche zu maximieren. Achten Sie auch darauf, dass Raft und Supports im Menü Settings (Einstellungen) markiert sind.
Teile des Modells werden in der Luft gedruckt oder haben herunterhängende Kunststoffschleifen.	Vielleicht hat Ihr Modell Überhänge , die 3D-gedruckte Stützstrukturen benötigen.	Achten Sie darauf, dass auf der Registerkarte Settings (Einstellungen) das Kästchen Supports markiert ist.

Aktivität

1. Öffnen Sie das Layout aus der früheren Aktivität „Ein MakerBot Desktop-Beispiel“ und ändern Sie die Ausrichtung des Modells auf der Bauplatte, sodass es flach aufliegt. Dann „slicen“ Sie es mit den folgenden Einstellungen:
 - Standardauflösung
 - Raft an
 - Supports aus
 - 20% Füllung
 - 3 HüllenErfassen Sie nach dem Slicen der Datei die geschätzte Druckzeit und den Materialverbrauch.
2. Ändern Sie Ihre Einstellungen so, dass die geschätzte Druckzeit unter 20 Minuten liegt. Schreiben Sie sich die Einstellungen auf, die Sie geändert haben, um dies zu erreichen.
3. Setzen Sie zurück auf die Standardeinstellungen, und ändern Sie statt der druckzeitrelevanten Einstellungen den Druckmaßstab. Verkleinern Sie Ihr Objekt so, dass die geschätzte Druckzeit unter 15 Minuten liegt.

DRUCKLOGISTIK

Drucken im Unterricht

- Viele Objekte, die Sie erstellen, benötigen 30 Minuten Druckzeit oder mehr. Versuchen Sie, das Drucken während des Unterrichts dementsprechend zu planen.
- Starten Sie zu Beginn des Unterrichts einen Beispieldruck zu dem, was Sie an diesem Tag lehren werden.
- Starten Sie eine Schülerdatei zu Beginn des Unterrichts, damit die letzten 10-15 Minuten der Stunde dazu verwendet werden können, die Erfolge und Misserfolge des Objekts zu besprechen.

Drucken zwischen Unterrichtsstunden

- Bei Großprojekten haben Sie eine Menge Schülerdateien zu drucken. Legen Sie fest, wie viel Zeit Sie haben, um die Objekte angemessen zu drucken, und platzieren Sie so viele Objekte wie im vorgegebenen Zeitrahmen möglich auf der Bauplatte.
- Überprüfen Sie immer folgende Punkte, bevor Sie eine lange unbeaufsichtigte Druckserie starten:
 - Print Preview (Druckvorschau) – stellen Sie sicher, dass alle Dateien 3D-druckbar und korrekt ausgerichtet sind. Ist ein Objekt fehlerhaft, schlägt wahrscheinlich die ganze Bauplatte fehl.
 - Erste Schicht – Stellen Sie sicher, dass die erste Schicht reibungslos gedruckt wird, bevor Sie sich vom Drucker entfernen!

Dateimanagement

- Das Sortieren und Anordnen von Dateien kann zeitaufwendig sein. Viele Lehrer haben Wege gefunden, damit umzugehen. Lesen Sie Ihre Tipps, um Anregungen zu erhalten.

Gemeinschaftsspeicher

- Verwenden Sie Google Drive, Dropbox oder sogar einen gemeinsamen USB-Stick, um alle Schülerdateien am selben Ort zu haben.
- Lassen Sie die Schüler ihre Dateien mit ihrem Namen, einem Datum und einer Überarbeitung (falls zutreffend) bezeichnen.
- Lassen Sie die Schüler die STL oder OBJ-Datei sowie eine „vor-geslicete“ .makerbot-Datei hochladen, wenn alle Zugang zu MakerBot Desktop haben.

Finden Sie Experten unter Ihren Schülern

- Die Chancen stehen gut, dass einer oder mehrere Ihrer Schüler sich wirklich für den 3D-Druck interessieren. Das ist eine große Chance für sie, sich als Anführer zu betätigen. Sollten Sie Schüler-Experten identifiziert haben, dann lassen Sie sie bei der Verwaltung der Druckwarteschlange mitarbeiten. Sie können auch den gemeinsamen Speicher verwalten, Dateien für den Druck „slicen“ und ihren Klassenkameraden andere gute Praktiken beibringen.

Regeln

- Implementieren Sie eine Druckzeit- und/oder Materialgrenze für Drucke, um Zeit und Material zu sparen.

WISSENS-CHECK

- Was ist MakerBot Desktop und warum müssen Sie es verwenden?
- Wie funktionieren Druckeinstellungen und unter welchen Optionen können Sie wählen?
- Welche Dateitypen können Sie in MakerBot Desktop importieren und exportieren?
- Was sollten Sie bei der Vorbereitung eines Modells für den 3D-Druck berücksichtigen?

LASSEN SIE UNS DRUCKBARE OBJEKTE AUSFINDIG MACHEN

Jetzt wo wir uns angeschaut haben, wie Sie mit MakerBot Desktop eine Datei an Ihren 3D-Drucker weiterleiten, sollten wir uns darum kümmern, welche Ressourcen Ihnen bei der Suche und dem Design von Objekten zur Verfügung stehen. Eine der gangbarsten Möglichkeiten ist, sich einer 3D-Modellierung Community anzuschließen und die bestehenden Designs herunterzuladen. Dazu finden Sie im nächsten Abschnitt in die Tiefe gehende Einzelheiten. Melden Sie sich für die nächste Lektion mit Ihrem MakerBot-Konto bei Thingiverse.com an.

PRINT KIT HERUNTERLADEN UND DRUCKEN

Verwenden Sie die MakerBot Print Kits von MakerBot Learning als visuelle Hilfe beim Unterrichten Ihrer Schüler im 3D-Druck.

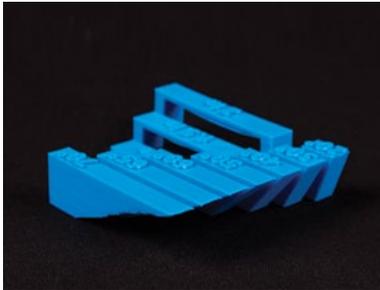
Jeder Druck deckt grundlegende Konzepte, Terminologie und/oder Einstellungen ab, die in MakerBot Desktop zu finden sind. Die enthaltenen Drucke sind konkrete Beispiele, die beim Verständnis dieser Technologie weiterhelfen. Sie finden diese Modelle auf **Thingiverse**, eingestellt von **MakerBotLearning**. Suchen Sie nach “printkit”. Wir raten Ihnen, alle folgenden Beispiele zu drucken und gemeinsam mit Ihrem 3D-Drucker zu verwenden!

PRINT KITS



Resolution (Auflösung)

- Diese drei Drucke wurden mit verschiedenen Auflösungen erstellt: hoch, standard und niedrig. Die Auflösung bezieht sich auf die Oberflächenqualität eines 3D-Drucks, bestimmt durch die Höhe der einzelnen Schichten.
- **Diskussion:** Die Drucke mit hoher Auflösung haben die dünnsten Schichten, brauchen aber auch mehr Druckzeit. Warum?



Überhänge/Brücken

- Ein Überhang besteht, wenn sich eine Schicht nach außen - möglicherweise nicht gestützt - über die vorherige Schicht hinaus erstreckt. PLA-Drucke können eine Abweichung von der Senkrechten von 68 Grad ohne Stützen erreichen.
- Eine Brücke besteht, wenn eine Schicht in der Luft zwischen zwei Säulen gedruckt wird. PLA-Drucke können eine bis zu 50 cm lange Brücke ohne Stützmaterial bilden.



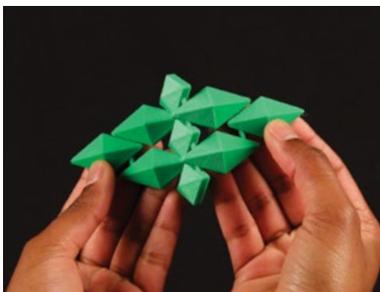
Raft und Stützen

- Supports sind gedruckte Gerüste für Überhänge (Stützkonstruktion).
- Ein Raft hilft bei der Haftung auf der Bauplatte.
- Entfernen Sie Raft und Stützen nach Beendigung des Drucks.



Füllung und Hüllen

- Die Füllung ist die sechseckige Struktur, aufgebaut wie die Waben eines Bienenstocks, die das Innere Ihres Modells stabilisiert. Es wird in Prozent angegeben, beginnend bei 0%, also vollkommen hohl.
- Hüllen bilden die Außenwände Ihres Objekts. Eine Erhöhung der Anzahl wirkt sich nur auf das Innere des Objekts aus, ohne Einfluss auf die äußeren Abmessungen zu nehmen.



Print-in-Place

- Print-in-place-Dateien sind Entwürfe mit Teilen, die Sie sofort nach dem Druck bewegen können. Es kann viel Kopfzerbrechen bereiten, Print-in-Place-Dateien zu entwerfen, besonders hinsichtlich der kreativen Einbeziehung von **Brücken** und **Überhängen** in Ihr Design. Achten Sie darauf, diese Dateien ohne **Stützmaterial** zu drucken, denn die beweglichen Teile sind sonst mit diesem Zusatzmaterial angefüllt.



Baugruppen

- Bausätze sind Modelle, die zum Drucken in mehrere Teile zerlegt und dann zusammengesetzt werden. Dies gestattet Ihnen das Drucken in mehreren Farben oder die Erstellung von Objekten, die größer sind als Ihre Bauplatte. Sie können beim Design Ihres Objekts kreativ vorgehen. Das Zerlegen in mehrere Teilstücke kann die Notwendigkeit verringern, Stützmaterial einzusetzen.

Suche auf Thingiverse

Verwenden Sie die Community als eine Ressource, Designs zum Print Kit Ihres Klassenzimmers hinzuzufügen. Im Laufe der Lektüre dieses Buchs erhalten Sie die Werkzeuge, um weiter zu gehen und Ihre eigenen Objekte zu gestalten, die diesen Bereich noch erweitern. Laden Sie spannende Entwürfe Ihrer Klasse mit dem Tag „MakerBotEDU“ auf Thingiverse hoch, damit wir sehen können, was Sie erstellt haben.

DREI VORGEHENSWEISEN

Es gibt drei wichtige Vorgehensweisen, Modelle für den 3D-Druck zu erfassen: Download, Scan, Design. In den nächsten drei Abschnitten werfen wir einen genaueren Blick auf jede der drei Möglichkeiten.

Download

Das Suchen und Herunterladen von Dateien für den 3D-Druck ist eine einfache Möglichkeit, mit dem Drucken zu beginnen. Es gibt viele Websites, wo Sie Dateien entweder herunterladen oder kaufen können. Als Quelle der Inspiration sollten Sie sich eine/n Designer/in aussuchen, den/die Sie mögen, und ausfindig machen, was den Druck seiner/ihrer Designs so erfolgreich macht. Versuchen Sie, ein interessantes Design durch Reverse Engineering zu verstehen. Sie können auch Dateien herunterladen und sie in Ihre eigenen Designs einbinden.

Scannen

Das 3D-Scannen ist eine spannende Technologie, die eine schnelle Möglichkeit bietet, reale Objekte in 3D-Dateien umzuwandeln, die gedruckt werden können. Das Scannen eines Objekts erlaubt es Ihnen, ohne 3D-Modellierungssoftware ein 3D-Modell zu erhalten. Wenn Sie ein Objekt gescannt haben, können Sie es direkt drucken bzw. seine Größe oder seine Einzelheiten verändern. Wenn Sie den MakerBot Digitizer besitzen, wird dieser Abschnitt Ihnen bei der Optimierung Ihrer Scans hilfreich sein. Beachten Sie, dass dieser Abschnitt optional und keine Voraussetzung für die Verwendung eines 3D-Druckers ist.

Design

Das Erlernen, wie man 3D-designt, ist von unschätzbarem Wert für die Erstellung eigener 3D-druckbarer Dateien. Es stehen viele verschiedene kostenlose und kostenpflichtige 3D-Modellierungsprogramme zur Verfügung. Je nachdem, welche Art von Objekten Sie erstellen möchten, kann es sinnvoll sein, einige dieser Programme zu erlernen. Achten Sie darauf, so viele Software-Programme wie möglich auszuprobieren, denn jede Software hat ihre eigenen Stärken.

DOWNLOADEN

LERNZIELE

- Erforschen Sie Thingiverse und GrabCAD und definieren Sie ihren Gebrauch.
- Verwenden Sie Thingiverse, um Inspiration zu finden und sich der Gemeinschaft anzuschließen
- Verstehen Sie die Creative Commons Attribution

WAS HEISST HERUNTERLADEN?

Herunterladen bedeutet die Erschließung von stetig wachsenden 3D-Druck-Communities wie Thingiverse oder GrabCAD, wo Sie auf völlig kostenlose Dateien zugreifen können. Ressourcen wie diese sind eine einmalige Inspirationsquelle!

TERMINOLOGIE

- **Thing:** Kostenlose Design-Datei, hochgeladen von einem Mitglied der Thingiverse Community
- **Gefällt mir:** Nicht kategorisierte Liste von Lieblings-Entwürfen als Anerkennung ihrer Designer
- **Sammlung:** Ein kuratierter Ordner mit Dingen, die Sie kategorisiert haben. Die Sammlungen können von anderen Benutzern eingesehen werden und sind eine gute Möglichkeit, die Dateien für die Schüler zu organisieren.
- **Makes / I Made One:** Wenn ein Benutzer das Objekt eines anderen Designers herunterlädt, druckt und ein Foto davon hochlädt. **Makes** helfen aufzuzeigen, dass ein Modell erfolgreich gedruckt werden kann und sind auch eine gute Art, dem Designer Anerkennung zu schenken.
- **Quellenangabe:** Wenn Sie etwas drucken und teilen, sollten Sie immer daran denken, den Autor zu nennen! „Thing Tags“ können unten auf jeder Thing-Seite ganz einfach erstellt werden. Erinnern Sie Ihre Schüler daran, beim Vorzeigen dieser Objekte in der Öffentlichkeit immer die Mitglieder der Community anzugeben, die es geschaffen haben. Das Taggen ist eine gute Art, ihnen für ihre tollen Beiträge zu danken!
- **Remix:** Wenn Sie eine Datei herunterladen, sie in irgendeiner Weise verändern und wieder hochladen und die Autorenschaft des ursprünglichen Modells ihrem Schöpfer zuordnen
- **Customizer:** Eine in Thingiverse integrierte App, die den Nutzern die Möglichkeit gibt, 3D-Modelle mit einfach zu verwendenden Schieberegler, Textfeldern und Dropdown-Listen zu personalisieren. Sie basiert auf der Programmiersprache OpenSCAD.
- **Gruppen:** Von der Community betriebene Sammlungen von Dateien und Diskussionsforen für spezielle Themen



MakerBot Man Cupid by MakerBot is licensed under the **Creative Commons - Attribution** license.

CREATIVE COMMONS

Die Creative-Commons-Lizenz gestattet es Ihrer Open-Source-Community, Objekte frei zu teilen. Sie legen die Parameter fest, wie Quellenangaben gemacht und die Objekte verwendet werden dürfen.

Diskussion: Warum ist es wichtig, bei der Verwendung von Dateien anderer die Quelle anzugeben? Wie helfen die Creative Commons Lizenzen bei der Bereitstellung einer Plattform für den Austausch?

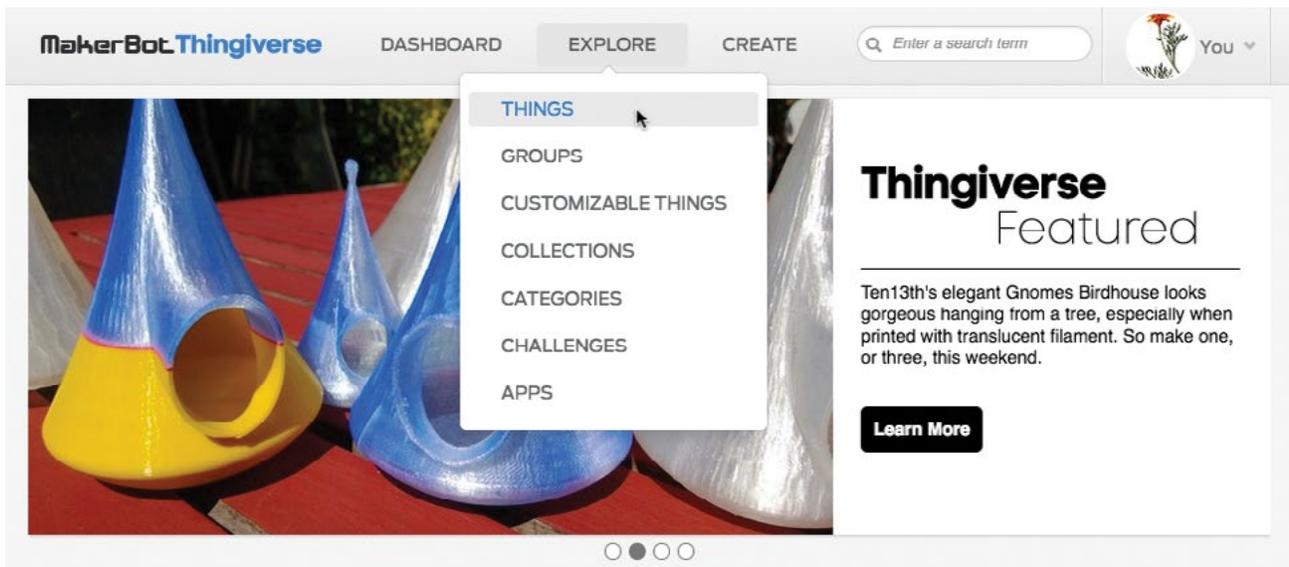
WAS KANN ICH MIT THINGIVERSE MACHEN?

The screenshot shows the user profile for 'MakerBot Learning' on Thingiverse. The profile includes a header with the name and location (Brooklyn, NY), statistics for 53 followers and 108 following, and a list of roles: Teacher and MakerBot Replicator (5th...). The main content area features a bio, a website link (http://www.makerbot.com/learning), and statistics: 22 designs, 17 collections, 14 makes, and 2 likes. Below this, there is a 'GROUPS' section listing four groups: OpenSCAD (27 members, 850 users), Blender 3D (11 members, 402 users), SketchUp (8 members, 380 users), and Classroom 3D (16 members, 322 users).

Eine Thingiverse-Benutzerseite.

Da Thingiverse auf dem Prinzip des Teilens basiert, ermuntert es seine Benutzer, durch Engagement für die Gemeinschaft zusammenarbeiten. Egal, ob Sie Ihr eigenes Objekt posten, die Modelle anderer downloaden und remixen oder einfach nur anhand von Kommentaren Ihre Unterstützung zeigen, bietet Thingiverse die Möglichkeit, mit anderen Menschen zu kommunizieren, die sich für das „Machen“ begeistern. Die Thingiverse-Gruppen ermöglichen es Lehrern und Schülern auf der ganzen Welt, zu interagieren und sich über den 3D-Druck auszutauschen.

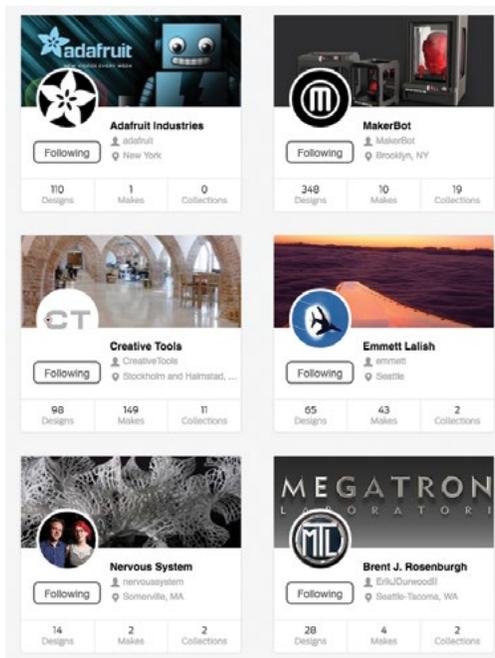
Im Folgenden werden Aktivitäten beschrieben, die einige der wichtigsten Möglichkeiten hervorheben, Thingiverse zu verwenden. Es handelt sich dabei nur um einen kleinen Ausschnitt; die Möglichkeiten sind endlos!



Die Homepage wird wöchentlich mit neuen Vorschlägen aktualisiert, die Sie inspirieren können.

Thingiverse ist ein großartiger Ausgangspunkt für die erste Erkundung des 3D-Drucks. Verwenden Sie die Registerkarte **Explore (Entdecken)** und die Suchfunktion, um mit dem Sammeln einiger Objekte anzufangen, die Sie 3D-drucken wollen.

Aktivität: Verbringen Sie einige Zeit mit dem Sammeln von Objekten, die zu dem Thema passen, das Sie behandeln. Für eine Geschichtsstunde können Sie beispielsweise fünf Druckprojekte zusammentragen, die mittelalterliche Erfindungen präsentieren. Schauen Sie sich die MakerBot Learning-Sammlungen an, wenn Sie weitere Inspiration benötigen.



Aktivität: Suchen Sie fünf inspirierende Benutzer, denen Sie folgen möchten. Erklären Sie, warum Ihnen ihre Arbeit gefällt.

Aktivität: Erstellen Sie eine Präsentation über einen Benutzer und einen seiner/ihrer Entwürfe. Beurteilen Sie die Erfolge und Misserfolge des Objekts. Gibt es beim Drucken etwas anzumerken? Was würden Sie anders machen, wenn Sie der Designer wären?

- Einen Schritt weiter! Schreiben Sie eine Geschichte über Ihren Designer. Zum Beispiel: werd10 ist nachts ein Ninja und verbringt seine Tage mit der 3D-Modellierung von Bleistifthaltern mit der Form seines Lieblingstiers, dem Kugelfisch.





Aktivität: Schauen Sie sich die drei Herz-Zahnräder (thing:243278) von Thingiverse-Benutzer *emmett* an. Suchen Sie zwei oder drei Remixe von diesem Thing und teilen Sie diese mit der Klasse. Welche Teile des Designs wurden verändert? Was würden Sie anders machen, wenn Sie dieses Design remixen sollten?

Weiterführende Untersuchung

Thingiverse ist eine umfassende Ressource für Designer, Ingenieure und Fans. In diesem Buch werden wir uns weiterhin in vielfältiger Weise auf Thingiverse beziehen, um dort Things zu finden, uns inspirieren zu lassen und uns in der Community zu engagieren.

Aktivität

Richten Sie ein Thingiverse-Konto für Ihre Klasse oder Schule ein und lassen Sie jeden Schüler ein Design auswählen, das seiner Ansicht nach das Klassenzimmer oder die Schule in irgendeiner Weise verbessert. Fordern Sie sie auf, Erklärungen auf Karten zu schreiben und diese in der Nähe der gedruckten Objekte im Klassenzimmer oder in der Schule auszuhängen.

GRABCAD

GrabCAD bietet eine Online-Community, die kostenlose Downloads von 3D-Designs speziell für Ingenieure anbietet. Eine großartige Website mit einer Vielzahl verschiedener Dateien, von programmspezifischen Projekten, über Modell-Renderings bis hin zu 3D-druckbaren Objekten. Sie bietet auch viele von Benutzern ausgearbeitete Anleitungen, wie man Modelle in spezifischen Programmen erstellt. Ebenso wie Thingiverse bietet GrabCAD die community-betriebene und gute Möglichkeit, mit Gleichgesinnten in Kontakt zu treten und sich im 3D-Druck und der 3D-Modellierung zu engagieren.

Diskussion: Diskutieren Sie nach der Erkundung von Thingiverse und GrabCAD die Ähnlichkeiten und Unterschiede mit Ihrer Klasse.

WISSENS-CHECK

- Was ist eine Creative Commons Lizenz?
- Was ist ein Remix und wie funktioniert er?
- Welche Möglichkeiten gibt es, Thingiverse zu benutzen?
- Welche Unterschiede gibt es zwischen Thingiverse und GrabCAD?

SCANNEN

LERNZIELE

- Verstehen Sie, wie Sie 3D-Scannen im Klassenzimmer einsetzen können
- Einrichtung und Scannen mit dem MakerBot Digitizer™ Desktop 3D-Scanner
- Identifikation verschiedener Attribute, die den Scan erfolgreich machen können

WAS IST 3D-SCANNEN?

3D-Scannen ist der Vorgang, die digitale Abbildung eines Objekts zu erstellen. Es gibt eine Vielzahl von Scan-Technologien. Der MakerBot Digitizer arbeitet mit einem Laser- und Kamera-Mechanismus. Es gibt noch viele andere Technologien mit einer Reihe von Kameras und anderen Abtastverfahren wie 123D Catch oder mit einem Microsoft Kinect arbeiten. Das 3D-Scannen ist keineswegs zwingend für das 3D-Druckverfahren notwendig, kann Ihr Toolkit aber zusätzlich erweitern.

TERMINOLOGIE

- **Punktwolke:** Datenpunkte in einem Koordinatensystem, die die Oberfläche des Objekts darstellen
- **Mesh:** Eine Anordnung von Knoten, Kanten und Flächen, die die Form eines 3D-Modells definieren.
- **Wasserdicht:** Eine geschlossene Außenfläche (oder **Mesh**), die für erfolgreiches 3D-Drucken notwendig ist. Beispielsweise weist ein Gegenstand wie ein Donut, obwohl er ein Loch in der Mitte hat, eine kontinuierliche Außenfläche auf und kann 3D-gedruckt werden.

MAKERBOT DIGITIZER

Der MakerBot Digitizer gestattet Ihnen, die Gegenstände Ihrer Welt schnell in 3D-Modelle zu verwandeln, die Sie ändern, verbessern, teilen und 3D-drucken können. Die Datei, die Ihr Scan Ihnen liefert, ist ein guter Ausgangspunkt für etwas Neues.

Schnelle Fakten

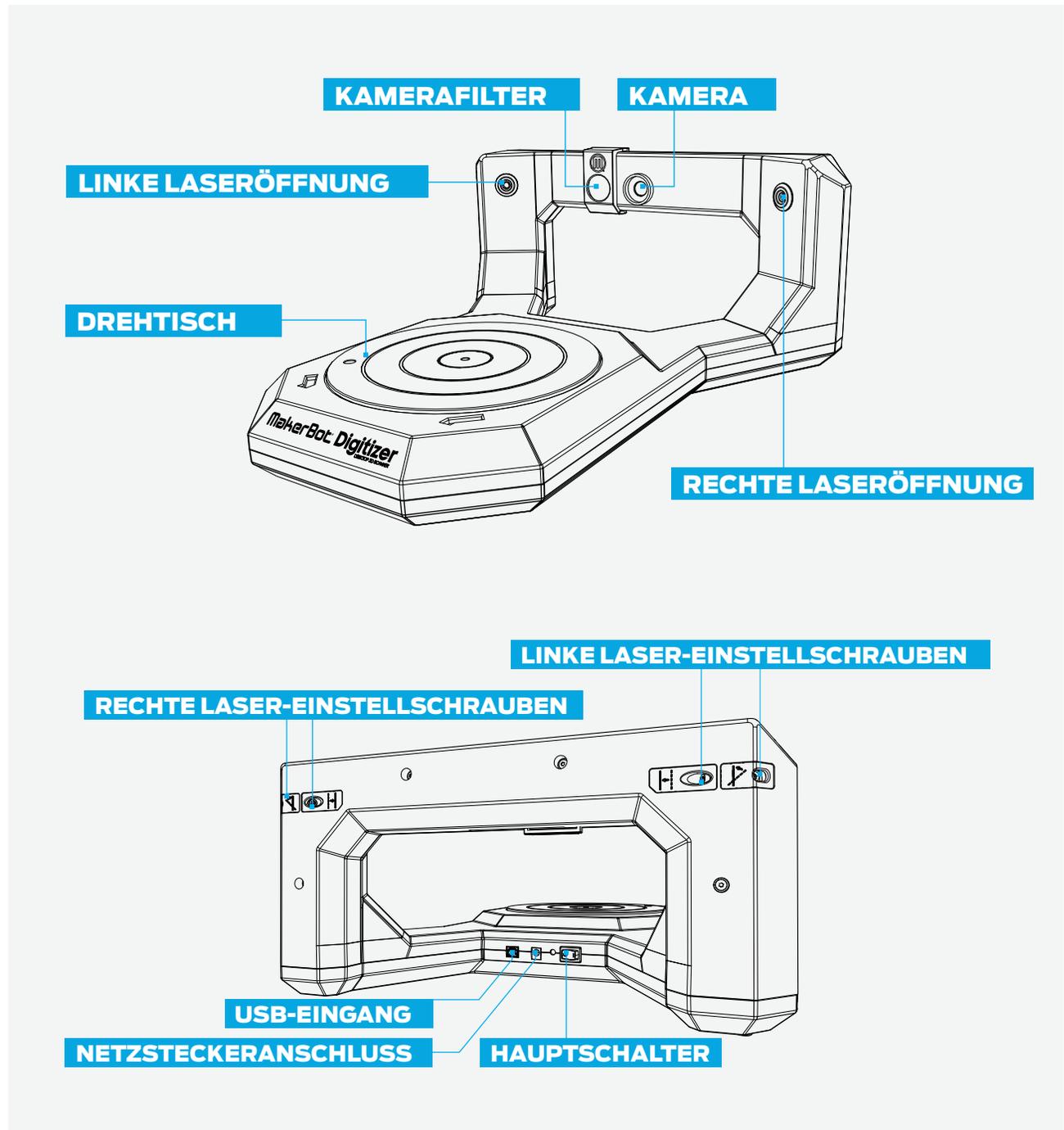
Größte scanbare Dimensionen: 20,3 x 20,3 cm Zylinder

Kleinste scanbare Dimensionen: 5,1 x 5,1 cm Zylinder

Dimensionale Genauigkeit: +/-2 mm

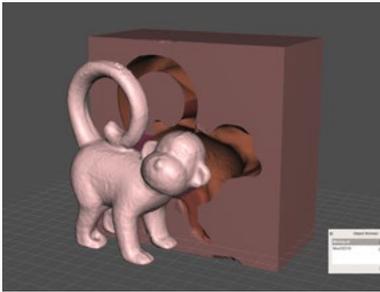
WIE FUNKTIONIERT ES?

- **Laser & Kamera:** Eine rote Laser-Linie wird auf die Oberfläche eines Objekts projiziert. Während das Objekt sich dreht, nimmt die Kamera die Laserlinie auf und verarbeitet sie in Datenpunkte, die als Punktwolke bezeichnet werden.
- **Drehtisch:** Der Drehtisch dreht das Objekt, sodass die Kamera all seine Teile und Konturen schrittweise erfassen kann.
- **Punktwolke:** Datenpunkte im Raum geben die Oberfläche des Objekts digital wieder.
- **Mesh:** Die Punktwolke wird von der Software zusammengefügt, um eine Darstellung des Objekts mit einer vollständigen, wasserdichten Mesh-Oberfläche zu erstellen.



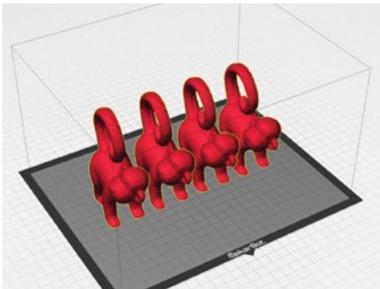
WAS KANN ICH MIT EINEM 3D-SCAN MACHEN?

Ein Scan von einem realen Objekt kann ein guter Ausgangspunkt für ein neues 3D-Design sein. Skalieren, ändern und remixen Sie Ihren Scan, wie Sie es für richtig halten, bevor Sie ihn drucken.



Scan als Referenz

Denken Sie darüber nach, ob Sie mit Hilfe des Scans eine Spezialverpackung oder einen Stand erstellen können, der zu Ihrem Objekt passt. Formen Sie etwas aus Ton und erstellen Sie eine benutzerdefinierte Form, die Sie wiederholt verwenden können.



Scannen, um zu wiederholen

Das Scannen ist eine gute Art, wertvolle Gegenstände zu bewahren und zu archivieren. Haben Sie wertvolle Fossilien oder Museumsstücke? Denken Sie darüber nach, sie zu scannen, um Digitalkopien zu machen, die Sie drucken und allen Ihren Schülern zur Verfügung stellen können.

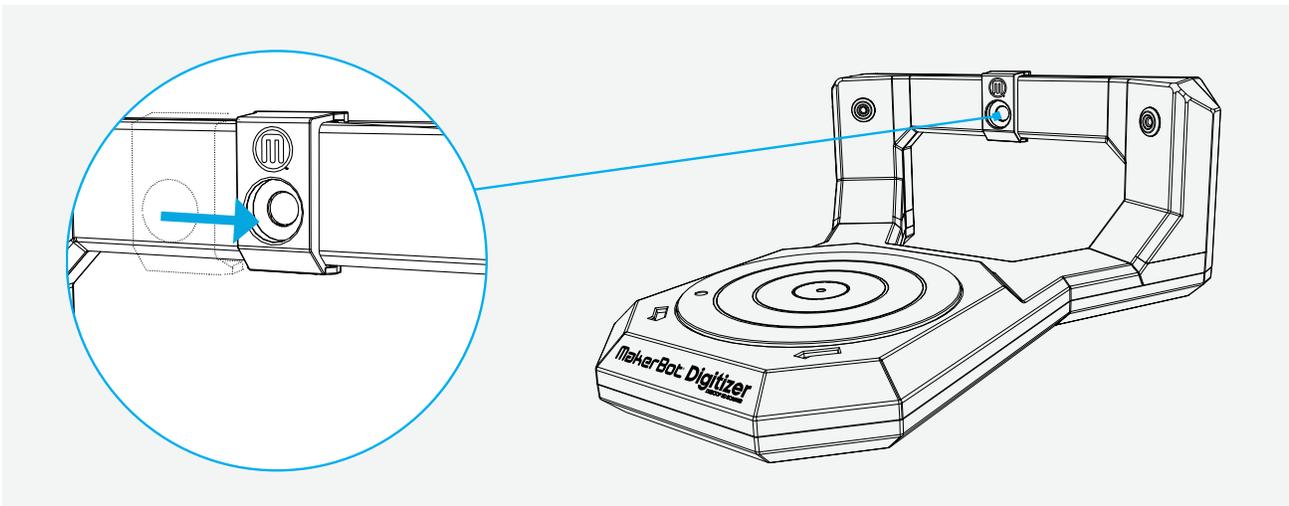


Scannen, um zu modifizieren

Verwenden Sie einen Scan als Ausgangspunkt und modifizieren Sie ihn ganz nach Wunsch. Machen Sie ein plastisches Objekt funktionell oder fügen Sie einfach wieder ein Detail hinzu, das verändert wurde. Eine gute Art, etwas zu verwenden, das Sie bereits besitzen, und es zu etwas Neuem zu remixen.

INBETRIEBNAHME

Schieben Sie den Filter vor die Kamera. Der Filter hilft dabei, andere Lichter zu blockieren, sodass die Kamera den Laser sehen kann.





Kalibrierungswerkzeug A

Kamera kalibrieren. Verwenden Sie das Kalibrierungswerkzeug und suchen Sie die Seite, die ein A trägt. Platzieren Sie die Lasche in dem Loch in der Mitte des Drehtellers und lassen Sie das Skript laufen. Dieser Prozess hilft dem Programm, die Linsenverzerrung einzustellen.

Kalibrierungswerkzeug B

Drehtisch kalibrieren. Drehen Sie jetzt das Kalibrierungswerkzeug um, sodass B nach oben zeigt. Platzieren Sie die Lasche in dem Loch in der Mitte des Drehtellers. Beim Ausführen des Skripts kalibriert das Programm den physischen Raum, in dem der Scan stattfinden wird.

Kalibrierungswerkzeug C

Laser kalibrieren. Drehen Sie das Kalibrierungswerkzeug zuletzt so, dass C nach oben zeigt. Schieben Sie die mittlere Platte auf dem Werkzeug heraus und platzieren Sie sie auf der Mitte des Drehtellers. In diesem Schritt sieht das Programm, wo sich die Laser im Scanraum befinden.

Wählen Sie in MakerWare für Digitizer die Schattierung des Objekts aus. Bewerten Sie Ihr Objekt, um die richtige Nuancenategorie zu bestimmen. Hellere Objekte sind leichter zu scannen und dunklere sind anspruchsvoller.

Hell: Ein weißes oder cremefarbenes Objekt mit wenig bis keinem Glanz

Mittel: Ein bemaltes oder graues Objekt mit wenig bis keinem Glanz

Dunkel/Schwierig: Ein dunkles, glänzendes, verschwommenes oder transparentes Objekt. Sie müssen diese Objekte eventuell vor dem Scannen mit weißem Puder beschichten.



TIPPS & TRICKS

Digitizer einrichten

Stellen Sie Ihren MakerBot Digitizer auf eine ebene, stabile Arbeitsunterlage und vergewissern Sie sich, dass nichts über die Kante der Oberfläche hinausragt. Richten Sie ihn mit Blick auf die nächste Wand aus. Je dunkler die Wand, desto besser. Im Idealfall sollten die Laser in Richtung dieser Wand zeigen, während Fenster oder anderen helle Lichtquellen zu vermeiden sind. Helles direktes oder reflektiertes Licht in der Kamera können beim Scan irritieren, wodurch zusätzliche, physisch nicht vorhandene Objekte entstehen.

Kalibrierung

Die Kalibrierung gewährleistet die Positionierung des Drehtellers und der Laser, damit Ihr MakerBot Digitizer die bestmöglichen Scans erzeugen kann. Die einzige Situation, bei der Sie Licht benötigen, ist während des Kalibrierungsvorgangs. Vermeiden Sie jedoch direktes Licht von oben. Wenn Sie in einem dunklen Raum kalibrieren müssen, beleuchten Sie das Kalibrierungswerkzeug mit einer Lampe oder Taschenlampe hinter dem Scanner, sodass es nicht direkt in die Kamera scheint.

Beleuchtung

Scannen geht bei schwachem Licht am besten. Wenn Sie Probleme mit dem Scannen eines Objekts mit der Einstellung *Dunkel* haben, versuchen Sie, das Licht vollkommen auszuschalten. Wenn Sie mehr Details erfassen möchten, setzen Sie die Option auf *Dunkel/Schwierig*, auch wenn das Objekt hell gefärbt ist. Rechnen Sie damit, dass Ihr Scan einige zusätzliche Artefakte aufweisen könnte.

Bedecken Sie die Wand vor Ihrem MakerBot Digitizer mit schwarzem Filz, um die Wandfläche zu verdunkeln. Auf diese Weise wird kein Licht im Zimmer an diesem Hintergrund reflektiert und es entstehen keine helle Flecken, die die Kamera möglicherweise falsch interpretiert und als Teil der Laserlinie auffasst.

Weitere Hinweise

Wie wirkt sich die Farbe des Objekts auf das Scannen aus?

Dunkle Objekte führen dazu, dass die Laserlinie teilweise vom Objekt absorbiert wird und die Kamera sie deshalb schlechter „sieht“. Visuell sieht die Laserlinie abgestumpft aus.

Was können Sie tun, um das Scannen von dunklen Objekten zu verbessern?

Das Beschichten des Objekts vor dem Scannen in einer helleren Farbe trägt zur Verminderung der Laserabsorption bei. Sie können beispielsweise Babypuder, Maisstärke, Mehl oder Entwicklerspray verwenden.

Wie wirkt sich die Lichtdurchlässigkeit bzw. Textur des Objekts auf das Scannen aus?

Glänzende, durchscheinende oder verschwommene Objekte können die Kamera behindern, die Laserlinie zu sehen, da der Laser in viele Richtungen reflektiert wird. Mit anderen Worten: Das Chaos ist vorprogrammiert!

Was können Sie tun, um das Scannen von glänzenden oder verschwommenen Objekten zu verbessern?

Das Beschichten des Objekts vor dem Scannen trägt auch hier zur Verminderung der Laserspiegelung oder -absorption bei. Sie könnten darüber nachdenken, diese Objekte mit etwas Mattem wie Tempera zu bemalen.

Welche der folgenden Farben werden am besten gescannt? Welche sind am schwierigsten zu scannen?

- Rot – am besten (Rot reflektiert rotes Licht am besten)
- Weiß - gut
- Gelb – akzeptabel
- Grün – am schwierigsten (Grün absorbiert rotes Licht und kann deshalb nicht gut gescannt werden)
- Blau - schwierig
- Purpur - schwierig

Was passiert, wenn vor der Kamera Sonnenlicht ist? Oder hinter der Kamera?

Sonnenlicht direkt vor der Kamera erschwert es der Kamera, die Laserlinie zu sehen. Oft führt dies zu nicht optimalen Scans. Sonnenlicht hinter der Kamera ist besser als von vorn, sollte jedoch minimiert werden, damit die Kamera die Laserlinie sehen kann.

Welche praktische Anwendungen gibt es für das Scannen?

Scannen ist eine gute Art, eine digitale Abbildung eines Objekts zu erstellen. Damit kann ein Modell erhalten, als Referenz verwendet oder als Remix-Version verändert werden.

Wie kann ein Scan in einem 3D-Modellierungs-Programm verändert werden?

Programme wie Tinkercad, MeshMixer und Sculptris dienen dem Import und der Veränderung von Scans.

Aktivität: Bitten Sie Ihre Schüler nach dem Kalibrieren, im Klassenraum Objekte zum Scannen zu suchen. Besprechen Sie vor dem Scannen mit der Klasse, ob das Objekt jeweils gut oder schwierig zu scannen sein wird. Sollte das Objekt schwierig zu scannen sein, beschreiben Sie die möglichen Maßnahmen, um es besser scanbar zu machen. Haben Sie keine Angst davor, alle Möglichkeiten zu untersuchen.

WISSENS-CHECK

- Wie funktioniert der MakerBot Digitizer?
- Wofür können Sie die 3D-Scans verwenden?
- Wie sehen die idealen Scan-Bedingungen aus?
- Wie können Sie einen MakerBot Digitizer in Ihrem Unterricht verwenden?
- Wie machen Sie Ihre Scans erfolgreich?

DESIGNEN

LERNZIELE

- Verstehen Sie die verschiedenen Arten von 3D-Modellierungs-Programmen
- Finden Sie mehr über die Unterschiede zwischen den 3D-Modellierungs-Programmen und ihre Stärken und Schwächen heraus

WAS IST 3D-MODELLIERUNG?

3D-Modellierung ist der Vorgang, eine digitale Abbildung von Objekten zu erstellen. Zahlreiche 3D-Modellierungs-Software-Programme ermöglichen die Erstellung von 3D-Modellen in ganz unterschiedlicher Weise.

So wie Kugelschreiber, Bleistifte, Pinsel und Ton Werkzeuge sind, die Sie in Ihrem kreativen Prozess verwenden, sind 3D-Modellierungs-Programme Werkzeuge zur Anwendung in Ihrem digitalen Konstruktionsprozess. Dabei gibt es nicht ein richtiges Werkzeug, dessen Gebrauch man erlernt, sondern es geht vielmehr darum, das Werkzeug zu finden, das am besten zu Ihrem Design passt. Lernen Sie ein paar 3D-Modellierungs-Programme kennen, um zu sehen, welche am besten zu den von Ihnen gewünschten Ergebnissen und Ansprüchen passen. In diesem Abschnitt finden Sie Möglichkeiten, an diesen Prozess heranzugehen.

TERMINOLOGIE

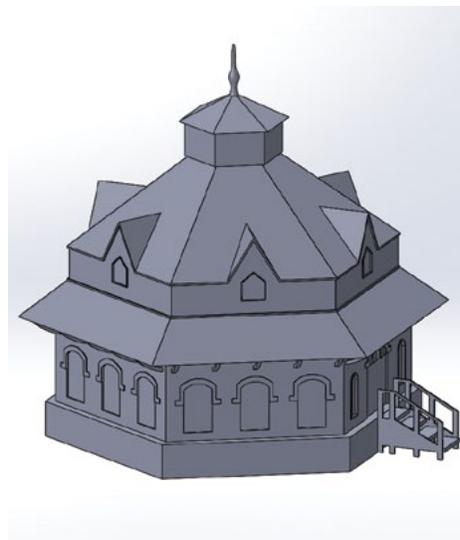
- **Mesh:** Die Anordnung von Knoten, Kanten und Flächen, die die Form eines 3D-Modells definieren.
- **Wasserdicht:** Eine geschlossene Außenfläche (oder **Mesh**), die für erfolgreiches 3D-Drucken notwendig ist. Beispielsweise weist ein Gegenstand wie ein Donut, obwohl er ein Loch in der Mitte hat, eine kontinuierliche Außenfläche auf und könnte 3D-gedruckt werden.
- **Transformieren:** Ein Tool, das es dem Benutzer erlaubt, ein Objekt zu verschieben oder zu drehen
- **Ansichtsfenster:** Legt Ihr Fenster im 3D-Modellierungswerkzeug fest, also die Ansicht, die Sie auf dem Bildschirm sehen
- **Umkreisen:** Dreht Ihr Ansichtsfenster um einen Punkt oder ein Objekt
- **Schwenken:** Bewegt Ihr Ansichtsfenster nach oben und unten bzw. links und rechts
- **Zoom:** Nähert Ihr Ansichtsfenster einem Punkt in einer Szene an oder entfernt es davon
- **Perspektivische Ansicht:** Passt den Blickwinkel so an, wie das menschliche Auge sieht. Weiter entfernte Objekte erscheinen kleiner als Objekte, die näher bei der Kamera sind.
- **Orthographische Ansicht:** Passt den Blickwinkel an eine einzige Perspektive an. Alle gleichgroßen Objekte erscheinen gleich groß, unabhängig von ihrer Entfernung zur Kamera.

WAS KANN ICH MIT 3D-MODELLIERUNG MACHEN?

Mit 3D-Modellierung können Sie designen, was immer Sie wollen. Für Anregungen und Referenzen können Ressourcen wie Thingiverse und GrabCAD hilfreich sein; verwenden Sie sie zur Suche von 3D-Modellen, die andere bereits designt haben. Vielleicht ist das, was Sie machen möchten, am besten durch das Remixen eines Modells oder den Ausbau eines bestehenden Design (lizenzabhängig) zu erreichen. Wenn Sie das Modellieren beherrschen, können Sie überlegen, Ihre Dateien auf Thingiverse und/oder GrabCAD hochzuladen, um einen Beitrag zu leisten und mit der Community in Kontakt zu sein. So können andere das remixen und erweitern, was Sie erstellt haben.

3D-MODELLIERUNGS-SOFTWARE

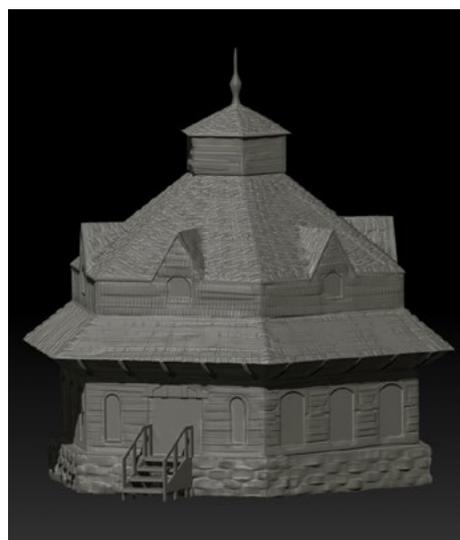
Es gibt viele unterschiedliche 3D-Modellierungs-Programmen, alle mit ihren Stärken und Schwächen. In letzter Zeit sind viele Programme herausgekommen, die einfach zu bedienen und kostenlos sind. In diesem Buch konzentrieren wir uns in erster Linie auf diese kostenlosen Programme. Alle 3D-Modellierungsprogramme können drei Hauptkategorien zugeordnet werden: Volumenmodellierung, digitales Sculpting und Polygon-Modellierung.



Volumenmodellierung

Volumenmodellierungs- (bzw. CAD-) Programme eignen sich gut für die Erstellung von Modellen mit realen Dimensionen und werden für funktionale Teile verwendet. Mit einigen erweiterten Programmen können komplexe Objektbaugruppen, Simulationen und mehr erstellt werden.

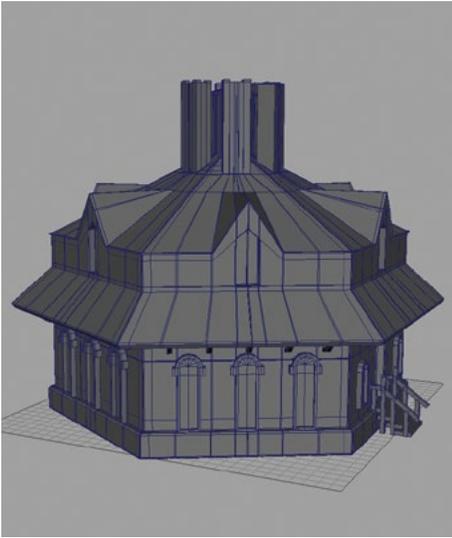
- **Branchen:** Ingenieurwesen, Industriedesign, Architektur
- **Kostenlose Software:** Tinkercad, 123D Design und andere
- **Kostenpflichtige Software:** Inventor, SolidWorks, Rhino und andere
- **Stärken:** Erstellen von mechanischen Strukturen mit Dimensionen, Gebäude-Baugruppen, Physiksimulationen der realen Welt, Materialeigenschaftsbibliotheken, Designgeschichte
- **Schwächen:** Erstellung organischer Formen, detaillierter Oberflächentexturen und -muster



Digitales Sculpting

Digitales Sculpting simuliert den Vorgang des Formens mit Ton. Diesen digitalen Ton können Sie schieben und ziehen, um sehr detaillierte und texturierte Modelle zu erstellen. Besonders geeignet für organische Modelle wie Gesichter, Pflanzen usw.

- **Branchen:** Film, Videospiele, Kunst
- **Kostenlose Software:** Sculptriis, SculptGL und andere
- **Kostenpflichtige Software:** ZBrush, Mudbox, 3D-Coat und andere
- **Stärken:** Sehr detaillierte Modelle, organische Formen, digitale Malerei
- **Schwächen:** Das Erstellen funktioneller Teile ist schwierig, erfordert häufig Peripheriegeräte (Grafiktablett), steile Lernkurve für fortgeschrittene Programme



Polygon-Modellierung

Mit Polygon-Modellierung haben Sie die direkte Kontrolle über das Netz (Mesh), Oberflächen, Knoten und Kanten eines Modells. Dies ermöglicht Ihnen sehr detaillierte und aufwändige 3D-Modelle zu erstellen. Diese können sowohl organisch als auch starr sein.

- **Branchen:** Animation, Visualisierung, Film, Videospiele
- **Kostenlose Software:** Blender, Wings 3D und andere
- **Kostenpflichtige Software:** Maya, 3ds Max, Cinema 4D und andere
- **Stärken:** Gestattet die Erstellung sehr detaillierter, aufwändiger Modelle; direkte Kontrolle des Mesh; bevorzugtes Tool für die Animation
- **Schwächen:** Da für On-Screen-Umgebungen vorgesehen, müssen bei der Modellierung für den 3D-Druck zusätzliche Faktoren berücksichtigt werden

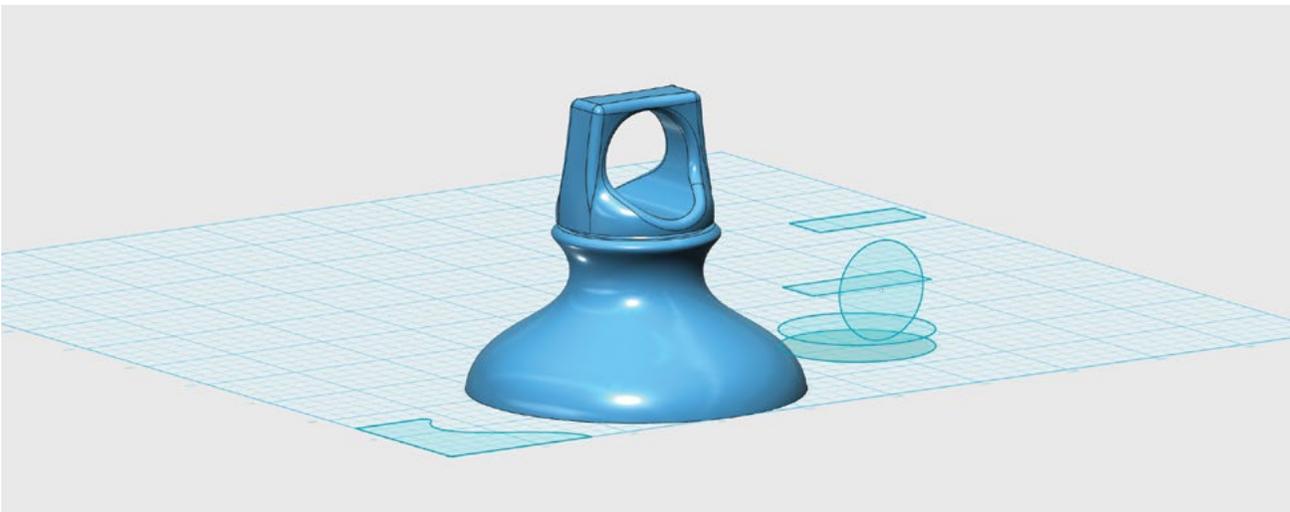
Programme für den Unterricht: Im Projekte-Abschnitt dieses Buches verwenden wir Tinkercad, OpenSCAD, Sculptris, 123D Design und MeshMixer. All diese Programme sind kostenlos. Die Beschäftigung mit den Grundlagen dieser Programme gibt Ihnen ein besseres Verständnis ihrer Stärken. So können Sie später entscheiden, welches Werkzeug für Ihre Projekte am besten passt.

ERSTE SCHRITTE MIT DER 3D MODELLIERUNG

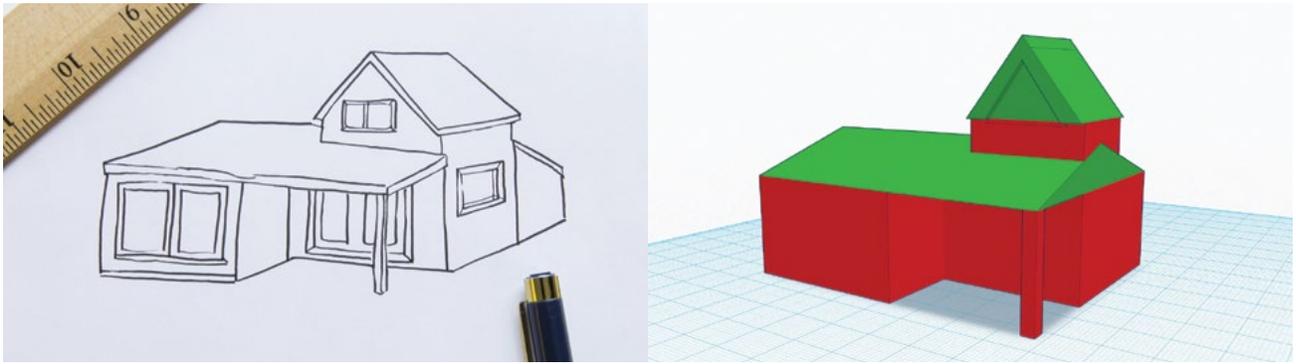
Es gibt viele Möglichkeiten, an die 3D-Modellierung heranzugehen. Mit der Zeit werden Sie Ihren eigenen Stil, Techniken und Vorlieben entwickeln. Nachfolgend finden Sie einige Techniken, die Ihnen bei Ihrem ersten Schritt helfen sollen, egal womit Sie loslegen möchten.

Referenzobjekte/Bilder

Eine der besten Startmöglichkeiten ist, sich ein Objekt auszusuchen und es als Referenz zu verwenden. Thingiverse und GrabCAD sind tolle Websites, um sich inspirieren zu lassen und kostenlose Referenzobjekte herunterzuladen. Objekte Ihres Umfelds sind eine weitere gute Quelle. Nehmen Sie ein Objekt aus Ihrem Klassenzimmer zur Hand, schauen Sie es sich an und stellen Sie sich vor, wie Sie es wiedergeben würden. Gibt es eine Möglichkeit, es in kleinere, einfachere Einzelteile zu zerlegen?



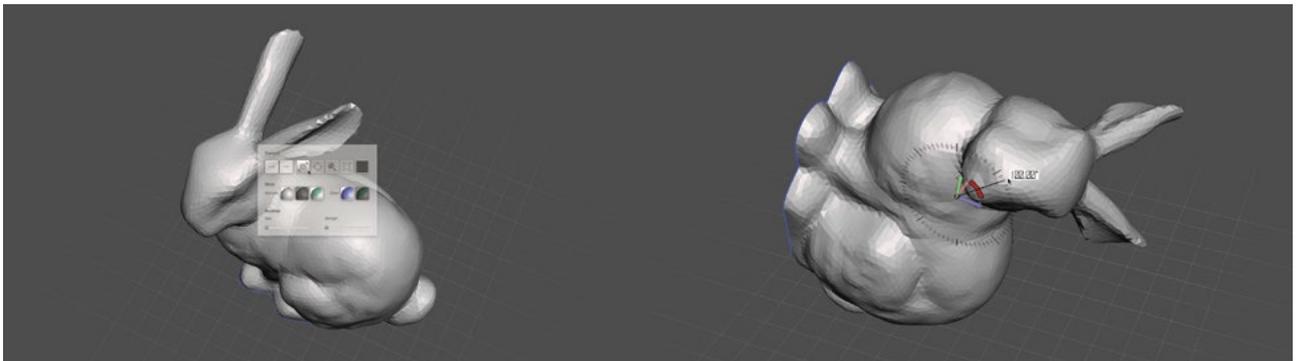
Hier haben wir den Deckel einer Aluminiumwasserflasche nachgebildet.



Primitive erstellen

Das Erlernen des 3D-Modellierens ist ähnlich wie Zeichnen lernen. Anfänger sollten mit großen, einfachen Formen beginnen und dann die Details ausarbeiten. Diese Formen werden in den meisten 3D-Modellierungs-Programmen Primitive genannt. Primitive bestehen häufig aus Boxen, Zylindern und Kugeln und können verändert und zusammengesetzt werden, um komplexe Modelle zu erstellen.

Aktivität: Nehmen Sie ein Objekt aus Ihrem Klassenzimmer als Referenz. Untersuchen Sie das Objekt. Welche **Primitive** könnten Sie verwenden, um die grundlegende Form des Objekts nachzuempfinden? Dieses Verfahren wird erfahrenen Designern zur zweiten Natur. Bei der Erkundung von Tinkercad, später in diesem Buch, werden Sie sehen, wie wichtig die Zerlegung von Objekten in einfache Formen ist.



Navigation im Vergleich zu Transformation

Im nächsten Schritt zur Annäherung an die 3D-Modellierung lernen Sie den Unterschied zwischen der Bewegung von Objekten im Raum und der Bewegung des Kamerablickwinkels im von Ihnen ausgewählten Programm kennen.

Bei 3D-Modellierungsprogrammen funktioniert Ihr Blick wie eine Kamera, die Objekte innerhalb Ihres Arbeitsraums aus verschiedenen Winkeln heraus untersucht. Genau wie Sie die Kamera in der realen Welt bewegen, um verschiedene Einstellungen für Aufnahmen zu finden, können Sie das Programm verwenden, um Ihre Objekte aus unterschiedlichen Blickwinkeln zu betrachten. Dies wird als **Navigation** einer Szene bezeichnet.

Wenn Sie die Position eines Objekts in Ihrem Arbeitsraum verändern, **transformieren** Sie es. In der realen Welt ist dies mit dem physischen Aufnehmen, Bewegen und Drehen eines Objekts zu vergleichen.

Beschreiben Sie einen Apfel auf Ihrem Tisch. Wenn Sie die andere Seite des Apfels sehen möchten, können Sie den Apfel entweder nehmen und umdrehen (**transformieren**) oder aufstehen und um den Tisch herumgehen, bis Sie die andere Seite sehen (**navigieren**).

Aktivität: Lassen Sie Ihre Schüler ein in der Nähe befindliches Objekt nehmen und es auf einen Tisch legen.

Navigation

- **Umkreisen:** Fragen Sie die Schüler, was sie tun würden, wenn sie die andere Seite des Objekts sehen wollten. Fragen Sie sie je nach ihrer Wahl, ob es sich dabei um Navigieren oder Transformieren handelt.
 - Das physische Herumgehen um das Objekt, um es von einer anderen Seite zu sehen, heißt die Szene **umkreisen**, eine Form der **Navigation**.
- Das Objekt hochnehmen ist eine Form von **Transformation**.
- **Zoom:** Fragen Sie die Schüler, was sie in der realen Welt tun würden, wenn sie einen näheren Blick auf das Objekt werfen wollten. Fragen Sie sie je nach ihrer Wahl, ob es sich dabei um Navigieren oder Transformieren handelt.
 - Die physische Annäherung an das Objekt heißt **Zoomen**, eine andere Form der Navigation.
- **Schwenken:** Stellen Sie ein anderes Objekt außerhalb der Blickrichtung der Schüler auf, solange sie in der Nähe des Objekts sind. Fragen Sie sie, was sie tun würden, wenn sie dieses Objekt sehen wollten, ohne ihren Platz zu verändern.
 - Die physische Drehbewegung des Blicks wird **Schwenken** der Szene genannt, die dritte Hauptform der Navigation.

Transformation

- **Verschieben:** Bitten Sie die Schüler, ein Objekt physisch auf das andere zu stellen. Fragen Sie sie, ob dies Navigation oder Transformation ist.
 - **Das Bewegen** ist eine Form der Transformation.
- **Drehen:** Bitten Sie die Schüler, ein Objekt physisch auf eine der Seiten zu drehen. Fragen Sie sie, ob dies Navigation oder Transformation ist.
 - **Das Drehen** ist eine weitere Form der Transformation.

TIPP: NÜTZLICHE WERKZEUGE, DIE MAN BEI JEDEM NEUEN 3D-MODELLIERUNGS-PROJEKT ZUR HAND HABEN SOLLTE, SIND NOTIZBUCH, MATHEMATISCHES PAPIER, ZEICHENWERKZEUG, DIGITALTASTZIRKEL, LINEAL, TASCHENRECHNER, GRAMM-WAAGE.

WISSENS-CHECK

- Welche Arten von 3D-Modellierungs-Programmen gibt es? Warum würden Sie eines davon vorziehen?
- Was ist der Unterschied zwischen Navigation und Transformation im 3D-Raum?
- Welche Möglichkeiten gibt es, an das Erstellen von 3D-Modellen heranzugehen?

FAZIT

Das Wichtigste beim Starten mit dem 3D-Druck ist es, den ersten Schritt zu machen. Dabei spielt es keine Rolle, ob Sie ein Modell von Thingiverse herunterladen und drucken, Ihr Lieblings-Souvenir scannen und drucken oder Ihr Traumhaus entwerfen und drucken. Es gibt viele Optionen. Wählen Sie eine davon und legen Sie los!

PROJEKTE UND DESIGNSOFTWARE

Im folgenden Abschnitt finden Sie vier Beispielprojekte, die für die Integration des 3D-Drucks in den Unterricht geeignet sind.

Für jedes dieser Projekte wird eine andere kostenlose 3D-Modellierungs-Software verwendet (Tinkercad, OpenSCAD, Sculptris und 123D Design), damit Sie deren jeweiligen Stärken erkunden können. Die Absicht dieser Projekte ist es, die vorhandenen Modellierungs-Programme und ihre mögliche Anwendbarkeit auf Themen in Ihrem Unterricht kennen zu lernen. Wie Sie aus der Umsetzung dieser Projekten lernen werden, gibt es nie nur eine einzige Lösung für die Erstellung Ihrer eigenen 3D-Modelle. Durch das Erlernen der Stärken und Schwächen dieser Werkzeuge sind Sie in der Lage zu entscheiden, welches davon am besten für jedes Ihrer Projekte geeignet ist.

Die Beispielprojekte sind lediglich Vorschläge zur Unterstützung Ihres eigenen Brainstormings bezüglich der Möglichkeiten, den 3D-Druck in Ihren Unterricht zu integrieren. Wir erwarten nicht, dass diese Projekte für jede Klasse passen, sondern zielen darauf ab, Ihnen als Referenz beim Ausbau Ihrer eigenen 3D-Druck-Projekte zur Seite zu stehen. Wir empfehlen Ihnen, jedes dieser Projekte auszuprobieren, um Tempo und Ablauf kennen zu lernen. Wie könnten Sie das Projekt auf der Grundlage Ihrer Ziele und des Zeitplans Ihrer Klasse erweitern oder einschränken? Wir fordern Sie auf, die aus der Umsetzung dieser Beispielprojekte gewonnene Erfahrung auf die Erstellung einzigartiger eigener Projekte anzuwenden.

Ziehen Sie beim Erstellen und Ändern dieser Projekte in Betracht, Ihre Ideen mit der 3D-Druck-Community auf Thingiverse zu teilen.

PROJEKT: MODELLIEREN MIT 3D-PRIMITIVEN MIT TINKERCAD



GESTALTEN SIE IHR EIGENES LAND

HINTERGRUND

In diesem Projekt erlernen Sie und Ihre Schüler die Benutzung des kostenlosen Programms Tinkercad. Tinkercad ist ein benutzerfreundliches und zugängliches Werkzeug für den Einstieg in das 3D-Design. Es besitzt eine Drag & Drop-Oberfläche, die den Schülern bei der Vermittlung der Grundlagen der 3D-Modellierung hilft.

Der folgende Abschnitt beschreibt, wie das Projekt in den Sozialkundeunterricht, insbesondere zu den Schwerpunkten Geografie und Kolonialismus, integriert werden kann. Wir schauen uns an, wie Sie elementare geografische Platten zur Darstellung verschiedener Umgebungen entwerfen können. Entdecken Sie, wie Sie mittels 3D-Druck viele kleine Teile erstellen, die zu einem größeren Objekt zusammengefügt werden können. Selbst wenn Sie diese spezifischen Einheiten nicht in Ihrem Lehrplan haben, hilft Tinkercad Ihnen dabei, schnell einzutauchen und 3D-Modelle zu jedem Thema zu gestalten.

ANWENDUNGSBEREICH

Ihre Schüler übernehmen die Rolle von Entdeckern einer neuen Welt. Sie werden in die Erstellung von 3D-gedruckten Biom-Platten einbezogen, die zu einem neuen, unbekanntem Territorium zusammengesetzt werden können. Sobald die Platten zusammengesetzt sind, können die Schüler Gruppen bilden und nach dem Vermessen des Landes und dem Entdecken der natürlichen Ressourcen Siedlungen anlegen. Angebot und Nachfrage können simuliert werden, indem die Gruppen zum Handeln mit ihren Nachbarn angeregt werden. Die Gründung einer neuen Stadt in einer neuen Welt hängt von vielen Faktoren ab. Dieses Projekt kann leicht nach oben oder unten skaliert und an die Schülerzahlen, die Klassenstufe, den Zeitrahmen, das Fach und die verfügbaren Ressourcen angepasst werden.

PROJEKTÜBERSICHT

Forschen: Geografie und Klima

Entdecken: Modellieren mit Tinkercad

Erstellen: Designen einer Wasserplatte

Erstellen: Designen einer Waldplatte

Erstellen: Designen einer Bergplatte

Erstellen: Gestalten eigener Land-Platten

Weiterführende Aktivitäten: Die neue Welt erkunden

LOGISTIK

Es wird empfohlen, dass die Schüler in der „Forschen“-Phase des Projekts in Gruppen und in der „Erstellen“-Phase einzeln arbeiten.

- Technologie
 - MakerBot Replicator
 - Computer mit einem WebGL-fähigen Browser (zum Beispiel Google Chrome oder Mozilla Firefox) und MakerBot Desktop installiert
 - Drei-Tasten-Maus (optional)
- Voraussichtliche Druckdauer: 20 bis 30 Minuten pro Platte
- Empfohlene Modellgröße: 30 x 30 mm pro Platte
- Empfohlene Druckmenge: eine bis zwei pro Schüler
- Besuchen Sie www.tinkercad.com zur Kontoerstellung.
 - Sie können ein kostenloses Konto für die ganze Klasse einrichten oder, wenn möglich, jeden Schüler sein eigenes kostenloses Konto einrichten lassen.

Hinweis: Da Tinkercad in einem Internet-Browser und nicht lokal läuft, können Störungen im drahtlosen oder vernetzten Internet-Zugang sowie Server-Probleme bei Tinkercad zu Verzögerungen im Zeitplan Ihrer Klasse führen. Bei der Arbeit mit Tinkercad ist es deshalb eine gute Idee, einen Backup-Plan parat zu haben.

LERNZIELE

Allgemeines

- Entdecken Sie die Geschichte des Kolonialismus
- Erforschen Sie die Geographie verschiedener Regionen
- Verstehen Sie die Bedeutung der natürlichen Ressourcen
- Lernen Sie die grundlegenden Prinzipien der Wirtschaft (Angebot und Nachfrage)
- Erstellen Sie 3D-gedrucktes Anschauungsmaterial für das Klassenzimmer

3D-Drucken

- Bauen in Teilstücken
- Optimierung der Druckdauer
- Mehrere Objekte gleichzeitig drucken

3D Design (Modellieren mit 3D-Primitiven)

- Navigation
- Formgeneratoren
- Primitive
- Löcher

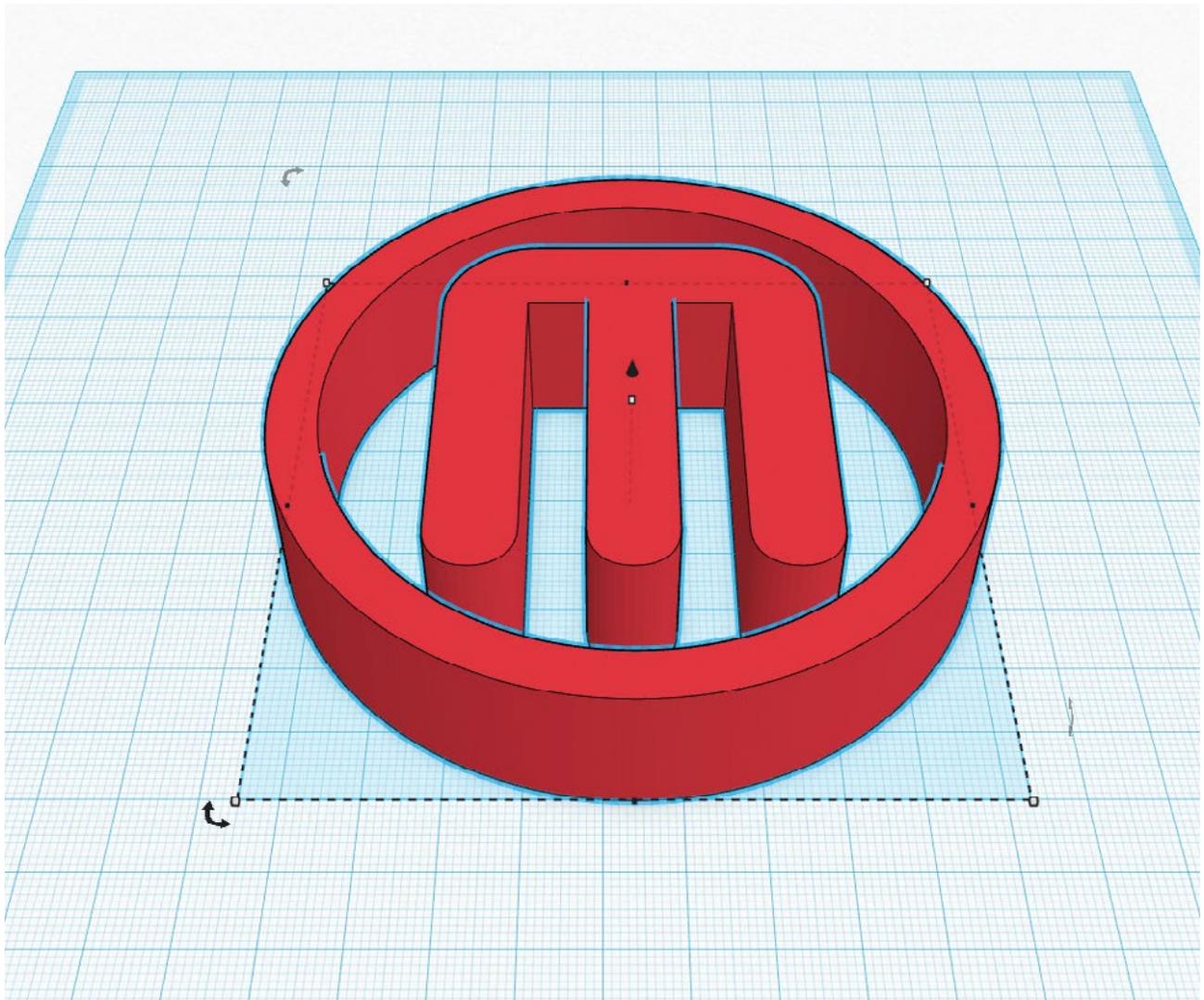
TERMINOLOGIE

- **Primitiv:** Eine grundlegende geometrische 3D-Form
- **Terrain:** Ein Landstück mit Fokus auf den physischen Eigenschaften
- **Tastenkürzel:** Ein Tastatur-Kurzbefehl zu einem Tool
- **Gruppe:** Das Kombinieren von Primitiven zu einer Form
- **Loch:** Ein Primitiv, das Material wegnimmt, wenn es mit anderen Objekten zusammengruppiert wird



ENTDECKEN: MODELLIEREN MIT 3D-PRIMITIVEN MIT TINKERCAD

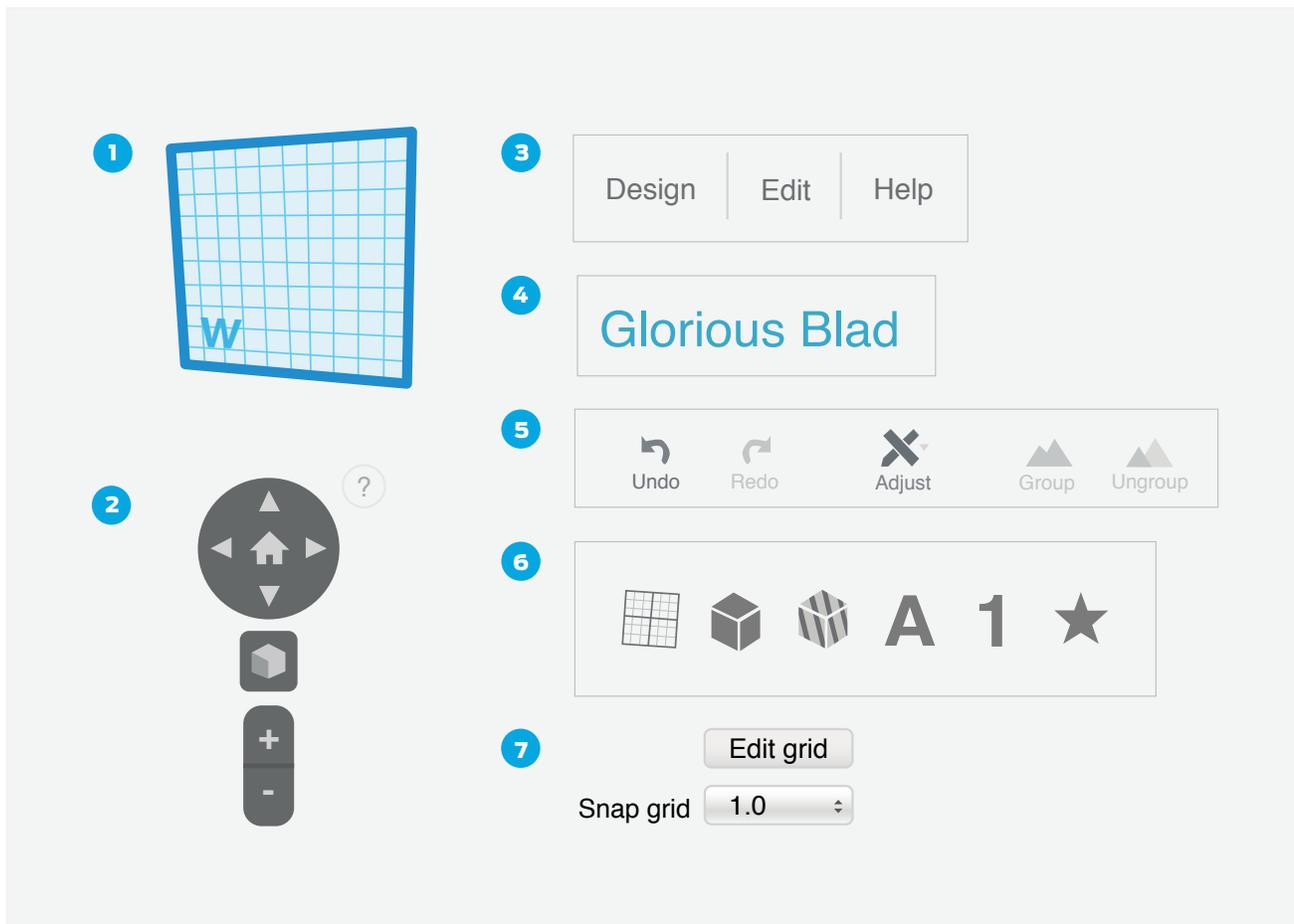
Tinkercad ist ein browser-basiertes Programm, das die Erstellung eines Kontos erfordert. Nach Angaben der Entwickler funktioniert es am besten auf Firefox oder Chrome. Sie können ein Klassenkonto einrichten und das Passwort bekanntgeben. Wenn alle eingeloggt sind, klicken Sie die blaue **Create new design (Neues Design anlegen)** Schaltfläche.



BENUTZEROBERFLÄCHE

Die folgenden Elemente der Benutzeroberfläche sollten wie auf dem Bild unten aussehen.

1. **Arbeitsebene** – Blaue Gitteroberfläche, auf der Sie Ihre Modelle erstellen
2. **Kamera-Navigationstasten** - Verwenden Sie diese zum Navigieren Ihrer Arbeitsebene oder nutzen Sie die unten beschriebenen Maus-Kurzbeefhle
3. **Systemoptionen** – Speichern Sie Ihr Design, bearbeiten Sie Eigenschaften und greifen Sie auf Hilfethemen zu
4. **Dateiname** – Beachten Sie, dass Tinkercad Ihrem Projekt automatisch einen verrückten Namen gibt; Sie können diesen später, falls gewünscht, ändern
5. **Aktionsknöpfe** – Aktionen rückgängig machen und wiederherstellen sowie das Design durch die Gruppierung oder Ausrichten von Objekten verändern
6. **Primitiven-Menü** – Lange Menüspalte, die viele Modellierungswerkzeuge enthält; Sie verwenden diese Primitive, um Ihre Modelle zu bauen
7. **Gitteroptionen** – Ändern Sie die Größe Ihrer Arbeitsebene und den Snap-Intervallwert



SCHRITT 1: POSITIONIEREN VON OBJEKTEN AUF DER ARBEITSEBENE.

Beginnen wir mit dem Hinzufügen einiger Objekte zu unserem Design.

- Scrollen Sie das **Primitiven-Menü** hinunter, bis Sie **Geometric** (Geometrisch) sehen. Sie sollten dort Objekte wie **Box**, **Zylinder** und **Pyramide** sehen. Wenn die Spitze des Dreiecks nach rechts zeigt, heißt das, der Abschnitt ist geschlossen. Klicken Sie einfach auf das Dreieck, um es zu öffnen.
- Blättern Sie im Primitiven-Menü nach oben und unten und ziehen Sie interessante Dinge auf die **Arbeitsebene**.

SCHRITT 2: NAVIGIEREN LERNEN.

Sie können sich in Tinkercad mittels der Navigationstasten in der oberen linken Ecke bewegen. Mit einer Drei-Tasten-Maus können Sie auch folgende Tastaturbefehle verwenden, um ein echter Navigations-Profi zu werden:

- Umkreisen - Drücken Sie die linke Maustaste und ziehen Sie, um das Modell zu umkreisen.
- Schwenken - Halten Sie die Umschalttaste gedrückt, klicken Sie rechts und ziehen Sie, um die Arbeitsebene zu verschieben.
- Zoom - Drehen Sie das Mousrad nach oben und unten.

TIPP: DAS ANSICHTSFENSTER IST MIT EINER DREITASTENMAUS LEICHTER ZU BEDIENEN ALS MIT EINEM TOUCHPAD. VERWENDEN SIE DAS HOME-ICON, UM IHRE ANSICHT ZURÜCKZUSETZEN, WENN SIE SICH BEIM NAVIGIEREN VERIRREN.

SCHRITT 3: OBJEKTE VERSCHIEBEN UND SKALIEREN.

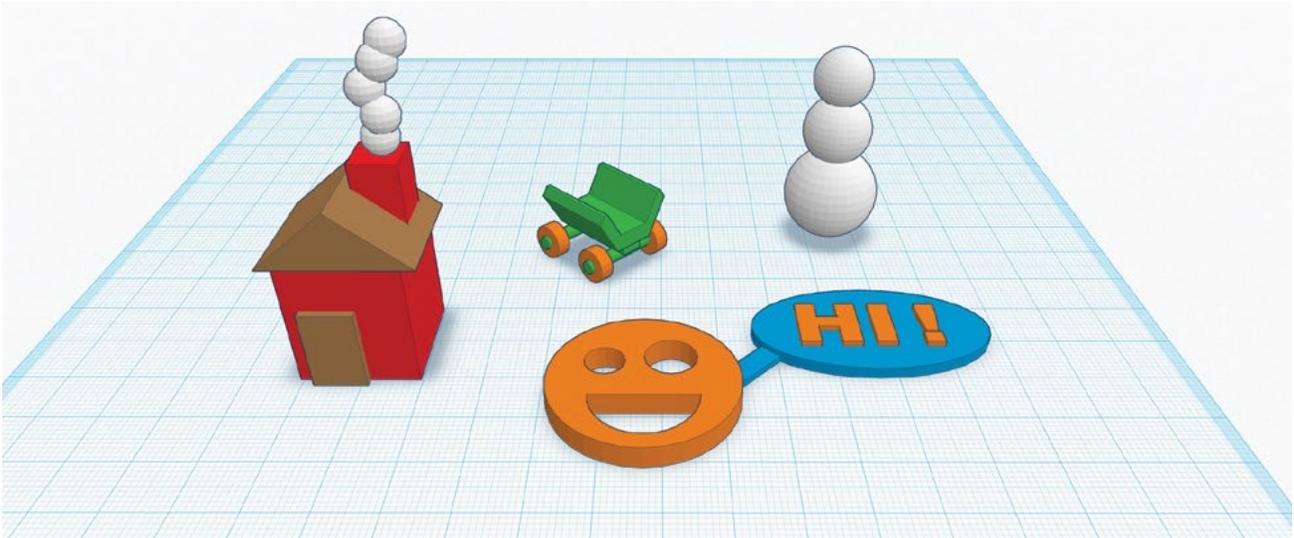
- Ziehen Sie ein rotes quadratisches Primitiv auf die Arbeitsebene. Umkreisen und/oder schwenken Sie die Ansicht nach Bedarf, um die Box aus verschiedenen Blickwinkeln anzusehen.
- Um die Box nach oben oder unten zu verschieben, ziehen Sie an dem schwarzen Anfasser über der Box.
- Experimentieren Sie mit den Möglichkeiten, wie Sie die Größe der Box durch Klicken und Ziehen der kleinen weißen und schwarzen Kästen im Umfang ändern können.
- Um die Proportionen eines Objekts bei der Größenanpassung zu erhalten, halten Sie die Shift-Taste gedrückt. Jetzt können Sie ein Objekt größer oder kleiner machen, ohne seine Gesamtform zu verändern.

TIPP: TINKERCAD HAT AUCH EINGEBAUTE ANLEITUNGEN, DIE SIE VERWENDEN KÖNNEN, UM WEITERE EIGENSCHAFTEN UND TECHNIKEN ZU ERFORSCHEN.

SCHRITT 4: DAS LINEAL VERWENDEN.

- Das **Lineal** ist eines der wichtigsten Werkzeuge von Tinkercad. Sie finden es im Primitiven-Menü unter **Hilfsmittel**.
- Ziehen Sie das Lineal auf eine beliebige Stelle der Arbeitsebene.
- Wenn das Lineal auf der Arbeitsebene ist, zeigt ein Klick auf dem Objekt auch seine Positions- und Größenwerte in jeder Richtung an. Sie können die Position und Größe eines Objekts ändern, indem Sie auf die Zahlen klicken und direkt Werte eingeben. Dies ist nützlich, wenn ein Objekt eine bestimmte Größe haben muss.

TIPP: DRÜCKEN SIE R AUF IHRER TASTATUR, UM DAS LINEAL SCHNELL ZU POSITIONIEREN. ES FUNKTIONIERT IMMER GLEICH, EGAL WO SIE ES PLATZIEREN. SIE KÖNNTEN ES BEISPIELSWEISE IN EINER ENTFERNTEREN ECKE ABLEGEN WOLLEN, DAMIT IHRE OBJEKTE NICHT ÜBERDECKT WERDEN.



Fangen Sie mit etwas Einfachem an und wagen Sie sich nach und nach an aufwendigere Designs.

SCHRITT 5: HABEN SIE SPASS UND ERSTELLEN SIE EINIGE ZUFALLSPRODUKTE!

Eine gute Möglichkeit, die Nutzung von Tinkercad zu erlernen, ist das Experimentieren. In diesem Schritt haben Sie Zeit zum Erforschen und Experimentieren, während Sie die Werkzeuge und Menüs innerhalb von Tinkercad kennenlernen.

- Fügen Sie Dinge hinzu, bewegen Sie sie und haben Sie Spaß. Schauen Sie, was bei Ihren Experimenten herauskommt.
- Experimentieren Sie mit den Werkzeugen **Adjust (Anpassen)**, **Align (Ausrichten)** und **Mirror (Spiegeln)**.
- Hier sind ein paar einfache Formen, die Sie mit Primitiven bauen könnten:
 - Ein Haus, ein Baum oder eine Straße
 - Ein Auto, ein Boot, ein Fahrrad oder ein Skateboard
 - Ein Roboter, ein Monster, eine Person oder eine Katze
 - Ein Gesicht, einen Frosch oder auf was Sie sonst Lust haben



FORSCHEN: GEOGRAFIE UND KLIMATA

UM DIESES PROJEKT IN IHREN LEHRPLAN ZU INTEGRIEREN, SOLLTEN IHRE SCHÜLER IN ZWEIERGRUPPEN ODER EINZELN DIE VERSCHIEDENEN BIOME (WÜSTE, REGENWALD, TUNDRA USW.) UNTERSUCHEN.

- Was definiert die Biome?
- Wo sind diese Biome zu finden?
- Worin besteht die Schwierigkeit, in jedem dieser Biome zu leben?
- Welche Ressourcen sind in jedem der Biome reichlich vorhanden?

FÜHREN SIE EINE OFFENE DISKUSSION ÜBER DIE RESSOURCEN, DIE IHRE SCHÜLER TÄGLICH VERWENDEN. EINE RESSOURCE IST EIN BESTAND, AUS DEM EIN NUTZEN ENTSTEHT.

- Lassen Sie die Schüler ihre Lieblings-Ressource aufschreiben und den Grund dafür erklären.
- Lassen Sie die Schüler erforschen, aus welchen Biomen die Ressourcen kommen.

DIE SCHÜLER SOLLEN UNTERSUCHEN, WIE DIE MENSCHEN DIESE BIOME NUTZEN.

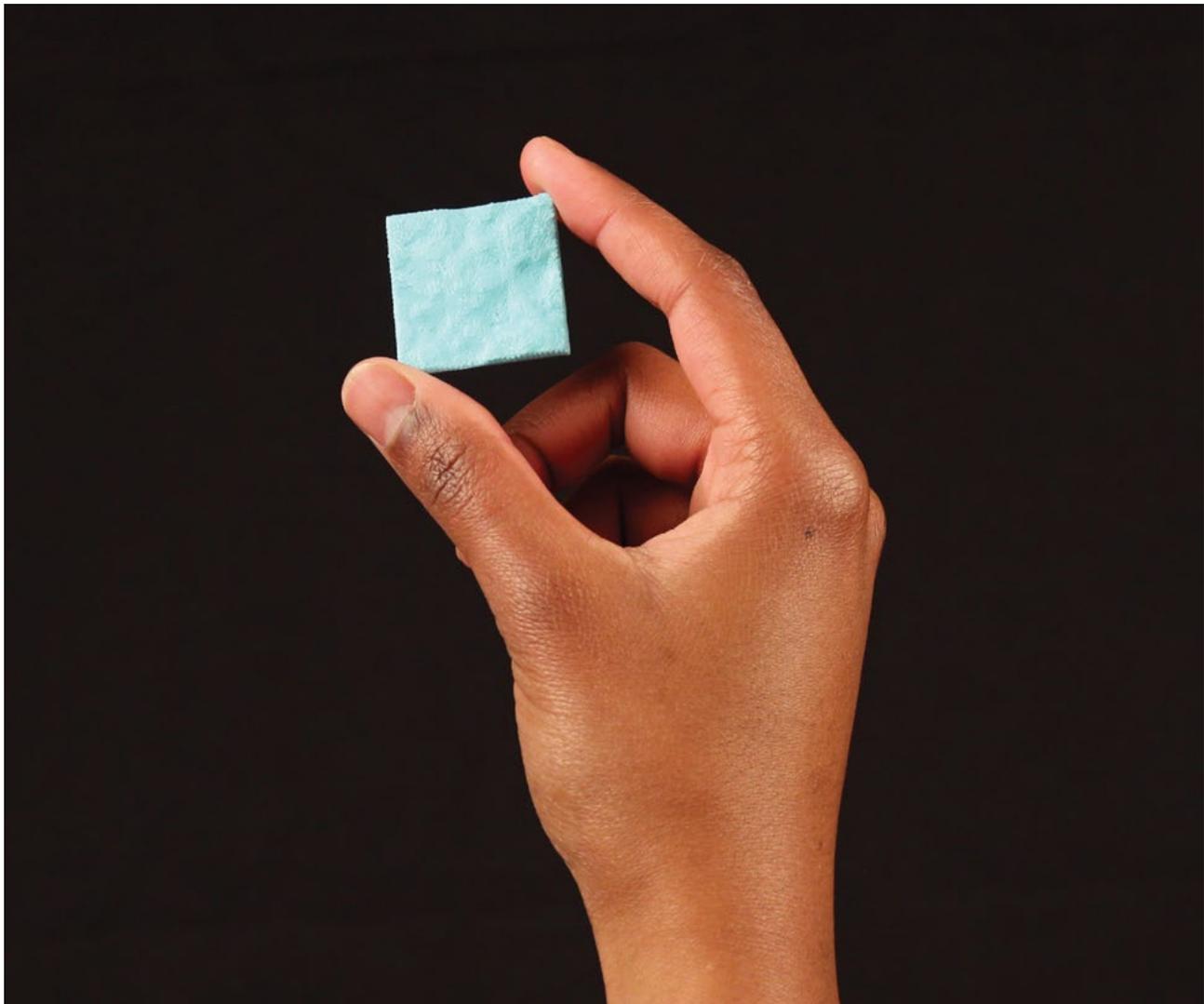
- Welche Kulturen leben in jedem dieser Biome?
- Wie bauen die Einwohner Lebensmittel an oder verwalten sie?
- Wie wird in diesen Klimazonen, entsprechend der Lebensumstände, gebaut?



ERSTELLEN: ENTWURF EINER WASSERPLATTE

SCHRITT 1: ENTWERFEN SIE EINE TERRAINPLATTE MIT EINEM TERRAIN-FORMGENERATOR.

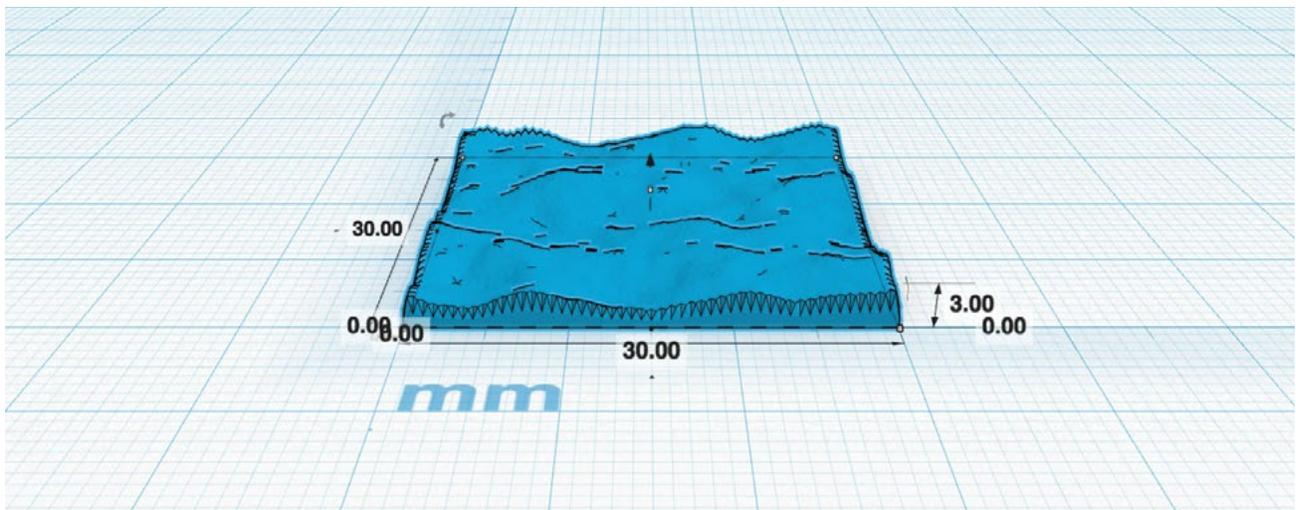
Die untenstehenden „Erstellen“-Projekte basieren alle auf dem **Formgenerator-Objekt Terrain** (zu finden im **Primitiven-Menü**). In diesem Schritt lernen wir, wie „Terrain“ zu finden und zu verwenden ist, um einfache Wasserplättchen wie dieses zu erstellen.



TIPP: BEGRENZEN SIE DIE HÖHE DER WASSERPLATTE AUF 3 MM.

- Ziemlich weit oben im **Primitiven-Menü** gibt es die Kategorie **Formgeneratoren**. Öffnen Sie diese Kategorie und öffnen Sie dann die Unterkategorie **Community**. Dieses Menü enthält besondere Objekte, die von Tinkercad-Community-Mitgliedern erstellt wurden.
- Ganz unten im **Community-Menü** ist eine Liste mit Seiten. Lokalisieren Sie die **Terrain-Platte**. Ziehen Sie die Terrain-Platte auf die **Arbeitsebene**.
- Ziehen Sie das **Lineal** auf Ihre Arbeitsebene. Passen Sie die Größe der Platte durch Klicken auf die Abmessungen an und tippen Sie neue Zahlen ein, damit die Platte **30 x 30 mm** misst. Drücken Sie zur Bestätigung **Enter**.
- Wenn Sie möchten, können Sie Ihre Wasserplatte blau einfärben. Wählen Sie die Platte aus und verwenden Sie dann die **Color-Option** im **Inspector-Menü** in der unteren rechten Ecke des Sichtbereichs. Natürlich hängt die tatsächliche Druckfarbe von der Farbe des Filaments in Ihrem 3D-Drucker ab!
- Wenn die Terrain-Platte ausgewählt ist, sollten Sie das **Inspector-Menü** mit drei Schiebereglern sehen, die Sie zur Veränderung der Terrainform benutzen können. Modifizieren Sie Ihre Platte, bis sie wie ein leicht welliges Stück Ozean aussieht. (Wir erstellen später noch spannendere Platten!)
- Um diese Platte für den 3D-Druck zu exportieren, gehen Sie in das **Design-Menü** und wählen **Download for 3D Printing (Herunterladen für 3D-Druck)** aus. Drücken Sie den **STL-Knopf** und warten Sie, bis der Download des Entwurfs beginnt.
- Importieren Sie die STL-Datei in MakerBot Desktop und bereiten Sie den Druck vor. Die Druckzeit sollte etwa 20 Minuten betragen.

TIPP: PLATZIEREN SIE MEHRERE PLATTEN AUF DERSELBEN BAUPLATTE, DAMIT ALLE ODER DIE MEISTEN DRUCKE VOR DEM NÄCHSTEN UNTERRICHT FERTIG SIND.





ERSTELLEN: ENTWURF EINER WALDPLATTE

In diesem Projekt verwandeln Sie Ihre Wasserplatte in eine Waldplatte. Jede Waldplatte ist anders, aber das gedruckte Ergebnis könnte dem unten stehenden Bild ähneln.

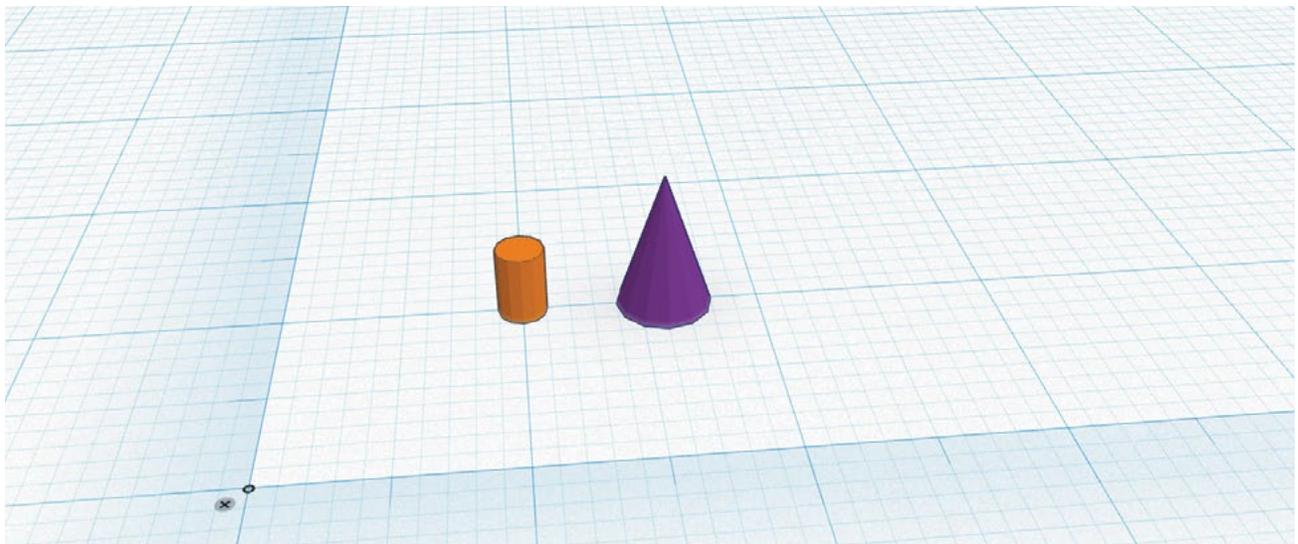


SCHRITT 1: ERSTELLEN SIE DEN BODEN IHRER PLATTE.

- Machen Sie eine Kopie Ihrer **30 x 30 mm** großen Wasserplatte.
- Klicken Sie auf die Platte und verwenden Sie das **Inspector-Menü**, um das Terrain Ihrer Platte nach Ihrem Geschmack zu gestalten. Passen Sie auch die Höhe Ihrer Platte an, um das Terrain interessanter zu machen. Wird es ein bergiger Wald oder eine ebene Landschaft? Sie entscheiden.
- Sie könnten auch die Farbe Ihres Terrains von Blau in Grün ändern.

SCHRITT 2: EINEN BAUMSTAMM UND EINE BAUMKRONE ERSTELLEN.

Der wichtigste Teil einer Waldplatte sind die Bäume! In diesem Schritt erstellen wir die Grundformen, die den Baum ausmachen.

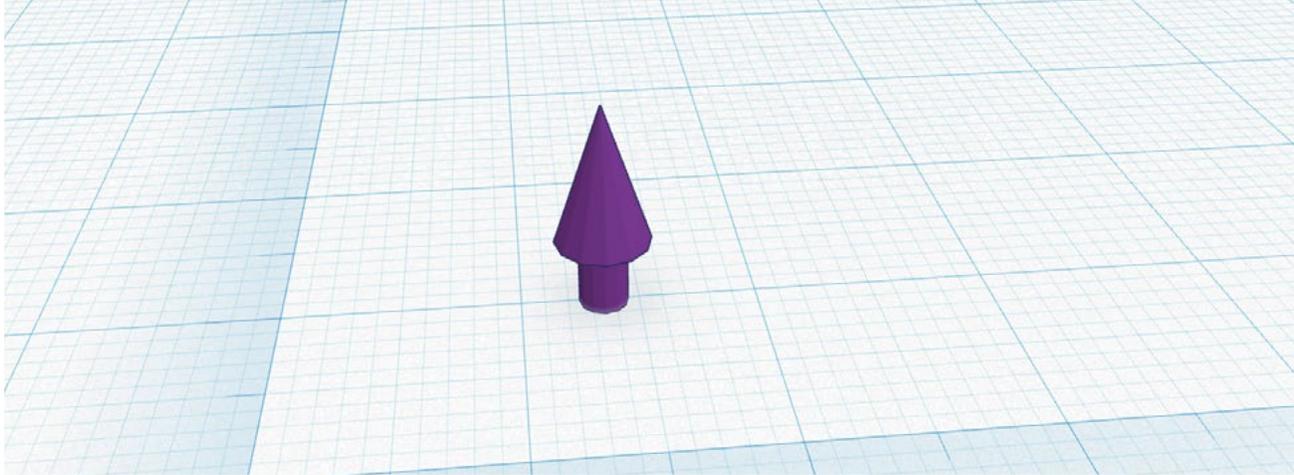


- Vergewissern Sie sich, dass das **Lineal** auf der Arbeitsebene ist.
- Ziehen Sie ein **Zylinder-Primitiv** aus dem Geometric-Menü auf die **Arbeitsebene**.
- Passen Sie die Zylindergröße auf **2 mm Länge, 2 mm Breite** und **3 mm Höhe** an.
- Wiederholen Sie diesen Vorgang nun, um ein **Kegel-Primitiv** auszuwählen und zu positionieren.
- Passen Sie die Kegelgröße auf **4 mm Länge, 4 mm Breite** und **6 mm Höhe** an.
- Ihr Tinkercad Design könnte jetzt etwa wie dieses Bild aussehen. Ändern Sie die Farben des Stamms und der Krone ganz nach Wunsch.

SCHRITT 3: BAUMKOMPONENTEN AUSRICHTEN UND ANORDNEN.

Das Zusammensetzen von Stamm und Krone zu einem Baum benötigt einige neue Werkzeuge. Wenn Sie einen Fehler machen, verwenden Sie „**Undo**“ und versuchen es noch einmal.

TIPP: BEGRENZEN SIE DIE HÖHE DER WALDPLATTE AUF 10 MM.

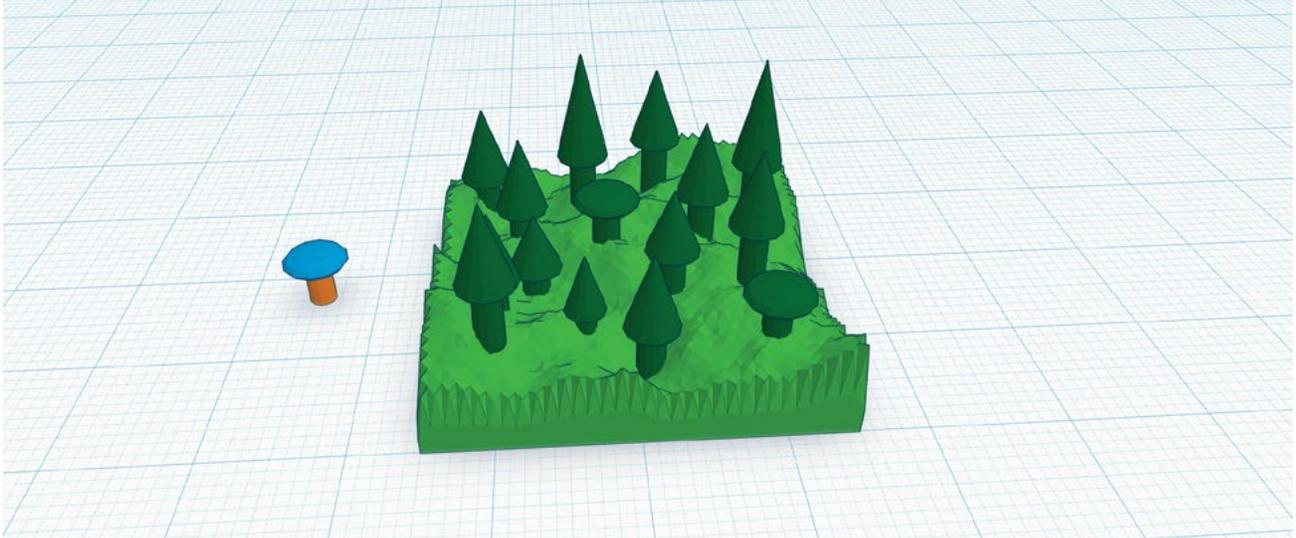


- Wählen Sie den Kegel und schauen Sie sich seine Maße an. Ziehen Sie den schwarzen Anfasser über dem Kegel und ziehen Sie ihn **3 mm** nach oben, so dass er auf derselben Höhe ist wie das obere Ende des Zylinders.
- Jetzt müssen Sie den Kegel direkt auf den Zylinder stellen. Sie können versuchen, den Kegel mit der **Maus und/oder den Pfeiltasten** zu bewegen, doch geht dies mit dem leistungsfähigen Ausrichtungs-Werkzeug „**Align**“ von Tinkercad leichter und besser. Wählen Sie den **Zylinder** und den **Kegel** gleichzeitig aus, indem Sie **Shift** gedrückt halten und beide Objekte auswählen.
 - Klicken Sie auf „**Adjust**“ in der oberen Menüleiste und wählen Sie im Dropdown-Menü „**Align**“.
Nun sehen Sie schwarze Stifte um Ihre beiden ausgewählten Objekte herum. Diese Stifte stellen verschiedene mögliche Ausrichtungspositionen für die Objekte dar.
 - Sie wollen, dass **Kegel und Zylinder zentriert ausgerichtet sind**, sowohl in Richtung der **x-Achse** als auch **der y-Achse**. Klicken Sie dazu auf den mittleren Stift in Richtung der **x-Achse** und den **mittleren Stift** in Richtung **der y-Achse**. Ihre Objekte rasten nun ausgerichtet ein.
- Gruppieren Sie jetzt die Objekte aus Zylinder und Kegel zusammen, damit sie als zusammengesetzte Einheit fungieren. Vergewissern Sie sich, dass beide Objekte weiterhin ausgewählt sind, und drücken Sie dann „**Group**“ in der oberen Menüleiste.

SCHRITT 4: BAUM POSITIONIEREN UND GRÖSSE ANPASSEN.

- Wählen Sie Ihren Baum aus und ziehen Sie ihn auf die Terrain-Platte. Sie können die Position des Baums mit dem schwarzen Pfeilanfasser über dem Baum heben und senken.
- Wenn Sie Ihren Baum höher, niedriger, breiter, schlanker, größer oder kleiner machen wollen, können Sie das mit den weißen und schwarzen Anfassern um das Baumobjekt. Ziehen Sie zum Beispiel an dem weißen Punkt oben, um den Baum höher und an dem Eckpunkt, um den Baum breiter zu machen.

TIPP: DENKEN SIE DARAN, DASS SIE **UMSCHALTEN GEDRÜCKT HALTEN** KÖNNEN, WÄHREND SIE EINE ECKE ZIEHEN, FALLS SIE DEN GANZEN BAUM PROPORTIONAL GRÖßER ODER KLEINER MACHEN WOLLEN UND SEINE FORM GLEICH BLEIBEN SOLL.



SCHRITT 5: WIEDERHOLEN SIE DEN VORGANG, UM EINEN WALD ZU ERSTELLEN.

Für eine interessante Waldplatte brauchen Sie viele unterschiedlich geformte und große Bäume. Seien Sie kreativ bei der Erstellung und Platzierung Ihrer eigenen, einzigartigen Baumgruppe.

- Wählen Sie Ihren ersten Baum aus und verwenden Sie **Kopieren und Einfügen** zur Erstellung des zweiten Baums mit dem **Edit-Menü** (oder mit den **Tastenkürzeln** Ihrer Tastatur).
- Arrangieren Sie Ihre Bäume als kleines Wäldchen, zu einem großen dichten Wald oder als lichten Wald mit Platz für einen Weg, ganz nach Ihrem Geschmack.
- Vergrößern und verkleinern Sie ein paar Bäume mit den schwarzen und weißen Quadraten um jedes Objekt. Nicht alle Bäume sind in der Realität gleich groß. Deshalb ist Ihr Wald mit unterschiedlich großen Bäumen sicher realistischer. Vergewissern Sie sich, dass die Bäume nicht höher als **15 mm** sind und die Stammzylinder nicht zu dünn und fragil werden.
- Versuchen Sie, durch das Experimentieren mit verschiedenen geometrischen Formen für die Kronen verschiedene Arten von Bäumen zu erstellen.
- Wenn Sie mit der Waldplatte fertig sind, klicken und ziehen Sie ein Auswahlfenster um alle Komponenten und drücken Sie **„Group“**. Wenn Sie die unterschiedlichen Farben der Bäume und der Landschaft beibehalten möchten, klicken Sie auf **„Color“** im Fenster **„Inspector“** und wählen Sie **„Multicolor“**. Natürlich ist die Farbe Ihrer 3D-gedruckten Platte abhängig von der Farbe des Filaments in Ihrem Drucker und nicht von den Farben, die Sie bei Tinkercad wählen.
- Importieren Sie die **STL-Datei** in **MakerBot Desktop** und bereiten Sie den Druck vor.



ERSTELLEN: ENTWURF EINER GEBIRGSPLATTE

In diesem Projekt verwenden Sie die Design-Techniken, die Sie bis hierhin gelernt haben, um eine Gebirgsplatte zu erstellen. Dabei lernen Sie Tinkercads **Loch-Werkzeug** kennen. Jede Gebirgsplatte ist anders, aber das fertig gedruckte Ergebnis könnte dem unten stehenden Bild ähneln.



SCHRITT 1: GENERIEREN SIE EINE GRUNDPLATTE.

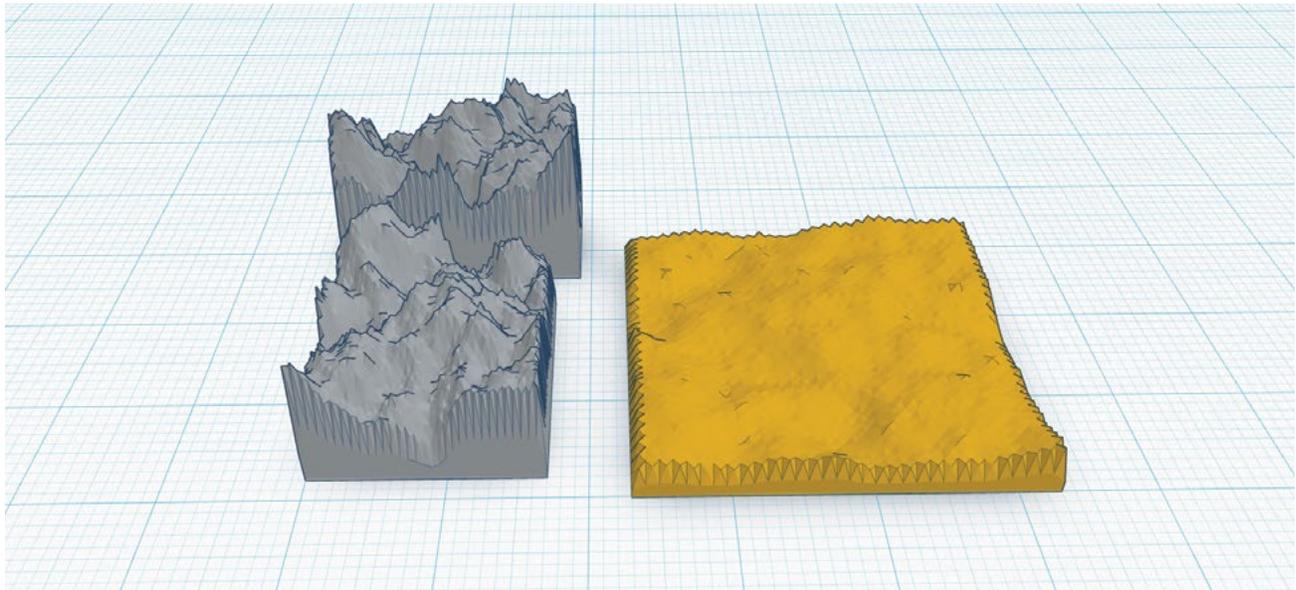
Lassen Sie uns mit der Erstellung einer Grundlandschaft beginnen. Später können Sie größere Bergketten hinzufügen.

- Machen Sie eine Kopie Ihrer **30 x 30 mm** großen Wasserplatte.
- Klicken Sie auf die Platte und verwenden Sie das **Inspector-Menü**, um das Terrain Ihrer Platte nach Ihrem Geschmack zu gestalten.
- Sie könnten auch die Farbe Ihres Terrains von blau in gelb ändern.

TIPP: BEGRENZEN SIE DIE HÖHE DER GRUNDPLATTE AUF **3 MM**.
BEGRENZEN SIE DIE GESAMTHÖHE AUF **15 MM**.

SCHRITT 2: ERSTELLEN SIE EINIGE HOHE BERGKETTEN.

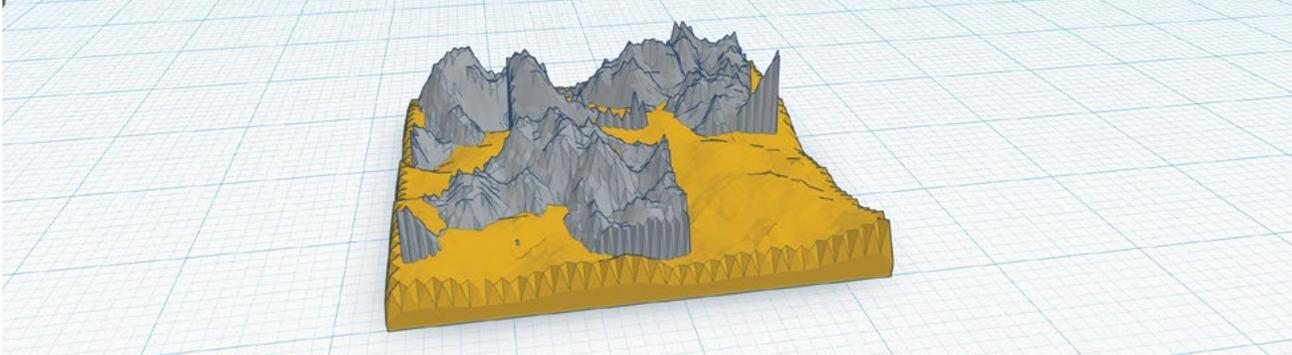
In diesem Schritt fügen Sie Ihrer Grundplatte Bergketten hinzu.



- Verwenden Sie eine zusätzliche Terrainplatte, um eine dramatische Bergkette zu erstellen. Machen Sie die Berge durch Einstellen der Plattenhöhe anhand des weißen Quadrats oben am Objekt höher.
- Verwenden Sie zusätzliche Terrainplatten, um verschiedene Bergformen zu erstellen.

SCHRITT 3: ARRANGIEREN SIE DIE BERGKETTEN AUF IHRER PLATTE.

In diesem Schritt binden Sie die erstellten Bergketten in Ihre Grundplatte ein.

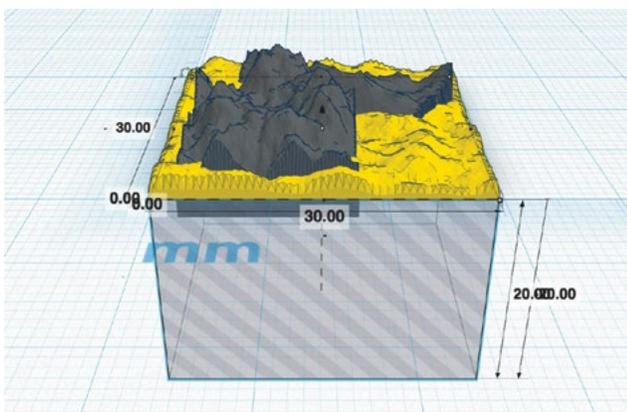


- Ziehen Sie Ihre Bergplatten auf die Unterlage und drehen oder arrangieren Sie sie, wie Sie wollen.
- Um den Übergang zwischen den Bergen und dem Boden ein bisschen natürlicher zu machen, wählen Sie einen Gebirgszug und verwenden Sie den schwarzen Anfasser über dem Objekt, um ihn weiter nach unten in die Grundplatte zu drücken. Dadurch erstreckt sich der Boden der Bergkette unterhalb der Basisplatte, aber das ist in Ordnung; wir entfernen dieses Stück im nächsten Schritt!

SCHRITT 4: ABSCHNEIDEN DES UNTEREN RANDS DER PLATTE MIT DEM LOCH-TOOL.

Eines der leistungsfähigsten Werkzeuge, die Tinkercad bietet, ist die Möglichkeit, mit Löchern Stücke von anderen Objekten abzuschneiden. In diesem Schritt lernen Sie dieses Tool zu verwenden, um störende Stücke der Bergkette, die unter Ihrer Basisplatte verlaufen, abzuschneiden.

- Kreieren Sie mit der Ansicht, so dass Sie unter die Basisplatte sehen können.
- Ziehen Sie ein **Würfel-Primitiv** aus dem Geometric-Menü auf die **Arbeitsebene**.
- Ändern Sie die Größe des Würfels, sodass er größer ist als Ihre Basisplatte, und verschieben Sie ihn nach unten, damit seine Oberseite exakt an der Unterseite Ihrer Platte verläuft.
- Wählen Sie den Würfel aus und klicken Sie auf „Hole“ im **Inspector-Menü**.
- Wählen Sie alle Objekte aus und drücken Sie „**Group**“, um Sie zusammen zu gruppieren. Bedenken Sie, dass das Loch den Rest des Objekts abschneidet.

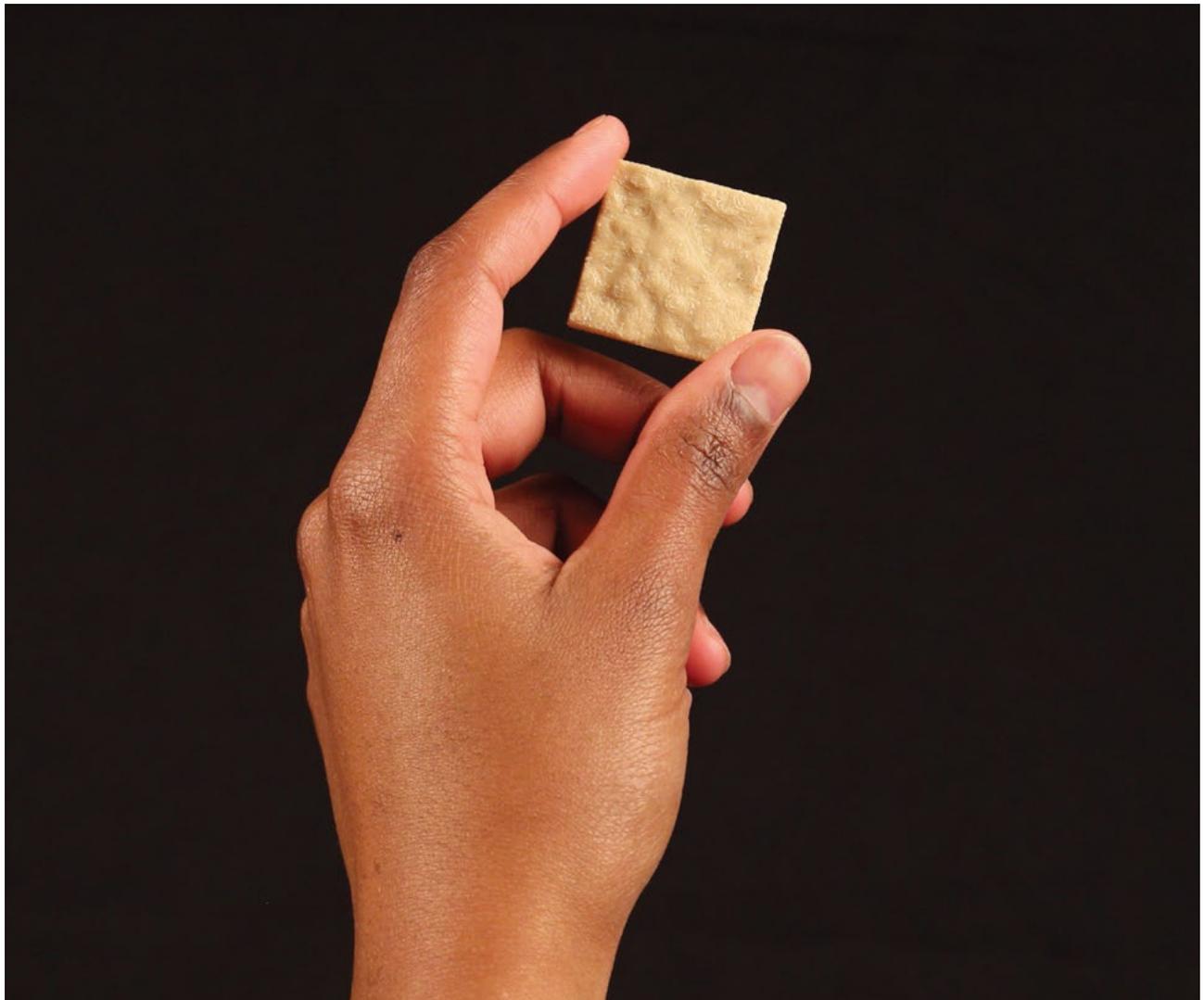


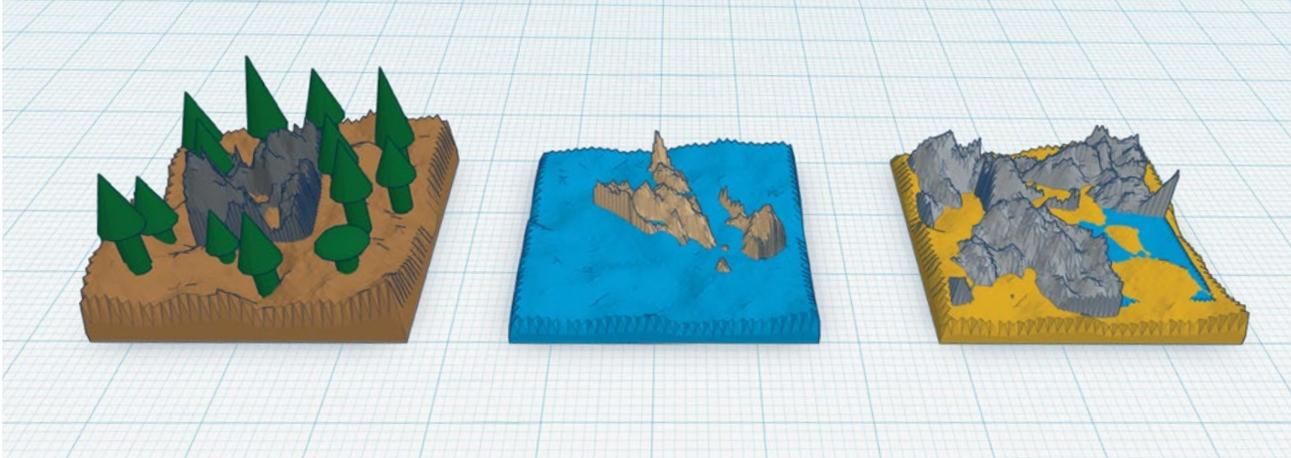
TIPP: WENN DIE HÖHE IHRES WÜRFELS 50 MM BETRÄGT, KÖNNEN SIE DIE ENTFERNUNG ZWISCHEN DEM BODEN DES WÜRFELS UND DER ARBEITSEBENE AUF -50 MM SETZEN.



ERSTELLEN: ENTWURF EINER LANDPLATTE

Verwenden Sie jetzt die Techniken der drei vorherigen „Erstellen“-Abschnitte, um Ihre eigene Landplatte zu erstellen! Auf der nächsten Seite finden Sie einige Varianten zu den Wald-, Wasser- und Bergplatten, die wir erstellt haben.





- Entwerfen Sie eine **30 x 30 mm** große Terrainplatte mit dem **Terrain-Formgenerator**. Verändern Sie die Form des Terrains, bis sie ihren Vorstellungen entspricht, und machen Sie die Landkonturen durch Dehnen der Platte von oben größer oder kleiner.
- Erstellen Sie weitere Landmerkmale für Ihre Platte. Versuchen Sie es mit Dingen aus der Natur wie Bergen, Tälern, Hügeln, Flüssen und Bäumen. Wenn Sie von Menschenhand geschaffene Strukturen wie Brücken und Häuser hinzufügen wollen, können Sie das ebenfalls versuchen! Stellen Sie nur sicher, dass Ihre Strukturen nicht zu klein sind, um gedruckt zu werden.
- Lassen Sie die Schüler nach Abschluss ihrer Entwürfe jeweils eine oder zwei Platten downloaden und zum 3D-Drucken vorbereiten. Um diese Platte für den 3D-Druck zu exportieren, gehen Sie in das **Design-Menü** und wählen **„Download for 3D Printing“ (Herunterladen für 3D-Druck)** aus. Drücken Sie den **STL-Knopf** und warten Sie, bis der Download des Entwurfs beginnt.
- Importieren Sie die **STL-Datei** in **MakerBot Desktop** und bereiten Sie den Druck vor. Die Druckzeit sollte etwa 20-40 Minuten betragen.

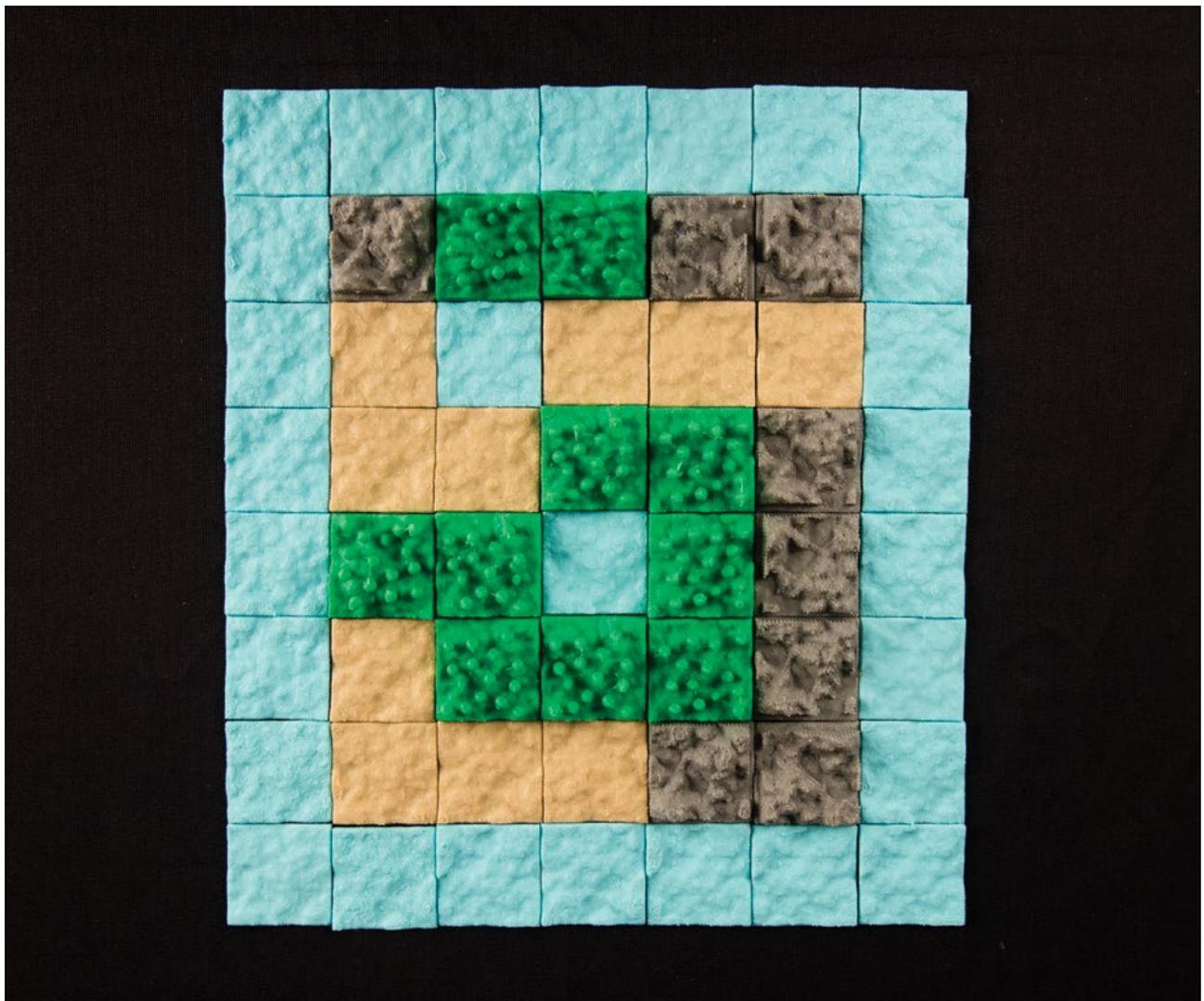
TIPPS: PLATZIEREN SIE MEHRERE PLATTEN AUF DERSELBEN BAUPLATTE, DAMIT ALLE ODER DIE MEISTEN PLATTEN VOR DEM NÄCHSTEN UNTERRICHT FERTIG SIND. JEDES KLIMA KÖNNTE EINE IHM ZUGEORDNETE FILAMENTFARBE HABEN. SOLLTEN SIE NOCH MEHR FARBE WÜNSCHEN, KÖNNEN SIE ES MIT FARBIGER BEMALUNG ODER MARKIERUNGEN VERSUCHEN, UM IHRE PLATTEN NACH DEM DRUCKEN ZU DEKORIEREN.



WEITERFÜHRENDE AKTIVITÄTEN: DIE NEUE WELT ERKUNDEN

AKTIVITÄT 1: RESSOURCEN UND SIEDLUNGEN

Nachdem Sie die Platten aller Schüler modelliert und gedruckt haben, montieren Sie sie großflächig als Gruppe. Dieses 3D-gedruckte Karte ist die von Ihrer Klasse geschaffene neue Welt.



Material

- 3D-gedruckte Landplatten
- Bemalung (optional)
- Große Oberfläche (für die Zusammensetzung der Karte)

Schritte

1. Lassen Sie Ihre Schüler forschen und ihre Fähigkeiten zum kritischen Denken einsetzen, um etwas über historische Siedlungen und ihre Gründung zu erfahren. Jeder Schüler untersucht einen historischen Staat, ein Land oder einen Ort seiner Wahl oder bekommt ihn zugewiesen.
 - Untersuche die Geographie und das Klima des Ortes.
 - Beschreibe die natürlichen Ressourcen der Gegend und wie sie genutzt wurden.
 - Überlege, wo die Siedlungen angelegt wurden und warum gerade dort.
 - Hatten die Siedlungen ein Wirtschaftssystem? Wie sah es aus? Gab es eine Währung?
 - Mit wem handelten die Siedler? Womit handelten sie?
 - Gab es ein religiöses System oder kulturelle Merkmale?
2. Lassen Sie die Schüler im Anschluss an diese Untersuchung Teams bilden. Geben Sie Ihnen folgende Aufgabe: Euer Heimatland hat euer Team auf eine Expedition geschickt, um neue und unerforschte Länder zu entdecken und zu besiedeln. Nach vielen Wochen auf See hat eure Flotte eine neue Welt entdeckt und landet dort, um sie zu untersuchen.
 - Jedes Team wählt mindestens 6-10 Platten der Klassenkarte als Landegebiet aus.
 - Ausgehend von dem Standort vermisst das Team die Region und richtet eine Siedlung ein.
 - Mit ähnlichen Kriterien wie in Schritt 1 sammeln die Teams Informationen über ihre neuen Siedlungen.
 - Lassen Sie die Schüler eine kurze Beschreibung der neuen Siedlung ihres Teams schreiben. Dabei sollten sie die natürlichen Ressourcen in Betracht ziehen, die sie von jeder Platte erhalten, und wie sie die Errichtung von Gebäuden und die Einrichtung eines Transportsystems planen.

AKTIVITÄT 2: EINRICHTUNG EINES TRANSPORTSYSTEMS

Jetzt, wo ihr eure Siedlung in der neuen Welt eingerichtet habt, ist es Zeit, darüber nachzudenken, wie ihr euch dort fortbewegen werdet. Wie würde der Transport in eurer neuen Umgebung aussehen?

Material

- Computer mit Tinkercad
- 3D-gedruckte Platten, aus denen sich die topographische Karte ihrer Klasse zusammensetzt

Schritt

1. Lassen Sie Ihre Schüler traditionelle Verkehrsmittel erforschen, mit Geschichtsbüchern als Referenz.
 - Was sind die Vor- und Nachteile eines jeden Systems?
 - Sind bestimmte Arten von Verkehrsmitteln typisch für bestimmte Klimazonen oder Regionen?

- 
2. Lassen Sie die Teams im Brainstorming die Verkehrsmittel für ihre Siedlungen bestimmen. Wie lassen sich Entfernungen auf dem Gelände am besten überwinden? Auf Straßen, Flüssen oder in der Luft? Der Himmel ist das Limit.
 3. Lassen Sie die Schüler diese Verkehrsmittel in Tinkercad erstellen, entweder indem vorhandene Platten modifiziert werden oder indem neue Teile zur vorhandenen Karte der Klasse hinzugefügt werden. Vielleicht entsteht ein Auto, ein Heißluftballon oder ein Boot. Vielleicht erfinden ihre Schüler auch eine ganz neue Art von Transportmittel.

WISSENS-CHECK

- Warum ist es vorteilhaft, kleine getrennte Stücke für das Drucken zu modellieren?
- Mit welchen Werkzeugen und Funktionen werden Objekte in Tinkercad erstellt?
- Wo liegen die Stärken und Schwächen von Tinkercad?
- Wie navigiert man in Tinkercad?
- Warum ist es beim Erstellen der Bergplatten wichtig, das Lochwerkzeug zum Ausschneiden der Basis der Platte zu verwenden?
- Warum ist es vorteilhaft, mehrere Druckobjekte gleichzeitig auf der Bauplatte anzuordnen?

AUSBLICK

Tinkercad ist ein ganz hervorragendes Werkzeug für den Einstieg in die 3D-Modellierung. Trotz der Einfachheit der Benutzeroberfläche ist Tinkercad ein sehr mächtiges Werkzeug. Viele Modellbauer und Konstrukteure haben damit komplexe Objekte erstellt. In Situationen, in denen Sie eine visuelle Unterstützung benötigen oder einen Prototypen erstellen müssen, kann Ihnen Tinkercad dabei helfen, eine Idee schnell zu realisieren und bei Bedarf zu verfeinern. Wenn Sie nicht sicher sind, wie die 3D-Modellierung in Ihr Unterrichtsfach integriert werden kann oder sollte, ist Tinkercad eine mögliche Lösung.

PROJEKT: PARAMETRISCHES MODELLIEREN MIT OPENSCAD



CODIEREN LERNEN FÜR 3D-DRUCK: EIN NAMENSSCHILD

HINTERGRUND

In diesem Projekt werden die Schüler grundlegende Programmierkenntnisse in der OpenSCAD-Sprache erwerben und anwenden. Als Übungsobjekt dient ein Namensschild. Von der optischen Anmutung her unterscheidet sich OpenSCAD von anderen 3D-Modellierungs-Programmen. Es handelt sich um eine einfache, deklarative Computersprache, die speziell für den Entwurf von Modellen für den 3D-Druck entwickelt wurde. Während der Anpassung des vorhandenen OpenSCAD-Codes für ein gewelltes Namensschild setzen sich die Schüler mit Parametern, Dimensionen, for-Schleifen, Translationen und Booleschen Operationen auseinander.

Dieses Projekt eignet sich für alle Klassen und Altersgruppen, wobei keine Programmiererfahrung erforderlich ist. Ebenso lässt es sich für fortgeschrittene Schüler erweitern, um die Grundlagen von Geometrie, Trigonometrie und Analysis zu vermitteln.

UMFANG

Die Studierenden lernen, wie mit der OpenSCAD-Sprache einfacher Code zum Erstellen von Objekten geschrieben wird. Sobald eine gewisse Vertrautheit erreicht ist, erfolgt der Übergang zu einem Beispiel-Codierungsprojekt, das dazu anregt zu untersuchen, wie sich die Veränderung verschiedener Variablen auf das 3D-Modell auswirkt. Zum Schluss werden eigene, eindeutige Variablen und Funktionen hinzugefügt, mit denen sich das Namensschild weiter anpassen lässt.

PROJEKTÜBERSICHT

Forschen: Parametrische und anpassbare Modelle

Entdecken: Modellieren mit OpenSCAD-Code

Erstellen: Anpassen eines Namensschilds mit OpenSCAD-Code

Erstellen: OpenSCAD-Code für den Entwurf eines Modells von Grund auf schreiben

Weiterführende Aktivitäten: Anpassungswerkzeug, Trigonometrie und Analysis

LOGISTIK

- Technologie
 - MakerBot Replicator 3D-Drucker
 - Voraussichtliche Druckdauer: 20 bis 35 Minuten pro Namensschild
 - Computer mit OpenSCAD und MakerBot Desktop
- OpenSCAD kann von www.openscad.org heruntergeladen werden. Für dieses Projekt wird OpenSCAD Version 2015.03 oder höher benötigt.
- Der vollständig kommentierte Code für diese Lektion befindet sich in der Datei **MakerBot_NametagCode_Project.scad**, die über das Konto MakerBot Learning auf Thingiverse heruntergeladen werden kann.

- Als einfachere Variante dieses Projekts oder als Ausweichprojekt im Fall von technischen Problemen lässt sich das Namensschilddesign über das Konto MakerBot Learning auf Thingiverse herunterladen. Wenn in diesem Link **Open in Customizer** gewählt wird, können die Schüler ihre eigenen Namensschilder ohne direkte Interaktion mit dem Code gestalten.

LERNZIELE

Allgemeines

- Eine gewisse Routine im Schreiben von Codes mit einfachen Parametern
- Maße und Dimensionen

3D-Design (Parametrische Modellierung)

- Ändern von Parametern
- Einfacher OpenSCAD-Code
- Translation

TERMINOLOGIE

- **Variable:** Symbol, das einen Wert bezeichnet, der abhängig von der Definition der Variablen festgelegt oder geändert werden kann
- **Funktion:** Codekonstrukt, das einen Wert oder eine Aktion zurückgibt
- **Parameter:** Variable innerhalb einer bestimmten Grenze
- **Facetten:** Ebene Flächen, die in ihrer Gesamtheit das Äußere eines Objekts bilden. Je mehr solcher Facetten es gibt, desto glatter ist das Objekt.
- **Fehlersuche:** Fehlerhafte Codefragmente suchen und korrigieren
- **Customizer:** Ein in Thingiverse.com integriertes Programm, mit dem es möglich ist, OpenSCAD-Dateien als vom Benutzer bearbeitbare Modelle hochzuladen
- **Rendern:** Eine grafische Ausgabe auf Grundlage des geschriebenen Codes generieren. In OpenSCAD ist die gerenderte Ausgabe ein massiver Volumenkörper.



FORSCHEN: PARAMETRISCHE UND ANPASSBARE MODELLE

Einer der Vorteile der codegestützten Modellierung besteht darin, dass die Modelle **parametrisch** sein können. Das heißt, dass Ihr Modell Elemente enthalten kann, die ganz einfach zu ändern sind. Beispiele hierfür sind der Abstand zwischen zwei Teilen oder die Länge eines Hebels. Der Konstruktionsprozess ist durch ständige Wiederholung gekennzeichnet: Sie entwerfen etwas, versuchen es als realen Gegenstand zu drucken, lernen aus dem Modell, ändern die Konstruktion des Modells und wiederholen die vorangegangenen Schritte. Parametrische Modelle verkürzen den Konstruktionsprozess.

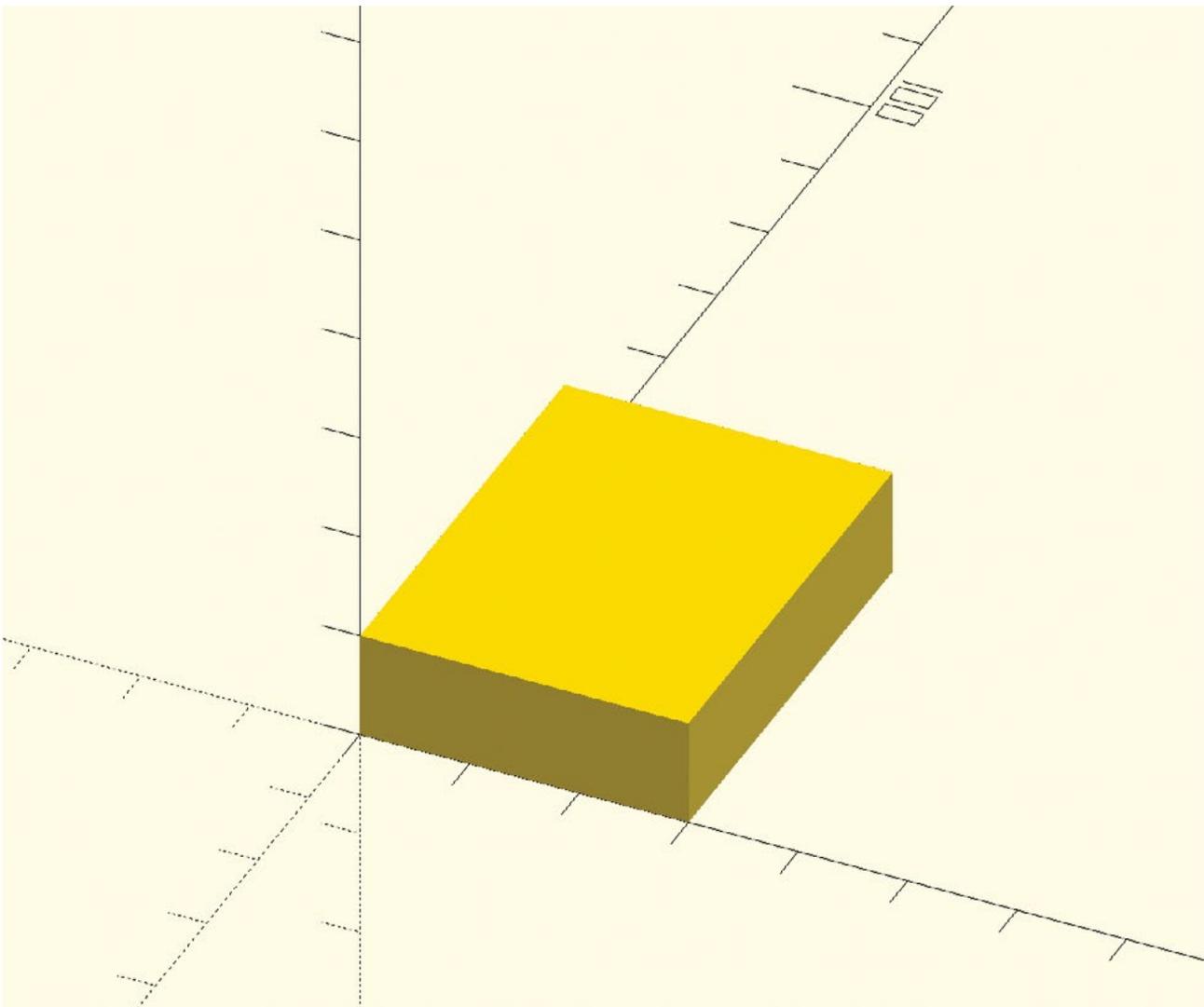
Bevor Sie mit Ihrem eigenen Code beginnen, werfen Sie einen Blick auf die anpassbaren Modelle auf **Thingiverse**. Jedes anpassbare Modell wurde mit OpenSCAD-Code konstruiert und dann mit MakerBot Customizer bearbeitet. Dieses Programm bietet eine einfache Benutzerschnittstelle zur Modifizierung von Parametern im Modell.

- Rufen Sie **www.thingiverse.com** auf. Öffnen Sie die Registerkarte **Explore** und wählen Sie **Customizable Things**. Hier finden Sie eine große Auswahl an Modellen, die Thingiverse-Benutzer beigesteuert haben.
- Wenn Sie möchten, wechseln Sie die zweite Kategorie von **All** in eine andere, zum Beispiel in **Toys and Games**.
- Wählen Sie nun etwas für die dritte Kategorie, zum Beispiel **Dice**. Viele Menschen haben ihre Modelle für einen anpassbaren Würfel auf **Thingiverse** zur Verfügung gestellt. Wählen Sie eines der Modelle aus. Sobald das Modell geöffnet ist, klicken Sie auf die Schaltfläche mit der Beschriftung **Open in Customizer**.
- Im Programm **Customizer** können Sie alle Parameter ändern, die vom Konstrukteur im Modell als parametrisch, d.h. als änderbar, angelegt wurden. Jedes Modell hat verschiedene Parameter, je nachdem, welche Änderungsmöglichkeiten der Konstrukteur vorgesehen hat. Erkunden Sie die Funktionen des **Customizer**. Jedes Mal, wenn Sie einen Wert auf der linken Seite der Benutzeroberfläche auswählen oder ändern, wird das Bild auf der rechten Seite entsprechend aktualisiert.
- Ebenso können Sie sich den Code ansehen, mit dem der Konstrukteur das Modell erstellt hat. Klicken Sie dazu auf die Schaltfläche **View Source** unter dem Bild des Modells in **Customizer**. Einige Modelle basieren auf sehr anspruchsvollen Codes, andere dagegen sind überraschend einfach aufgebaut.
- Experimentieren Sie mit zwei oder drei anpassbaren Modellen verschiedener Art, ändern Sie Parameter und sehen Sie sich den Code für die einzelnen Modelle an. Die codegestützte Konstruktion verschafft Flexibilität und eine Unzahl von Möglichkeiten. Was würden Sie mit diesem Tool konstruieren?



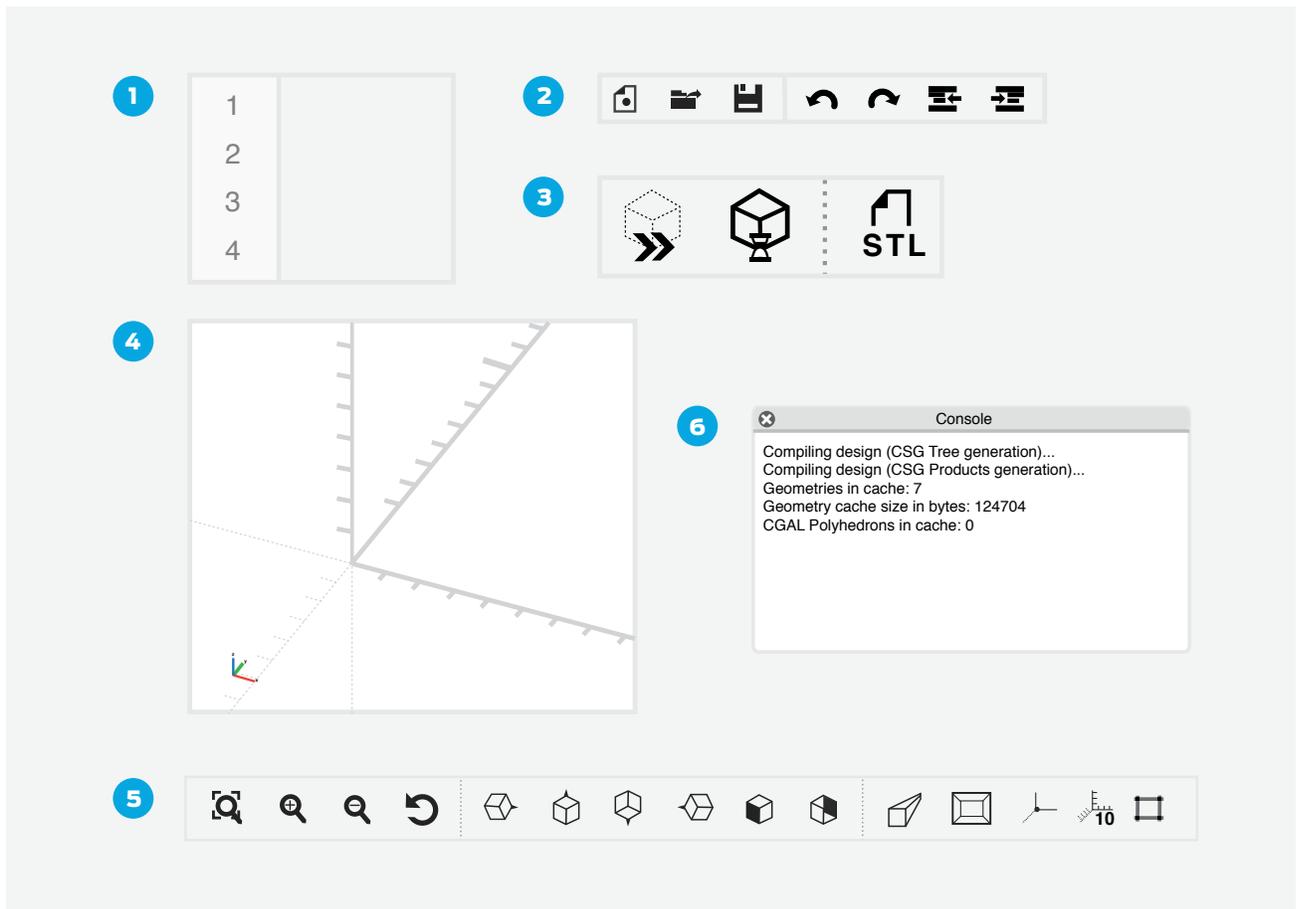
ENTDECKEN: MODELLIEREN MIT OPENS CAD- CODE

Wenn Sie die OpenSCAD-Software öffnen, sehen Sie ein Fenster wie das unten abgebildete. Der grundlegende Arbeitsablauf sieht folgendermaßen aus: Sie geben Code in das **Editorfenster** auf der linken Seite ein, drücken **F5 an einem PC (oder Funktion-F5 an einem Mac)**, um den Code zu kompilieren und können das Ergebnis dann im **Ansichtsbereichsfenster** auf der rechten Seite kontrollieren. Ein kleines **Konsolenprotokoll** unten rechts zeigt Anmerkungen zur Ausgabe und gelegentlich auch Fehlermeldungen an. Zur Navigation im **Ansichtsbereich** verwenden Sie die Maus. Folgen Sie den Schritten in diesem Abschnitt, um sich mit den Funktionen von OpenSCAD vertraut zu machen.



BENUTZEROBERFLÄCHE:

- 1. Editorfenster:** Geben Sie hier den Code zur Definition Ihres Modells ein.
- 2. Systemoptionen:** Datei speichern, Aktionen rückgängig machen und wiederherstellen, Code formatieren
- 3. Modelloptionen: Preview, Render und Export STL** Dateien aus diesem Menü
- 4. Ansichtsbereich:** In diesem Bereich wird das im Editorfenster definierte Modell angezeigt.
- 5. Ansichtsmenü:** Mit der Maus oder den Schaltflächen in diesem Menü kann der Ansichtswinkel verändert werden.
- 6. Konsole:** In diesem Fenster werden Anmerkungen zur Ausgabe und Fehlermeldungen angezeigt.



SCHRITT 1: DEN ERSTEN OPENS CAD-BEFEHL EINGEBEN UND ZUSAMMENSTELLEN

- Geben Sie im Editorfenster den Befehl **cube([30,40,10]);** ein. Achten Sie darauf, den Befehl bis ins Detail genau so einzugeben, wie er hier vorgegeben ist.
- Drücken Sie **F5** (oder **Funktion-F5**), um den resultierenden Quader zu sehen. Als Alternative zum Drücken von F5 können Sie die Schaltfläche **Preview** im Menü **Model Options** verwenden.
- Wenn die Achsen und/oder Skalenmarkierungen nicht sichtbar sind, können Sie diese im Menü **View** einschalten.
- Die Maße des Quaders betragen **30 mm** in **x-Richtung**, **40 mm** in **y-Richtung** und **10 mm** in **z-Richtung**.

SCHRITT 2: NAVIGATION UM DAS OBJEKT IM ANSICHTSBEREICH

- **Umkreisen:** Drücken Sie die linke Maustaste und ziehen Sie, um das Modell zu umkreisen.
- **Schwenken:** Drücken Sie die rechte Maustaste und ziehen Sie, um die Ansicht zu verschieben.
- **Zoom:** Drehen Sie das Mausrad nach oben und unten.

SCHRITT 3: DIE GRAFISCHEN GRUNDELEMENTE VON OPENSCAD KENNENLERNEN

- Geben Sie die in unten stehender Tabelle enthaltenen Befehle zur Erstellung von **grafischen Grundelementen** in das OpenSCAD-Editorfenster ein und drücken Sie **F5** (bzw. **Funktion-F5**), um das Ergebnis zu sehen.
- Experimentieren Sie mit dem Code, um ein Gefühl dafür zu entwickeln, wie die Befehle arbeiten.

CODEBEISPIEL	EFFEKT DES CODES	ANMERKUNGEN
<code>cube(30);</code>	Es entsteht ein am Ursprung zentrierter Würfel mit der Kantenlänge 30 mm.	Das Semikolon weist OpenSCAD an, das Objekt zu zeichnen. Viele Codezeilen müssen mit einem Semikolon enden.
<code>cube([30,40,10]);</code>	Es entsteht ein Quader mit einer Ecke im Ursprung und den Kantenlängen 30 mm, 40 mm und 10 mm.	Die eckigen Klammern enthalten die [x,y,z]-Koordinaten. Die Daten innerhalb der runden Klammern werden an den Befehl <code>cube</code> übergeben.
<code>cube([30,40,10], center=true);</code>	Es entsteht derselbe Quader wie oben, mit dem Unterschied, dass der Mittelpunkt des Quaders im Ursprungspunkt des Koordinatensystems liegt.	Es kommt auf die jeweilige Situation an, welche Art von Zentrierung am geeignetsten ist.
<code>sphere(20, \$fn=24);</code>	Es entsteht eine Kugel mit einem Radius von 20 mm, die am Ursprungspunkt zentriert ist und deren Oberfläche entlang des Umfangs aus 24 Facetten besteht.	Je größer die Anzahl der Facetten, desto glatter ist die Kugel. Allerdings dauert es länger, bis der Code zusammengesetzt ist.
<code>cylinder(h=20, r=10, \$fn=40);</code>	Es entsteht ein Zylinder mit einer Höhe von 20 mm und einem Radius von 10 mm, der am Ursprungspunkt zentriert ist und entlang des Umfangs aus 40 Facetten besteht.	Versuchen Sie einmal die Einstellung <code>\$fn=6</code> oder <code>\$fn=4</code> . Mit einer kleinen Anzahl von Facetten wird aus dem Zylinder ein Prisma mit einer sechseckigen oder quadratischen Grundfläche.
<code>cylinder(h=20, r1=10, r2=5);</code>	Es entsteht ein Kegelstumpf mit der Höhe 20 mm, dem unteren Radius 10 mm und dem oberen Radius 5 mm, der im Ursprung zentriert ist.	Wenn Sie für <code>\$fn</code> keinen Wert angeben, verwendet OpenSCAD einen Standardwert.

SCHRITT 4: DIE GRUNDLEGENDEN BEFEHLE VON OPENSCAD KENNENLERNEN

OpenSCAD bietet außerdem Befehle zum Verschieben, Skalieren, Extrudieren und Kombinieren von Grundelementen. Mit diesen leistungsfähigen Werkzeugen werden aus Grundelementen vollständige Konstruktionen.

- Geben Sie die nachstehenden Codefragmente in das **Editorfenster ein** und drücken Sie **F5** (bzw. **Funktion-F5**), um zu sehen, was passiert.
- Experimentieren Sie mit dem Code, um ein Gefühl dafür zu entwickeln, was die Befehle bewirken.

CODEBEISPIEL	EFFEKT DES CODES	ANMERKUNGEN
<pre>translate([-20,0,30]) cube(20, center=true);</pre>	Es wird ein im Ursprung zentrierter Würfel mit der Kantenlänge 20 mm erzeugt. Dann wird die Position dieses Würfels um -20 mm in x-Richtung und +30 mm in z-Richtung verschoben.	Der Befehl <i>translate</i> wirkt auf das grafische Grundelement, das im Code unmittelbar dahinter steht. Der Befehl <i>translate</i> bewirkt für sich allein noch keine Darstellung eines Objekts, deshalb steht dahinter kein Semikolon.
<pre>rotate(45, [0,1,0]) cube(20, center=true);</pre>	Es wird ein im Ursprung zentrierter Würfel mit der Kantenlänge 20 mm erzeugt. Dann wird der Würfel um 45 Grad um die y-Achse gedreht (um den Vektor [0,1,0]).	Ziehen Sie im Ansichtsbereich nach links, um zu sehen, wie das Objekt gedreht wurde.
<pre>linear_extrude(h=20) circle(20, \$fn=6);</pre>	Es entsteht ein „Kreis“ mit einem Radius von 20 mm und nur sechs Facetten (in anderen Worten: ein Sechseck). Dann wird diese Form bis auf eine Höhe von 20 mm extrudiert.	Beachten Sie, dass hier der Kreis und somit ein zweidimensionales Grundelement zum Einsatz kommt. Der Befehl <i>linear_extrude</i> funktioniert nur für 2D-Objekte.
<pre>linear_extrude(h=20, twist=60) circle(20, \$fn=6);</pre>	Es entsteht wieder derselbe zu einem Sechseck verformte Kreis mit einem Radius von 20 mm. Dann wird diese Form nach oben auf eine Höhe von 20 mm extrudiert und gleichzeitig um 60 Grad gedreht.	Der Befehl <i>linear_extrude</i> ist ein Modifizierer, kein grafisches Grundelement, sodass kein Semikolon erforderlich ist.
<pre>difference(){ cube(20, center=true); translate([0,0,-20]) cylinder(h=50, r=8); }</pre>	Es entsteht ein Würfel mit der Kantenlänge 20 mm, aus dem eine Zylinderform entfernt wird. Der Zylinder wird nach unten verschoben, sodass er den Würfel durchdringt.	Der Befehl <i>difference</i> zeichnet das erste Objekt und subtrahiert dann jedes weitere aufgelistete Objekt vom ersten.

SCHRITT 5: EINFACHE OBJEKTE MIT OPENSCAD-CODE

Mithilfe des obigen Codes sollen nun einige einfache Objekte entstehen. Probieren Sie, wie viele der folgenden Objekte Sie mit OpenSCAD-Code erstellen können. Denken Sie daran, nach jeder Aktualisierung des Codes die Taste **F5** (bzw. die Tastenkombination **Funktion-F5**) zu drücken, damit das Ergebnis sichtbar wird.

- Eine Kugel mit dem Durchmesser 30 mm wird um -10 mm in x-Richtung verschoben, um 40 mm in y-Richtung und um 15 mm in z-Richtung.
- Ein Quader mit der Kantenlänge 10 mm in x-Richtung, 100 mm y-Richtung und 5 mm in z-Richtung.
- Zwei Zylinder, die sich rechtwinklig zueinander schneiden.
- Eine spitze Kegelform mit einer anderen spitzen Kegelform darunter in der entgegengesetzten Richtung (wie zwei Eiswaffeln, die an ihren Rändern aneinander gesetzt werden).
- Ein Quader mit Löchern an jeder Seite. Sie können die Löcher mit drei Zylindern herstellen. Können Sie die Löcher exakt zentriert ausrichten?
- Ein achteckiges Prisma, das von seiner Basis bis zur Spitze um 30 Grad verdreht ist.
- Eine offene Schachtel mit drei kleinen Kugeln darin.
- Ein Schneemann

SCHRITT 6: ONLINE-OPENSCAD-TUTORIALS UND -DOKUMENTATION

- David Dobervichs *OpenSCAD Tutorial 1* Video auf YouTube
- Patrick Conners *Welcome to OpenSCAD* Video auf YouTube
- OpenSCAD-Dokumentation, Cheat Sheet und Liste der Getting-Started-Tutorials
<http://www.openscad.org/documentation.html>



ERSTELLEN: ANPASSEN EINES NAMENSSCHILDS MIT OPENS CAD-CODE

In diesem Projekt entwerfen und drucken Sie ein Namensschild mit gewellten Kanten, indem Sie Parameter in OpenSCAD-Code verändern. Außerdem setzen wir uns mit dem Code auseinander und lernen, wie aus diesen Parametern die Form des Namensschilds entsteht. Fortgeschrittene wagen sich vielleicht daran, den Code selbst zu ändern und weitere Designs zu entwickeln.

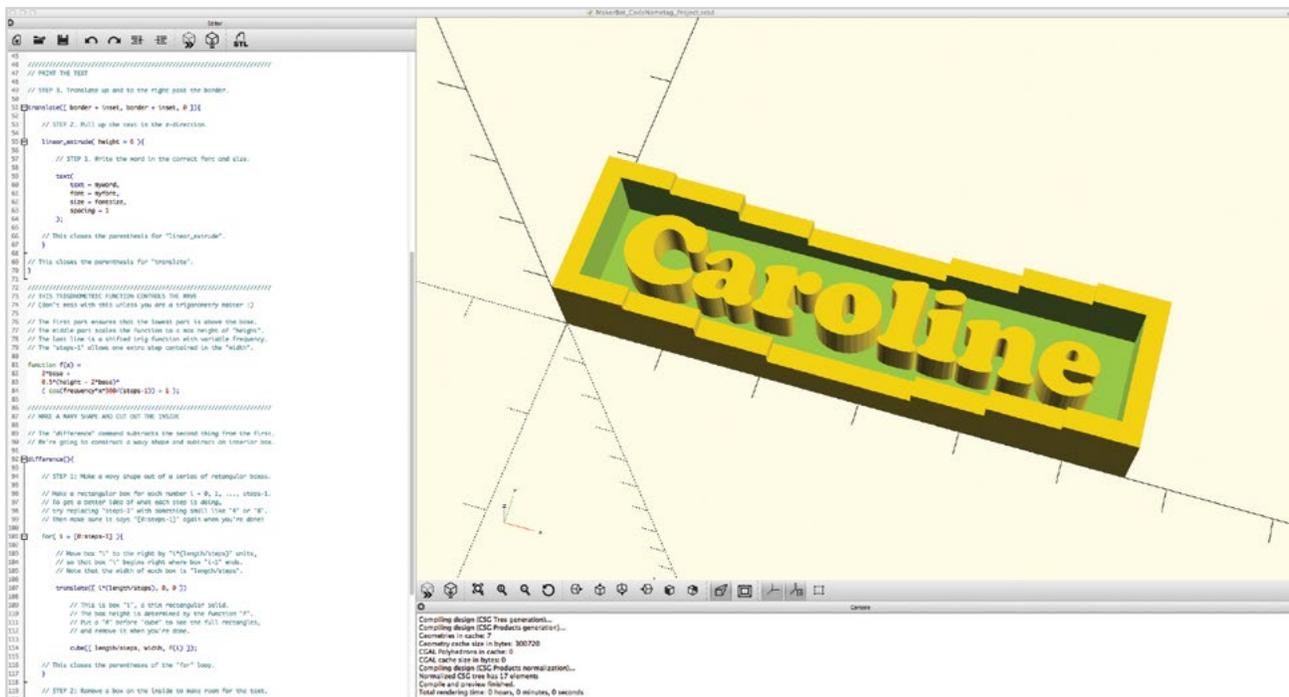


SCHRITT 1: DEN CODE VERSTEHEN

Der vollständig kommentierte Code für diese Lektion kann über das MakerBot Learning-Konto von Thingiverse heruntergeladen werden.

Öffnen Sie die Datei **MakerBot_NametagCode_Project.scad** von MakerBot Learning auf Thingiverse und gehen Sie den Code im **Editorfenster** durch.

Verändern oder ergänzen Sie vorerst noch nichts. Arbeiten Sie sich einfach Zeile für Zeile vor und überlegen Sie, was im Code passiert. Der Code sieht ungefähr so aus wie auf dem Bild unten.



Diskussion

- Besprechen Sie den Code in Gruppen. Tauschen Sie Ihre Meinungen darüber aus, was die einzelnen Code-Elemente bewirken.
- Jede Gruppe sollte mindestens drei Vorschläge festhalten, die vor der Klasse präsentiert werden.
- Besprechen Sie die Vorschläge der einzelnen Gruppen und versuchen Sie gemeinsam, den Code zu entschlüsseln.

SCHRITT 2: PARAMETER FÜR TEXT UND SCHRIFT ÄNDERN

Am Anfang des Codes stehen drei Parametergruppen, mit denen die Schüler ihr Namensschild anpassen können. Die erste Parametergruppe betrifft den Text, die Schrift und den Schriftgrad des Namensschilds:

```
// TEXT UND SCHRIFT
myword = "Caroline";
myfont="Phosphate:style=Inline";
fontsize = 8;
```

Als Wert des Parameters **myword** können Sie Ihren eigenen Namen einsetzen. Bedenken Sie jedoch, dass längere Namen eine längere Druckzeit bewirken. Der Parameter **myfont** verwendet die Namen der Schriftarten, die auf dem lokalen System installiert sind. Im Pulldown-Menü **Help / Font List** finden Sie eine Liste der verfügbaren Schriftarten. Sie können die Namen der Schriftarten direkt per Drag and Drop aus dieser Liste in Ihren OpenSCAD-Code einfügen oder per Kopieren und Einfügen in den Code übernehmen. Ändern Sie den Wert des Parameters **fontsize** nur dann, wenn der Schüler eine besonders große oder besonders kleine Schrift auswählt.

Vergessen Sie nicht, nach jeder Änderung **F5** (oder **Funktion-F5**) zu drücken oder auf das **Vorschausymbol** zu klicken, um das aktualisierte Ergebnis im **Ansichtsbereich** zu sehen. Kompilierungsfehler in diesem Stadium sind meist die Folge von gelöschten Anführungszeichen, fehlenden Semikola und falsch geschriebenen Schriftnamen.

SCHRITT 3: DIE MASSE DES NAMENSSCHILDS AN DEN TEXT ANPASSEN

Mit der nächsten Parametergruppe wird die Gesamtgröße des Namensschilds festgelegt:

```
// GESAMTABMESSUNGEN
length = 56;
width = 15;
height = 8;
```

Die Parameter **length** und **width** müssen an die Höhe und Länge des im vorherigen Schritt gewählten Wortes angepasst werden. Der Parameter **height** bestimmt die Höhe an der höchsten Stelle der Rahmenwelle. Kompilierungsfehler in dieser Phase sind meist die Folge von vergessenen oder gelöschten Semikola.

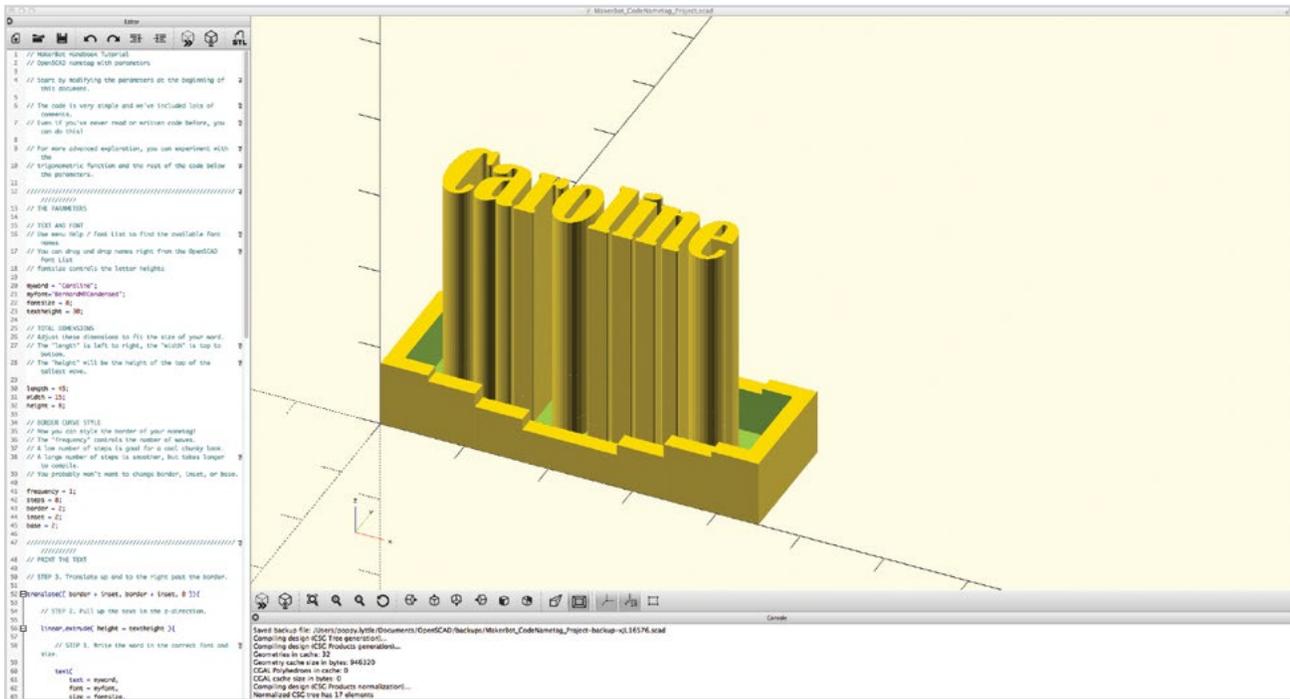
SCHRITT 4: DIE WELLE AM RAND DES NAMENSSCHILDS GESTALTEN

Die letzte Parametergruppe bestimmt den Stil des gewellten Randes um das Namensschild:

```
// STIL DER RANDWELLE
frequency = 1;
steps = 8;
border = 2;
inset = 2;
base = 2;
```

Die Form des gewellten Randes wird aus einer trigonometrischen Funktion abgeleitet, allerdings benötigen sie keine trigonometrischen Kenntnisse, um diese Parameter zu ändern. Der Parameter **frequency** ändert die Anzahl der Wellen. Der Parameter **steps** bestimmt die Anzahl der Änderungen der Wellenhöhe. Niedrigere Werte bewirken treppenähnliche Formen, höhere Werte führen zu einem glatteren Kurvenverlauf. Wahrscheinlich werden Sie die Parameter **border**, **inset** und **base** nicht ändern müssen, aber natürlich können Sie damit experimentieren, um zu sehen, was passiert.

SCHRITT 5: EINEN NEUEN PARAMETER FÜR DIE TEXTHÖHE ERSTELLEN



Bis jetzt haben wir nichts anderes gemacht, als bestehende Parameter im OpenSCAD-Code zu verändern. In diesem Schritt werden Sie einen neuen, veränderbaren Parameter erstellen. Sehen Sie sich den zweiten Abschnitt des Codes, unter dem Kommentar `//TEXT DRUCKEN` in Zeile 47, an. Beachten Sie, dass der Code in umgekehrter Reihenfolge gelesen wird: Zuerst wird der 2D-Text erstellt. Dann werden die Buchstaben nach oben extrudiert, dann werden die extrudierten Buchstaben nach oben und nach rechts verschoben, sodass sie den Rand nicht schneiden.

- Bestimmen Sie den Teil des Codes, der die Höhe der Buchstaben steuert, und überlegen Sie, was geändert werden muss, damit die Buchstaben flacher oder höher werden. (Hinweis: Die Anfangshöhe des Textes beträgt 6 mm.)
- Ersetzen Sie den numerischen Wert in Zeile 55 durch den benannten Parameter **textheight**.
- Fügen Sie am Anfang des Dokuments in Zeile 23 eine Parameterdefinition ein: **textheight = 6;**
- Nun können Sie die Höhe des Textes verändern, indem Sie diesem Parameter in Zeile 23 einen anderen Wert zuweisen.

SCHRITT 6: EINEN NEUEN PARAMETER FÜR DEN ZEICHENABSTAND ERSTELLEN

Wiederholen Sie die obigen Schritte und fügen Sie einen neuen Parameter mit dem Namen **myspacing** ein, der den Abstand zwischen den Buchstaben des gedruckten Namens steuert.

- Versuchen Sie herauszufinden, an welcher Stelle der Parameter **myspacing** in den Code eingefügt werden muss. (Hinweis: Der Parameter ist Teil des Befehls **text** und ist anfänglich auf den Wert 1 gesetzt.)
- Nachdem Sie diesen Parameter eingerichtet haben, ändern Sie seinen Wert so, dass der Zeichenabstand Ihren Wünschen entspricht. Der Standardwert 1 steht für einen normalen Zeichenabstand. Selbst kleine Änderungen des Zahlenwerts, wie zum Beispiel 1.2 oder 0.9, können den Zeichenabstand erheblich verändern.
- Eventuell muss der Wert von **width** für das Namensschild angepasst werden, wenn der Schüler größere Änderungen am Parameter **myspacing** vorgenommen hat.

SCHRITT 7: AUSGABE EINES STL-GITTERNETZES FÜR DEN 3D-DRUCK

Wenn Sie mit der Gestaltung des Namensschilds fertig sind, wird Ihr Entwurf als **STL**-Datei für den 3D-Druck exportiert:

- Als Erstes speichern Sie sicherheitshalber die Datei mit dem OpenSCAD-Code und/oder notieren sich die Werte der Parameter die Sie für Ihr Design verwendet haben. Die exportierte **STL**-Datei enthält diese Werte nicht mehr in numerischer Form. Wenn es ein Problem mit einer **STL**-Datei gibt, ist es daher gut, eine Möglichkeit zu haben, das grundlegende Design wieder zu rekonstruieren.
- Zur Erzeugung eines 3D-Gitternetzes, das sich für den Druck eignet, drücken Sie **F6** (oder **Funktion-F6**) oder klicken auf die Schaltfläche **Render**. Dieser Vorgang kann länger dauern als eine mit **Preview** gestartete Vorschau, insbesondere dann, wenn Sie für den Parameter **step** höhere Werte gewählt haben. Beobachten Sie den Fortschrittsbalken unten rechts auf dem Bildschirm.

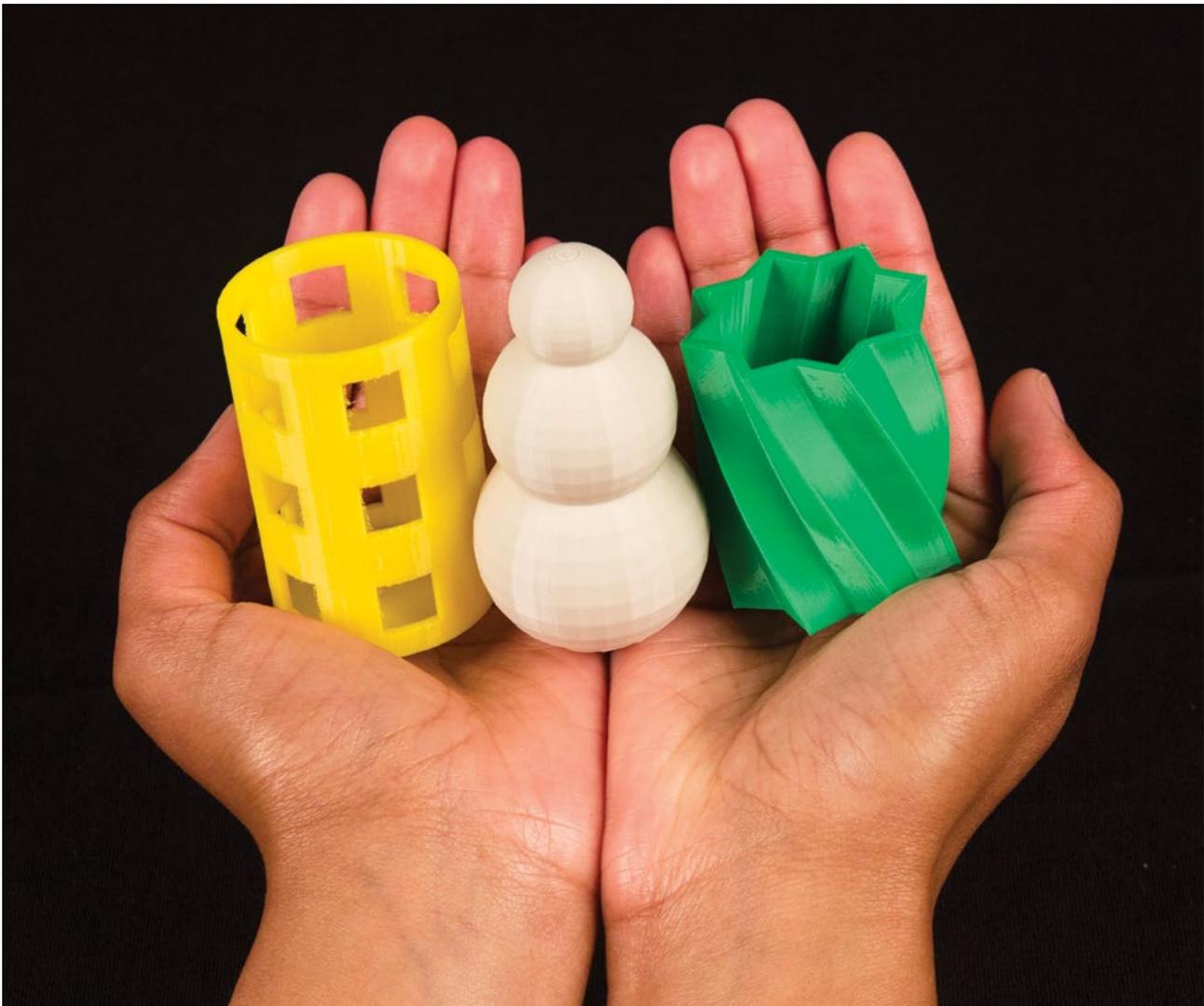
*Hinweis: Der mit **F5** gestartete Vorgang generiert nur eine Vorschau des 3D-Objekts im Ansichtsbereich, kein vollständiges Rendering.*

- Wenn das mit **F6** gestartete Rendering abgeschlossen ist, verwenden Sie das Pulldown-Menü oder die Schaltfläche **Export STL**, um das Modell als **STL**-Datei zu exportieren.
- Die **STL**-Dateien der Namensschilder können nun in **MakerBot Desktop** importiert und gedruckt werden, einzeln oder mit mehreren Namensschildern auf einer Bauplatte.



ERSTELLEN: OPENSCAD-CODE FÜR DEN ENTWURF EINES MODELLS VON GRUND AUF SCHREIBEN

In diesem Projekt schreiben Sie Ihren eigenen OpenSCAD-Code von Grund auf. Dabei werden Sie Parameter verwenden. Was Sie machen, bleibt ganz Ihnen überlassen. Es empfiehlt sich jedoch, mit einem einfachen Design zu starten, vielleicht mit einem Schneemann oder mit einer Schachtel mit Deckel.



SCHRITT 1: PLANEN, ÜBERLEGEN UND CODIEREN

- Bevor Sie beginnen Codes zu schreiben, überlegen Sie, was Sie machen möchten. Welche Parameter sollen in Ihrem Design veränderbar sein?
- Achten Sie beim Schreiben des Codes auf fehlende Semikola, auf falsche Groß- und Kleinschreibung, Schreibfehler und fehlende öffnende oder schließende Klammern.
- Speichern Sie Ihre Arbeit und kompilieren Sie den Code mit **F5** (oder **Funktion-F5**) in kurzen Abständen. Die Suche und Behebung eines Problems gestaltet sich einfacher, wenn seit der letzten funktionierenden Version nur eine einzige Zeile hinzugekommen ist und kein ganzer Block mit neuem Code. Wenn Sie häufiger kompilieren, lassen sich Fehler leichter erkennen und beseitigen.
- Beim Entwerfen von OpenSCAD-Code empfiehlt es sich, die Parameter zunächst explizit zu definieren (**spacing = 1**). Später können Sie für einzelne Variablen Parameter erstellen, die sich projektweit einfach ändern lassen (**spacing = myspacing; myspacing = 4**).

SCHRITT 2: PROBIEREN SIE NEUES AUS

- OpenSCAD bietet die leistungsfähige Funktion `polygon()`, die sich für Ihr Design als sehr hilfreich erweisen kann. Weitere Informationen finden Sie in der OpenSCAD-Dokumentation zu dieser Funktion:
 - <http://www.openscad.org/documentation.html>
- Zusätzlich zu `linear_extrude()` gibt es einen Befehl namens `rotate_extrude()`, mit dem Sie 2D-Formen wie Quadrate, Kreise und Polygone in gedrehte 3D-Objekte umwandeln können. Die Ergebnisse sind manchmal etwas überraschend, nehmen Sie sich daher etwas Zeit zum Experimentieren. Weitere Informationen finden Sie im OpenSCAD- Benutzerhandbuch.
- Fortgeschrittene können mit `for()`-Schleifen und `if...then`-Anweisungen experimentieren oder untersuchen, wie ein Modul verwendet wird. Weitere Informationen finden Sie im OpenSCAD- Benutzerhandbuch.

SCHRITT 3: EXPORTIEREN, DRUCKEN, TESTEN, WIEDERHOLEN

- Wenn das Design fertig ist, drücken Sie **F6** (oder **Funktion-F6**), um das Gitternetzmodell zu rendern, und dann **Export STL** zum Drucken.
- Testen Sie Ihr Modell. Funktioniert es so, wie Sie es möchten? Gibt es Parameter, deren Werte noch etwas feiner abgestimmt werden könnten, um das Ganze noch besser zu machen? Möchten Sie vielleicht noch etwas hinzufügen? Denken Sie daran, dass die Ergebnisse des 3D-Drucks davon leben, dass das Design immer weiter verfeinert wird. Das bedeutet, dass das Modell nicht gleich beim ersten Versuch Ihren Vorstellungen entsprechen muss. Jeder Fehler ist gleichzeitig eine Chance zu lernen und das Design weiter zu verbessern. Bleiben Sie motiviert. Nähern Sie sich mit Versuch und Irrtum dem gewünschten Resultat.



WEITERFÜHRENDE AKTIVITÄTEN: OPENSCAD UND THINGIVERSE ANPASSUNGSWERKZEUG

AKTIVITÄT 1: OPENSCAD-CODE FÜR DAS THINGIVERSE ANPASSUNGSWERKZEUG ÄNDERN

Das **Thingiverse Anpassungswerkzeug** ermöglicht es, parametrische Designs zu verändern, ohne direkt mit dem OpenSCAD-Code zu arbeiten. Es ist relativ einfach ein Design zu modifizieren, sodass es in der Benutzeroberfläche des Anpassungswerkzeugs verwendet werden kann. Das grundlegende Konzept besteht darin, Kommentare in den OpenSCAD-Code einzufügen, die das Anpassungswerkzeug dazu verwendet Schieberegler und Eingabefelder für Parameter zu erstellen.

Material

- Computer mit OpenSCAD und heruntergeladener Codedatei

Schritte

1. Sehen Sie sich in der Dokumentation an, wie anpassbare Objekte („Things“) erstellt werden: <http://customizer.makerbot.com/docs>.
2. Laden Sie die Code-Datei **MakerBot_NametagCode_Project.scad** über das Konto MakerBot Learning von **Thingiverse** herunter.
3. Vergleichen Sie den Inhalt mit demselben OpenSCAD-Code, der im **Thingiverse Anpassungswerkzeug** verwendet wird (wählen Sie **View Source** in der unteren rechten Ecke des **Anpassungswerkzeugs** im **MakerBot Learning**-Konto).
4. Experimentieren Sie und nehmen Sie Änderungen vor.

AKTIVITÄT 2: UNTERSUCHEN SIE DIE TRIGONOMETRIE, DIE IM CODE DES NAMENSSCHILDS VERWENDET WIRD.

Lassen Sie Schüler, die bereits mit den Winkelfunktionen vertraut sind, die Funktion analysieren, mit der der wellige Rand der Namensschilder erzeugt wird:

```
function f(x) =  
  2*base +  
  0.5*(height - 2*base)*  
  ( cos(frequency*x*360/(steps-1)) + 1 );
```

Welche Rolle spielen die einzelnen Komponenten dieser Funktion für die Form der Welle? Berücksichtigen Sie Amplitude, Frequenz und Transformationen. Was würde geschehen, wenn man die Kosinusfunktion durch die Sinusfunktion ersetzen würde? Gibt es andere Funktionen, mit denen sich attraktive Randlinien für das Namensschild erzeugen ließen?

Material

- Vertrautheit mit den Winkelfunktionen und grundlegenden trigonometrischen Transformationen
- Computer mit OpenSCAD und heruntergeladener Codedatei

Schritte

1. Ändern Sie die Werte für Amplitude, Frequenz und Transformationen und überlegen Sie, welche Effekte dies hat.
2. Ersetzen Sie die Kosinusfunktion probeweise durch die Sinusfunktion. Was passiert?
3. Untersuchen Sie weitere Funktionen, die die Form der Randlinie verändern könnten.

AKTIVITÄT 3: RIEMANN-SUMMEN UNTERSUCHEN

Die Wellenform der Randlinie des Namensschilds ist eigentlich eine einfache **Riemann-Summen**-Approximation der Fläche unter dem Graphen der Funktion **f(x)** innerhalb eines Intervalls. Hier ist der Code, der die Stufen auf der Welle erzeugt.

```
for( i = [0:steps-1] ){
  translate([ i*(length/steps), 0, 0 ])
  cube([ length/steps, width, f(i) ]);
}
```

Material

- Kenntnisse der Infinitesimalrechnung und der Definition von Riemann-Summen für bestimmte Integrale
- Computer mit OpenSCAD und heruntergeladener Codedatei

Schritte

1. Betrachten Sie eine kleine Zahl von Schritten, um eine Vorstellung davon zu erhalten, was geschieht. Welche Art von Riemann-Summe wird erzeugt?
2. Der Teil „steps-1“ der Funktionsdefinition hat einen subtilen Effekt. Warum steht dieses Code-Element hier und welche Auswirkungen hat es auf das Design? Ersetzen Sie „steps-1“ durch einen numerischen Wert (versuchen Sie 4, 8 usw.) und beobachten Sie, was passiert. Was bedeutet der Wert für das Intervall, das für die Riemann-Summe verwendet wird?

WISSENS-CHECK

- Was sind die Vorteile eines parametrischen Designs?
- Wie lassen sich grundlegende geometrische Formen mit Codes erstellen?
- Warum ist es wichtig, in OpenSCAD-Code Variablen zu verwenden?
- Nennen Sie Beispiele für Parameter, die Sie während des Entwurfs eines Objekts möglicherweise ändern.
- Was müssen Sie zu Ihrer OpenSCAD-Datei hinzufügen oder was müssen Sie daran ändern, damit diese im Anpassungswerkzeug verwendet werden kann?

AUSBLICK

Die Auswahl des richtigen Werkzeugs für den Designprozess ist eine wichtige Entscheidung. OpenSCAD entfaltet seine Stärken, wenn Sie Designs mit einfach zu verändernden Parametern erstellen möchten. Mit OpenSCAD lassen sich Parameter problemlos für jede beliebige Situation anpassen. Ebenso lassen sich kleine Änderungen an den Abmessungen vornehmen. Diese Flexibilität ermöglicht es Ihnen, sich während des Designvorgangs schrittweise dem endgültigen Ziel zu nähern. Je intensiver Sie sich mit OpenSCAD auseinandersetzen und Ihre Codierungskennntnisse erweitern, desto freier sind Sie bei der Erstellung komplexer Designs. Anschließend können Sie den Übergang auf die nächste Ebene vollziehen und Ihre Designs zum **Thingiverse Anpassungswerkzeug** hinzufügen.

PROJEKT: DIGITALES SCULPTING MIT SCULPTRIS



3D-GEDRUCKTE FOSSILIEN ERSTELLEN

HINTERGRUND

In diesem Projekt erlernen Sie und Ihre Schüler die Benutzung des kostenlosen Programms Sculptris. Sculptris ist ein digitales Sculpting-Tool, in dem mithilfe von Pinselwerkzeugen eine digitale Knetgummikugel bearbeitet wird. Mit dieser Technik lassen sich sehr gut organische Formen erstellen. Im folgenden Abschnitt wird dargestellt, wie sich Sculptris in eine Unterrichtseinheit zu Erdzeitaltern und Fossilien integrieren lässt. Wir werden lernen, wie mehrere komplexe Formen gestaltet werden, die an Fossilien erinnern. Außerdem befassen wir uns mit der Einrichtung und dem Druck von Modellen mit gekrümmter Oberfläche. Selbst wenn Fossilien im Lehrplan Ihrer Klasse nicht auftauchen, ist Sculptris dennoch ein gutes Programm für beliebige andere Projekte, in denen es um organische Formen geht.

UMFANG

Die Schüler werden die Zeitleiste der Evolution des Lebens kennenlernen und Kreaturen erstellen, die in den verschiedenen Epochen lebten. In Gruppen recherchieren die Schüler über einen ihnen zugeteilten Zeitraum und erstellen eine Kreatur, die damals lebte. Sobald die Kreatur fertig ist, entscheiden die Schüler, welchen Teil davon sie als Fossil modellieren und drucken möchten. Zum Abschluss des Projekts können die Schüler ihre Fossilien vorstellen, sie datieren und erklären, wie das Tier ausgesehen haben könnte und warum.

PROJEKTÜBERSICHT

Forschen: Fossilien und die geologische Zeitskala

Entdecken: Designen mit Sculptris

Erstellen: Design eines Muschelfossils

Erstellen: Design eines Zahnfossils

Erstellen: Eigene Fossilien designen

Weitere Aktivitäten: Gipsformen, Fossilienausgrabung entlang der Zeitskala

LOGISTIK

Es wird empfohlen, dass die Schüler in der „Forschen“-Phase des Projekts in Gruppen und in der „Erstellen“-Phase einzeln arbeiten.

- Material
 - Fossilien (real oder 3D-gedruckt)
 - Computer mit Sculptris und MakerBot Desktop
 - Sculptris kann von <http://pixologic.com/sculptris/> heruntergeladen werden
- Technologie
 - MakerBot Replicator
 - Voraussichtliche Druckdauer: 1 Stunde pro Fossil

- Computer mit Sculptris und MakerBot Desktop
 - Sculptris kann von <http://pixologic.com/sculptris/> heruntergeladen werden
- Maus mit drei Tasten oder digitales Zeichentablett

Material für weitere Aktivitäten (optional)

- Gießfähiger Gips
- Vaseline
- Sand
- Ton
- Papierbogen
- Auflaufform
- Werkzeuge zum Reinigen von Steinen

LERNZIELE

Allgemeines

- Geologische Zeitskala (Äonen > Ären > Perioden > Epochen > Alter)
- Biologische Anpassung
- Wie Fossilien entstehen
- Die Arbeit von Paläontologen

3D-Design (Digitales Sculpting)

- Navigation
- Pinsel: Greifen, Zeichnen, Abflachen, Glätten, Knittern
- Organische Formen gestalten
- Gestaltung mit einem Referenzbild als Vorlage

3D-Drucken

- Organische Formen drucken
- Stützen und Rafts

TERMINOLOGIE

- **Digitales Sculpting:** Erstellung organischer Formen mithilfe von Pinselwerkzeugen; Simulation des Gestaltens mit Ton
- **Gitternetz:** Die Anordnung von Knoten, Kanten und Flächen, die die Form eines 3D-Modells definiert. In Sculptris dargestellt als Dreiecke.
- **Polygone:** 2D-Flächen, die das **Gitternetz** bilden. In Sculptris haben alle Polygone die Form von Dreiecken.
- **Drahtmodell:** Visualisierung des **Gitternetzes** eines Objekts
- **Non-Manifold:** Ein **Gitternetz**, das nicht vollständig oder nicht geschlossen ist; Polygone fehlen oder überschneiden sich.



FORSCHEN: FOSSILIEN UND DIE GEOLOGISCHE ZEITSKALA

Überlegen Sie vorher, wie viel Zeit Sie in das Projekt investieren möchten. Sie können es über mehrere Tage hinweg verteilen oder auf eine einzige Unterrichtseinheit begrenzen.

DIE SCHÜLER LERNEN DIE GEOLOGISCHE ZEITSKALA KENNEN.

- Sprechen Sie über die geologische Zeitleiste. Woraus besteht sie? Wofür wird sie verwendet? Unterteilen Sie die Zeitleiste in Äonen, Ären, Perioden, Epochen und Alter.

LASSEN SIE DIE SCHÜLER EINE PERIODE AUS DEM PALÄOZOIKUM, MESOZOIKUM ODER ZÄNOZOIKUM ERFORSCHEN.

- Wie sah die Umwelt damals aus und was bedeutete das für die Tiere?
- Welches sind einige kennzeichnende Aspekte dieser Periode? Welches sind die kennzeichnenden Aspekte der Ära, in die diese Periode fällt?
- Lassen Sie die Teams ihre Erkenntnisse vor der Klasse präsentieren.

ERKLÄREN SIE, WAS FOSSILIEN SIND UND WIE SIE ENTSTEHEN.

- Erklären Sie, dass Fossilien aus den harten Bestandteilen des Tierkörpers gebildet werden und nur dann in ihrer ursprünglichen Form erhalten bleiben, wenn sie lange genug ungestört liegen bleiben und von Sedimenten überdeckt werden.
- Verteilen Sie Fossilien an die Schüler und lassen Sie sie die Fossilien zeichnen und wenn möglich benennen.
- **Diskussion:** Fragen Sie die Schüler, woher die einzelnen Fossilien stammen könnten (Tier, Zeit usw.).

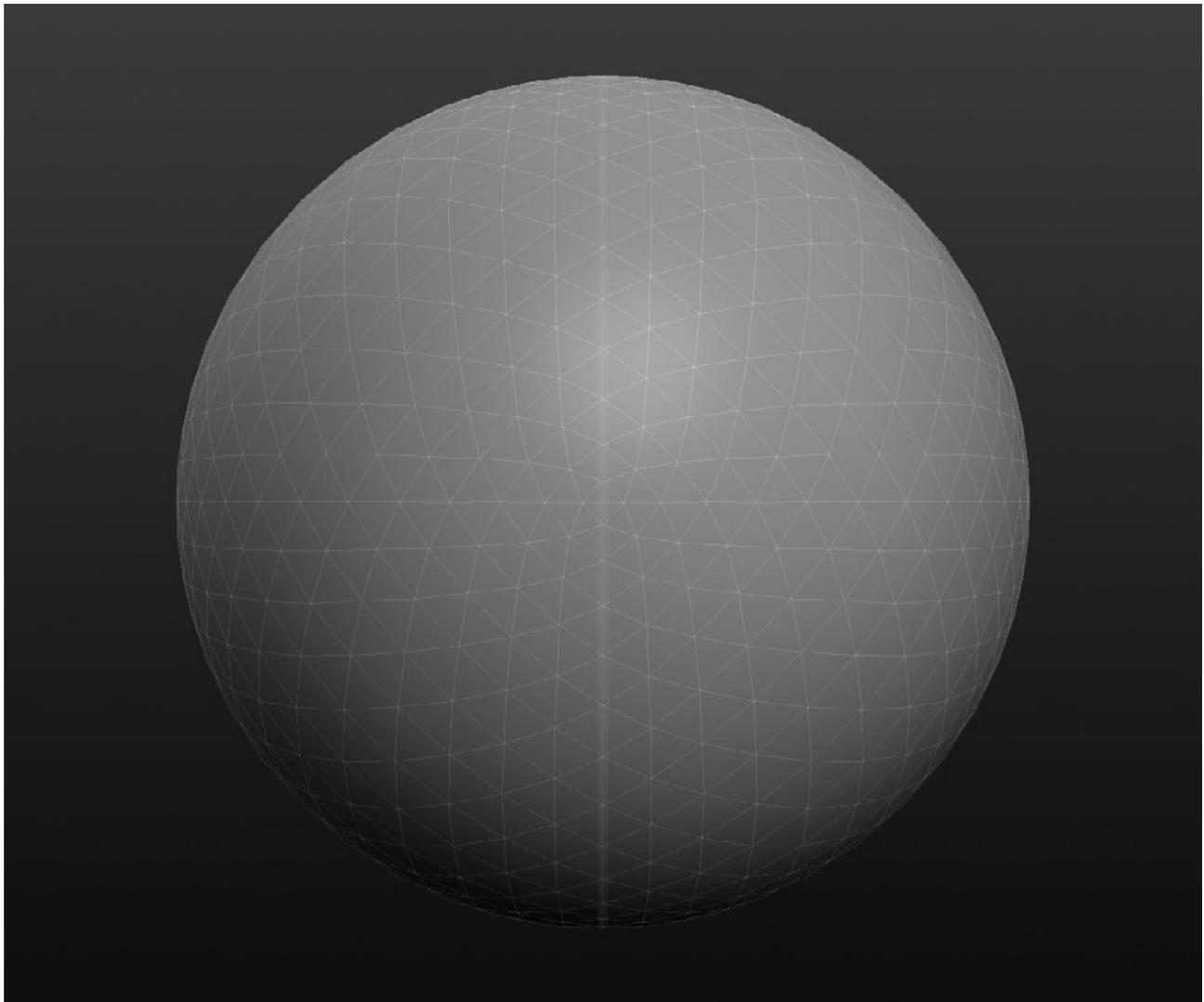
LASSEN SIE DIE SCHÜLER EINE KREATUR GESTALTEN, DIE IN DEN UNTERSUCHTEN PERIODEN GELEBT HABEN KÖNNTE.

- Lassen Sie die Schüler ihre Kreatur auf großformatigem Papier zeichnen und bunt einfärben. Lassen Sie die Schüler dann die Körperteile erklären, die das Tier so besonders machen oder die eine Anpassung an die Umwelt ermöglichen.
- Jeder Teil der gezeichneten Kreatur muss erklärt werden. Warum hat die Kreatur einen langen Schwanz? Warum ist sie ein Käfer?
- Lassen Sie die Schüler einen Teil ihres Tieres als Skulptur eines Fossils erstellen und drucken. Es empfiehlt sich, einen kleinen Teil des Tieres auszuwählen, nicht das gesamte Tier.
- **Diskussion:** Aus welchen Teilen des Tieres entstehen wahrscheinlich Fossilien?



ENTDECKEN: DESIGNEN MIT SCULPTRIS

Beim Öffnen von Sculptris wird ein Bild angezeigt. Experimentieren Sie mit den einzelnen Pinseln und Werkzeugen und machen Sie sich mit deren Funktion vertraut.



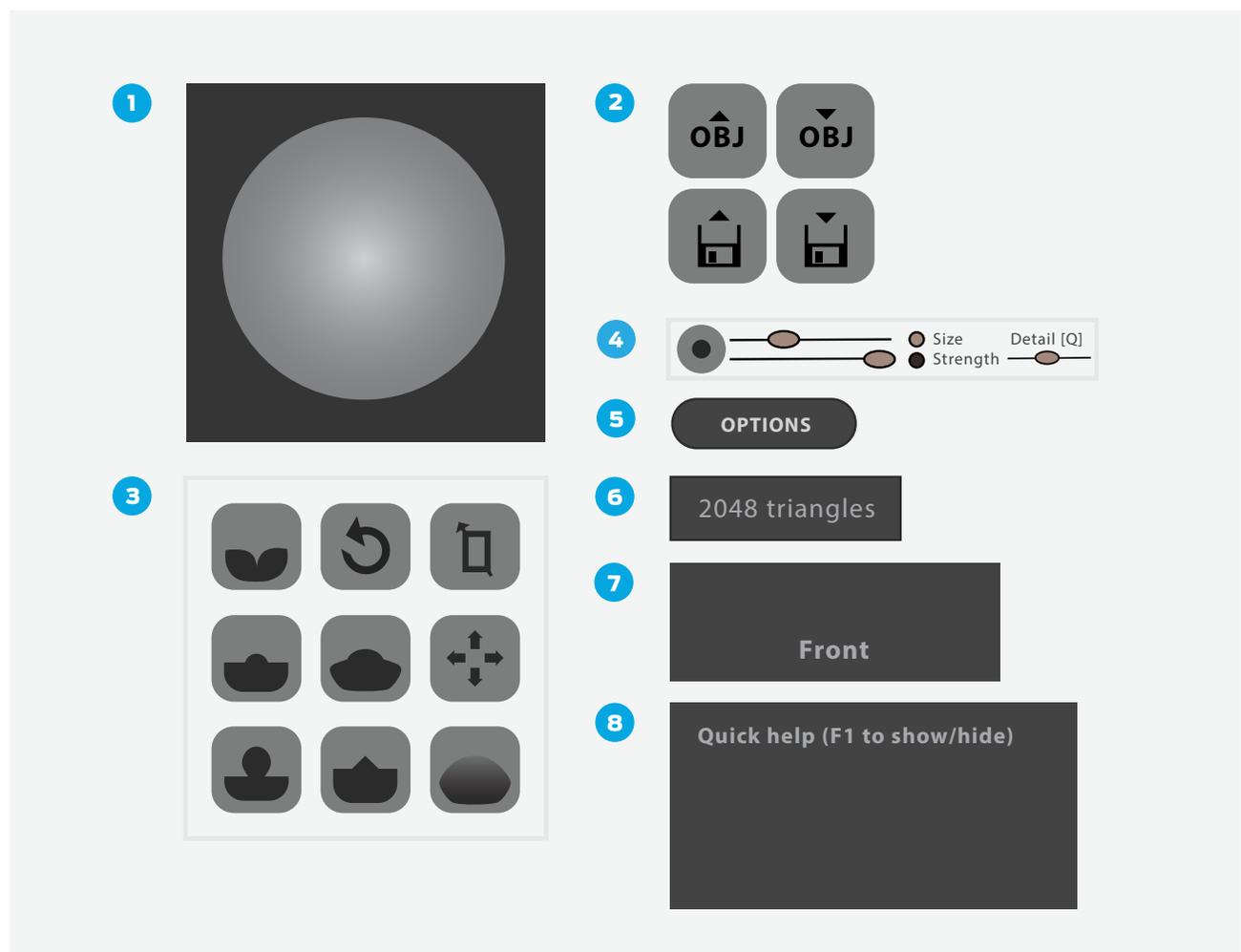
BENUTZEROBERFLÄCHE

1. **Digitale Kugel:** Ausgangspunkt für Ihre Designs
2. **Schaltflächen zum Speichern:** Modelle **importieren**, **exportieren** und **speichern**
3. **Pinself:** Werkzeuge zum Bearbeiten der Kugel (digitaler Ton) auf verschiedene Arten
4. **Pinsoptionen:** Größe und Breite der Pinself für die Formgebung ändern
5. **Optionen:** Systemoptionen ändern und ein Hintergrundbild importieren
6. **Anzahl von Polygonen oder Dreiecken:** Gesamtzahl der Dreiecke, aus denen sich die Form Ihres Objekts zusammensetzt
7. **Ansichtswinkel:** Bezeichnung der Hauptansichten (von vorn, von links, von rechts usw.)
8. **Hilfe:** Dokumentation zur Verwendung der grundlegenden Tastenkombinationen

SCHRITT 1: NAVIGIEREN LERNEN

- **Umkreisen:** Drücken Sie die rechte Maustaste und ziehen Sie, um das Modell zu umkreisen.
- **Schwenken:** Halten Sie die Alt-Taste gedrückt, klicken und ziehen Sie mit dem Mausrad.
- **Zoom:** Drehen Sie das Mausrad nach oben und unten.

TIPP: BEIM UMKREISEN KLICKEN SIE MIT GEHALTENER UMSCHALTTASTE, UM EINE BESTIMMTE ANSICHT ZU FIXIEREN, ZUM BEISPIEL DIE ANSICHT VON OBEN ODER VON DER SEITE



TIPP: DIE PRAXIS HAT GEZEIGT, DASS SCULPTRIS AM BESTEN MIT EINER DREITASTENMAUS ODER EINEM DIGITALEN ZEICHENTABLETT ZU VERWENDEN IST. DAS TOUCHPAD EINES LAPTOPS IST FÜR SCULPTRIS NICHT GUT GEEIGNET.

SCHRITT 2: EXPERIMENTIEREN SIE MIT DEN PINSELN

- Testen Sie jeden der **neun Pinsel**, die oben links angeordnet sind. Was glauben Sie bewirken die einzelnen Pinsel? Klicken Sie beispielsweise auf **Draw** und dann auf die Kugel, um sie zu verändern. Wie funktionieren die einzelnen Pinsel? Ist es das, was Sie erwartet haben?
- Beachten Sie die **Symmetrielinie** in der Mitte der Kugel. Alles, was Sie auf einer Seite zeichnen, wird spiegelbildlich auf die andere Seite übernommen. Mit der Schaltfläche **Symmetry** kann die Symmetrielinie ausgeschaltet werden.
Hinweis: Designer beginnen oft mit der symmetrischen Modellierung eines Objekts und schalten diese Funktion erst dann aus, wenn asymmetrische Details hinzukommen sollen.
- Bei jedem **Pinsel** können Sie **Größe** und **Stärke** ändern. Öffnen Sie hierzu das Menü **Brush Options** am oberen Rand des Bildschirms. Experimentieren Sie mit den verschiedenen Einstellungen, um die Effekte kennen zu lernen. Was bewirken die Optionen für **Größe** und **Stärke**? Wofür ist die Funktion **Materials** vorgesehen?

TIPP: SIE KÖNNEN DIE **PINSELOPTIENEN** AUCH ÄNDERN, OHNE MIT DER MAUS OBEN AUF DEN BILDSCHIRM ZU ZEIGEN. DRÜCKEN SIE EINFACH DIE **LEERTASTE**, UM **TOOL SETTINGS** ZU AKTIVIEREN. DIE LEERTASTE IST EIN BEISPIEL FÜR EIN **TASTENKÜRZEL**, MIT DEM SIE BEIM SCULPTING SCHNELL WERKZEUGE ODER EINSTELLUNGEN ÄNDERN KÖNNEN. IN DER TABELLE FINDEN SIE EINE ÜBERSICHT WEITERER WICHTIGER **TASTENKÜRZEL**.

Versuchen Sie, sich die folgenden Tastenkürzel anzugewöhnen:

WERKZEUG ODER AKTION	TASTENKÜRZEL	ANMERKUNGEN
Tool Settings	Leertaste	Größe und Stärke des Pinsels schnell ändern
Rückgängig	Befehl-Z (Mac) oder Strg-Z (PC)	Einige Schritte im Bearbeitungsverlauf zurückgehen
Smooth	Umschalt	Drücken und halten Sie die Umschalttaste, während Sie andere Werkzeuge verwenden, um vorübergehend zu Smooth zu wechseln.
Draw	D	Wechseln zu Draw
Flatten	F	Wechseln zu Flatten
Grab	G	Wechseln zu Grab
Wireframe	W	Darstellung des Drahtmodells ein- und ausschalten

SCHRITT 3: OPTIMIEREN DES GITTERNETZES FÜR DEN 3D-DRUCK

- Beim Sculpting des Modells ist zu vermeiden, dass das Gitternetz **reißt**. Wechseln Sie in die **Drahtmodellansicht** und sehen Sie sich das Modell von allen Seiten an. Wie sieht das Gitternetz aus? Ein **Gitternetz** besteht im Wesentlichen aus den geometrischen Formen, die das Modell bilden. Dieses Netz sollte das Design gleichmäßig überziehen, ohne verdreht zu sein.
- Beim Sculpting kann es geschehen, dass das Netz verdreht wird, sodass geometrische Orte entstehen, die nicht gedruckt werden können. Das Modell wird dann ein sogenanntes **Non-Manifold**. Eine solche Geometrie kann schwierig zu korrigieren sein und erfordert unter Umständen ein anderes Designprogramm zur Problemlösung. Versuchen Sie daher, beim Sculpting alle Aktionen zu vermeiden, die dazu führen, dass das Drahtmodell reißt oder sich selbst schneidet.
 - Sehen Sie sich das Modell von allen Seiten an. Ist das Netz an einer Stelle verdreht oder schneidet es sich selbst? In Sculptris kann ein verdrehtes oder gerissenes Netz eventuell mit der Pinselform **Reduce** repariert werden. Wählen Sie diesen Pinsel aus, erhöhen Sie seine **Stärke** und bearbeiten sie in mehreren Durchgängen den Bereich des Gitternetzes, in dem der Fehler liegt. Probieren Sie dieses Werkzeug an einer Stelle in Ihrem Modell aus.
- Wenn das Modell aus zu vielen Dreiecken besteht, dauert es sehr lange, bis MakerBot Desktop einzelne Stücke daraus erstellt hat. Beachten Sie die unten links auf dem Sculptris-Bildschirm angezeigte **Anzahl von Dreiecken**. Als Faustregel gilt, dass diese Zahl unter 100.000 liegen sollte. Die Größe der entstehenden Ausgabedatei des Modells sollte dann unter 10 MB bleiben und sich für den 3D-Druck leicht aufteilen lassen. Außerdem läuft das Programm zügiger, wenn die Anzahl der Dreiecke niedrig gehalten wird.
 - Um die Anzahl der Dreiecke zu reduzieren, verwenden Sie **Reduce** oder **Reduce Selected**. Beachten Sie den Effekt dieser Werkzeuge auf die **Anzahl von Dreiecken**, die unten links auf dem Bildschirm angezeigt wird.

SCHRITT 4: SETZEN SIE DEN ARBEITSBEREICH ZURÜCK UND KONFIGURIEREN SIE DIE WERKZEUGE UND PINSEL.

Sie haben mit verschiedenen Einstellungen experimentiert. Deshalb ist es wichtig, mit einer freien Zeichenfläche und unverändertem Pinseln zu starten. Folgen Sie diesen Schritten, um den Arbeitsbereich für den nächsten Abschnitt einzurichten.

- Um mit einem neuen, aufgeräumten Arbeitsplatz zu beginnen, klicken Sie auf die Schaltfläche **Sphere** und wählen **New Scene**.
- Achten Sie darauf, dass die Funktion **Symmetry** aktiviert ist. Auf der Kugel ist eine **Symmetrielinie** zu sehen.
- Aktivieren oder deaktivieren Sie die Schaltfläche **Wireframe** nach persönlicher Vorliebe.
- Achten Sie darauf, dass **Airbrush** eingeschaltet ist.
- Konfigurieren Sie die Einstellungen für Pinselbreite und -stärke. Sie können diese Einstellungen später während des Sculptings ändern. Die folgenden Einstellungen sind jedoch ein guter Ausgangspunkt:
 - **Grab: Strength** in der Mitte, **Detail** in der Mitte; **Global** ausgeschaltet.
 - **Draw: Strength** in der Mitte, **Detail** rechts; **Clay** eingeschaltet und **Soft** eingeschaltet.
 - **Smooth: Strength** in der Mitte, **Detail** in der Mitte.
 - **Flatten: Strength** in der Mitte, **Detail** in der Mitte.

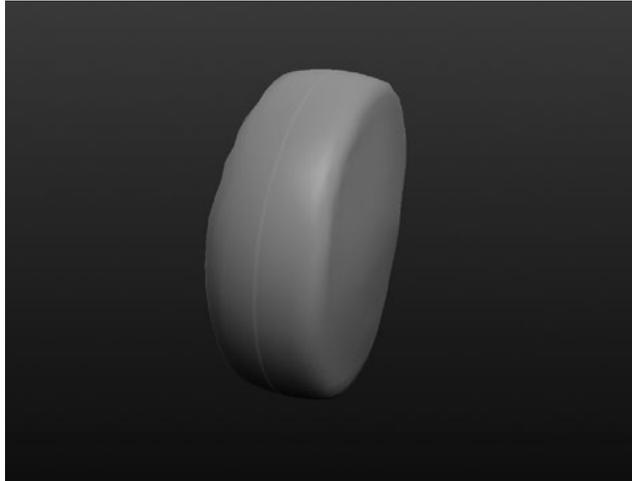


ERSTELLEN: DESIGN EINES MUSCHELFOSSILS

In diesem Abschnitt erstellen Sie mit Sculptris ein Muschelfossil. Einige Fossilien dieser Form stammen von Ammoniten, Weichtieren, die vor rund 240 Millionen Jahren auftauchten. Sie gehören zu den am häufigsten vorkommenden Fossilien. Der Ammonit ist heute ausgestorben, sieht aber dem Nautilus sehr ähnlich, welcher heute noch lebt.

Wir gehen die einzelnen Schritte des Designs nacheinander durch. Keine Sorge, auch wenn Sie Anfänger sind, werden Sie folgen können.

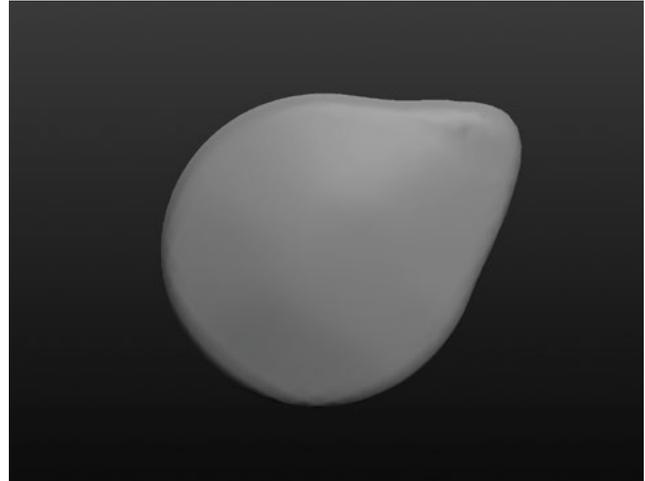




SCHRITT 1: EINEN HOCKEY-PUCK FORMEN

Ziel ist es, eine flache zylindrische Form herzustellen.

- Klicken Sie auf **New Sphere** und dann auf **New Scene**, um mit einer neuen Kugel zu beginnen.
- **Drücken Sie die rechte Maustaste** beim Umkreisen, sodass die **Symmetrielinie** nicht sichtbar ist. Damit ist sichergestellt, dass Sie nur auf einer Seite des Modells arbeiten. Alles, was Sie nun an der Vorderseite der Kugel machen, wird auf die Rückseite gespiegelt.
- Wählen Sie **Flatten** und das Maximum für **Size** aus, entweder mit **Brush Options** oder mit **Tool Settings**.
- Flachen Sie die Kugel ab, indem sie darauf mit **Flatten** zeichnen, bis die Kugel aussieht wie ein Hockey-Puck. Umkreisen Sie das Objekt und kontrollieren Sie, ob es die richtige Form hat.



SCHRITT 2: EINE SEITE DES OBJEKTS VERLÄNGERN

Ziehen Sie eine Seite des Objekts heraus, um Platz für den Anfang der Helix im nächsten Schritt zu schaffen. Das Ergebnis sollte ungefähr so aussehen wie auf dem Bild oben.

- Wählen Sie die Pinselform **Grab** und stellen Sie die Pinselgröße ziemlich groß ein.
- Ziehen Sie eine Seite des Objekts heraus.
- Umkreisen Sie das Objekt, um sicherzustellen, dass **Grab** keine Vertiefung auf der Symmetrielinie hinterlassen hat. Falls dies doch der Fall sein sollte, füllen Sie die Vertiefung mit **Draw** oder wählen **Undo** und versuchen Sie es noch einmal.

TIPP: DENKEN SIE DARAN, DASS SIE SCHNELL AUF DIE FUNKTION **SMOOTH** ZUGREIFEN KÖNNEN, INDEM SIE **DIE UMSCHALTTASTE DRÜCKEN**.

SCHRITT 3: EINE HELIXFORM ZEICHNEN

Beginnen Sie nun an der Ausbuchtung, die Sie im vorangegangenen Schritt hergestellt haben, und zeichnen Sie eine spiralförmige Linie zur Mitte des Objekts.

- Wählen Sie **Draw** und ändern Sie die **Größe**.
- Zeichnen Sie mit der Maus eine Spirale, die an der Ausbuchtung beginnt und in der Mitte endet.
- Mit der Funktion **Crease** können Sie die Vertiefungen der Spirale betonen oder mit **Smooth** etwas glätten.



SCHRITT 4: DETAILLINIEN UM DIE HELIX ZIEHEN

In diesem Schritt soll die Oberfläche des Fossils mit Details feiner gestaltet werden.

- Wählen Sie **Draw** und verkleinern Sie die Pinselgröße.
- Zeichnen Sie Details auf die Helix. Die Bilder dienen als Anregung.
- Umkreisen Sie das Objekt und stellen Sie sicher, dass die äußeren Linien bis zur anderen Seite des Objekts reichen. Verwenden Sie bei Bedarf die Funktion **Draw**, um die Linie bis zur Symmetrielinie zu verlängern.

TIPP: DIE STANDARDEINHEIT VON SCULPTRIS IST ZOLL (INCH). DESHALB IST DAS MODELL SEHR KLEIN, WENN ES IN MAKERBOT DESKTOP IMPORTIERT WIRD. BEIM IMPORT WERDEN SIE WAHRSCHEINLICH GEFRAGT, OB DIE SKALIERUNG VERÄNDERT WERDEN SOLL. FALLS NICHT, ÖFFNEN SIE **SCALE** UND DRÜCKEN **IN » MM**.

SCHRITT 5: DER LETZTE SCHLIFF

Experimentieren Sie mit weiteren Pinseln und Einstellungen, um die Form des Modells zu verändern und ihm den letzten Schliff zu verleihen.

- Verwenden Sie **Grab**, um das gesamte Modell dünner oder dicker zu machen. Zoomen Sie zunächst aus und wählen Sie die größtmögliche Pinselbreite. Drücken Sie dann die Seiten des Fossils von vorne nach innen oder außen, um die Breite zu verändern.
- Glätten Sie raue Stellen. Umkreisen Sie das Fossil zur Kontrolle.
- Das Design sollte Ihre persönliche Handschrift tragen.

SCHRITT 6: DAS FOSSIL SPEICHERN, EXPORTIEREN UND DRUCKEN

- **Speichern** Sie das Design auf dem Computer, damit Sie es später ändern können.
- **Exportieren** Sie eine **OBJ**-Datei des vollständigen Modells auf Ihren Computer. Die Exportfunktion verwendet automatisch OBJ-Dateien.
- Wählen Sie im Bereich **Prepare** in MakerBot Desktop den Befehl **Add File** und laden Sie Ihr Design hoch. Wenn ein Fenster geöffnet wird, in dem Sie gefragt werden, ob das Objekt skaliert werden soll, wählen Sie **Rescale Object**.
- Wegen der organischen Form des Modells werden Sie wahrscheinlich mit **Supports** drucken müssen. Versuchen Sie, das Modell auf der Bauplatte so anzuordnen und zu neigen, dass das Fossil mit möglichst wenig Stützmaterial gedruckt werden kann.



ERSTELLEN: DESIGN EINES ZAHNFOSSILS

In diesem Abschnitt werden Sie mit Sculptris ein Zahnfossil eines Pflanzenfressers modellieren. Pflanzenfresser haben oft mehrere Paare von geriffelten breiten Backenzähnen, mit denen sie Blätter und andere Nahrung zermahlen. Anhand solcher Fossilien können Archäologen viel über das Ernährungs- und Fressverhalten eines Tieres lernen. Welche Geschichte erzählt Ihr Fossil?

Für diese Anleitung wird vorausgesetzt, dass Sie bereits das Muschelfossil fertiggestellt haben und wissen, wie die grundlegenden Werkzeuge, die Einstellungen, Pinsel und Tastenkürzel in Sculptris zu verwenden sind.





SCHRITT 1: DIE AUSGANGSFORM DES OBJEKTS MODELLIEREN

Zu Beginn des Sculptings der Pflanzenfresserzähne erstellen Sie eine längliche Form. Aus diesem Block heraus entwickeln Sie die Zähne.

- Verwenden Sie **New Sphere**, um mit einer neuen Datei zu beginnen. Vergewissern Sie sich, dass **Symmetry** eingeschaltet ist.
- Drehen Sie das Modell so, dass die **Symmetrielinie** nicht zu sehen ist und verwenden Sie **Flatten**, um die Kugel zu formen.
- Verwenden Sie **Grab** mit einem breiten Pinsel und ziehen Sie einen Teil des Modells zur Seite. Umkreisen Sie das Modell, um sicherzustellen, dass sich entlang der Symmetrielinie keine Unsauberkeiten befinden.



SCHRITT 2: ENTLANG DER SYMMETRIELINIE ABFLACHEN

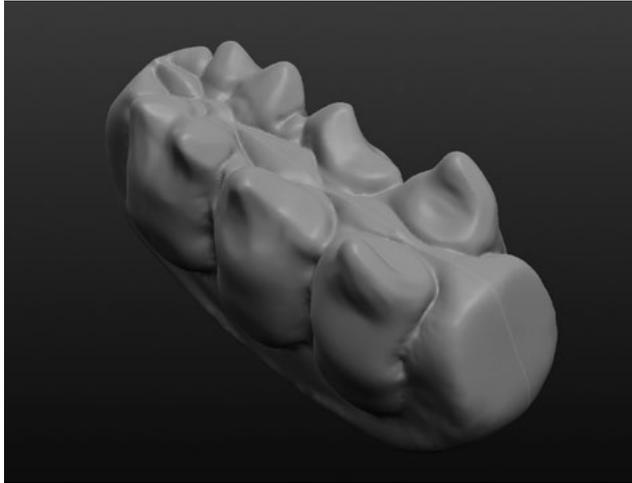
Pflanzenfresser haben flache Backenzähne, deshalb werden wir im nächsten Schritt die Oberseite der Form abflachen. An dieser Stelle wird auch die Kaufläche modelliert. Achten Sie darauf, dass die Symmetrielinie durch die abgeflachte Fläche verläuft.

- Umkreisen Sie das Modell, sodass Sie die **Symmetrielinie** sehen können.
- Flachen Sie die Form entlang der Symmetrielinie mit dem Werkzeug **Flatten** ab. Verwenden Sie **Reduce** oder **Smooth**, wenn Sie sehen, dass das Gitternetz reißt.

SCHRITT 3: DIE SEITENFLÄCHEN DER ZÄHNE ZEICHNEN

Überlegen Sie sich, wie Backenzähne von der Seite aussehen. Der nächste Schritt ist das Sculpting der drei Pflanzenfresserzähne. Jedes Modell ist anders, doch in diesem Schritt sollten Sie versuchen, ein Ergebnis zu erreichen, das dem Bild links ähnelt.

- Betrachten Sie das Modell von einer Seite.
- Verwenden Sie **Draw** und **Crease**, um die seitliche Form der drei Backenzähne zu modellieren. Vergessen Sie nicht, die Einstellungen von **Size** und **Strength** für die Pinsel nach Bedarf anzupassen.
- Fassen Sie mit **Grab** ein oder zwei Punkte jedes Backenzahns an. Ändern Sie die Pinselbreite, um etwas Abwechslung zu schaffen.



SCHRITT 4: DIE KAUFÄHIGKEIT DER ZÄHNE MIT STRUKTUR VERSEHEN

Sehen Sie sich einige Bilder der Zähne von heute noch lebenden Pflanzenfressern an. Verwenden Sie diese Bilder während der nächsten Schritte als Anregung.

- Mit der Funktion **Crease** können Sie Vertiefungen zwischen den Molaren zur Mitte hin erzeugen. **Umkreisen** Sie das Modell häufig, um das Aussehen aus jedem Winkel zu überprüfen.
- Ziehen Sie mit **Grab** an verschiedenen Punkten der Zähne.

SCHRITT 5: DER LETZTE SCHLIFF

- Wenn das Fossil zu breit oder zu schmal scheint, zoomen Sie heraus und verwenden **Grab** mit dem breitesten Pinsel, um das gesamte Modell entsprechend anzupassen. Umkreisen Sie das Modell und sehen Sie es sich von allen Seiten an.
- Geben Sie Ihre Modell mit **Smooth** den letzten Schliff und glätten Sie raue Stellen. Mit anderen Pinseln können Sie ebenfalls Korrekturen vornehmen.
- Glätten Sie den unteren Bereich des Objekts mit **Flatten**, damit es sich leichter drucken lässt.

SCHRITT 6: DAS DESIGN SPEICHERN, EXPORTIEREN UND DRUCKEN

- **Speichern Sie** die Sculptris-Datei und exportieren Sie das Modell als **OBJ**-Datei.
- Wiederholen Sie die Schritte vom Muschelfossilmodell, um das Modell vorzubereiten und zu drucken.



ERSTELLEN: EIGENE FOSSILIEN ENTWERFEN

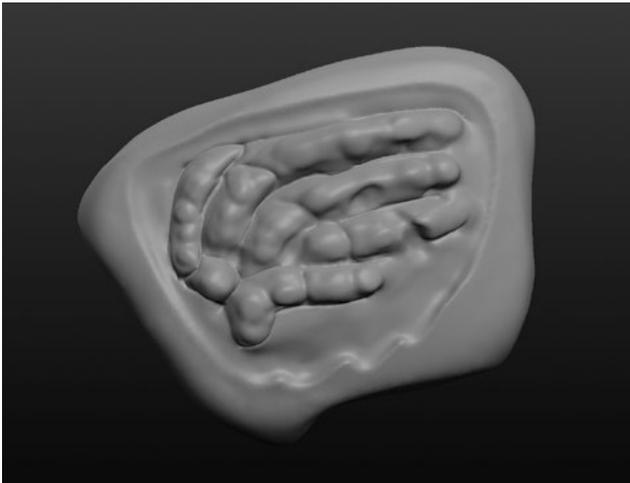
Verwenden Sie jetzt die Sculpting-Techniken aus den vorangegangenen Abschnitten und entwerfen und drucken Sie Ihre eigenen Sculptris-Dateien. Blättern Sie zurück zum Abschnitt „Forschen“, wenn Sie Anregungen zu selbst gestalteten Tierfossilien suchen. Wenn das Design fertig ist, **speichern**, **exportieren** und **drucken** Sie Ihr Fossilienmodell.





Sehen Sie sich zur Anregung diese beiden Designs an, die mit derselben Gruppe von Werkzeugen erstellt wurden.

Hier ein Modell eines versteinerten Fleischfresserzahns. Wie unterscheidet sich die Form des Fleischfresserzahns von der Form des Pflanzenfresserzahns und warum? Was sagt die Form des Zahns über das Fressverhalten des Tieres aus?



Hier ein Modell von versteinerten Flossenknochen. Warum sind nur die Knochen der Flosse übriggeblieben? Was sagt die Form der versteinerten Knochen über die Form der Flosse aus, zu der sie gehören?



WEITERE AKTIVITÄTEN: GIPSFORMEN, FOSSILIENAUSGRABUNG ENTLANG DER ZEITSKALA

AKTIVITÄT 1: GIPSFOSSILIEN MIT FORMEN HERSTELLEN

Fossilien bilden sich auf sieben Arten: als Kohlenstoffschichten, durch Kohle, durch mineralischen Austausch, als Formen oder Abgüsse, originale Überreste, Spurenfossilien und in Gräben oder Höhlen.

Nachdem die "Erstellen"-Projekte abgeschlossen sind, lernen wir die Arten der natürlichen Fossilienentstehung kennen. Hierzu fertigen wir eine Gipsform für unser eigenes Fossil an.

Material

- Gießfähiger Gips (Stuckgips)
- Vaseline oder Formtrennmittel
- Ton
- Papierbogen

Schritte

1. Lassen Sie die Schüler auf jede Papierunterlage eine Scheibe Ton legen. Anschließend können sie ihre Fossilien darin abdrücken.
2. Reiben Sie den entstandenen Hohlraum mit Vaseline aus.
3. Gießen Sie die Form mit Stuckgips aus und lassen Sie sie über Nacht trocknen.
4. Lassen Sie die Schüler am nächsten Tag die Gipsfossilien aus der Tonform lösen und ihre Tiere vor der Klasse präsentieren. Wiederholen oder besprechen Sie abschließend die sieben Arten, auf die Fossilien in der Natur entstehen.
5. Lassen Sie die Schüler die Fossilien untereinander tauschen. Anschließend zeichnen die Schüler die Fossilien und überlegen, um welche Art von Tier es sich handelt und warum es so aussieht, wie es aussieht.

AKTIVITÄT 2: PALÄONTOLOGEN ÜBER DIE SCHULTER GESEHEN– FOSSILIEN VERGRABEN UND ENTDECKEN

Zeigen Sie an dieser nachgestellten Grabungsstätte, wie Paläontologen arbeiten. In den folgenden kreativen Aktivitäten werden die Schüler in Gruppen ihre Projekte vor der Klasse präsentieren.

Material

- Sand
- Auflaufformen
- Werkzeuge zum Reinigen von Steinen

Schritte

1. Lassen Sie die Schüler eine Kreatur vom Beginn des Paläolithikums modellieren und bis zum Mesozoikum weiterentwickeln.
2. Jeder Schüler kann eine Reihe von kleinen Fossilien modellieren und drucken, die zeigen, wie das Tier in der jeweiligen Ära ausgesehen haben könnte.
3. Nach dem Drucken kann jeder Schüler in einer Einweg-Aluschale eine Skala der Erdzeitalter zusammenstellen. Hierzu werden die Fossilien in Sand vergraben, und zwar in der Reihenfolge, die den präkambrischen Zeitaltern entspricht (ältestes Fossil am tiefsten).
4. Lassen Sie die Schüler die Schalen tauschen und versuchen, die Fossilien wie ein Paläontologe auszugraben und zu datieren.
5. Die Schüler sollten die Fossilien anhand der Tiefe datieren und versuchen zu bestimmen, um welche Art von Kreatur es sich wahrscheinlich handelt.

TIPP: AUFGRUND DER ANZAHL DER BENÖTIGTEN FOSSILIEN EMPFIEHLT ES SICH, DIE MODELLE IN KLEINEREM MASSSTAB ZU DRUCKEN, UM ZEIT ZU SPAREN.

WISSENS-CHECK

- Wie unterscheidet sich digitales Sculpting von anderen Modellierungswerkzeugen?
- Wo liegen die Stärken und Schwächen von Sculptris?
- Wie wird Symmetrie eingesetzt?
- Wie navigiert man in Sculptris?
- Welche Tricks gibt es für das erfolgreiche Drucken von organischen Formen?
- Wie verwendet man Supports und Rafts in MakerBot Desktop?
- Warum müssen Sculptris-Objekte in MakerBot Desktop skaliert werden?

AUSBLICK

Digitales Sculpting kann ein sehr leistungsfähiges Werkzeug für die Gestaltung von organischen Formen sein. Suchen Sie nach den Arbeiten von professionellen Designern, die mit digitalen Sculpting-Programmen arbeiten, um einen Eindruck davon zu gewinnen, welche faszinierenden Dinge mit genügend Übung möglich sind.

PROJEKT: MODELLIEREN MIT 123D DESIGN



EXPERIMENTELLE INGENIEURARBEIT: BRÜCKENBAU

HINTERGRUND

In diesem Projekt erlernen Sie und Ihre Schüler die Benutzung des kostenlosen Programms 123D Design. 123D Design ist ein Tool für die Modellierung von Volumenkörpern, in dem geometrische Grundformen und zweidimensionale Elemente (Skizzen oder Sketches) zur Erstellung von Objekten verwendet werden. Dieses Programm eignet sich für jedes Projekt, in dem bestimmte Maße und/oder mehrere ineinander passende Teile benötigt werden. In den folgenden Abschnitten wird gezeigt, wie sich 123D Design in Unterrichtseinheiten zu Technik, Physik und natürlich Brückenbau integrieren lässt. Wir lernen, wie 3D-gedruckte Verbinder konstruiert werden, mit denen eine Brückenstruktur zusammengesetzt werden kann. Außerdem untersuchen wir, wie der 3D-Druck die strukturelle Festigkeit unserer Modelle beeinflussen kann.

UMFANG

Die Schüler konstruieren und bauen ein maßstäblich verkleinertes Modell einer Brücke. Als Material kommen lediglich Balsaholz, 3D-gedruckte Verbinder und Holzleim zum Einsatz. Im Abschnitt „Forschen“ des Projekts untersuchen die Schüler verschiedene Brückenkonstruktionen und entwickeln durch Brainstorming eine eigene Konstruktion. In den Abschnitten „Entdecken“ und „Erstellen“ lernen sie, mit 123D Design verschiedene Typen von Verbindern für die Brücke zu modellieren. Abschließend wird die Brücke zusammengebaut und ihre Tragfähigkeit geprüft. Im Abschnitt „Weitere Aktivitäten“ kann dieses Projekt um zusätzliche Facetten ergänzt werden. Dazu werden in einem ähnlichen Prozess weitere Strukturen gebaut und geprüft.

PROJEKTÜBERSICHT

Forschen: Brücken und andere Tragstrukturen

Entdecken: Modellieren mit 123D Design

Erstellen: Modellieren von Belastbarkeitstest-Trägern

Erstellen: Design einer Vier-Punkt-Verbindung

Erstellen: Design einer Sechseck-Verbindung

Erstellen: Design einer Bogen-Verbindung

Erstellen: Design zusätzlicher Verbindungen

Weiterführende Aktivitäten: Brückenprüfung, aufbereitete Strukturen

LOGISTIK

Es wird empfohlen, dass die Schüler in der „Forschen“-Phase des Projekts in Gruppen und in der „Erstellen“-Phase einzeln arbeiten. Für den Zusammenbau der Brücken wird ein großer Raum benötigt.

- Technologie
 - Computer mit 123D Design und MakerBot Desktop (<http://www.123dapp.com/design>)
 - MakerBot Replicator 3D-Drucker
 - Voraussichtliche Druckdauer: 30 bis 90 Minuten pro Teil
- Material
 - Balsaholzleisten (1/8 x 1/8 in) oder ähnliches Material (Schaschlikstäbchen oder Mundspatel/ Eisstiele können ebenfalls geeignet sein)
 - Holzleim
 - Zeichenkarton
 - Gewichte (Gewichtssatz aus Messing, Ziegelsteine usw.)

LERNZIELE

Allgemeines

- Brückenkonstruktionen verstehen
- Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen verschiedenen Brückenkonstruktionen erkennen
- Fachwerkelemente und deren Bedeutung
- Untersuchen, wie verschiedene geometrische Formen Kraft aufnehmen und weiterleiten
- Ökonomische Aspekte des Baus von Objekten mit begrenztem Materialvorrat und begrenztem Budget

3D-Drucken

- Wann ist die Herstellung von Objekten im 3D-Druck der Verwendung von vorhandenem Material vorzuziehen?
- Überhänge und Brücken
- Auswirkungen der Druckeinstellungen auf die Festigkeit des Modells und den Materialverbrauch
- Bedeutung von Füllung, Hüllen und Druckausrichtung

3D-Design (Modellierung von Volumenkörpern)

- Zeichnen
- Extrudieren
- Designen mit Toleranz

TERMINOLOGIE

- **Extrudieren:** Funktion, mit der eine zweidimensionale Form in ein dreidimensionales Objekt umgewandelt wird
- **Perspektivische Ansicht:** Passt den Blickwinkel so an, wie das menschliche Auge sieht. Weiter entfernte Objekte erscheinen kleiner als Objekte, die näher bei der „Kamera“ sind.
- **Orthographische Ansicht:** Passt den Blickwinkel an eine einzige Perspektive an. Alle gleichgroßen Objekte erscheinen gleich groß, unabhängig von ihrer Entfernung zur „Kamera“.
- **Fase:** Flachwinkliger Schrägschnitt am Rand einer Komponente, oft als Finishing-Technik verwendet



FORSCHEN: BRÜCKEN UND ANDERE TRAGWERKE

Seit Urzeiten baut der Mensch Brücken, um geographisch schwieriges Terrain zu überwinden. Der Brückenbau verlangt präzise Ingenieursarbeit, da die tragende Struktur der von oben wirkenden Last, intensiver Nutzung und Umwelteinflüssen standhalten muss. In diesem Abschnitt befassen sich die Schüler mit verschiedenen Arten von Brücken und versuchen, deren Stärken und Schwächen zu erkennen. Außerdem erfahren die Schüler, wie sich der Brückenbau im Laufe der Zeit entwickelt hat.

Lassen Sie Ihre Schüler heute verwendete Brücken recherchieren. **Entdecken** Sie die folgenden Arten von Brücken. Lassen Sie die Klasse die Stärken und Schwächen der einzelnen Brückentypen aufzählen:

- Bogenbrücke
- Balkenbrücke
- Fachwerkbrücke
- Hängebrücke

Finden Sie eine Konstruktion, die verschiedene Merkmale von einer oder mehreren Brücken in sich vereint. Ein Beispiel wäre der Eiffelturm in Paris.

Lassen Sie die Schüler zum Thema **Tacoma Narrows Bridge** recherchieren. Dabei handelt es sich um ein Beispiel für eine Brückenkonstruktion, die die Anforderungen nicht erfüllt hat.

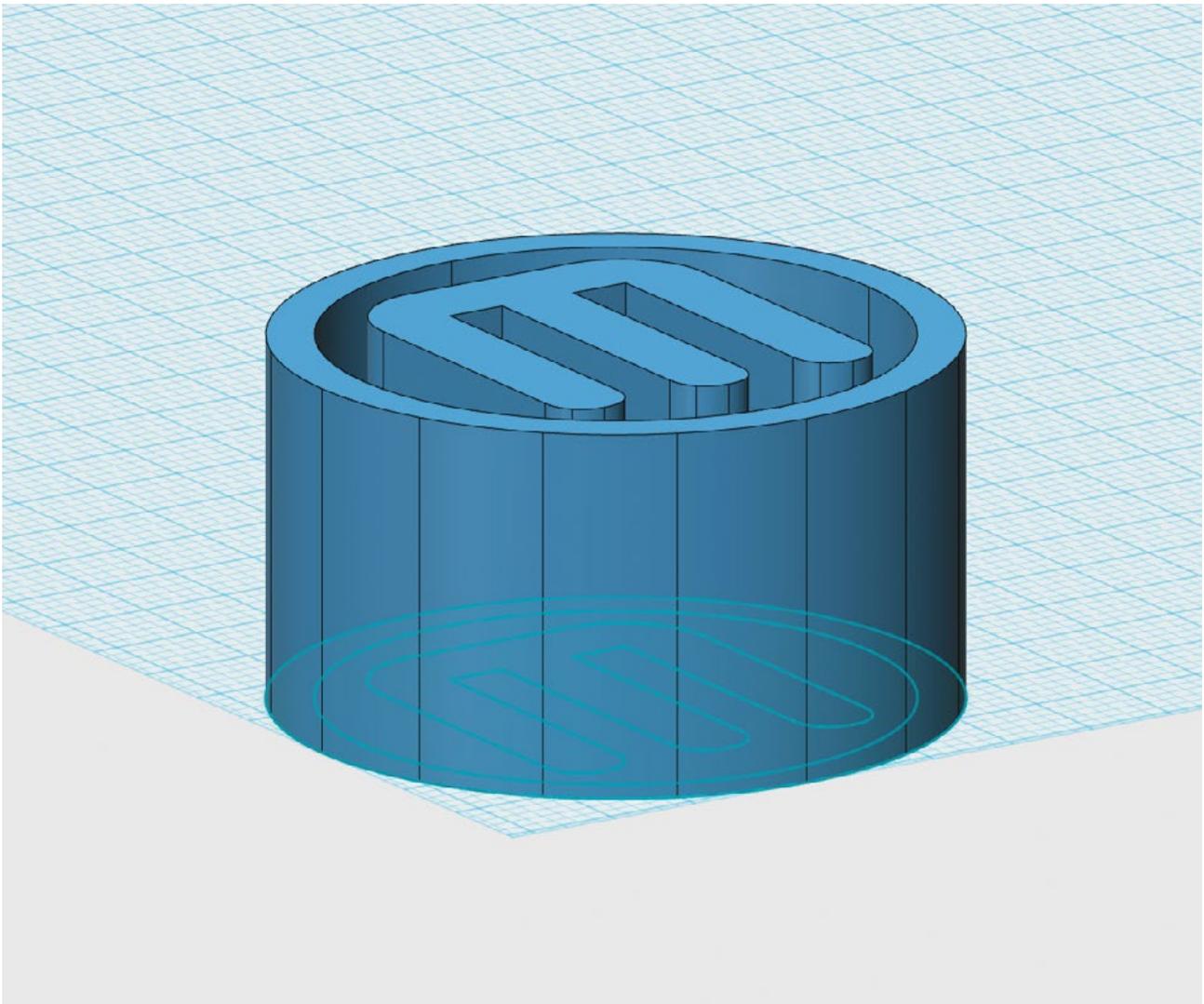
Bevor Sie zu den **Erstellen**-Abschnitten wechseln, erklären Sie den Schülern das Szenario:

- Sie wurden als Bauingenieur eingestellt und sollen eine Brücke der nächsten Generation für Ihre Stadt bauen. Mit Unterstützung durch den 3D-Druck und Ihr Wissen über 123D Design und den Brückenbau konstruieren Sie aus Balsaholz und 3D-gedruckten Verbindungsstücken ein maßstäbliches Modell der Brücke und überprüfen, welche Last sie tragen kann.



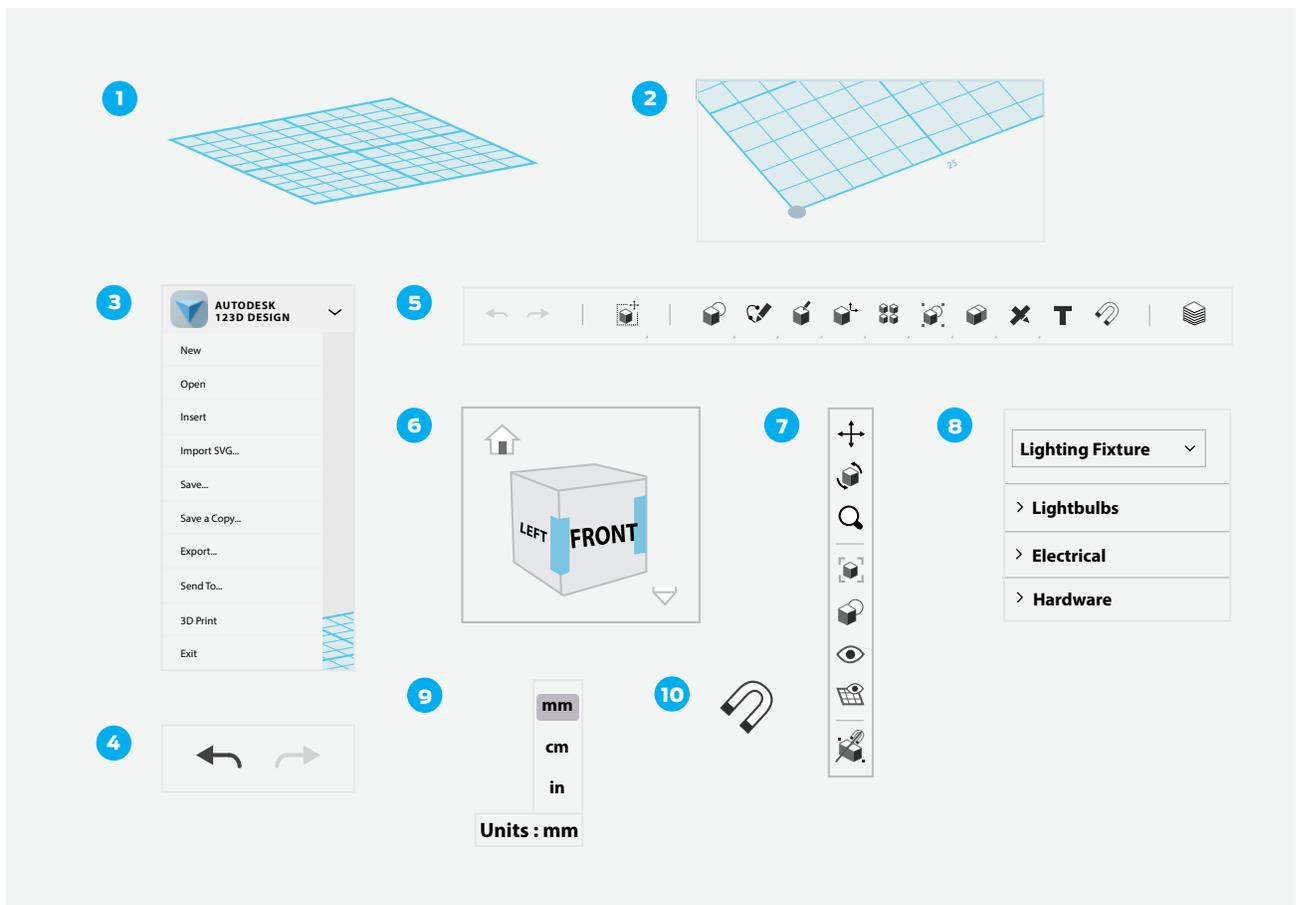
ENTDECKEN: MODELLIEREN MIT 123D DESIGN

In diesem Projekt werden Sie die Grundlagen von 123D Design erlernen. Wenn Sie die Software 123D Design öffnen und ein neues Projekt starten, sehen Sie ein Fenster wie das unten gezeigte.



BENUTZEROBERFLÄCHE

1. **Arbeitsebene:** Dies ist das Standardraster, auf dem Sie Ihre Objekte aufbauen. Der Cursor rastet beim Zeichnen und Platzieren von grafischen Grundelementen am Raster ein.
2. **Ursprungspunkt:** (0,0) auf der Arbeitsebene. Es hat sich bewährt, die Modelle vom Ursprungspunkt aus zu konstruieren.
3. **Menü von 123D Design:** Optionen zum Speichern und Exportieren von Dateien sowie weitere Systemoptionen sind hier zu finden.
4. **Schaltflächen „Undo/Redo“:** Aktionen rückgängig machen oder wiederherstellen.
5. **Symbolleiste für die 3D-Modellierung:** Hier sind alle Modellierungsfunktionen zu finden.
6. **Ansichtswürfel:** Mit diesem Element wird die Ansicht innerhalb der Szene ausgerichtet.
7. **Symbolleiste für Ansicht und Navigation:** In diesem Menü ändern Sie die Ansicht oder die Art und Weise, in der Objekte in der Szene dargestellt werden.
8. **Menü „Advanced Primitives“:** Vorgefertigte Objekte können in die Szene gezogen und dort bearbeitet werden. *Hinweis: Einige dieser Grundelemente sind nur mit einer Premium-Mitgliedschaft erreichbar.*
9. **Units:** Mögliche Standardeinheiten für die Modellierung sind Millimeter, Zentimeter oder Zoll.
10. **Einrastfunktion:** Das Einrastintervall bei der Modellierung von Objekten kann verändert werden.

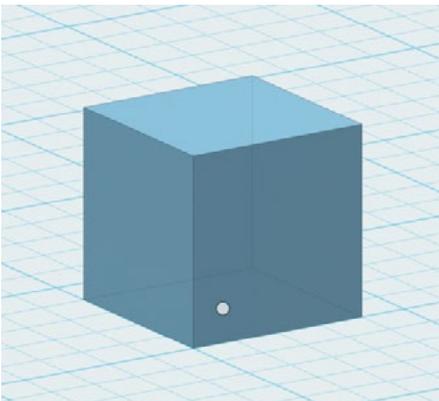


SCHRITT 1: NAVIGIEREN LERNEN

Wenn Sie vorhaben, in 123D Design ein Objekt zu entwerfen und zu realisieren, müssen Sie wissen, wie Sie sich in der virtuellen Umgebung bewegen. Für die Navigation in 123D Design gibt es drei verschiedene Möglichkeiten:

- Der **Ansichtswürfel** oben rechts auf dem Bildschirm ermöglicht es, die Szene zu umkreisen. Klicken Sie auf eine Seite, Ecke oder Kante des Würfels, um die **Arbeitsebene** in den betreffenden Ansichtswinkel zu bringen, oder klicken und ziehen Sie den Ansichtswürfel, um die Szene manuell zu drehen. Während sich der Mauszeiger über dem **Ansichtswürfel** befindet, sehen Sie außerdem ein **Haussymbol**, auf das Sie klicken können, um zur Standardansicht zurückzukehren, sowie ein kleines Dropdown-Menü, mit dem Sie die Ansicht zwischen **Orthographic** und **Perspective** (orthographisch und perspektivisch) wechseln können.
- Außerdem können Sie direkt in der **Arbeitsebene** mit der Maus navigieren:
 - **Umkreisen:** Drücken Sie die rechte Maustaste und ziehen Sie, um die Arbeitsebene zu umkreisen und aus verschiedenen Ansichtswinkeln zu betrachten.
 - **Schwenken:** Drücken Sie das Mausrad und ziehen Sie.
 - Zum **Ein- und Auszoomen** verwenden Sie das Scrollrad der Maus.
 - Das Touchpad eines Laptops ist für die Arbeit mit 123D Design nicht geeignet. Sie sollten eine Dreitastenmaus zur Verfügung haben, um den vollen Funktionsumfang von 123D Design bequem nutzen zu können.
- Außerdem können Sie die Schaltflächen **Schwenken**, **Umkreisen** und **Zoomen** auf der rechten Seite des Bildschirms verwenden.

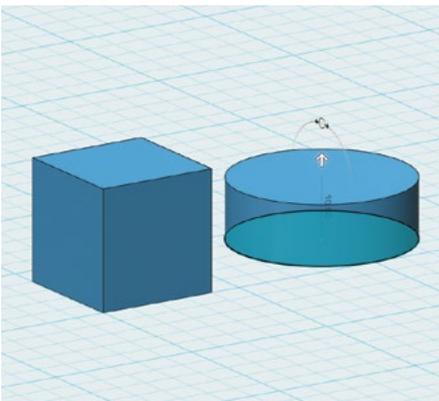
TIPP: WECHSELN SIE ZUR ORTHOGRAFISCHEN ANSICHT.



SCHRITT 2: GRUNDELEMENTE ERSTELLEN

Ähnlich wie in Tinkercad können Sie auch in 123D Design Objekte aus grafischen Grundelementen, sogenannten Primitiven, erstellen.

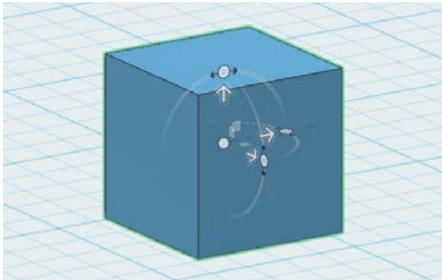
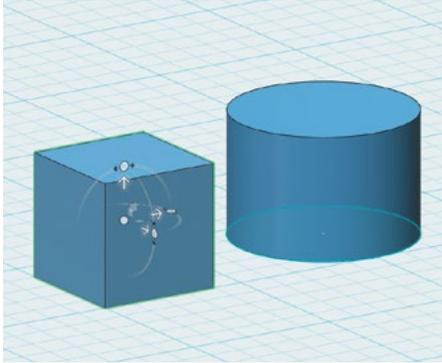
- Klicken Sie im Menü **Primitives** in der **Symbolleiste für die 3D-Modellierung** auf einen **Würfel** und verschieben Sie ihn auf die **Arbeitsebene**.



SCHRITT 3: ZEICHNEN SIE EINEN KREIS UND EXTRUDIEREN SIE DARAUS EINEN ZYLINDER

Eines der leistungsfähigsten Verfahren zur Erstellung eines 3D-Objekts in 123D Design besteht darin, eine zweidimensionale Form zu zeichnen und diese dann zu einem dreidimensionalen Volumenkörper zu **extrudieren**.

- Klicken Sie im Menü **Sketch** in der **Symbolleiste für die 3D-Modellierung** auf einen **Kreis** und zeichnen Sie auf der **Arbeitsebene** neben dem Würfel.
- Wählen Sie im Menü **Construct** den Befehl **Extrude** und klicken Sie auf die hellblaue Fläche der Kreisform. Sie sehen daraufhin einen Pfeil, mit dem Sie den Kreis nach oben ziehen und so einen Zylinder formen können.



SCHRITT 4: VERSCHIEBEN UND DREHEN MIT DEM VERSCHIEBEWERKZEUG

Das **Verschiebewerkzeug** ist wichtig für das Verschieben von Objekten in 123D Design. Sie können damit Objekte auf der **Arbeitsebene** umpositionieren und drehen. Es ist außerdem wichtig, um zu lernen, wie Objekte neu zueinander positioniert werden können. Ganz gleich, ob Sie Objekte nebeneinander, übereinander oder ineinander platzieren, Sie verwenden dafür immer das **Verschiebewerkzeug**.

- Klicken Sie auf den Zylinder und beachten Sie das Menü, das am unteren Rand des Bildschirmfensters angezeigt wird. Die erste Option im Menü ist das Werkzeug **Move**. Klicken Sie darauf, um einen Verschiebevorgang zu beginnen.
- Die drei Pfeile, die daraufhin angezeigt werden, ermöglichen es, das Objekt entlang der **x-, y- und z-Achsen** zu verschieben. Die kreisförmigen Griffpunkte neben den Pfeilen dienen dazu, das Objekt um jede der drei Achsen zu drehen.
- Positionieren Sie den Zylinder mit dem **Verschiebewerkzeug** so, dass der Zylinder direkt auf der Oberseite des Würfels sitzt. **Umkreisen** Sie die Ansicht, um sicherzustellen, dass sich das Objekt an der richtigen Position befindet.

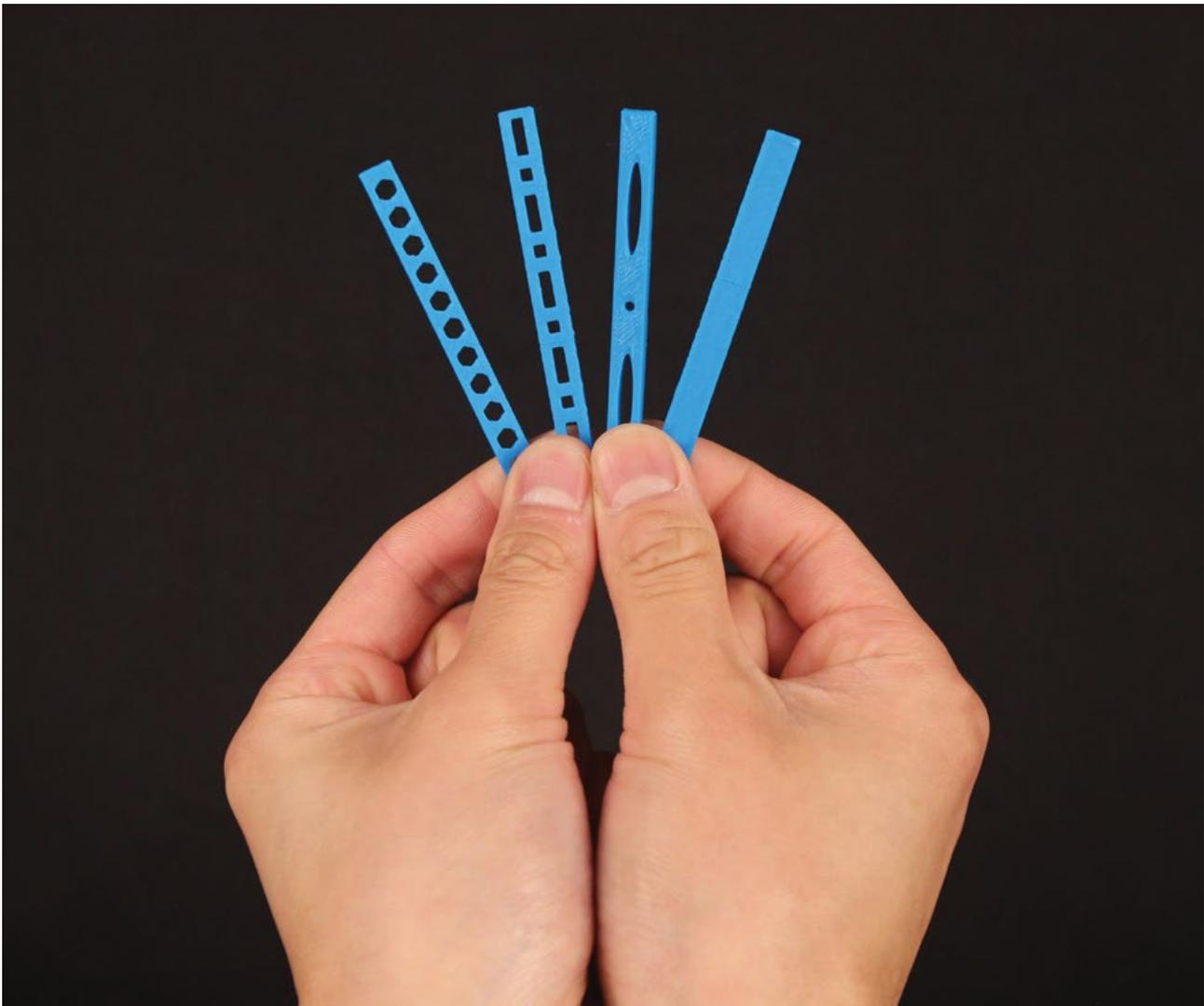
TIPP: SIE ERREICHEN DAS **VERSCHIEBEWERKZEUG** AUCH ÜBER DIE **SYMBOLLEISTE FÜR DIE 3D-MODELLIERUNG**. DIE ANPASSUNG DER ANSICHT MIT DEM **ANSICHTSWÜRFEL** HILFT DABEI, EIN OBJEKT ENTLANG DER RICHTIGEN ACHSE ZU VERSCHIEBEN BZW. UM DIE RICHTIGE ACHSE ZU DREHEN. AUCH WENN DIE VERSUCHUNG GROSS IST - VERWENDEN SIE NICHT DEN MITTLEREN KREIS, UM IHR OBJEKT AUF DER ARBEITSEBENE ZU VERSCHIEBEN. SIE VERLIEREN DAS GEFÜHL FÜR DEN 3D-RAUM UND DIE POSITION DES OBJEKTS.



ERSTELLEN: MODELLIEREN VON BELASTBARKEITSTEST-TRÄGERN

Wenn Ingenieure große Strukturen wie Brücken entwerfen, müssen sie die geeignete Größe, Form und das geeignete Material für den Bau bestimmen. Sie erreichen dies durch Erforschung, Erprobung und Analyse vieler verschiedener Teile, bis die richtige Mischung aus Festigkeit und Gewicht gefunden ist.

In diesem Abschnitt werden wir mehrere Testträger entwerfen und drucken, um dieses Konzept näher zu untersuchen. Durch Experimentieren mit verschiedenen Designs, Druckeinstellungen und Druckausrichtungen gewinnen Sie alle wichtigen Informationen, die Sie benötigen, um im nächsten Abschnitt eine Brücke mit stabiler Struktur zu bauen.



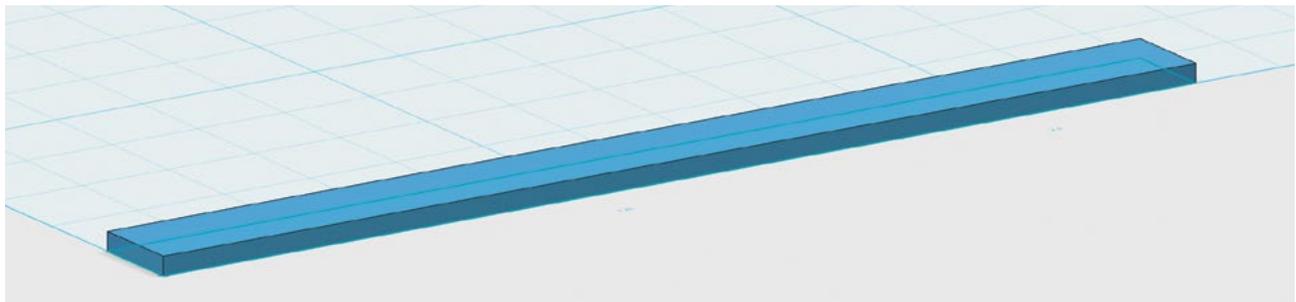
SCHRITT 1: EIN RECHTECK ZEICHNEN

Zeichnen Sie zunächst ein Rechteck mit der Größe **3.0 x 0.25 Zoll**.

Hinweis: Die meisten Balsaholzleisten sind in Zoll bemessen, deswegen werden wir Zoll (Inch) als unsere Standardeinheit verwenden.

- Achten Sie darauf, dass unten auf dem Bildschirm im Bereich **Units** die Einheit **inches (in)** ausgewählt ist.
- Verwenden Sie das kleine Dropdown-Menü neben dem **Ansichtswürfel**, um die Ansicht von **Perspective** in **Orthographic** umzuschalten.
- Wählen Sie **Sketch > Rectangle** in der **Symbolleiste für die 3D-Modellierung** oben in der Mitte des Bildschirms.
- Um **Sketch > Rectangle** zu verwenden, klicken Sie auf das Raster und beginnen mit dem Zeichnen. Klicken Sie erneut, um die erste Ecke des Rechtecks zu bestimmen. Klicken Sie ein drittes Mal, um den Endpunkt auszuwählen.
 - Zeichnen Sie nach diesem Prinzip ein Rechteck, dessen eine Ecke im **Ursprungspunkt** (unten links) und dessen gegenüberliegende Ecke am Punkt **3.0 in** nach rechts und **0.25 in** nach oben liegt (wie in der Abbildung gezeigt) oder geben Sie die Werte ein und bestätigen Sie mit der **Eingabetaste**. In jedem Fall muss das Rechteck die Maße **3.0 x 0.25 in** haben.

TIPP: NACHDEM SIE DIE SKIZZE FERTIGGESTELLT HABEN, KLICKEN SIE AUF DAS GRÜNE HÄKCHEN, UM DEN SKIZZIERMODUS ZU VERLASSEN.

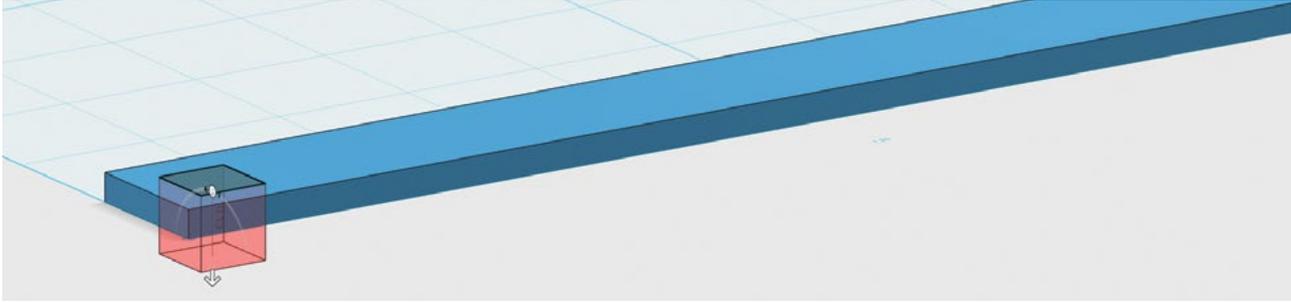


SCHRITT 2: DIE SKIZZE EXTRUDIEREN

Extrudieren Sie das Rechteck nun, um daraus ein 3D-Objekt zu machen. Die resultierende Form ist das erste Modell für den Belastungstest am Ende dieser Lektion. Die 3D-Form soll deshalb sehr dünn sein, gerade einmal **0.05 in**.

- Achten Sie darauf, dass der Wert **Snap** in der unteren rechten Ecke des Bildschirms auf **0.1 in** gesetzt ist.
- Wählen Sie **Construct > Extrude** in der **Symbolleiste für die 3D-Modellierung**.
- Klicken Sie auf das Rechteck und geben Sie den Wert **0.05 in** das vorgesehene Feld ein. Drücken Sie zur Bestätigung **Enter/Return** oder klicken Sie außerhalb des Objekts.
- Wählen Sie im Menü **123D Design** oben links den Befehl **Export STL**, eine für den 3D-Druck geeignete Datei Ihres Testträgers zu erstellen. Nennen Sie die Datei **Testträger 1**.

TIPP: ZEIGEN SIE IN DER SYMBOLLEISTE FÜR ANSICHT UND NAVIGATION MIT DER MAUS AUF DAS KLEINE AUGENSYMBOL UND WÄHLEN SIE **HIDE SKETCHES**. DAMIT WIRD DIE URSPRÜNGLICHE RECHTECKSKIZZE UNTER IHREM OBJEKT VERDECKT.

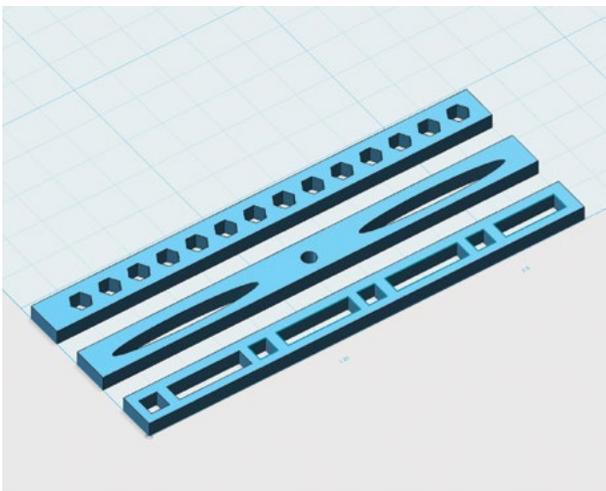


SCHRITT 3: DEN TESTTRÄGER MIT DEN BEFEHLEN „SKETCH“ UND „EXTRUDE“ VERÄNDERN

Nun werden Sie mit denselben Werkzeugen etwas Material vom Testträger entfernen. Wird der Träger dadurch stabiler oder wird er dadurch geschwächt? Was denken Sie? Am Ende dieser Übung werden Sie die Testträger drucken und die Frage beantworten können.

- Wählen Sie **Sketch > Rectangle** und klicken Sie auf die obere Fläche des Testträgers. Dadurch wird die Oberseite des Testträgers die Fläche, auf der das neue Rechteck gezeichnet wird. Klicken Sie **oben** auf den **Ansichtswürfel**, um zur Draufsicht zu wechseln.
- Ihr Ziel ist es, in der Nähe der linken Seite des Trägers ein kleines Quadrat mit der Kantenlänge **0.125 in** zu zeichnen.
- Um diese Maße exakt zu erreichen, klicken Sie, um die erste Ecke des Rechtecks zu platzieren. Geben Sie dann den Wert **0.125 in** für Länge und Breite ein.
- Wählen Sie **Extrude** und klicken Sie auf das Quadrat mit der Seitenlänge **0.125 in**. Ziehen Sie den Pfeil ganz nach hinten durch den Träger, um Material zu entfernen.

TIPPS: MIT DER **TABULATORSTASTE** KÖNNEN SIE VON EINEM WERTEFELD ZUM NÄCHSTEN WECHSELN, OHNE MIT DER MAUS KLICKEN ZU MÜSSEN. **UMKREISEN** SIE IHR MODELL, UM SICHERZUSTELLEN, DASS DAS LOCH VOLLSTÄNDIG DURCH DEN TRÄGER GEHT.



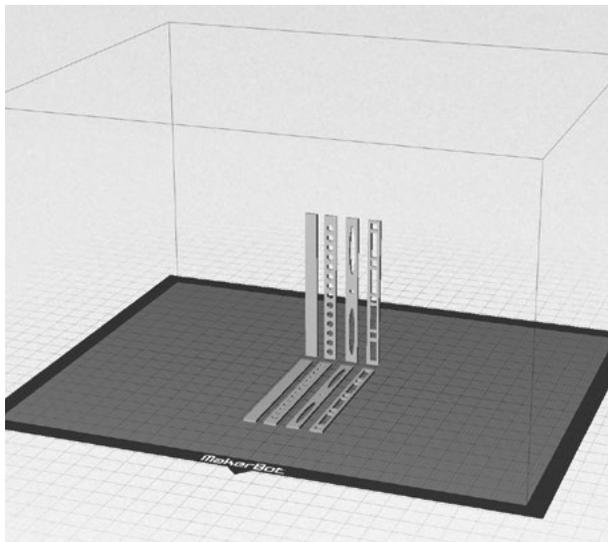
SCHRITT 4: WEITERE TESTTRÄGER ÄNDERN

Wiederholen Sie den Vorgang des Zeichnens und Extrudierens und entfernen Sie weitere Quadrate und Rechtecke aus dem Testträger. Unten sind einige mögliche Varianten von Testträgern gezeigt. Seien Sie kreativ. Welche Bauformen von Trägern sind Ihrer Meinung nach die schwächsten? Welche sind die stärksten? Warum?

- Nutzen Sie Ihre Kenntnisse, um weitere Testträger herzustellen. Beginnen Sie mit derselben Form und denselben Maßen wie bei **Testträger 1**. Experimentieren Sie mit verschiedenen Schaltflächen und Werkzeugen, um verschiedene Formen von Löchern zu erzeugen.

- Zur Auswahl stehen beispielsweise die Elemente **Circle**, **Ellipse** oder **Polygon** aus dem **Sketch**-Menü. Wie funktionieren diese Werkzeuge?
- Wenn eine Skizze nicht so wird, wie Sie es wünschen, verwenden Sie „Undo“ und versuchen es noch einmal. Nachdem Sie eine Skizze auf dem Träger platziert haben, extrudieren Sie sie ganz durch den Strahl nach hinten, sodass ein Loch entsteht.
- Exportieren und speichern Sie die einzelnen Träger als **STL**-Dateien und nennen Sie sie **Testträger 2**, **Testträger 3** und so weiter.

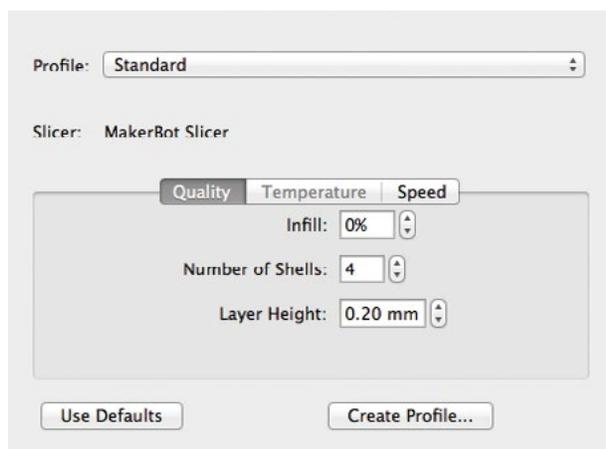
TIPP: SIE KÖNNEN IN 123D DESIGN EINEN TEIL EINES MODELLS EXPORTIEREN, INDEM SIE DAS MODELL AUSWÄHLEN UND DANN IM UNTEREN MENÜ DEN BEFEHL **EXPORT SELECTION** WÄHLEN.



SCHRITT 5: IN ZWEI AUSRICHTUNGEN DRUCKEN

- Laden Sie die STL-Dateien der Testträger in den MakerBot Desktop und achten Sie darauf, dass diese eben auf der Bauplatte aufliegen.
- Mit **Copy** und **Paste** oder **Duplicate** im Menü **Edit** duplizieren Sie jeden importierten Träger. Richten Sie dann alle kopierten Träger neu aus, sodass diese vertikal stehen. Wählen Sie die Träger dazu aus und wenden Sie den Befehl **Rotate** an.
- Vergewissern Sie sich, dass sich die Objekte auf der Bauplatte nicht überlappen, und verwenden Sie **Move**, um sicherzustellen, dass alle auch tatsächlich auf der Bauplatte aufliegen.

TIPP: EXPERIMENTIEREN SIE MIT **EDIT > AUTO LAYOUT**, UM IHRE OBJEKTE SCHNELL ANZUORDNEN.



- Setzen Sie den Druckauftrag in **Settings** auf **Standard** mit **Raft**, jedoch ohne Support. Setzen Sie **Infill** auf **0%** und **Number of Shells** auf **4**. Drücken Sie dann **Save Settings**. Diese Einstellungen wurden für massive Träger gewählt. Drucken Sie jetzt Ihre Testträger.

SCHRITT 6: BELASTUNGSTEST DER EINZELNEN TESTTRÄGER

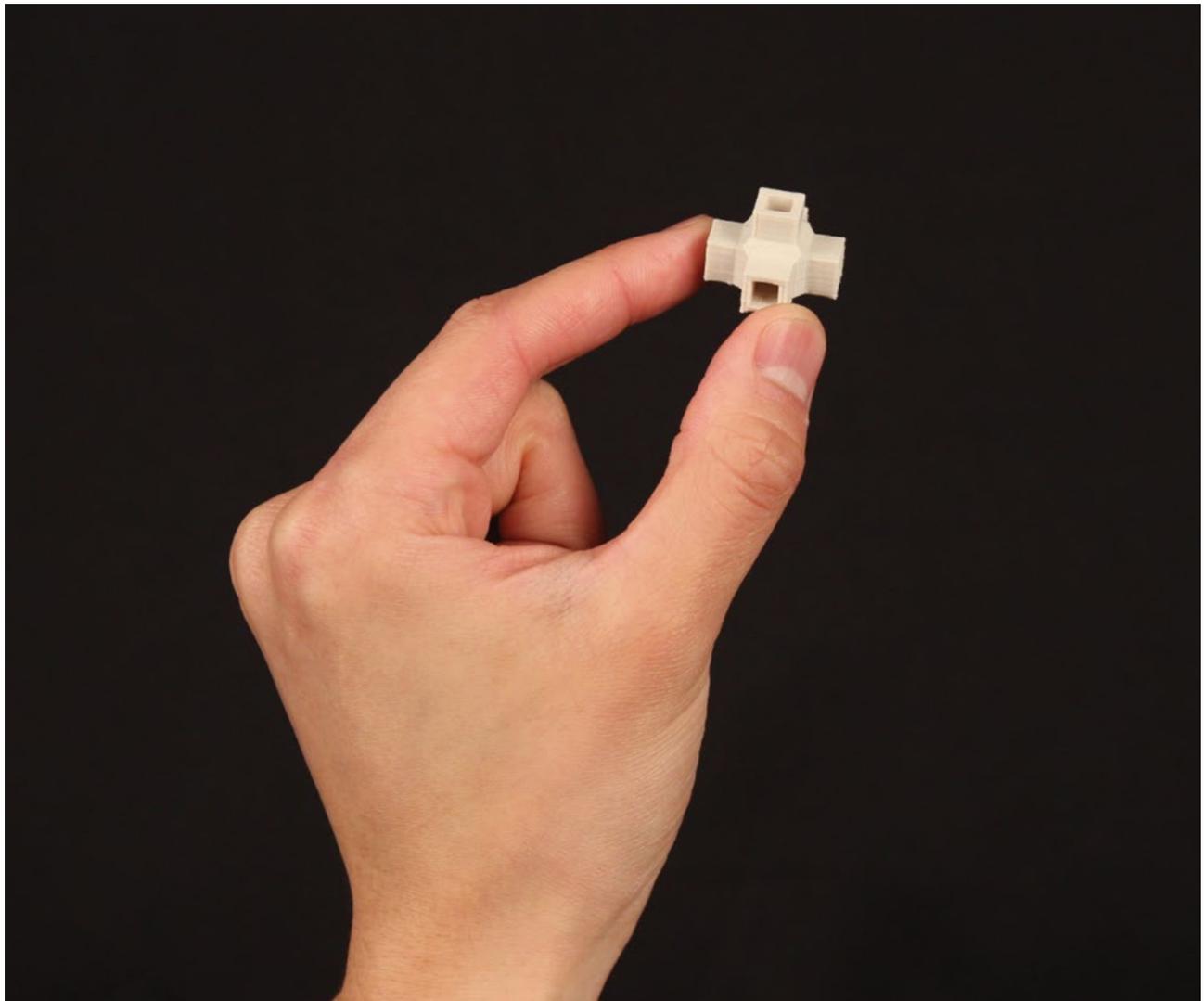
Sobald Ihre Testträger fertig gedruckt sind, setzen Sie eine Schutzbrille auf und prüfen die Festigkeit, indem Sie versuchen, die einzelnen Träger durchzubrechen. Sie werden feststellen, dass bestimmte Träger leichter brechen als andere. Nachdem alle Träger durchgebrochen sind, betrachten Sie genau die Stelle, an der der Bruch aufgetreten ist, die sogenannte **Bruchlinie**. Suchen Sie nach Gemeinsamkeiten und Unterschieden zwischen den Bruchlinien an den einzelnen Trägern. Notieren Sie Ihre Beobachtungen in einer Tabelle wie der unten gezeigten. Was bedeuten diese Beobachtungen? Sie werden eine Brücke aus 3D-gedruckten Komponenten bauen. Überlegen Sie auf Grundlage der Ergebnisse, was Sie berücksichtigen müssen, wenn Sie Brückenkomponenten modellieren und drucken, die eine Brücke ergeben sollen, die einer bestimmten Belastung standhalten kann, ohne zu brechen. Experimentieren Sie mit anderen Druckeinstellungen und -ausrichtungen und notieren Sie Ihre Beobachtungen

	BRUCHFESTIGKEIT NIEDRIG – HOCH	BRUCHLINIE (WIE SIEHT DIE LINIE AUS?)
Testträger 1 Horizontal		
Testträger 1 Vertikal		
Testträger 2 Horizontal		
Testträger 2 Vertikal		
Testträger 3 Horizontal		
Testträger 3 Vertikal		



ERSTELLEN: DESIGN EINER VIER-PUNKT-VERBINDUNG

Bei großen Projekten ist es üblich, die Struktur aus einer Vielzahl verschiedener Materialien zusammenzusetzen. Die Leistungsfähigkeit des 3D-Drucks versetzt uns in die Lage, individuelle Verbindungselemente zu erstellen, mit denen wir neue und interessante Brückenkonstruktionen ausprobieren können. Balsaholz bildet die Hauptstruktur. 3D-gedruckte Komponenten ermöglichen die individuelle Anpassung. Am Ende dieses Abschnitts haben Sie einen Vier-Punkt-Brückenverbinder erstellt und gedruckt, den Sie später Ihren eigenen Designkriterien anpassen können.



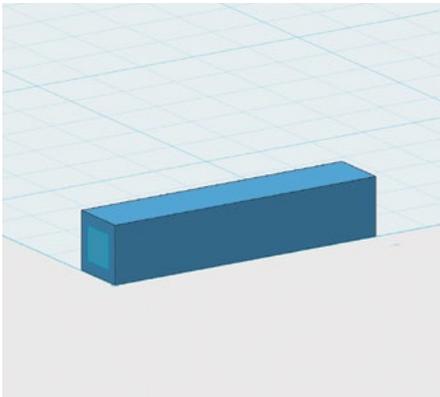
SCHRITT 1: VERMESSEN DER BRÜCKENKOMPONENTEN

- Verwenden Sie ein Lineal oder einen Messschieber, um den Querschnitt der Balsaholzstücke zu messen.

TIPP: EVENTUELL IST ES ERFORDERLICH DIE ANSICHT ROTIEREN ZU LASSEN.

- In diesem Projekt verwenden wir Balsaholz mit einem quadratischen Querschnitt von 1/8 Zoll an jeder Seite. Passen Sie Ihr Design entsprechend an, wenn Sie Balsaholz mit einem anderen Querschnitt verwenden.

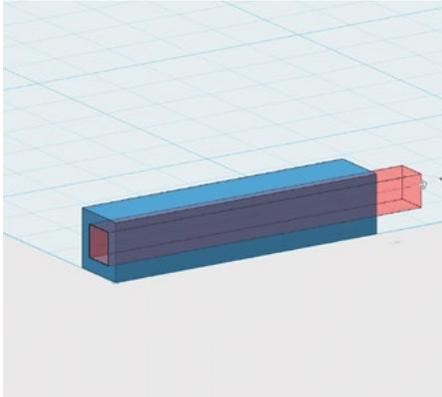
TIPP: NOTIEREN SIE SICH DEN WERT. DIESES MASS ERMÖGLICHT IHNEN, VERBINDER ZU KONSTRUIEREN, DIE AN DIE BALSAHOLZKOMPONENTEN PASSEN.



SCHRITT 2: DEN VERBINDER AUS GRUNDELEMENTEN ERSTELLEN

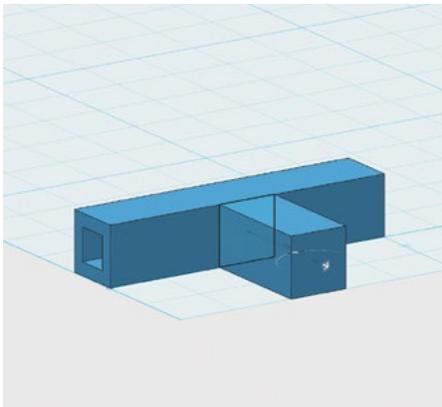
In der Entdecken-Aktivität oben haben Sie die Befehle **Sketch > Rectangle** und **Extrude** verwendet, um rechteckige Durchbrüche in einem Objekt herzustellen. In diesem Schritt werden wir eine etwas andere Skizziermethode verwenden. In 123D Design gibt es oft mehr als nur eine Möglichkeit, eine bestimmte Aufgabe zu erledigen. Jede hat ihre eigenen Vorteile und Sie werden feststellen, dass Sie bestimmte Vorlieben entwickeln.

- Wählen Sie im Menü **Primitives** den Befehl **Box**.
 - Legen Sie die Maße **0.25 x 1.25 x 0.25 in** fest.
- Wählen Sie im Menü **Primitives** den Befehl **Rectangle**.
 - Bewegen Sie den Mauszeiger, ohne auf irgendetwas zu klicken, zur linken Seite des Quaders, den Sie im vorangegangenen Schritt erstellt hatten.
 - Die Mitte des Rechteck sollte nun an der Mitte der linken Seite einrasten. Klicken Sie noch nicht.
 - Lassen Sie den Cursor auf der linken Seitenfläche des Grades zentriert, geben Sie die Werte **0.14** und **0.14** ein und drücken Sie zur Bestätigung **Enter/Return**. Nun sollte ein kleines Quadrat perfekt auf der linken Seitenfläche des Quaders platziert sein.
 - **Diskussion:** Warum wurden diese Werte auf **0.14 in** und nicht auf **0.125 in** gesetzt?



SCHRITT 3: IN DEN BLOCK EXTRUDIEREN, UM EIN LOCH ZU ERZEUGEN

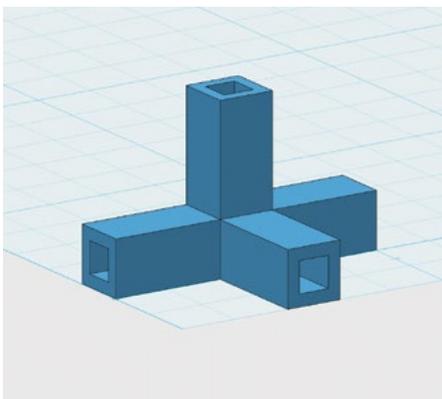
- **Extrudieren** Sie das Quadrat nach innen durch den Block. Nun sollte ein Loch durch das gesamte Modell bis zur anderen Seite reichen.
- Wenn Sie mit der Konstruktion des Modells fertig sind, wählen Sie **Hide Sketches**.



SCHRITT 4: EINEN DRITTEN VERBINDUNGSPUNKT HINZUFÜGEN

- Klicken Sie **vorn** auf den **Ansichtswürfel**.
- Zeichnen Sie mit **Sketch > Rectangle** ein Quadrat mit der Seitenlänge **0.25 x 0.25 in** in der Mitte der vorderen Fläche des Quaders.
Hinweis: Klicken Sie auf die Ecke des Quaders, um mit dem Skizzieren zu beginnen.
- Extrudieren Sie nach vorne bis zu einem Abstand von **0.5 in**.
- Schneiden Sie nach dem selben Verfahren wie in **Schritt 3** ein quadratisches Loch mit den Abmessungen **0.14 x 0.14 in**, ausgehend von der Vorderseite des neu extrudierten Stücks.
Hinweis: Dieses Mal soll das Loch nicht ganz durch das Modell reichen.

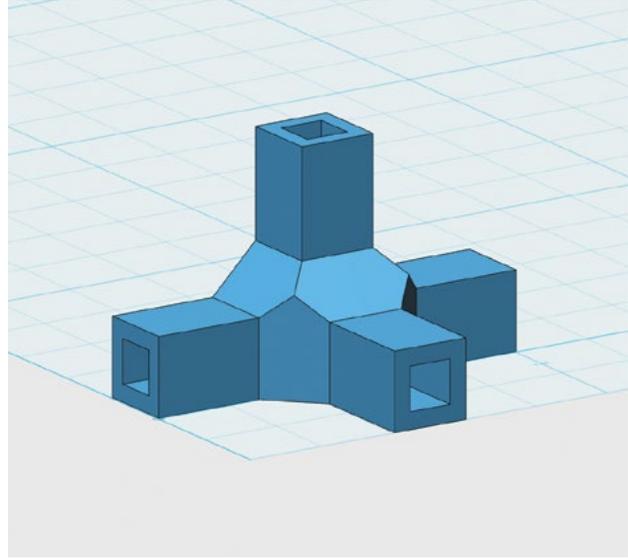
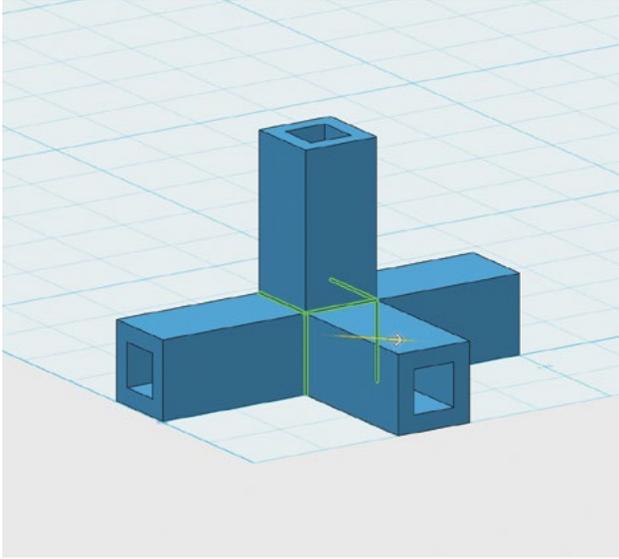
TIPP: ES KANN ERFORDERLICH SEIN, DAS OBJEKT ZU UMKREISEN (**ORBIT**), UM DEN BENÖTIGTEN GRIFFPUNKT ZUM EXTRUDIEREN ZU SEHEN.



SCHRITT 5: EINEN VIERTEN VERBINDUNGSPUNKT HINZUFÜGEN

- Wiederholen Sie den Vorgang von **Schritt 4** und erstellen Sie an der Oberseite des Objekts einen vierten Verbindungspunkt.

TIPP: KLICKEN SIE **OBEN** AUF DEM **ANSICHTSWÜRFEL**.



SCHRITT 6: MEHR FESTIGKEIT MIT DEM FASENWERKZEUG

Das Design hat gegenwärtig noch einige Schwachpunkte, insbesondere dort, wo der vordere und der obere Verbinder aus dem Originalmodell herausragen. Sie können an diesen Stellen für mehr Festigkeit sorgen, indem Sie mit dem Werkzeug **Chamfer** Material hinzufügen.

- Wählen Sie **Modify > Chamfer**.
- Wählen Sie nacheinander die fünf Kanten der Innenecken, wie in der Abbildung gezeigt.
- Geben Sie in das Feld am unteren Bildschirmrand den Wert **0.15** ein und drücken Sie zur Bestätigung **Enter/Return**. Dadurch entstehen an den innenliegenden Schwachstellen des Modells fünf gefaste Kanten. Erkennen Sie, warum dieses Modell nach dem **Anfasen** dieser Kanten erheblich stabiler ist?

TIPP: ES KANN NÖTIG SEIN, WÄHREND DER AUSWAHL DIE FUNKTION **ORBIT** ZU NUTZEN, UM ALLE FÜNF KANTEN ZU SEHEN.

SCHRITT 7: DEN VIER-PUNKT-VERBINDER SPEICHERN, EXPORTIEREN UND TESTEN

- Speichern Sie Ihre Arbeit, exportieren Sie die Datei, importieren Sie sie in den MakerBot Desktop und führen Sie einen Testdruck durch, um die Abmessungen zu kontrollieren.
- Wenn der Verbinder zu stramm oder zu lose auf Ihren Balsaholzleisten sitzt, korrigieren Sie Ihr Design entsprechend und drucken noch einmal.

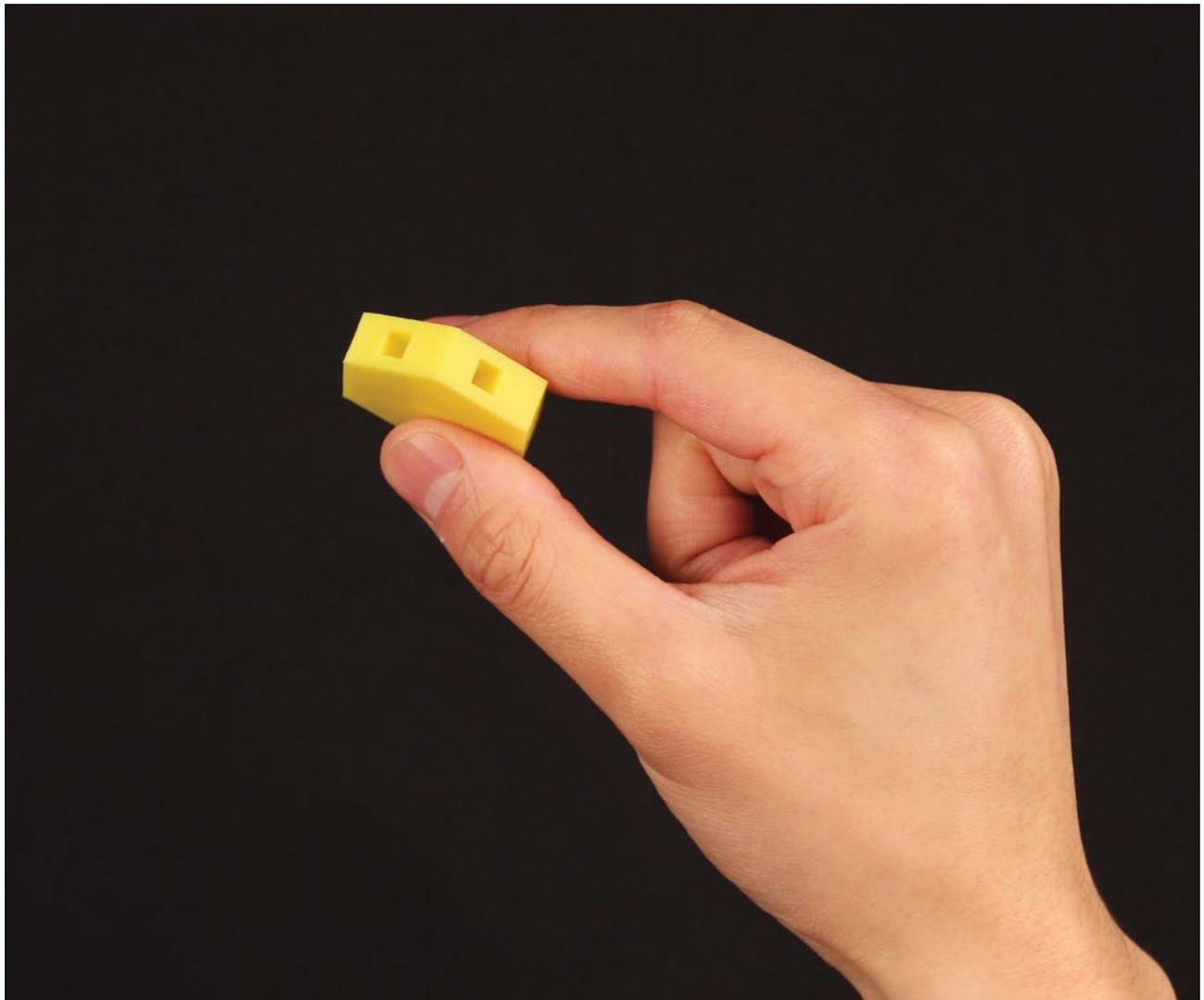
Hinweis: Aufgrund des geometrischen Schemas, nach dem das Stück gedruckt wird, kann das Spiel an den Löchern, die nach oben weisen, vom Spiel der anderen Löcher abweichen. Testen Sie dieses Loch getrennt und nehmen Sie notwendige Korrekturen an Ihrem Design vor, bevor Sie mehrere Exemplare dieses Verbinders drucken.

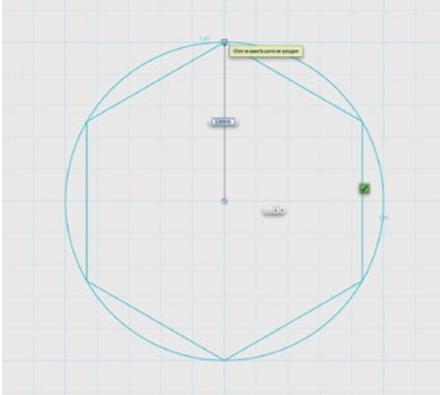


ERSTELLEN: DESIGN EINER SECHSECK- VERBINDUNG

Unten sehen Sie einen sechseckigen Verbinder mit sechs Verbindungspunkten für Komponenten aus Balsaholz.

Anstatt ein Rechteck auf eine Fläche des Objekts zu zeichnen und dieses Rechteck dann zu extrudieren, wollen wir das Balsaholz als dreidimensionalen Zapfen modellieren und diesen in einem Muster kopieren, um mehrere Löcher im Objekt zu erzeugen.

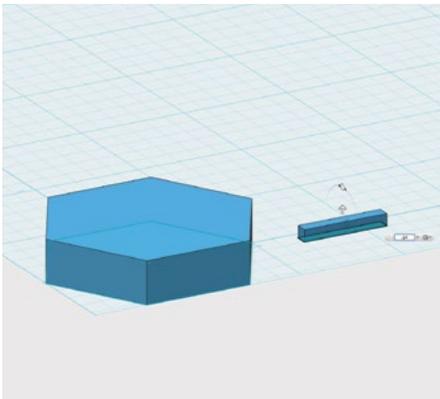




SCHRITT 1: EIN SECHSECKIGES PRISMA UND EINEN RECHTECKIGEN STAB ZEICHNEN UND EXTRUDIEREN

- Erstellen Sie mit dem Befehl **Sketch > Polygon** ein sechsseitiges Polygon mit dem Radius **1.25 in.**
- **Extrudieren Sie nach vorne bis zu einem Abstand von 0.5 in.**

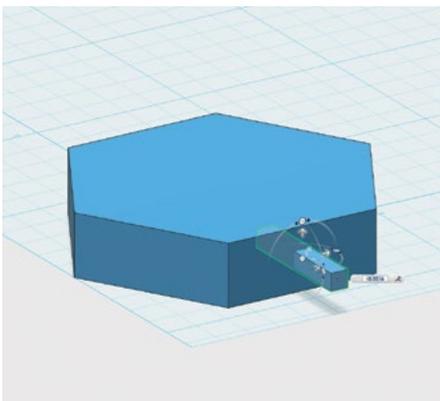
TIPPS: KLICKEN SIE **OBEN** AUF DEN **ANSICHTSWÜRFEL**. ES KANN ERFORDERLICH SEIN, DAS OBJEKT ZU UMKREISEN (ORBIT), UM DEN GRIFFPUNKT ZUM EXTRUDIEREN ZU SEHEN.



- Zeichnen Sie mit dem Befehl **Sketch > Rectangle** ein Rechteck mit der Kantenlänge **1.0 x 0.14 in** neben dem sechseckigen Prisma auf das Raster.
- Extrudieren Sie nach vorne bis zu einem Abstand von **0.14 in.**

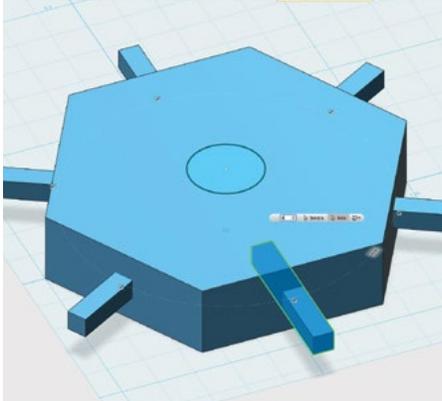
Hinweis: Dieser kleine Block dient als ein Stück virtuelles Balsaholz. Wir werden damit Material vom sechseckigen Prisma subtrahieren.

- Wenn Sie mit der Konstruktion des Modells fertig sind, wählen Sie **Hide Sketches**.



SCHRITT 2: DEN STAB AM SECHSECKIGEN STÜCK ANSETZEN

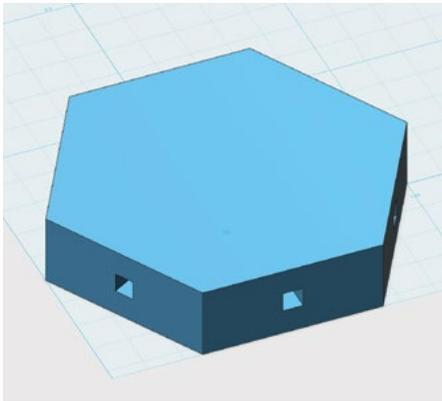
- Klicken Sie auf **Group**, während Sie **die Einrastfunktion nutzen**, um sie auszuschalten.
*Hinweis: Die Funktion befindet sich unten auf der **Symbolleiste für Ansicht und Navigation**.*
- Klicken Sie auf **Snap** in der **Symbolleiste für die 3D-Modellierung**, um die linke Seitenfläche des Rechtecks, wie von einem unsichtbaren Magneten gezogen, an der Vorderfläche des sechseckigen Prismas anzusetzen.
- Drücken Sie das Rechteck mit **Move** in das sechseckige Prisma.



SCHRITT 3: DEN STAB AN ALLEN SECHS SEITEN DES SECHSECKIGEN STÜCKS ANSETZEN

Anstatt diesen Vorgang fünfmal zu wiederholen, können wir den Stab in einem **Muster** an den fünf anderen Seiten des sechseckigen Stücks anordnen.

- Zeichnen Sie mit **Sketch > Circle** einen Kreis mit dem Durchmesser **0.5 in** auf die obere Fläche des sechseckigen Prismas.
- Wählen Sie **Pattern > Circular Pattern** in der **Symbolleiste für die 3D-Modellierung**. Wählen Sie das Rechteck als Volumenkörper und den Kreis als Achse. Stellen Sie die Anzahl der Kopien auf **6**.



SCHRITT 4: SUBTRAHIEREN SIE DIE STÄBE VOM SECHSECKIGEN STÜCK, SODASS AUSNEHMUNGEN MIT QUADRATISCHEM QUERSCHNITT ENTSTEHEN.

- Wählen Sie **Combine > Subtract** in der **Symbolleiste für die 3D-Modellierung**.
- Wählen Sie das sechseckige Prisma als **Target Solid/Mesh** und klicken Sie auf **Source Solid/Mesh**. Wählen Sie dann die sechs Stäbe aus.
- **Umkreisen** Sie die Form. An jeder der sechs Seitenflächen muss eine Ausnehmung mit quadratischem Querschnitt zu sehen sein.

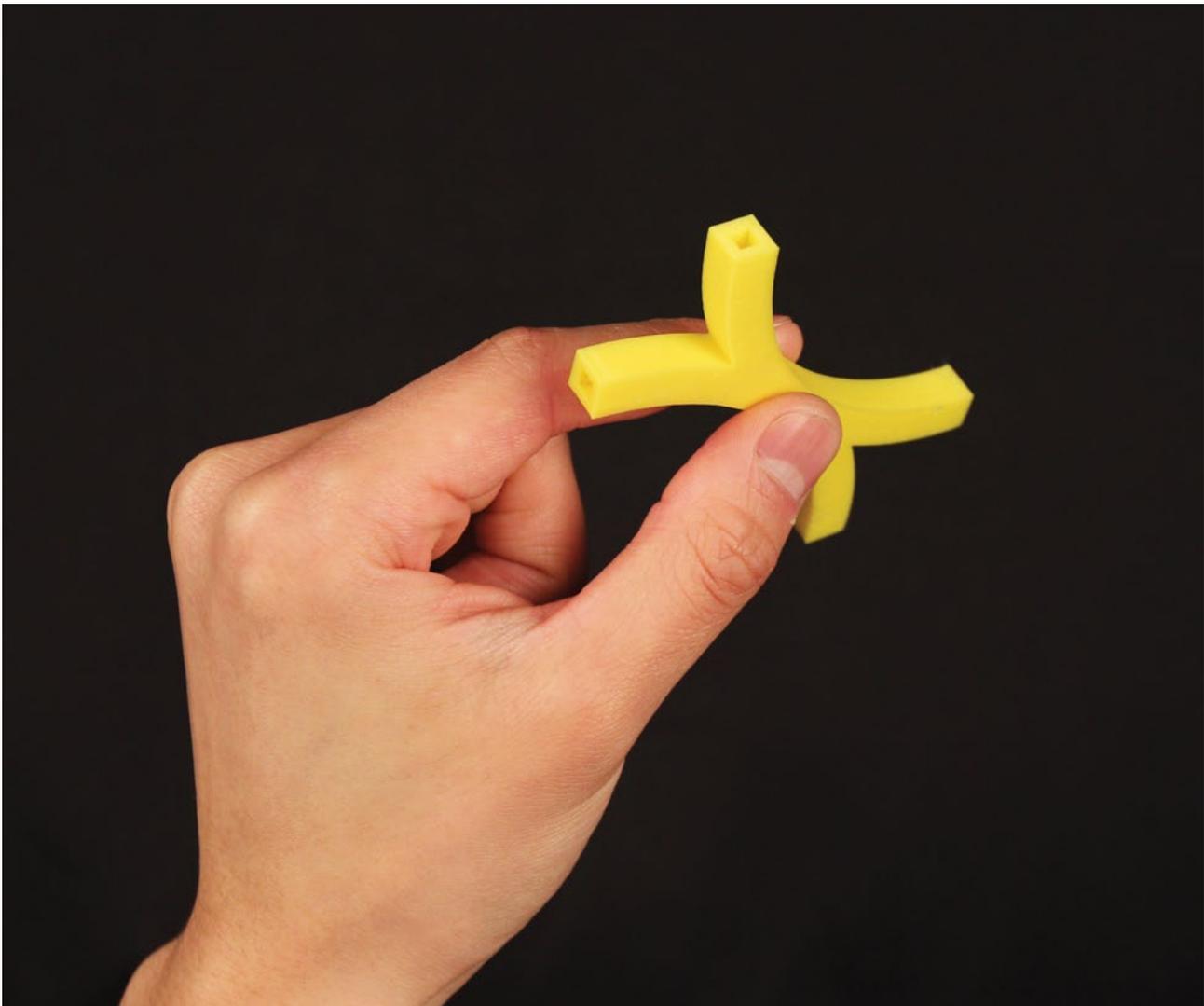
SCHRITT 5: SPEICHERN, EXPORTIEREN UND DRUCKEN

- Speichern Sie die 123D Design-Datei und exportieren Sie Ihr Design als **STL**-Datei.
- Laden Sie die Datei in **MakerBot Desktop** hoch und starten Sie den 3D-Druck.

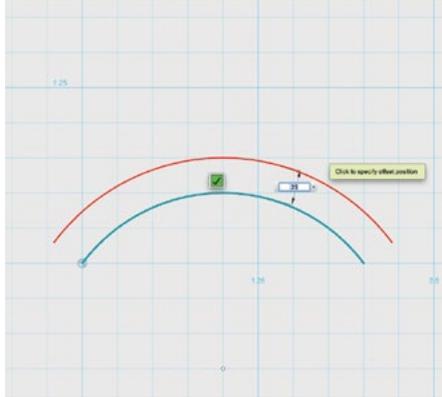


ERSTELLEN: DESIGN EINER BOGENVERBINDUNG

Wir nutzen nun die Stärken der 3D-Modellierung und des 3D-Drucks und entwerfen speziell geformte Verbindungsstücke für die Brückenkonstruktion. Die Brücke wird größtenteils aus Balsaholz bestehen. Die Balsaholzstäbe sind gerade. Der 3D-Druck bietet uns die Möglichkeit, Formen zu integrieren, die der Brücke ein individuelles Aussehen verleihen. Die Beispiele unten sollen als Anregung dienen. Werden Sie kreativ. Sie haben untersucht, was eine Brückenstruktur erfolgreich macht. Behalten Sie daher immer im Sinn, welche Auswirkungen Ihr Design auf die strukturelle Festigkeit der Brücke haben wird.



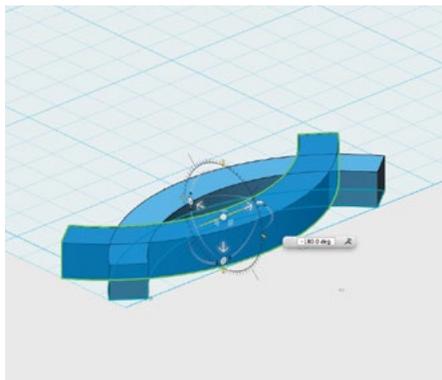
In dieser Lektion verwenden wir das Werkzeug **Three Point Arc** und das Werkzeug **Offset** zur Konstruktion dieses bogenförmigen Verbindungsstücks.



SCHRITT 1: EIN BOGENFÖRMIGES OBJEKT SKIZZIEREN UND EXTRUDIEREN

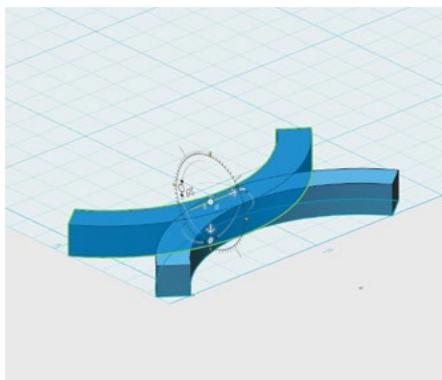
- Zeichnen Sie mit **Sketch > Three Point Arc** aus der **Symbolleiste für die 3D-Modellierung** einen Bogen mit den Maßen **2 x 0.5 in**.
- Wählen Sie **Sketch > Offset** in der **Symbolleiste für die 3D-Modellierung** und klicken Sie auf den durch drei Punkte bestimmten Bogen. Bewegen Sie den Cursor um **0.25 in** nach oben.
- Das Objekt soll ein geschlossener Volumenkörper werden. Verbinden Sie die Bögen mit **Sketch > Polyline** zu einem einzigen Stück.
- Extrudieren Sie den Bogen mit **Construct > Extrude** nach oben bis auf eine Höhe von **0.25 in**.

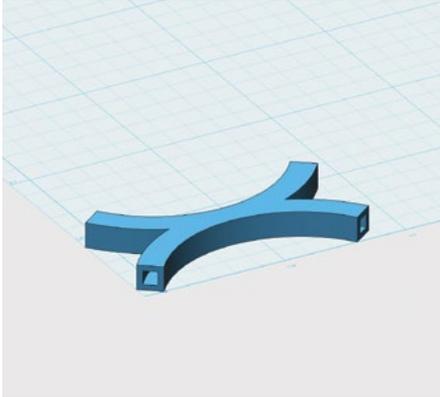
TIPP: KLICKEN SIE AUF DIE **ARBEITSEBENE**, UM MIT DEM ZEICHNEN ZU BEGINNEN, KLICKEN SIE DANN AUF DEN URSPRUNGSPUNKT, UM DEN ERSTEN PUNKT ZU BESTIMMEN. DURCH KLICKEN **2 IN** LINKS VON DIESER STELLE, WIRD DER ZWEITE PUNKT BESTIMMT. BEWEGEN SIE ANSCHLIEßEND DEN MAUSZEIGER NACH OBEN, BIS DER BOGEN EINE HÖHE VON **0.5 IN** HAT. NACH ABSCHLUSS DES VORGANGS WIRD DAS OBJEKT BLAU GEFÄRBT.



SCHRITT 2: EINEN DOPPELBOGEN ERSTELLEN UND ZUSAMMENFÜHREN

- Erstellen Sie per **Kopieren und Einfügen** einen weiteren Bogen und drehen Sie den neuen Bogen mit **Transform** um **180°**. Verschieben Sie ihn dann um **0.5 in** zurück. *Hinweis: Das Ergebnis sollte ein bogenförmiges X sein, wie in der Abbildung zu sehen.*
- Klicken Sie auf **Combine > Merge** in der **Symbolleiste für die 3D-Modellierung**, um die beiden Bögen zu einem einzigen Stück zu kombinieren.
- Wählen Sie ein Bogenobjekt als **Target Arc/Mesh** und klicken Sie auf **Source Solid/Mesh**, um die beiden Stücke zusammenzuführen.





SCHRITT 3: DIE VIER ENDEN DES DOPPELBOGENSTÜCKS AUSHÖHLEN

Die Enden des Stücks sind gekrümmt, deshalb können wir die vorherigen Methoden zum Aushöhlen der Enden nicht verwenden.

- Klicken Sie auf das Objekt, halten Sie die **Umschalttaste** gedrückt und wählen Sie die Flächen am Ende der einzelnen Bögen aus.
- Klicken Sie auf **Modify > Shell** in der **Symbolleiste für die 3D-Modellierung**, um das Objekt bis auf **0.055 in** auszuhöhlen.

TIPP: MIT DEM **SCHEIBENSYMBOL** NEBEN DEM MAUSZEIGER KÖNNEN SIE SCHNELL AUF DIE OPTION „SHELL“ ZUGREIFEN.

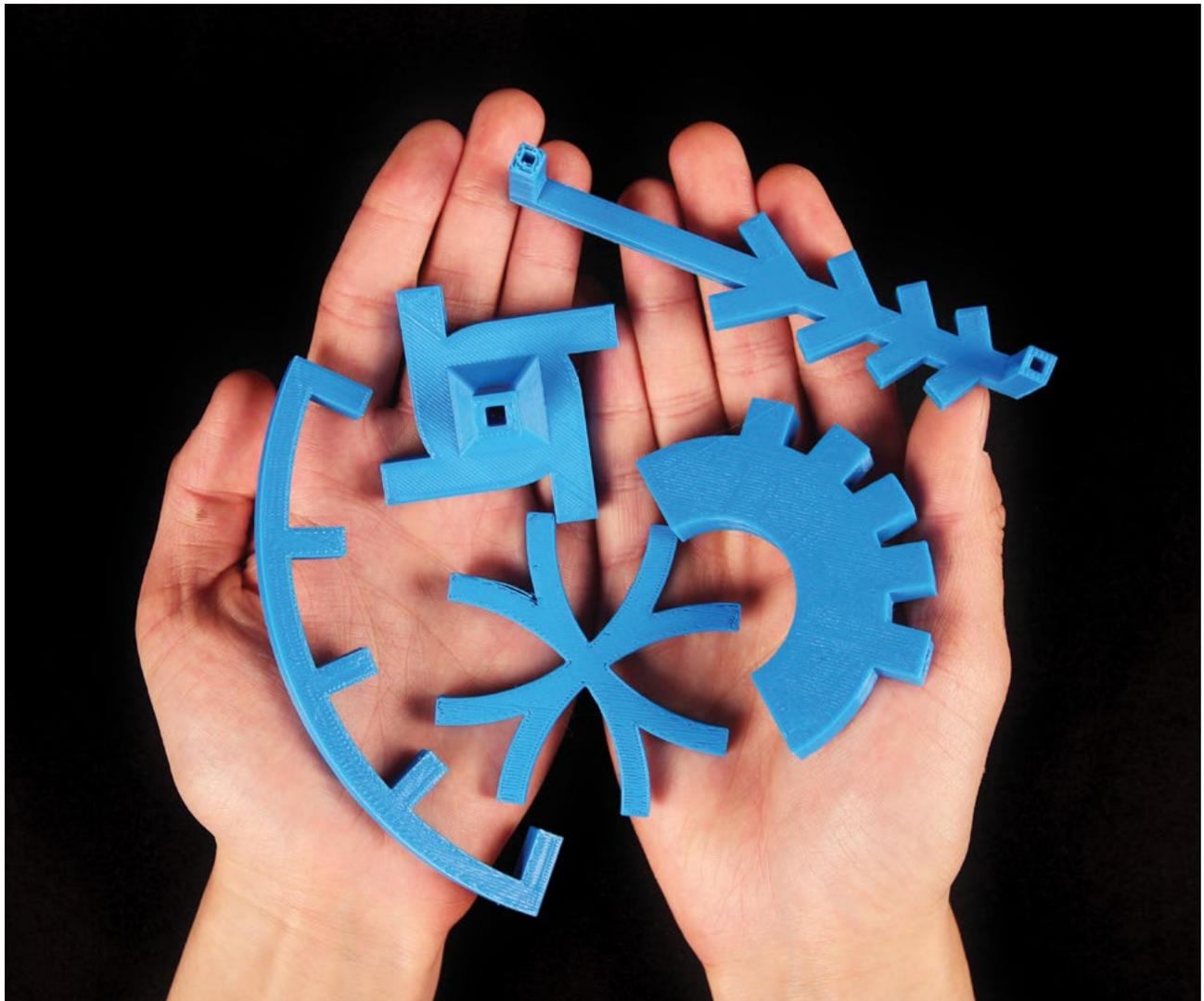
*Hinweis: Der Wert **0.055 in** wird hier verwendet, weil er die Hälfte der Differenz zwischen **0.25 in** und **0.14 in** ist. Wenn Sie auf Grundlage Ihrer Dimensionierungstests einen anderen Wert als **0.14 in** verwendet haben, setzen Sie entsprechend einen anderen Wert anstelle von **0.055 in** ein.*



ERSTELLEN: DESIGN ZUSÄTZLICHER VERBINDUNGEN

Dieses Bild zeigt als Anregung weitere Typen von Verbindern. Können Sie sich vorstellen, wie diese entstanden sind?

Denken Sie sich neue Typen von Verbindern aus, die Ihnen bei der Konstruktion Ihrer Brücke helfen. Setzen Sie dann Ihr bisher erworbenes 123D Design-Wissen ein, um Ihre Ideen umzusetzen. Experimentieren Sie mit den 123D Design-Werkzeugen und probieren Sie aus, welche Arten von Verbindern Ihnen gelingen. Denken Sie daran, Probestücke zu drucken, mit denen Sie die Passgenauigkeit an der Ausnehmung für das Balsaholz prüfen, bevor Sie größere Stückzahlen von Verbindern drucken.





WEITERE AKTIVITÄTEN: BRÜCKENPRÜFUNG, AUFBEREITETE STRUKTUREN



AKTIVITÄT 1: EINE BRÜCKE ENTWERFEN, BAUEN UND PRÜFEN

Die Schüler können sich zu Gruppen zusammenschließen und mit den im 3D-Druck entstandenen Verbindungsstücken Brücken bauen.

Material

- Balsaholzleisten
- Holzleim
- 3D-gedruckte Verbindungsstücke

Schritte

1. Lassen Sie die Schüler ihre Ideen zunächst auf Papier skizzieren. Auf der Skizze kann vermerkt werden, welches Material für die einzelnen Brückenelemente verwendet werden soll.
2. Sorgen Sie dafür, dass die Schüler die Kriterien kennen, nach denen ihre Brückenkonstruktion geprüft und bewertet wird. Mögliche Kriterien sind Größe, Gewicht der Brücke, Materialaufwand, Traglast der Brücke und ästhetische Gesichtspunkte.
3. Lassen Sie die Schüler ihre Brücken am Ende nach den Bewertungskriterien prüfen.
4. Wenn es die Zeit zulässt, regen Sie die Schüler an, ihre Brückenkonstruktionen in einer zweiten Runde zu verbessern.

5. Enthusiasten können sich an 3D-gedruckten Scharnieren und Mechanismen versuchen, mit denen sich eine Zugbrücke realisieren lässt, oder an zusätzlichen Teilen zur Verstärkung oder Dekoration ihrer Brücken.

AKTIVITÄT 2: STRUKTUREN AUS RECYCLINGMATERIAL MIT 3D-GEDRUCKTEN VERBINDERN

In dieser Aktivität geht es darum, aus Recyclingmaterial oder sonstigen Resten eine Struktur aufzubauen, die von 3D-gedruckten Verbindern zusammengehalten wird.

Material

- Recyclingmaterial oder sonstige Reste für die Haupt-Strukturteile
- 3D-gedruckte Verbindungsstücke

Schritte

1. Suchen Sie nach Baumaterial, zum Beispiel nach Leisten oder Dübelhölzern, übrig gebliebenem Material aus dem Kunstunterricht, nach Papphülsen von Papierhandtuchrollen oder nach Stücken aus dem Papierkorb, was auch immer Sie zur Hand haben. Versuchen Sie, Objekte zu finden, von denen Sie viele haben, und die an den Enden, wo die Verbinder ansetzen sollen, ähnlich geformt sind.
2. Lassen Sie die Schüler im Brainstorming Ideen entwickeln, was sich mit den gefundenen Materialien machen lässt. Ein Eiffelturm? Ein Wolkenkratzer? Ein Raumschiff? Verschiedene Baumaterialien eignen sich für verschiedene Arten von Strukturen. Überlegen Sie, für was sich die einzelnen Materialien am besten eignen.
3. Lassen Sie die Schüler mit 123D Design Verbinder konstruieren, mit denen sich die Objekte zu neuen Strukturen zusammensetzen lassen. Welche Art von Verbindern werden für die gefundenen Objekte benötigt?

WISSENS-CHECK

- Welche verschiedenen Arten von Brückenkonstruktionen gibt es? Wo liegen die Stärken und Schwächen?
- Wie bestimmt die Form einer Brücke die Traglast? Welche geometrischen Formen kommen bei der Brückenkonstruktion üblicherweise zum Einsatz?
- Wie beeinflussen die Druckausrichtung und die Druckeinstellungen die Festigkeit der gedruckten Teile?
- Welche Überlegungen sind wichtig, wenn Teile konstruiert werden, die zusammenpassen sollen?
- Welche verschiedenen Arten zur Erstellung eines 3D-Objekts gibt es in 123D Design?

AUSBLICK

Modellierungswerkzeuge für Volumenkörper wie 123D Design eignen sich gut für die Herstellung funktionsfähiger Teile und komplexer Baugruppen. Wie Sie es beim Brückenbauprojekt erlebt haben, lassen sich aus kleinen Teilen mit bestimmten Abmessungen große komplexe Strukturen herstellen. Ingenieure, Architekten und viele andere Profis verwenden ähnliche Softwareprogramme, um äußerst komplexe Strukturen wie Autos und Gebäude zu entwickeln. Das Grundlagenwissen, das Sie bei der Beschäftigung mit 123D Design erworben haben, lässt sich leicht auf komplexere und leistungsfähigere Software übertragen.

FORTGESCHRITTENE 3D-DRUCKTECHNIKEN UND FEHLERDIAGNOSE



VERWENDUNG VON AUTODESK MESHMIXER IM 3D-DRUCK

Beim Experimentieren mit dem Drucken von Modellen werden Sie feststellen, dass sich manche Dateien besser oder schlechter drucken lassen als andere. Einige Dateien lassen sich möglicherweise überhaupt nicht drucken, ganz gleich, welche und wie viele Einstellungen Sie verändern. In solchen Fällen bleibt nichts anderes übrig, als mit der Datei zu experimentieren, bis sie sich zuverlässig drucken lässt. In diesem Abschnitt geht es darum, wie sich häufige Probleme erkennen und beseitigen lassen. Dann werden wir einige Möglichkeiten untersuchen, MeshMixer als Druckdienstprogramm einzusetzen.

LERNZIELE

- Beschädigte Dateien erkennen
- Problemursachen identifizieren
- Beschädigte Dateien analysieren und reparieren
- Fortgeschrittene Drucktechniken mit MeshMixer anwenden

TERMINOLOGIE

- **Non-Manifold:** Ein Gitternetz, das nicht vollständig oder nicht geschlossen ist; Polygone fehlen oder schneiden sich.
- **Wasserdicht:** Eine geschlossene Außenfläche (oder **Mesh**), die für erfolgreiches 3D-Drucken notwendig ist. Beispielsweise weist ein Gegenstand wie ein Ring, obwohl er ein Loch in der Mitte hat, eine durchgehende Außenfläche auf und könnte 3D-gedruckt werden.
- **Invertierte Normale:** Die Richtung eines Polygons verläuft entgegengesetzt zu den Normalen der restlichen Polygone des Modells.
- **Dreiecke:** Gleichbedeutend mit Polygonen
- **Knoten:** Punkte, an denen sich Polygone bzw. Dreiecke treffen

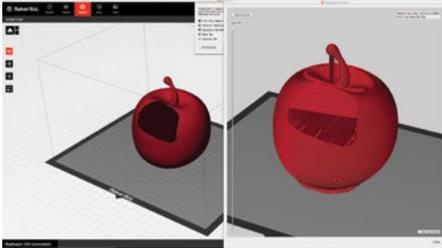
BESCHÄDIGTE DATEIEN ERKENNEN

- **Was ist ein beschädigtes Modell?** Ein beschädigtes Modell ist eine Datei, die sich nicht drucken lässt, ganz gleich welche Einstellungen Sie in **MakerBot Desktop** wählen.
- **Wie sieht ein beschädigtes Modell aus?** Ein beschädigtes Modell lässt sich am besten in **MakerBot Desktop** in der **Druckvorschau (Print Preview)** erkennen.
 - Wenn Sie eine Datei mit **Print Preview** betrachten, scrollen Sie durch die einzelnen Schichten und vergewissern Sie sich, dass die **Füllung** und die **Stützstrukturen** dort sind, wo sie sein sollen.
 - **Überprüfen Sie immer die Print Preview bevor Sie mit Ihrem Druck beginnen.**

Hinweis: Die Füllung befindet sich innerhalb des Modells, Stützen befinden sich außerhalb. Wenn sich die Füllung oder die Stützen an der falschen Stelle befinden oder wenn sich zusätzliches Material an Stellen befindet, an denen keines sein sollte, kann die Datei beschädigt sein.

WAS GENAU IST FALSCH MIT MEINEM MODELL?

Nachstehend finden Sie einige Beispiele für die häufigsten Probleme.



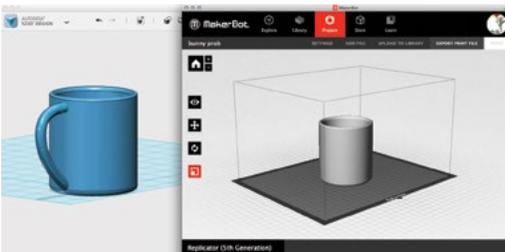
Das Modell hat unerwünschte Löcher:

Wenn Sie in **Print Preview** feststellen, dass ein Teil des Modells fehlt oder ein Bereich verdunkelt dargestellt wird, liegt wahrscheinlich ein Problem mit dem **Gitternetz** vor.

- **Non-Manifold:** MakerBot Desktop kann die Grenzen des Drucks nicht bestimmen, Teil das Gitternetz, aus dem Ihr Modell besteht, unvollständig ist. Dies kann in 3D-Modellierungsprogrammen geschehen, wenn **Polygone** in der Oberfläche des Modells fehlen. **Manifold** wird auch als **wasserdicht** bezeichnet.
- **Invertierte Normale:** MakerBot Desktop kann nicht zwischen der Innenseite und der Außenseite des Modells unterscheiden. Ein oder mehrere **Polygone** des **Gitternetzes** Ihres Modells sind nach außen gedreht. Jedes Polygon hat eine Richtung und diese Richtung geht entweder nach innen oder nach außen. Damit sich ein Modell drucken lässt, müssen alle Polygone in dieselbe Richtung zeigen. Eine Datei mit **invertierten Normalen** gilt ebenfalls als **Non-Manifold**.

Ein Teil meines Modells fehlt:

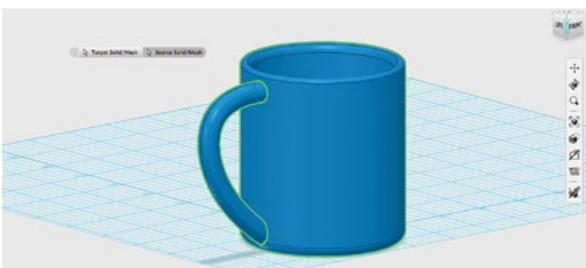
Wenn Sie feststellen, dass Teile Ihres Modells fehlen, nachdem Sie die Datei in **MakerBot Desktop** importiert haben, waren die Teile vor dem Export aus dem Konstruktionsprogramm nicht richtig kombiniert. Eventuell beobachten Sie Folgendes:



- Ein Teil Ihres Modells wird nach dem Import in **MakerBot Desktop** nicht angezeigt.
- In **Print Preview** werden Teile des Objekts so dargestellt, als würde es sich um unabhängige Komponenten handeln, obwohl diese eigentlich als ein einziges Objekt behandelt werden sollten.

WIE LÄSST SICH DAS PROBLEM LÖSEN?

Die beste Möglichkeit, mit der Problemlösung zu beginnen besteht darin, das Modell in dem Programm zu öffnen, in dem es ursprünglich erstellt wurde, und zu versuchen eventuelle Fehler dort zu korrigieren.



Wenn die ursprüngliche Konstruktionsdatei nicht zur Verfügung steht, laden Sie die **STL-** oder **OBJ-**Datei in ein Reparaturprogramm wie Autodesk MeshMixer. MeshMixer ist ein Programm zur Fehlerdiagnose, das zahlreiche Analyse- und Reparaturwerkzeuge bietet. Ähnliche Programme wie Netfabb und MeshLab stehen ebenfalls zur Verfügung.

MIT MESHMIXER ARBEITEN

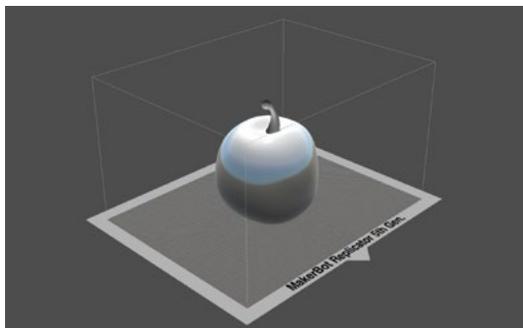
Autodesk MeshMixer ist eine Software, die kostenlos zum Download angeboten wird. Es handelt sich um eines der leistungsfähigsten Fehlerdiagnose- und Druckdienstprogramme, die derzeit zur Verfügung stehen. Sie können damit Modelle entwerfen und bearbeiten, doch die leistungsfähigste Funktion ist die Optimierung von Dateien für den 3D-Druck.

MeshMixer-Navigation und Tipps:

- Öffnen Sie MeshMixer und importieren Sie den Apfel.
- Klicken Sie in der **Menüleiste** auf **MeshMixer > Preferences > File**. Ganz oben in diesem Dialogfeld befindet sich ein Kontrollkästchen mit der Beschriftung **Flip Z-Y axis on Import-Export**. Aktivieren Sie dieses Kontrollkästchen. Diese Option ist hilfreich beim Export Ihres Modells aus MeshMixer in MakerBot Desktop. Die Achsen sind dann in beiden Programmen gleich.
- Navigation: In **Preferences > General > Navigation Mode > 123D Apps** (Standard)
 - Umkreisen:** Mit der rechten Maustaste ziehen
 - Schwenken:** Mit gedrücktem Mausrad ziehen
 - Zoom:** Mausrad drehen
- Für die Arbeit mit MeshMixer eignet sich eine Dreitastenmaus am besten. Für die Navigation ohne Dreitastenmaus müssen Sie die Leertaste drücken, um die Navigationswerkzeuge auszuwählen.

DATEIEN REPARIEREN

Das einfachste und effektivste Reparaturwerkzeug in MeshMixer ist das Druckdienstprogramm.



- Importieren Sie das beschädigte Modell und klicken Sie auf die Schaltfläche **Print** im Menü auf der linken Seite.
- Klicken Sie auf **Repair Selected**. Die Reparatur kann von wenigen Sekunden bis zu mehreren Minuten dauern.
- Nach Abschluss des Vorgangs betrachten Sie das Modell von allen Seiten, um zu überprüfen, ob die Datei tatsächlich repariert wurde.
- Exportieren Sie das reparierte Modell und importieren Sie es in **MakerBot Desktop**.

MESHMIXER FÜR FORTGESCHRITTENE DRUCKTECHNIKEN VERWENDEN

BENUTZERDEFINIERTER STÜTZEN

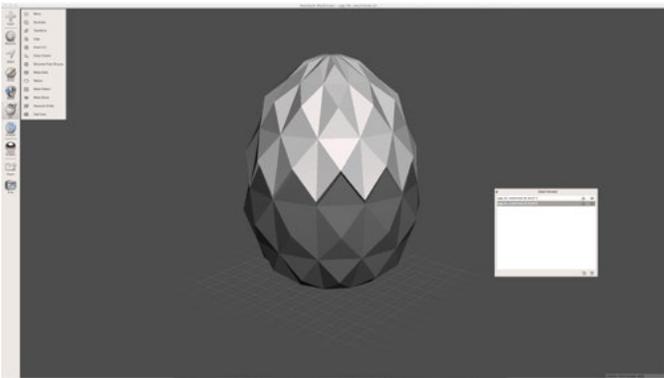
Ist das Modell bei der Vorbereitung in **MakerBot Desktop** von Stützen umgeben? Falls ja, ist dies eine gute Gelegenheit, den Stützengenerator von MeshMixer auszuprobieren. MeshMixer bietet mehr Kontrolle darüber, wie die Stützstrukturen generiert werden. Folgen Sie zur Generierung von benutzerdefinierten Stützen folgenden Schritten.

- Importieren Sie das Modell und klicken Sie auf die Schaltfläche **Print**, um das Druckdienstprogramm zu öffnen.
- Skalieren Sie das Modell im Menü **Transform** auf die gewünschte Druckgröße.
- Klicken Sie auf **Add Supports**, um unter allen Überhängen Stützmaterial zu generieren.
 - Wählen Sie das **Werkzeugsymbol**, um die Stützstrukturen anzupassen.

- Halten Sie die **Umschalttaste** gedrückt und **klicken und ziehen** Sie, um zusätzliche Stützen einzufügen.
- Wenn Sie bestehende Stützen löschen möchten, halten Sie die Taste Strg bzw. die Befehlstaste gedrückt und klicken mit der Maus auf die betreffenden Stützen.
- Exportieren Sie die **STL-Datei** und importieren Sie sie in MakerBot Desktop.
 - Achten Sie darauf, dass in den Einstellungen in MakerBot Desktop keine Stützen ausgewählt sind, bevor Sie mit dem Druck beginnen.

DRUCKDATEIEN TRENNEN

Es kann vorkommen, dass Sie nur einen Teil einer **STL-** oder **OBJ-** Datei benötigen. Das Werkzeug **Separate Shells** ermöglicht es, einzelne Teile herauszulösen. Hier sind einige mögliche Gründe dafür:



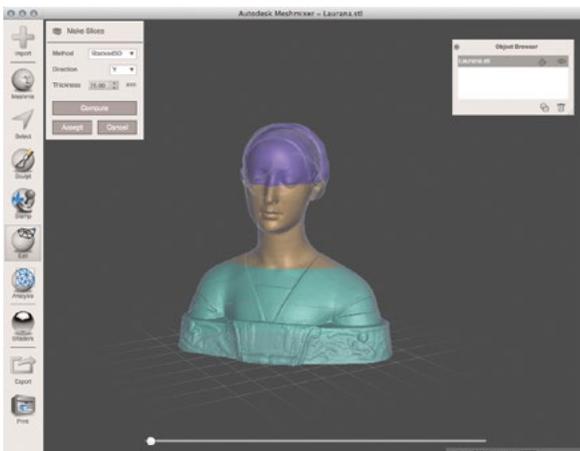
- Teile einer Datei sollen in verschiedenen Farben gedruckt werden
- Die Teile sollen auf der Bauplatte unterschiedlich angeordnet werden
- Die Druckeinstellungen für die einzelnen Stücke weichen voneinander ab (z. B. soll ein Teil mit einer höheren Füllung, andere Teile mit einer niedrigeren Füllung gedruckt werden)
- Einige Teile schweben in der Luft und müssen auf die Bauplatte abgesenkt werden
- Drucken mit Dualextrusion

Gehen Sie in folgenden Schritten vor, um eine Datei in mehrere Objekte zu trennen:

- Klicken Sie auf das Werkzeug **Separate Shells** im Menü **Edit** auf der linken Seite des Bildschirms. Im **Object Browser** sind nun zwei oder mehr einzelne Objekte zu sehen.
- Exportieren Sie die Objekte nacheinander.

GRÖßERE MODELLE IN EINZELNEN STÜCKEN DRUCKEN

Es kann vorkommen, dass Sie ein Objekt drucken möchten, das größer ist als die Bauplatte. Dies lässt sich auf verschiedene Arten erreichen, am einfachsten jedoch mit dem Werkzeug **Make Slices**. Damit lässt sich ein Objekt in viele Stücke trennen, die dann einzeln gedruckt werden. Anschließend können diese Teile zu einem großen Modell zusammengesetzt werden.



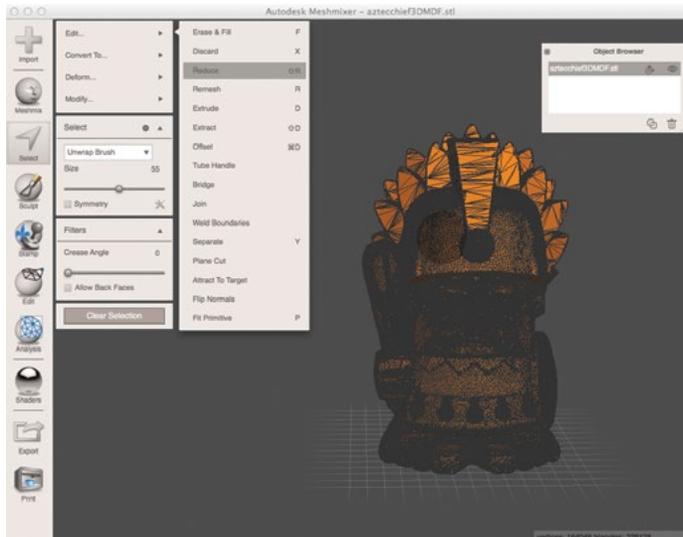
Gehen Sie bei der Verwendung des Werkzeugs **Make Slices** wie folgt vor:

- Importieren Sie das Modell im gewünschten Maßstab.
- Wählen Sie **Edit > Make Slices** und ändern Sie die Einstellung von **Method** in **Stacked3D**.
- Wählen Sie die Achse aus und legen Sie die Dicke der einzelnen Stücke fest.
- Klicken Sie auf **Compute**, um eine Vorschau der Stücke anzuzeigen.
- Klicken Sie auf **Accept**. Alle Stücke werden als eigene Objekte im **Object Browser** angezeigt.
- Exportieren Sie die einzelnen Stücke als **STL** oder **OBJ** zum Drucken.

DIE ANZAHL DER POLYGONE/DREIECKE IN EINEM 3D-GITTERNETZ REDUZIEREN

Bei der Vorbereitung bestimmter Modelle in **MakerBot Desktop** werden Sie feststellen, dass die für die Aufteilung in Stücke benötigte Zeit ungewöhnlich lang ist. Dies liegt wahrscheinlich daran, dass Ihr Modell aus sehr vielen Polygonen besteht (ähnlich wie ein hochauflösendes Bild). In MeshMixer können Sie die Anzahl der Polygone reduzieren, um den Zerlegungsprozess in **MakerBot Desktop** zu beschleunigen.

Gehen Sie wie folgt vor, um die Anzahl der Polygone in Ihrem Modell zu reduzieren:



- Importieren Sie das Modell in MeshMixer.
- Prüfen Sie die Anzahl der Knotenpunkte und Dreiecke, die unten rechts angezeigt wird. Die Anzahl der Dreiecke sollte unter 100.000 liegen.
- Überprüfen Sie die Drahtmodellansicht mit dem Tastenkürzel **W**, um eine visuelle Darstellung der Anzahl der Dreiecke zu erhalten.
- Um die Anzahl der Polygone zu reduzieren, wählen Sie das gesamte Modell mit der Tastenkombination **Strg/Befehlstaste + a** aus.
- Wählen Sie **Edit > Reduce**, geben Sie einen Prozentsatz ein und drücken Sie zur Bestätigung die Eingabetaste.
- Stellen Sie den Prozentsatz nach Bedarf höher oder niedriger ein, bis die Anzahl der Dreiecke nahe bei oder unter 100.000 liegt.

Hinweis: Wenn die Anzahl der Polygone zu stark reduziert wird, gehen Details des Modells verloren.

- Wenn Sie mit der Aktualisierung der Datei fertig sind, klicken Sie auf **Accept** und exportieren Sie das Modell für den Druck.

WISSENS-CHECK

- Was ist ein Non-Manifold-Modell?
- Wie können Sie feststellen, ob ein Modell beschädigt ist?
- Welche sind einige der fortgeschrittenen Drucktechniken, die in MeshMixer zur Verfügung stehen?

WAS KOMMT ALS NÄCHSTES?

Wenn ein Modell von Grund auf neu entworfen wird, gibt es wichtige Überlegungen, mit denen sichergestellt werden soll, dass der 3D-Druck gelingt. Wenn diese Überlegungen beim Design des Modells nicht berücksichtigt werden, können beim 3D-Druck Probleme auftreten. Am besten werden solche Probleme im ursprünglichen Modellierungsprogramm behoben. Wenn dies nicht möglich ist, können Reparaturprogramme wie MeshMixer, Netfabb oder MeshLab immens hilfreich sein.

FAZIT UND NÄCHSTE SCHRITTE

WISSENS-CHECK

Lehrer

- Die Funktionsweise von 3D-Druckern auf Hardware- und Software-Ebene
- Einrichtung und Wartung eines 3D-Druckers
- Die Einbettung des 3D-Drucks in verschiedene Unterrichtsthemen
- Die verschiedenen Arten von 3D-Modellierungs-Software und geeignete Anwendungsgebiete
- Objekte in den 3D-Modellierungs-Programmen erstellen, die in den Projekten vorgestellt wurden

Schüler

- Die Funktionsweise von 3D-Druckern auf Hardware- und Software-Ebene
- Gemeinsam mit Mitschülern 3D-Drucke erstellen
- Die Bedeutung von Iterationen im Entwicklungszyklus
- Reale Anwendungen von 3D-Druck und -Design



EIN EIGENES 3D-DRUCK-PROJEKT

Es ist nun Zeit, über Ihr nächstes 3D-Druck-Projekt nachzudenken. Überlegen Sie, welche Projekte in diesem Jahr anstehen. Überlegen Sie, welches Thema ein Projekt, bei dem die Schüler ein physisches Objekt erstellen, einschließt. Selbst wenn es bei diesen Projekten darum geht ein Buch anzufertigen, Bilder zu zeichnen, mit Ton zu modellieren, ein Flugzeug zu bauen oder ein Referat über eine historische Persönlichkeit zu halten, können Sie MakerBot einsetzen. Die einzige Grenze ist Ihre Fantasie.

Wenn Sie Ideen für 3D-Druck-Projekte haben, teilen Sie diese auf Thingiverse!

Hier einige Ideen für verschiedene Fachbereiche:

Geschichte: Fertigen Sie ein Diorama einer historischen Sehenswürdigkeit oder Stadt an. Regen Sie die Schüler an, eine Komponente des Dioramas zu modellieren und zu drucken und zu erklären, welche gedruckten Teile sie in das Diorama integrieren werden.

Mathematik: Wenn Sie das Thema Fraktale besprechen, könnten Sie die Aufgabe stellen, die Zusammenhänge in einem 3D-Druck anschaulich und greifbar zu machen.

Biologie: Fertigen Sie DNA-Moleküle an, die sich zusammenstecken lassen, um den Aufbau der DNA zu demonstrieren. Lassen Sie die Schüler in Gruppen Modelle von Pflanzen- und Tierzellen anfertigen.

Deutsch: Drucken Sie ein dreidimensionales Begleitobjekt für eine Buchbesprechung. Die Schüler können eine zentrale Szene oder ein für die Handlung bedeutsames Objekt modellieren und berichten, wie sie über das Aussehen entschieden haben.

Kunst: Modellieren und drucken Sie verschiedene Werkzeuge für die Arbeit mit Ton, zum Beispiel eine Prägeplatte für gemusterte Kanten, einen Stempel oder eine Negativform.

Theater: Die Schüler entwerfen, modellieren und drucken eine Requisite, die im Stück vorkommt.

DIESES BUCH ALS AUSGANGSPUNKT

Wir hoffen Sie stimmen zu, dass der 3D-Druck und das dreidimensionale Modellieren eine facettenreiche und attraktive Möglichkeit ist, die im Klassenzimmer vermittelten Kenntnisse und Fertigkeiten zu erweitern. Unabhängig vom Fachbereich stellt der 3D-Druck Sie und Ihre Schüler vor reale Herausforderungen und eröffnet Möglichkeiten zur praktischen Problemlösung.

In diesem Buch haben wir verschiedene Konzepte vorgestellt, um den 3D-Druck in den Unterricht zu integrieren. Am Anfang jedes Projekts steht die Suche nach Inspiration. Sobald Sie etwas Routine mit dem Drucken verschiedener einfacher 3D-Modelle gewonnen haben, sollten Sie sich an komplexere Designs wagen. Versuchen Sie, Alltagsgegenstände nachzubilden. Überprüfen Sie die Projekte, die Sie bereits im Unterricht verwenden, und suchen Sie nach Möglichkeiten, wie der 3D-Druck diese Erfahrungen für Sie und Ihre Schüler intensivieren kann.

Die Behandlung des Themas 3D-Druck endet nicht mit dem Ende dieses Buchs. Setzen Sie Ihre 3D-Drucker genauso wie jedes andere didaktische Hilfsmittel im Klassenzimmer ein. Ermöglichen Sie Ihren Schülern, Chancen zu nutzen und Fehler zu machen, denn die Grenzen setzt nur die eigene Fantasie. Fangen Sie an.



DANKSAGUNGEN

Dieses Buch war die Idee und das kreative Projekt einer kleinen Armee von Enthusiasten und Gurus auf dem Gebiet des 3D-Drucks. Vielen Dank für die inspirierende Zusammenarbeit, die *MakerBot in the Classroom* ins Leben gerufen hat.

Inhalt

Mike Amundsen
Erin Arden
Drew Lentz
Poppy Lyttle
Laura Taalman

Marketing

Colby Dennison

Design

Christopher Salyers
Sonal Chakrasali

Fotos

Stephanie Banares

Unser besonderer Dank gilt

Mary Boniece
Brian Kimmelblatt
Eric Mortensen
Leslie Perry
Parker Thomas
Richard Vicenzi

MakerBot Education

Allison Vicenzi

Bei MakerBot haben wir uns zum Ziel gesetzt, möglichst jedem den 3D-Druck zugänglich zu machen. Pädagogen, die den 3D-Druck und das 3D-Design in ihren Unterricht integrieren, sind wesentliche Voraussetzungen dafür, dieses Ziel zu erreichen. Im Zuge der Weiterentwicklung des 3D-Drucks arbeitet MakerBot Education mit Pädagogen daran, die Werkzeuge und Ressourcen bereitzustellen, mit denen Schüler selbst kreativ werden können. Vielen Dank für Ihr anhaltendes Engagement für die Vorbereitung der Schüler auf die Zukunft. Wir sind schon gespannt auf Ihre Designs!

Geben Sie Ihren Schülern die Möglichkeit, kreativ an Entwürfen zusammenzuarbeiten und Erstaunliches zu gestalten mit MakerBot in the Classroom: Eine Einführung in 3D-Druck und -Design. Vollgepackt mit Ressourcen, vermittelt MakerBot in the Classroom Ihnen die Grundlagen des 3D-Drucks und -Designs sowie Ideen, Projekte und Aktivitäten zur Einbeziehung der Thematik in Ihren Lehrplan.

Im Zuge der Weiterentwicklung des 3D-Drucks arbeitet MakerBot Education mit Pädagogen zusammen, um Tools, Ressourcen und Unterstützung für die ersten Schritte mit dieser erst seit Kurzem zugänglichen Technologie anzubieten. Schließen Sie sich den unzähligen Pädagogen an, die bereits mit Desktop 3D-Druckern ihre Lehrpläne verbessern und ihren Schülern ein echtes Plus an Kreativität und Engagement bieten.

Wir sind schon gespannt auf Ihre Designs!

