

Detlef Ridder

FreeCAD

Der einfache Praxiseinstieg

3D-Modellierung für Mechanik und Architektur

3. Auflage

Komplett
in Farbe



Inhaltsverzeichnis

Einleitung	11
1 Installation und erste Schritte	13
1.1 Was kann man von einem »freien« (kostenlosen) CAD-Programm erwarten?	13
1.2 Großer Funktionsumfang durch Zusatzpakete	14
1.3 Download und Installation (Windows, macOS, Linux)	15
1.3.1 Windows	17
1.3.2 macOS	17
1.3.3 Linux	20
1.4 FreeCAD starten und bedienen	20
1.5 Die FreeCAD-Voreinstellungen	22
1.6 Die Statusleiste	29
1.7 Die Benutzeroberfläche	30
1.8 Bildschirmlnavigation	32
1.8.1 Maustasten	32
1.8.2 ViewCube oder Navigationswürfel	33
1.8.3 Zahleneingabe	35
1.9 Objektwahl und -sichtbarkeit	35
1.10 Symbolleiste »Aussicht«	35
2 Einfaches Konstruktionsbeispiel mit Part Design	39
2.1 Erste einfache Bauteil-Konstruktion	39
2.1.1 Bauteil starten	39
2.1.2 In den Skizziermodus wechseln	41
2.1.3 Mit Part Design Volumenkörper erzeugen	47
2.1.4 Skizze für Aussparungen	48
2.1.5 Aussparungen in Part Design generieren	51
2.1.6 Kanten abrunden	52
2.2 Ableiten der technischen Zeichnung	54
2.2.1 TechDraw-Einstellungen	54

2.2.2	Die TechDraw-Zeichnung beginnen	57
2.2.3	Bemaßung	60
2.3	Übersicht zum Arbeitsbereich Part Design	61
3	Übersicht über die Skizzierfunktionen	63
3.1	Symbolleiste »Skizzengeometrien«	63
3.2	Arbeiten mit Raster und Einrasten	64
3.3	Arbeiten mit Randbedingungen bzw. Beschränkungen/ Einschränkungen	66
3.4	Die Skizzengeometrien	67
3.4.1	Punkt erstellen (G,Y)	68
3.4.2	Linie erstellen (G,L)	68
3.4.3	Kreisbogen erstellen	70
3.4.4	Kreis erstellen	71
3.4.5	Linienzug erstellen (G,M)	72
3.4.6	Rechteck erstellen	73
3.4.7	Regelmäßiges Vieleck erstellen	73
3.4.8	Nut erstellen (G,S)	74
3.4.9	B-Spline erstellen	74
3.4.10	Umschalten der Hilfsgeometrie (G,N)	75
3.5	Geometrie bearbeiten	76
3.5.1	Verrundung erstellen (G,F,F)	76
3.5.2	Fase erstellen (G,F,C)	77
3.5.3	Kante trimmen (G,T)	77
3.5.4	Kante teilen (G,Z)	78
3.5.5	Kante verlängern (G,Q)	78
3.5.6	Blaupause erstellen (G,W)	79
3.5.7	Externe Geometrie erstellen (G,X)	79
3.5.8	Bewegen/Array-Transformation (Z,A)	79
3.5.9	Drehen/Polartransformation	79
3.5.10	Skalieren	80
3.5.11	Versatzkontur	80
3.5.12	Symmetrie (Z,S)	80
3.5.13	Achsenausrichtungen entfernen	81
3.6	Skizze durch Randbedingungen vervollständigen	81
3.6.1	Symbolleiste »Sketcher-Randbedingungen«	82
3.6.2	Bemaßungen als Randbedingungen	87
3.6.3	Vollständig bestimmte Skizze, Randbedingungen und Freiheitsgrade	89

3.7	Symbolleiste »Sketcher Virtuell« und »B-Spline-Werkzeuge«	91
3.8	Werkzeug »Virtuellen Bereich wechseln«	93
4	Volumenkörper modellieren unter Verwendung von Skizzen	95
4.1	Werkzeuge zum 3D-Modellieren	95
4.1.1	Mehrere Körper, mehrere Skizzen	95
4.1.2	Symbolleiste »Part Design – Modellierung«	96
4.2	Funktionen zum additiven Erzeugen von Körpern aus Skizzen	97
4.2.1	Aufpolsterung – selektierte Skizze aufpolstern	97
4.2.2	Rotation – rotiert die ausgewählte Skizze.	98
4.2.3	Ausformung – Loft eines ausgewählten Profils durch andere Profilabschnitte	99
4.2.4	Rohr – trägt eine ausgewählte Skizze entlang eines Pfades oder zu weiteren Profilen aus	101
4.2.5	Wendel – eine gewählte Skizze entlang einer Wendel austragen	102
4.2.6	Grundkörper hinzufügen	102
4.3	Funktionen zum Abziehen von Volumenteilen	103
4.3.1	Tasche	104
4.3.2	Bohrung	105
4.3.3	Nut.	106
4.3.4	Ausformung	108
4.3.5	Rohr.	108
4.3.6	Wendel	108
4.3.7	Grundkörper abziehen.	109
4.4	Detailbearbeitungen	109
4.4.1	Verrundung	109
4.4.2	Fase	110
4.4.3	Formschräge	110
4.4.4	Dicke, Wandstärke	111
4.4.5	Sonderkonstruktionen	112
4.5	Anordnungen.	117
4.5.1	Spiegeln.	117
4.5.2	Lineares Muster	117
4.5.3	Polares Muster	117
4.5.4	Mehrfache Transformation	118
4.6	Boolesche Operationen mit zwei oder mehreren Körpern.	119

5	Komplett-Beispiel Volumenmodellierung: Schraubenschlüssel	121
5.1	Der Schraubenschlüssel	121
5.2	Neue Konstruktion und grober Umriss	122
5.2.1	Skizzieren	123
5.2.2	Volumenkörper erzeugen und bearbeiten	132
5.2.3	Optimierung mit Kantenverrundung	132
5.2.4	Optimierung mit verdünntem Steg	133
5.3	Verbesserung der Konstruktion	135
5.3.1	Das neue linke Maul	136
5.3.2	Der neue Steg	138
5.3.3	Das neue rechte Maul	140
5.4	Tipps zum Skizzieren	142
5.5	Prägungen und Schriften	144
6	Arbeitsbereiche für Architektur	151
6.1	Allgemeine Voreinstellungen für Architektur	152
6.2	Einstellungen über die Entwurfs-Werkzeugleiste	155
6.3	Einrastfunktionen	158
6.4	Skizzieren für Architekturkonstruktionen	161
6.4.1	Skizzierfunktionen als Grundlage für die 3D-Modellierung nutzen?	161
6.4.2	»BIM«-Skizzierfunktionen für reine 2D-Grundrisse nutzen?	162
6.4.3	Mit Skizzierfunktionen unter »BIM« dreidimensional konstruieren?	162
6.4.4	Zeichenfunktionen im Bereich »BIM«	162
6.4.5	Beschriftungsfunktionen im Bereich »BIM«	177
6.4.6	Bearbeitungsfunktionen im Bereich »BIM«	184
6.4.7	»BIM«-Hilfswerkzeuge	194
6.5	Funktionen des Arbeitsbereichs »BIM«	195
6.6	Organisation eines Architekturprojekts	210
7	Ableiten technischer Zeichnungen	213
7.1	TechDraw-Symboleisten und Menüs	213
7.2	TechDraw-Einstellungen	216
7.3	Beispiel: TechDraw-Zeichnung aus einem Mechanik-Modell anlegen	219
7.4	Zeichnungsansichten gestalten	221
7.4.1	Ansichtengruppe einfügen	221

7.4.2	Ansicht einfügen	222
7.4.3	Aktive (3D-)Ansicht einfügen	222
7.4.4	Schnittansicht einfügen	223
7.4.5	Detailansicht einfügen	224
7.4.6	Ansichten gruppieren	225
7.5	Bemaßung	225
7.5.1	Längenmaß einfügen	225
7.5.2	Horizontales/Vertikales Maß einfügen	227
7.5.3	Radius bemaßen, Durchmessermaß einfügen	228
7.5.4	Winkelmaß einfügen/Winkelmaß über 3 Punkte einfügen	229
7.5.5	Maß für die horizontale/vertikale Ausdehnung	230
7.6	Beschriftungen und Hilfselemente	230
7.7	TechDraw-Funktionen zur Detaillierung der Bemaßung und Zeichnungsdarstellung	234
7.7.1	TechDraw-Maßergänzungen	234
7.7.2	TechDraw-Mittellinien	235
7.7.3	TechDraw-Attribute	235
7.8	Zeichnungen plotten und ausgeben	236
7.9	Beispiel: TechDraw-Zeichnung aus einem Architektur-Modell gestalten	236
7.9.1	Grundriss	236
7.9.2	Außenansicht	239
7.9.3	Vertikale Schnittansicht	240
8	Zusammenbau	243
8.1	Arbeitsbereich »Assembly« zum Gestalten der Baugruppe	243
8.2	Baugruppe zusammenfügen	244
8.2.1	Bewegen von Teilen	246
8.2.2	Verbindungen der Bauteile erstellen	248
8.2.3	Beispiel mit axialer Zuordnung	251
8.3	Die Explosionsdarstellung	254
8.4	Die Übungsteile	255
8.4.1	Erstes Beispiel	255
8.4.2	Zweites Beispiel	256
9	Festigkeitsberechnung (FEM – Finite-Elemente-Methode)	257
9.1	FEM-Prinzip	257
9.2	Verfahrensablauf	257

9.3	Der Arbeitsbereich »FEM«	258
9.4	Berechnungsbeispiel	259
10	Ausgabe für 3D-Druck	263
10.1	STL-Datei exportieren	263
10.2	Slicer-Programm installieren und einstellen	265
10.3	Bearbeitung im Programm Slic3r	266
11	Werkzeugwege für NC-Bearbeitung erstellen	271
11.1	Arbeitsbereich »CAM«	271
11.2	NC-Bearbeitung starten	271
	11.2.1 Bearbeitungsarten	273
11.3	Die Werkzeuge	274
	11.3.1 Werkzeug für Planbearbeitung	275
	11.3.2 Werkzeug für das Profilieren außen	275
	11.3.3 Werkzeug für das Taschenfräsen	277
	11.3.4 Werkzeug für das Entgraten	277
11.4	Das Beispiel für die NC-Bearbeitung	277
	11.4.1 Planbearbeitung einer Oberfläche	278
	11.4.2 Profilmbearbeitung	281
	11.4.3 Taschenbearbeitung	283
	11.4.4 Entgraten	285
11.5	Bohrbearbeitung	285
	Glossar	289
	Stichwortverzeichnis	293



Einleitung

Das Programm FreeCAD ist ein freies CAD-Programm, das ohne eine Lizenzgebühr genutzt werden darf. FreeCAD ist unter den Bedingungen der GNU Lesser General Public License 2 (LGPL 2) lizenziert, verwendet aber auch externe Bibliotheken, die ihre eigenen Lizenzbedingungen haben können. Es ist in vielen Sprachen und für die Betriebssysteme Windows, macOS und Linux verfügbar.

Das CAD-Projekt FreeCAD wurde 2001 gestartet und befindet sich in einem kontinuierlichen Entwicklungsprozess. Seit 2021 wird FreeCAD von der FPA (FreeCAD Project Association), einer Non-Profit-Organisation, unterstützt. Zur Drucklegung des Buches ist die Version 1.0.2 aktuell. Im November 2024 änderte sich die Versionsnummer von 0.2.x in die Version 1.0.0, womit ausgedrückt werden soll, dass es sich jetzt um eine ernst zu nehmende erste Vollversion handelt. Überarbeitete Versionen mit kleinen Optimierungen werden wie bisher auch in Abständen von mehreren Monaten erscheinen. Die aktuelle Version unterscheidet sich von den Vorgängern der 0.2.xx-Reihe bereits äußerlich im Startfenster durch das Angebot der konkreten Projektthemen:

- PARAMETRISCHES BAUTEIL
- BAUGRUPPE
- 2D-ZEICHNUNG
- BIM/ARCHITEKTUR
- LEERE DATEI
- DATEI ÖFFNEN

Dadurch werden für diese typischen Konstruktionsbereiche schon passend vorbereitete Bedienoberflächen mit den benötigten Arbeitsbereichen, Menüs und Symbolleisten angeboten. Während FreeCAD früher praktisch im Modus LEERE DATEI startete und dann erst ein sinnvoller Arbeitsbereich gewählt werden konnte, ist jetzt gleich der thematisch passende Arbeitsbereich mit seinen Menüs und Symbolleisten aktiv. Auch wurden die Arbeitsbereiche etwas umgestaltet, damit möglichst alle nötigen Befehle über Menüs oder Symbolleisten direkt verfügbar sind. Ein mühsames Nachladen von Arbeitsbereichen innerhalb eines Projekts ist deshalb kaum noch nötig.

Da die Sprache für IT-Entwicklungen schon von den Programmiersystemen her Englisch ist, finden sich im Programm deshalb viele englische Begriffe, typischer-

weise bei den Objekt-Eigenschaften. Ein Glossar im Anhang soll hierbei zu mehr Verständnis helfen. Immerhin die Hilfetexte zu den Begriffen erscheinen im Programm schon größtenteils in deutscher Übersetzung.

Die Entwickler von FreeCAD regen Sie zur aktiven Mitarbeit an, indem Sie Fehler melden, bei der Übersetzung der Dokumentation helfen oder Programmteile mit Python oder C++ codieren. Auch finanzielle Hilfe in Form von Spenden ist natürlich willkommen.

Die Zielsetzung des Programms ist die Verwirklichung von realistischen dreidimensionalen Modellen für verschiedenste Anwendungsbereiche. Es beginnt mit zweidimensionalen Skizzen, die über Parameter variiert werden können und benutzerdefinierten geometrischen Abhängigkeiten unterliegen. Daraus werden mit einer Vielzahl von Modellierungswerkzeugen dreidimensionale Objekte erstellt. Die modellierten Volumina sind ihrerseits Ausgangspunkt für die Ableitung von technischen Zeichnungen, von Daten für den 3D-Druck, von Steuerdaten für Werkzeugmaschinen, von Modellen zur Analyse für Festigkeitsberechnungen und viele weitere Auswertungen. Für diese vielen Anwendungen gibt es nicht nur mehrere Programmmodule, sondern auch zahlreiche Zusatzpakete, die auch Sonderfälle abdecken.

Betrachtet man den Umfang des Programms mit seinen zahlreichen Zusatzapplikationen, so kann dieses Buch nur als Einstieg in die Arbeit mit diesem CAD-System dienen. Es soll Sie über die ersten Schritte zur Nutzung der Funktionen zu Ihren ersten nützlichen CAD-Modellen hinführen. Aus diesem Grund werden hier typische Konstruktionen durchgeführt, um gängige Arbeitsweisen zu demonstrieren und um Sie mit der Vorgehensweise dieses Programms vertraut zu machen. Dabei werden Beispiele aus dem Bereich der Mechanik und auch der Architektur demonstriert.

Die Bedienung des Programms lässt immer auch verschiedenste Vorgehensweisen zu und ist vielleicht deshalb gerade für Anwender, die andere Software-Philosophien gewohnt sind, am Anfang etwas komplex und gewöhnungsbedürftig. Zu diesem Gewöhnungsprozess sollen die durchgearbeiteten Projekte in diesem Buch einen Beitrag leisten.

Downloads zum Buch

Auf der Webseite des Verlags unter <https://www.mitp.de/1126> finden Sie alle im Buch verwendeten Beispielkonstruktionen sowie ein Bonuskapitel mit einem Praxisbeispiel zur Architekturkonstruktion (Haus).

August 2025
Detlef Ridder

Einfaches Konstruktionsbeispiel mit Part Design

Um sich mit den Arbeitsabläufen in FreeCAD vertraut zu machen, werden diesem Kapitel mit einer Aufgabenstellung aus dem Bereich PARAMETRISCHES BAUTEIL von den vielen Arbeitsbereichen nur die benutzt, die für ein einzelnes Bauteil nötig sind:

- PART DESIGN  – für die 3D-Volumenkonstruktion (Bauteil starten, Mit Part Design Volumenkörper erzeugen und Aussparungen in Part Design generieren/6)
- SKETCHER  – für die 2D-Basis-Zeichnungen der Volumenkörper (In den Skizziermodus wechseln und Skizze für Aussparungen)
- TECHDRAW  – zur Ableitung der 2D-Ansichten der Werkstattzeichnungen (Abschnitt 2.2)

2.1 Erste einfache Bauteil-Konstruktion

2.1.1 Bauteil starten

Starten Sie FreeCAD mit der Option NEUE DATEI – PARAMETRISCHES BAUTEIL (Abbildung 2.1). In der aktuellen Version wird damit schon die Grundlage für eine standardmäßige 3D-Konstruktion gelegt.

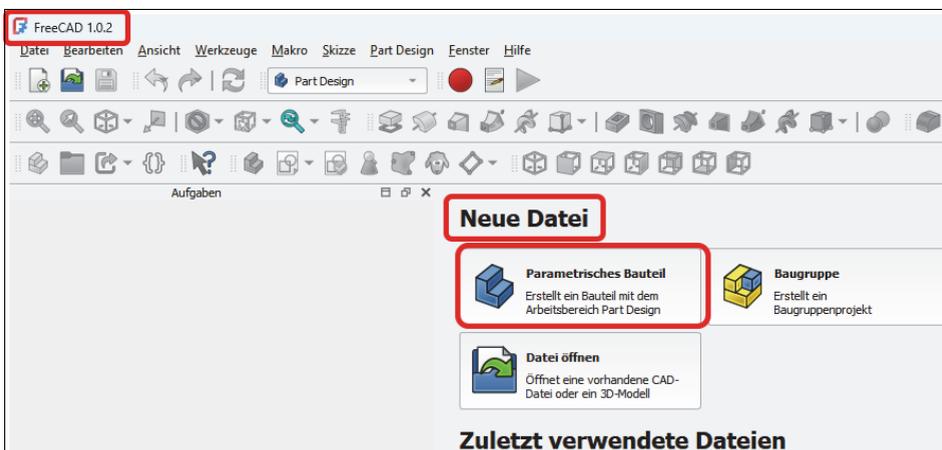


Abb. 2.1: Beginn einer Bauteil-Konstruktion

Der Name des Bauteils (Abbildung 2.2) ist zunächst noch **Unbenannt**. Mit dem Befehl **SPEICHERN** können Sie einen sinnvollen Namen vergeben wie z.B. **Bauteil-1**. Das benutzte Format ist standardmäßig **FreeCAD Dokument (FCStd)**.

Unter **MODELL** finden Sie den Anfang einer Baumansicht, unter der die Hierarchie der Konstruktionshistorie der Objekte angezeigt wird. Sie besteht zunächst nur aus dem Bauteilnamen, der Kategorie **KÖRPER** für das zu erstellende Teilevolumen und dem Basispunkt mit der Bezeichnung **URSPRUNG**.

Wenn Sie den Basispunkt mit einem Klick auf **>** aufblättern, finden Sie die geometrische **POSITION** des Nullpunkts mit den Koordinaten ($x=0, y=0, z=0$). Unter **ACHSE** wird der Normalenvektor für die vorgegebene Konstruktionsebene mit ($\Delta x=0, \Delta y=0, \Delta z=1$) angezeigt. Der Normalenvektor steht senkrecht auf der **xy**-Ebene und zeigt in **z**-Richtung. Mit **WINKEL 0°** wird eine mögliche Drehung der Zeichenebene um die **z**-Achse auf null gesetzt. Damit ist alles bereit, dass Sie nun einen ersten Umriss Ihrer Konstruktion in der **xy**-Ebene zeichnen können.

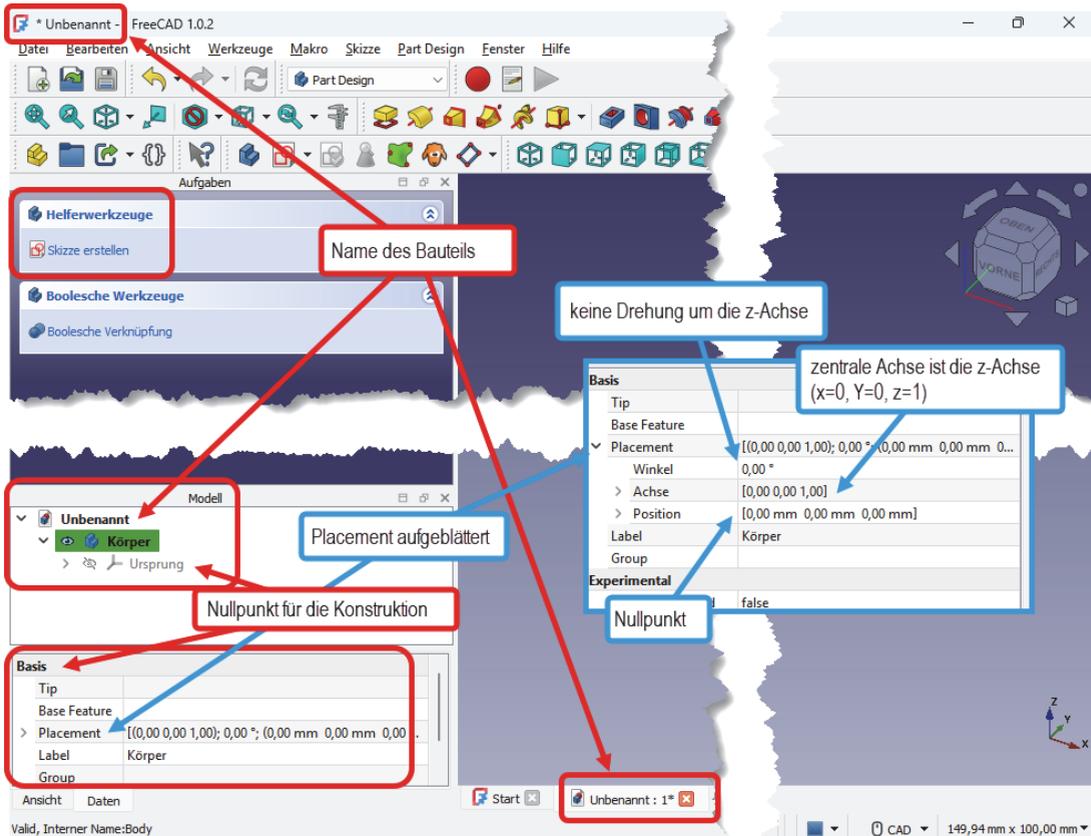


Abb. 2.2: Grundeinstellungen für erstes Bauteil

Die Konstruktion soll eine Schreibzeug-Ablage nach Abbildung 2.3 sein. Sie hat die Außenmaße **255 mm x 115 mm**, ist **20 mm** hoch und hat vier Vertiefungen von **15 mm**, um Schreibutensilien zu lagern. Für das Zeichnen der Konturen ist nun der Arbeitsbereich SKETCHER nötig.

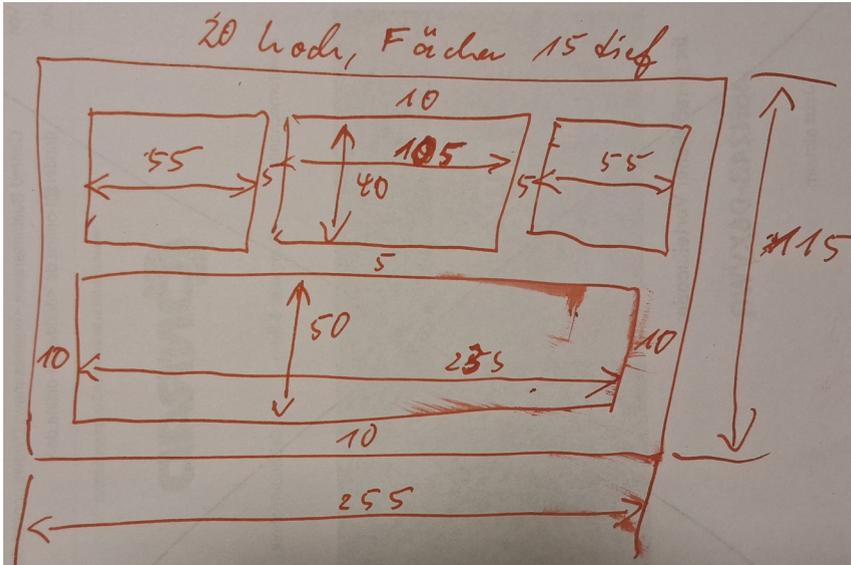


Abb. 2.3: Handskizze für Schreibzeug-Ablage

2.1.2 In den Skizziermodus wechseln

Um in den Skizziermodus, d.h. den Arbeitsbereich SKETCHER  zu kommen und die Skizze zu beginnen, gibt es mehrere Wege.

- Sie können in der Drop-down-Liste des Arbeitsbereichs PART DESIGN  auf SKETCHER  umschalten (Abbildung 2.4) und dort dann in der Symbolleiste SKETCHER-BEARBEITUNGSMODUS das Werkzeug SKIZZE ERSTELLEN  wählen.
- Sie können auch im Arbeitsbereich PART DESIGN bleiben und über die Symbolleiste PART DESIGN HELFER (Abbildung 2.5) in einer Drop-down-Liste SKIZZE ERSTELLEN wählen.
- Am schnellsten können Sie in der AUFGABEN-Liste einfach die angebotene Funktion SKIZZE ERSTELLEN aktivieren. Es wird dann auch automatisch der Arbeitsbereich SKETCHER mit den 2D-Zeichenbefehlen aktiviert (Abbildung 2.6).

Kapitel 2

Einfaches Konstruktionsbeispiel mit Part Design

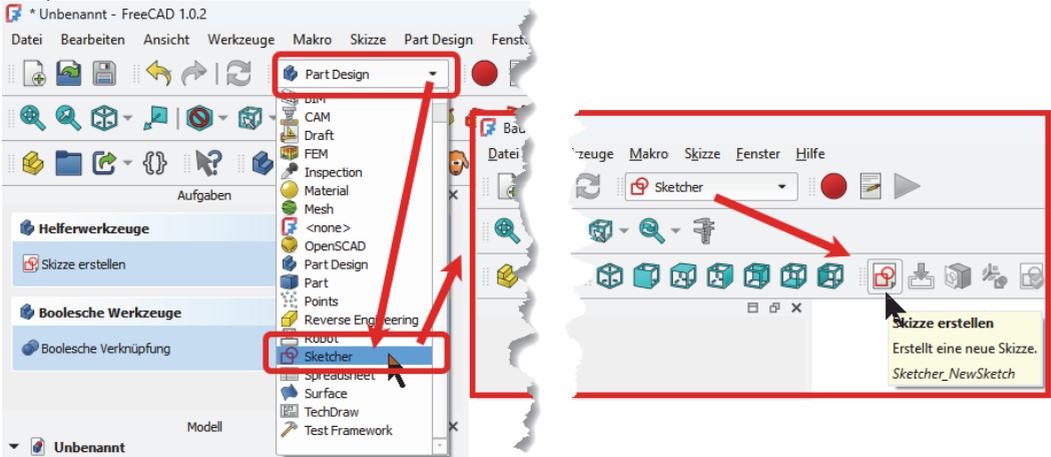


Abb. 2.4: Wechsel in den Arbeitsbereich SKETCHER und Skizze beginnen

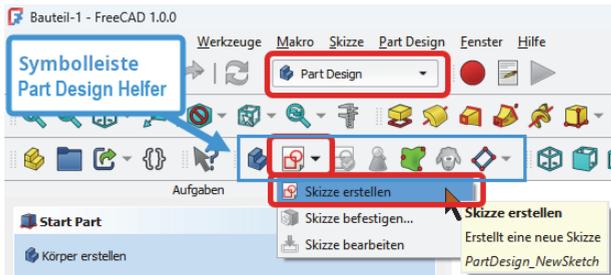


Abb. 2.5: Skizze über PART DESIGN HELFER starten

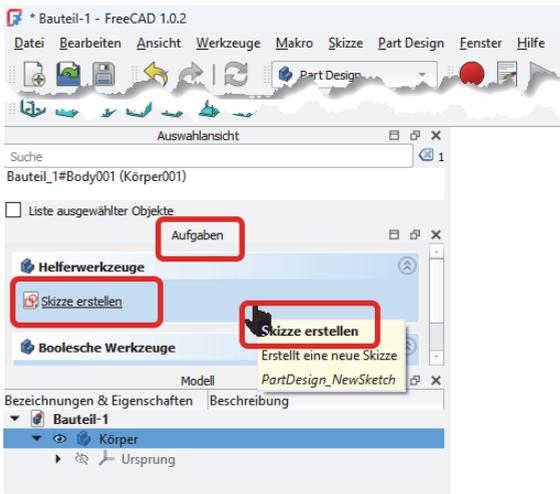


Abb. 2.6: Skizze über AUFGABEN-Liste erstellen

Zu Beginn der Skizze müssen Sie nun eine Konstruktionsebene aus den angebotenen orthogonalen Ebenen auswählen. Normalerweise wählen Sie die XY-EBENE mit einem Klick auf den Rand. Daraufhin schaltet das Programm in den 2D-Skizziermodus um und zeigt die xy-Ebene mit roter x-Achse und grüner y-Achse in Draufsicht im Zeichenfenster an (Abbildung 2.7). Unter Modell ist nun im Strukturbaum der neue Knoten SKETCH entstanden. Hier können Sie die 2D-Zeichenbefehle benutzen, um Ihre Geometrie zu erstellen.

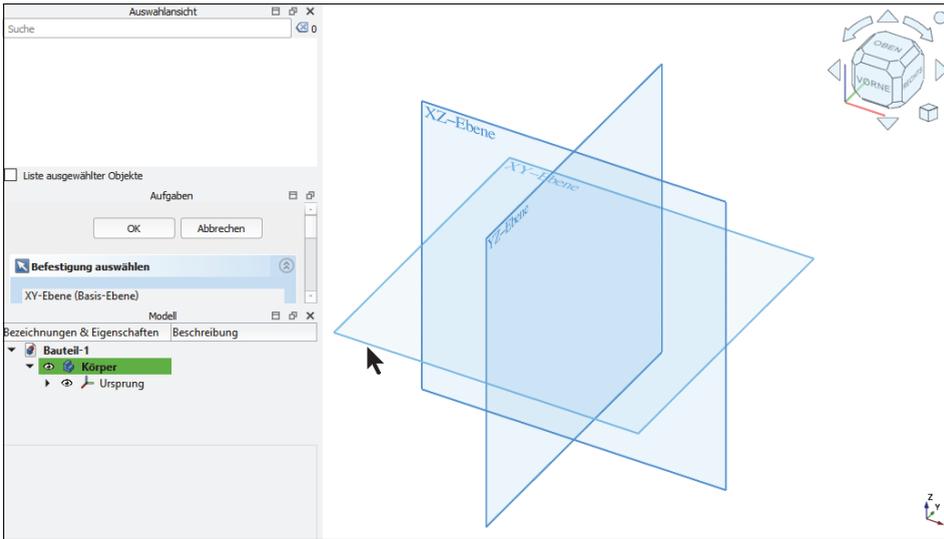


Abb. 2.7: Auswahl der xy-Ebene als Skizzierebene

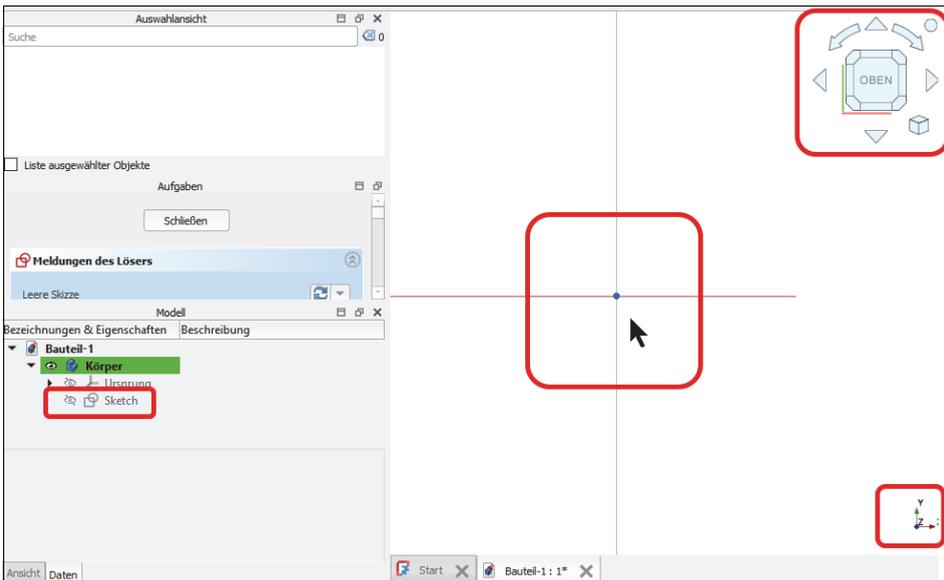


Abb. 2.8: Skizziermodus in Draufsicht

Die wichtigsten Zeichenbefehle finden Sie im SKETCHER (Abbildung 2.9) in den Symbolleisten

- SKIZZENGEOMETRIEN – zum Erstellen der geometrischen Objekte,
- SKETCHER-WERKZEUGE – zum Bearbeiten und Verfeinern der Geometrien und
- SKETCHER-RANDBEDINGUNGEN – zum Bemaßen und Erzeugen von geometrischen Abhängigkeiten.

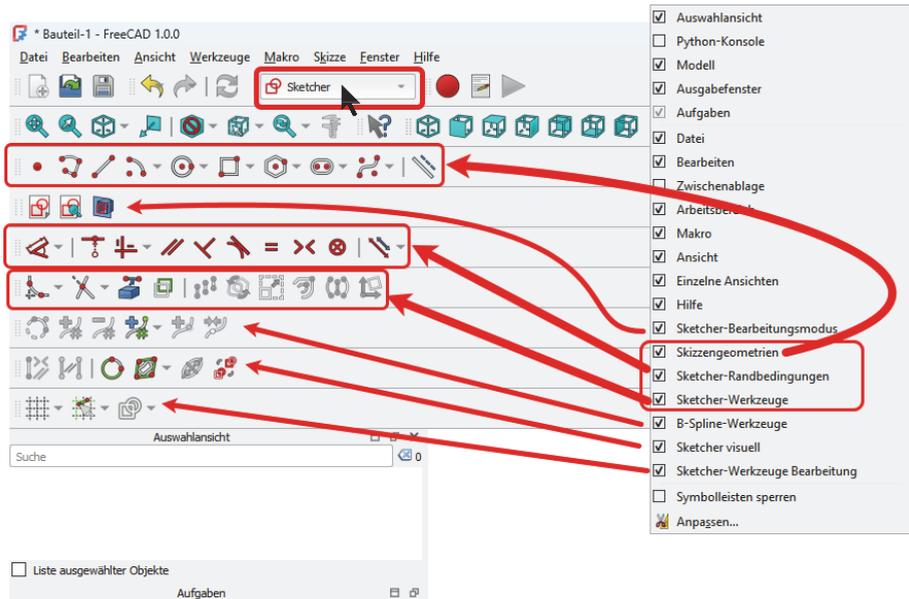


Abb. 2.9: Symbolleisten im Arbeitsbereich SKETCHER

Cursor einrasten lassen

Bevor Sie die erste Kontur für die Schreibzeug-Ablage zeichnen, lohnt es sich, das Zeichenraster passend einzurichten, damit Sie möglichst wenig Koordinaten eintippen müssen, sondern möglichst viel Rasterpunkte anklicken können. Wenn Sie die Handskizze (Abbildung 2.3) betrachten, können Sie feststellen, dass ein 5-mm-Raster ideal für die Konstruktion wäre. Dafür aktivieren Sie über die Menüfunktion BEARBEITEN|EINSTELLUNGEN den Einstellungsdialog (Abbildung 1.24 in Kapitel 1). Unter RASTERABSTAND geben Sie dort **5 mm** ein und schließen mit ANWENDEN ab. Wenn Sie diese Einstellung für weitere Zeichnungen brauchen, beenden Sie das Programm und starten neu.

In der Symbolleiste SKETCHER-WERKZEUGE BEARBEITUNG (Abbildung 2.10) finden Sie eine weitere Einstellmöglichkeit für die Rasterweite, die aber nur lokal in der aktuellen Zeichnung gilt. Zum Ein- und Ausschalten der Anzeige klicken Sie direkt auf das Werkzeug, grünes Icon bedeutet aktive Anzeige. Das zweite Werkzeug aktiviert das Einrasten der Cursorposition auf dem Raster und/oder auf charakteristischen Punkten (Endpunkte, Mittelpunkte usw.) von Objekten.

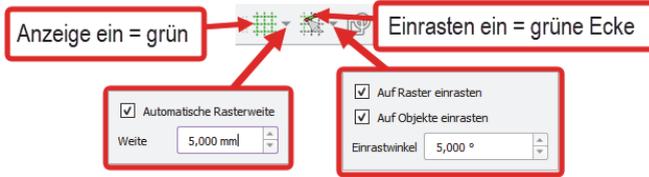


Abb. 2.10: Rasterweite und Einrasten eingestellt

Ein Rechteck zeichnen

Nun könnten Sie die Kontur für unser erstes Bauteil mit dem Befehl RECHTECK  zeichnen. Für den ersten Punkt klicken Sie am besten auf den Nullpunkt, an dem der Cursor einrastet. Damit Sie mit den zweiten Punkt die Position $x=255$, $y=115$ erreichen, müssen Sie etwas zoomen. Dabei kann es passieren, dass das Raster nur noch mit schwachem Fading angezeigt wird und der Cursor nur noch auf dem Hauptraster einrastet. Dann wäre zu prüfen, ob die AUTOMATISCHE RASTERWEITE (Abbildung 2.11) aktiv ist, und dann kann man mit etwas PAN (Maus mit gedrücktem Mauseisrad bewegen) und etwas ZOOM (Mauseisrad rollen) die Darstellung derart verschieben und wieder vergrößern, dass das Raster normal sichtbar wird und auch der Cursor wieder einrastet.



Abb. 2.11: Rechteck über Einrasten konstruieren

Randbedingungen bzw. geometrische Abhängigkeiten

Nachdem das Rechteck konstruiert ist, beenden Sie den Befehl mit `Enter`. Das Rechteck besteht aus vier Linien und trägt noch einige rote Markierungen, Punkte in den Ecken und kurze Striche parallel zu den Linien. Das sind die RANDBEDINGUNGEN, auch CONSTRAINTS oder geometrische Abhängigkeiten genannt, die automatisch erzeugt wurden. Die Linien wurden in den vier Eckpunkten als zusammenhängend erkannt und bekamen so die Abhängigkeit KOINZIDENT  zugeordnet. Für die RANDBEDINGUNG KOINZIDENT unterscheiden sich die Icons in der Zeichnung und in der Randbedingungsliste. In der Zeichnung erscheint dafür ein *roter Punkt*, während in der Liste der RANDBEDINGUNGEN ein *Kreuz* erscheint. Außerdem liegen sie HORIZONTAL  und VERTIKAL  und erhielten die entsprechenden Strichsymbole. Da die linke untere Ecke des Rechtecks auf dem Nullpunkt eingerastet ist, wurde dieser Punkt mit KOINZIDENT  zusätzlich auf den Nullpunkt fixiert. Abbildung 2.12 zeigt die Zuordnungen.

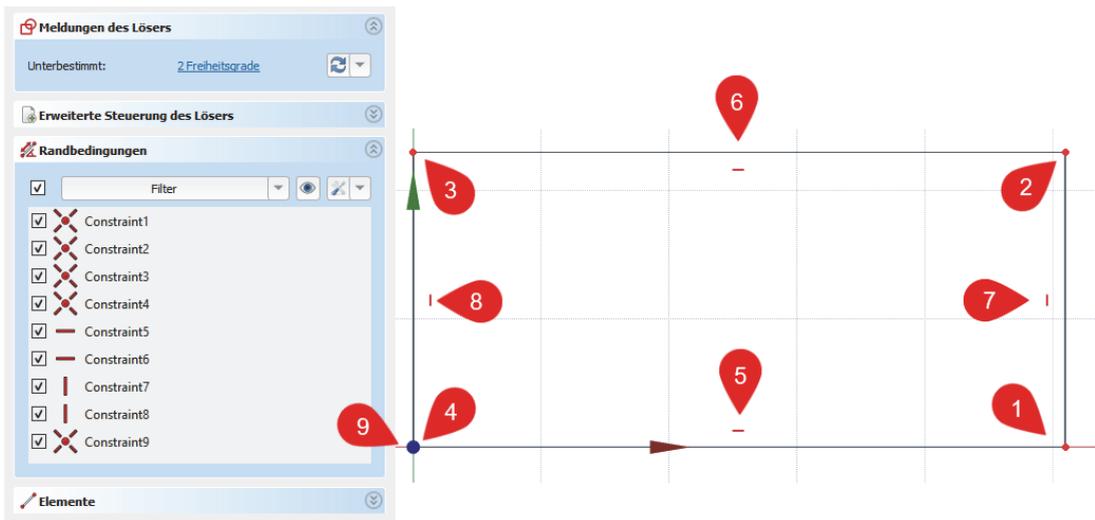


Abb. 2.12: Automatisch erzeugte geometrische Abhängigkeiten (CONSTRAINTS, RANDBEDINGUNGEN)

Bemaßungen

Der LÖSER, das ist das Softwaremodul, das die Geometriedefinition verwaltet, stellt aber fest, dass die Skizze noch UNTERBESTIMMT ist: 2 FREIHEITSGRADE (Abbildung 2.12). Es fehlen nämlich noch die Maße, die die Position des zweiten Eckpunkts festlegen. Die BEMAßUNGSBEFEHLE  liegen in einer Drop-down-Liste in der Symbolleiste SKETCHER-RANDBEDINGUNGEN (Abbildung 2.13). Um die Linien zu bemaßen, müssen Sie keinen speziellen Befehl auswählen, sondern können den allgemeinen Bemaßungsbefehl  verwenden, der die Bemaßungsart passend zum Objekt wählt und nach der Cursorposition für den Maßtext ausrichtet.



Abb. 2.13: Bemaßungsbefehle in der Symbolleiste SKETCHER-RANDBEDINGUNGEN

Mit BEMAßUNG ❶ klicken Sie die Rechteckseite an und wählen die gewünschte Maßtextposition ❷. Im Bemaßungsdialog können Sie der Bemaßung auch einen passenden Parameternamen geben ❸. Diese Bemaßung wird dann den RANDBEDINGUNGEN hinzugefügt, und nach der zweiten Bemaßung ❹ ist dann auch die Zeichnung VOLLSTÄNDIG BESTIMMT ❺. Mit SKIZZE VERLASSEN  aus der Symbolleiste SKETCHER-BEARBEITUNGSMODUS schließen Sie die Skizze ab.

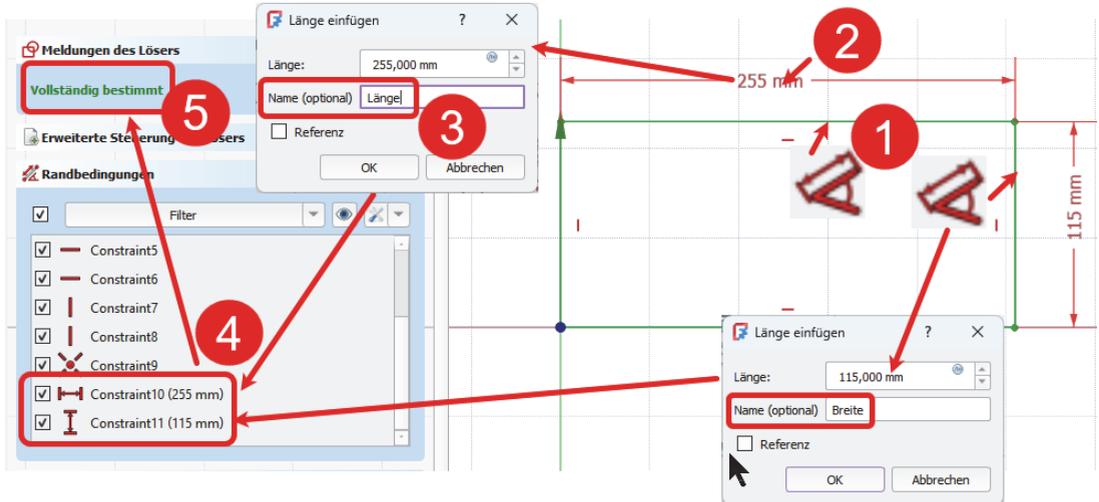


Abb. 2.14: Längenbemaßung mit Parameternamen

2.1.3 Mit Part Design Volumenkörper erzeugen

Aufpolsterung (Extrusion, Austragung)

Nach Beenden der SKIZZE ❶ werden unter AUFGABEN die MODELLIERUNGSWERKZEUGE ❷ zum Generieren eines Volumenkörpers angeboten. Hier wählen Sie AUFPOLSTERUNG, üblicherweise auch als *Extrusion* oder *Austragung* bezeichnet, und

geben als TYP HÖHE (LÄNGE) unter LÄNGE die gewünschte Höhe von **20 mm** ein **3**. Das Volumen wird nun schattiert angezeigt **4** und im Strukturbaum als PAD **5** eingetragen.

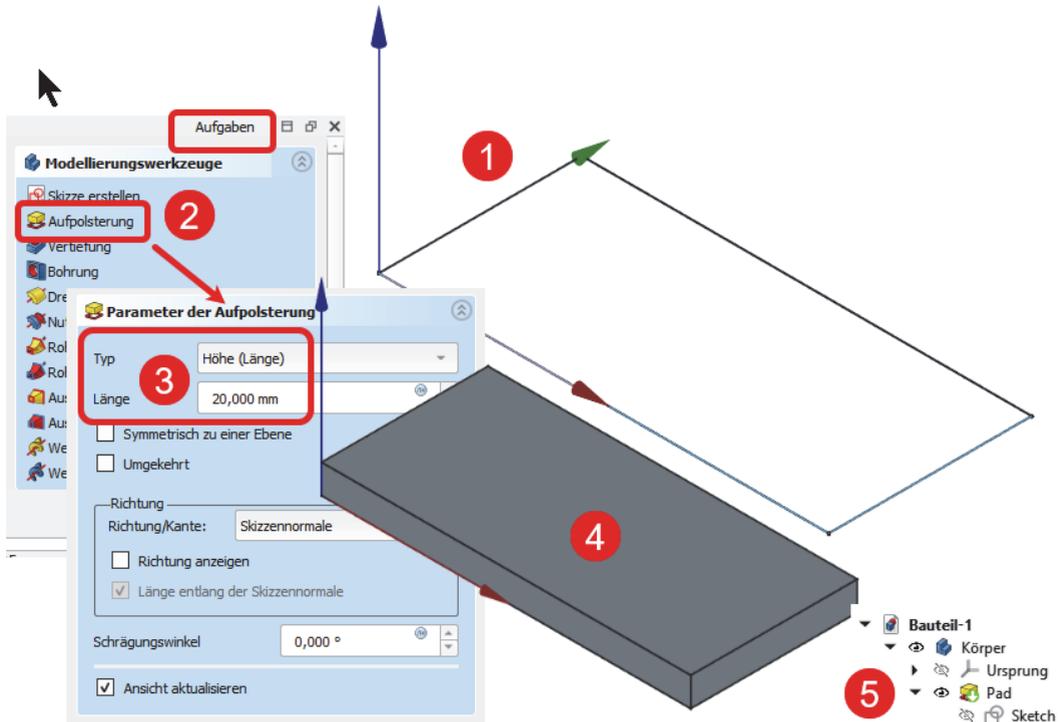


Abb. 2.15: Aufpolsterung der Skizze zum Volumenkörper

Damit ist die äußere Form des Bauteils gemäß der Handskizze (Abbildung 2.3) fertig. Es fehlen nur noch die Aussparungen für die Ablagefächer. Dazu werden auf der Oberfläche des Volumenkörpers die Konturen der Aussparungen in einer Skizze gezeichnet und daraus dann Volumenkörper erzeugt, die vom bisherigen abgezogen werden.

2.1.4 Skizze für Aussparungen

Aktivieren Sie (Abbildung 2.16) mit einem Klick **1** die Oberfläche des Volumenkörpers. Unter AUFGABEN|FLÄCHENWERKZEUGE werden Ihnen als mögliche Aktionen SKIZZE ERSTELLEN, VERRUNDUNG und FASE angeboten. Mit SKIZZE ERSTELLEN **2** wird wieder in den Skizzenmodus umgeschaltet und Sie können nun die Rechtecke für die Aussparungen zeichnen. Lage und Größe der Rechtecke sollen diesmal alternativ nicht über Rasterpunkte, sondern über Maße festgelegt werden.

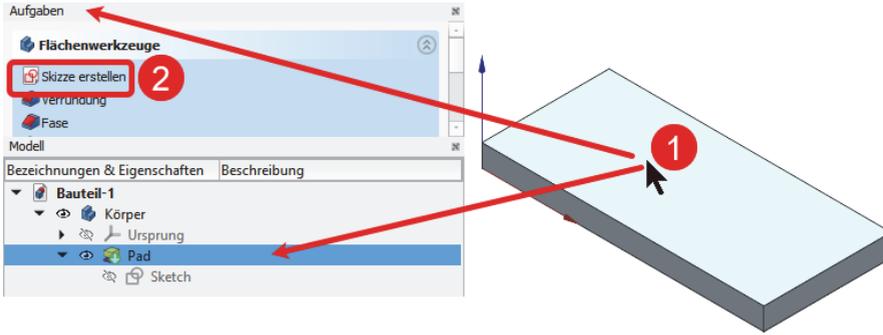


Abb. 2.16: Skizze auf Volumenkörper-Oberfläche

Damit Raster und Einrasten deaktiviert sind, schalten Sie beides (Abbildung 2.17) in der Symbolleiste SKETCHER-WERKZEUGE BEARBEITUNG ab (per Klick von Grün auf Grau).

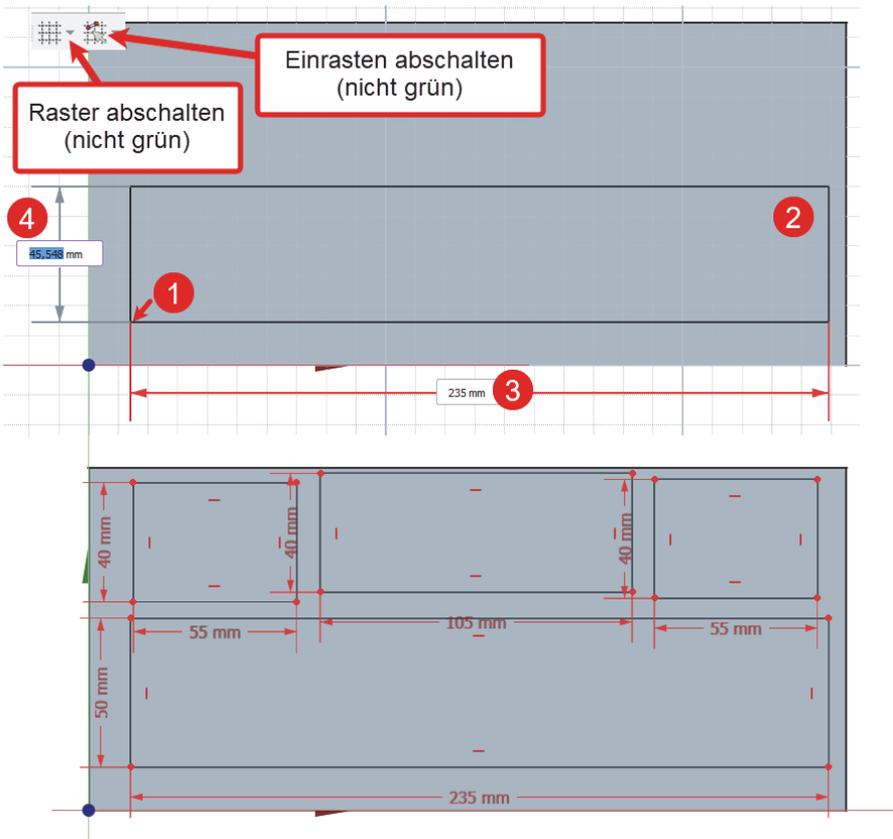


Abb. 2.17: Rechteck über Maßangaben konstruiert

Im Befehl RECHTECK  klicken Sie nach Augenmaß die Position für die untere linke Ecke ❶ des ersten Rechtecks an. Dann fahren Sie ohne Klicken mit dem Cursor auf die zweite Eckposition ❷. Nun erscheinen die Maßzahlen für Länge ❸ und Breite ❹ des Rechtecks. Überschreiben Sie durch Zahleneingabe die Länge ❸ mit dem gewünschten Wert 235. Dann wechseln Sie mit der `Tabulator`-Taste zum Breitenwert ❹, überschreiben diesen mit 50 und beenden mit der `Tabulator`-Taste. Danach zeichnen Sie die nächsten Rechtecke nach der gleichen Methode.

Die Rechtecke haben nun zwar die richtigen Abmessungen, aber noch die falsche Lage. Dazu bringen Sie die Maße für die Abstände zum Rand an. Mit  bemaßen Sie zwischen zwei Linien oder mit  zwischen zwei Punkten horizontal bzw. mit  vertikal (Abbildung 2.17). Eine weitere Möglichkeit zur Positionierung der oberen drei Rechtecke ergibt sich über Randbedingungen. Sie können jeweils zwei Eckpunkte horizontal bzw. vertikal fluchtend positionieren.

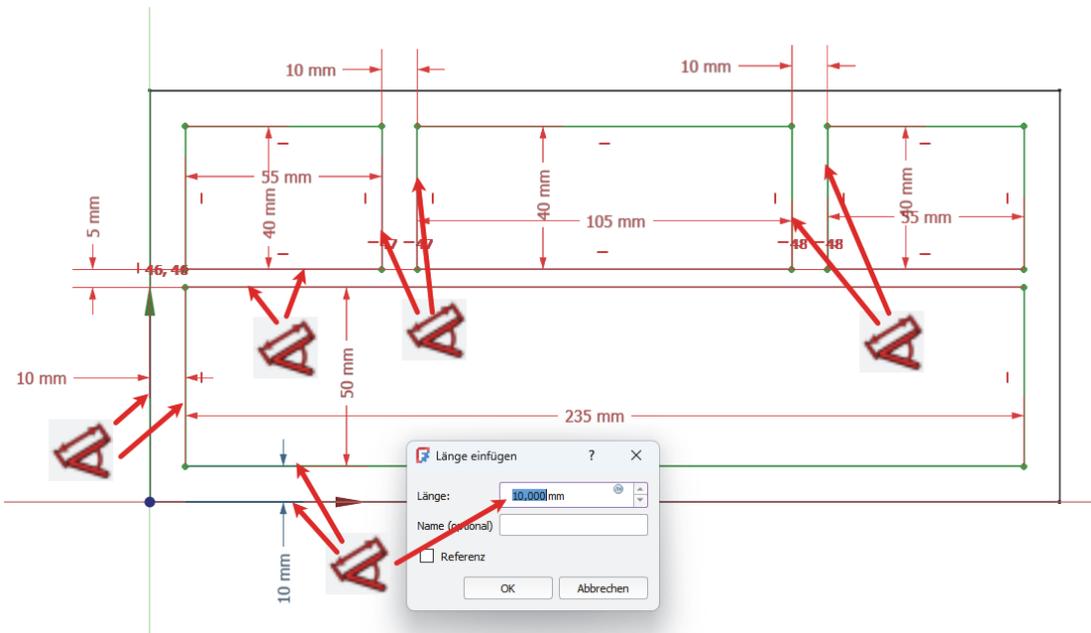


Abb. 2.18: Positionieren der Rechtecke über Bemaßungen

Danach ist die Skizze wieder VOLLSTÄNDIG BESTIMMT, wie Sie in den Meldungen des LÖSERS ablesen können. Mit  beenden Sie den Skizzenmodus.

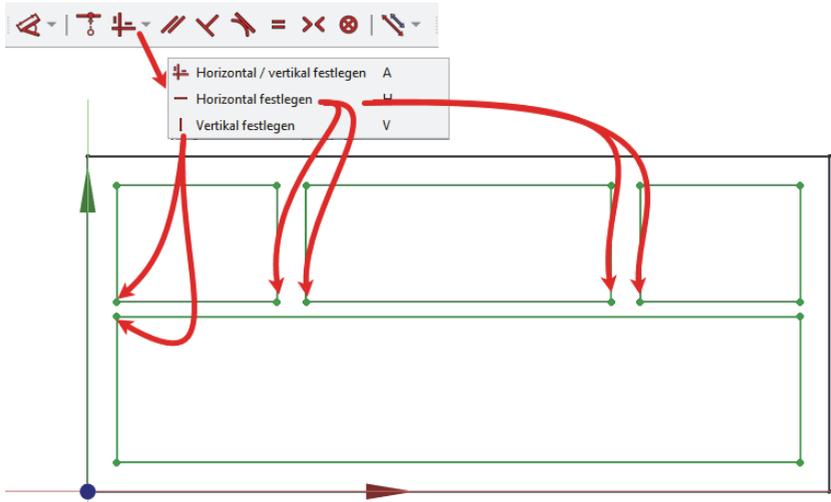


Abb. 2.19: Vertikales und horizontales Ausrichten über die Eckpunkte

2.1.5 Ausparungen in Part Design generieren

Zurück in PART DESIGN melden sich unter AUFGABEN die MODELIERUNGSWERKZEUGE und bieten die Option VERTIEFUNG an (Abbildung 2.20). Die Funktion verwendet die letzte Skizze, um ausgehend von den Rechtecken extrudierte Volumenkörper vom Grundkörper abzuziehen. Sie geben dafür die TIEFE mit **20 mm** ein und vielleicht noch einen SCHRÄGUNGSWINKEL, um den Wänden etwas Neigung nach innen zu verleihen. Im Strukturbaum unter MODELL finden Sie die Ausparungen dann unter POCKET.

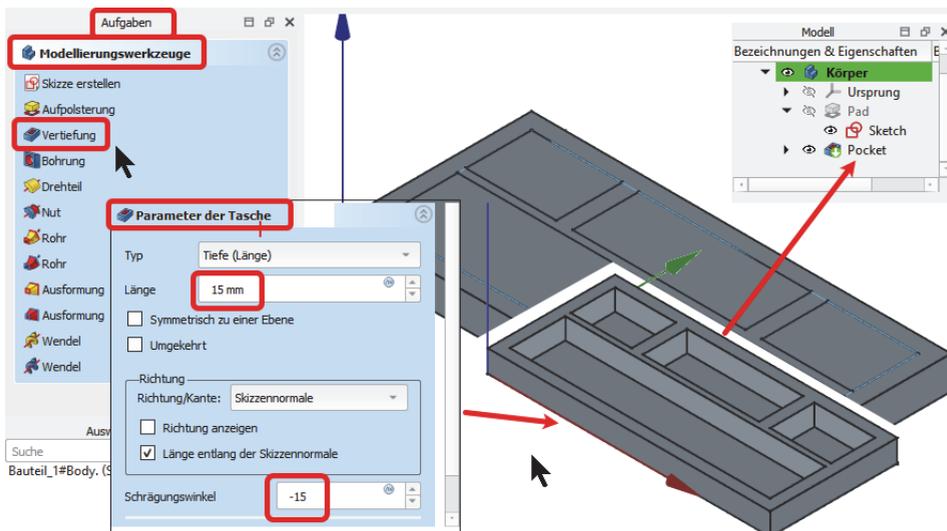


Abb. 2.20: Ausparungen mit VERTIEFUNG hinzugefügt

2.1.6 Kanten abrunden

Für das Abrunden der Kanten kommen verschiedene Verfahren infrage. Schon in den Skizzen können Sie Abrundungen erzeugen. Im Skizzenmodus finden Sie in der Symbolleiste SKETCHER-WERKZEUGE die Funktion VERRUNDUNG ERSTELLEN ❶ (Abbildung 2.21). Damit klicken Sie die Linien nahe der Ecke jeweils an und erzeugen so zunächst eine runde Ecke mit undefiniertem Radius. Die Funktion können Sie auf mehrere Ecken nacheinander anwenden. Mit dem Bemaßungsbefehl ❷  geben Sie den Radius für eine Ecke ein und mit der Randbedingung ❸, ❹, ❺  GLEICHHEIT setzen Sie die Radien paarweise gleich.

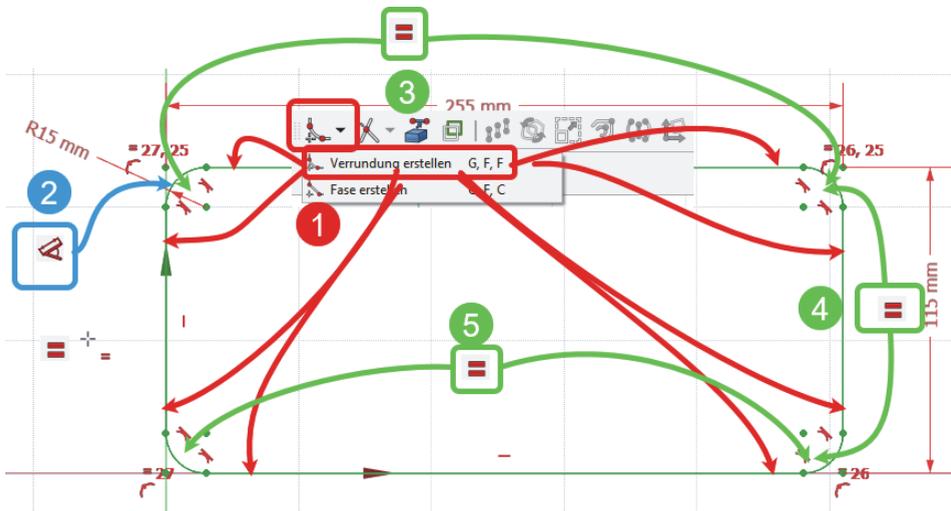


Abb. 2.21: Abrunden, Bemaßen und Gleichsetzen der Radien

Im Beispielteil (Abbildung 2.22) wurden auf diese Weise die vier Außenecken mit **15 mm** abgerundet und die Innenecken mit **5 mm**. Da bei den nach unten geneigten Innenwänden der Radius der Skizze für die Oberkante gilt, nimmt er nach unten ab.

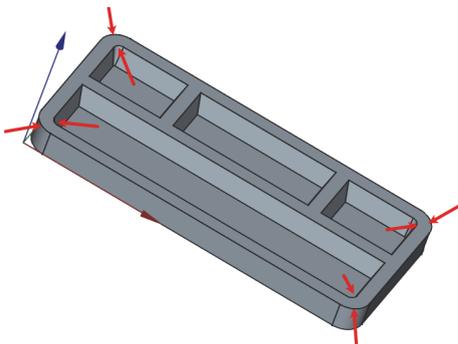


Abb. 2.22: Abgerundete Ecken

Die zweite Möglichkeit zum Abrunden ergibt sich für den Volumenkörper in der Symbolleiste PART DESIGN DRESSUP in der Funktion VERRUNDUNG .

Sie können hier einzelne oder mehrere Kanten zum Abrunden wählen. Alternativ können auch Flächen gewählt werden, deren Kanten dann alle abgerundet werden (Abbildung 2.23). Die Funktion VERRUNDUNG  erscheint auch im Bereich AUFGABEN|FLÄCHENWERKZEUGE, wenn Sie eine Fläche des Volumenkörpers anklicken **1**. Dann klicken Sie mehrere Flächen an **2**. Um mehrere Objekte zu wählen, müssen Sie mit `[Strg]`-Klick ab der zweiten Fläche hinzuwählen. Den RADIUS **3** geben Sie ein, bevor Sie mit OK **4** abschließen. Die gewählten Flächen werden dann an allen Kanten abgerundet **5**, sofern es geometrisch möglich ist, das heißt, solange der Radius beim Abrunden nicht die angrenzende Fläche überschreiten würde.

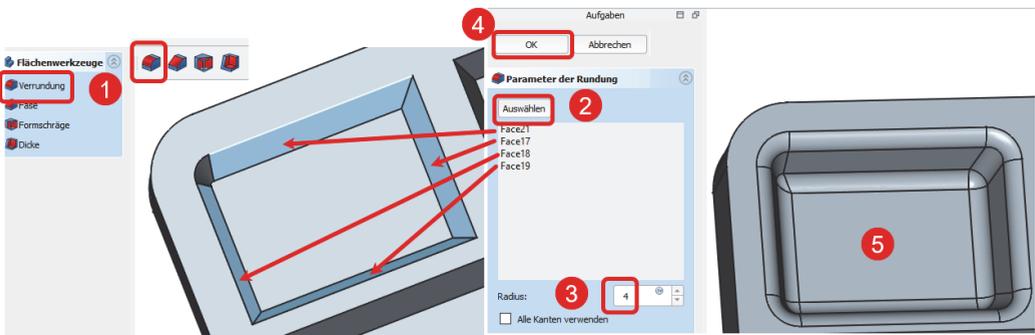


Abb. 2.23: Abrunden an den Kanten von gewählten Flächen

Bei dem gewählten Beispiel tritt deshalb ein Problem bei der unteren langen Aussparung auf, wenn Sie dort auch den Radius 4 verwenden wollten. Der Steg in der Mitte des Teils ist nämlich nur 5 mm breit und verträgt deshalb keine Abrundung auf beiden Kanten mit den beabsichtigten 4 mm. Hier wäre es nötig, die Geometrie in der Skizze von der Stegbreite 5 mm auf 10 mm und die Aussparung von 50 mm auf 45 mm zu ändern (Abbildung 2.24).

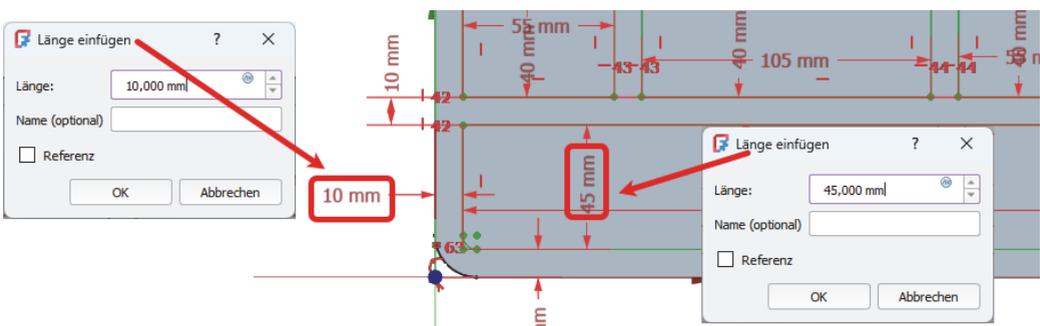


Abb. 2.24: Ändern der Stegbreite vorm Abrunden

Stichwortverzeichnis

2D-Skizze 123
2D-Zeichnung 21
3D-Ansicht 222
3D-Druck 263
3D-Konstruktion
 Bemaßung 36
3D-Modellieren 95
3-Punkte-Bogen 168

A

Abhängigkeit
 geometrische 27, 124
Ableitung
 Zeichnung 213
Abrunden 76
Abrundung 166, 167
Abziehen
 Volumenteile 103
Achsenkreuz 25
Addon-Manager 15
Aktualisieren 167
Analysebehälter 259
Anmerkung 177, 214
Anordnung 79, 117, 189
Ansicht
 einfügen 58
 gruppieren 225
 in Zeichnung 214
 isometrische 34
 orthogonale 34
 perspektivische 34
 schwenken 166
 Standardansicht 58
 Symbolleiste Aussicht 35
Arbeitsbereich 15, 21
Architektur
 Einheiten 152
 Voreinstellungen 152
Architekturprojekt
 Organisation 210
Assembly 243
Assembly-Verbindungen 244
Assoziativ 82
Aufgaben 142

Aufgabenbereich 21
Aufpolsterung 47, 72, 97, 132
Aufrüsten 192
Ausdehnung
 horizontale 230
 vertikale 230
Ausformung 108, 117
Ausgabefenster 31
Ausgerichtetes Maß 177
Ausschnittsgruppe 225
Aussicht (Symbolleiste) 35
Aussparungen
 Part Design 51
 Skizze 48
Austragung 72, 97, 132
 Aufpolsterung 47
Auswahlansicht 31
Auswahlfilter 36
Außenansicht 239
Außenprofil 275
AutoCAD 236

B

Bahn
 helixförmige 273
Basis-Ansicht 221
Baugruppe 21, 243, 244
Bauteil 272
 Konstruktion starten 39
 Verbindung erstellen 248
Bearbeitungsart 273
Bedienfläche
 Farbe ändern 23
Befehlsgruppe 21
Befüllt 165
Bemaßen 238
Bemaßung 46, 214, 225
 als Randbedingung 87
 assoziative 82
 horizontale/vertikale 227
 parametrische 68, 82, 89
Bemaßungsstil 184, 215, 235
Benutzeroberfläche 30
Berechnung 257

FEM 261
 Beschneiden 188
 Beschränkung 89
 Beschriftung 177
 Beschriftungsstil 184
 Betriebssystem 15
 Bewegen 247
 Schrittweite 248
 Bézier-Kurve 173
 Bezugsmaß 215
 Bildschirmnavigation 32
 BIM 151
 Hilfswerkzeuge 195
 BIM/Architektur 21
 Blaupause erstellen 79
 Bodies *siehe* Körper
 Bogen
 aus 3 Punkten 168
 Bohrbearbeitung 285
 Bohren 273
 Bohrung 105
 Boolesche Operation 119
 Broken face 95
 B-Spline 124, 172, 193
 erstellen 74
 B-Spline Werkzeuge (Symbolleiste) 91
 B-Spline-Kurve 75, 91

C

Combo-Ansicht 31

D

Dach 204
 Darstellung
 orthogonale 25
 perspektivische 25
 Decke 199
 Dehnen 76
 Detailansicht 224
 Detailausschnitt 213
 Detailbearbeitung 109
 Dialogfeld
 verschieben 31
 Dicke 111
 Dienstprogramme (Symbolleiste) 259
 Differenz 119, 120
 Download 15, 17
 Draft 144, 161
 Hilfswerkzeuge 194
 Draufsicht 155
 Drehen 186
 Drei-Tafel-Darstellung 54, 213, 214, 216, 221
 Durchbruch 105

Durchmesserbemaßung 228
 DXF 215

E

Ebene 157, 196
 Ebenenwahl 157
 Einheit
 Architektur 152
 einstellen 23
 überschreiben 156
 Einheitenangabe 153
 Einrasten 158
 Einschränkungen 66
 Einstellung
 Draft-Bereich 154
 Einstellungen 22
 Ellipse 171
 Entgraten 273, 277, 285
 Entwurfsraster Einrasten 158
 Entwurfs-Werkzeugleiste
 Einstellungen 155
 Ergebnisanzeige 262
 Erweitern 188
 Evolventenrad 115
 Explosionsdarstellung 254
 Export
 DXF, SVG 215
 Exportformat 27
 Externe Geometrie 79
 Externe Referenz 208
 Extrusion 72, 97, 105, 132
 Aufpolsterung 47

F

Fangsperre 158
 Farbeinstellungen 26
 im Skizzenmodus 29
 Farbthema 21
 Fase 110, 166, 167
 erstellen 77
 Fehler 25
 Extrusionsfehler 141
 FEM 257
 Fenster 202
 Festigkeitsberechnung 257
 Finite-Elemente-Methode 257
 Fläche 165
 Flächenbinder 209
 Flächenfüllung 166
 Flächengruppe 209
 Form von Text 175
 Formenbauer 209
 Formschräge 110

Formtext 148
 Fortsetzen 163
 FreeCAD
 Version 1.0 14
 FreeCAD-Installer 17
 Freiformkurve 74
 Freiheitsgrad 89, 126, 143

G

G-code 263
 G-code-Datei 269
 erstellen mit Slic3r 269
 Gebäude 195
 Gebäude-Objekt 195
 Gebäudeteil 196
 Geometrie
 bearbeiten 76
 Geometrische Abhängigkeiten 46
 Geschoss 196
 Gleitverbindung 249
 Gravur 147, 273
 Grundeinstellung 122
 TechDraw 216
 Grundkörper 102
 abziehen 109
 Grundriss 151
 Bemaßungen 239
 Grundrissansicht 236
 Grundstücks-Objekt 195
 Gruppe
 eigene 157

H

Hauptachse 171
 Helixförmige Bahn 273
 Hilfsfunktion 194
 Hilfsgeometrie 75, 76
 Hilfsgrafik
 Konstruktionsmodus 157
 Hilfslinie 129
 Hilfswerkzeug 194
 Hintergrundhelligkeit 23
 Hinweislinie 232
 Hinweistext 182
 Horizontales Maß 177

I

IFC 195, 211
 Inkreis 172
 Iso-Ansicht 221
 Isometrisch 34, 166

K

Kante
 abrunden 52
 teilen 78
 trimmen 77, 130
 verlängern 78
 Kettenmaß 215
 Kettenrad 112
 Klonen 189
 Knotenpunkt 56, 217
 Koinzident 83
 Komponente 210
 Konstruktion
 überbestimmte 140
 Konstruktion (Gruppe) 157
 Konstruktionshistorie 40
 Konstruktionsmodus 75, 157
 aktiv oder inaktiv 157
 Konstruktionsraster 28
 Kontur
 geschlossene 135
 Koordinatenmaß 234
 Kopie 189
 Körper 95
 Grundkörper 102
 Kreis 170
 erstellen 71
 Kreisbogen
 erstellen 70

L

Layer 157, 194
 Layerwahl 157
 Linie 163
 ändern 164
 erstellen 68
 Gleichheit 128
 Parallel 128
 teilen 192
 vollständig bestimmt 126
 zeichnen 163
 Linienart ändern 57
 Linientyp 54, 216
 Linienzug 72, 165
 erstellen 72
 Linux 20
 Loft 99
 Lösen 259
 Löser 89, 125, 142
 Lösungsprozess 258

M

- Mac 17
- Mac-Version
 - Einstellungen 153
- Markierungspunkt
 - Bemaßungen 238
- Maßhilfslinie 238
- Maßkette
 - architektonische 238
- Maßstab 154, 177, 236
- Material 257
- Materialermüdung 258
- Maus
 - Konfiguration 29
- Menü 31
- Mesh 263
- Miniaturansicht 24
- Mittellinie 214, 215, 232, 235
- Mittelpunktsmarkierung 217
- Modifikationen 109
- Modus
 - anzeigender 82
 - festlegender 82
- Mover 254
- Movexx 254
- Muster 117
 - lineares 117
 - polares 117

N

- Navigation
 - 3D-Bereich 25
 - Maus 32
 - Navigationswürfel 33
 - Zahleneingabe 35
- Navigationstil 20
- Navigationswürfel 26, 33
 - Einstellungen 34
 - Optionen 33
- NC-Bearbeitung 271, 277
- NC-Bohren 285
- Nebenachse 171
- Netz 257
- Neue Datei 21
- Neue Skizze erstellen (Werkzeug) 123
- Neues Zeichenblatt 236
- Nut 106
 - erstellen 74

O

- Objektbibliothek 210
- Objektfang 158

- Objektwahl 35
- OCC Versatz 188
- Orthogonal 34

P

- Padding 132
- Parametrisches Bauteil 21, 39
- Part Design - Modellierung (Symbolleiste)
 - 22, 96, 121
 - Übersicht 61
- Path 271
- Perspektive 34
- Planbearbeitung 273, 275, 278
- Planfräsen 273
- Plot-Ausgabe 177
- Polylinie 72, 165
- Prägung 144
- Profil 208
 - fräsen 273
- Profilbearbeitung 281
- Projektionsmethode 54, 216
- Projekt-Objekt 195
- Punkt
 - erstellen 68
- Punkt-Objekt 175

Q

- Quader 209
- Quadrantenpunkt 233

R

- Radial sprengen 254
- Radiusbemaßung 180, 228
- Rahmen 206
- Randbedingung 50, 66, 81, 83, 89, 257, 260
 - Bemaßungen 87
 - horizontale 126
 - Löser 125
 - mechanische Randbedingungen (Symbolleiste) 258
 - Sichtbarkeit ändern 93
- Raster 44, 64
 - ein-/ausblenden 65
 - Hauptrastrer 65
 - untergeordnetes 65
- Rasterfang 143
- Raum-Objekt 196
- Rechteck
 - erstellen 73
- Referenz
 - externe 208
- Regelmäßiges Vieleck

- erstellen 73
- Relativ 163
- Rich-Text-Editor 232
- Rohr 202
 - abziehbares 108
- Rohteil
 - Form 273
- Rotationskörper 98

S

- Schlüsselweite 172
- Schnittansicht 223
 - vertikale 240
- Schnittebene 236
- Schnittflächendarstellung 218
- Schnittliniendarstellung 218
- Schnittmenge 119
- Schraffur
 - Schnittansicht 241
- Schraffurmuster 54, 176, 214, 216
- Schrift 144
- Schrift-Gravur 273
- Schriftgröße
 - Bemaßung 56, 218
- Schweißsymbol 234
- Schwenken
 - Ansicht 166
- Shape builder 209
- Shape-based view 236
- Sicherungsdatei 24
- Simulation 280
 - Entgraten 285
 - NC-Bohren 287
- Skalieren 186
- Sketch *siehe* Skizze
- Sketcher 41, 63
 - Randbedingungen 81, 82
 - Symbolleisten 44
- Skizze 163
 - beenden 131
 - Raster 64
 - vollständig bestimmt 90, 141
- Skizzeneinstellungen
 - für Abhängigkeiten 28
- Skizzengeometrien 63, 67
- Skizziermodus 41
- Slic3r 263, 265
 - Bearbeitung 266
 - Einstellungen 265
 - Objekt positionieren 266
- Slicer 263
- Sonderkonstruktion 112
- Spiegeln 117, 187

- Sprache 22
 - wählen 20
- Standardvorlage 221
- Statusleiste 29
- STL-Datei 263
- stl-Format 263
- Strecken 189
- Strukturbaum 31
- Stütze 197
- Stützpunkt 172
- Stützpunktpolygon 173
- Subtractive Loft 117
- SVG 215
- Sweep 101
- Symbolleiste 31
- Symmetrie 80

T

- Tasche 104
 - fräsen 273
- Taschenbearbeitung 283
- Taschenfräsen 277
- Tastenkürzel 67
- TechDraw 213
 - Einstellungen 54
 - Zeichnung erstellen 57
- Teilen 76
- Teilkreis 215
- Textblock 231
- Träger 207
- Transformation
 - mehrfache 118
- Transformieren 246
- Traverse 207
- Treppe 202
- Trimmen 76
- Trimm-Reihenfolge 140
- Tür 200

U

- Überbestimmt 140, 143
- Umkreis 172
- Umrisszeichnung 124

V

- Verbinden 192
- Verbinder 202
- Verbindung
 - Gleitverbindung 249
 - starre 248
 - zylindrische 252
- Vereinigung 119

Verlängern 76
Verrundung 52, 53, 76, 109, 167
 erstellen 76
Versatz 188
Verschieben 185
Version 17
Vertikales Maß 177
Vieleck 172
ViewCube
 Navigationwürfel 33
Virtueller Bereich 93
Volumenkörper
 automatisch erzeugen 27
 erzeugen 132
Volumenteil
 abziehen 103
Voreinstellungen 22
Vorgabemaßstab 55, 217

W

Walmdach 205
Wand-Objekt 197
Wandstärke 111
Warnung 25
Wendel 108
Werkzeuge 272
Werkzeugverwaltung 274
Willkommensdialog 20

Windows 17
Winkelbemaßung 178, 229
Winkelmaß 129
Wire 165
Workbench
 Arbeitsbereich 21

Z

Zaun 207
Zeichenblatt 213, 221
 neues 236
Zeichenraster
 einrichten 44
Zeichenwerkzeug
 Draft-Bereich 162
Zeichnung 213
 ableiten 54
 Architektur-Modell 236
 ausgeben 236
Zeichnungsansicht 221
Zeichnungsblatt 214, 239
Zeichnungsvorlage 54, 216
Zuordnung
 axiale 251
Zurückstufen 193
Zusammenbau 243
Zusatzpaket 15
Zuschneiden 76