



Detlef
Ridder

3D-Konstruktionen mit

Autodesk

Inventor 2022

Der umfassende Praxiseinstieg
Inkl. Übungsbeispielen und Aufgaben mit Lösungen

Inhaltsverzeichnis

	Einleitung	15
I	Vorüberlegungen zu einfachen 3D-Konstruktionen	19
I.1	Die Phasen der Inventorkonstruktion	19
I.2	Wie entsteht ein 3D-Modell?	23
I.2.1	Grundkörper	23
I.2.2	Bewegungskörper	25
I.2.3	Erstellung aus Flächen durch Verdicken	33
I.2.4	Erstellung aus geschlossenem Flächenverbund	34
I.2.5	Erstellung aus Freiform-Geometrie	35
I.3	Analyse der Aufgabe vor der Konstruktion	36
I.3.1	Modellierung aus Grundkörpern und Bewegungskörpern	37
I.3.2	Modell aus zwei Extrusionen	38
I.3.3	Modell aus drei 2D-Darstellungen (Dreitafelbild)	40
I.4	Ergänzungen zum Volumenkörper: Features und Nachbearbeitungen	43
I.5	Die Bottom-Up- und Top-Down-Methoden	45
I.5.1	Bottom-Up	45
I.5.2	Top-Down	46
I.6	Übungsfragen	47
2	Installation, Benutzeroberfläche und allgemeine Bedienhinweise ...	49
2.1	Download für Test- oder Studentenversion	49
2.2	Hard- und Software-Voraussetzungen	50
2.3	Installation	51
2.4	Installierte Programme	52
2.5	Inventor Professional 2022	54
2.5.1	Start	54
2.6	Die Inventor-Benutzeroberfläche	56
2.6.1	Programmleiste	56
2.6.2	Datei-Menü	56

2.6.3	Schnellzugriff-Werkzeugkasten	58
2.6.4	Kommunizieren und Informieren	60
2.6.5	Multifunktionsleisten, Register, Gruppen und Flyouts.	61
2.6.6	Dokument-Registerkarten	68
2.6.7	Browser	68
2.6.8	Befehlszeile und Statusleiste	70
2.6.9	Ansichtssteuerung mit Maus.	72
2.6.10	Ansichtssteuerung mit der Navigationsleiste	72
2.6.11	ViewCube	73
2.6.12	Nützliche Optionen-Einstellungen	74
2.7	Wie kann ich Befehle eingeben?	75
2.7.1	Multifunktionsleisten.	75
2.7.2	Tastenkürzel	77
2.7.3	Kontextmenü.	77
2.7.4	Objekte zum Bearbeiten anklicken	78
2.7.5	Hilfe.	79
2.8	Übungsfragen	81
3	Erste einfache 3D-Konstruktionen	83
3.1	Einfache Konstruktion mit Grundkörpern	83
3.1.1	Ein neues Projekt anlegen	83
3.1.2	Der erste Quader	85
3.1.3	Speichern	88
3.1.4	Ansicht schwenken.	89
3.1.5	Zwei nützliche Einstellungen	90
3.1.6	Hinzufügen eines Zylinders	91
3.1.7	Halbkugel als Vertiefung	93
3.1.8	Der Torus	93
3.2	Einfaches Extrusionsteil	94
3.2.1	Eine Skizze erstellen	95
3.3	Einfaches Rotationsteil	109
3.4	Übungsfragen	111
4	Die Skizzenfunktion	113
4.1	Ein Bauteil neu beginnen	113
4.1.1	Wo beginnen?	113
4.2	Funktionen für zweidimensionales Skizzieren	115
4.2.1	Funktionsübersicht	116
4.2.2	Linienarten	117

4.2.3	Punktfänge	118
4.2.4	Rasterfang	120
4.2.5	Koordinatentyp	122
4.2.6	Objektwahl	124
4.3	Abhängigkeiten	124
4.3.1	Abhängigkeits-Typen	127
4.3.2	Lockerung von Abhängigkeiten	129
4.4	2D-Skizzen	131
4.4.1	Eine erste Kontur	131
4.4.2	Kontur mit Linien und Bögen	134
4.4.3	Bögen in der Kontur	137
4.4.4	Kreise und Ellipsen in der Skizze	138
4.4.5	Rechtecke in der Kontur	139
4.4.6	Splines und Brückenkurven in der Kontur	143
4.4.7	Kurven mit Funktionsbeschreibungen	145
4.4.8	Rundungen und Fasen in der Skizze	147
4.4.9	Texte in der Skizze	148
4.4.10	Punkte in der Skizze	150
4.4.11	Punkte aus Excel importieren	151
4.4.12	Skizze aus AutoCAD importieren	152
4.4.13	Skizzenblöcke	155
4.5	3D-Skizzen	157
4.5.1	3D-Koordinateneingabe	157
4.5.2	Kurven für 3D-Skizzen	161
4.5.3	Kurven mit Funktionsbeschreibungen	163
4.6	Bearbeitungsbefehle für 2D-Skizzen	168
4.6.1	Geometrie projizieren/Schnittkanten projizieren	168
4.6.2	Verschieben	171
4.6.3	Kopieren	172
4.6.4	Drehen	172
4.6.5	Stutzen	173
4.6.6	Dehnen	173
4.6.7	Trennen	174
4.6.8	Skalieren	174
4.6.9	Gestreckt	174
4.6.10	Versatz	175
4.6.11	Muster – Rechteckig	176

4.6.12	Muster – Polar	176
4.6.13	Muster – Spiegeln.....	177
4.7	Bearbeitungsbefehle für 3D-Skizzen	178
4.7.1	Abhängigkeiten in 3D-Skizzen	178
4.7.2	Die 3D-Transformation	178
4.8	Skizzen-Bemaßung	179
4.8.1	Bemaßungsarten	179
4.8.2	Bemaßungsanzeige	181
4.8.3	Maße übernehmen.....	184
4.9	Skizzen überprüfen	186
4.9.1	Freiheitsgrade.....	187
4.9.2	Geometrische Abhängigkeiten	188
4.9.3	Skizzenanalyse	190
4.9.4	Hilfslinien, Mittellinien	193
4.10	Arbeitselemente	193
4.10.1	Arbeitsebenen.....	194
4.10.2	Arbeitsachsen	204
4.10.3	Arbeitspunkte	205
4.11	Übungsfragen	205
5	Volumenkörper und Flächen erstellen	207
5.1	Volumenkörper erstellen.....	207
5.1.1	Extrusion	209
5.1.2	Drehung	212
5.1.3	Erhebung.....	216
5.1.4	Sweeping	222
5.1.5	Spirale	225
5.1.6	Prägen	228
5.1.7	Ableiten	229
5.1.8	Rippe	233
5.1.9	Aufkleber.....	236
5.1.10	Importieren.....	237
5.1.11	Entfalten	241
5.2	Grundkörper	242
5.2.1	Quader.....	243
5.2.2	Zylinder.....	244
5.2.3	Kugel	245
5.2.4	Torus	246

5.3	Flächen	247
5.3.1	Heften	248
5.3.2	Umgrenzungsfläche	249
5.3.3	Formen	249
5.3.4	Regelfläche	250
5.3.5	Stutzen	251
5.3.6	Dehnen	251
5.3.7	Fläche ersetzen	251
5.3.8	Körper reparieren	252
5.3.9	Netzfläche anpassen	252
5.3.10	Weitere Flächenbearbeitungen mit Volumenkörper- Funktionen	254
5.4	Bemaßungen im Bauteil	254
5.5	Übungsfragen	256
6	Volumenkörper bearbeiten	257
6.1	Features	257
6.1.1	Bohrungen	257
6.1.2	Rundungen	261
6.1.3	Fasen	267
6.1.4	Wandung	269
6.1.5	Flächenverjüngung	270
6.1.6	Trennen	272
6.1.7	Gewinde	274
6.1.8	Biegungsteil	275
6.1.9	Verdickung/Versatz	276
6.2	iFeatures	277
6.3	Weitere Ändern-Befehle	279
6.3.1	Kombinieren	279
6.3.2	Fläche löschen	281
6.3.3	Körper verschieben	281
6.3.4	Objekt kopieren	282
6.4	Direkt bearbeiten	283
6.4.1	Verschieben	284
6.4.2	Größe	285
6.4.3	Maßstab (besser: Skalieren)	286
6.4.4	Drehen	287
6.4.5	Löschen	287

6.5	Muster.	288
6.5.1	Rechteckige Anordnung.	289
6.5.2	Runde Anordnung.	289
6.5.3	Skizzenbasiert.	290
6.6	Benutzer-Koordinaten-Systeme.	291
6.7	Zwischen Bauteil und Baugruppe: Multipart-Konstruktionen.	292
6.8	Konstruktionsbeispiel.	294
6.9	Übungsfragen.	299
7	Baugruppen zusammenstellen.	301
7.1	Projekt erstellen.	301
7.2	Bottom-Up – Top-Down.	303
7.3	Funktionsübersicht Baugruppen.	306
7.4	Erster Zusammenbau.	308
7.4.1	Die Bauteile.	308
7.4.2	Das Platzieren.	309
7.4.3	Abhängigkeiten erstellen.	311
7.4.4	Bewegungsanzeige.	314
7.5	Baugruppen-Abhängigkeiten.	315
7.5.1	Passend/Fluchtend.	315
7.5.2	Hilfsmittel Freie Verschiebung/Freie Drehung.	316
7.5.3	Winkel.	317
7.5.4	Tangential.	318
7.5.5	Einfügen.	318
7.5.6	Symmetrie.	318
7.5.7	Abhängigkeiten unterdrücken.	318
7.5.8	Passend/Fluchtend-Beispiel.	319
7.5.9	Einfügen-Beispiel.	324
7.5.10	Winkel-Beispiel.	325
7.5.11	Tangential-Beispiel.	327
7.5.12	Symmetrie-Beispiel.	328
7.6	Bewegungs-Abhängigkeiten.	328
7.6.1	Beispiel für Drehung.	329
7.6.2	Beispiel für Drehung-Translation.	329
7.6.3	Schraubbewegung.	330
7.6.4	Schraubbewegung über Parameter-Manager.	331
7.7	iMates.	333
7.8	Abhängigkeiten über die Verbindungsfunktion.	336

7.9	Adaptive Bauteile	341
	7.9.1 Adaptivität nachrüsten	341
	7.9.2 Bauteil in Baugruppe erstellen	343
7.10	Teile aus Inhaltscenter einfügen	346
	7.10.1 Beispiel Kugellager	346
	7.10.2 Beispiel Schrauben	350
7.11	iParts	352
7.12	iAssemblies	354
7.13	Modellzustände	356
7.14	Exemplareigenschaften	357
7.15	Geometrievereinfachung	359
7.16	Übungsfragen	360
8	Zeichnungen erstellen	361
8.1	Ansichten erzeugen	362
	8.1.1 Standard-Ansichten	362
	8.1.2 Parallelansicht	365
	8.1.3 Hilfsansicht	365
	8.1.4 Schnittansicht	366
	8.1.5 Detailansicht	370
	8.1.6 Überlagerung	371
8.2	Ansichten bearbeiten	373
	8.2.1 Unterbrochen	374
	8.2.2 Ausschnitt	375
	8.2.3 Aufgeschnitten	376
	8.2.4 Zuschneiden	377
	8.2.5 Ausrichtung	377
8.3	Bemaßungen	378
	8.3.1 Bemaßungsarten	379
	8.3.2 Bemaßungsstil	388
8.4	Symbole	391
	8.4.1 Gewindekanten	391
	8.4.2 Mittellinien	391
	8.4.3 Bohrungssymbole	393
8.5	Beschriftungen	394
	8.5.1 Form-/Lagetoleranzen	395
	8.5.2 Bohrungstabelle	396
	8.5.3 Stückliste	397
8.6	Übungsfragen	400

9	Präsentationen, realistische Darstellungen und Rendern	401
9.1	Funktionsübersicht	401
9.2	Drehbuch animieren	407
9.3	Darstellungsarten	411
9.3.1	iProperties einstellen	411
9.3.2	Die verschiedenen visuellen Stile	412
9.3.3	Halbschnitt	415
9.3.4	Darstellung mit Volumen-Ausschnitt.	417
9.4	Inventor Studio	420
9.4.1	Beleuchtung und Szene	421
9.4.2	Kamera einstellen.	422
9.4.3	Rendern	424
9.5	Übungsfragen	425
10	Parameter – Excel – Varianten	427
10.1	Parameter nutzen	427
10.1.1	Parameterliste und manuelle Änderungen	428
10.1.2	Benutzerparameter.	431
10.1.3	Formeln	433
10.1.4	Multivalue-Parameter für Varianten	434
10.1.5	Excel-Tabelle	434
10.2	Übungsfragen	437
II	Umgebungen – Erweiterungen	439
II.1	Pack and Go	439
II.2	Blechteile	440
II.2.1	Blechstandards	442
II.2.2	Blechteil erstellen	442
II.2.3	Abwicklungen	451
II.2.4	Abwicklung und gefaltetes Modell	453
II.2.5	Zeichnung erstellen	455
II.2.6	DXF-Ausgabe	456
II.3	Gestellgenerator	457
II.3.1	Basis für Gestell aus Volumenkörper	458
II.3.2	Dateistruktur bei Gestellen	460
II.3.3	Gestell erzeugen	461
II.3.4	Endstopfen	463
II.3.5	Profile bearbeiten	464
II.4	Wellengenerator.	469

II.5	Schweißen	471
II.5.1	Schweißvorbereitung	472
II.5.2	Erstellen der Schweißnähte	473
II.6	BIM-Export.	476
II.7	Revit-Import.	478
II.8	Interoperabilität mit Fusion	481
II.9	Übungsfragen	482
12	iLogic	483
12.1	iLogic aktivieren.	484
12.2	Das iLogic-Formular	485
12.3	Arbeiten mit Regeln	489
12.4	iLogic ohne Programmieren.	494
12.5	Übungsfragen	496
A	Fragen und Antworten	497
B	Benutzte Zeichnungen	509
	Stichwortverzeichnis	527

Einleitung

Neu in Inventor 2022

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

Bei der Version Inventor 2022 gibt es neben Fehlerbehebungen und allgemeinen Performance-Optimierungen noch zahlreiche Verbesserungen, von denen hier nur einige genannt werden sollen:

- **MODELLZUSTÄNDE** – erlauben die Definition verschiedener Modellzustände, für die diverse Vorgabewerte im Browser unterschiedlich eingestellt werden können und die dadurch eine Variantenvielfalt darstellen können. Die damit verfügbaren Möglichkeiten werden die bisherige Nutzung von Funktionen wie Detailgenauigkeit und iAssembly wohl verdrängen.
- **EXEMPLAREIGENSCHAFTEN** – Innerhalb einer Baugruppe können damit die Eigenschaften eines Bauteils abweichend von den allgemeinen Bauteileigenschaften (iProperties) eingestellt werden, um das Erscheinungsbild zu variieren.
- **Zusammenarbeit mit REVIT** – Inventor-Konstruktionen können in das Revit-Format exportiert werden, wobei gleichzeitig eine oft gewünschte Vereinfachung aktiviert werden kann. Desgleichen können Revit-Projekte in das Inventor-Format umgewandelt werden.
- **Zusammenarbeit mit FUSION** – Inventor-Bauteile und Baugruppen können mit den Fusion-Cloud-Services in Fusion-Teile umgewandelt werden. Umgekehrt können auch von Fusion aus Konstruktionen im Inventor-Format (*.ipt, *.iam) gespeichert werden.
- **VEREINFACHEN-Befehl** – Für den Einbau in andere Projekte oder in Revit können hiermit die Komponenten von Bauteilen einer Baugruppe stark vereinfacht werden.

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 12 Kapitel gegliedert. Der gesamte Stoff kann, sofern genügend Zeit (ganztätig) 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 unter www.autodesk.de 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. Besuchen Sie hierzu www.mitp.de/0361 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 2022 zu geben. Ich wünsche Ihnen viel Erfolg und Freude bei der Arbeit mit dem Buch und der Inventor-Software.

Detlef Ridder

Germering, 29.6.2021

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).

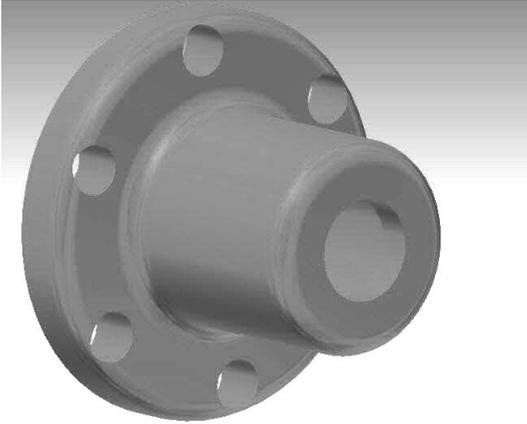


Abb. 1.1: Ein Bauteil (*.ipt-Datei)

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

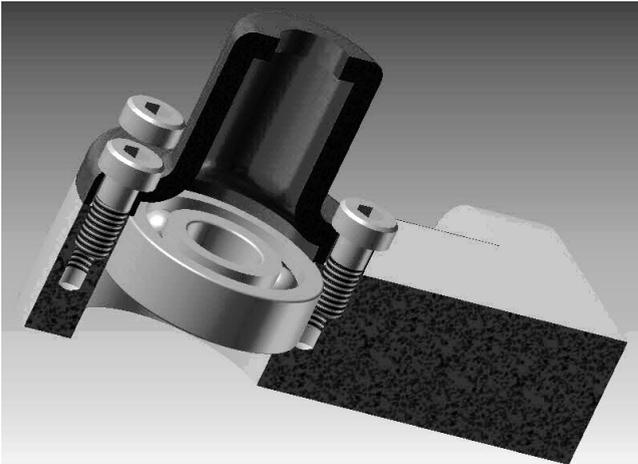


Abb. 1.2: Eine Baugruppe (*.iam-Datei) im Halbschnitt

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)

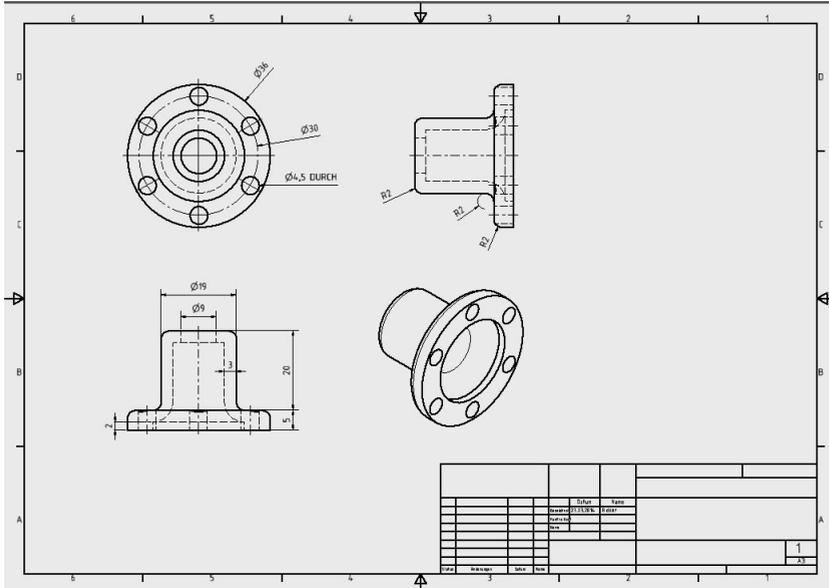


Abb. 1.3: Die technische Zeichnung eines Bauteils (*.dwg-Datei)

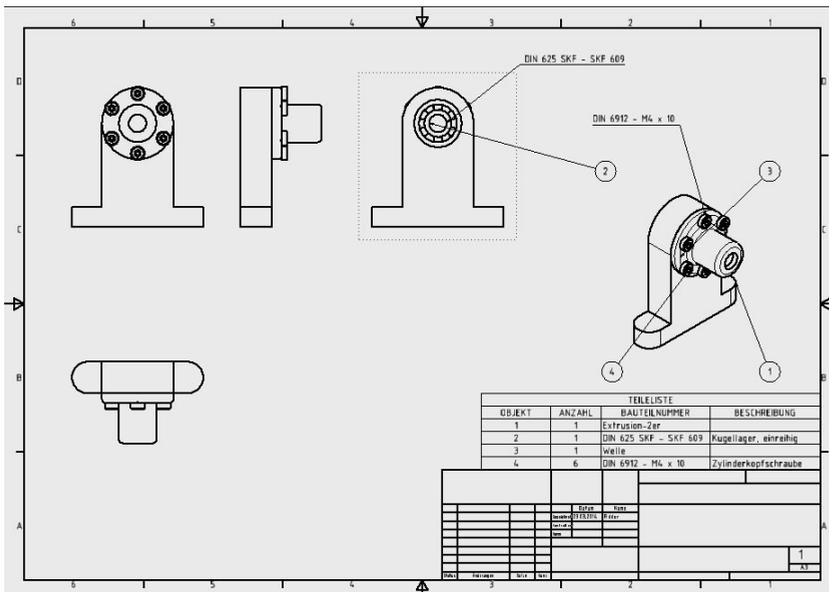


Abb. 1.4: Zeichnung für eine Baugruppe mit Stückliste und Positionsnummern

- Die Explosionsdarstellung entsteht in einer *.ipn-Datei. Die Endung steht für »Inventor-PräsentatioN«, 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.

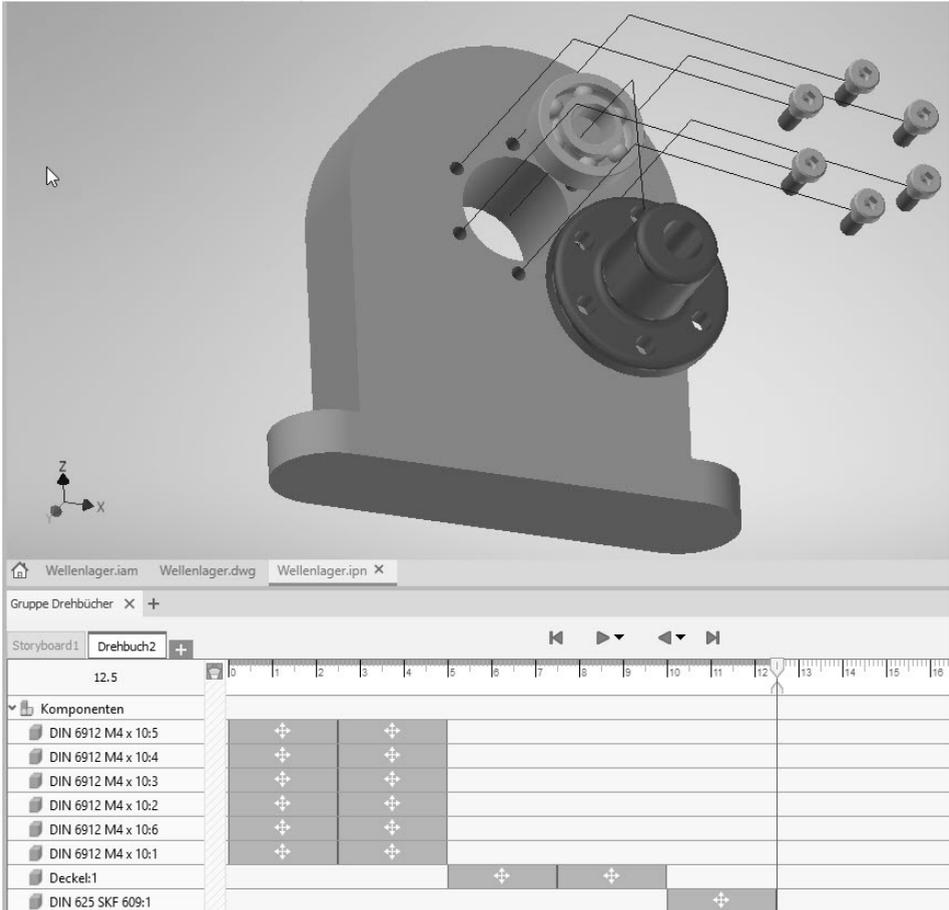


Abb. 1.5: Präsentation mit Animationspfaden und Drehbuch (unten)

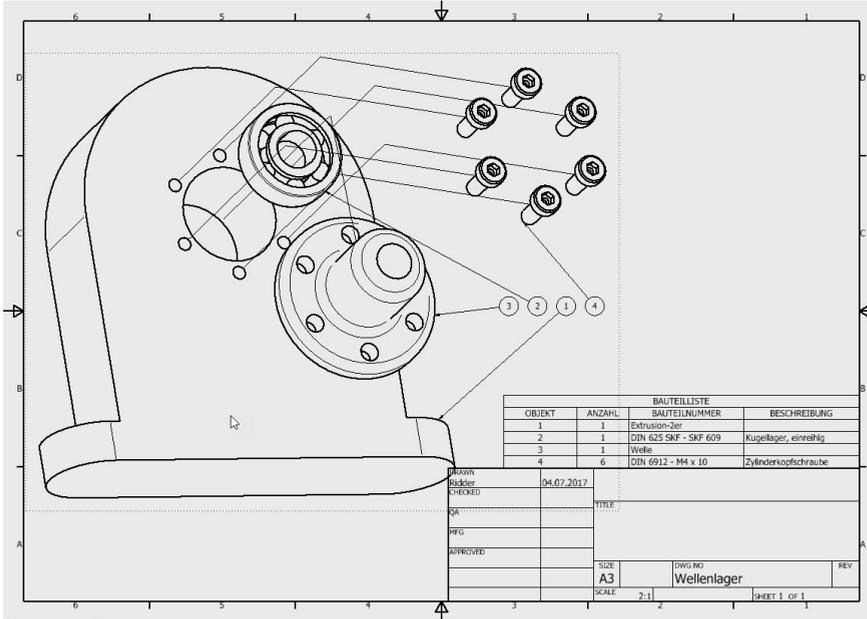


Abb. 1.6: Zeichnung der Explosionsansicht mit Positionsnummern und Stückliste

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. Dazu ist es natürlich nötig, diese Grundelemente zu kennen.

1.2.1 Grundkörper

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

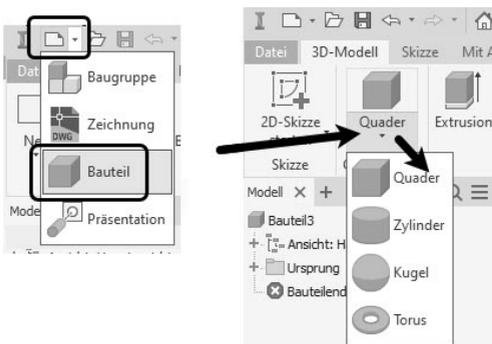


Abb. 1.7: Grundkörper in Inventor

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 .

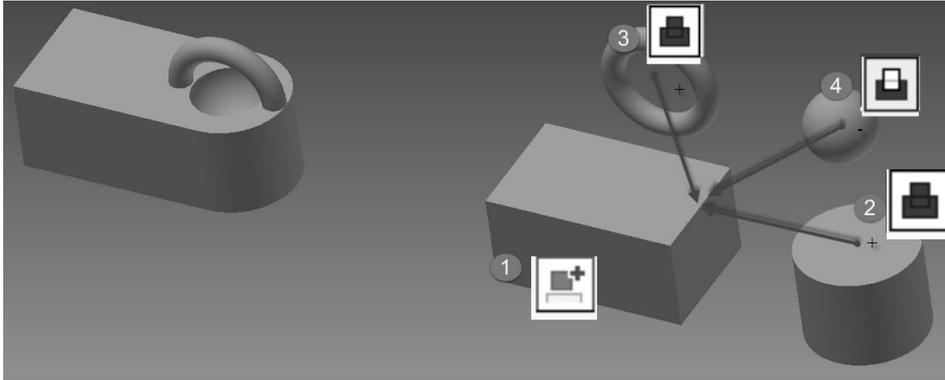


Abb. 1.9: Zusammensetzung eines 3D-Modells aus Grundkörpern

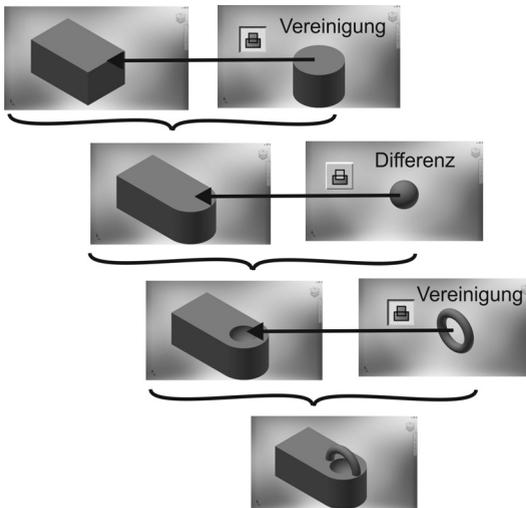


Abb. 1.10: Schrittweiser Zusammenbau aus den Grundkörpern

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.

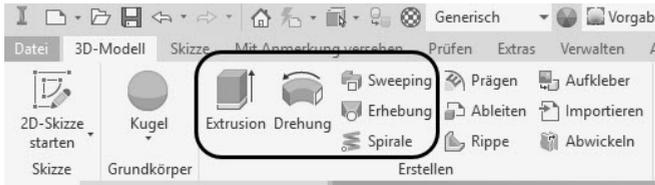


Abb. 1.11: Bewegungskörper in Inventor

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).

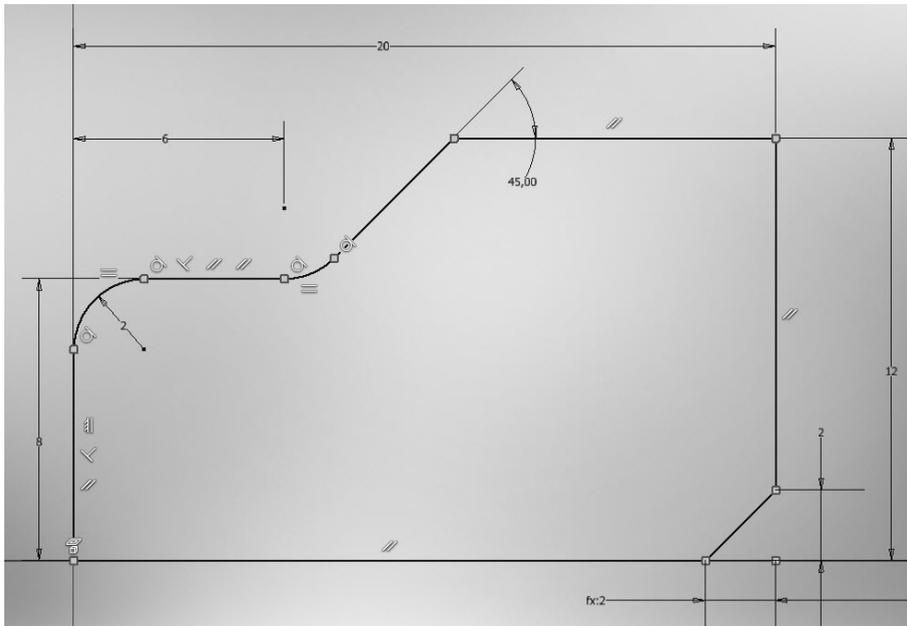


Abb. 1.12: Zweidimensionale vollständig bestimmte Skizze mit angezeigten geometrischen Abhängigkeiten

Extrusion

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

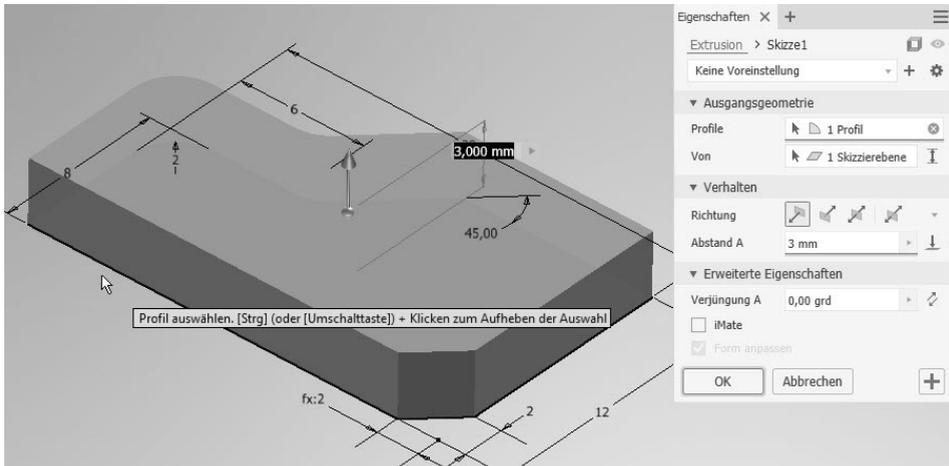


Abb. 1.13: Extrusion eines 2D-Profiles zum 3D-Volumenkörper

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*.

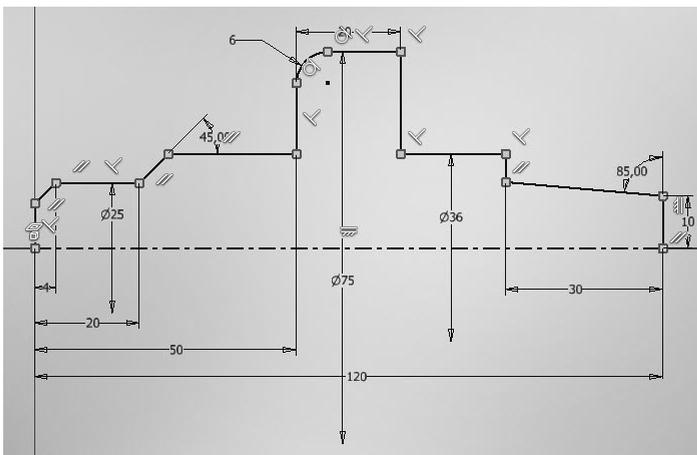


Abb. 1.14: Zweidimensionales Profil mit einer Rotationsachse mit vollständiger Bemaßung und geometrischen Abhängigkeiten

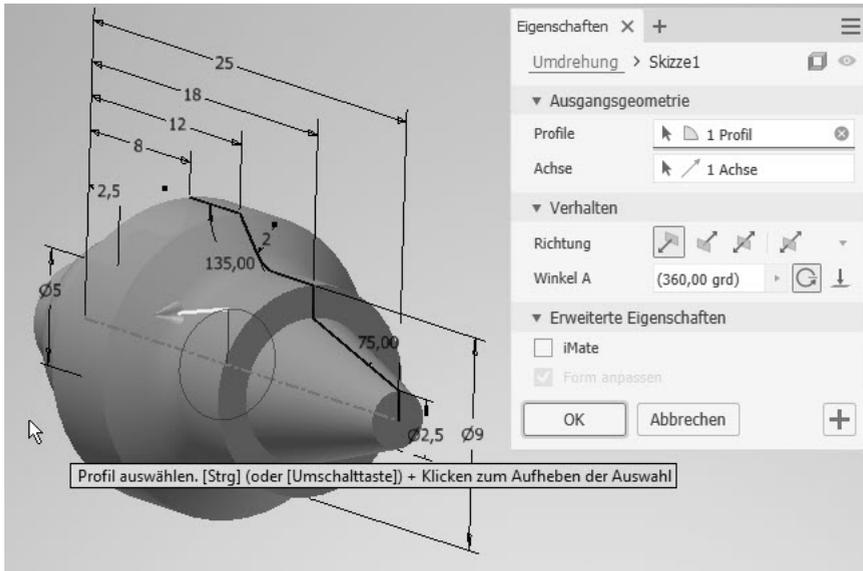


Abb. 1.15: Mit Funktion DREHUNG erzeugtes Rotationsteil

Sweeping

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

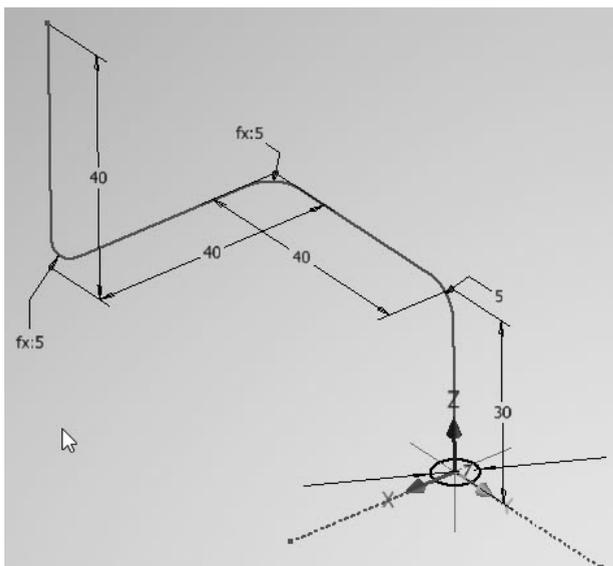


Abb. 1.16: Geschlossene 2D-Skizze (Kreis) für das Profil und 3D-Skizze für den Pfad

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

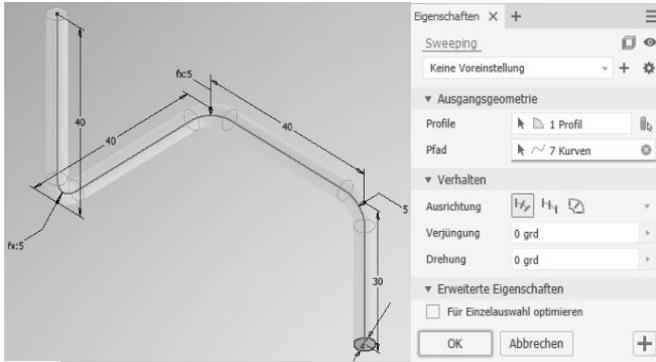


Abb. 1.17: Rohrleitung erstellt mit der Funktion SWEEPING aus Profil und Pfad

Lofting oder Erhebung

Aus der konventionellen Konstruktionsweise von Schiffsrümpfen und Flugzeugkomponenten wie Rümpfen oder Tragflächen kommt eine weitere komplexe Formgebung für 3D-Körper, das *Lofting*. *Lofting* 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.

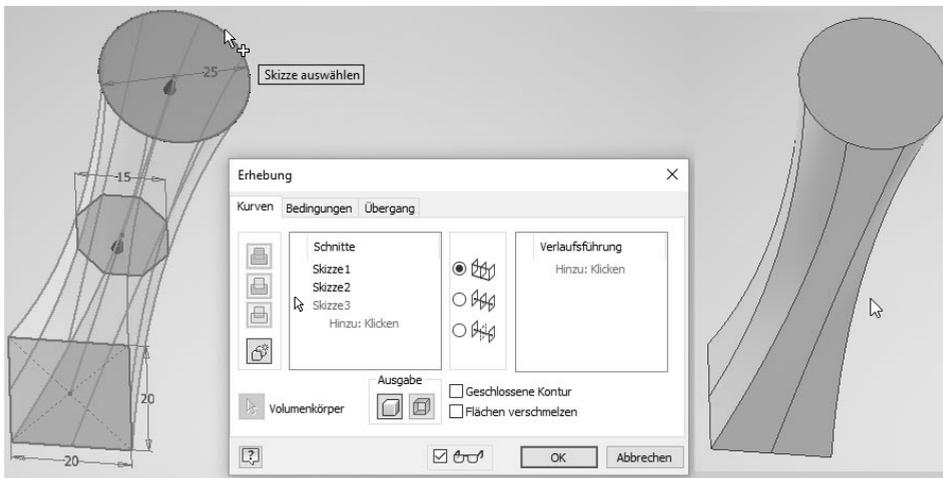


Abb. 1.18: Drei Profilskizzen zur Erstellung eines Lofting-Körpers

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.

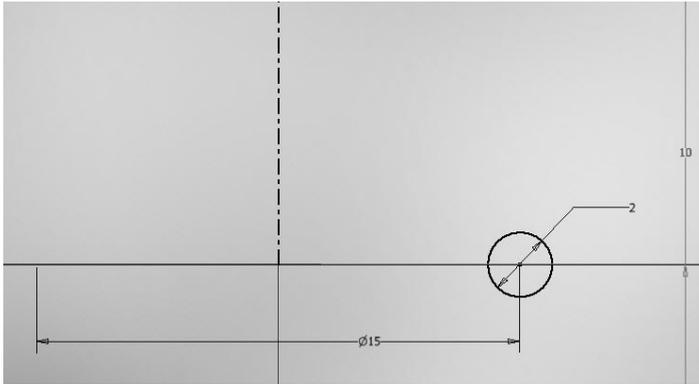


Abb. 1.19: Skizze mit Achse und Kreis-Profil für Spirale

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.

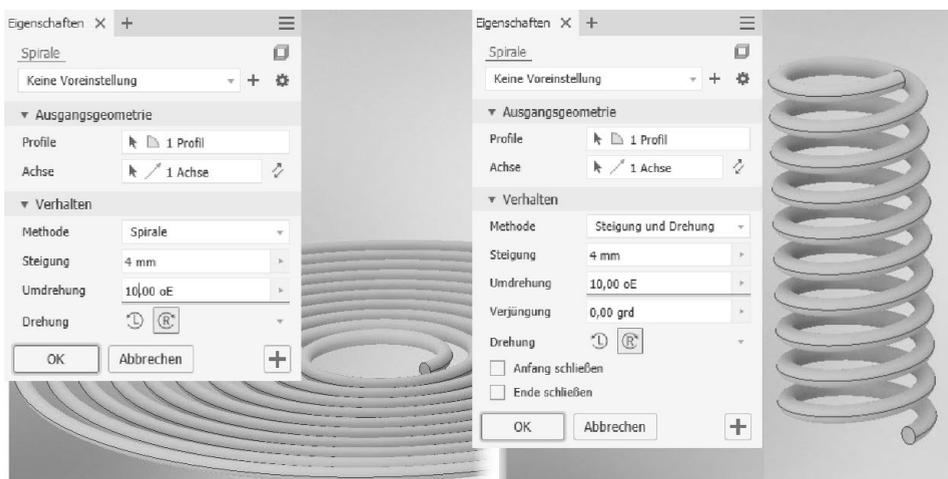


Abb. 1.20: Spirale und Wendel mit Dialogfeldern

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

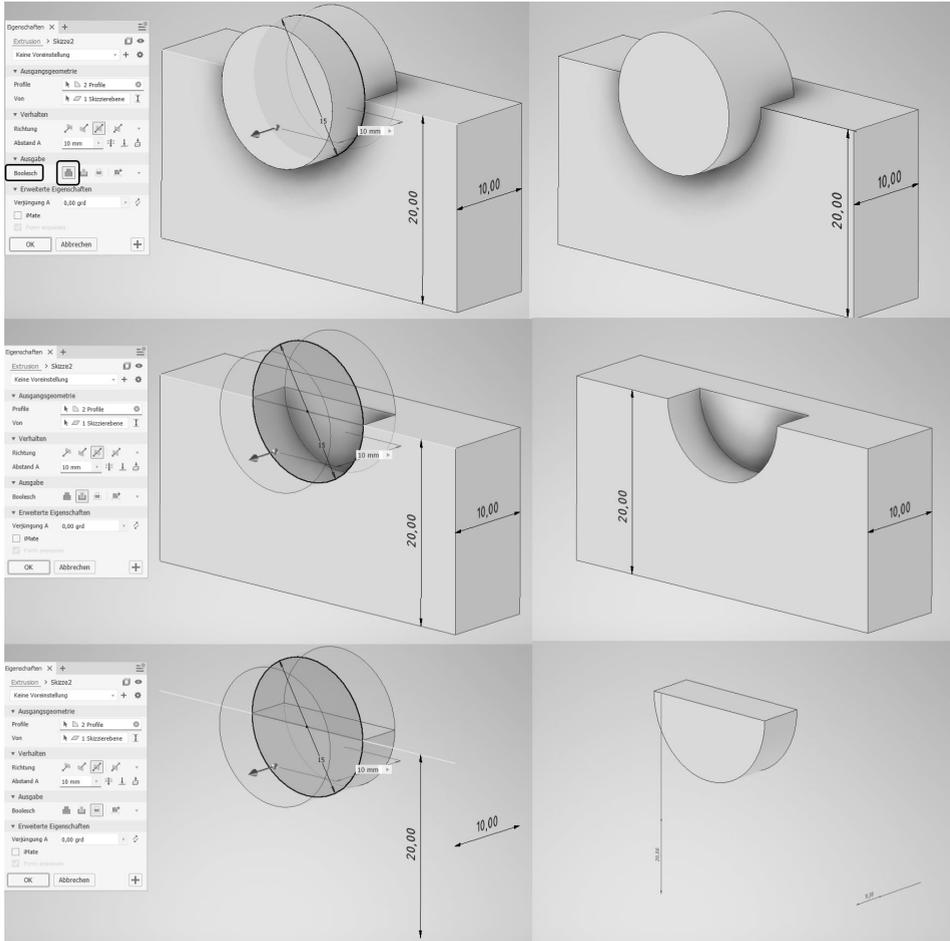


Abb. 1.22: Wirkung der booleschen Operationen

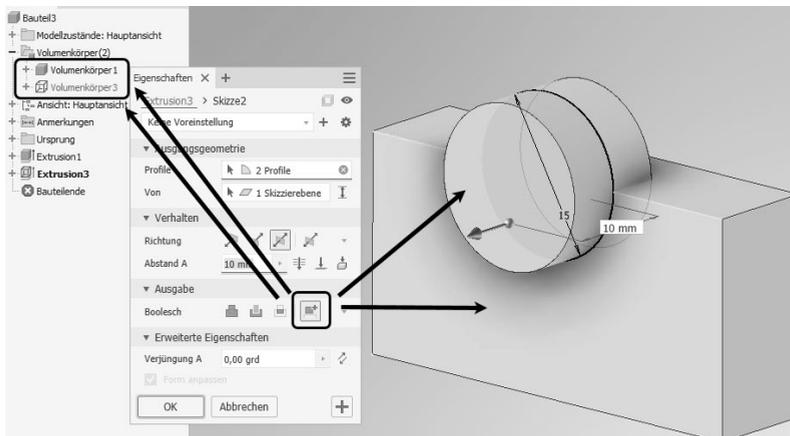


Abb. 1.23: Multipart-Teil mit zweitem Volumenkörper als eigenständiges Teil

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|KOMponentEN 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

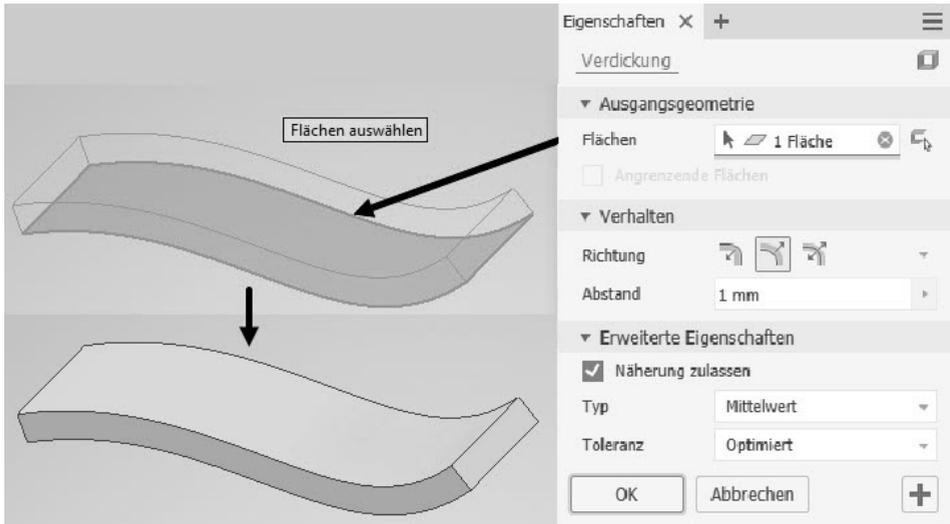


Abb. 1.26: Links: Fläche als Extrusion eines offenen Profils, rechts: Volumenkörper durch Verdicken der Fläche

1.2.4 Erstellung aus geschlossenem Flächenverbund

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

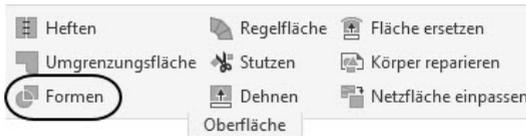


Abb. 1.27: Funktion 3D-MODELL|OBERFLÄCHE|FORMEN

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.

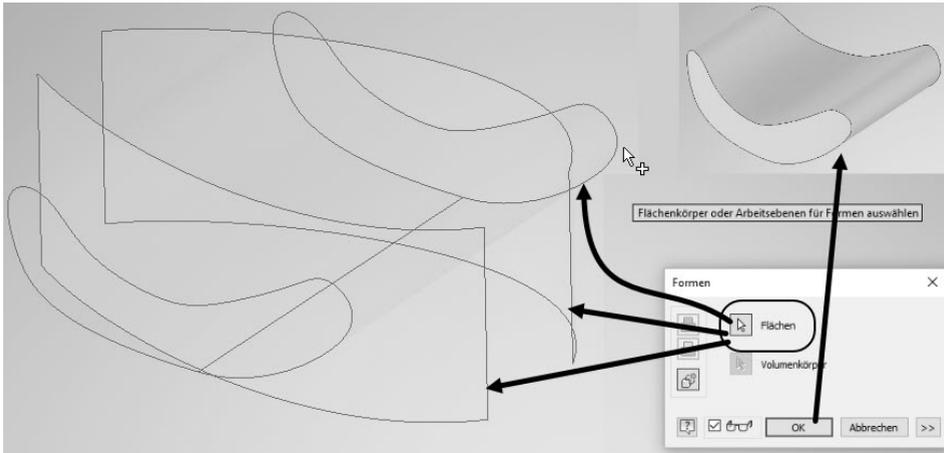


Abb. 1.28: Links: drei Flächen, die wasserdicht einen Volumenbereich einschließen, rechts: mit Formen daraus erstelltes Volumen

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.

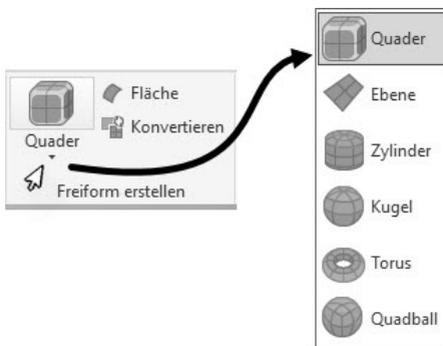


Abb. 1.29: Grundkörper für Freiform-Geometrien

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.

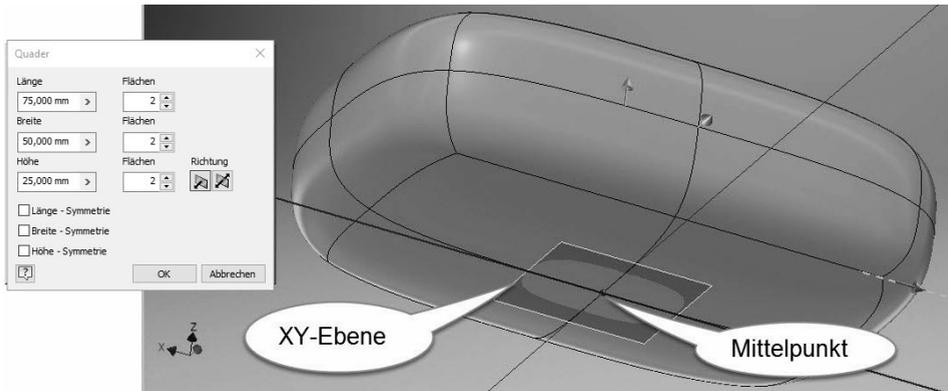


Abb. 1.30: Freiform-Quader mit Grundeinstellungen

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.

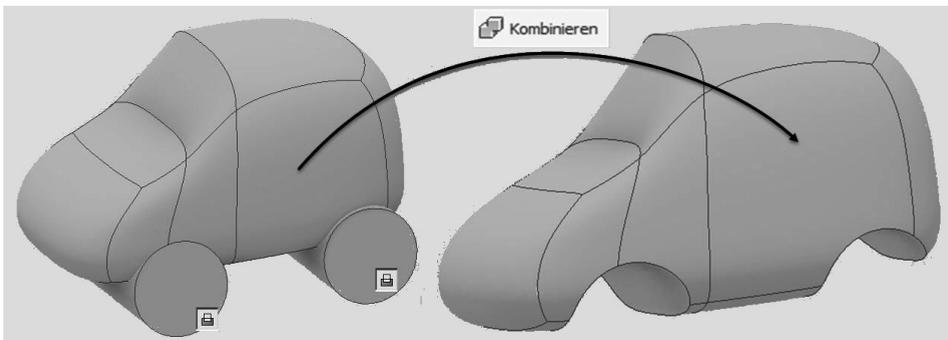


Abb. 1.31: Modifizierte Freiformgeometrie kombiniert mit Zylindern durch Differenzbildung

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 zusammensetzen. 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

einerseits mit der gewünschten Herstellungsweise wie Drehen, Fräsen, Gießen oder Pressen verträglich ist. Andererseits werden Sie oft Variantenteile haben wollen, sodass später weitere Teile einer Variantenfamilie durch einfaches Verändern der Bemaßungen entstehen können.

1.3.1 Modellierung aus Grundkörpern und Bewegungskörpern

Abbildung 1.32 zeigt ein Teil, das unterschiedlich zusammengesetzt werden kann. Im oberen Bereich werden drei Grundkörper verwendet, alles Zylinder. Einer der Zylinder verlangt allerdings eine Grundebene, die um 90° gedreht ist. Zylinder 1 und 2 werden mit der Operation VEREINIGUNG zusammengefügt, während der dritte Zylinder dann mit DIFFERENZ vom Volumen abgezogen wird und zu der Öffnung führt. Als letzte Komponente kommt noch ein extrudiertes Profil hinzu, das auf einer Skizze basiert.

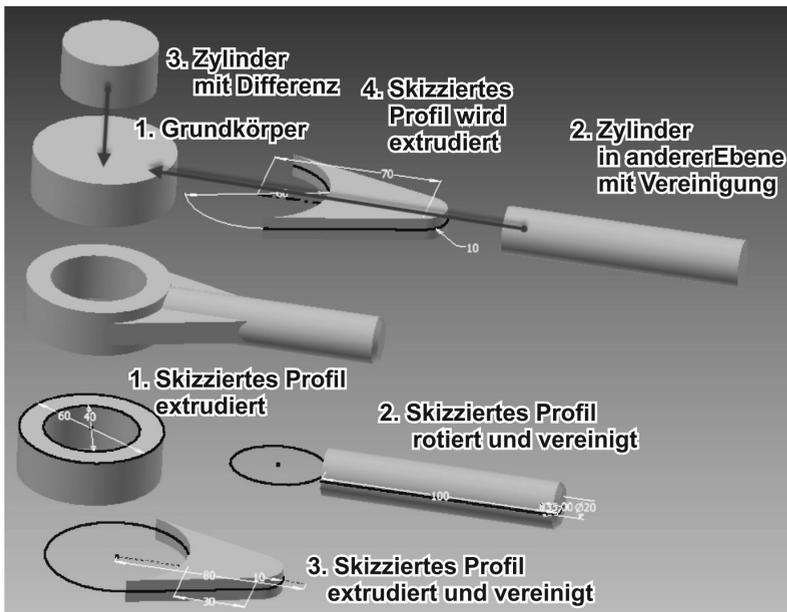


Abb. 1.32: Modellieren mit Grundkörpern und/oder Bewegungskörpern

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.

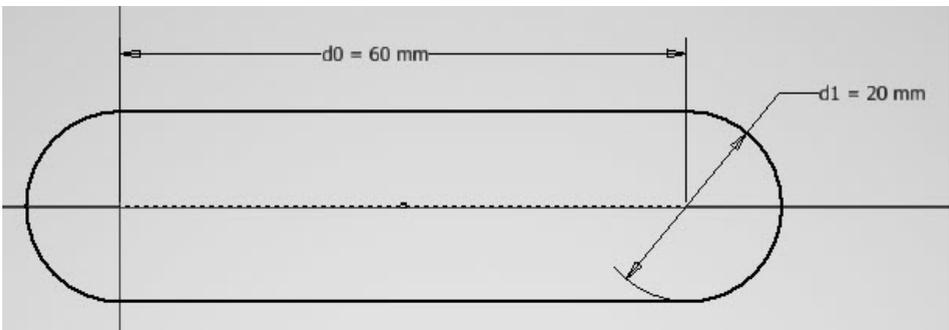


Abb. 1.33: Erste Skizze in der Ansicht OBEN

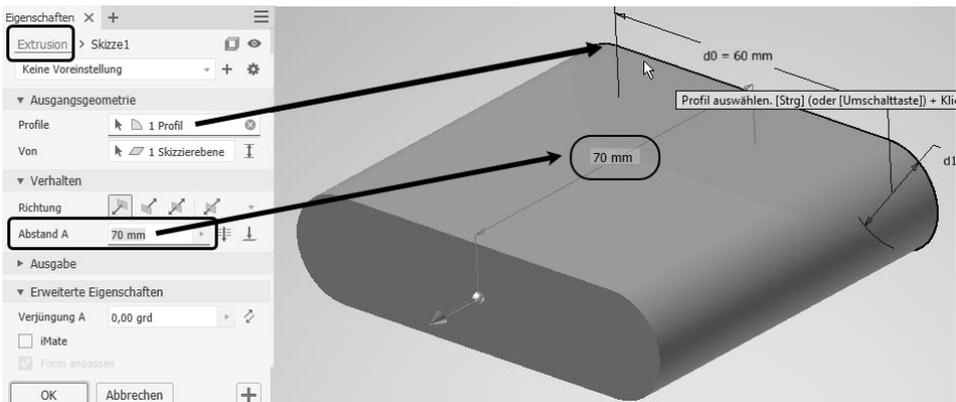


Abb. 1.34: Extrusion des ersten Profils

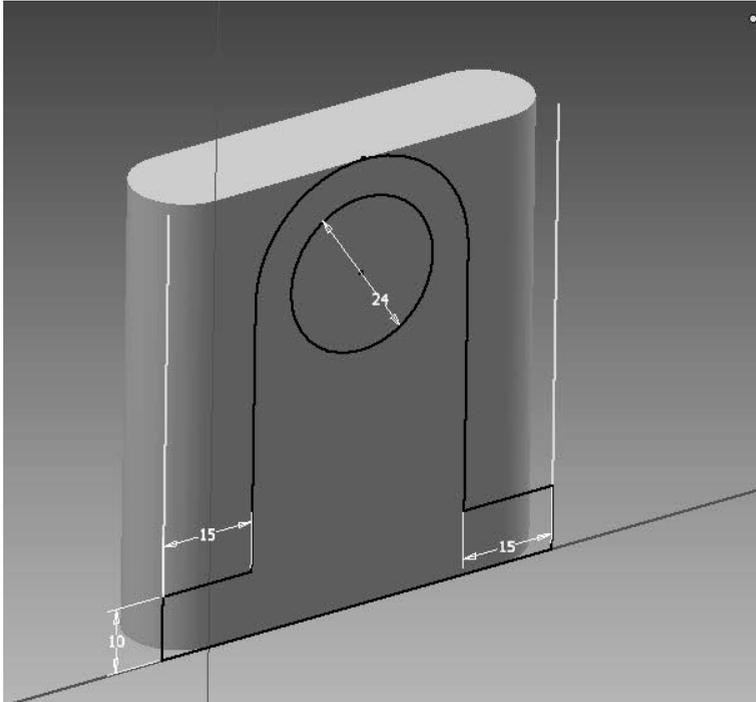


Abb. 1.35: Skizze für zweite Extrusion



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

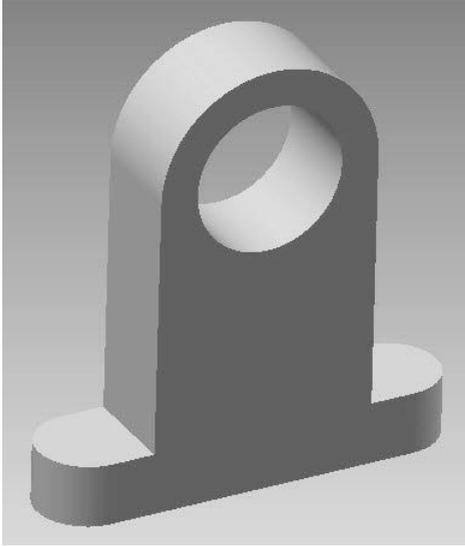


Abb. 1.37: Fertiges Bauteil

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.

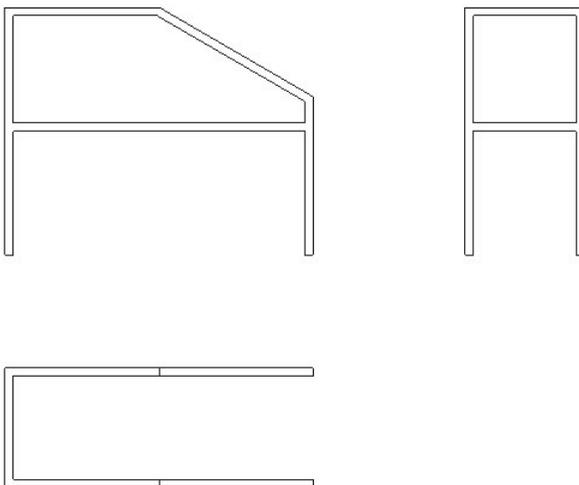


Abb. 1.38: Dreitafelbild der Konstruktion

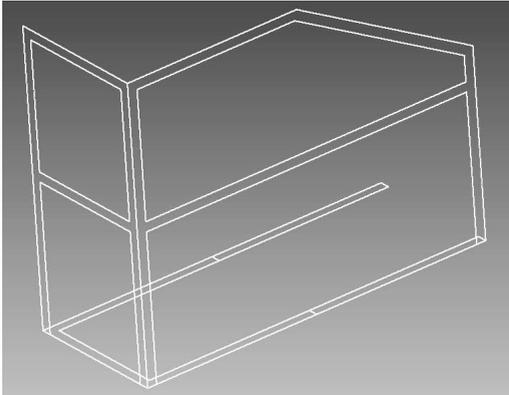


Abb. 1.39: Die drei Ansichten in den korrekten Ebenen gezeichnet

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.

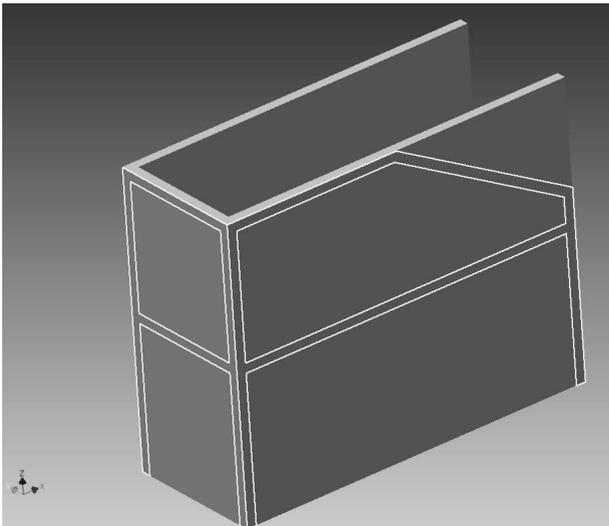


Abb. 1.40: Skizze aus der XY-Ebene (Ansicht OBEN) in Z-Richtung extrudiert

Kapitel 1

Vorüberlegungen zu einfachen 3D-Konstruktionen

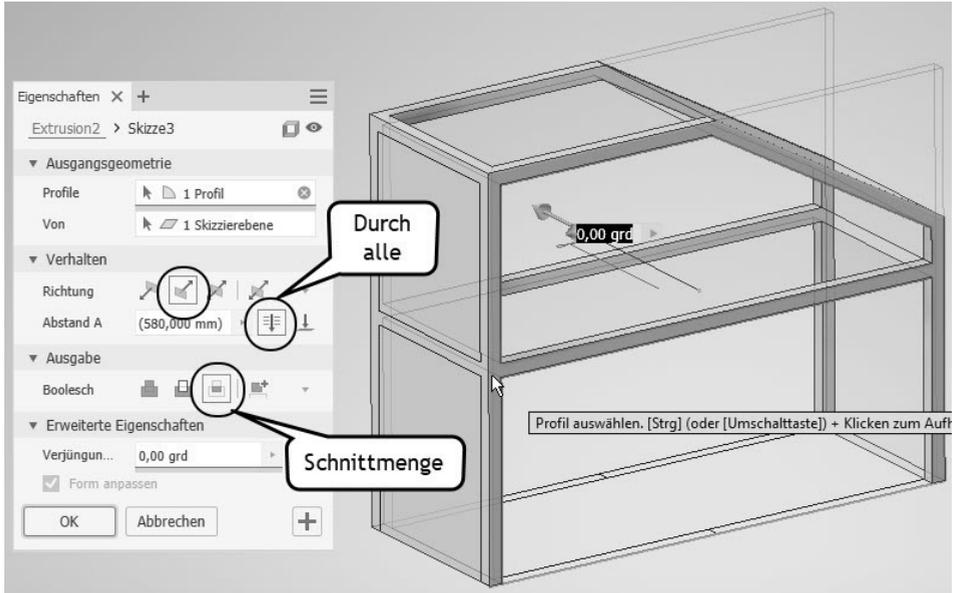


Abb. 1.41: Skizze aus der XZ-Ebene (Ansicht VORNE) in Y-Richtung extrudiert, mit vorherigem Volumenkörper mit Operation SCHNITTMENGE kombiniert

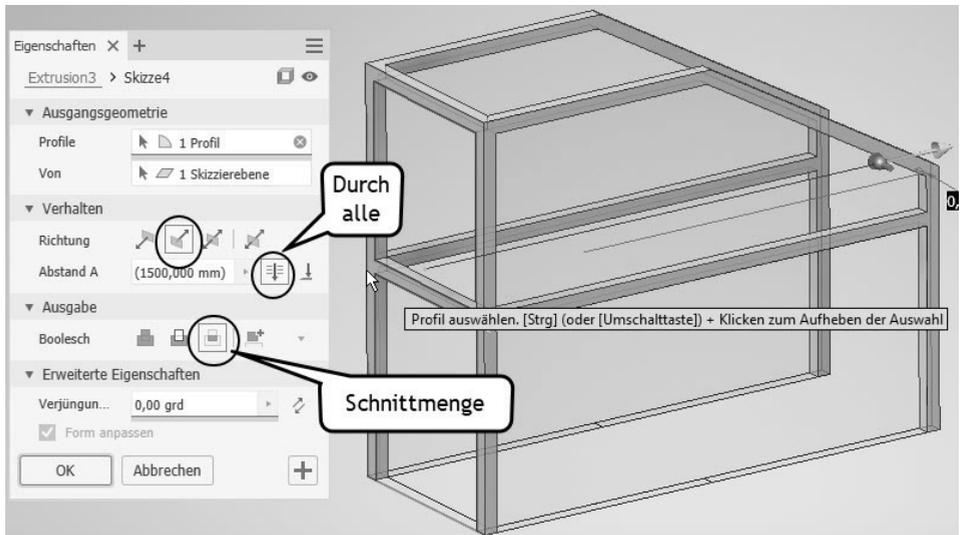


Abb. 1.42: Skizze aus der YZ-Ebene (Ansicht LINKS) in X-Richtung extrudiert, mit vorherigem Volumenkörper mit Operation SCHNITTMENGE kombiniert

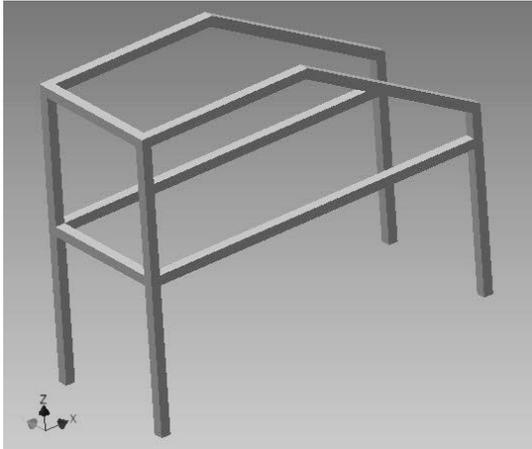


Abb. 1.43: Fertiges 3D-Modell

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.

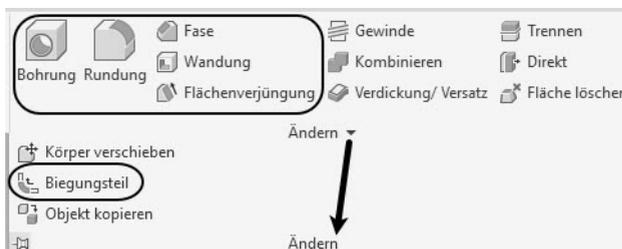


Abb. 1.44: Detailelemente im Register 3D-MODELL

- **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 (s.a. Abschnitt 7.2, *Bottom-Up – 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.

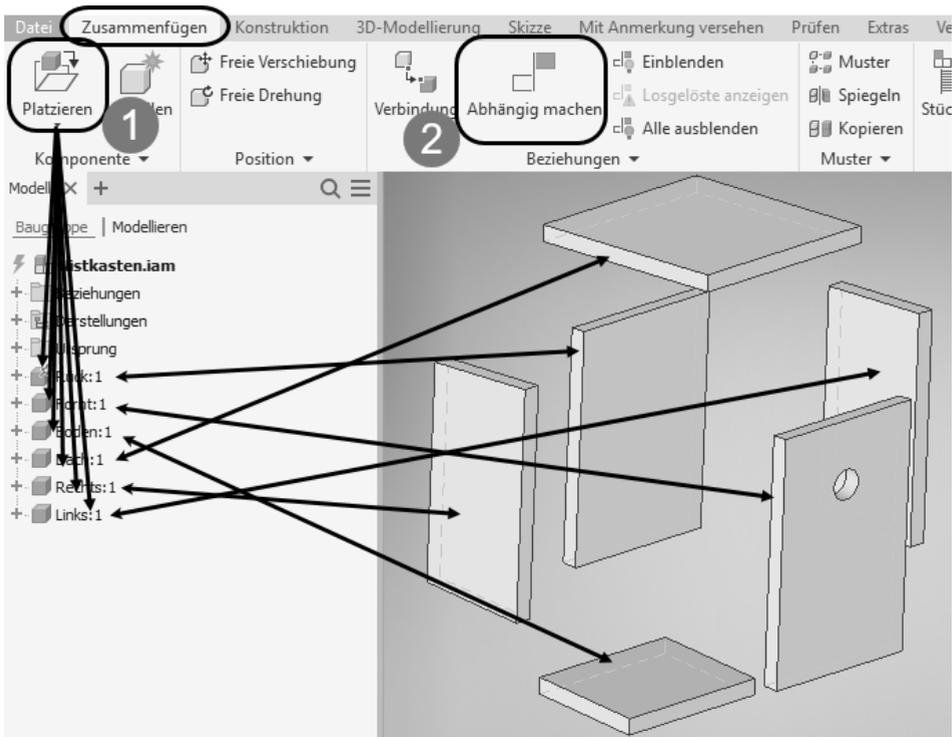


Abb. 1.45: Baugruppe nach dem Bottom-Up-Verfahren zusammenbauen

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 im CAD-Bereich in einem Gesamtbauteil die für das Projekt benötigten Teile als einzelne Volumenkörper erzeugt, wobei über geometrische Abhängigkeiten dann schon die Passgenauigkeit der einzelnen Teile gewährleistet werden kann. Dies ist aber nur in einem statischen Zustand möglich.

Da das Projektziel meist ein Mechanismus mit Bewegungsabhängigkeiten ist, wird danach aus den nun schon 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 erneut zusammengefügt und können darin mit Bewegungsabhängigkeiten versehen werden.

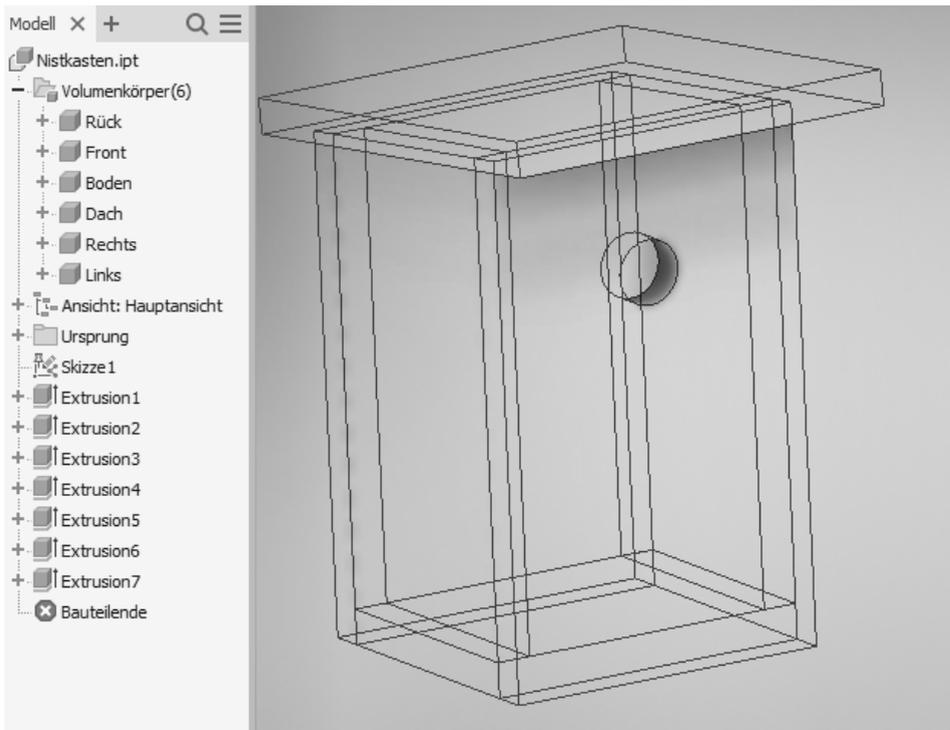


Abb. 1.46: Top-Down-Beispiel mit Gesamt-Skizze und allen einzelnen Volumenkörpern in einer Gesamtbauteil-Datei

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 20
.iam 20
.idw 20
.ipt 20, 56

Numerisch

3D 50
3D-Koordinate 157
3D-Kurve
 projizieren 166
3D-Skizze 74, 157

A

Abhängigkeit 124, 311
 anzeigen 188
 Baugruppe 315
 Einfügen 324
 Koinzident 189
 Symmetrie 328
 Tangential 327
 Typen 127
 Winkel 317
Abhängigkeitssymbol
 ausschalten 187
Ableiten 229
Abschlusskappen 463
Absolut 159
Abwickeln 241
Adaptives Bauteil 341
Anpassungspunkt 143
Ansicht
 aufgeschnitten 376
 ausrichten 89, 377
 Ausschnitt 375
 bearbeiten 373
 Detailansicht 370
 geschnitten 416
 Hilfsansicht 365
 orthogonale 365

 parallel 365
 Schnittansicht 366
 unterbrochen 374
 zuschneiden 377
Ansichtssteuerung
 Maus 72
 Navigationsleiste 72
Anwendungsoptionen 74
AnyCAD-Verfahren 478
Arbeitsachse 165, 204
Arbeitsebene
 definieren 194
Arbeitspunkt 205, 260
Arbeitsteil 31
Aufkleber 236
Ausklinkung 24, 449
Ausrichten 73
Ausrichtung
 aufheben 378
Ausschneiden 449
Ausschnitt 375
Austragung 27, 208
Auswahl
 ändern 197
Autodesk Apps-Store 61
Autodesk-Revit 476

B

Basis-Ansatz 45
Basisebene
 auswählen 86
Basislinie 383
Basisteil 309
Baugruppe 306
 Abhängigkeiten 315
Bauteil
 adaptives 341
 Basisteil 309
 neues 113
Bauteilumgebung 62

- Bearbeiten
 - mit Doppelklick 78
- Befehl
 - eingeben 75
- Befehlsabkürzungen 71
- Befehlszeile
 - am Cursor 70
- Bemaßung 103, 379, 381
 - anzeigen 181
 - Arten 179
 - Bezugsbemaßungen 383
 - Kettenbemaßung 386
 - Koordinatenbemaßung 385
 - Skizze 179
- Bemaßungsbefehl 379
- Bemaßungsstil 380
- Benutzer-Koordinaten-System 291
- Benutzername 74
- Benutzeroberfläche 56
- Beschriftung 394
- Betriebssystem 50
- Bewegungskörper 25
- Bezugsbemaßung 383
- Bezugsrichtung 271
- Biegeradius 75
- Biegung
 - 3D-Skizze 164
- BIM 476
- BIM-Export 476
- BKS 291
- Blechstandards 442
- Blechteile 440
- Block
 - bearbeiten 157
 - Explodieren 157
- Bogen 137, 162
 - mit Knick von 90 135
- Bohrung 257
- Boolesche Operation 31
- Bottom-Up-Prinzip 45, 292, 303
- Browser 68

- C**
- Cursor-Menü 75

- D**
- Datei-Menü 56
- Dehnen
 - Skizze 173
- Detailansicht 370
- Detailgenauigkeit 357
- Dezimalzahl
 - Schreibweise 132
- Dialogfeld 76
- Direktbearbeitung 283
- Dokumenteinstellungen 74
- Dokument-Registerkarte 68
- Drehbar
 - Gelenk 336
- Drehen 287
 - Skizze 172
- Drehung 27, 329
 - freie 316
- Dreitafelbild 40

- E**
- Ebene 193
- Eigenschaften 157
- Einfügen 324
- Einheiten 380
- Einstellungen
 - zurücksetzen 53
- Element
 - platziertes 257
- Ellipse 138
- Endstopfen 460, 463
- Erhebung 216
- Explosionsdarstellung 19, 301, 401
- Extrusion 27, 108, 209
 - Optionen 108

- F**
- Fase 106, 267
 - definieren 107
 - Skizze 147
- Feature 43, 257
- Feder 226
- Fertigungsphasen 357
- Fläche
 - durch Extrusion 165
 - löschen 281, 287
 - über Drehung 165
- Flächenverjüngung 270
- Flyout 61
- Formular-Editor 485
- Freie Drehung 316
- Freie Verschiebung 316
- Freiform
 - Grundkörper 35
- Freiheitsgrad 187

G

Gelenktypen 336
 Geometrie
 importiert 252
 projizieren 168
 Geometrietext 148
 Gestreckt
 Skizze 174
 Gewinde 226, 274
 Gewindekante 391
 Gleichheitszeichen im Dialogfenster 106
 Gleichungskurve 163, 223
 Graffikkarte 50
 Größenänderung 285
 Grundeinstellung 57
 Grundkörper 23, 242
 Gruppe 61

H

Halbschnitt 415
 Hilfe 60, 79
 Hilfsansicht 365
 Hilfsgeometrie 117
 Hilfslinie 193

I

iAssembly 356
 If...Then...End If 490
 iFeature 277
 iLogic 483
 iLogic-Browser 485
 iMate 333
 Import
 Revit 479
 Importieren 237
 Importierte Geometrien 252
 Inhaltscenter 346
 Installation 51
 Inventor
 starten 54
 zurücksetzen 53
 Inventor-Bibliothek
 benutzerdefinierte 463
 Inventorkonstruktion
 Phasen 19
 Iso-Ansicht 161

K

Kamera 442
 Kelchnaht 474

Kettenbemaßung 386
 Kombinieren 36, 279
 Konstruktion
 freigeben 68
 Kontextmenü 77
 Konvertiertes Objekt 479
 Koordinate 160
 Typen 122
 Koordinatenbemaßung 385
 Koordinatendreiein 157
 Koordinatensystem 291
 Kopieren
 Skizze 172
 Körper
 reparieren 252
 verschieben 281
 Kreis 138
 Kugel 245
 Kugelförmig
 Gelenk 336
 Kurve 145
 3D-Skizzen 161
 spiralförmige 161
 über Formel 163

L

Längeneingabe
 ermöglichen 96
 Layout-Bauteil 303
 Linie-Funktion 98
 Lizenzübertragung 53
 Lockerungsmodus 129
 Lofting 29, 208, 216
 Löschen
 Fläche 287

M

Maßlinie
 Abstand anpassen 387
 Maßtexthöhe 380
 Maßwert
 übernehmen 184
 Maus
 Ansichtssteuerung 72
 Mäusrad
 Pan 72
 Maximum 388
 Medianwert 183, 388
 Mini-Dialog 76
 Mini-Menü 75

Minimum 388
 Mittellinie 193
 erstellen 391
 Mittelpunkt 257
 Modell
 aus zwei Extrusionen 38
 Modellierungsfehler 252
 Modellzustände 356, 357
 Multifunktionsleiste 75
 Multipart-Bauteil 303
 Multipart-Konstruktion 207, 292
 Multipart-Teil 31
 Multivalued-Liste 434
 Multivalued-Parameter 434
 Muster
 in Skizzen 176
 Skizze 176

N

Nachfolgende Nullen 380
 Navigationsleiste 72
 Nennwert 388
 Neue Funktionen markieren 67
 Nullen
 nach Komma 380
 Nullpunkt 117
 Nullpunktsymbol
 entfernen 385

O

Objekt
 konvertiertes 479
 kopieren 282
 wählen 124
 Objektfang 118
 Online-Hilfe 61
 herunterladen 80
 Optionen 74
 Orbit 73
 Orthogonale Ansicht 365

P

Pack and Go 439
 Pan 72
 Parabel 145, 146
 Parallelansicht 364, 365
 Parallelprojektion 74
 Parameter 427
 Parameter-Manager 483

Parametertabelle 427
 Passungsangabe 183
 Perspektivische
 Ansicht 74
 Pfad 29
 dreidimensional 224
 Planar
 Gelenk 336
 Platzieren 309
 Polar
 Skizze 176
 Prägen 228
 Präsentation 19, 301, 401
 Präzise Eingabe 159
 Profil 25
 Profil-Bauteil 460
 Programmleiste 56
 Projekt 55, 301
 anlegen 83
 Projektverzeichnis 302
 Projizieren
 Geometrie 168
 Schnittkanten 168, 178
 Punkt
 Arbeitspunkt 205, 260
 aus Excel importieren 151, 160
 in 3D-Skizze 164
 Skizze 150
 Punktfang 118

Q

Quader 243
 QuickInfo 74

R

RAM-Speicher 50
 Rasterfang 316
 Rastergitter 120
 Rasterlinie 120
 Rastpositionen 118
 Read-Only Mode 52
 Rechteck 139
 Rechteckig
 Skizzen-Muster 176
 Referenzmodell 478
 Regel 489
 hinzufügen 490
 Register 61
 Relativ 159

Relaxmodus 129
 Reparaturumgebung 252, 283
 Revit 476, 478
 Revit-Familiendateien 476
 Revit-Familienteil 307
 Rippe 233
 Rotation 27, 208
 Rundung 106, 261
 Skizze 147

S

Schlüsselparameter 431, 485
 Schnellzugriff-Werkzeugkasten 58
 Schnittansicht 366
 Schnittdarstellung 416
 Schnittkanten
 projizieren 168, 178
 Schnittkurve
 3D-Skizze 164
 Schraube 350
 Sicherungsdatei 301
 Silhouettenkurve
 3D-Skizze 165
 Skalieren 286
 Skizze 174
 Skelett-Bauteil 460
 Skizze
 3D 157
 aus AutoCAD importieren 152
 Bemaßung 179
 erstellen 95
 Fasen 147
 Kurve 161
 prüfen 186
 Punkt 150
 Rundung 147
 Text 148
 Skizzenanalyse 190
 Skizzierebene 74
 ausrichten 95
 beim Skizzieren aktivieren 91
 Skizzierfunktion 115
 Skizziermodus 87
 Skizzierpunkt 151, 258
 Snippets 493
 Software-Voraussetzung 50
 Spante 29
 Speichern 88
 Spirale 225, 226
 Spiralförmige Kurve 161

Spline 143, 163
 Splinekurve 144
 Spurlinien 96
 Stanzmodell 38, 41
 Starr
 Gelenk 336
 Start 54
 Statusleiste 70
 Stückliste 294
 Stützen
 Skizze 173
 Stützpunktpolygon 143
 Sweeping 28, 222
 Volumenkörper 223
 Symmetrie
 Abhängigkeit 328
 Symmetrielinie 118

T

Tabelle
 im Browser 436
 Tangential
 Abhängigkeit 327
 Teilevarianten 357
 Testversion 49
 Text 148
 Skizze 148
 Top-Down 45
 Top-Down-Prinzip 303
 Torus 93, 246
 Trennen 270, 272
 Skizze 174
 Trimmen *siehe*

U

Überbau-Ansatz 46
 Überlagerung
 in Ansichten 371
 Unterbrochene Ansicht 374

V

Varianten 356
 Verbindung 336
 Verdickung 276
 Vereinfachungen 357
 Verjüngung 162
 Verknüpfung 478
 Versatz 276
 Skizze 175

Verschiebbar
 Gelenk 336
Verschieben 284
 Skizzengeometrie 171
Verschiebung
 freie 316
ViewCube 73, 363
Viewer 52
Volumen
 analysieren 36
Volumenkörper
 erstellen 33, 207
 Multipart-Konstruktion 207

W

Wandung 269
Wendel 226
Werkseinstellungen 53
Werkzeugkasten 75, 76
Wiederherstellungsdatei 74
Willkommensbildschirm 55
Winkel 325
 Abhängigkeit 317

Z

Zeichenfunktion
 Fasen 106
 Linie-Funktion 98
 Rundung 106
 Übersicht 97
Zeichnen
 Funktionen 116
Zeichnung
 erstellen 361
Zeichnungsdatei 56
Zeichnungsdateityp 74
Zeichnungsressource 53
Zeichnungsstart 113
Zoomen 73
Zugrichtung 271
Zurücksetzen 53
 AutoCAD-Einstellungen 53
Zylinder 244
Zylindrisch
 Gelenk 336