

# Inhaltsverzeichnis

## 1. Einführung, Installation und Übungsdateien ..... 11

1.1	Was kann FreeCAD? .....	12
1.2	Download und Installation von FreeCAD .....	13
1.3	Welche Bereiche enthält FreeCAD?.....	15
1.4	Über dieses Buch und die Download-Dateien.....	17

## 2. Ein erster Rundgang durch FreeCAD ..... 18

2.1	Der erste Start .....	18
2.2	Einstellungen anpassen und speichern.....	21
2.3	Ein erstes Modell in FreeCAD öffnen .....	26
2.3.1	Ansicht des 3D-Modells.....	26
2.3.2	Darstellung des 3D-Modells .....	31
2.3.3	Die Struktur von 3D-Objekten .....	32
2.3.4	Änderungen an vorhandenen 3D-Modellen.....	35

## 3. Eine Schachfigur modellieren: der Turm..... 38

3.1	Die erste Skizze .....	39
3.1.1	Die Ebene für die Skizze wählen .....	39
3.1.2	Die Werkzeugkästen anordnen .....	41
3.1.3	Auf der Skizze zeichnen.....	42
3.1.4	Die Skizze bemaßen .....	45
3.2	Durch Rotation ein Volumen erstellen .....	47
3.3	Den Turm weiterbauen .....	48
3.3.1	Die Krone aushöhlen .....	49
3.3.2	Der Turm braucht noch Zinnen .....	51
3.4	Es geht noch besser: letzte Korrekturen .....	54
3.5	Eine 3D-Druck-Datei erstellen .....	56

## **4. Alles über Skizzen und Randbedingungen ..... 59**

4.1	Der Werkzeugkasten Sketcher-Werkzeuge Bearbeitung .....	60
4.2	Der Werkzeugkasten Skizzengeometrien .....	61
4.3	Der Werkzeugkasten Sketcher-Werkzeuge .....	71
4.4	Der Werkzeugkasten Sketcher-Randbedingungen .....	76
4.4.1	Geometrische Randbedingungen festlegen .....	77
4.4.2	Randbedingungen durch Maße festlegen .....	79
4.5	Der Werkzeugkasten Sketcher visuell.....	83
4.6	Der Werkzeugkasten Sketcher-Bearbeitungsmodus .....	84
4.7	Der Werkzeugkasten B-Spline-Werkzeuge .....	86

## **5. Der Arbeitsbereich Part Design ..... 87**

5.1	Der Werkzeugkasten Part Design-Modellieren .....	87
5.1.1	Das Werkzeug Aufpolsterung .....	88
5.1.2	Das Werkzeug Drehteil .....	90
5.1.3	Das Werkzeug Ausformung .....	91
5.1.4	Das Werkzeug Rohr .....	93
5.1.5	Das Werkzeug Wendel .....	95
5.1.6	Werkzeuge zum Einfügen von Grundkörpern .....	98
5.1.7	Das Werkzeug Vertiefung .....	101
5.1.8	Das Werkzeug Bohrung .....	102
5.1.9	Das Werkzeug Nut .....	103
5.1.10	Das Werkzeug Ausformung .....	103
5.1.11	Das Werkzeug Rohr .....	104
5.1.12	Das Werkzeug Wendel .....	105
5.1.13	Werkzeuge zum Abziehen von Grundkörpern .....	105
5.1.14	Das Werkzeug Verrundung .....	106
5.1.15	Das Werkzeug Fase .....	107
5.1.16	Das Werkzeug Formschräge .....	107
5.1.17	Das Werkzeug Dicke .....	108
5.1.18	Das Werkzeug Boolesche Operationen .....	109
5.1.19	Das Werkzeug Spiegeln .....	110
5.1.20	Das Werkzeug Lineares Muster .....	111
5.1.21	Das Werkzeug Polares Muster .....	112
5.1.22	Das Werkzeug Mehrfach-Transformation erstellen .....	112

5.2	Beschriftung prägen oder aufsetzen .....	114
5.3	Ausgabe für den 3D-Druck.....	116
5.4	Der Werkzeugkasten Part Design-Helper .....	117
5.5	Messen im Raum .....	121
5.6	Ein 3D-Modell komplett erstellen.....	122
5.6.1	Bezugsebenen erstellen.....	124
5.6.2	Skizzen auf Bezugsebenen erstellen .....	126
5.6.3	Das Volumen des Hakens erstellen .....	128
5.6.4	Den Haken fertig modellieren .....	131
5.7	Der Arbeitsbereich Part .....	134

## **6. Technische Zeichnungen im Arbeitsbereich TechDraw erstellen.....135**

6.1	Das Zeichnungslayout .....	135
6.1.1	Das Zeichnungsblatt, Werkzeugkasten TechDraw Seiten.....	136
6.1.2	Ansichten auf dem Zeichnungsblatt, Werkzeugkasten TechDraw Ansichten.....	138
6.2	Bemaßen der Ansichten .....	144
6.3	Zusatzfunktionen für Ansichten und Maße .....	151
6.3.1	Zentrumslinien einfügen, Werkzeugkasten TechDraw Mittellinien .....	151
6.3.2	Schraffuren und andere Objekte einfügen, Werkzeugkasten TechDraw Dekoration .....	152
6.3.3	Anmerkungen in der Zeichnung, Werkzeugkasten TechDraw Beschriftung .....	153
6.3.4	Objekte verändern, Werkzeugkasten TechDraw Attributes .....	155
6.3.5	Zeichnungsblatt drucken .....	156
6.3.6	Werkzeugkasten TechDraw Daten.....	156

## **7. Variantenkonstruktion: der Arbeitsbereich Spreadsheet .....157**

7.1	Tabelle erstellen.....	157
7.2	Tabelle mit dem Modell verknüpfen.....	159

<b>8.</b>	<b>Baugruppen erstellen .....</b>	<b>162</b>
8.1	Start einer Baugruppe und erste Bauteile.....	164
8.2	Baugruppe in vorhandene Baugruppe einfügen.....	171
8.3	Änderungen an eingefügten Bauteilen.....	178
8.4	Stücklisten und weitere Möglichkeiten .....	181
8.5	Zeichnungen von Baugruppen.....	185
<b>9.</b>	<b>FreeCAD für die Architektur: der Arbeitsbereich BIM .....</b>	<b>188</b>
9.1	Einstellung für die Architektur .....	189
9.2	Achsen für die Erstellung der Grundrisse.....	192
9.3	Anlegen der Geschosse .....	196
9.4	Erstellung des Fundaments.....	197
9.5	Mauerwerk Erdgeschoss .....	200
9.6	Fenster, Türen und Treppe einsetzen .....	202
9.6.1	Einfügen der Fenster .....	202
9.6.2	Türen einsetzen .....	207
9.6.3	Eine Treppe erstellen .....	211
9.7	Erstellen des Dachs.....	213
9.7.1	Decke auf das Erdgeschoss .....	213
9.7.2	Die Dachfläche.....	214
9.7.3	Giebelwände erstellen und Fenster einfügen.....	216
9.8	Ein Schornstein durch Erdgeschoss und Dach.....	217
<b>10.</b>	<b>Zeichnungen von Architektur-Modellen.....</b>	<b>222</b>
10.1	Ansichten erstellen.....	222
10.2	Ansicht bemaßen, Methode 1 .....	227
10.3	Ansicht bemaßen, Methode 2 .....	230
10.4	Die Drehscheibe .....	234

## **11. | CNC-Programme erzeugen: der Arbeitsbereich CAM .....236**

11.1	Der Job für die Bearbeitung.....	237
11.2	Profil und Flächen fräsen.....	239
11.3	Tasche fräsen .....	242
11.4	Restmaterial entfernen .....	243
11.5	Bohrungen hinzufügen .....	245
11.6	G-Code ausgeben .....	247

## **12. | Festigkeit von Bauteilen berechnen: der Arbeitsbereich FEM ..249**

12.1	Bauteil für die Berechnung.....	250
12.2	Mechanische Randbedingungen.....	251
12.3	Material und Material-Editor.....	253
12.4	Netzgenerierung.....	254
12.5	Simulation und Ergebnisanalyse.....	255

## **13. | Weitere Add-ons: ein Überblick.....260**

13.1	Das Add-on 3DfindIT for FreeCAD .....	261
13.2	Das Add-on Fasteners .....	264
13.3	Das Add-on Gear .....	265
13.4	Add-ons für Architektur und Bauwesen .....	266
13.5	Add-ons für spezielle Konstruktionsaufgaben.....	266
13.6	Add-ons für Zusammenbau, Animation und Simulation .....	267

## **Stichwortverzeichnis .....268**

### 5.1.6 Werkzeuge zum Einfügen von Grundkörpern

Im *Part Designer* gibt es Möglichkeiten, Grundkörper einzufügen bzw. zu vorhandenen Bodys zu addieren. Falls diese zu bestehenden Bodys addiert werden sollen, müssen sich diese teilweise durchdringen oder zumindest flächig berühren. Diese Grundkörper sind *Quader*, *Zylinder*, *Kugel*, *Kegel*, *Ellipsoid*, *Torus*, *Prisma* und *Keil*. In Abbildung 5.16 sehen Sie die Grundkörper angehängt an einen Basiskörper in einem Fantasieobjekt.

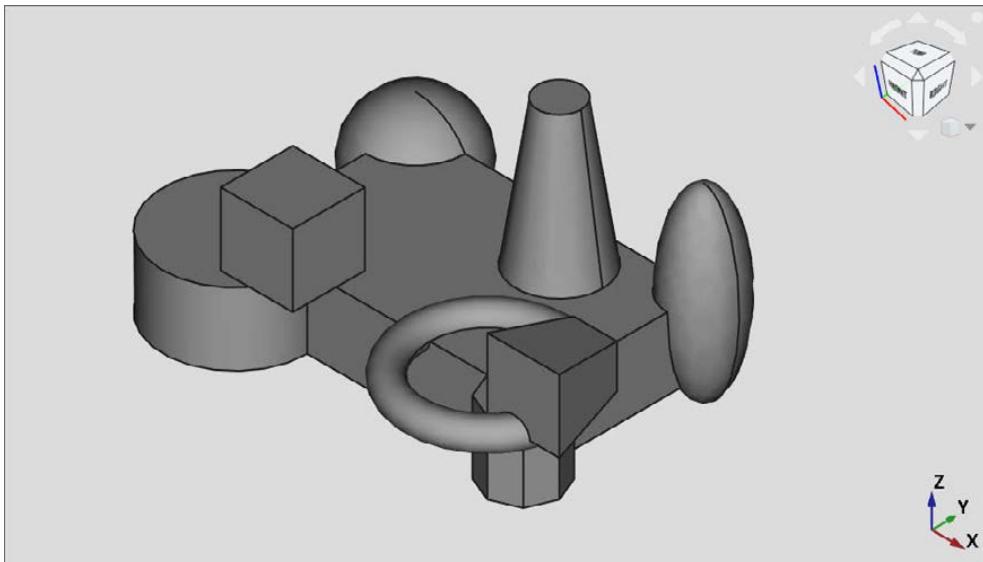


Abbildung 5.16: Grundkörper zu einem Quader addiert

#### Dynamisch verschieben oder drehen

Immer wenn in einem Eingabefeld ein Wert für eine Koordinate, eine Länge, einen Winkel usw. abgefragt wird, kann in das Feld geklickt und der Wert mit dem Mausrad dynamisch verändert werden. Das betroffene Objekt wird in der Voransicht nachgeführt.

1. Erproben Sie dies an einem Beispiel mit zwei Grundkörpern. Starten Sie mit einer leeren Datei im Arbeitsbereich *Part Design*.
2. Klicken Sie das Werkzeug *Quader* an. Ein neuer Body wird automatisch angelegt. Sie sollten jetzt zuerst die Ebene festlegen, in der der Quader platziert werden soll. Danach sind die Parameter für den Quader erforderlich: *Länge*, *Breite* und *Höhe* (siehe Abbildung 5.17). Darunter im Register *Aufgaben* könnten Referenzen zur Befestigung des Körpers gewählt werden, beispielsweise an einer Fläche oder Kante eines anderen Objekts (siehe weiter unten).



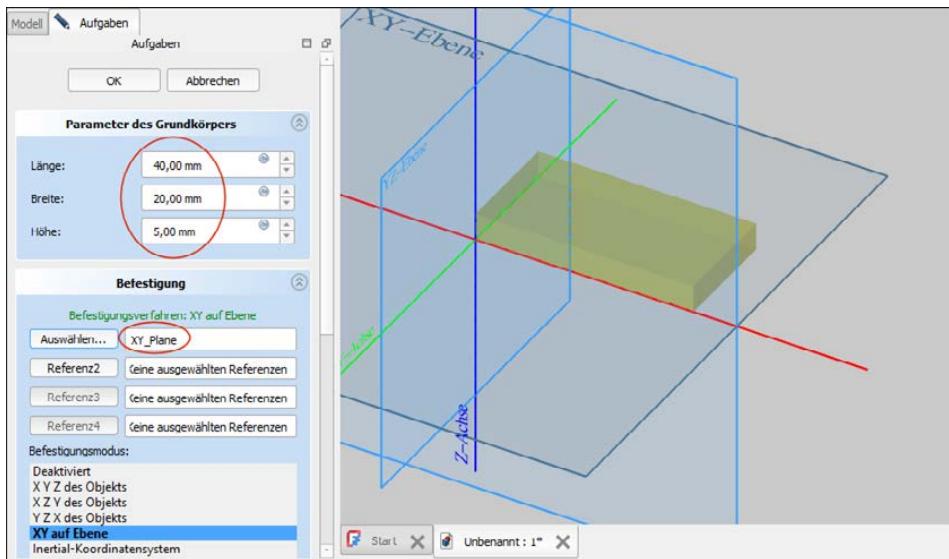


Abbildung 5.17: Parameter für den Quader

3. Weiter unten lassen sich noch mehr Werte eingeben: ein Versatz im Koordinatensystem oder ein Winkel um die Achsen (siehe Abbildung 5.18).

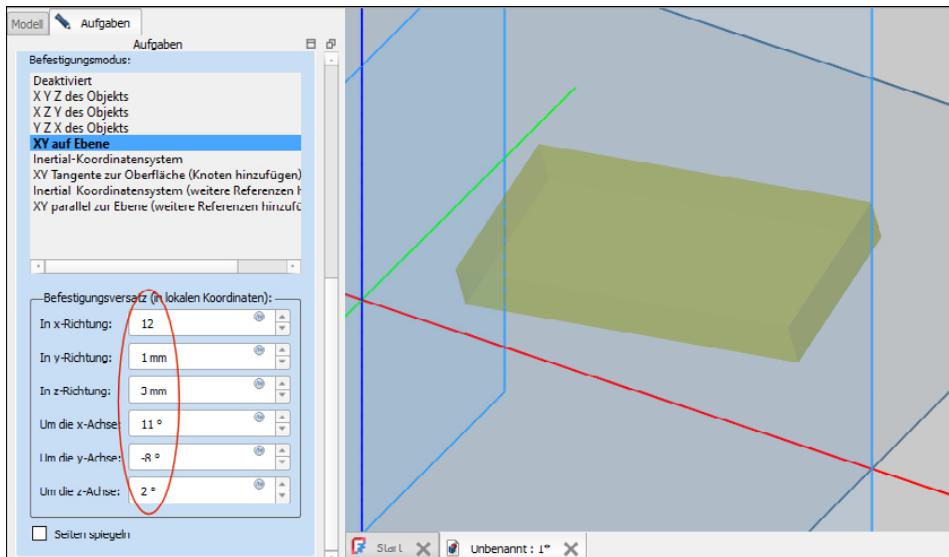


Abbildung 5.18: Versatz und Winkel in der Ebene

4. Setzen Sie alle Werte wieder auf 0 und klicken Sie auf OK.
5. Noch ein Versuch, einen Zylinder an die rechte Kante des Quaders zu setzen. Klicken Sie das Werkzeug *Zylinder* an. Er wird zunächst an den Nullpunkt gesetzt. Geben Sie bei *Radius* 10 und bei *Höhe* 5 ein (siehe Abbildung 5.19). Er soll aber nicht am Nullpunkt sitzen. Wählen Sie deshalb im Feld *Befestigungsmodus* den Eintrag *Ursprung versetzen*. Aber wo soll der neue Ursprung sein? Klicken Sie auf *Referenz1* und wählen Sie den in Abbildung 5.19 markierten Punkt. Zoomen Sie dazu näher heran, um den Punkt zu treffen und nicht eine Kante. Sie können die verschiedenen Befestigungsmethoden und – je nachdem – bis zu vier Referenzen wählen.

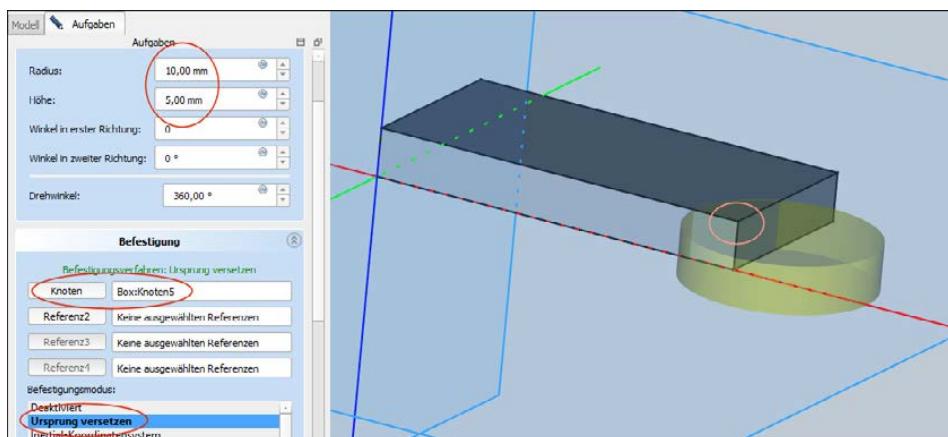


Abbildung 5.19: Zylinder an der Kante hinzuzaddieren

6. Mit OK wird der Zylinder erstellt und an der gewählten Position platziert. Im Kombifenster im Register *Modell* sind die beiden Grundkörper unter dem Body eingeordnet. Auch die Grundkörper und deren Position sind parametrisch. Per Doppelklick lässt sich alles ändern.
7. Experimentieren Sie weiter mit den anderen Grundkörpern. In der Datei **Aufgabe-05-06.FCStd** finden Sie das Modell aus Abbildung 5.16. Schauen Sie sich dieses an und experimentieren Sie damit. Achtung: Verschieben Sie einen Grundkörper so, dass er sich nicht mehr mit dem Volumen berührt oder schneidet, dann verschwindet er.
8. Es ist zum Teil kompliziert, mit den Grundkörpern zu arbeiten. Eine Skizze zu erstellen und das Aufpolstern oder Rotieren ist oft einfacher und schneller. Trotzdem sollte man diese Methode im Auge behalten, denn einige komplexe Figuren lassen sich damit einfach realisieren.

Abbildung 5.20 zeigt einen teilweisen Zylinder über 270°, der zusätzlich noch in zwei Richtungen verzogen ist. Wer's brauchen kann, der freut sich darüber.

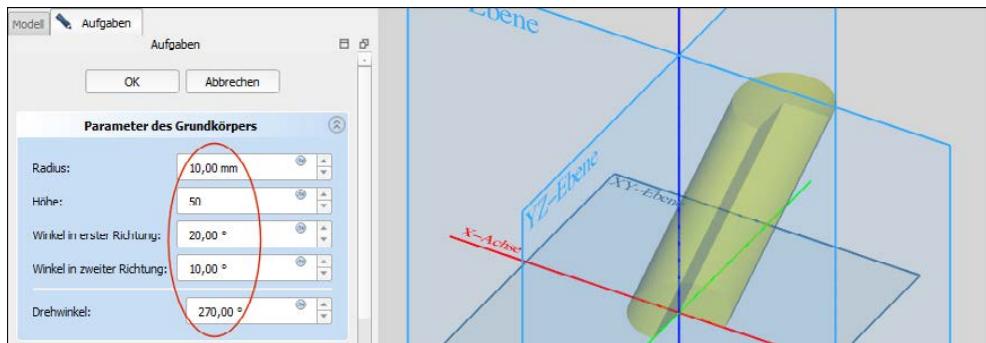


Abbildung 5.20: Modifizierter Zylinder

### 5.1.7 Das Werkzeug Vertiefung

Das Werkzeug *Vertiefung* extrudiert eine Skizze in einen vorhandenen Body und höhlt ihn dabei aus.

1. Laden Sie die Datei [Aufgabe-05-07.FCStd](#) aus dem Übungsordner und markieren Sie die Skizze *Tasche1* im Kombifenster im Register *Modell*. 
2. Klicken Sie dann das Werkzeug *Vertiefung* an.
3. Die Parameter sind die gleichen wie bei dem Werkzeug *Aufpolsterung* im Abschnitt 5.1.1. Tragen Sie die Werte wie in Abbildung 5.21 im Register *Aufgaben* ein, *Länge* 5 mm und *Schrägungswinkel* -5°, und klicken Sie auf *OK*. Die Vertiefung ist fertig.

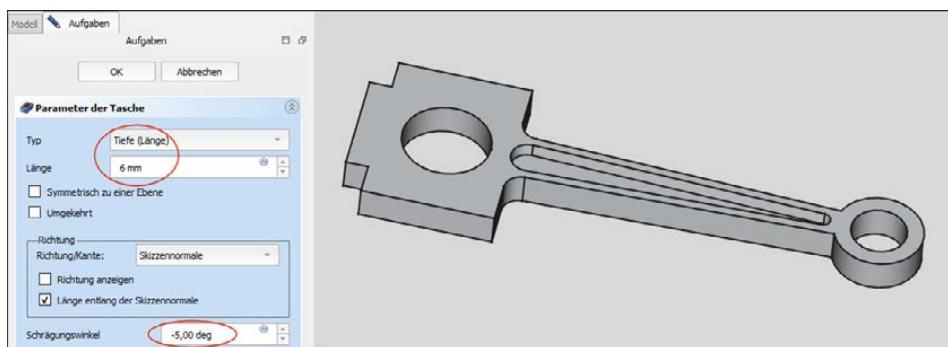


Abbildung 5.21: Aushöhlen einer Vertiefung

4. Schauen Sie von unten auf den Pleuel und markieren Sie die Skizze *Tasche2*. Bringen Sie dort ebenfalls eine Vertiefung mit den gleichen Parametern an. Hier muss aber die Option *Umgekehrt* angehakt sein, um die Vertiefung ins Modell hineinzubringen. Eine Musterlösung finden Sie in der Datei [Lösung-05-07.FCStd](#).

### 5.1.8 Das Werkzeug Bohrung

Mit dem Werkzeug *Bohrung* können, wie der Name schon sagt, Bohrungen angebracht werden, durchgehend oder als Sackloch mit anpassbarer Bohrspritze, verschiedenste Gewindebohrungen und modellierte Gewinde. Voraussetzung ist für jede Bohrung eine Skizze mit einem Kreis. Der Durchmesser des Kreises ist beliebig. Die Größe der Bohrung wird später festgelegt.

1. Laden Sie die Datei [Aufgabe-05-08.FCStd](#), ein einfacher Quader mit sechs Skizzen auf der oberen Fläche. Jede Skizze soll eine Bohrung bekommen.
2. Markieren Sie die Skizze *Bohrung1* im Kombifenster, Register *Modell* und dann das Werkzeug *Bohrung*. Jetzt können Sie die Parameter festlegen. Bei *Profil* sollte bei einer einfachen Bohrung *Ohne* stehen, also kein Gewinde, sondern eine Durchgangsbohrung mit 10 mm. Dann geben Sie im Feld *Durchmesser* 10 mm ein, und im Feld *Tiefe* wählen Sie *Durch alles*. 
3. Mit der Skizze *Bohrung2* können Sie beispielsweise ein Sackloch mit 10 mm Durchmesser und einer Tiefe von 5 mm versuchen. Ganz unten im Register *Aufgaben* (eventuell scrollen) könnten Sie noch den Spitzwinkel des Bohrers im Feld *Bohrpunkt* ändern. Standard ist 118°.
4. Testen Sie weitere Varianten mit den anderen Skizzzen (siehe Abbildung 5.22). Wählen Sie in der Auswahlliste *Profil* auch verschiedene Gewindearten. Ist der Schalter *Gewinde darstellen* aktiv, wird das Gewinde modelliert.
5. Weiterhin können Sie im Bereich *Bohrloch* Senkungen vorgeben sowie im Bereich *Bohrspitze* bei Sacklöchern die Form der Spitze des Bohrers angeben.

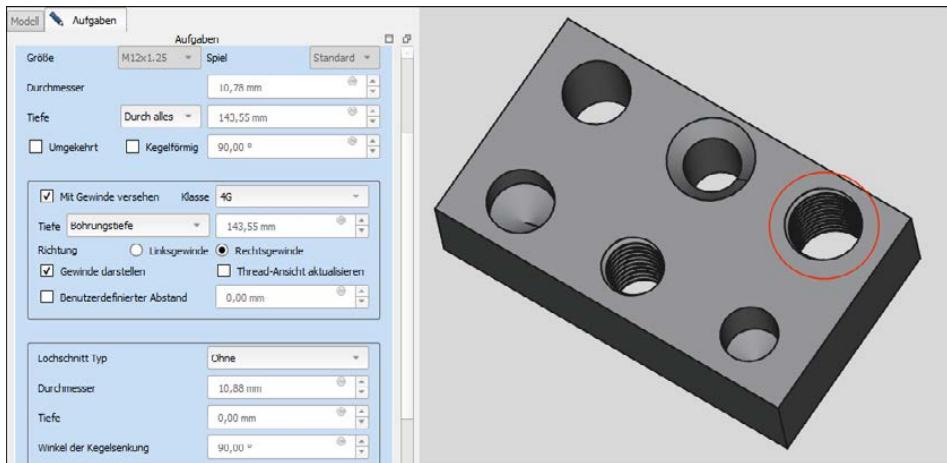


Abbildung 5.22: Varianten beim Werkzeug »Bohrung«

6. In der Musterlösung [Lösung-05-08.FCStd](#) finden Sie Beispiele.

### 5.1.9 Das Werkzeug Nut

Das Werkzeug *Nut* funktioniert analog zum Werkzeug *Drehteil* aus dem Abschnitt 5.1.2, nur dass es kein Volumen erzeugt, sondern abnimmt.

1. Laden Sie die Datei [Aufgabe-05-09.FCStd](#), einen Zylinder mit einer kreisförmigen Skizze in der Seitenwand. Wählen Sie die Skizze *Sketch* an.
2. Klicken Sie dann auf das Werkzeug *Nut*, stellen Sie die Parameter ein und schon ist die Nut fertig (siehe Abbildung 5.23). Eine Musterlösung wäre sicher nicht erforderlich, aber der Vollständigkeit halber befindet sie sich in der Datei [Lösung-05-09.FCStd](#).

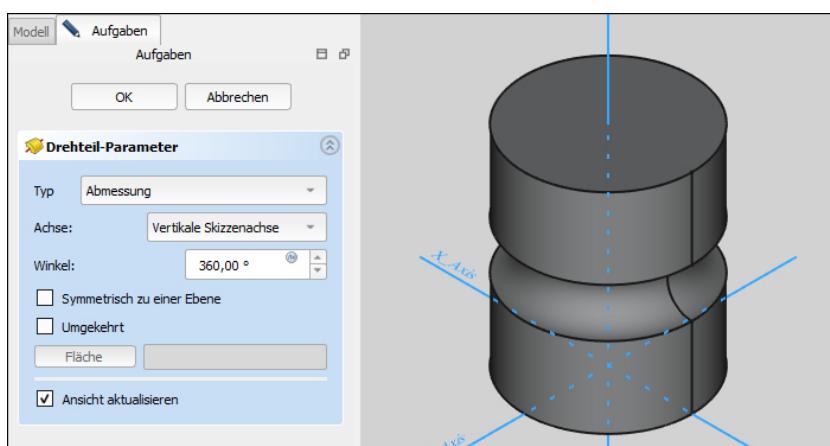


Abbildung 5.23: Eine Nut erstellen

### 5.1.10 Das Werkzeug Ausformung

Das Werkzeug *Ausformung* heißt nicht nur so wie das in Abschnitt 5.1.3, es arbeitet auch gleich, nur dass es Volumen subtrahiert.

1. Laden Sie die Datei [Aufgabe-05-10.FCStd](#), einen Quader mit diversen Skizzen an den Flächen und im Innern.
2. Klicken Sie im Kombifenster im Register *Modell* die Skizzen in der Reihenfolge an, in der die Ausformung erstellt werden soll, also zuerst *Basiskontur-1*, dann *Kontur-2* und zuletzt *Kontur-3*. Halten Sie dabei die **[Strg]**-Taste gedrückt, damit alle ausgewählt bleiben.
3. Klicken Sie dann das Werkzeug *Ausformung* an, und Sie sehen im Kombifens-ter im Register *Aufgaben* die gleichen Einstellungsmöglichkeiten wie im Ab-schnitt 5.1.3. Mit *OK* wird die Ausformung vom Quader abgezogen.
4. Da Sie das Ergebnis schlecht sehen können, ist es sinnvoll, auf das Drahtgitter um-zuschalten. Das geht am schnellsten mit den Shortcuts. Drücken Sie die Tastenkombi-nation **V+3** und Sie haben im wahrsten Sinne den Durchblick (siehe Abbildung



5.24). Mit dem Tastenkürzel **V+I** kommen Sie zur schattierten Ansicht zurück. Eine Musterlösung finden Sie in der Datei **Lösung-05-10.FCStd** in Ihrem Übungsordner.

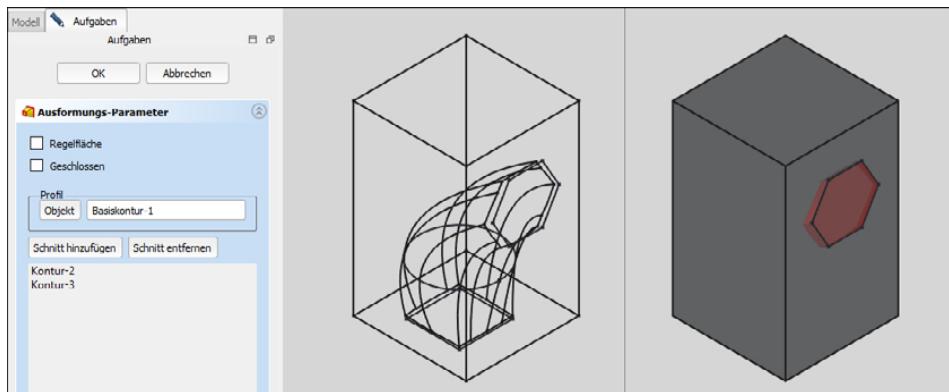


Abbildung 5.24: Die Ausformung in der Drahtgitter-Ansicht und schattiert

### 5.1.11 Das Werkzeug Rohr

Auch das Werkzeug *Rohr* gibt es in dieser Serie. Es funktioniert wie das im Abschnitt 5.1.4, subtrahiert allerdings dabei Volumen.

1. Laden Sie die Datei **Aufgabe-05-11.FCStd**, wieder ist es ein Quader, diesmal mit zwei Skizzzen an den Flächen.
2. Klicken Sie im Kombifenster im Register *Modell* die Skizze *Kontur* an und wählen Sie dann das Werkzeug *Rohr*. 
3. Bei den Rohr-Parametern im Register *Aufgaben* sehen Sie im Feld *Profil* die vorher markierte Skizze *Kontur*. Klicken Sie im Bereich *Pfad der Austragung* auf das Feld *Objekt* und klicken Sie die Skizze *Pfad* im Modell an. Das Rohr erscheint in der Voransicht (siehe Abbildung 5.25) und wird mit *OK* ausgeführt. Die Lösung finden Sie auch in der Datei **Lösung-05-11.FCStd**.

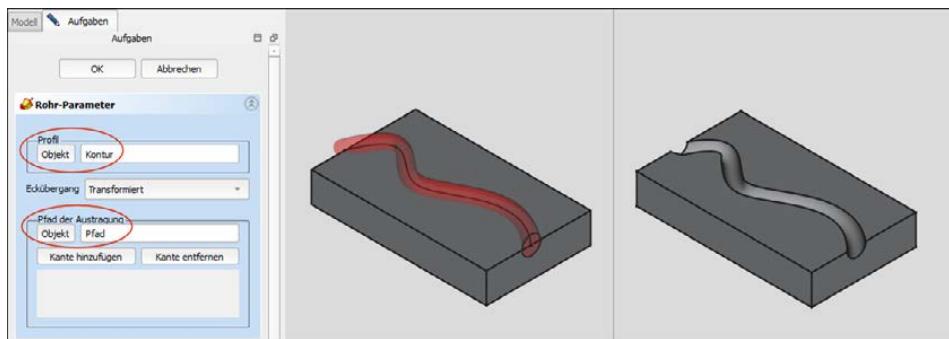


Abbildung 5.25: Das Rohr in der Voransicht und fertig

### 5.1.12 Das Werkzeug Wendel

Jetzt das Werkzeug *Wendel*. Es funktioniert wie das im Abschnitt 5.1.5, außer, dass hier von einem bestehenden Objekt subtrahiert wird.

1. Laden Sie die Datei [Aufgabe-05-12.FCStd](#), ein Zylinder mit einer Skizze an der Seitenwand in der YZ-Ebene.
2. Klicken Sie im Kombifenster im Register *Modell* die Skizze *Wendel-Skizze* an und wählen Sie danach das Werkzeug *Wendel*. Stellen Sie die Parameter zum Beispiel wie in Abbildung 5.26 ein (Achse *Vertikale Skizzenachse*, Modus *Steigung-Höhe-Winkel*, Steigung 10 mm, Höhe 70 mm) und Sie bekommen die Voransicht. Mit OK wird die Wendel erstellt.



Eine Musterlösung findet sich in der Datei [Lösung-05-12.FCStd](#).

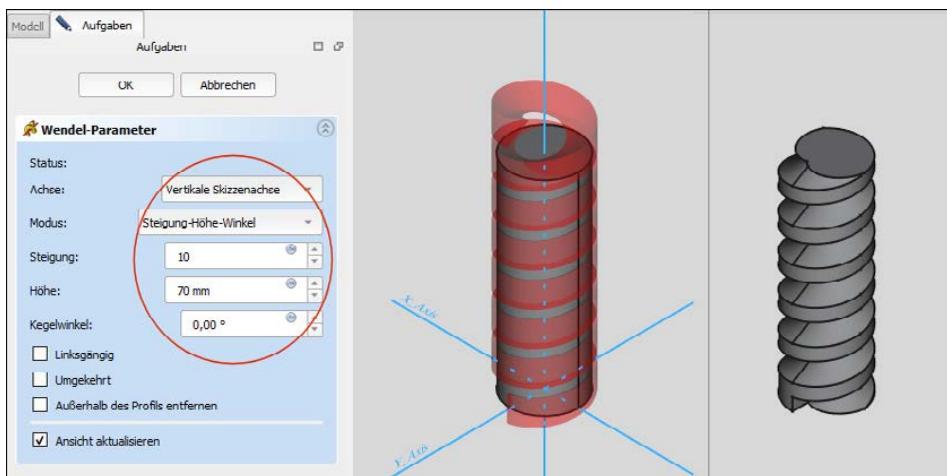


Abbildung 5.26: Die Wendel in der Voransicht und ausgeführt

### 5.1.13 Werkzeuge zum Abziehen von Grundkörpern

Genauso wie Sie Grundkörper erstellen können (siehe Abschnitt 5.1.6), können Sie Grundkörper auch von bestehenden Volumenkörpern abziehen. Das Vorgehen ist analog zu dem im Abschnitt 5.1.6 beschriebenen.

Es sind die gleichen Grundkörper: *Quader*, *Zylinder*, *Kugel*, *Kegel*, *Ellipsoid*, *Torus*, *Prisma* und *Keil* und die Platzierung ist ebenso wie im Abschnitt 5.1.6. Keine Übung, nur ein Beispiel zum Ansehen und Ändern.

1. Laden Sie die Datei [Aufgabe-05-13.FCStd](#), einen Quader mit den unterschiedlichsten Ausbrüchen (siehe Abbildung 5.27).

2. Ziehen Sie neue Grundkörper von dem Ausgangsobjekt ab oder variieren Sie die vorhandenen, denn diese sind parametrisch.

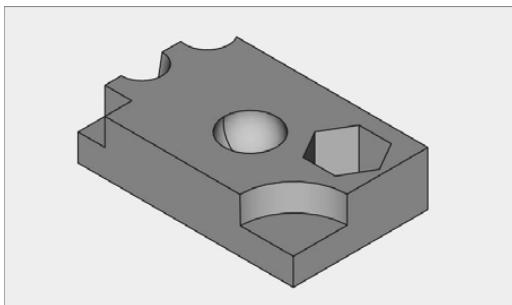


Abbildung 5.27: Quader und abgezogene Grundkörper

### 5.1.14 Das Werkzeug Verrundung

Wir machen einen kleinen Sprung in der Reihenfolge der Werkzeuge. Zunächst die Werkzeuge, die Bodys ändern. Mit dem Werkzeug *Verrundung* lassen sich einzelne Kanten, ganze Flächen oder alle Kanten eines Bodys verrunden.

1. Laden Sie die Datei [Aufgabe-05-14.FCStd](#). Klicken Sie die hintere obere Kante an und danach das Werkzeug *Verrundung*. 
2. Tragen Sie im Kombifenster, Register *Aufgaben* bei *Radius* den Wert 7 ein und klicken Sie auf *OK* und die Verrundung ist fertig (siehe Abbildung 5.28).
3. Klicken Sie in die Fläche der Verrundung. Tragen Sie hier bei *Radius* den Wert 3 ein und klicken Sie auf *OK*. Auch diese Verrundung ist fertig (siehe Abbildung 5.28). Hätten Sie den Schalter *Alle Kanten verrunden* aktiviert, wären alle Kanten des Bodys verrundet worden.
4. Drehen Sie den Pleuel so, dass Sie von unten darauf sehen, machen Sie die gleichen Verrundungen und schon ist die Aufgabe erledigt. Die Musterlösung ist in der Datei [Lösung-05-14.FCStd](#).

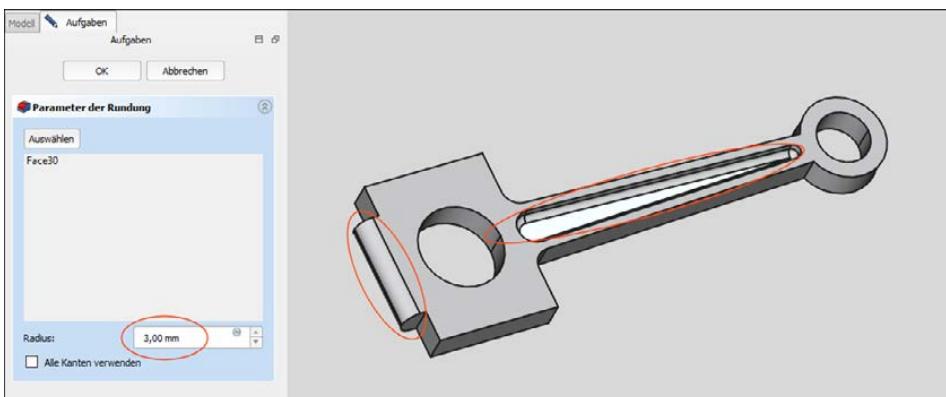


Abbildung 5.28: Verrundungen erstellen

### 5.1.15 Das Werkzeug Fase

Das Werkzeug *Fase* schrägt einzelne Kanten, alle Kanten einer Fläche oder alle Kanten eines Body's ab.

1. Laden Sie die Datei [Aufgabe-05-15.FCStd](#). Klicken Sie die obere Kante der kreisförmigen Durchbrüche an. Halten Sie dabei die **[Strg]**-Taste gedrückt, damit beide markiert werden. Wenn Sie beide gemeinsam abschrägen, können Sie nachher nur beide ändern. Soll das nicht der Fall sein, sollten beide nacheinander abgeschrägt werden. Klicken Sie dann das Werkzeug *Fase* an.
2. Im Kombifenster, Register *Aufgaben*, Feld *Typ* können Sie die Option *Gleiche Distanz* wählen für die symmetrische Fase oder *Zwei Distanzen*, wenn die Abstände unterschiedlich sein sollen. Zudem gibt es die Einstellung *Distanz und Winkel* für die Eingabe von Fasenabstand und Fasenwinkel.
3. Wählen Sie *Gleiche Distanz*, tragen Sie bei *Größe* den Wert 2 ein und klicken Sie auf *OK*. Die Fase ist fertig (siehe Abbildung 5.29).
4. Bringen Sie Fasen mit den gleichen Werten auf der Unterseite des Pleuels an. Auch hier gibt es der Vollständigkeit halber eine Musterlösung in der Datei [Lösung-05-15.FCStd](#).

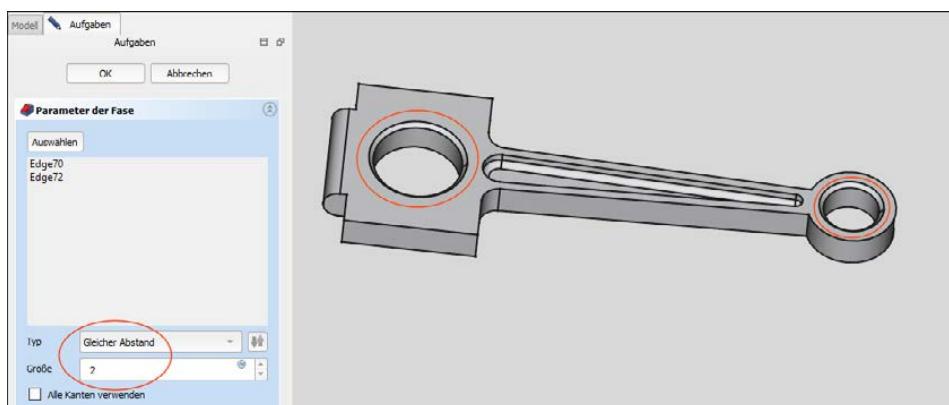


Abbildung 5.29: Fasen erstellen

### 5.1.16 Das Werkzeug Formschräge

Eine Formschräge braucht man bei einem Gussteil, um es aus der Form zu entfernen. Dafür gibt es das Werkzeug *Formschräge*.

1. Laden Sie die Datei [Aufgabe-05-16.FCStd](#). An einer Welle mit drei Abschnitten soll eine Formschräge von 5° angebracht werden. In der Praxis wäre das zu viel, aber damit Sie den Effekt besser sehen können, erfolgt das Beispiel mit 5°. Klicken Sie dazu die drei Außenflächen der Zylinder mit gedrückter **[Strg]**-Taste an und wählen Sie dann das Werkzeug *Formschräge* aus.