

# Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Einführung, Installation und Übungsdateien .....</b>	<b>13</b>
1.1	Was kann FreeCAD? .....	14
1.2	Download und Installation von FreeCAD .....	15
1.3	Welche Bereiche enthält FreeCAD? .....	18
1.4	Über dieses Buch und die Download-Dateien .....	20
<b>2.</b>	<b>Ein erster Rundgang durch die Bedienoberfläche von FreeCAD .....</b>	<b>21</b>
2.1	Der erste Start .....	21
2.2	Einstellungen anpassen .....	23
2.3	Ein erstes Modell in FreeCAD .....	27
2.3.1	Ansicht des 3D-Modells .....	28
2.3.2	Darstellung des 3D-Modells .....	33
2.3.3	Die Struktur von 3D-Objekten .....	35
2.3.4	Änderungen an vorhandenen 3D-Modellen .....	37
2.4	Ausgabefenster und Hilfe-Funktionen .....	39
<b>3.</b>	<b>Eine Schachfigur modellieren: der Turm .....</b>	<b>41</b>
3.1	Die erste Skizze .....	42
3.1.1	Die Ebene für die Skizze wählen .....	42
3.1.2	Die Werkzeugkästen anordnen .....	44
3.1.3	Auf der Skizze zeichnen .....	45
3.1.4	Die Skizze bemaßen .....	49
3.2	Durch Rotation ein Volumen erstellen .....	50
3.3	Den Turm weiterbauen .....	51
3.3.1	Die Krone aushöhlen .....	52
3.3.2	Der Turm braucht noch Zinnen .....	53
3.4	Es geht noch besser: letzte Korrekturen .....	57
3.5	Eine 3D-Druck-Datei erstellen .....	60

## 4. Alles über Skizzen und Skizzen-Beschränkungen ..... 63

4.1	Der Werkzeugkasten Skizzengeometrien .....	63
4.1.1	Skizzengeometrien, Zeichenwerkzeuge .....	64
4.1.2	Skizzengeometrien, Änderungswerkzeuge .....	70
4.2	Der Werkzeugkasten Skizzen-Beschränkungen .....	72
4.2.1	Die Skizzen-Beschränkungen .....	74
4.2.2	Skizzen-Beschränkungen durch Maße .....	77
4.2.3	Skizzen-Beschränkungen, Brechung und Bemaßungsmodi .....	80
4.3	Der Werkzeugkasten Skizzen-Werkzeuge .....	81
4.4	Weitere Werkzeugkästen .....	86
4.4.1	Der Werkzeugkasten Virtueller Bereich .....	86
4.4.2	Der Werkzeugkasten B-Spline-Werkzeuge .....	87
4.4.3	Skizzen im Raum .....	87
4.4.4	Freie Skizze in einen Body verschieben .....	88
4.4.5	Der Werkzeugkasten Skizze .....	89

## 5. Der Arbeitsbereich Part Design ..... 91

5.1	Der Werkzeugkasten Part Design-Modellierung .....	91
5.1.1	Das Werkzeug Aufpolsterung .....	91
5.1.2	Das Werkzeug Drehteil .....	93
5.1.3	Das Werkzeug Ausformung .....	94
5.1.4	Das Werkzeug Rohr .....	96
5.1.5	Das Werkzeug Wendel .....	98
5.1.6	Werkzeuge zum Einfügen von Grundkörpern .....	101
5.1.7	Das Werkzeug Tasche .....	104
5.1.8	Das Werkzeug Bohrung .....	105
5.1.9	Das Werkzeug Nut .....	106
5.1.10	Das Werkzeug Ausformung .....	107
5.1.11	Das Werkzeug Rohr .....	107
5.1.12	Das Werkzeug Wendel .....	108
5.1.13	Werkzeuge zum Abziehen von Grundkörpern .....	109
5.1.14	Das Werkzeug Verrundung .....	109
5.1.15	Das Werkzeug Fase .....	110
5.1.16	Das Werkzeug Formschräge .....	111
5.1.17	Das Werkzeug Dicke .....	112
5.1.18	Das Werkzeug Boolesche Operationen .....	113

5.1.19	Das Werkzeug Spiegeln.....	114
5.1.20	Das Werkzeug Lineares Muster.....	114
5.1.21	Das Werkzeug Polares Muster.....	115
5.1.22	Das Werkzeug Mehrfach-Transformation erstellen.....	116
5.2	Beschriftung prägen oder aufsetzen.....	118
5.3	Ausgabe für den 3D-Druck.....	120
5.4	Der Werkzeugkasten Messen.....	120
5.5	Der Werkzeugkasten Part Design-Helfer.....	122
5.6	Ein 3D-Modell komplett erstellen.....	126
5.6.1	Bezugsebenen erstellen.....	127
5.6.2	Skizzen auf Bezugsebenen erstellen.....	129
5.6.3	Das Volumen des Hakens erstellen.....	132
5.6.4	Den Haken fertig modellieren.....	135
5.7	Der Arbeitsbereich Part.....	138

## 6. Technische Zeichnungen von 3D-Modellen: Arbeitsbereich TechDraw ..... 141

6.1	Das Zeichnungslayout.....	141
6.1.1	Das Zeichnungsblatt, Werkzeugkasten TechDraw Seiten.....	141
6.1.2	Ansichten auf dem Zeichnungsblatt, Werkzeugkasten TechDraw Ansichten.....	143
6.2	Bemaßen der Ansichten.....	150
6.2.1	Bemaßungen einfügen, Werkzeugkasten TechDraw Bemaßung.....	150
6.2.2	Sondermaße einfügen, Werkzeugkasten TechDraw Extend Dimensions.....	153
6.3	Zusatzfunktionen für die Ansichten.....	157
6.3.1	Zentrumslinien einfügen, Werkzeugkasten TechDraw Centerlines.....	157
6.3.2	Schraffuren und andere Objekte einfügen, Werkzeugkasten TechDraw Dekoration.....	158
6.3.3	Anmerkungen in der Zeichnung, Werkzeugkasten TechDraw Anmerkung.....	160
6.3.4	Maße verändern, Werkzeugkasten TechDraw Attributes.....	161
6.3.5	Zeichnungsblatt drucken.....	162
6.3.6	Werkzeugkasten TechDraw Daten.....	162

## **7. Variantenkonstruktion: der Arbeitsbereich Spreadsheet ..... 163**

- 7.1 Tabelle erstellen..... 163
- 7.2 Tabelle mit dem Modell verknüpfen..... 164

## **8. Baugruppen erstellen ..... 167**

- 8.1 Start einer Baugruppe und erste Bauteile..... 168
- 8.2 Baugruppe in vorhandene Baugruppe einfügen..... 175
- 8.3 Änderungen an eingefügten Bauteilen..... 183
- 8.4 Stücklisten und weitere Möglichkeiten ..... 185

## **9. FreeCAD für die Architektur: der Arbeitsbereich Arch ..... 191**

- 9.1 Einstellung für die Architektur ..... 192
- 9.2 Achsen für die Erstellung der Grundrisse..... 193
- 9.3 Anlegen der Geschosse ..... 197
- 9.4 Erstellung des Fundaments..... 198
- 9.5 Mauerwerk Erdgeschoss ..... 200
- 9.6 Fenster, Türen und Treppe einsetzen ..... 202
  - 9.6.1 Erstellen der Fenster ..... 202
  - 9.6.2 Türen einsetzen ..... 208
  - 9.6.3 Eine Treppe erstellen ..... 212
- 9.7 Erstellen des Dachs..... 213
  - 9.7.1 Decke auf das Erdgeschoss ..... 213
  - 9.7.2 Die Dachfläche..... 215
  - 9.7.3 Giebelwände erstellen und Fenster einfügen..... 216
- 9.8 Ein Schornstein durch Erdgeschoss und Dach..... 218

## **10. Zeichnungen von Architektur-Modellen..... 223**

- 10.1 Ansichten erstellen..... 223
- 10.2 Ansicht bemaßen, Methode 1 ..... 228
- 10.3 Ansicht bemaßen, Methode 2..... 230
- 10.4 Die Drehscheibe ..... 234

## **11. CNC-Programme erzeugen: der Arbeitsbereich Path.....235**

11.1	Der Job für die Bearbeitung.....	236
11.2	Profil und Flächen fräsen.....	237
11.3	Tasche fräsen .....	240
11.4	Restmaterial entfernen .....	241
11.5	Bohrungen hinzufügen .....	243
11.6	G-Code ausgeben .....	245

## **12. Festigkeit von Bauteilen berechnen: der Arbeitsbereich FEM ..247**

12.1	Bauteil für die Berechnung.....	247
12.2	Mechanische Randbedingungen.....	249
12.3	Material und Material-Editor.....	250
12.4	Netzgenerierung.....	252
12.5	Simulation und Ergebnisanalyse.....	252

## **13. Weitere Add-ons: ein Überblick.....259**

13.1	Das Add-on 3DfindIT for FreeCAD.....	260
13.2	Das Add-on Fasteners .....	263
13.3	Das Add-on Gear.....	264
13.4	Add-ons für Architektur und Bauwesen.....	265
13.5	Add-ons für spezielle Konstruktionsaufgaben.....	265
13.6	Add-ons für Zusammenbau, Animation und Simulation .....	266

## **Stichwortverzeichnis .....267**

## 4. Alles über Skizzen und Skizzen-Beschränkungen

Im letzten Kapitel wurde gezeigt, wie wichtig Skizzen beim Modellieren sind. 3D-Aufgaben werden zunächst auf 2D-Ansichten zurückgeführt. Um erfolgreich im 3D-Modellieren zu sein, muss die Skizzenerstellung beherrscht werden. Und um parametrisch arbeiten zu können, müssen zudem die Skizzen-Beschränkungen angewendet werden können. In diesem Kapitel geht es daher um den Arbeitsbereich *Sketcher*.

### 4.1 Der Werkzeugkasten Skizzengeometrien

Im Arbeitsbereich *Sketcher* sind vor allem drei spezielle Werkzeugkästen wichtig. Das sind die Werkzeugkästen *Skizzengeometrien*, *Skizzen-Beschränkungen* und *Skizzen-Werkzeuge*. Zunächst geht es um den Werkzeugkasten *Skizzengeometrien* (siehe Abbildung 4.1). Im folgenden Abschnitt sind keine Beispielzeichnungen erforderlich.

#### Anordnung der Werkzeugkästen

Je nach Bildschirmauflösung und der Größeneinstellung der Symbole kann es vorkommen, dass Werkzeugkästen abgeschnitten werden. Wir hatten deshalb in Kapitel 3.1.2 die Werkzeugkästen im *Sketcher* neu angeordnet. Abbildung 3.5 zeigt die Anordnung.

Falls Sie die Funktionen testen wollen, gehen Sie so vor:

1. Starten Sie FreeCAD neu und starten Sie eine neue Datei mit dem Werkzeug *Neu* im Werkzeugkasten *Datei*. 
2. Wechseln Sie in den Arbeitsbereich *Part Design*, um einen neuen Körper zu beginnen. Danach können Sie den *Sketcher* verwenden.
3. Klicken Sie auf das Werkzeug *Körper erstellen* im Werkzeugkasten *Part Design-Helfer*. Sie bekommen damit in der *Combo-Ansicht* im Register *Modell* den neuen Eintrag *Body* unter dem Eintrag *Unnamed*. Sie haben die Datei noch nicht gespeichert. Erst wenn Sie die Datei gesichert haben, steht dort der Dateiname. 
4. In der *Combo-Ansicht* im Register *Aufgaben* steht jetzt der Eintrag *Skizze erstellen*. Klicken Sie diesen Eintrag an oder klicken Sie das Werkzeug *Skizze erstellen* im Werkzeugkasten *Part Design-Helfer* an. Wie schon aus dem letzten Kapitel bekannt, können Sie jetzt die Skizzier-Ebene wählen (siehe Abbildung 4.1). Klicken Sie die *XY-Ebene* an. Dann wird automatisch zum *Sketcher* gewechselt. Bestätigen Sie die Skizze mit *Schließen*. 

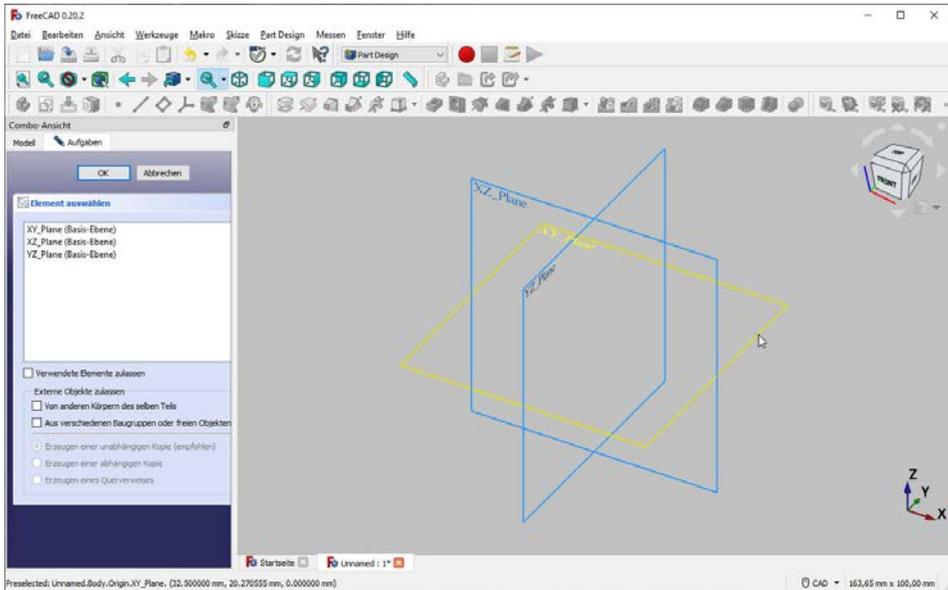


Abbildung 4.1: Wahl der Skizzier-Ebene

5. Ihr Bildschirm sieht damit wie in Abbildung 4.2 aus. Darin wurde der Werkzeugkasten *Skizzengeometrien* hervorgehoben, mit dem wir uns in der Folge beschäftigen werden.

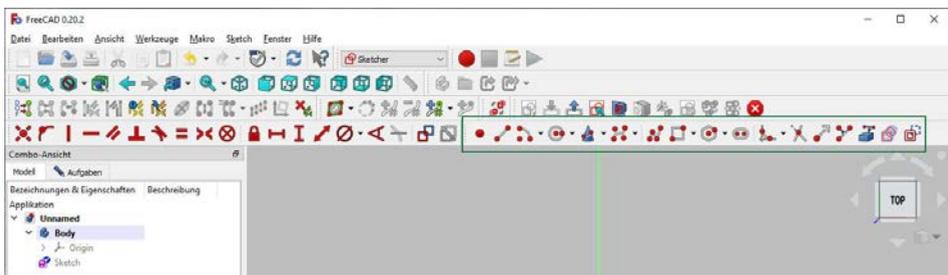


Abbildung 4.2: Der Arbeitsbereich »Sketcher« mit dem Werkzeugkasten »Skizzengeometrien«

### 4.1.1 Skizzengeometrien, Zeichenwerkzeuge

Der Werkzeugkasten enthält die Werkzeuge zum Zeichnen von Skizzen, die eigentlichen Geometrien. Dazu muss eine Skizze vorhanden und aktiv sein. Eine vorhandene Skizze kann per Doppelklick in der *Combo-Ansicht* und dort im Register *Modell* aktiviert werden.

Zunächst zum Zeichnen. Folgende Werkzeuge dieser Kategorie stehen im Werkzeugkasten *Skizzengeometrien* zur Verfügung:

- **Punkt erstellen:** Setzt einen Punkt in den Skizzenbereich. Dieser Punkt kann später wieder als Bezugspunkt für Skizzen-Beschränkungen verwendet werden. Er wird im Skizzenbereich als deutlich sichtbarer Punkt gekennzeichnet (siehe Abbildung 4.3, A).
- **Linie erstellen:** Erstellt ein Liniensegment mit Start- und Endpunkt (siehe Abbildung 4.3, B). Wird das Liniensegment in etwa horizontal bzw. vertikal ausgerichtet, wird die entsprechende Skizzen-Beschränkung automatisch vergeben und das entsprechende Symbol an der Linie angezeigt (siehe Abbildung 4.3, C).

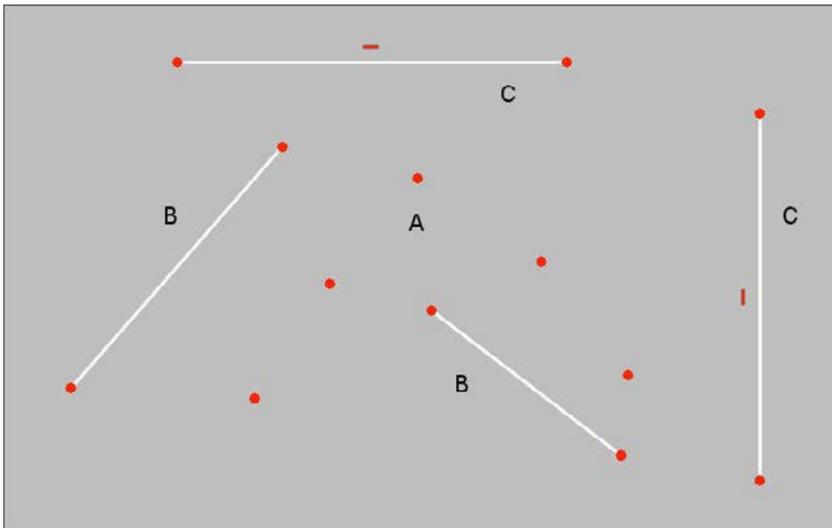
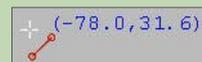


Abbildung 4.3: Skizzenwerkzeuge Punkt und Linie erstellen

## Anmerkungen zu den Skizzengeometrien

Beim Zeichnen der Elemente wird als Cursor ein kleines Fadenkreuz angezeigt. Darunter ist das Symbol für das Werkzeug, das gerade verwendet wird, zu sehen. Daneben wird die aktuelle x- und y-Koordinate der Cursorposition angezeigt.



Beim Zeichnen bleiben die Befehle im Wiederholmodus. Sie können mit der rechten Maustaste beendet werden.

Man kann sich in den Einstellungen (Menüleiste, Abrollmenü *Bearbeiten, Einstellungen*) im Bereich *Skizze* ein Raster in wählbarer Größe anzeigen lassen. Außerdem kann eingestellt werden, dass das Fadenkreuz beim Zeichnen von den Rasterpunkten gefangen wird, wenn die Maus in die Nähe eines Kreuzungspunkts des Rasters bewegt wird. Das kann in manchen Fällen nützlich sein, insbesondere bei Architektur-Anwendungen.

Solange keine Skizzen-Beschränkungen vergeben wurden (auch keine automatisch vergebenen), lassen sich die Punkte mit gedrückter Maustaste ziehen und an einer anderen Stelle ablegen.

Bei Liniensegmenten lassen sich die Endpunkte mit gedrückter Maustaste ziehen. Zieht man dagegen an der Linie, kann deren Position verschoben werden. Wurde schon eine Skizzen-Beschränkung vergeben, lässt sich die Ausrichtung nicht mehr ändern. Soll eine Skizzen-Beschränkung entfernt werden, klickt man das Symbol an und drückt die Taste **[Entf]**.

Sollen gezeichnete Objekte gelöscht werden, hilft Anklicken (auch mehrere nacheinander). Sie werden markiert und mit der Taste **[Entf]** gelöscht. Ein Klick ins Leere hebt die Auswahl auf und die Markierung verschwindet.

Sollen sehr viele Objekte gelöscht werden, müssen nicht alle einzeln angeklickt werden. Besser ins Leere klicken und ein Fenster mit gedrückter Maustaste aufziehen. Wird das Fenster von links nach rechts aufgezogen, werden die Objekte gewählt, die sich komplett im Fenster befinden (siehe Abbildung 4.4, links). Wird aber das Fenster von rechts nach links aufgezogen, werden die Objekte gewählt, die sich komplett im Fenster befinden, sowie die, die vom Fenster geschnitten werden (siehe Abbildung 4.4, rechts).

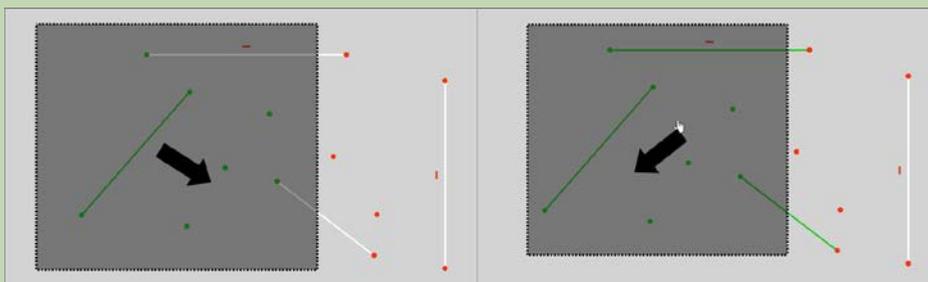


Abbildung 4.4: Verschiedene Auswahlmodi

- **Bogen erstellen:** Erstellt einen Bogen in der Skizze. Zwei Varianten stehen in einer Drop-down-Liste zur Auswahl: Bei der ersten Variante wird zuerst der Mittelpunkt des Bogens und dann Start- und Endpunkt (siehe Abbildung 4.5, A) verlangt, bei der zweiten die beiden Endpunkte und ein Punkt auf dem Bogen (siehe Abbildung 4.5, B, Punkte in Eingabereihenfolge).
- **Kreis erstellen:** Erstellt einen Kreis auf der Skizzenebene. Auch hier gibt es zwei Varianten in einer Drop-down-Liste. Bei der ersten ist zuerst der Mittelpunkt des Kreises und dann ein Punkt auf der Kreislinie erforderlich (siehe Abbildung 4.5, C). Bei der anderen Variante sind es drei Punkte auf der Kreislinie (siehe Abbildung 4.5, D, Punkte in Eingabereihenfolge).



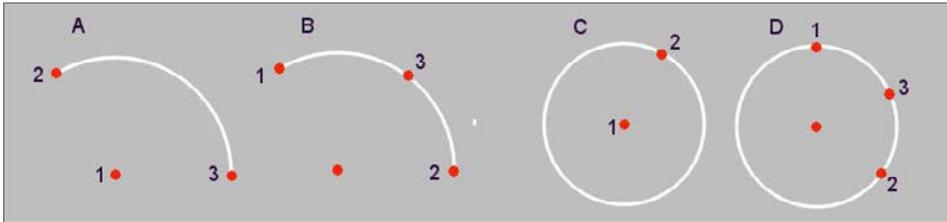


Abbildung 4.5: Zeichnen von Bögen und Kreisen

- Ellipsen und diverse Kurven erstellen:** In einer Drop-down-Liste lassen sich Ellipsen, Ellipsenbögen, Hyperbel- und Parabelbögen erstellen. Mit der ersten Methode wird eine Ellipse durch Angabe von Mittelpunkt, Achsenendpunkt und einem Punkt auf der Ellipsenlinie erstellt (siehe Abbildung 4.6, A). Die zweite Methode benötigt für die Ellipse die Endpunkte der Achse und einen Punkt auf der Ellipsenlinie (siehe Abbildung 4.6, B). Eine weitere Methode erstellt einen Ellipsenbogen durch Angabe von Mittelpunkt, Achsenendpunkt und einem Punkt auf der Ellipsenlinie. Danach werden Start- und Endpunkt des Bogens abgefragt (siehe Abbildung 4.6, C). Weitere Funktionen stehen für einen Hyperbel- und einen Parabelbogen zur Verfügung (siehe Abbildung 4.6, D und E).

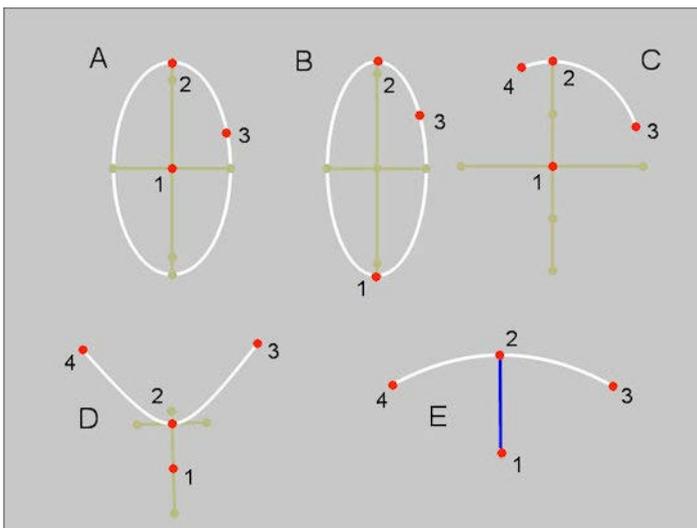


Abbildung 4.6: Zeichnen von Ellipsen, Ellipsenbögen und anderen Bögen

- B-Spline erstellen:** B-Splines sind Freiformkurven. Dies geschieht durch Annäherung der eingegebenen Punkte durch sogenannte Gewichtsfunktionen. Lediglich der Anfangs- und Endpunkt der Kurve bleiben erhalten. In einer Drop-down-Liste kann zwischen offenen (siehe Abbildung 4.7, A) und geschlossenen B-Splines (siehe Abbildung 4.7, B) gewählt werden. Die Gewichtungen lassen sich nachträglich beeinflussen und die Kurven an die gewünschte Form anpassen.





- Wird die Taste **[M]** zweimal gedrückt, wird in Verlängerung zum letzten Segment gezeichnet (siehe Abbildung 4.8, C).
  - Wird die Taste **[M]** dreimal gedrückt, wird ein Bogen in tangentialer Verlängerung zum letzten Segment gezeichnet (siehe Abbildung 4.8, D).
  - Wird die Taste **[M]** viermal gedrückt, wird ein Bogen rechtwinklig zum letzten Segment gezeichnet (siehe Abbildung 4.8, E).
  - Wird die Taste **[M]** fünfmal gedrückt, wird ein Bogen rechtwinklig zum letzten Segment auf die andere Seite gezeichnet (siehe Abbildung 4.8, F).
  - Weiteres Drücken der Taste **[M]** wiederholt die Abfragereihenfolge.
- **Rechteck erstellen:** Wieder in einer Drop-down-Liste lassen sich Rechtecke erstellen. Beim ersten Werkzeug geht es um Rechtecke, die durch Eingabe zweier diagonaler Eckpunkte erstellt werden (siehe Abbildung 4.9, A). Ein weiteres Werkzeug erstellt Rechtecke durch Eingabe des Zentrums und eines Eckpunkts (siehe Abbildung 4.9, B) und die dritte Variante erstellt ein Rechteck wie im ersten Fall, aber mit abgerundeten Kanten (siehe Abbildung 4.9, C). Um das Maß für den Rundungsradius anzupassen, verwenden Sie später die Bemaßungswerkzeuge.
 
  - **Regelmäßiges Vieleck erstellen:** In einer Drop-down-Liste lassen sich regelmäßige Vielecke vom Dreieck bis zum Achteck wählen. Die Eingabe erfordert das Zentrum und eine Ecke (siehe Abbildung 4.9, D). Mit der Auswahl *Regelmäßiges Polygon* lässt sich die Zahl der Seiten in einem Dialogfeld bestimmen (siehe Abbildung 4.9, E). In allen Fällen wird eine Hilfsgeometrie als Inkreis gezeichnet.
 
  - **Nut erstellen:** Mit diesem Werkzeug kann eine Nut (Langloch) erstellt werden. Dazu sind die beiden Zentren der Rundung erforderlich (siehe Abbildung 4.9, F). Die Breite des Langlochs und damit der Rundungsradius wird danach mit den Bemaßungswerkzeugen festgelegt.
 

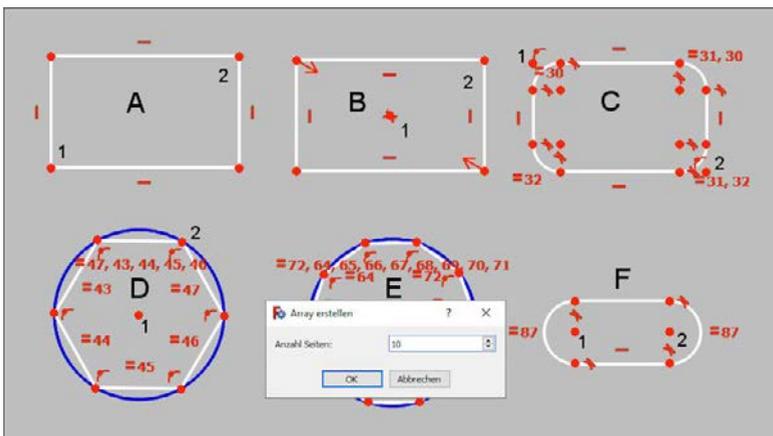


Abbildung 4.9: Zeichnen von Vielecken und Langlöchern

### 4.1.2 Skizzengeometrien, Änderungswerkzeuge

Eine Reihe von Änderungswerkzeugen befindet sich ebenfalls im Werkzeugkasten *Skizzengeometrien*.

- **Verrundung erstellen:** In einer Drop-down-Liste befinden sich zwei Werkzeuge: die normale Verrundung von zwei Kanten (siehe Abbildung 4.10, A) und die gleiche Funktion noch einmal, aber der Eckpunkt und die zugehörigen Skizzen-Beschränkungen bleiben im zweiten Fall erhalten und können danach für weitere Skizzen-Beschränkungen verwendet werden (siehe Abbildung 4.10, B).
- **Kante zuschneiden:** Damit lassen sich Kanten an einer bestehenden anderen Kante abtrennen. Man wählt den Bereich, der abgetrennt werden soll (siehe Abbildung 4.10, C, jeweils Punkt 1).

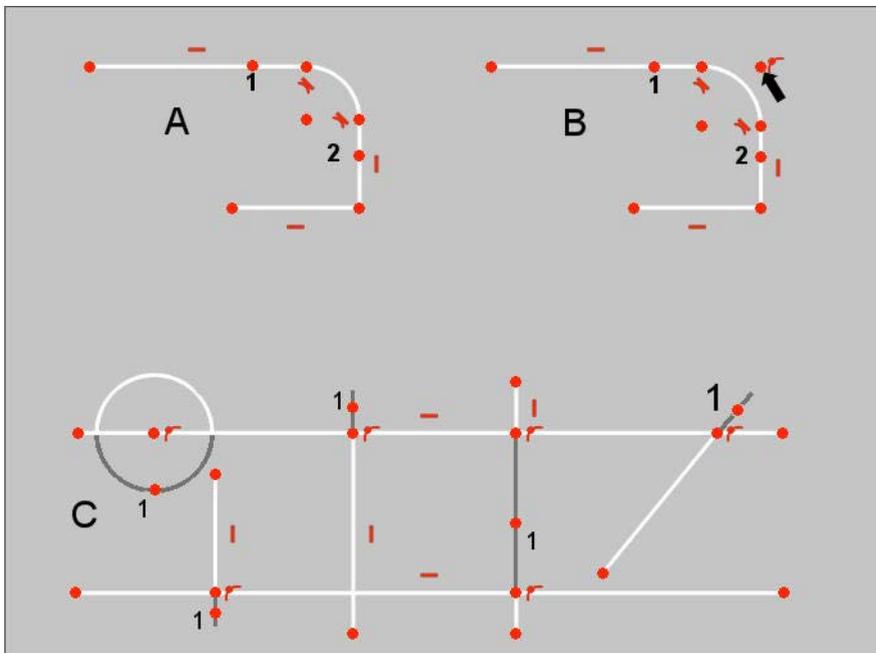
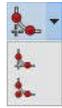


Abbildung 4.10: Verrunden und stutzen

- **Kante verlängern:** Damit lässt sich eine Kante eines Linien- oder Bogensegments verlängern. Sie klicken die Kante an und ziehen sie auf die neue Länge (siehe Abbildung 4.11, A).
- **Kante teilen:** Damit lässt sich eine Kante eines Linien- oder Bogensegments in zwei Stücke aufteilen. Die Kante wird an der Stelle geteilt, an der sie angeklickt wurde (siehe Abbildung 4.11, B). Es lassen sich auch mehrere Stellen nacheinander anklicken.



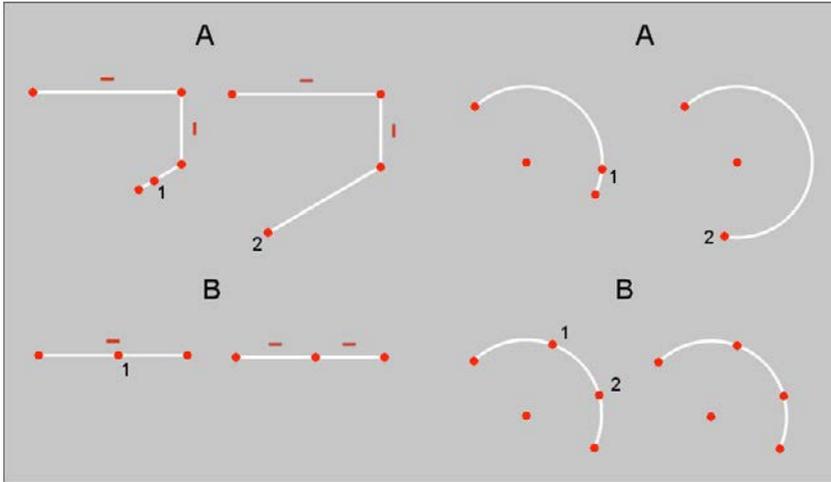


Abbildung 4.11: Kanten verlängern und teilen

- **Externe Geometrie:** Damit lässt sich eine Kante einer anderen Skizze oder eines Objekts in die aktuelle Skizze kopieren (siehe Abbildung 4.12). Die Kopie wird dabei in der Skizze zur Hilfsgeometrie. Die Abhängigkeit zur ursprünglichen Skizze bleibt erhalten, das heißt, wenn sich die ursprüngliche Geometrie ändert, dann ändern sich die Skizze und die daraus entstandenen Objekte mit.

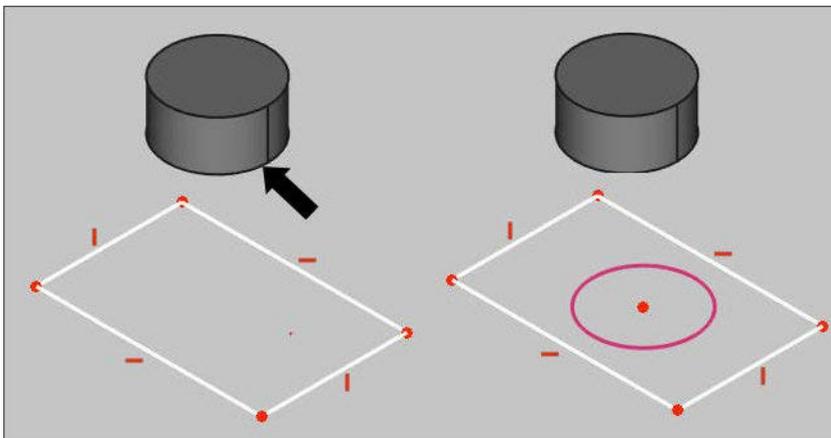


Abbildung 4.12: Kanten verlängern und teilen

- **Pause:** Kopiert Objekte aus einer anderen Skizze in die aktuelle Skizze. Der Begriff *Pause* kommt hier von durchpausen. Im Gegensatz zum vorherigen Werkzeug wird das Objekt als Skizzenelement durchgepaust. Im letzten Fall wurde es zur Hilfsgeometrie. Die Abhängigkeit zur ursprünglichen Skizze bleibt auch hier erhalten, wenn dieser schon Beschränkungen zugeordnet wurden.



- Umschalten der Hilfsgeometrie:** Mit diesem Werkzeug schaltet man auf das Skizzieren mit Hilfsgeometrie um. Alles, was danach skizziert wird, ist dann Hilfsgeometrie (siehe Abbildung 4.13, oben, in anderer Farbe). Wird das Werkzeug erneut gewählt, wird wieder auf die normale Skizzengeometrie umgestellt. Was versteht man unter Hilfsgeometrie? Sie ist zur Bestimmung der Skizze wichtig, wird aber nicht für weitere Modellierungswerkzeuge verwendet, also Hilfslinien, Hilfskonstruktionen usw. Wird die Hilfsgeometrie geändert, ändert sich auch die Skizze und damit modellierte Objekte. In Abbildung 4.13 oben wurden die Zentren der Bögen mit der Beschränkung *Koinzident* auf die Eckpunkte der Hilfsgeometrie – also des Rechtecks – gesetzt. Änderungen am Rechteck wirken sich auch auf das 3D-Objekt aus (siehe Abbildung 4.13, unten).
 

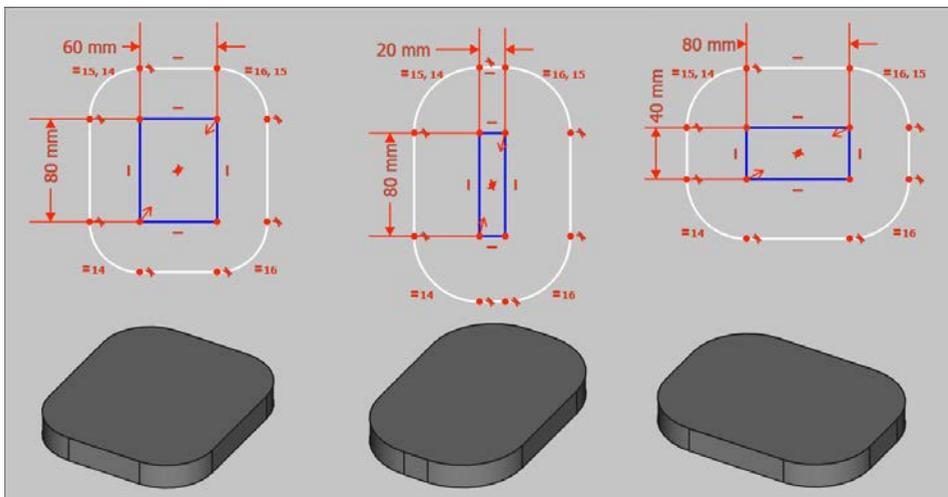


Abbildung 4.13: Skizzen mit Hilfskonstruktionen

## 4.2 Der Werkzeugkasten Skizzen-Beschränkungen

Was versteht man unter *Skizzen-Beschränkungen*? Nehmen wir als Beispiel ein Rechteck. Wird dieses parallel zu den Achsen der gerade aktiven Ebene gezeichnet, bekommt es automatisch die Beschränkungen *Vertikal einschränken* und *Horizontal einschränken*, außerdem viermal *Koinzidenz erzwingen*. Das heißt, jeweils zwei Seiten sind vertikal bzw. horizontal festgelegt, also beschränkt, und alle Endpunkte fallen zusammen. Diese werden in der Skizze mit Symbolen angezeigt.

Trotzdem gibt es noch vier Freiheitsgrade. Die schon vergebenen Beschränkungen und die verbliebenen Freiheitsgrade werden in der *Combo-Ansicht* im Register *Aufgaben* angezeigt (siehe Abbildung 4.14).