



mitp

Detlef
Ridder

The background of the cover features a complex technical illustration. It includes several interlocking gears of various sizes and colors (blue, white, and grey). There are also lines representing mechanical paths, arrows indicating direction, and various geometric shapes like squares and circles. The overall style is technical and modern, with a color palette dominated by blues, greys, and whites.

Autodesk 3D-Konstruktionen mit **Inventor 2023**

Der umfassende Praxiseinstieg
Inkl. Übungsbeispielen und Aufgaben mit Lösungen

Inhaltsverzeichnis

	Einleitung	11
I	Vorüberlegungen zu einfachen 3D-Konstruktionen	15
I.1	Die Phasen der Inventorkonstruktion	15
I.2	Wie entsteht ein 3D-Modell?	19
I.2.1	Grundkörper	19
I.2.2	Bewegungskörper	21
I.2.3	Erstellung aus Flächen durch Verdicken	29
I.2.4	Erstellung aus geschlossenem Flächenverbund	30
I.2.5	Erstellung aus Freiform-Geometrie	31
I.3	Analyse der Aufgabe vor der Konstruktion	32
I.3.1	Modellierung aus Grundkörpern und Bewegungskörpern . . .	33
I.3.2	Modell aus zwei Extrusionen	34
I.3.3	Modell aus drei 2D-Darstellungen (Dreitafelbild)	36
I.4	Ergänzungen zum Volumenkörper: Features und Nachbearbeitungen	39
I.5	Die Bottom-Up- und Top-Down-Methoden	41
I.5.1	Bottom-Up	41
I.5.2	Top-Down	42
I.6	Übungsfragen	43
2	Installation, Benutzeroberfläche und allgemeine Bedienhinweise . . .	45
2.1	Download und Installation einer Test- oder Studentenversion	45
2.2	Hard- und Software-Voraussetzungen	46
2.3	Weitere installierte Programme	48
2.4	Inventor Professional 2023	49
2.4.1	Start	49
2.5	Die Inventor-Benutzeroberfläche	51
2.5.1	Programmleiste	51
2.5.2	Datei-Menü	51
2.5.3	Schnellzugriff-Werkzeugkasten	53
2.5.4	Kommunizieren und Informieren	55

2.5.5	Multifunktionsleisten, Register, Gruppen und Flyouts. . . .	56
2.5.6	Dokument-Registerkarten	63
2.5.7	Browser	63
2.5.8	Befehlszeile und Statusleiste	64
2.5.9	Ansichtssteuerung mit Maus.	66
2.5.10	Ansichtssteuerung mit der Navigationsleiste.	67
2.5.11	ViewCube	68
2.5.12	Nützliche Optionen-Einstellungen	68
2.6	Wie kann ich Befehle eingeben?	69
2.6.1	Multifunktionsleisten.	69
2.6.2	Tastenkürzel	71
2.6.3	Kontextmenü.	72
2.6.4	Objekte zum Bearbeiten anklicken	73
2.6.5	Hilfe.	73
2.7	Übungsfragen	75
3	Erste einfache 3D-Konstruktionen	77
3.1	Einfache Konstruktion mit Grundkörpern	77
3.1.1	Ein neues Projekt anlegen	77
3.1.2	Ein neues Bauteil beginnen.	79
3.1.3	Übungsteil aus Grundkörpern erstellen.	80
3.1.4	Speichern	82
3.1.5	Ansicht schwenken.	83
3.1.6	Zwei nützliche Einstellungen	84
3.1.7	Hinzufügen eines Zylinders	85
3.1.8	Halbkugel als Vertiefung	87
3.1.9	Der Torus	87
3.2	Einfaches Extrusionsteil	88
3.2.1	Eine Skizze erstellen	89
3.3	Einfaches Rotationsteil	103
3.4	Übungsfragen	105
4	Die Skizzenfunktion	107
4.1	Funktionen für zweidimensionales Skizzieren.	107
4.1.1	Funktionsübersicht	108
4.1.2	Linienarten	109
4.1.3	Punktfänge	110
4.1.4	Rasterfang	112

4.1.5	Koordinatentyp	114
4.1.6	Objektwahl	116
4.2	Abhängigkeiten	116
4.2.1	Abhängigkeits-Typen	119
4.2.2	Lockerung von Abhängigkeiten	121
4.3	2D-Skizzen	123
4.3.1	Eine erste Kontur	123
4.3.2	Kontur mit Linien und Bögen	126
4.3.3	Bögen in der Kontur	129
4.3.4	Kreise und Ellipsen in der Skizze	130
4.3.5	Rechtecke in der Kontur	131
4.3.6	Splines und Brückenkurven in der Kontur	135
4.3.7	Kurven mit Funktionsbeschreibungen	137
4.3.8	Rundungen und Fasen in der Skizze	138
4.3.9	Texte in der Skizze	140
4.3.10	Punkte in der Skizze	141
4.3.11	Punkte aus Excel importieren	143
4.3.12	Skizze aus AutoCAD importieren	144
4.3.13	Skizzenblöcke	147
4.4	3D-Skizzen	148
4.4.1	3D-Koordinateneingabe	149
4.4.2	Kurven für 3D-Skizzen	152
4.4.3	Kurven mit Funktionsbeschreibungen	155
4.5	Bearbeitungsbefehle für 2D-Skizzen	160
4.5.1	Geometrie projizieren/Schnittkanten projizieren	160
4.5.2	Verschieben	163
4.5.3	Kopieren	163
4.5.4	Drehen	164
4.5.5	Stutzen	164
4.5.6	Dehnen	164
4.5.7	Trennen	165
4.5.8	Skalieren	165
4.5.9	Gestreckt	166
4.5.10	Versatz	166
4.5.11	Muster – Rechteckig	167
4.5.12	Muster – Polar	167
4.5.13	Muster – Spiegeln	168

4.6	Bearbeitungsbefehle für 3D-Skizzen	169
4.6.1	Abhängigkeiten in 3D-Skizzen	169
4.6.2	Die 3D-Transformation	169
4.7	Skizzen-Bemaßung	170
4.7.1	Bemaßungsarten	170
4.7.2	Bemaßungsanzeige	172
4.7.3	Maße übernehmen	175
4.8	Skizzen überprüfen	177
4.8.1	Freiheitsgrade	178
4.8.2	Geometrische Abhängigkeiten	179
4.8.3	Skizzenanalyse	181
4.8.4	Hilfslinien, Mittellinien	184
4.9	Arbeitselemente	184
4.9.1	Arbeitsebenen	185
4.9.2	Arbeitsachsen	195
4.9.3	Arbeitspunkte	196
4.10	Übungsfragen	196
5	Volumenkörper und Flächen erstellen	197
5.1	Volumenkörper erstellen	197
5.1.1	Extrusion	199
5.1.2	Drehung	202
5.1.3	Erhebung	206
5.1.4	Sweeping	212
5.1.5	Spirale	215
5.1.6	Prägen	218
5.1.7	Ableiten	219
5.1.8	Rippe	223
5.1.9	Aufkleber	226
5.1.10	Importieren	227
5.1.11	Entfalten	231
5.2	Grundkörper	232
5.2.1	Quader	233
5.2.2	Zylinder	234
5.2.3	Kugel	235
5.2.4	Torus	236
5.3	Flächen	237
5.3.1	Heften	238
5.3.2	Umgrenzungsfläche	239

5.3.3	Formen	239
5.3.4	Regelfläche	240
5.3.5	Stutzen	241
5.3.6	Dehnen	241
5.3.7	Fläche ersetzen	241
5.3.8	Körper reparieren	242
5.3.9	Netzfläche anpassen	242
5.3.10	Weitere Flächenbearbeitungen mit Volumenkörper- Funktionen	244
5.4	Bemaßungen im Bauteil	244
5.5	Übungsfragen	246
6	Volumenkörper bearbeiten	247
6.1	Features	247
6.1.1	Bohrungen	247
6.1.2	Rundungen	252
6.1.3	Fasen	257
6.1.4	Wandung	259
6.1.5	Flächenverjüngung	260
6.1.6	Trennen	262
6.1.7	Gewinde	265
6.1.8	Biegungsteil	266
6.1.9	Verdickung/Versatz	267
6.1.10	Markieren	267
6.2	iFeatures	268
6.3	Weitere Ändern-Befehle	270
6.3.1	Kombinieren	270
6.3.2	Fläche löschen	271
6.3.3	Körper verschieben	272
6.3.4	Objekt kopieren	273
6.4	Direkt bearbeiten	273
6.4.1	Verschieben	275
6.4.2	Größe	276
6.4.3	Maßstab (besser: Skalieren)	276
6.4.4	Drehen	277
6.4.5	Löschen	277
6.5	Muster	278
6.5.1	Rechteckige Anordnung	279

6.5.2	Runde Anordnung	279
6.5.3	Skizzenbasiert.....	280
6.6	Benutzer-Koordinaten-Systeme	281
6.7	Zwischen Bauteil und Baugruppe: Multipart-Konstruktionen	282
6.8	Konstruktionsbeispiel	284
6.9	Übungsfragen	289
7	Baugruppen zusammenstellen.....	291
7.1	Projekt erstellen	291
7.2	Funktionsübersicht Baugruppen	293
7.3	Erster Zusammenbau	295
7.3.1	Die Bauteile.....	295
7.3.2	Das Platzieren.....	296
7.3.3	Abhängigkeiten erstellen	298
7.3.4	Bewegungsanzeige	302
7.4	Baugruppen-Abhängigkeiten	302
7.4.1	Passend/Fluchtend	302
7.4.2	Hilfsmittel Freie Verschiebung/Freie Drehung.....	304
7.4.3	Winkel	305
7.4.4	Tangential	306
7.4.5	Einfügen	306
7.4.6	Symmetrie	306
7.4.7	Abhängigkeiten unterdrücken.....	306
7.4.8	Passend/Fluchtend-Beispiel	307
7.4.9	Einfügen-Beispiel	312
7.4.10	Winkel-Beispiel.....	313
7.4.11	Tangential-Beispiel.....	315
7.4.12	Symmetrie-Beispiel	316
7.5	Bewegungs-Abhängigkeiten	316
7.5.1	Beispiel für Drehung	317
7.5.2	Beispiel für Drehung-Translation	317
7.5.3	Schraubbewegung	318
7.5.4	Schraubbewegung über Parameter-Manager.....	319
7.6	iMates	321
7.7	Abhängigkeiten über die Verbindungsfunktion	324
7.8	Adaptive Bauteile	329
7.8.1	Adaptivität nachrüsten	329
7.8.2	Bauteil in Baugruppe erstellen	331

7.9	Teile aus Inhaltscenter einfügen	334
7.9.1	Beispiel Kugellager.	334
7.9.2	Beispiel Schrauben.	338
7.10	iParts.	340
7.11	iAssemblies	342
7.12	Modellzustände	343
7.13	Exemplareigenschaften	344
7.14	Geometrievereinfachung	346
7.15	Übungsfragen	347
8	Zeichnungen ableiten	349
8.1	Ansichten erzeugen.	350
8.1.1	Standard-Ansichten	350
8.1.2	Parallelansicht	353
8.1.3	Hilfsansicht	354
8.1.4	Schnittansicht.	354
8.1.5	Detailansicht.	358
8.1.6	Überlagerung	359
8.2	Ansichten bearbeiten	361
8.2.1	Unterbrochen	362
8.2.2	Ausschnitt.	362
8.2.3	Aufgeschnitten	364
8.2.4	Zuschneiden	366
8.2.5	Ausrichtung	366
8.3	Bemaßungen, Symbole und Beschriftungen	367
8.3.1	Bemaßungsarten	368
8.3.2	Bemaßungsstil	378
8.4	Symbole	380
8.4.1	Gewindekanten.	380
8.4.2	Mittellinien	381
8.4.3	Bohrungssymbole	382
8.5	Beschriftungen	383
8.5.1	Form-/Lagetoleranzen	385
8.5.2	Bohrungstabelle	385
8.5.3	Stückliste.	386
8.6	Übungsfragen	391

9	Präsentationen, realistische Darstellungen und Rendern	393
9.1	Funktionsübersicht	393
9.2	Drehbuch animieren	399
9.3	Darstellungsarten	403
9.3.1	iProperties einstellen	403
9.3.2	Die verschiedenen visuellen Stile	404
9.3.3	Halbschnitt	407
9.3.4	Darstellung mit Volumen-Ausschnitt	409
9.4	Inventor Studio	412
9.4.1	Beleuchtung und Szene	413
9.4.2	Kamera einstellen	414
9.4.3	Rendern	416
9.5	Übungsfragen	417
10	Parameter – Excel – Varianten	419
10.1	Parameter nutzen	419
10.1.1	Parameterliste und manuelle Änderungen	420
10.1.2	Benutzerparameter	423
10.1.3	Formeln	425
10.1.4	Multivalue-Parameter für Varianten	426
10.1.5	Excel-Tabelle	426
10.2	Übungsfragen	429
A	Fragen und Antworten	431
B	Benutzte Zeichnungen	443
	Stichwortverzeichnis	459

Einleitung

Neu in Inventor 2023

Jedes Jahr im Frühjahr erscheint eine neue Inventor-Version. Inventor wartet immer wieder mit verbesserten und neuen Funktionen auf.

Bei der Version Inventor 2023 gibt es neben Fehlerbehebungen und allgemeinen Performance-Optimierungen noch zahlreiche Verbesserungen im Detail, von denen hier nur einige genannt werden sollen:

- MEINE AUSGANGSANSICHT wurde durch die neu organisierte STARTSEITE ersetzt.
- MARKIERUNGEN können in Form von Texten oder Skizzen auf Blech und Normteile aufgebracht werden.
- TOLERANZEN können in allen möglichen Anmerkungen und Bemaßungen in vielen Situationen angebracht werden.
- ABRUNDUNGEN können auch mit Toleranzen versehen werden.
- Im BLECH-Modul zeigt der Browser auch erweiterte Infos an.
- Angaben bei EXTRUSION und ROTATION bleiben als Voreinstellungen erhalten.
- Änderungen in SKIZZEN greifen auch auf abgeleitete Bauteile durch.
- Fehlerhaft projizierte Geometrien in SKIZZEN können komplett gewählt und entfernt werden.
- Der TEXTBEFEHL kann IPROPERTIES verwenden.
- In STÜCKLISTEN können unterdrückte Komponenten deaktiviert werden.
- ABHÄNGIGKEITEN und GELENKE können bei Erzeugung auch als unterdrückt gesetzt werden.
- Die Interoperabilität mit REVIT und INVENTOR wurde weiter verbessert.
- DETAILANSICHTEN können nachbearbeitet werden.
- In der ÜBERLAGERUNGSANSICHT können neben POSITIONSDARSTELLUNGEN auch MODELLZUSTÄNDE und KONSTRUKTIONSANSICHTEN verwendet werden.
- FÜHRUNGSTEXTE können IPROPERTIES und EXEMPLAREIGENSCHAFTEN verwenden.

Für wen ist das Buch gedacht?

Dieses Buch wurde in der Hauptsache als Buch zum Lernen und zum Selbststudium konzipiert. Es soll Inventor-Neulingen einen Einstieg und Überblick über die Arbeitsweise der Software geben, unterstützt durch viele Konstruktionsbeispiele. Es wurde absichtlich darauf verzichtet, anhand einer gigantischen Konstruktion nun unbedingt alle Details des Programms vorführen zu können, sondern die Absicht ist es, in die generelle Vorgehensweise vom Entwurf bis zur Fertigstellung von Konstruktionen einschließlich der Zeichnungserstellung einzuführen. Deshalb werden die grundlegenden Bedienelemente schrittweise anhand verschiedener einzelner Beispielkonstruktionen in den Kapiteln erläutert.

Der Leser wird im Laufe des Lesens einerseits die Befehle und Bedienelemente von Inventor in kleinen Schritten erlernen, aber darüber hinaus auch ein Gespür für die vielen Anwendungsmöglichkeiten entwickeln. Wichtig ist es insbesondere, die Funktionsweise der Software unter verschiedenen praxisrelevanten Einsatzbedingungen kennenzulernen.

In zahlreichen Kursen, die ich für die *Handwerkskammer für München und Oberbayern* abhalten durfte, habe ich erfahren, dass gute Beispiele für die Befehle mehr zum Lernen beitragen als die schönste theoretische Erklärung. Erlernen Sie die Befehle und die Vorgehensweisen, indem Sie gleich Hand anlegen und mit dem Buch vor sich jetzt am Computer die ersten Schritte gehen. Sie finden hier zahlreiche Demonstrationsbeispiele, aber auch Aufgaben zum Selberlösen. Wenn darunter einmal etwas zu Schwieriges ist, lassen Sie es zunächst weg. Sie werden sehen, dass Sie etwas später nach weiterer Übung die Lösungen finden. Benutzen Sie das Register am Ende auch immer wieder zum Nachschlagen.

Umfang des Buches

Das Buch ist in 10 Kapitel gegliedert. Der gesamte Stoff kann, sofern genügend Zeit (ganztägig) vorhanden ist, vielleicht in zwei bis drei Wochen durchgearbeitet werden. Am Ende jedes Kapitels finden Sie Übungsfragen zum theoretischen Wissen. Die Lösungen finden Sie in einem abschließenden Kapitel, sodass Sie sich kontrollieren können. Nutzen Sie diese Übungen im Selbststudium und lesen Sie ggf. einige Stellen noch mal durch, um auf die Lösungen zu kommen.

Sie werden natürlich feststellen, dass dieses Buch nicht alle Befehle und Optionen von Inventor beschreibt. Sie werden gewiss an der einen oder anderen Stelle tiefer einsteigen wollen. Den Sinn des Buches sehe ich eben darin, Sie für die selbstständige Arbeit mit der Software vorzubereiten. Sie sollen die Grundlinien und Konzepte der Software verstehen. Mit dem Studium des Buches haben Sie dann die wichtigen Vorgehensweisen und Funktionen kennengelernt, sodass Sie sich auch

mit den Online-Hilfsmitteln der Software weiterbilden können. Stellen Sie dann weitergehende Fragen an die Online-Hilfe und studieren Sie dort auch Videos.

Für weitergehende Fragen steht Ihnen eine umfangreiche Hilfefunktion in der Software selbst zur Verfügung. Dort können Sie nach weiteren Informationen suchen. Es hat sich gezeigt, dass man ohne eine gewisse Vorbereitung und ohne das Vorführen von Beispielen nur sehr schwer in diese komplexe Software einsteigen kann. Mit etwas Anfangstraining aber können Sie dann leicht Ihr Wissen durch Nachschlagen in der Online-Dokumentation oder über die Online-Hilfen im Internet erweitern, und darauf soll Sie das Buch vorbereiten.

Über die E-Mail-Adresse `DRidder@t-online.de` erreichen Sie mich bei wichtigen Problemen direkt. Auch für Kommentare, Ergänzungen und Hinweise auf eventuelle Mängel bin ich dankbar. Geben Sie als Betreff dann immer den Buchtitel an.

Schreibweise für die Befehlsaufrufe

Da die Befehle auf verschiedene Arten eingegeben werden können, die Multifunktionsleisten sich aber wohl als normale Standardeingabe behaupten, wird hier generell die Eingabe für die Multifunktionsleisten beschrieben, sofern nichts anderes erwähnt ist. Ein typischer Befehlsaufruf wäre beispielsweise `SKIZZE|ZEICHNEN|LINIE (REGISTER|GRUPPE|FUNKTION)`.

Oft gibt es in den Befehlsgruppen noch Funktionen mit Untergruppierungen, sogenannte Flyouts, oder weitere Funktionen hinter der Titelleiste der Gruppe. Wenn solche aufzublättern sind, wird das mit dem Zeichen ▼ angedeutet.

Verwendung einer Testversion

Sie können sich über die Autodesk-Homepage www.autodesk.de eine Testversion für 30 Tage herunterladen. Diese dürfen Sie ab Installation 30 aufeinanderfolgende Tage (Kalendertage) zum Testen benutzen. Der 30-Tage-Zeitrahmen für die Testversion gilt strikt. Eine Deinstallation und Neuinstallation bringt keine Verlängerung des Zeitlimits, da die Testversion nach einer erstmaligen Installation auf Ihrem PC registriert ist. Für produktive Arbeit müssen Sie dann eine kostenpflichtige Lizenz erwerben.

Downloads zum Buch

Auf der Webseite des Verlags können Sie zusätzlich zu den Anleitungen und Zeichnungen im Buch die vollständigen Projekte der 3D-Beispiele inklusive der Bauteile, Baugruppen und Zeichnungen kostenlos herunterladen.

Außerdem werden hier weiterführende Themen als PDF-Dateien angeboten:

Unter »Kapitel 11.pdf« finden Sie kurze Einführungen zu den Themen Blechteile, Wellengenerator, Schweißen und Interoperabilität mit Revit und Fusion.

Unter »Kapitel 12.pdf« gibt es eine kurze Einführung in die Programmierung von Variantenteilen mit iLogic.

Besuchen Sie hierzu www.mitp.de/0594 und wählen sie den Reiter DOWNLOADS aus.

Wie geht's weiter?

Mit einer Inventor-Testversion, dem Buch und den hier gezeigten Beispielkonstruktionen hoffe ich, Ihnen ein effektives Instrumentarium zum Erlernen der Software zu bieten. Benutzen Sie auch den Index zum Nachschlagen und unter Inventor die Hilfefunktion zum Erweitern Ihres Horizonts. Dieses Buch kann bei Weitem nicht erschöpfend sein, was den Befehlsumfang von Inventor betrifft. Probieren Sie daher immer wieder selbst weitere Optionen der Befehle aus, die ich in diesem Rahmen nicht beschreiben konnte. Konsultieren Sie auch die Hilfefunktion von Inventor, um tiefer in einzelne Funktionen einzusteigen. Arbeiten Sie viel mit Kontextmenüs und den dynamischen Icons.

Das Buch hat gerade durch die Erstellung der vielen Illustrationen viel Mühe gekostet, und ich hoffe, Ihnen als Leser damit eine gute Hilfe zum Start in das Thema Inventor 2023 zu geben. Ich wünsche Ihnen viel Erfolg und Freude bei der Arbeit mit dem Buch und der Inventor-Software.

Detlef Ridder

Germering, 16.6.2022

Vorüberlegungen zu einfachen 3D-Konstruktionen

In diesem einleitenden Kapitel wird in die Vorgehensweise des Inventor-Programms und die grundlegende Benutzung eingeführt. Nach prinzipiellen Betrachtungen lernen Sie den Inventor-Bildschirm mit seinen Bedienelementen anhand mehrerer Beispiele kennen.

Zuerst geht es darum, dass Sie sich eine Vorgehensweise für das aktuelle Problem überlegen. Hierzu finden Sie am Anfang einige prinzipielle Überlegungen zur Lösung dreidimensionaler Aufgaben mit Inventor.

Zur Einleitung folgt deshalb eine Präsentation der grundlegenden Konstruktionsprinzipien bei Inventor. Sie erfahren, wie ein Modell aufgebaut werden kann. Diese vorgeschlagenen Wege sind durchaus nicht immer zwingend. Zu einer Konstruktionsaufgabe gibt es immer verschiedene Vorgehensweisen. Was Ihnen dabei als einfacher oder logischer erscheint, müssen Sie dann entscheiden. Aber schauen wir uns zuerst die Möglichkeiten an, die Inventor bietet. Danach folgen einige einfache Konstruktionen, bei denen Sie dann sofort mitmachen können.

Dabei werden Sie merken, dass abgesehen vom Grundlagenwissen noch viele weitere Details des Programms beherrscht werden müssen. Diese detaillierteren Themen werden dann in den nachfolgenden Kapiteln erläutert.

1.1 Die Phasen der Inventorkonstruktion

In INVENTOR werden dreidimensionale Mechanikteile in folgenden Schritten erstellt:

1. Erstellung der einzelnen 3D-Volumenkörper,
2. *Zusammensetzen* der Körper zur Baugruppe einschließlich der Bewegungsmöglichkeiten und
3. *Ableiten der Zeichnungsansichten* einzelner Komponenten und/oder des gesamten Mechanismus als Baugruppe.
4. Erstellen einer *animierten Explosionsdarstellung*, auch als PRÄSENTATION bezeichnet.

In jedem Schritt des Konstruktionsablaufs entstehen dadurch auch Dateien mit ganz spezifischen Endungen:

1. Die *Volumenkörper* werden in *.ipt-Dateien gespeichert. Hinter der Abkürzung steht der Begriff »*Inventor-ParT*«, kurz IPT oder deutsch *Bauteil* (Abbildung 1.1).

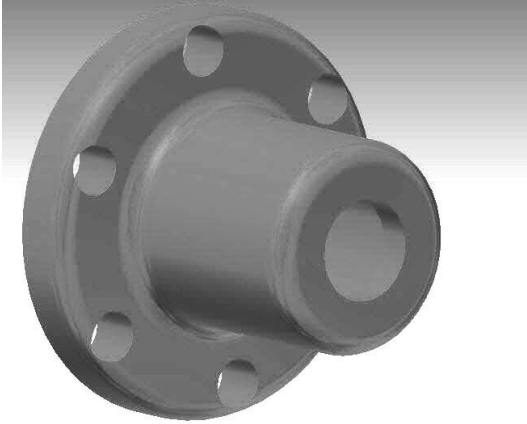


Abb. 1.1: Ein Bauteil (*.ipt-Datei)

2. Für die *Baugruppen* heißen die Dateien *.iam, das steht für »*Inventor-AsseMbly*« (Abbildung 1.2).

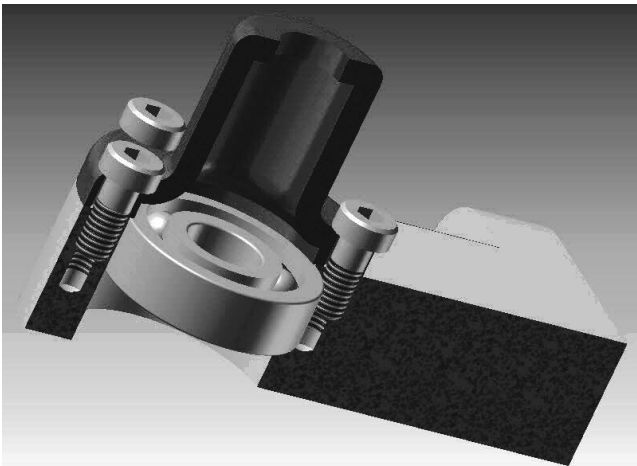


Abb. 1.2: Eine Baugruppe (*.iam-Datei) im Halbschnitt

3. Die abgeleiteten *Zeichnungsdateien* sind *.dwg-Dateien, eigentlich das Dateiformat von AutoCAD (DWG steht für »*Dra WinG*«), das Format *.idw für »*Inven*

tor-DraWing« ist nicht mehr die Standard-Vorgabe, weil das DWG-Format universeller ist. Zeichnungsdateien können von Bauteilen und/oder Baugruppen erstellt werden (Abbildung 1.3, Abbildung 1.4)

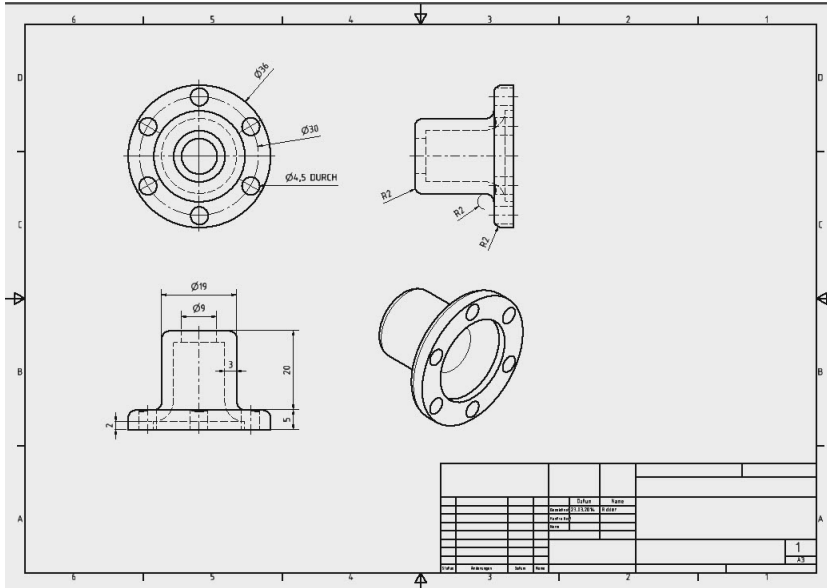


Abb. 1.3: Die technische Zeichnung eines Bauteils (* .dwg-Datei)

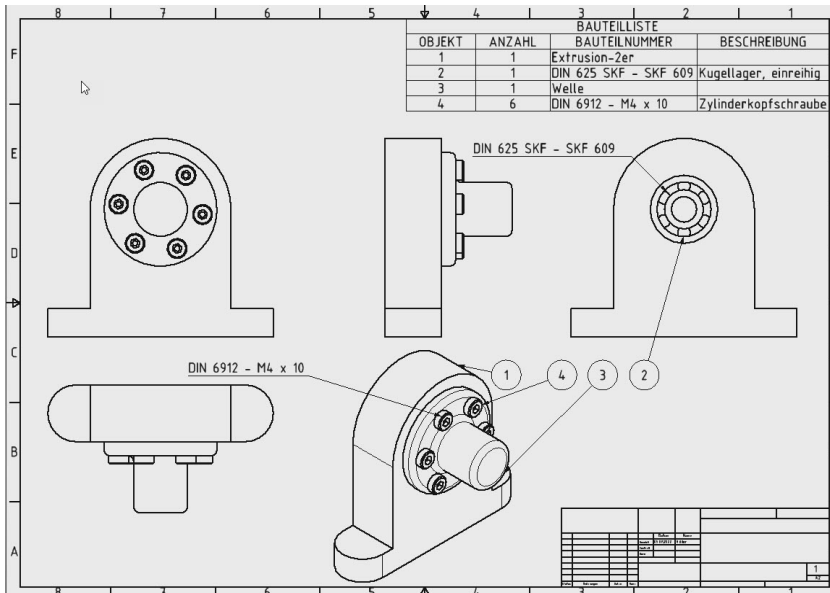


Abb. 1.4: Zeichnung für eine Baugruppe mit Stückliste und Positionsnummern

4. Die Explosionsdarstellung entsteht in einer *.ipn-Datei. Die Endung steht für »Inventor-Presentation«, kurz IPN (Abbildung 1.5). Auch aus einer Präsentation kann eine Zeichnung erstellt werden (Abbildung 1.6).

Zunächst soll in den ersten Kapiteln die Erstellung von 3D-Bauteilen geschildert werden. Dann folgt die Zeichnungsableitung und am Ende die Darstellung für den Zusammenbau der Baugruppen.

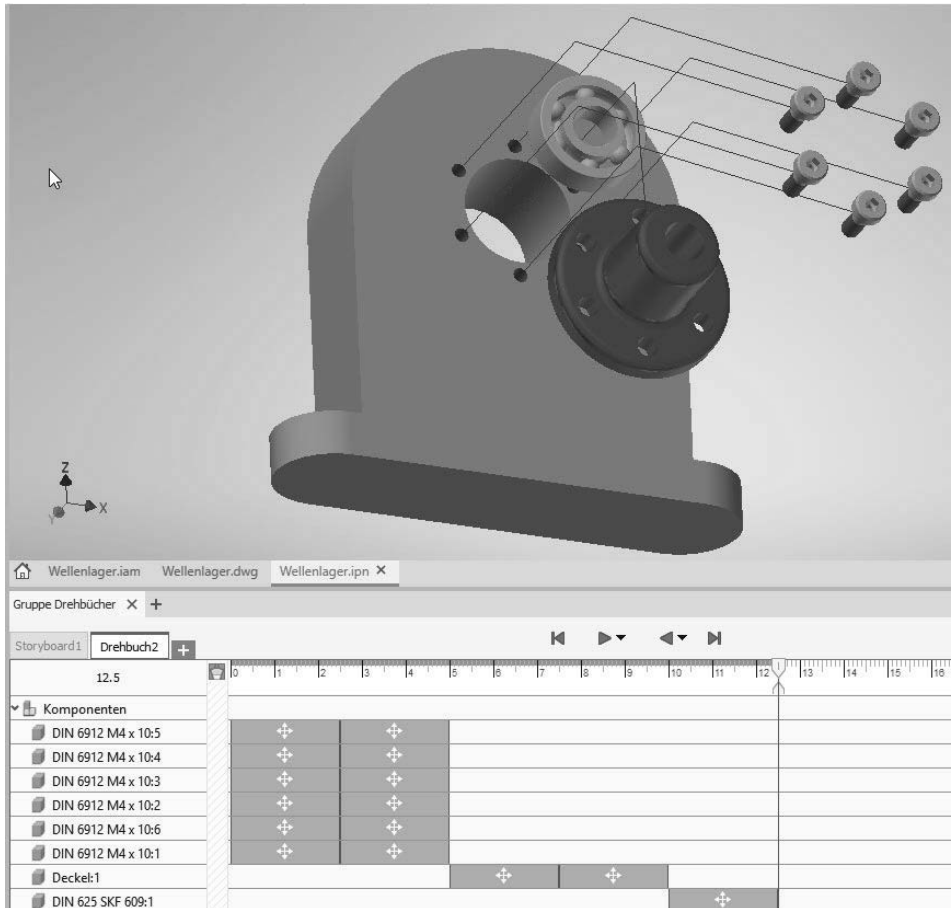


Abb. 1.5: Präsentation mit Animationspfaden und Drehbuch (unten)

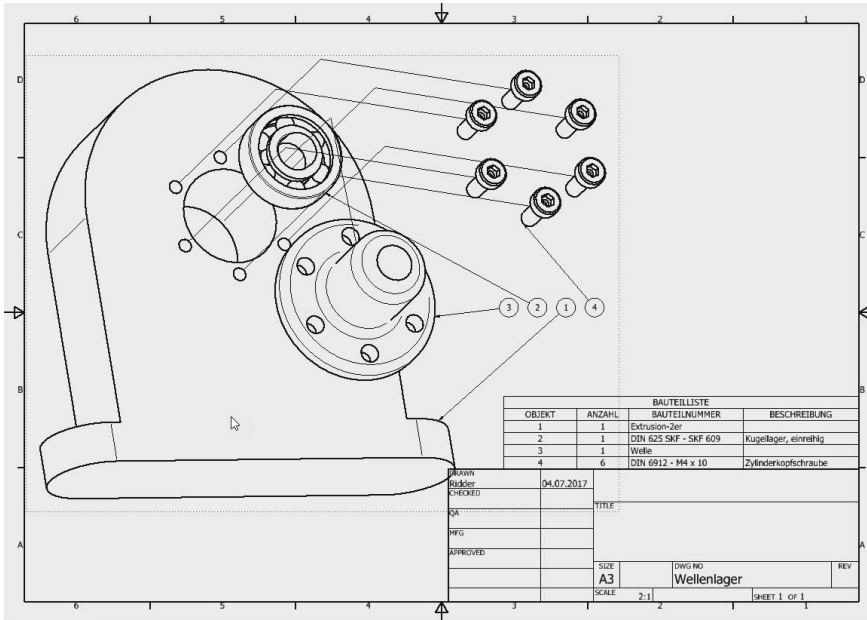


Abb. 1.6: Zeichnung der Explosionsansicht mit Positionsnummern und Stückliste

1.2 Wie entsteht ein 3D-Modell?

Um einen komplexen dreidimensionalen Gegenstand konstruktiv zu erstellen, ist es notwendig, sich eine Vorstellung vom schrittweisen Aufbau aus einfacheren Grundelementen zu machen. Diese Grundelemente können einfache *Grundkörper* sein, zweidimensionale *Konturen*, die durch *Bewegung* eine dritte Dimension erhalten, eventuell auch *Flächen* oder eine Art knetbare Volumenkörper, sogenannte *Freiformelemente*.

1.2.1 Grundkörper

Inventor bietet vier einfache *Grundkörper* an: QUADER, ZYLINDER, KUGEL und TORUS (Abbildung 1.7).

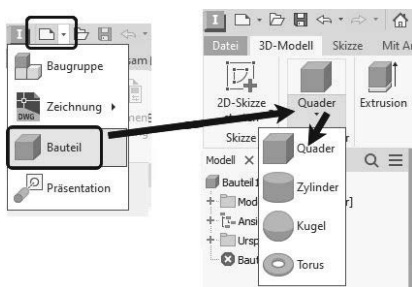



Abb. 1.7: Grundkörper in Inventor





Die Gruppe GRUNDKÖRPER ist allerdings vorgabemäßig nicht aktiv. Um sie zu aktivieren, können Sie auf einen der *Gruppentitel* am unteren Rand der *Multifunktionsleiste* mit der rechten Maustaste klicken, im Menü dann GRUPPEN ANZEIGEN anklicken und GRUNDKÖRPER mit einem Häkchen versehen (Abbildung 1.8).




Abb. 1.8: Gruppe GRUNDKÖRPER aktivieren

Beim ersten Volumenkörper müssen Sie aus den drei orthogonalen Ebenen die gewünschte Konstruktionsebene aussuchen und anklicken. Hier wird üblicherweise die XY-Ebene gewählt. Danach ist noch der Mittelpunkt des Körpers anzugeben, beim ersten Element meist der Nullpunkt. Dann folgen die Abmessungen wie Länge, Breite oder Radius und die Höhe in Z-Richtung.

Für jeden weiteren Körper ist wieder eine Konstruktionsebene – meist eine Fläche eines bestehenden Körpers – und eine Position zu wählen. Dann sind die Abmessungen einzugeben, dabei ist auch die Richtung für die Z-Ausdehnung zu beachten, und dann ist anzugeben, in welcher Art der neue Körper mit bereits vorhandenen kombiniert werden soll. Es gibt insgesamt vier Möglichkeiten . Die ersten drei davon werden auch als *boolesche Operationen* bezeichnet, weil sie aus der Mengenlehre stammen:

- VEREINIGUNG  – ein Volumenkörper wird additiv hinzugefügt, wobei eine Überlagerung von Volumen ignoriert wird,
- DIFFERENZ  – ein Volumenkörper wird subtraktiv hinzugefügt, das heißt, das Volumen wird abgezogen, wo Überlappung auftritt. Man kann das auch als Ausklinkung bezeichnen.
- SCHNITTMENGE  – von den neuen und dem bereits existierenden Volumenkörper wird nur der Bereich beibehalten, wo beide überlappen.
- NEUER VOLUMENKÖRPER  – das neue Volumen bleibt von bestehenden getrennt, wobei eventuelle Überlappungen zu keinem Fehler führen. Eine Kombination mit den booleschen Operationen kann dann auch *später* erfolgen.

So können diese Körper nun zu einem Gesamtkörper zusammengefügt werden (Abbildung 1.9). Für den ersten Volumenkörper gibt es nur die Option NEUER VOLUMENKÖRPER .

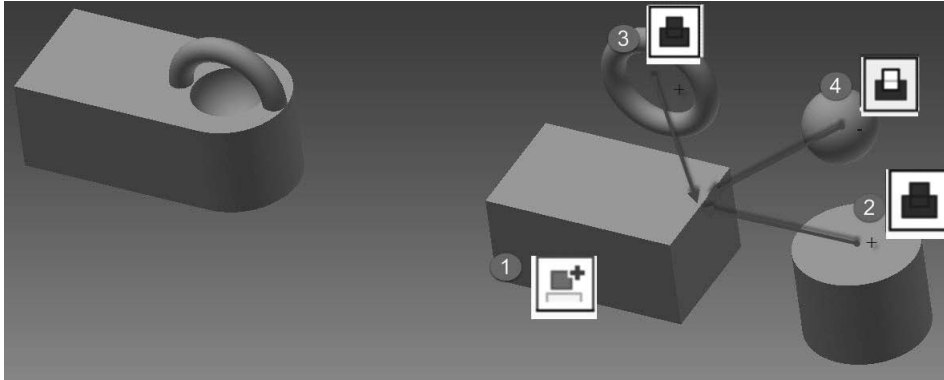


Abb. 1.9: Zusammensetzung eines 3D-Modells aus Grundkörpern

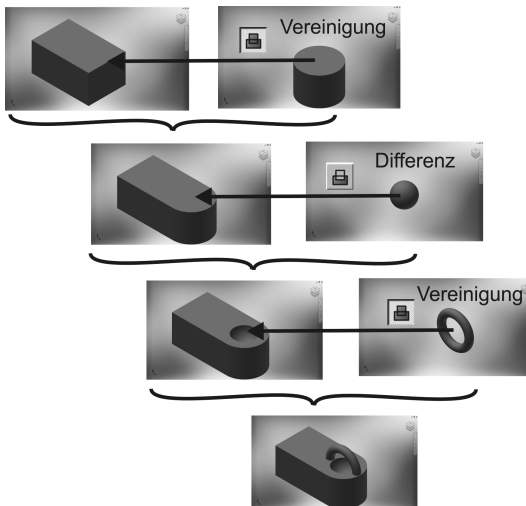


Abb. 1.10: Schrittweiser Zusammenbau aus den Grundkörpern

1.2.2 Bewegungskörper

Die meisten 3D-Teile werden aus zweidimensionalen geschlossenen *Profilen* durch *Bewegung* erzeugt. Generell nennt man solche Modelle auch *Bewegungskörper*. Im Prinzip sind auch die Grundkörper so entstanden.

Profile

Das wichtigste Element eines Bewegungskörpers ist ein *Profil*. Darunter versteht man eine oder mehrere einfach geschlossene Konturen. *Einfach* bedeutet, dass sich jede Einzelkontur nicht selbst überschneiden darf, also beispielsweise nicht die Form einer Acht haben darf. In den Icons der Bewegungsbefehle sind die zugrunde liegenden *Profile* durch eine weiße Fläche angedeutet (siehe Abbildung 1.11).

Mehrere Konturen

Wenn ein Profil aus mehreren Konturen besteht, muss jede für sich einfach sein. Um ein Gebilde in Form einer Acht zu verarbeiten, muss nur dafür gesorgt sein, dass es zwei einzelne Konturen sind, die sich zwar punktuell berühren dürfen, aber keine übergreifenden Begrenzungskurven aufweisen.

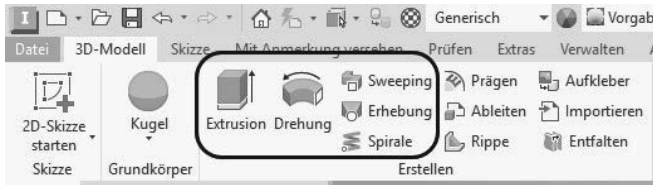


Abb. 1.11: Bewegungskörper in Inventor

Das *Profil* wird als zweidimensionale Konstruktion erstellt und als SKIZZE bezeichnet. Inventor achtet besonders darauf, dass diese Skizze vollständig bemaßt ist und auch sonst durch seine geometrischen Abhängigkeiten vollständig und eindeutig bestimmt ist. Sobald jeweils ein Teil der Kontur geometrisch durch Maße und/oder Abhängigkeiten eindeutig bestimmt ist, zeigt die Farbe das an, indem sie von Grün nach Dunkelblau wechselt (bei Benutzung des Standard-Farbschemas).

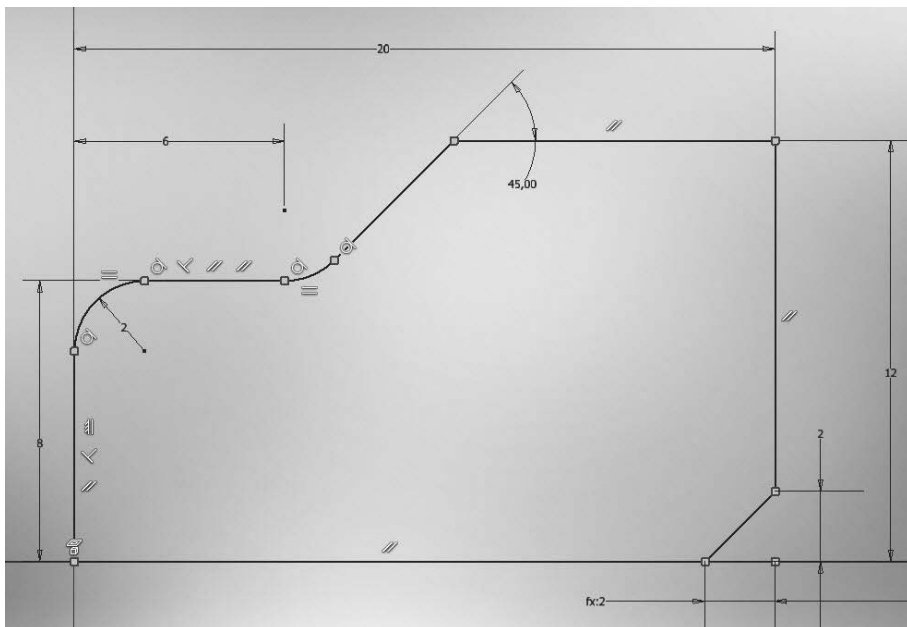



Abb. 1.12: Zweidimensionale vollständig bestimmte Skizze mit angezeigten geometrischen Abhängigkeiten

Extrusion

Die häufigste Art der Bewegung ist die lineare Bewegung eines Profils. Diese 3D-Modellierung wird als *Extrusion*  oder auch *Austragung* bezeichnet.

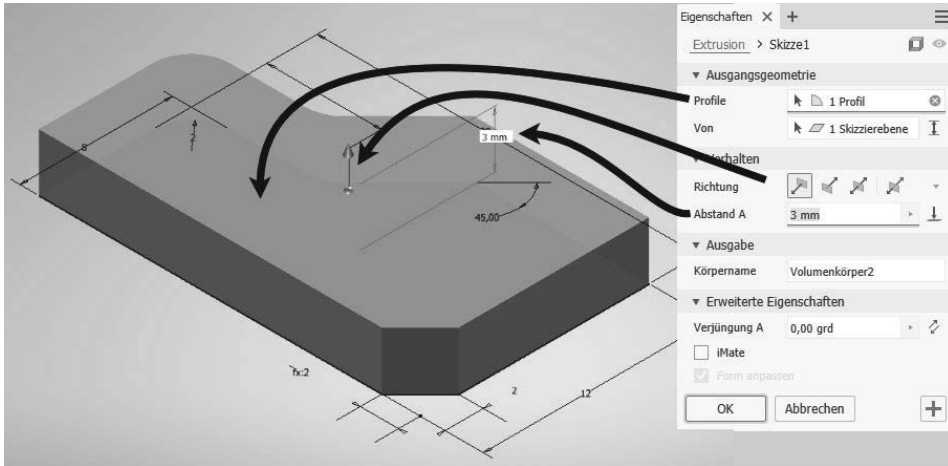



Abb. 1.13: Extrusion eines 2D-Profiles zum 3D-Volumenkörper

Drehung

Ein zweidimensionales Profil kann aber auch um eine Achse gedreht werden, um einen 3D-Volumenkörper zu erzeugen. Die Achse kann die Begrenzung des Teils bilden oder außerhalb liegen. Die Aktion wird üblicherweise als *Drehung*  bezeichnet oder auch als *Rotation*.

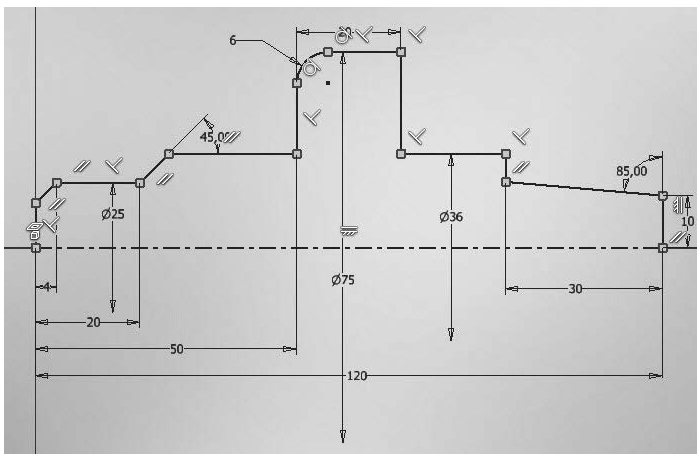


Abb. 1.14: Zweidimensionales Profil mit einer Rotationsachse mit vollständiger Bemaßung und geometrischen Abhängigkeiten

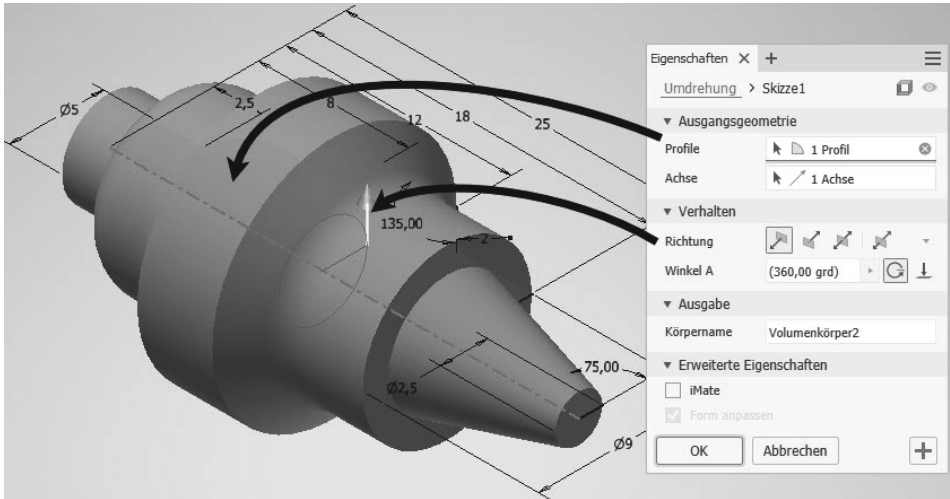


Abb. 1.15: Mit Funktion DREHUNG erzeugtes Rotationsteil

Sweeping

Ein komplexerer Volumenkörper kann durch Bewegung eines *Profils* entlang eines zwei- oder dreidimensionalen *Pfads* erzeugt werden. Hierfür ist der englische Begriff *Sweeping* üblich.

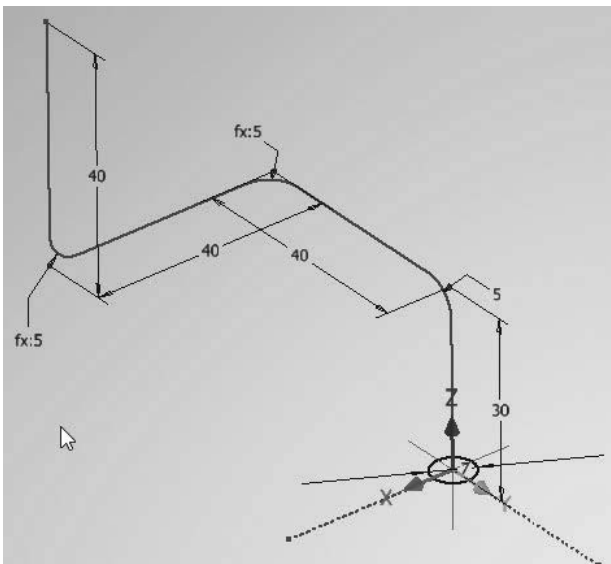


Abb. 1.16: Geschlossene 2D-Skizze (Kreis) für das Profil und 3D-Skizze für den Pfad

Beispielsweise können Rohrleitungen damit leicht aus einem kreisrunden Querschnittsprofil und einer dreidimensionalen Leitkurve erstellt werden. Die Leitkurve wird als *Pfad* bezeichnet.

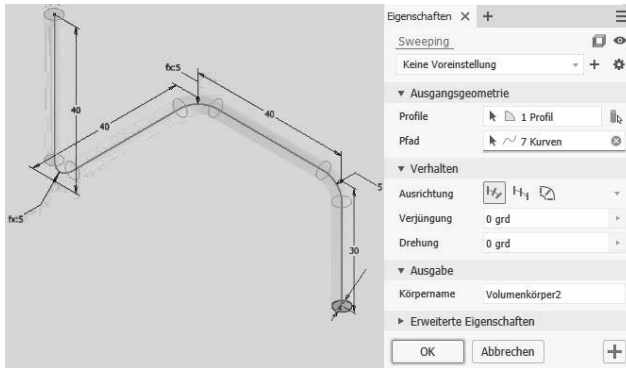


Abb. 1.17: Rohrleitung erstellt mit der Funktion SWEEPING aus Profil und Pfad

Lofing oder Erhebung

Aus der konventionellen Konstruktionsweise von Schiffsrümpfen und Flugzeugkomponenten wie Rümpfen oder Tragflächen kommt eine weitere komplexe Formgebung für 3D-Körper, das *Lofing*. *Lofing* bedeutet die Erzeugung von Volumenkörpern aus vorgegebenen Querschnitten, üblicherweise als *Spanten* bezeichnet. Hierzu sind mehrere geschlossene Profile über- oder hintereinander nötig. Die Eindeutschung führte bei Autodesk zu dem Begriff ERHEBUNG. Mit der Funktion ERHEBUNG werden diese Profile dann in der richtigen Reihenfolge angewählt, und der Volumenkörper entsteht als geglätteter oder linearer Übergang von Profil zu Profil.

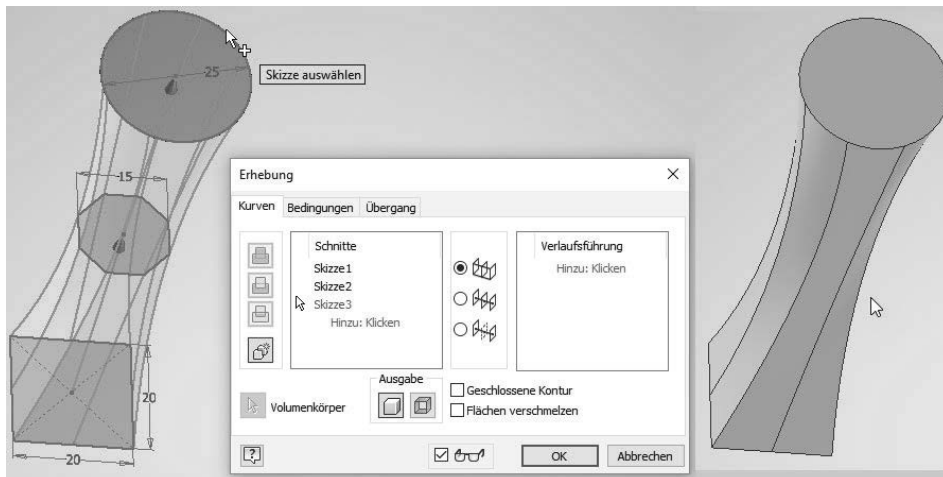



Abb. 1.18: Drei Profilskizzen zur Erstellung eines Lofing-Körpers

Spirale

Der Befehl SPIRALE  ist eine spezielle Form des SWEEPINGS. Es entsteht praktisch dasselbe, als ob Sie ein Profil entlang einer Spiralkurve sweepen. Da aber Spiralen und Wendeln im technischen Bereich für Schrauben, Federn usw. eine wichtige Rolle spielen, wurde speziell für den Fall eines solchen Sweeps der besondere Befehl SPIRALE geschaffen. Hierbei ist als definierende Geometrie nämlich nur eine einzige Skizze mit einer Achse und dem Profil nötig, die beide in einer Ebene liegen.

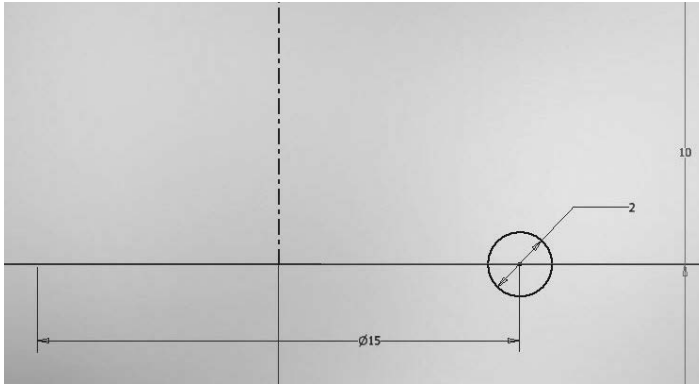


Abb. 1.19: Skizze mit Achse und Kreis-Profil für Spirale

Der Abstand von der Achse definiert schon den Radius der Spirale oder Wendel und die restliche Form wird dann über einen Dialog festgelegt. Natürlich sind auch Übergangsformen zwischen Spirale und Wendel möglich, wie die konische Wendel, sowie die für Spiralfedern nötige Gestaltung der Endstücke.

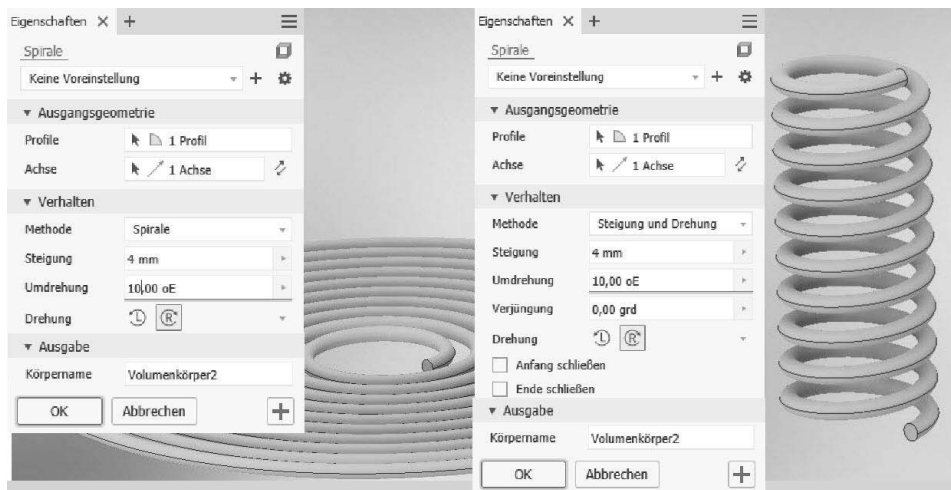





Abb. 1.20: Spirale und Wendel mit Dialogfeldern

Boolesche Operationen

Die bisher beschriebenen Körperformen können nun wie oben schon die Grundkörper miteinander kombiniert werden, mit VEREINIGUNG , DIFFERENZ  und SCHNITTMENGE . Man nennt sie *boolesche Operationen* nach einem der Väter der Mengenlehre, weil sie wie die gleichnamigen Funktionen der Mengenlehre definiert sind.





- Bei der Operation VEREINIGUNG  werden die einzelnen Volumenkörper überlagert, sodass ein neuer Gesamtkörper entsteht. Teile der Körper, die überlappen, tragen dabei zum Gesamtvolumen nur einfach bei.
- Bei der DIFFERENZ  gibt es ein *Basisteil*, von dem ein zweites Teil, das sogenannte *Arbeitsteil*, abgezogen wird. Vom Basisteil wird also der Überlappungsbereich entfernt.
- Bei der SCHNITTMENGE  bleibt von den beteiligten Körpern nur der Teil übrig, an dem sie überlappen.



Abb. 1.21: Boolesche Operationen VEREINIGUNG, DIFFERENZ und SCHNITTMENGE

Das Kombinieren der einzelnen Volumenkörper kann direkt schon bei der Erzeugung geschehen. So können Sie beim Extrudieren eines zweiten Profils angeben, welche der booleschen Operationen in Zusammenhang mit dem vorher schon erzeugten Volumenkörper angewendet werden soll (Abbildung 1.22). Im Beispiel wurde die zweite Extrusion von der Skizzierebene aus nach vorn und nach hinten  ausgeführt.

Alternativ können Sie die zweite Extrusion aber auch als separaten Volumenkörper erzeugen lassen. Dadurch entsteht dann ein sogenanntes Multipart-Teil (Abbildung 1.23). Dann können Sie später noch mit dem Befehl 3D-MODELL|KOMBINIEREN die nötigen booleschen Operationen ausführen lassen (Abbildung 1.24 oben).

Kapitel 1

Vorüberlegungen zu einfachen 3D-Konstruktionen

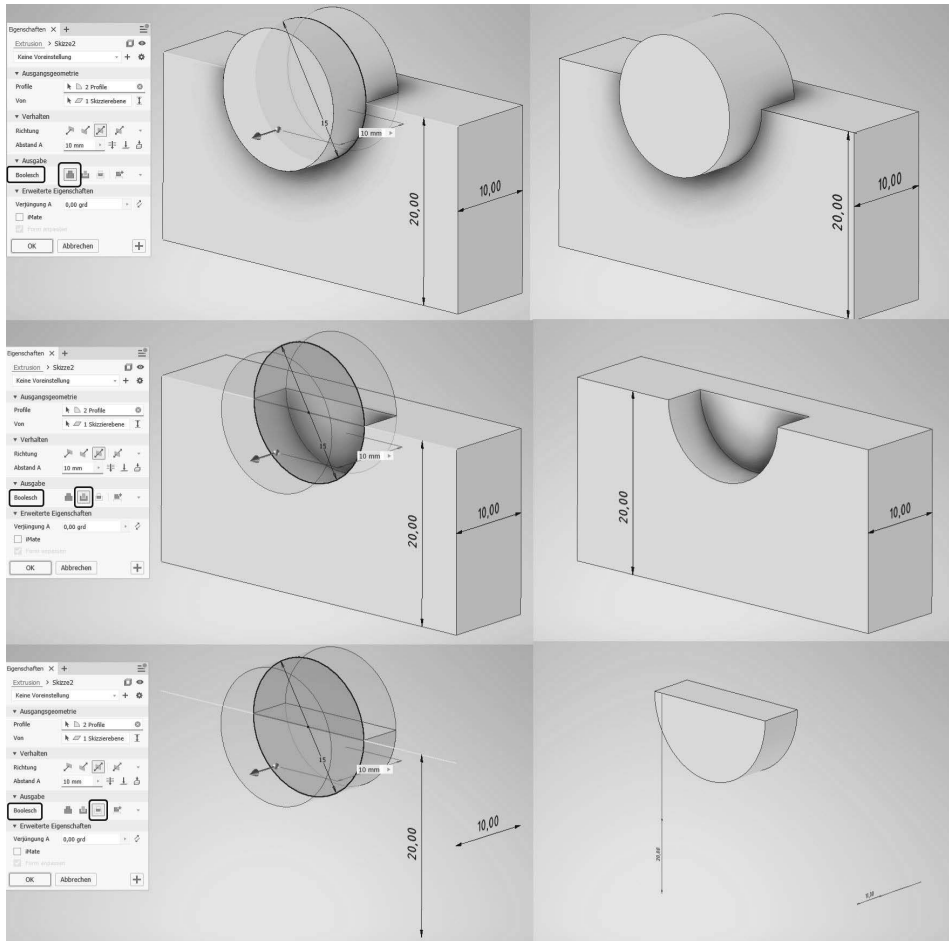


Abb. 1.22: Wirkung der booleschen Operationen

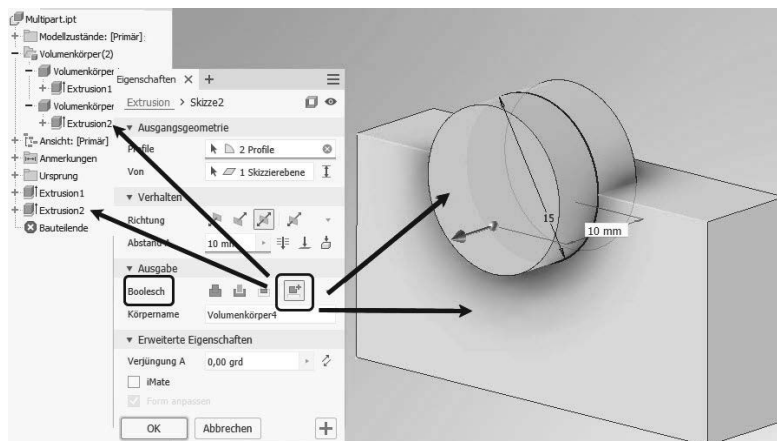


Abb. 1.23: Multipart-Teil mit zweitem Volumenkörper als eigenständiges Teil

Es gibt mehrere Gründe, Multipart-Teile zu erzeugen. Einmal kann es sein, dass beide oder mehrere Teile später noch einer gemeinsamen Oberflächen-Modellierung unterzogen werden sollen. Andererseits ist es oft auch sinnvoll, ein neues Teil unter Berücksichtigung von Bezugskanten eines schon bestehenden Teils zu erstellen. Man spricht dann auch von einer Layout-Konstruktion. Eine Multipart-Konstruktion kann mit VERWALTEN|KOMONENTEN ERSTELLEN auch nachträglich dann wieder in ihre Einzelteile zerlegt werden (Abbildung 1.24 unten).



Abb. 1.24: Befehle KOMBINIEREN und KOMponentEN ERSTELLEN für Multipart-Konstruktionen

Um nun also mit den verfügbaren Konstruktionsweisen aus Grundkörpern und Bewegungskörpern praxisrelevante 3D-Teile zu erzeugen, muss der Konstrukteur analysieren, welche dieser Vorgehensweisen jeweils anzuwenden ist, damit mittels der booleschen Operationen die gewünschten Teile daraus zusammengebaut werden können.

1.2.3 Erstellung aus Flächen durch Verdicken

Volumenkörper können auch noch auf andere Arten erstellt werden. Dazu zählt die Generierung aus einer dreidimensionalen Fläche, der eine Dicke zugeordnet wird: 3D-MODELL|VERDICKUNG/VERSATZ.



Abb. 1.25: Funktion 3D-MODELL|VERDICKUNG

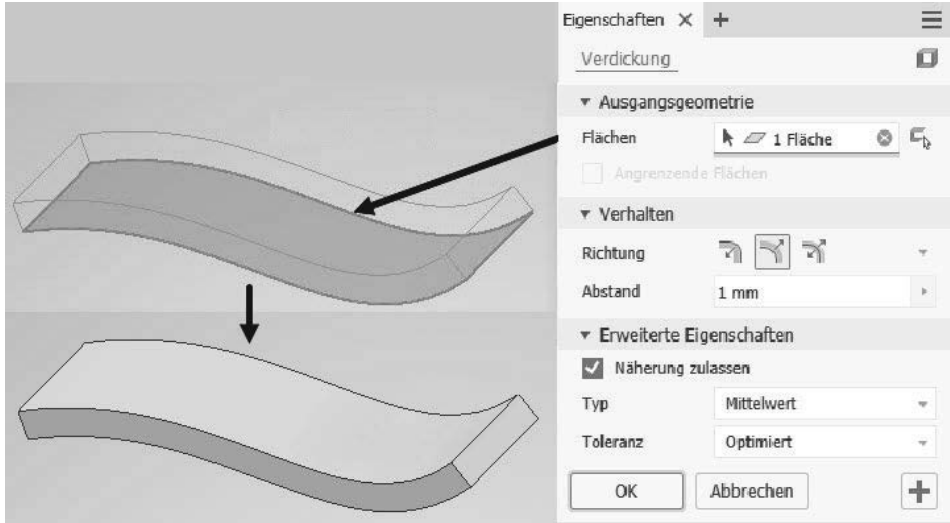


Abb. 1.26: Links: Fläche als Extrusion eines offenen Profils, rechts: Volumenkörper durch Verdicken der Fläche

1.2.4 Erstellung aus geschlossenem Flächenverbund

Auch aus einer Anzahl von Flächen, die einen Volumenbereich *wasserdicht* einschließen, kann dieses Volumen erzeugt werden mit der Funktion 3D-MODELL|OBERFLÄCHE|FORMEN.

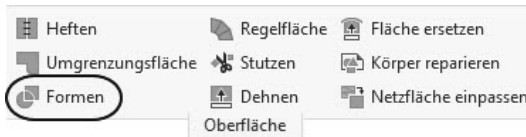


Abb. 1.27: Funktion 3D-MODELL|OBERFLÄCHE|FORMEN

Tipp: Vollständige Anzeige einer Gruppe

Die Gruppen einer Multifunktionsleiste sind oft komprimiert in der Leiste dargestellt. Sie können aber eine Gruppe am Gruppentitel mit gedrückter Maustaste aus der Leiste herausziehen. Dann werden auch die Texte ausführlicher angezeigt. Um eine Gruppe wieder anzudocken, gehen Sie mit dem Cursor an die rechte Kante, bis der Randbereich erscheint, und klicken dann auf das kleine Werkzeug rechts oben auf dem Rand.

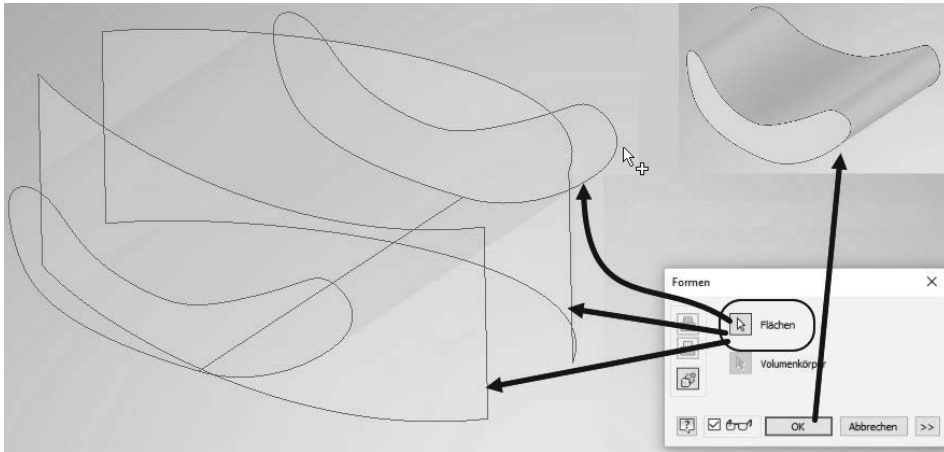


Abb. 1.28: Links: drei Flächen, die wasserdicht einen Volumenbereich einschließen, rechts: mit Formen daraus erstelltes Volumen

1.2.5 Erstellung aus Freiform-Geometrie

Sie können im Register 3D-MODELL in der Gruppe FREIFORM ERSTELLEN auch Möglichkeiten zur Erstellung von *Freiform-Grundkörpern* und *-Flächen* benutzen.

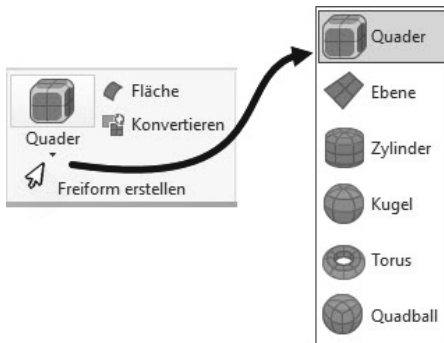


Abb. 1.29: Grundkörper für Freiform-Geometrien

Diese Grundkörper können Sie nach Erstellung in einer extra Multifunktionsleiste FREIFORM mit verschiedensten Hilfsmitteln bearbeiten. In Abbildung 1.31 ist aus dem ursprünglichen Freiform-Quader durch Umformungen fast ein Auto geworden.

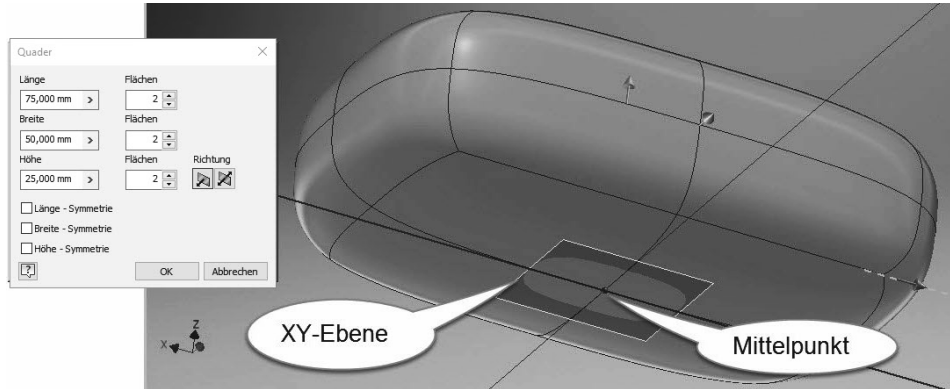


Abb. 1.30: Freiform-Quader mit Grundeinstellungen

Um diese Freiform-Geometrie mit den normalen Grundkörpern oder Bewegungskörpern zu kombinieren, benutzen Sie die Funktion 3D-MODELL|ÄNDERN|KOMBINIEREN. So wurden hier von dem Freiform-Körper die beiden Zylinder mit einer Differenz-Operation abgezogen, um die Radaussparungen in die Karosserie einzusetzen.

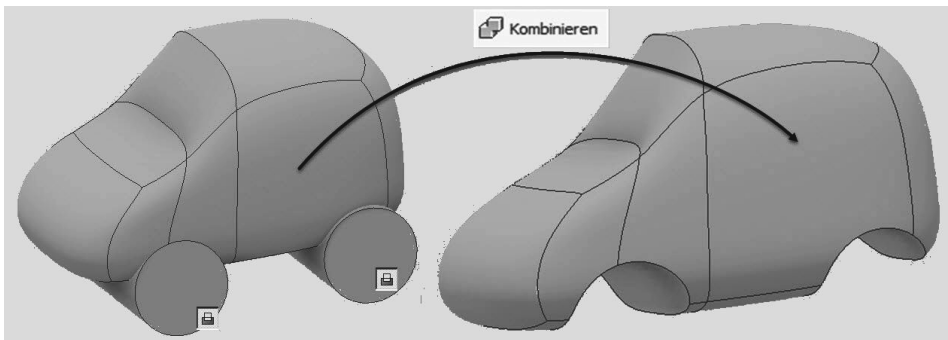


Abb. 1.31: Modifizierte Freiformgeometrie kombiniert mit Zylindern durch Differenzbildung

1.3 Analyse der Aufgabe vor der Konstruktion

Bevor Sie also mit einer 3D-Konstruktion beginnen, sollten Sie überlegen, aus welchen der oben gezeigten Komponenten bzw. mit welchen Verfahren das gewünschte Volumen zusammengesetzt werden kann. Diese Analyse muss nicht bei jedem einzelnen Konstrukteur zum gleichen Ergebnis führen. Es gibt in der Regel oft mehrere Möglichkeiten, einen komplexen Körper zusammenzusetzen. Bevor Sie sich für die eine oder andere Variante entscheiden, sollten Sie an zwei weitere Bedingungen denken. Die Konstruktion sollte so gestaltet sein, dass sie

1.3.1 Modellierung aus Grundkörpern und Bewegungskörpern

3. Zylinder mit Differenz

1. Grundkörper

4. Skizziertes Profil wird extrudiert

2. Zylinder in anderer Ebene mit Vereinigung

1. Skizziertes Profil extrudiert

2. Skizziertes Profil rotiert und vereinigt

3. Skizziertes Profil extrudiert und vereinigt

In der unteren Hälfte werden alle Komponenten aus skizzierten Profilen heraus erzeugt. Das erste Profil enthält gleich zwei Kreise und daraus entsteht durch Extrusion dann der Ring. Die zweite Skizze wird mit dem Befehl DREHUNG rotiert. Das dritte Profil wird in der gleichen Ebene erzeugt, dann extrudiert und wie alles hier mit VEREINIGUNG hinzugefügt. Alle drei Profile können in derselben Ebene liegen, da die Extrusion gleichzeitig noch oben und unten symmetrisch erfolgen kann.

1.3.2 Modell aus zwei Extrusionen

Einfache Teile können beispielsweise aus nur zwei Profilen, die meist senkrecht zueinanderstehen, durch Extrusion erstellt werden. Das erste ovale Profil entsteht in der XY-Ebene und wird in Z-Richtung extrudiert. Senkrecht dazu erstellen Sie die zweite Skizze in der XZ-Ebene bzw. der Teilefläche und extrudieren es mit der Option **SCHNITTMENGE** in Y-Richtung.

Dass die zweite Skizze dabei teilweise »in der Luft hängt«, spielt hier keine Rolle. Sie dürfte sogar komplett über der Teilefläche mit einem Abstand schweben. Das fertige Teil zeigt Abbildung 1.37. Die Extrusion des zweiten Profils stantzt den Umriss praktisch aus dem Teil heraus. Von dieser Vorstellung leitet sich auch die Bezeichnung »Stanzmodell« für dieses Verfahren zur 3D-Modellierung ab.

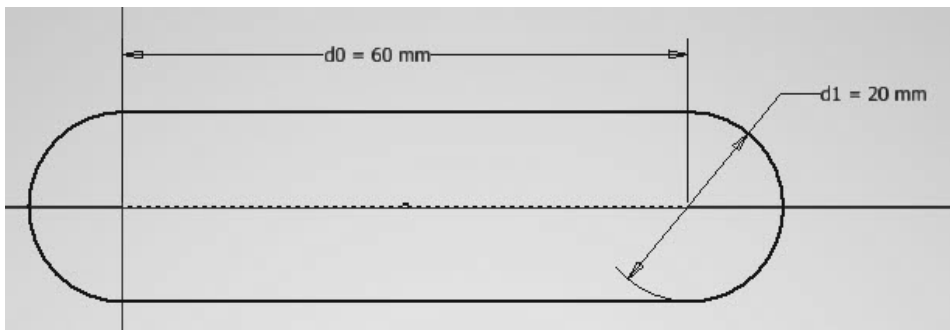


Abb. 1.33: Erste Skizze in der Ansicht OBEN

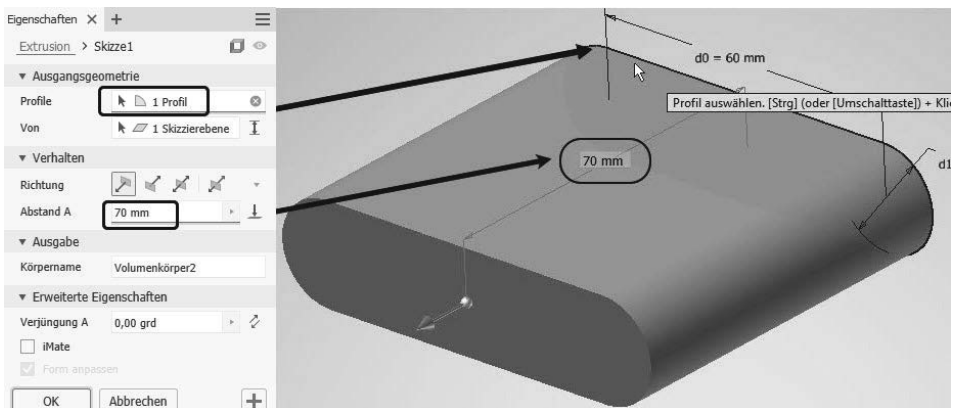


Abb. 1.34: Extrusion des ersten Profils

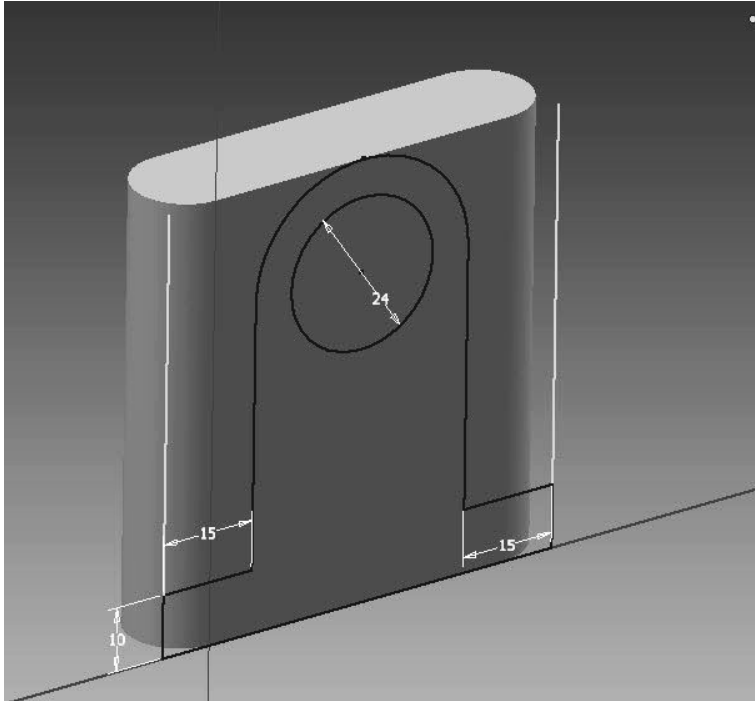


Abb. 1.35: Skizze für zweite Extrusion

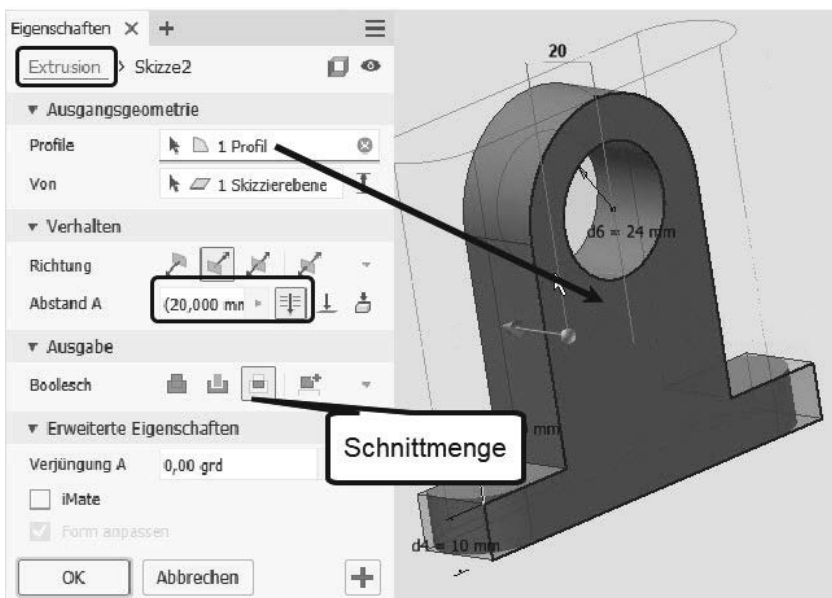


Abb. 1.36: Extrusion des zweiten Profils, Zusammenfügung mit der ersten Extrusion mit der Operation SCHNITTMENGE

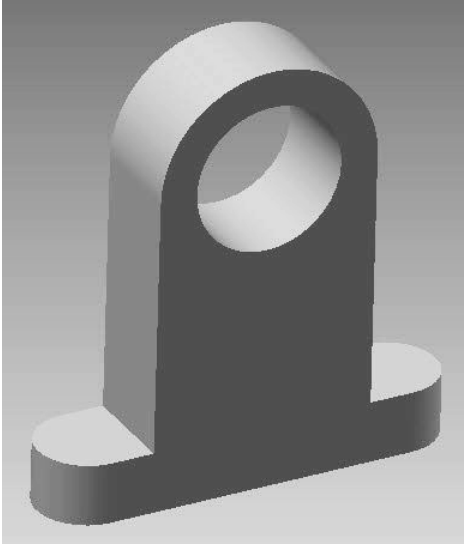


Abb. 1.37: Fertiges Bauteil

1.3.3 Modell aus drei 2D-Darstellungen (Dreitafelbild)

Auch aus einem zweidimensionalen Dreitafelbild (Abbildung 1.38) kann man unter Umständen einen dreidimensionalen Gegenstand erstellen. Die Abbildung zeigt die Ansichten VORNE, OBEN und LINKS für ein Gestell. Im zweiten Schritt wurden die Ansichten in die dazugehörige 3D-Position gedreht.

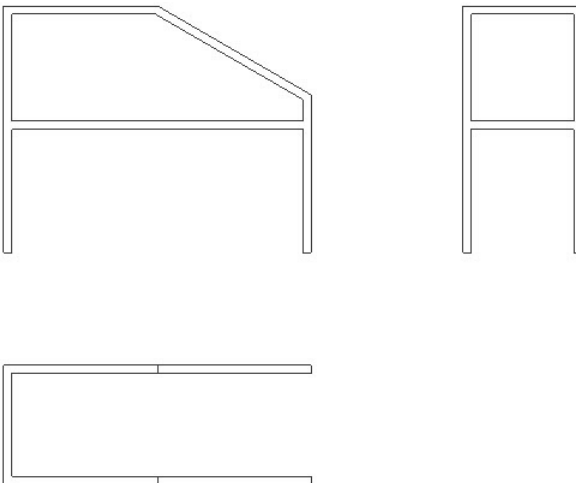


Abb. 1.38: Dreitafelbild der Konstruktion

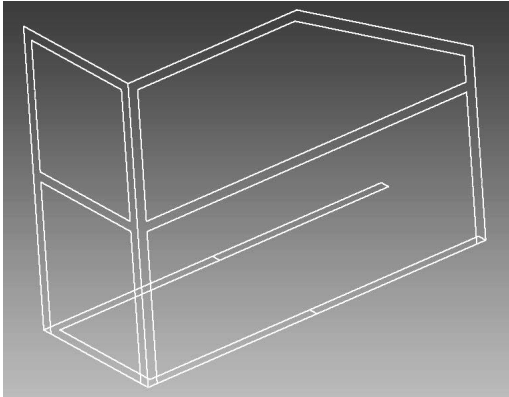


Abb. 1.39: Die drei Ansichten in den korrekten Ebenen gezeichnet

Dann wurde zuerst die Ansicht OBEN um die nötige Höhe in Z-Richtung extrudiert. Ein U-förmiger Extrusionskörper ist entstanden. Dann wurde die Konstruktion aus der Ansicht VORNE in Y-Richtung extrudiert, und zwar mit der Operation SCHNITTMENGE, sodass nur diejenigen Volumenteile erhalten bleiben, die beide Extrusionen gemeinsam haben. Am Schluss wird die Kontur der Ansicht LINKS auch mit SCHNITTMENGE extrudiert, sodass das Gestell (Abbildung 1.43) dann fertig ist. Auch diese Vorgehensweise wird oft als *Stanzmodell* bezeichnet. Sie müssen sich nur vorstellen, dass die betreffenden Konturen nacheinander aus einem großen Quader herausgestanzt werden.

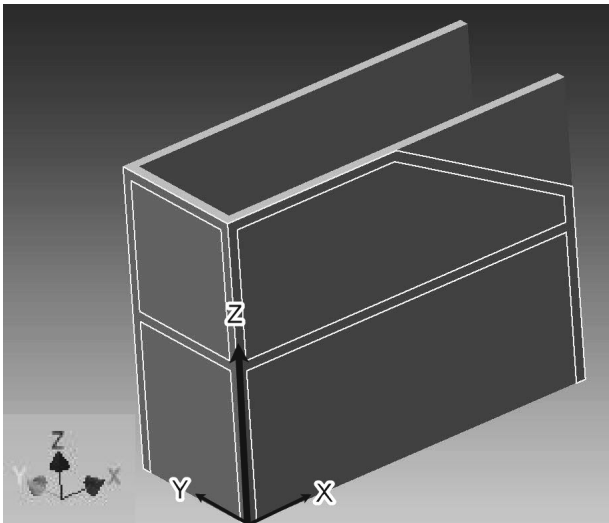


Abb. 1.40: Skizze aus der XY-Ebene (Ansicht OBEN) in Z-Richtung extrudiert

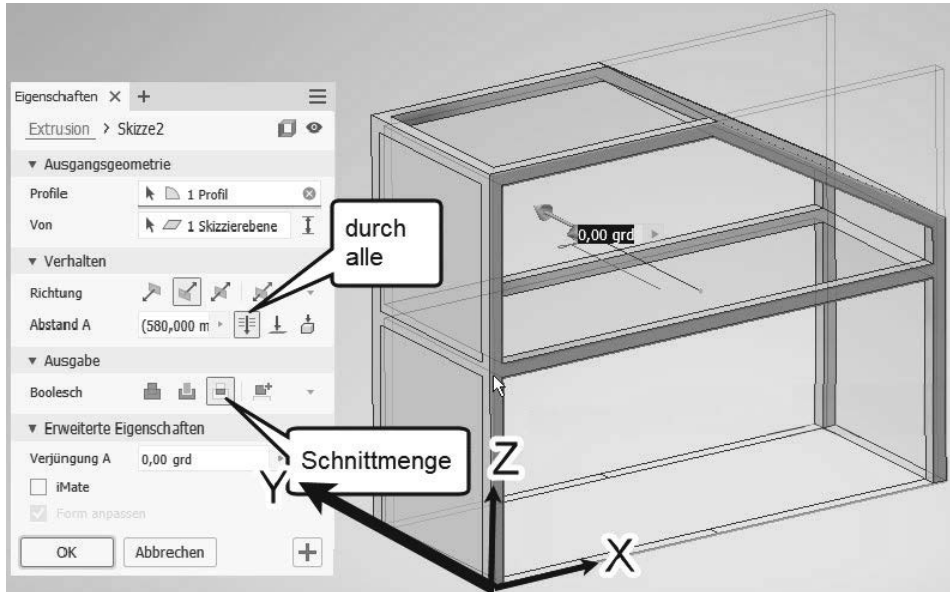


Abb. 1.41: Skizze aus der XZ-Ebene (Ansicht VORNE) in Y-Richtung extrudiert, mit vorherigem Volumenkörper mit Operation SCHNITTMENGE kombiniert

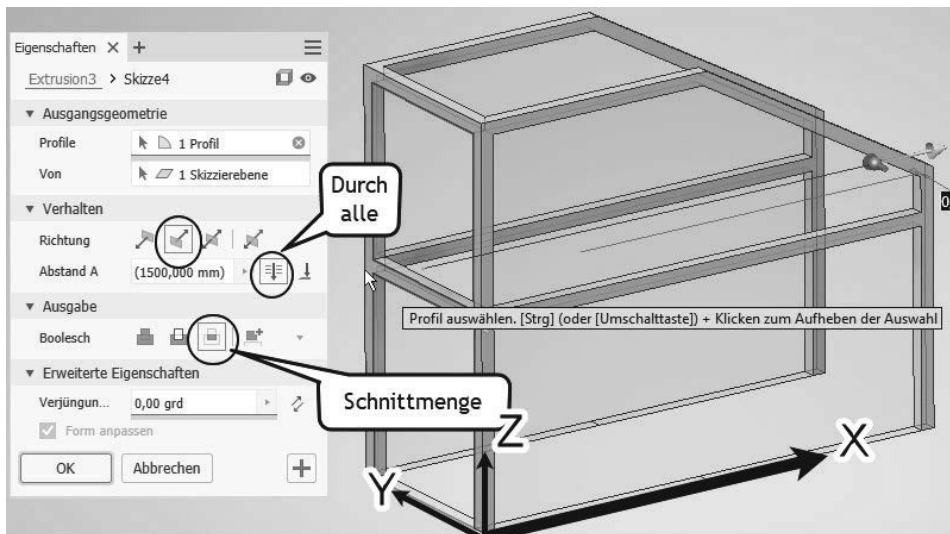


Abb. 1.42: Skizze aus der YZ-Ebene (Ansicht LINKS) in X-Richtung extrudiert, mit vorherigem Volumenkörper mit Operation SCHNITTMENGE kombiniert

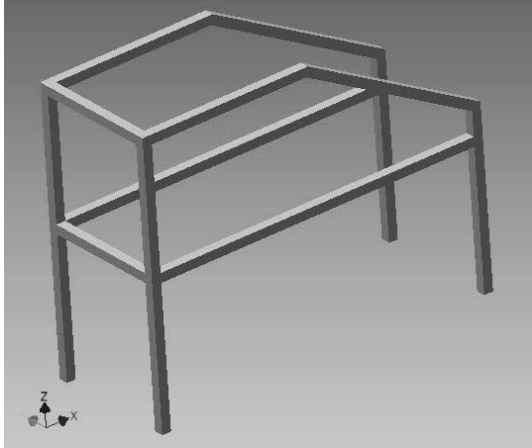


Abb. 1.43: Fertiges 3D-Modell

1.4 Ergänzungen zum Volumenkörper: Features und Nachbearbeitungen

Die bisher gezeigten Beispiele sind oft noch nicht die beabsichtigten fertigen Konstruktionen, es fehlen noch Details wie BOHRUNGEN, ABRUNDUNGEN oder FASEN. Solche Elemente werden üblicherweise als *Features* bezeichnet, ins Deutsche am besten als »Detailelemente« übersetzt. Die zugehörigen Funktionen liegen unter Register 3D-MODELL in der Gruppe ÄNDERN. Gleichfalls gibt es hier einige sehr nützliche Funktionen für Nachbearbeitungen der bisherigen Konstruktionen. Es sollen in diesem einleitenden Kapitel nur die typischen Aktionen genannt werden, damit Sie später bei der Planung Ihrer Konstruktion die verschiedenen Aktionen gezielt einsetzen können.

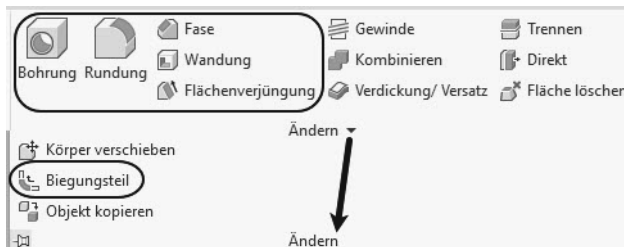


Abb. 1.44: Detailelemente im Register 3D-MODELL

- **BOHRUNG** – Hiermit können Sie alle Formen normaler Bohrungen, Durchgangsbohrungen und Gewindebohrungen erstellen. Sie sollten Bohrungen nicht in der Skizze als Kreise für die Löcher eingeben, sondern stets als Punkte vorbereiten und dann hiermit als Bohrungsfeature mit allen bohrungsspezifischen Angaben realisieren.
- **RUNDUNG** – Die verschiedensten Abrundungen entlang einzelner Kanten bis übers gesamte Teil lassen sich hiermit generieren.
- **FASEN** – Fasen für gewählte Kanten können damit erstellt werden.
- **WANDUNG** – Aus einem massiven Volumenkörper kann ein Teil mit Wandstärke erstellt werden. Die erste Anfrage im Befehl fragt nach den Flächen, die aus der Wandstärkenberechnung entfernt werden sollen und keine Wandstärke erhalten sollen. Sie bleiben damit offen.
- **FLÄCHENVERJÜNGUNG** – Sie können hiermit einzelne oder mehrere Flächen eines Volumenkörpers nachträglich schräg stellen. Das kann gut verwendet werden, um Abzugsschrägen zu erzeugen.
- **GEWINDE** – Jede zylindrische Fläche kann hiermit zu einem Gewinde gemacht werden. Der Zylinder sollte das Nennmaß für das Gewinde haben. Das auf diese Weise erzeugte Gewinde wird später bei der Zeichnungsableitung korrekt gezeichnet, ist aber kein echtes 3D-mäßiges Gewinde. Wenn Sie planen, ein solches Teil später als 3D-Druck zu erzeugen, dann werden Sie kein echtes Gewinde erhalten. Für solch einen Fall müssten Sie das Gewinde mithilfe der Funktion SPIRALE 3D-mäßig gestalten.
- **KOMBINIEREN** – Für einzelne Volumenkörper in einem Multipart-Teil können Sie hiermit die Kombinationen mit den booleschen Operationen ausführen.
- **VERDICKUNG/VERSATZ** – Diese Funktion erzeugt aus einer Fläche durch Verdicken einen Volumenkörper.
- **TEILEN** – Anhand von Schnittflächen lassen sich hiermit Volumenkörper zerschneiden oder abschneiden (stutzen, trimmen).
- **DIREKT** – Diese Funktion bietet Nachbearbeitungen an, mit denen Sie einzelne Features aus dem Strukturbaum des Modells noch nachträglich verschieben, drehen oder skalieren können.
- **FLÄCHE LÖSCHEN** – Einzelne Flächen eines Volumenkörpers können damit entfernt werden. Übrig bleibt dann ein Flächenverbund.
- **KÖRPER VERSCHIEBEN** – Hiermit kann ein einzelner Volumenkörper in einem Multipart-Teil um diskrete Abstände in X-, Y- und/oder Z-Richtung verschoben werden.
- **BIEGUNGSTEIL** – Ein Teil kann hiermit an einer Biegekante gebogen werden. Die Biegekante ist eine Skizze, die eine Linie enthält.
- **OBJEKT KOPIEREN** – Flächen oder Flächenverbünde können hiermit innerhalb eines Teils kopiert werden.

1.5 Die Bottom-Up- und Top-Down-Methoden

Bei allen Projekten, die sich aus einzelnen Komponenten zusammensetzen, gibt es zwei grundsätzlich entgegengesetzte Vorgehensweisen: Bottom-Up und Top-Down.

1.5.1 Bottom-Up

Mit Bottom-Up – auch *Basis-Ansatz* genannt – bezeichnet man das meist konventionelle Vorgehen, dass einzelne Komponenten isoliert erstellt und dann zusammengebaut werden. Dabei läuft man natürlich Gefahr, dass die einzeln erstellten Teile nicht immer exakt zusammenpassen und nachträglich angepasst werden müssen, weil sich Differenzen erst beim Zusammenbau zeigen. Im CAD-Bereich bedeutet dies, dass mit der Generierung der einzelnen Bauteile begonnen wird, und diese dann in der Baugruppe kombiniert werden. Bei eventuellen Diskrepanzen müssen einzelne Bauteile nachgebessert werden.

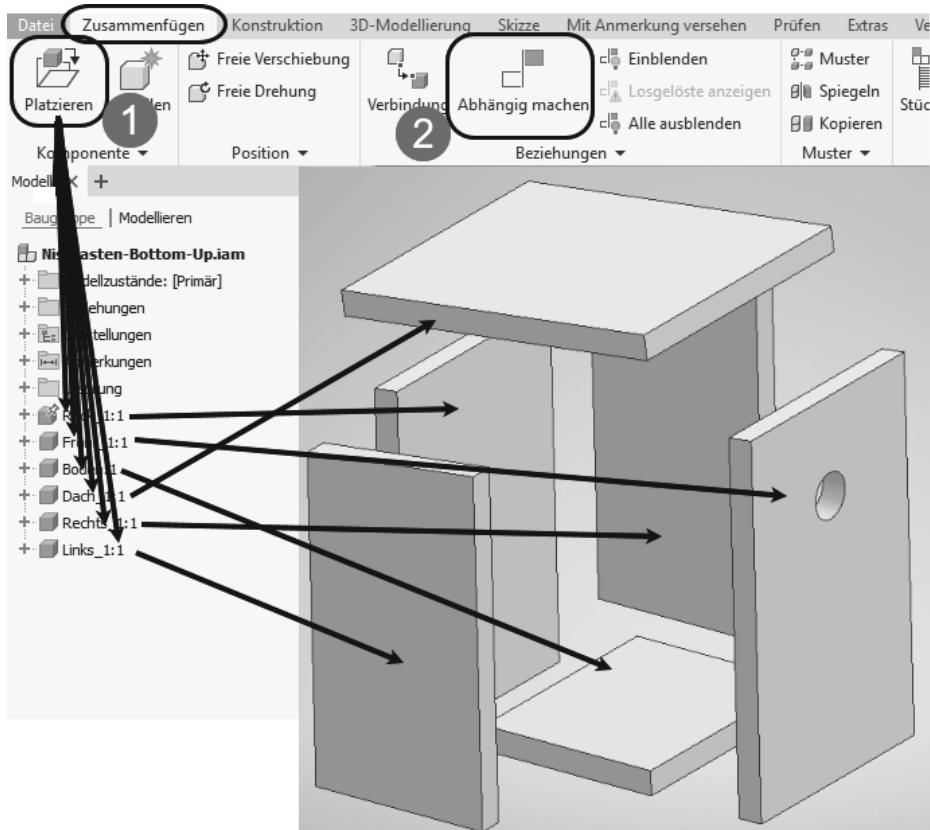


Abb. 1.45: Baugruppe nach dem Bottom-Up-Verfahren zusammenbauen

1.5.2 Top-Down

Im Top-Down-Verfahren – auch unter *Überbau-Ansatz* bekannt – werden dagegen zuerst die wichtigsten Daten des Gesamtprojekts festgelegt, aus denen sich dann in einer Gesamtschau die einzelnen Komponenten herauskristallisieren. Dazu werden in einem Gesamtbauteil (siehe **Nistkasten.ipt** in Abschnitt 6.7, »Zwischen Bauteil und Baugruppe: Multipart-Konstruktionen«) die für das Projekt benötigten Teile als einzelne Volumenkörper erzeugt, wobei über geometrische Abhängigkeiten dann schon die Passgenauigkeit der einzelnen Teile gewährleistet wird. Dies ist aber nur in einem statischen Zustand möglich.

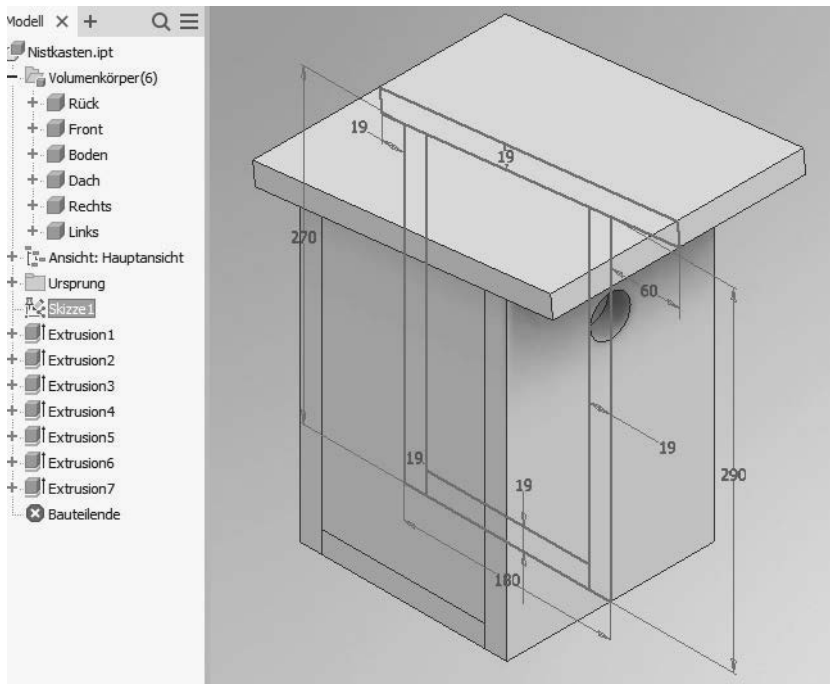


Abb. 1.46: Top-Down-Beispiel mit Gesamt-Skizze und allen einzelnen Volumenkörpern in einer Gesamtbauteil-Datei

Da das Projektziel meist ein Mechanismus mit Bewegungsabhängigkeiten ist, wird danach aus den nun schon aufeinander angepassten Volumenkörpern die *Baugruppe* erstellt. Bisher existiert sie ja nur in Form eines statischen Gesamtbauteils mit Unterkomponenten. Die einzelnen Unterkomponenten werden dann in einer *Baugruppe* neu zusammengefügt (siehe **Nistkasten.iam** in Abbildung 1.47) und können darin mit den gewünschten Bewegungsabhängigkeiten versehen werden.

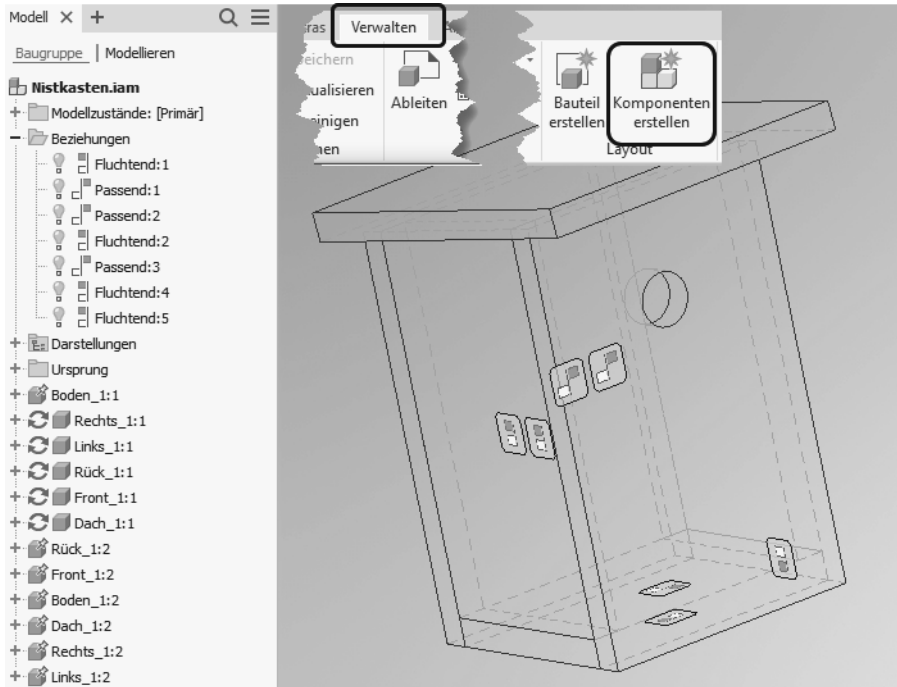


Abb. 1.47: Top-Down-Baugruppe mit Unterkomponenten und automatisch erzeugten Abhängigkeiten

1.6 Übungsfragen

1. Nennen Sie die Phasen einer typischen Inventor-Konstruktion.
2. Wie lauten die Datei-Endungen der Inventor-Dateien?
3. Welche Grundkörper bietet Inventor an?
4. Welche Befehle für Bewegungskörper gibt es?
5. Mit welchem Befehl erzeugen Sie aus einem geschlossenen Ensemble von Flächen einen Volumenkörper?
6. Wie heißen die booleschen Operationen?
7. Welche Konstruktionselemente nennt man Features?

Stichwortverzeichnis

Symbole

.dwg 16
.iam 16
.idw 16
.ipt 16, 51

Numerisch

3D 47
3D-Koordinate 149
3D-Kurve
 projizieren 158
3D-Modell 57
3D-Skizze 69, 148, 149

A

Abhängigkeit 116, 298
 anzeigen 179
 Baugruppe 302
 Einfügen 312
 geometrische 179
 Koinzident 180
 Symmetrie 316
 Tangential 315
 Typen 119
 Winkel 305
Abhängigkeitssymbol
 ausschalten 178
Ableiten 219
Absolut 150
Adaptives Bauteil 329
Analyse 60
Anpassungspunkt 135
Ansicht 61
 ausrichten 83
 bearbeiten 361
 Detailansicht 358
 geschnitten 408
 Hilfsansicht 354
 orthogonal 353
 parallel 353

 perspektivisch 68
 Schnittansicht 354
Ansichtssteuerung
 Maus 66
 Navigationsleiste 67
Anwendungsoptionen 68
Arbeitsachse 157, 195
Arbeitsebene
 definieren 185
Arbeitspunkt 196, 250
Arbeitsteil 27
Aufkleber 226
Ausklung 20
Ausrichten 67
Ausrichtung
 aufheben 366
Ausschnitt 362
Austragung 23, 198
Auswahl
 ändern 188
Autodesk App-Store 55

B

Basis-Ansatz 41
Basisebene
 auswählen 81
Basislinie 372
Basisteil 296
Baugruppe 293
 Abhängigkeiten 302
Bauteil
 adaptives 329
 Basisteil 296
Bauteilumgebung 57
Bearbeiten
 mit Doppelklick 73
Befehl
 eingeben 69
Befehlsabkürzung 65
Befehlszeile
 am Cursor 65

Bemaßung 97, 368, 369
 anzeigen 172
 Arten 170
 Bezugsbemaßungen 372
 Kettenbemaßung 375
 Koordinatenbemaßung 374
 Skizze 170
 Bemaßungsbefehl 368
 Bemaßungsstil 368
 Benutzer-Koordinaten-System 281
 Benutzername 69
 Benutzeroberfläche 51
 Beschriftung 383
 Bewegungskörper 21
 Bezugsbemaßung 372
 Bezugsrichtung 262
 Biegeradius 69
 Biegung
 3D-Skizze 155
 BKS 281
 Block
 bearbeiten 148
 Explodieren 148
 Bogen 129, 154
 mit Knick von 90° 127
 Bohrung 247
 Boolesche Operation 27
 Bottom-Up-Prinzip 41, 282
 Browser 63

C

Cursor-Menü 70

D

Datei-Menü 51
 Dehnen
 Skizze 164
 Detailansicht 358
 Dezimalzahl
 Schreibweise 124
 Dialogfeld 71
 Direktbearbeitung 273
 Dokumenteinstellungen 69
 Dokument-Registerkarte 63
 Drehbar
 Gelenk 324
 Drehen 277
 Skizze 164
 Drehung 23, 317
 freie 304

Dreitafelbild 36
 DWF 59

E

Ebene 184
 Eigenschaften 148
 Einfügen 312
 Einheiten 368
 Einstellungen
 zurücksetzen 48
 Element
 platziertes 247
 Ellipse 130
 Entfalten 231
 Erhebung 206
 Explosionsdarstellung 15, 291, 393
 Extras 60
 Extrusion 23, 102, 199
 Optionen 102

F

Fase 100, 257
 definieren 101
 Skizze 138
 Feature 39, 247
 Feder 216
 Fertigungsphasen 344
 Fläche
 durch Extrusion 155
 löschen 271, 277
 über Drehung 157
 Flächenverjüngung 260
 Flyout 56
 Freie Drehung 304
 Freie Verschiebung 304
 Freiform
 Grundkörper 31
 Freiheitsgrad 178
 Fusion 360 63

G

Gelenktypen 324
 Geometrie
 importiert 242
 projizieren 160
 Geometrietext 140
 Geometrische Abhängigkeit 179
 Gestreckt
 Skizze 166

Gewinde 216, 265
 Gewindekante 380
 Gleichheitszeichen im Dialogfenster 100
 Gleichungskurve 155, 213
 Grafikkarte 47
 Größenänderung 276
 Grundeinstellung 52
 Grundkörper 19, 232
 Gruppe 56
 Gruppen anzeigen 56

H

Halbschnitt 407
 Hilfe 55, 73
 Hilfsansicht 354
 Hilfsgeometrie 109
 Hilfslinie 184

I

iAssembly 343
 iFeature 268
 iMate 321
 Importieren 227
 Importierte Geometrien 242
 Inhaltscenter 334
 Inventor
 starten 49
 zurücksetzen 48
 Inventorkonstruktion
 Phasen 15
 Iso-Ansicht 152

K

Kettenbemaßung 375
 Kombinieren 32, 270
 Kontextmenü 72
 Koordinate 151
 Typen 114
 Koordinatenbemaßung 374
 Koordinatendreiein 149
 Koordinatensystem 281
 Kopieren
 Skizze 163
 Körper
 reparieren 242
 verschieben 272
 Kreis 130
 Kugel 235
 Kugelförmig
 Gelenk 324

Kurve 108, 137
 3D-Skizzen 152
 spiralförmige 153
 über Formel 155

L

Längeneingabe
 ermöglichen 90
 Linie-Funktion 92
 Lizenzübertragung 48
 Lockerungsmodus 121
 Lofting 25, 198, 206
 Löschen
 Fläche 277

M

Maßlinie
 Abstand anpassen 375
 Maßtexthöhe 368
 Maßwert
 übernehmen 175
 Maus
 Ansichtssteuerung 66
 Mausrad
 Pan 67
 Maximum 377
 Medianwert 174, 377
 Migrieren
 Einstellungen 49
 Mini-Dialog 71
 Mini-Menü 70
 Minimum 377
 Mittellinie 184
 erstellen 381
 Mittelpunkt 248
 Modell
 aus zwei Extrusionen 34
 Modellierungsfehler 242
 Modellzustand 344
 Modellzustände 343
 Multifunktionsleiste 69
 Multipart-Konstruktion 197, 282
 Multipart-Teil 27
 Multivalue-Liste 426
 Multivalue-Parameter 426
 Muster
 in Skizzen 167
 Skizze 167

N

- Nachfolgende Null 368
- Navigationsleiste 67
- Nennwert 377
- Neue Funktionen 75
 - markieren 60
- Null
 - nach Komma 368
- Nullpunkt 109
- Nullpunktsymbol
 - entfernen 375

O

- Objekt
 - kopieren 273
 - wählen 116
- Objektfang 110
- Online-Hilfe 56
 - herunterladen 75
- Optionen 68
- Orbit 67
- Orthogonale Ansicht 353

P

- Pan 67
- Parabel 137, 138
- Parallelansicht 352, 353
- Parallelprojektion 68
- Parameter 419
- Parametertabelle 419
- Passungsangabe 174
- Perspektivisch
 - Ansicht 68
- Pfad 25
 - dreidimensional 214
- Planar
 - Gelenk 324
- Platzieren 296
- Polar
 - Skizze 167
- Prägen 218
- Präsentation 15, 291, 393
- Präzise Eingabe 150
- Produktaktivierung 49
- Profil 21
- Programmleiste 51
- Projekt 291
 - anlegen 77

- Projizieren
 - Geometrie 160
 - Schnittkanten 160, 169

- Prüfen 60

- Punkt
 - Arbeitspunkt 196, 250
 - aus Excel importieren 143, 152
 - in 3D-Skizze 155
 - Skizze 141

- Punktfang 110

Q

- Quader 233
- QuickInfo 69

R

- RAM-Speicher 47
- Rasterfang 304
- Rastergitter 112
- Rasterlinie 112
- Rastpositionen 110
- Rechteck 131
- Rechteckig
 - Skizzen-Muster 167
- Register 56
- Relativ 150
- Relaxmodus 121
- Reparaturumgebung 242, 273
- Revit-Familienteil 295
- Rippe 223
- Rotation 23, 198
- Rundung 100, 252
 - Skizze 138

S

- Schlüsselparameter 423
- Schnellzugriff-Werkzeugkasten 53
- Schnittansicht 354
- Schnittdarstellung 408
- Schnittkanten
 - projizieren 160, 169
- Schnittkurve
 - 3D-Skizze 155
- Schraube 338
- Sicherungsdatei 292
- Silhouettenkurve
 - 3D-Skizze 157
- Skalieren 276
 - Skizze 165

Skizze 58
 3D 148
 aus AutoCAD importieren 144
 Bemaßung 170
 erstellen 89
 Fasen 138
 Kurve 152
 prüfen 177
 Punkt 141
 Rundung 138
 Text 140
 Skizzenanalyse 181
 Skizzierebene 69
 ausrichten 89
 beim Skizzieren aktivieren 85
 Skizzierfunktion 107
 Skizziermodus 81
 Skizzierpunkt 142, 249
 Software-Voraussetzung 46
 Spante 25
 Speichern 82
 Spirale 215, 216
 Spiralförmige Kurve 153
 Spline 135, 154
 Splinekurve 136
 Spurlinien 90
 Stanzmodell 34, 37
 Starr
 Gelenk 324
 Start 49
 Startbildschirm 50
 Statusleiste 64
 Stückliste 284
 Stutzen
 Skizze 164
 Stützpunktpolygon 135
 Sweeping 24, 212
 Volumenkörper 213
 Symmetrie
 Abhängigkeit 316
 Symmetrielinie 110
T
 Tabelle
 im Browser 428
 Tangential
 Abhängigkeit 315
 Teilevariante 344
 Testversion 45

Text 140
 Skizze 140
 Top-Down 41
 Torus 87, 236
 Trennen 262
 Skizze 165
 Trimmen *siehe*

U

Überbau-Ansatz 42
 Umgebungen 62

V

Variante 343
 Verbindung 324
 Verdickung 267
 Vereinfachungen 344
 Verjüngung 153
 Versatz 267
 Skizze 166
 Verschiebbar
 Gelenk 324
 Verschieben 275
 Skizzengeometrie 163
 Verschiebung
 freie 304
 Verwalten 61
 ViewCube 68
 Viewer 48
 Volumen
 analysieren 32
 Volumenkörper
 erstellen 29, 197
 Multipart-Konstruktion 197
 Vorgängerversion 49

W

Wandung 259
 Wendel 216
 Werkseinstellungen 48
 Werkzeugkasten 69, 71
 Wiederherstellungsdatei 69
 Winkel 313
 Abhängigkeit 305

Z

Zeichenfunktion
 Fasen 100
 Linie-Funktion 92

- Rundung 100
- Übersicht 91
- Zeichnen
 - Funktionen 108
- Zeichnung
 - erstellen 349
- Zeichnungsdatei 51
- Zeichnungsdateityp 69
- Zeichnungsressource 49
- Zoomen 67
- Zugrichtung 262
- Zurücksetzen 48
 - Inventor-Einstellungen 48
- Programm 48
- Zusammenarbeiten 62
- Zylinder 234
- Zylindrisch
 - Gelenk 324