

# HANSER



## Leseprobe

zu

## CAD für Maker

von Ralf Steck

Print-ISBN: 978-3-446-47159-7

E-Book-ISBN: 978-3-446-47828-2

ePub-ISBN: 978-3-446-47955-5

Weitere Informationen und Bestellungen unter

<https://www.hanser-kundencenter.de/fachbuch/artikel/9783446471597>

sowie im Buchhandel

© Carl Hanser Verlag, München

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einführung .....</b>	<b>1</b>
1.1	An wen richtet sich dieses Buch und wie ist es aufgebaut? .....	2
1.2	Direkt rein in die Praxis – die Beispielprojekte des Buches .....	3
1.3	Wer duzt mich hier? Zum Autor dieses Buches .....	6
1.4	Wichtige Hinweise zur Arbeit mit dem Buch .....	8
1.5	Danksagung und Austauschmöglichkeiten .....	10
<b>2</b>	<b>Grundlagen der CAD-Modellierung .....</b>	<b>11</b>
2.1	Was ist 3D-CAD? .....	11
2.2	Vom Zeichenbrett zum digitalen Modell: die Erfolgsgeschichte von 3D-CAD .....	13
2.3	Was taugt CAD-Freeware wirklich? .....	16
2.4	Die Technik macht's: direktes vs. parametrisches Modellieren .....	18
2.5	Welches CAD-System ist das richtige für mich? .....	22
2.6	Nützliche Hinweise zur Hardware .....	23
2.7	Benimmregeln: vom Umgang mit Koordinaten .....	25
2.8	Ich werde zum Regisseur: Navigation in CAD-Systemen .....	27
2.9	Ab auf die Maschine! Ausgabeformate für 3D-Drucker, Fräse und Lasercutter .....	28
2.9.1	STL-Format (3D-Daten): Formen aus Dreiecken .....	28
2.9.2	DXF-Format (2D-Daten): Plattenfertigung .....	30
<b>3</b>	<b>Möge die Macht mit uns sein! Laserschwert-Design mit Tinkercad</b>	<b>33</b>
3.1	Vorbereitungen: Tinkercad-Account erstellen .....	33
3.2	Das Editorfenster – unsere Homebase .....	36

3.3	Los geht's! Erste Modellierungsschritte. ....	40
3.4	Quader minus Zylinder gleich Bohrung: So definierst du Löcher in deinem Modell .....	43
3.5	Ein Laserschwert wird gebaut – Teil 1: der Knauf (Hinterteil) .....	46
3.6	Ein Laserschwert wird gebaut – Teil 2: der Griff (Mittelteil) .....	55
3.7	Ein Laserschwert wird gebaut – Teil 3: der Handschutz (Vorderteil) .....	63
3.8	Exkurs: Lego-Steine und Minecraft-Blöcke in Tinkercad erstellen .....	78
<b>4</b>	<b>Wie die Großen: parametrische Konstruktion eines Bodenschoners mit FreeCAD .....</b>	<b>85</b>
4.1	Das Projekt: ein Bodenschoner für Biertischfüße. ....	87
4.2	Workbenches & Co.: Einführung in die FreeCAD-Benutzeroberfläche .....	89
4.3	Erste Schritte in FreeCAD: das Skizzierwerkzeug .....	94
4.4	Los geht's! Eine Strategie für den parametrischen Aufbau des Bodenschoners muss her. ....	101
4.5	Das erste Profil für das Klammerteilstück entsteht .....	103
4.6	Folgsame Basis: die Erstellung des Bodenteils .....	109
4.7	Das Anbringen der Schlitzes im Bodenschoner .....	112
4.8	Nachklapp: schnelle und einfache Änderungen dank der Historie .....	116
4.9	Exkurs: Parametrik 2.0 mit Onshape .....	118
<b>5</b>	<b>Direktmodellierung eines Modellbau-Häuschens mit SketchUp 131</b>	
5.1	Das Projekt: ein 3D-druckbares Hausmodell für die Modelleisenbahn ...	133
5.2	Erste Schritte in SketchUp. ....	136
5.3	Los geht's! Das Hausmodell entsteht .....	139
5.4	Vorsicht instabil! SketchUp-Modelle sind schnell verbogen .....	145
5.5	Materialkunde: Schönheitsoperationen in SketchUp .....	147
5.6	Weiter geht's – jetzt aber genau! Die weiteren Stockwerke entstehen ...	148
5.7	STL-Export für den 3D-Druck und Datenaufbereitung in 3D Builder .....	152
5.8	Sortieren und schalten in SketchUp. ....	155
5.9	SketchUp für den Innenarchitekten .....	156
5.10	Ein Spaziergang durch das Haus .....	158
5.11	Exkurs: ein Hausmodell aus zwei Fotos erstellen. ....	162

## 6 Von 2D nach 3D und zurück: Erstellung einer Gartenskulptur 171

6.1	Software – manchmal ist die Wahl eine Qual .....	173
6.2	3D-Scanning: die digitale Erfassung eines realen Objekts mit Fotos .....	174
6.3	Tipps und Tricks zur Fotogrammetrie .....	176
6.4	3D-Scanning mit dem Fotoapparat (Fotogrammetrie) .....	178
6.5	3D-Scanning von Menschen und Tieren: Bilder aus einem Video extrahieren .....	180
6.6	Verarbeiten der Bilder mit 3DF Zephyr .....	183
6.7	Alternative: 3D-Scan mit dem Smartphone und Polycam .....	186
6.8	Ansichtssache: Ansehen und Weiterbearbeitung des 3D-Modells .....	189
6.9	Renovierungsarbeiten: gescannte Modelle mit Meshmixer beurteilen und reparieren .....	191
6.10	Weg mit der Cellulite! Meshmixer als Schönheitschirurg für 3D-Scans. . .	197
6.11	Scheibenwelt: mit Slicer for Fusion 360 aus 2D-Gitterstrukturen 3D-Objekte erstellen. ....	200
6.12	Ein Gitter entsteht: Erstellung der Gartenskulptur in Slicer for Fusion 360. ....	206
6.13	Exkurs: Parametrik und Netzgeometrie in Fusion 360 .....	213
6.13.1	Das Projekt: ein gefrästes Hausnummernschild aus Acrylglas . . .	214
6.13.2	Schneiden und Anpassen der Netzgeometrie in Meshmixer .....	215
6.13.3	Aufbauarbeit: die Basisplatte in Fusion 360 erstellen. ....	220
6.13.4	Ungleiches verbinden: Import und Umwandlung des Reliefs .....	224
6.13.5	Zahlenspiel: Die Hausnummer wird eingefügt .....	229
6.13.6	Es fliegen Späne: Fräsarbeiten mit Fusion 360 CAM .....	231

## 7 Fazit und Ausblick. ....235

## Index .....237



# 1

## Einführung

Die Möglichkeiten, die man heutzutage als Maker hat, sind unglaublich. 3D-Drucker sind mehr als erschwinglich geworden und stehen darüber hinaus in allen FabLabs und Makerspaces zur Verfügung. Gleiches gilt für Lasercutter und CNC-Fräsen. Preiswertes Elektronikzubehör und Mini-Computer wie der Raspberry Pi oder Mikrocontroller wie der Arduino ermöglichen es, auch komplexe Do-it-yourself-Projekte relativ einfach umzusetzen.

Um eigene Objekte mit dem 3D-Drucker oder der Fräse zu fertigen, benötigt man jedoch zunächst einmal ein 3D-Modell – und zum Erstellen dieses Modells eine Software zur 3D-Modellierung, ein sogenanntes CAD-System (Computer-Aided Design, zu Deutsch rechnerunterstütztes Konstruieren). CAD-Systeme sind allgegenwärtig. Es gibt mittlerweile wohl kein Produkt mehr auf dem Markt, das nicht mithilfe eines CAD-Systems entwickelt wurde (Bild 1.1). Professionell eingesetzte Systeme sind allerdings sehr teuer und komplex in der Bedienung.



**Bild 1.1** Praktisch jedes Produkt entsteht heute mithilfe eines 3D-CAD-Systems. Das Bild zeigt eine Studie für ein neues Automodell, welches mit der Software SolidWorks entworfen und visualisiert wurde (© SolidWorks/Kia Motors America).

Zum Glück gibt es eine ganze Reihe von Applikationen, die man als Privatanwender kostenlos nutzen darf oder die sogar als Freeware angeboten werden. Dies ändert jedoch nichts an der Tatsache, dass 3D-Modellieren gelernt sein will – und genau dabei wird dich dieses Buch unterstützen. Anhand von vier coolen DIY-Projekten stelle ich dir acht Systeme bzw. Apps zur 3D-Modellierung vor. Neben der Bedienung der ausgewählten Programme erlernst du die grundlegenden Philosophien, Vorgehensweisen und Methoden der 3D-Modellierung, um auch andere CAD-Systeme deiner Wahl schnell bedienen und damit deine ganz persönlichen 3D-Modelle erstellen zu können.

## 1.1 An wen richtet sich dieses Buch und wie ist es aufgebaut?

Für die Arbeit mit diesem Buch benötigst du keine CAD-Vorkenntnisse. Wir beginnen bei null. In Kapitel 2 vermittele ich dir zunächst einmal die theoretischen Grundlagen und die verschiedenen Herangehensweisen der 3D-Modellierung. In Kapitel 3 bis Kapitel 6 folgen dann vier Beispielprojekte, in denen ich dir verschiedene Modellieretechniken vorstelle. Schritt für Schritt zeige ich dir, worauf es ankommt und wie man sinnvollerweise beim Modellieren vorgeht – und warum. Beim Durcharbeiten der Projekte gehe ich auch auf die Einschränkungen der jeweiligen Software ein und weise dich auf Fehler hin, die ich gemacht habe, denn aus Fehlern lernt man bekanntlich am besten.

Die Projekte bauen nicht aufeinander auf und lassen sich prinzipiell in beliebiger Reihenfolge durcharbeiten. Zum Start empfehle ich dir allerdings, in jedem Falle Kapitel 3 durcharbeiten, in dem anhand von Tinkercad viele grundlegende Vorgehensweisen erklärt werden. Tinkercad muss nicht installiert werden, sondern läuft in der Cloud und hinterlässt keine Spuren auf deinem Rechner. Auch Kapitel 2 ist zum Verständnis erforderlich, da ich darin wichtige Grundlagen der 3D-Modellierung erkläre, die für alle CAD-Systeme relevant sind und die du fürs Durcharbeiten der Projekte in den folgenden Kapiteln benötigst.

Mir geht es nicht darum, die in diesem Buch vorgestellten CAD-Systeme bis ins letzte Detail vorzustellen, sondern dir ein Gefühl dafür zu geben, welche Software für welche Projekte und welchen Wissensstand geeignet ist und wie man schnell zum Ziel kommt. Sobald du deine Lieblingsapplikation(en) gefunden hast, wirst du mit der Bearbeitung jedes neuen Projekts ganz von selbst tiefer in die Software einsteigen. Übrigens: Auch Profis nutzen nie alle Funktionen einer Software – und das ist auch gar nicht nötig, denn es führen immer mehrere Wege zum Ziel. Wichtig ist eigentlich nur, dass du eine Lösung findest, mit der du persönlich schnell und gut arbeiten kannst.

Jedes Projekt endet mit einem Exkurs, der über das Hauptprojekt des jeweiligen Kapitels hinausweist, zusätzliche Funktionen der jeweiligen Software beleuchtet oder ein zusätzliches Mini-Projekt beinhaltet.

## 1.2 Direkt rein in die Praxis – die Beispielprojekte des Buches

Um dir schon einmal einen kleinen Vorgeschmack zu geben, möchte ich dir im Folgenden kurz die Projekte vorstellen, die dich in diesem Buch erwarten.

In Kapitel 3 steigen wir auf Basis der Software Tinkercad in die 3D-Modellierung ein. Du lernst, wie man durch Addieren und Subtrahieren komplexe Geometrien erstellt. Außerdem zeige ich dir, wie durch das Kopieren von Features und Mustern komplexe Formen entstehen. Auch das Wiederverwenden von Geometrie und die Planung der Modellierung werden thematisiert. Ziel des Kapitels ist die Modellierung eines Laserschwerts, wie es die Jedi-Ritter in Star Wars tragen (Bild 1.2).

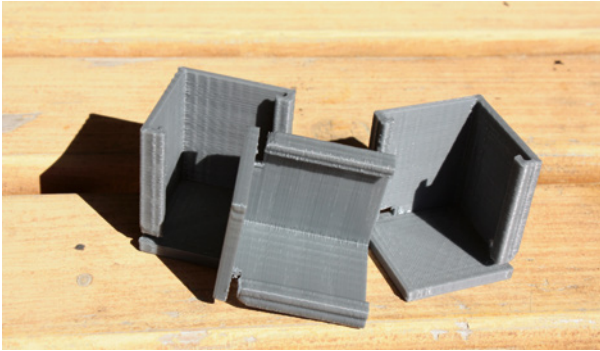


**Bild 1.2** Auf Basis von Tinkercad entsteht der Griff eines Laserschwerts mithilfe der direkten Modellierung von Basiskörpern.

Im Exkurs von Kapitel 3 zeige ich dir, wie du mit Tinkercad deine Modelle oder die Modelle der Tinkercad-Community in Legobauwerke umwandeln und nachbauen kannst.

In Kapitel 4 steigen wir in die parametrische, historienbasierte Konstruktion ein. Auf Basis von FreeCAD entwickeln wir das intelligente Modell eines Bodenschoners für Biertischfüße, das sich mit wenigen Parametern verändern lässt (Bild 1.3). Parametrik, Bezüge, Skizzen mit Maßen – hier beginnt die Welt der Profisysteme, die wir in einem Exkurs zur Software Onshape streifen werden.



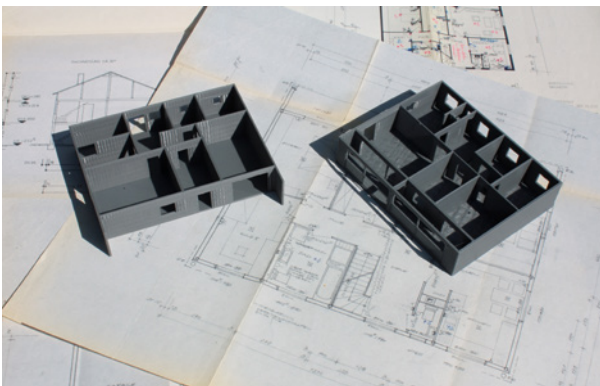


**Bild 1.3** Mit Parametern schnell anpassbar – das CAD-Modell dieser Biertischfußschoner in FreeCAD und Onshape

Die meisten CAD-Systeme, die in der professionellen Produktentwicklung zum Einsatz kommen, arbeiten mit der Parametrik-Technologie. Dies liegt daran, dass man viel Intelligenz in das Modell einbringen kann und Änderungen leicht umzusetzen sind, wenn man das Modell von Anfang an sauber aufbaut. Worauf es hierbei ankommt, erfährst du in Kapitel 4.

Wenn du die parametrische Modellierung einmal richtig verstanden hast, wirst du dich auch in ein Profi-CAD-System relativ schnell einarbeiten können. Im bereits erwähnten Exkurs von Kapitel 4 kannst du dich selbst davon überzeugen. Wir werden darin das bereits in FreeCAD realisierte Bodenschoner-Modell noch einmal auf Basis des Profi-Systems Onshape erstellen.

In Kapitel 5 erstellen wir mithilfe der Software SketchUp ein 3D-druckbares Modellbau-Häuschen. Die direkte Modellierung eignet sich vor allem für das schnelle Erstellen von Modellen, bei denen es nicht auf den letzten Zehntelmillimeter ankommt. Auf Basis eines Grundrissplans werden wir ein dreidimensionales Hausmodell erstellen (Bild 1.4). Der Plan kann aus dem Internet stammen, du kannst aber auch dein eigenes Haus abmessen oder dessen Pläne benutzen. Das fertige Modell verkleinern wir, um es dann als Häuschen für die Modelleisenbahn oder die Wohnzimmervitrine auszudrucken.



**Bild 1.4** Vom Architektenmodell zum 3D-Modell und zur Modelleisenbahn ging es mit SketchUp.

Du hast vor, ein Haus zu bauen oder zu kaufen? Auch dann kann ein 3D-Hausmodell von Nutzen sein. Ich zeige dir, wie du im virtuellen Modell deines Hauses Einrichtungsgegenstände platzieren und die Sonneneinstrahlung simulieren kannst. Auf diese Weise kannst du dich bereits vor Bau oder Kauf des Hauses auf einen virtuellen Hausrundgang begeben, das Haus am Computer einrichten und die Wirkung von Tapeten oder Wandfarbe beurteilen – und das, bevor der erste Stein gesetzt oder der Schlüssel übergeben ist.

Möchtest du den Bahnhof oder das Rathaus deiner Heimatstadt in deine Modelleisenbahnlandschaft integrieren? Im Exkurs von Kapitel 5 erfährst du, wie du dies sehr einfach realisieren kannst, indem du aus nur zwei Fotografien ein 3D-Modell eines Gebäudes erstellst.

Das in Kapitel 6 vorgestellte Projekt geht schließlich weg von der millimetergenauen Modellierung. Auf Basis der Scan-Softwarepakete 3DF Zephyr (PC) und Polycam (Smartphone), Meshmixer, 3D Builder und Slicer for Fusion 360 scannen wir eine Specksteinskulptur, optimieren deren 3D-Geometrie und fertigen daraus eine Rasterskulptur aus Sperrholz für den Garten (Bild 1.5). Ziel dieses Kapitels ist es, ein Verständnis dafür zu schaffen, wie 3D-Geometrien auf dem Rechner entstehen, wie sie gespeichert und definiert sind und wie man mit einfachsten Mitteln zum 3D-Modell gelangt.



**Bild 1.5** Eine Specksteinskulptur wird mit dem Fotoapparat oder dem Smartphone bearbeitet und vergrößert. Mithilfe einer CNC-Fräse wird daraus dann eine Gartenskulptur aus Sperrholz gefertigt.

Der Exkurs von Kapitel 6 zeigt, wie die Dreiecksnetzgeometrie aus dem 3D-Scan mit einem parametrischen CAD-Modell kombiniert werden kann. Hierfür kommt Fusion 360 zum Einsatz.

Ich habe die 3D-Modelle sämtlicher Beispielprojekte bewusst nicht bis ins letzte Detail ausgearbeitet. Mir ist es wichtiger, dir verschiedene Modellierkonzepte und Bedienungsphilosophien nahezubringen. Wenn du einmal verstanden hast, wie eine Software funktioniert, ist die Ausarbeitung der Details nur noch Übungssache und Fleißarbeit – und dafür brauchst du mich nicht. Denn letztlich geht es uns ja vor allem darum, Spaß am Erfinden, Entwickeln und Umsetzen von Projekten zu

haben, oder? Deshalb wollen wir den professionellen Anspruch lieber anderen überlassen und uns stattdessen darauf konzentrieren, effizient und einfach zum Ziel zu kommen.

## 1.3 Wer duzt mich hier? Zum Autor dieses Buches

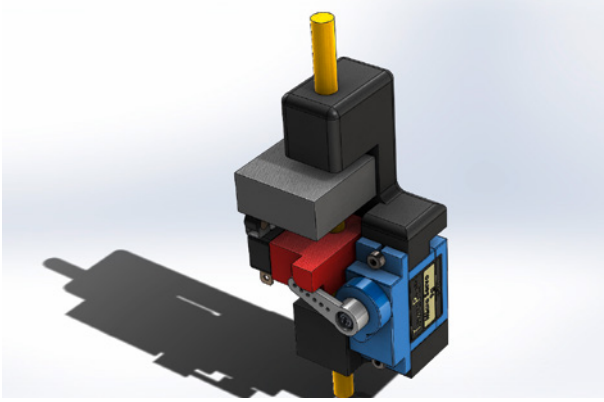
Mein Name ist Ralf Steck und ich habe mich in diesem Buch bewusst für die informelle Anrede entschieden. Das Buch ist so verfasst, als ob ich neben dir sitzen würde und wir die Projekte gemeinsam durcharbeiten würden, denn dieses Buch ist auf ganz ähnliche Weise entstanden. Ich habe mir jedes Projekt Schritt für Schritt erarbeitet und parallel dazu die Texte und Screenshots erstellt. Ich kann also garantieren, dass alle Projekte genau wie beschrieben durchführbar sind – und wie du sehen wirst, musste auch ich an einigen Stellen Rückschläge einstecken oder Workarounds finden. Diese habe ich genau so beschrieben, wie ich sie erlebt habe, damit du nachvollziehen kannst, warum ich den jeweiligen Lösungsweg gewählt habe.

Auch ich musste mir meine Kenntnisse in der 3D-Modellierung erst einmal erarbeiten. Als ich Anfang der 90er-Jahre Maschinenbau studierte, war das Zeichenbrett noch Stand der Technik in der Produktentwicklung (obwohl es auch im Jahr 1993 schon 3D-CAD-Systeme gab). Nach drei Jahren Tätigkeit in einem Fachzeitschriftenverlag arbeite ich seit 1996 als freier Fachjournalist, Autor und Speaker im CAD/CAM-Bereich. Zudem betreibe ich das Blog [www.EngineeringSpot.de](http://www.EngineeringSpot.de), auf dem ich über Produktentwicklungssoftware und -hardware berichte.

Seit 2011 beschäftige ich mich aktiv mit CAD-Systemen – zunächst aus reiner Neugierde, doch dann fand ich schnell großen Gefallen daran, meine selbst erdachten 3D-Objekte zu modellieren und zu fertigen. Den Anfang machte bei mir SolidWorks, dann folgten Inventor, Creo, Solid Edge und andere Profi-Systeme sowie auch einige der in diesem Buch vorgestellten Applikationen.

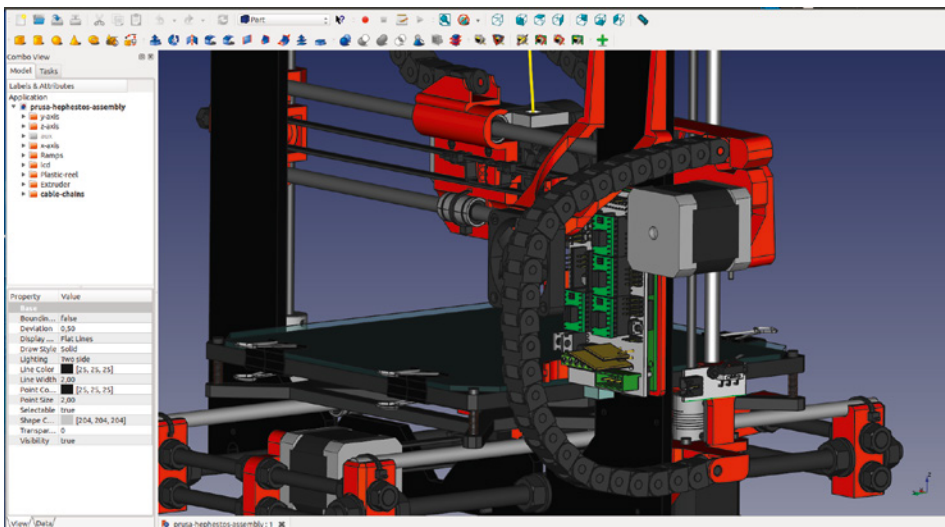
2013 baute ich mir meinen ersten 3D-Drucker und wollte ab diesem Zeitpunkt natürlich so viele eigene Ideen wie möglich verwirklichen. Mein Drang, sich intensiver mit verschiedensten CAD-Programmen zu beschäftigen, wurde also immer größer. Inzwischen ist zu zwei 3D-Druckern noch eine CNC-Fräse hinzugekommen, mit der ich Projekte wie die Gartenskulptur in Kapitel 6 umsetze.

Da auch ich nicht (haupt)beruflich mit CAD-Systemen arbeite, weiß ich sehr gut, wie Software auszusehen hat, die man nicht täglich einsetzt und in die man sich deshalb immer wieder neu einfinden muss.



**Bild 1.6** Eigene Ideen schnell umsetzen – das ist der Vorteil der 3D-Modellierung und des 3D-Drucks eigener Modelle.

Darüber hinaus habe ich allerdings auch die Erfahrung gemacht, dass man sich sehr schnell in ein neues System einarbeiten kann, wenn man die Grundidee hinter der Modellierung einmal verstanden hat. Die Abläufe beim Modellieren sind immer wieder dieselben. Ein hochkomplexes Modell ist nicht schwieriger zu erstellen als ein einfaches – es ist nur mehr Arbeit (Bild 1.7). Das Hauptanliegen dieses Buches ist es, dir das Verständnis für diese Grundidee zu vermitteln, sodass du deine eigenen DIY-Objekte mit jeder Software deiner Wahl modellieren und fertigen kannst.



**Bild 1.7** Komplexe Modelle sind nicht schwieriger zu modellieren, sondern nur mehr Arbeit (© FreeCAD-Modell: Juan Gonzalez-Gomez, Nickname: Obijuan).

## 1.4 Wichtige Hinweise zur Arbeit mit dem Buch

### Deutsche vs. englische Begriffe für Softwarefunktionen und -elemente

Die in diesem Buch vorgestellten CAD-Systeme sind fast alle englischsprachig. Grundkenntnisse der englischen Sprache solltest du also mitbringen. Ich werde mich bemühen, beim ersten Auftauchen jeder Funktion bzw. jedes Elements sowohl den deutschen als auch den englischen Begriff zu nennen. Es macht jedoch wenig Sinn – auch wenn ich es gern so handhaben würde –, die deutschen Begriffe im Folgenden weiterzuverwenden, da sie in den Menüs und Bedienelementen der Software in Englisch benannt sind. Um dir das Nachvollziehen der Projekte zu erleichtern, verwende ich deshalb beim Nennen von Funktionen und Elementen überwiegend die englischen Begriffe.

### Softwareversionen

Die Entwicklung der vorgestellten CAD-Systeme ist teils recht stürmisch. Die Wahrscheinlichkeit, dass vielleicht schon eine neue Version der Software verfügbar ist, wenn du dieses Buch in den Händen hältst, ist also groß. Ich habe deshalb bei der Vorstellung jedes Beispielprojekts die von mir verwendete Version genannt. Zum Teil wirst du die älteren Versionen auch noch von der Herstellerwebsite herunterladen und zum Nachvollziehen des Projekts installieren können, bevor du mit deinen eigenen Projekten auf die neueste Version wechselst. Ich habe mich jedoch bemüht, die Ausarbeitungen der einzelnen Projekte so allgemein zu halten, dass sie auch in künftigen Programmversionen nachvollziehbar sind.

### Daten zu den Beispielprojekten im Buch

Sofern möglich, liefere ich dir zu jedem Beispielprojekt die Daten verschiedener Zwischenstände sowie die finalen Daten, sodass du immer wieder neu in ein Projekt einsteigen kannst, falls du an einer Stelle nicht weiterkommen solltest.

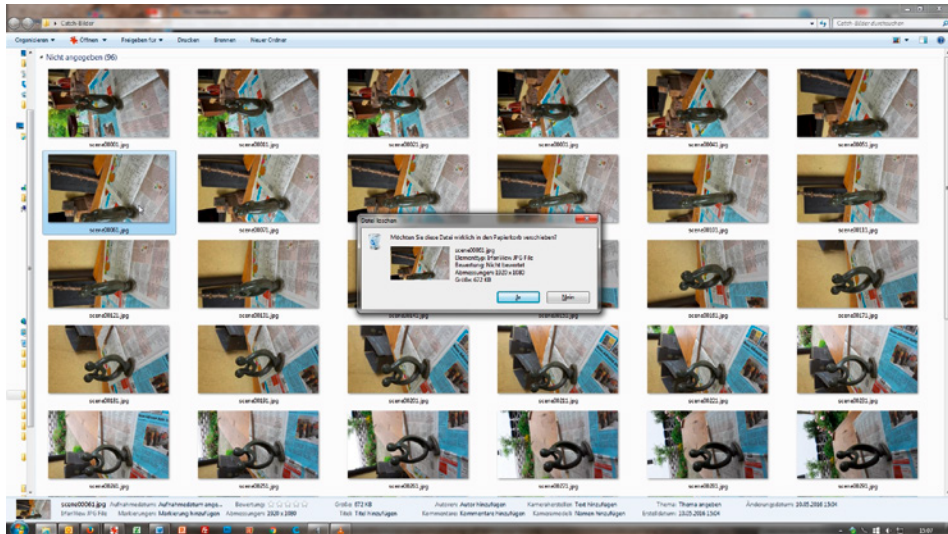


Die Daten zu den Beispielprojekten findest du unter *[plus.hanser-fachbuch.de](http://plus.hanser-fachbuch.de)*.

Die Gartenskulptur, die ich zum Scannen in Kapitel 6 verwende, kann ich dir logischerweise nicht mitliefern. Ich bitte auch um Verständnis, dass ich die detaillierten Pläne meines eigenen Hauses nicht mitliefern möchte, anhand derer ich das Modellbau-Häuschen in Kapitel 5 aufbaue. Beide Kapitel sind jedoch so aufgebaut, dass du das Projekt mit einem eigenen Modell parallel bearbeiten kannst. Im Falle der Skulptur liefere ich dir darüber hinaus auch einen Satz Fotos mit, die du in



ReCap laden kannst (Bild 1.8). So steht dir für die weiteren Schritte dasselbe 3D-Modell zur Verfügung wie mir.



**Bild 1.8** Einen Satz der Scanbilder liefere ich mit, damit du das Gartenskulptur-Projekt Schritt für Schritt durcharbeiten kannst.

### Vorgehensweisen bei der 3D-Modellierung

In der 3D-Modellierung führen oft mehrere Wege zum Ziel. Im Buch muss ich mich aber meist für einen dieser Lösungswege entscheiden. Dass dies nicht immer der optimale Weg ist, hat zum Teil didaktische Gründe, weil ich dir etwas Bestimmtes zeigen möchte. Manchmal ist die Wahl des Lösungsweges auch meiner Unkenntnis geschuldet, denn kaum jemand beherrscht ein CAD-System in all seinen Facetten. Auch ich habe mir an vielen Stellen nur Teilaspekte der jeweiligen Software erarbeiten können. Oft zeige ich auch verschiedene Lösungswege nacheinander auf. In Kapitel 5 werden Erdgeschoss und erster Stock des Hauses zum Beispiel mithilfe mehrerer verschiedener Techniken erstellt.

Kreide es mir also bitte nicht an, wenn du einen besseren und dir logischer erscheinenden Weg zum Ziel findest, sondern freue dich! Denn um es noch einmal zu betonen: Ich möchte dir in diesem Buch solide, allgemeingültige Grundlagen der 3D-Modellierung vermitteln, die es dir ermöglichen, die Arbeitsabläufe und Techniken eines neuen CAD-Systems rasch zu verstehen. Auf diese Weise erlangst du die Sicherheit zu entscheiden, ob die Software deinen Ansprüchen genügt und ob es sich für dich lohnt, sich tiefer in diese einzuarbeiten.

## 1.5 Danksagung und Austauschmöglichkeiten

Bei meiner Familie bedanke ich mich recht herzlich für die Nachsicht, die sie mir entgegengebracht hat, wenn ich wieder einmal schlecht gelaunt war, weil eines der Projekte nicht so funktionieren wollte, wie ich es mir vorgestellt habe. Meinen Kunden danke ich, dass sie während der Schreibphase Geduld bei Projektverzögerungen gezeigt haben. Meinem Freund Gerd danke ich für sein wertvolles Feedback. Ich danke auch den vielen YouTubern und Forumsmitgliedern, die es mir mit ihren Videos und Beiträgen ermöglicht haben, mich schnell in die vielen Softwarepakete einzuarbeiten.

Anregungen und Fragen zum Buch nehme ich gerne unter der Mailadresse *CADfuerMaker@die-textwerkstatt.de* entgegen. Selbstverständlich darfst du mir auch Beispiele deiner Projekte zukommen lassen. Ich freue mich auf dein Feedback!

Friedrichshafen, April 2023

*Ralf Steck*

# Index

## Symbole

3D-CAD-Modellierung, Grundlagen 11, 33  
3D-CAD-System 14  
3D-CAD-System, Auswahl 22  
3D-Maus 24  
3D-Modell 13, 27  
3D-Modelliersoftware 11  
3D-Scanner 174  
3D Slices 206  
3D Warehouse 132, 156  
123D Make 200

## A

Achse 25  
Alias 104  
Änderungen 116  
Anrede 6  
Anschauungsmodell 133  
Arbeitsebene 36  
Arbeitsspeicher 23  
AutoCAD 30  
Autodesk 33  
Autodesk-ID 34  
Autodesk Inventor 15

## B

Basiselement 225  
Baugruppenstruktur 11  
Bauplattform 26  
Bearbeitung von Netzen 197  
Bezugskanten 26

Bibliothek 147  
Bodenschoner 87  
Boolesche Subtraktion 103  
Boolesche Verknüpfungen 43

## C

CAD 11  
CAD-Rechner 15, 23  
CAD-Workstation 23  
CAM 231  
CATIA 22  
Cloud-CAD 118  
Cloud-Computing 40  
CNC-Programm 14  
Constraints 91, 122  
Creo 22  
Curve 206

## D

Daten zu den Beispielprojekten 8  
Defekt 29  
Denglisch 8  
Dienstleister 28  
Direktmodellierung (Direct Modeling) 18, 33, 133  
Draft 90  
Drehen 28  
Drehmittelpunkt 27  
Dreieck 28  
Dreiecksflächen 28  
DXF 28, 30



**E**

Ebenen 25  
Exportieren 54  
Extension Warehouse 132  
Extrusionsrichtung 126

**F**

FabLab 28  
Facetten 29  
Facettierung 55  
Fang 94  
Flächenmodus 197  
Fluchtpunkt 162  
Folded Panels 206  
Fotogrammetrie 162, 178  
Fräsen 231  
FreeCAD 22, 85  
Freiheitsgrad 91  
Führungen 148  
Fusion 360 118  
– Historie 220  
– Konstruktion 220  
– Text 229

**G**

Geometriekern 85  
Geometrische Abhängigkeiten 12  
Gesteuerte Objekte 87  
Gliederung 149, 155  
Google 131  
Google Earth 137, 159  
Grafikkarte 23  
Grundkörper 43  
Gruppe 146, 155  
Gruppenstruktur 149

**H**

Handskizze 26  
Hauptkoordinatenrichtungen 26  
Hilfslinie 149  
Historie 19  
Historienbaum 109

Horizont 163  
Hotbox 193

**I**

Innenraumplanung 134  
Inspector 43  
Interlocked Slices 206

**K**

Kamera 27, 159  
Kameramodell 159  
koaxial 48  
Koinzident 95  
Komponenten 146, 156  
Konfiguration 121  
Konfigurationspalette 120  
Konstruktionsintention 20  
Koordinatennullpunkt 27  
Koordinatensystem 25, 152, 163

**L**

Laserschwert 33  
Layer 146  
Lego 78  
Lineal 47  
Lizenzierung 40  
Logik des Modellaufbaus 102

**M**

magnetisch 150  
Makerspace 28  
Maße 25  
Maßeingabe 140  
Maßketten 149  
Maßstab 136, 155  
Materialien 147  
Meshmixer 191  
Metadaten 12  
Minecraft 78  
Möbel 156  
Modelleisenbahn 133  
Modellierung 17

**N**

Navigation 27, 37  
Navigationswürfel 126, 200  
Normalenvektor 28  
Nullpunkt 25

**O**

Oberflächen 147  
OBJ 54  
Objekt 27  
Objektfang 94  
Onlinesystem 33  
Onshape 118  
Open Cascade 85  
Open Source 85  
Orientierung 25  
Orthografische Parallelprojektion 110

**P**

Parameter 20  
Parametrische Konstruktion 87  
Parametrische Modellierung 19  
Parametrische Skizze 108  
Part Design 90  
Perspektivische Ansicht 110  
Produktfamilie 20  
Pro/Engineer 22  
Profi-CAD-Programm 15  
Prozessor 23  
Punktwolke 177

**R**

Radial 206  
RAM 23  
Reihenfolge 74  
Rollback-Leiste 126

**S**

Sammlung 46  
Schatten 159

Schattenwurf 135  
Schnittstellen 18  
Shader 194  
Sketcher 90  
SketchUp 4, 22, 131  
SketchUp Free 131  
SketchUp Make 131  
SketchUp Pro 131  
Skizzen 19, 26  
Skizzenebene 91  
Skizzenelemente 19  
Slicer 29  
Slicer for Fusion 360 174  
Softwareversionen 8  
Solid Edge 16  
SolidWorks 15  
Sonneneinstrahlung 158  
Sonnensimulation 137  
SpaceNavigator 24  
Spreadsheet 91  
Stacked Slices 206  
Steuertabelle 103  
STL 28  
STL-Plug-in 132, 152  
Subtraktionskörper 112  
Surface Brush 197  
SVG 54

**T**

Tabelle 87  
Technische Zeichnung 13  
Technische Zusammenhänge 12  
Tinkercad 3, 22, 33  
Trimble Navigation 131

**U**

Ursprung 25

**V**

Variable 101  
Veröffentlichen 40

Versatz 122  
Vespa 78  
Video 180  
Virtuelle Kamera 27  
VLC Media Player 180  
voll bestimmt 92  
Volume Brush 197  
Volumenkörper 19  
Volumenmodus 197  
Vorlage 136

## W

Walk Through 134, 159  
wasserdicht 29  
Weg der Tugend 112  
Workbench 89

## Z

Ziehen und Drücken 133  
Zoomen 27