

3D-Konstruktionen mit
Autodesk **Inventor 2021**
und **Inventor LT 2021**

Der umfassende Praxiseinstieg
Mit Übungsbeispielen, Aufgaben & Testfragen

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	34
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	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	51
2.3	Installation	52
2.4	Installierte Programme	55
2.5	Inventor Professional 2021 und Inventor LT 2021	56
2.6	Inventor starten	56
2.6.1	Start	57
2.7	Die Inventor-Benutzeroberfläche	58
2.7.1	Programmleiste	59

2.7.2	Datei-Menü	59
2.7.3	Schnellzugriff-Werkzeugkasten	61
2.7.4	Kommunizieren und Informieren	63
2.7.5	Multifunktionsleisten, Register, Gruppen und Flyouts.	64
2.7.6	Dokument-Registerkarten	71
2.7.7	Browser	71
2.7.8	Befehlszeile und Statusleiste	72
2.7.9	Ansichtssteuerung mit Maus.	74
2.7.10	Ansichtssteuerung mit der Navigationsleiste.	75
2.7.11	ViewCube	76
2.7.12	Nützliche Optionen-Einstellungen	77
2.8	Wie kann ich Befehle eingeben?	77
2.8.1	Multifunktionsleisten.	77
2.8.2	Tastenkürzel	79
2.8.3	Kontextmenü.	80
2.8.4	Objekte zum Bearbeiten anklicken	81
2.8.5	Hilfe.	82
2.9	Übungsfragen	83
3	Erste einfache 3D-Konstruktionen	85
3.1	Einfache Konstruktion mit Grundkörpern	85
3.1.1	Ein neues Projekt anlegen (nicht in LT)	86
3.1.2	Der erste Quader	88
3.1.3	Speichern	91
3.1.4	Ansicht schwenken.	92
3.1.5	Zwei nützliche Einstellungen	93
3.1.6	Hinzufügen eines Zylinders	94
3.1.7	Halbkugel als Vertiefung	96
3.1.8	Der Torus	96
3.2	Einfaches Extrusionsteil	97
3.2.1	Eine Skizze erstellen	98
3.3	Einfaches Rotationsteil	112
3.4	Übungsfragen	114
4	Die Skizzenfunktion	115
4.1	Ein Bauteil neu beginnen	115
4.1.1	Wo beginnen?	115
4.2	Funktionen für zweidimensionales Skizzieren	117
4.2.1	Funktionsübersicht	118

4.2.2	Linienarten	119
4.2.3	Punktfänge	120
4.2.4	Rasterfang	122
4.2.5	Koordinatentyp	124
4.2.6	Objektwahl	126
4.3	Abhängigkeiten	126
4.3.1	Abhängigkeits-Typen	129
4.3.2	Lockerung von Abhängigkeiten	131
4.4	2D-Skizzen	133
4.4.1	Eine erste Kontur	133
4.4.2	Kontur mit Linien und Bögen	136
4.4.3	Bögen in der Kontur	139
4.4.4	Kreise und Ellipsen in der Skizze	140
4.4.5	Rechtecke in der Kontur	141
4.4.6	Splines und Brückenkurven in der Kontur	145
4.4.7	Kurven mit Funktionsbeschreibungen	147
4.4.8	Rundungen und Fasen in der Skizze	149
4.4.9	Texte in der Skizze	150
4.4.10	Punkte in der Skizze	152
4.4.11	Punkte aus Excel importieren	153
4.4.12	Skizze aus AutoCAD importieren	154
4.4.13	Skizzenblöcke	157
4.5	3D-Skizzen	159
4.5.1	3D-Koordinateneingabe	159
4.5.2	Kurven für 3D-Skizzen	163
4.5.3	Kurven mit Funktionsbeschreibungen	165
4.6	Bearbeitungsbefehle für 2D-Skizzen	170
4.6.1	Geometrie projizieren/Schnittkanten projizieren	170
4.6.2	Verschieben	173
4.6.3	Kopieren	174
4.6.4	Drehen	174
4.6.5	Stutzen	175
4.6.6	Dehnen	175
4.6.7	Trennen	176
4.6.8	Skalieren	176
4.6.9	Gestreckt	176
4.6.10	Versatz	177
4.6.11	Muster – Rechteckig	178

4.6.12	Muster – Polar	178
4.6.13	Muster – Spiegeln.....	179
4.7	Bearbeitungsbefehle für 3D-Skizzen	180
4.7.1	Abhängigkeiten in 3D-Skizzen	180
4.7.2	Die 3D-Transformation	180
4.8	Skizzen-Bemaßung	181
4.8.1	Bemaßungsarten	181
4.8.2	Bemaßungsanzeige	183
4.8.3	Maße übernehmen.....	186
4.9	Skizzen überprüfen.....	188
4.9.1	Freiheitsgrade.....	189
4.9.2	Geometrische Abhängigkeiten	190
4.9.3	Skizzenanalyse	192
4.9.4	Hilfslinien, Mittellinien	195
4.10	Arbeitselemente	195
4.10.1	Arbeitsebenen.....	196
4.10.2	Arbeitsachsen	206
4.10.3	Arbeitspunkte	207
4.11	Übungsfragen	207
5	Volumenkörper und Flächen erstellen	209
5.1	Volumenkörper erstellen.....	209
5.1.1	Extrusion	210
5.1.2	Drehung	214
5.1.3	Erhebung.....	218
5.1.4	Sweeping	224
5.1.5	Spirale	227
5.1.6	Prägen	230
5.1.7	Ableiten	231
5.1.8	Rippe	235
5.1.9	Aufkleber.....	238
5.1.10	Importieren.....	239
5.1.11	Abwickeln	243
5.2	Grundkörper	244
5.2.1	Quader.....	245
5.2.2	Zylinder.....	246
5.2.3	Kugel	247
5.2.4	Torus	248

5.3	Flächen.....	249
5.3.1	Heften.....	250
5.3.2	Umgrenzungsfläche.....	251
5.3.3	Formen.....	251
5.3.4	Regelfläche.....	252
5.3.5	Stutzen.....	253
5.3.6	Dehnen.....	253
5.3.7	Fläche ersetzen.....	253
5.3.8	Körper reparieren.....	254
5.3.9	Netzfläche anpassen.....	254
5.3.10	Weitere Flächenbearbeitungen mit Volumenkörper- Funktionen.....	256
5.4	Bemaßungen im Bauteil.....	256
5.5	Übungsfragen.....	258
6	Volumenkörper bearbeiten.....	259
6.1	Features.....	259
6.1.1	Bohrungen.....	259
6.1.2	Rundungen.....	263
6.1.3	Fasen.....	269
6.1.4	Wandung.....	271
6.1.5	Flächenverjüngung.....	272
6.1.6	Trennen.....	274
6.1.7	Gewinde.....	276
6.1.8	Biegungsteil.....	277
6.1.9	Verdickung/Versatz.....	278
6.2	iFeatures.....	279
6.3	Weitere Ändern-Befehle.....	281
6.3.1	Kombinieren.....	281
6.3.2	Fläche löschen.....	283
6.3.3	Körper verschieben.....	283
6.3.4	Objekt kopieren.....	284
6.4	Direkt bearbeiten.....	285
6.4.1	Verschieben.....	286
6.4.2	Größe.....	287
6.4.3	Maßstab (besser: Skalieren).....	288
6.4.4	Drehen.....	289
6.4.5	Löschen.....	289

6.5	Muster.	290
6.5.1	Rechteckige Anordnung.	291
6.5.2	Runde Anordnung.	291
6.5.3	Skizzenbasiert.	292
6.6	Benutzer-Koordinaten-Systeme.	293
6.7	Zwischen Bauteil und Baugruppe: Multipart-Konstruktionen.	294
6.8	Konstruktionsbeispiel.	296
6.9	Übungsfragen.	301
7	Baugruppen zusammenstellen (nicht in LT).	303
7.1	Projekt erstellen.	303
7.2	Bottom-Up – Top-Down.	305
7.3	Funktionsübersicht Baugruppen.	308
7.4	Erster Zusammenbau.	310
7.4.1	Die Bauteile.	310
7.4.2	Das Platzieren.	311
7.4.3	Abhängigkeiten erstellen.	313
7.4.4	Bewegungsanzeige.	316
7.5	Baugruppen-Abhängigkeiten.	317
7.5.1	Passend/Fluchtend.	317
7.5.2	Hilfsmittel Freie Verschiebung/Freie Drehung.	318
7.5.3	Winkel.	319
7.5.4	Tangential.	320
7.5.5	Einfügen.	320
7.5.6	Symmetrie.	320
7.5.7	Abhängigkeiten unterdrücken.	320
7.5.8	Passend/Fluchtend-Beispiel.	321
7.5.9	Einfügen-Beispiel.	326
7.5.10	Winkel-Beispiel.	327
7.5.11	Tangential-Beispiel.	329
7.5.12	Symmetrie-Beispiel.	330
7.6	Bewegungs-Abhängigkeiten.	330
7.6.1	Beispiel für Drehung.	331
7.6.2	Beispiel für Drehung-Translation.	331
7.6.3	Schraubbewegung.	332
7.6.4	Schraubbewegung über Parameter-Manager.	333
7.7	iMates.	335

7.8	Abhängigkeiten über die Verbindungsfunktion	338
7.9	Adaptive Bauteile	343
7.9.1	Adaptivität nachrüsten	343
7.9.2	Bauteil in Baugruppe erstellen	345
7.10	Teile aus Inhaltscenter einfügen	348
7.10.1	Beispiel Kugellager	348
7.10.2	Beispiel Schrauben	352
7.11	iParts	354
7.12	iAssemblies	356
7.13	Übungsfragen	358
8	Zeichnungen erstellen	359
8.1	Ansichten erzeugen	360
8.1.1	Standard-Ansichten	360
8.1.2	Parallel-Ansicht	362
8.1.3	Hilfsansicht	363
8.1.4	Schnittansicht	364
8.1.5	Detailansicht	367
8.1.6	Überlagerung	368
8.2	Ansichten bearbeiten	370
8.2.1	Unterbrochen	371
8.2.2	Ausschnitt	372
8.2.3	Aufgeschnitten	373
8.2.4	Zuschneiden	374
8.2.5	Ausrichtung	374
8.3	Bemaßungen	375
8.3.1	Bemaßungsarten	376
8.3.2	Bemaßungsstil	385
8.4	Symbole	388
8.4.1	Gewindekanten	388
8.4.2	Mittellinien	388
8.4.3	Bohrungssymbole	390
8.5	Beschriftungen	391
8.5.1	Form-/Lagetoleranzen	393
8.5.2	Bohrungstabelle	394
8.5.3	Stückliste	394
8.6	Übungsfragen	398

9	Präsentationen, realistische Darstellungen und Rendern	399
9.1	Funktionsübersicht (nicht in LT)	399
9.2	Drehbuch animieren (nicht in LT)	405
9.3	Darstellungsarten	409
9.3.1	iProperties einstellen	409
9.3.2	Die verschiedenen visuellen Stile	410
9.3.3	Halbschnitt	413
9.3.4	Darstellung mit Volumen-Ausschnitt	415
9.4	Inventor Studio	419
9.4.1	Beleuchtung und Szene	420
9.4.2	Kamera einstellen	421
9.4.3	Rendern	423
9.5	Übungsfragen	424
10	Parameter – Excel – Varianten	425
10.1	Parameter nutzen	425
10.1.1	Parameterliste und manuelle Änderungen	426
10.1.2	Benutzerparameter	429
10.1.3	Formeln	431
10.1.4	Multivalue-Parameter für Varianten	432
10.1.5	Excel-Tabelle	432
10.2	Übungsfragen	435
II	Umgebungen – Erweiterungen	437
II.1	Pack and Go	437
II.2	Blechteile	438
II.2.1	Blechstandards	440
II.2.2	Blechteil erstellen	440
II.2.3	Abwicklungen	449
II.2.4	Abwicklung und gefaltetes Modell	451
II.2.5	Zeichnung erstellen	453
II.2.6	DXF-Ausgabe	454
II.3	Gestellgenerator	455
II.3.1	Basis für Gestell aus Volumenkörper	456
II.3.2	Basis für Gestell aus 3D-Skizze	457
II.3.3	Dateistruktur bei Gestellen	458
II.3.4	Gestell erzeugen	459
II.3.5	Endstopfen	460
II.3.6	Profile bearbeiten	462

II.4	Wellengenerator	467
II.5	Schweißen	468
II.5.1	Schweißvorbereitung	469
II.5.2	Erstellen der Schweißnähte	470
II.6	BIM-Export	473
II.7	Revit-Import	475
II.8	Übungsfragen	477
I2	iLogic (nicht in LT)	479
I2.1	iLogic aktivieren	480
I2.2	Das iLogic-Formular	481
I2.3	Arbeiten mit Regeln	485
I2.4	iLogic ohne Programmieren	490
I2.5	Übungsfragen	492
A	Fragen und Antworten	493
B	Benutzte Zeichnungen	505
	Stichwortverzeichnis	537



Einleitung

Neu in Inventor 2021 und Inventor LT 2021

Jedes Jahr im Frühjahr erscheint eine neue Inventor-Version. Sowohl die Vollversion als auch die LT-Version (Light) warten immer wieder mit verbesserten und neuen Funktionen auf.

Bei der Version Inventor 2021 gibt es neben Fehlerbehebungen zahlreiche einzelne Verbesserungen, von denen hier nur einige genannt werden sollen:

- Viele alte Dialogoberflächen von Befehlen wurden durch Eigenschaften-Gruppen ersetzt.
- Viele Verbesserungen betreffen den Gestell-Generator, für den viele Dialoge durch die Eigenschaften-Gruppen ersetzt wurden. Für die Gestellkomponenten gibt es die Möglichkeit, individuelle Namenskonventionen zwecks Übersichtlichkeit zu erzeugen. Für den Nuten-Befehl wurden die Querschnittsprofile erweitert.
- Der Import fremder CAD-Dateien (AnyCAD) wurde durch den Import von Autodesk-Revit-Dateien ergänzt. Auch dafür ist der Import als Referenz oder die Konversion in Inventor-Objekte möglich.
- Eine neue Darstellung mit dunklem Hintergrund und dunklen Schaltflächen wird als Vorab-Version angeboten und soll nach Benutzerecho noch optimiert 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 dann 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 den Autor 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-Hompage 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 bei einem autorisierten Händler erwerben. Die Adressen dafür finden Sie unter www.autodesk.de.

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 Hilfe-Funktion 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 2021 zu geben. Ich wünsche Ihnen viel Erfolg und Freude bei der Arbeit mit dem Buch und der Inventor-Software.

Detlef Ridder

Germering, 16.6.2020

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.

Bei der Programmversion INVENTOR LT gibt es *keine Möglichkeit zum Zusammenbau* von Baugruppen. Die Schritte reduzieren sich dann auf die beiden ersten:

1. Erstellung einzelner *Volumenkörper* und
2. *Ableiten der Zeichnungsansichten* einzelner Körper.

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).

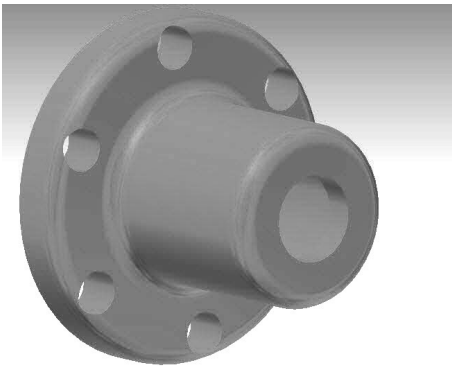


Abb. 1.1: Ein Bauteil (*.ipt-Datei)

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

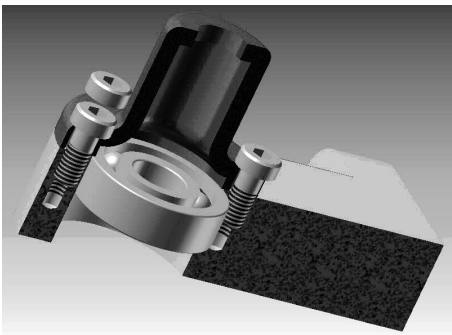


Abb. 1.2: Eine Baugruppe (*.iam-Datei, nicht in Inventor LT) im Halbschnitt

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)

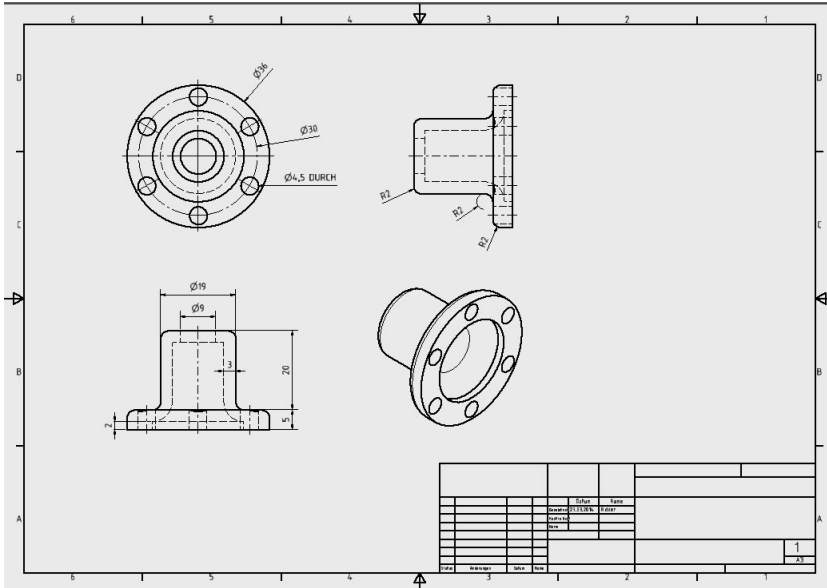


Abb. 1.3: Die technische Zeichnung eines Bauteils (*.dwg-Datei)

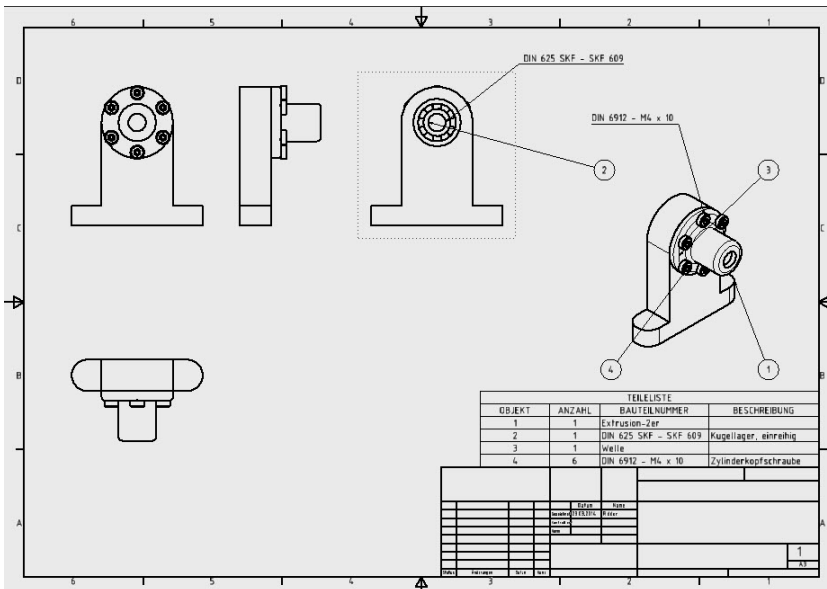


Abb. 1.4: Zeichnung für eine Baugruppe mit Stückliste und Positionsnummern.

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

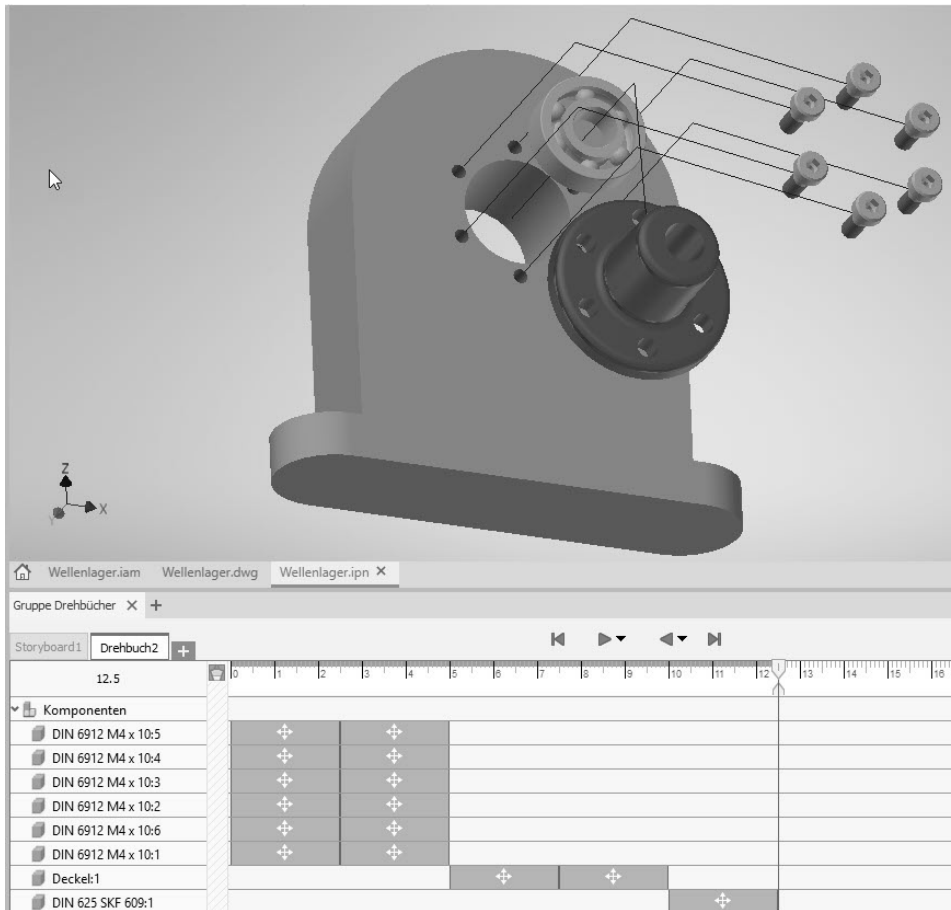


Abb. 1.5: Präsentation mit Animationspfaden und Drehbuch (unten)

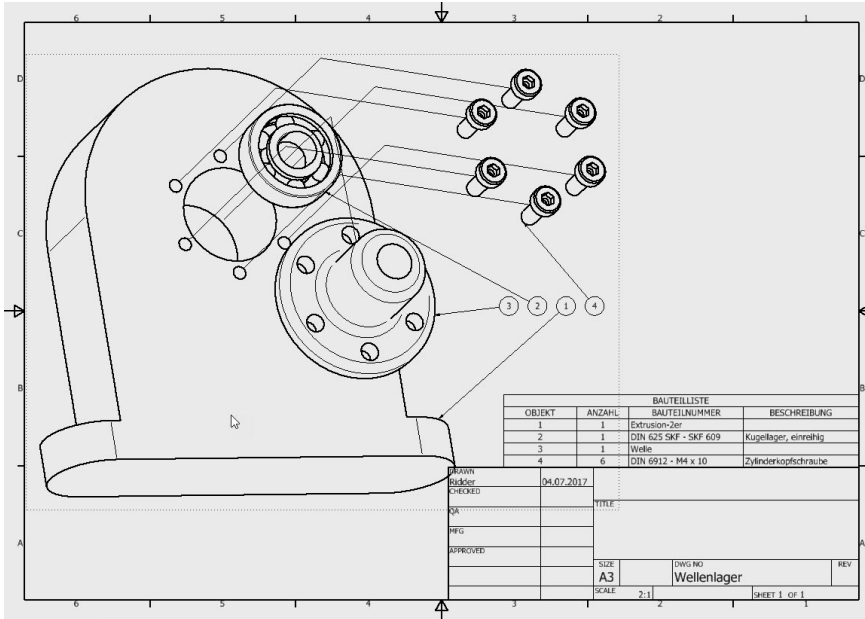


Abb. 1.6: Zeichnung der Explosionsansicht mit Positionsnummern und Stückliste

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. 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).

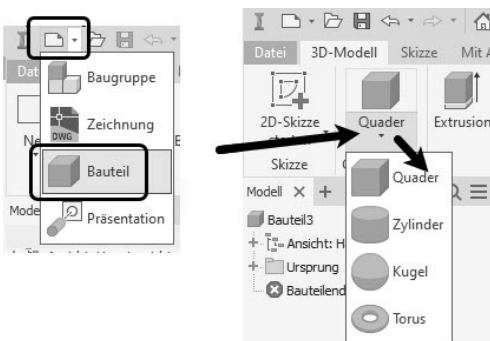


Abb. 1.7: Grundkörper in Inventor

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 .

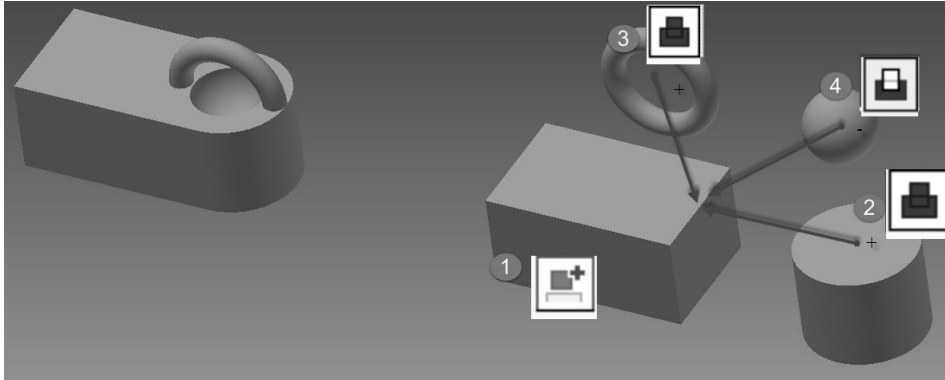


Abb. 1.9: Zusammensetzung eines 3D-Modells aus Grundkörpern

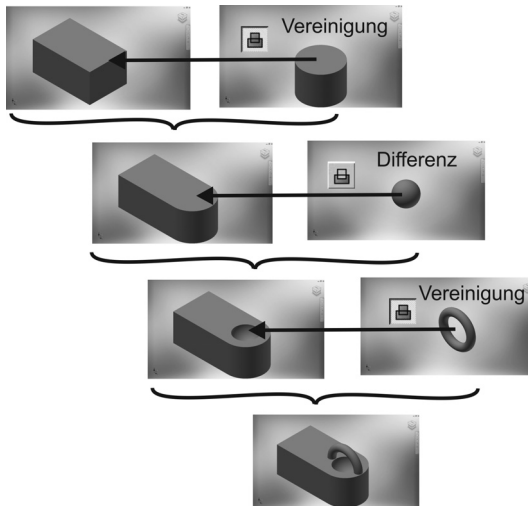


Abb. 1.10: Schrittweiser Zusammenbau aus den Grundkörpern

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.

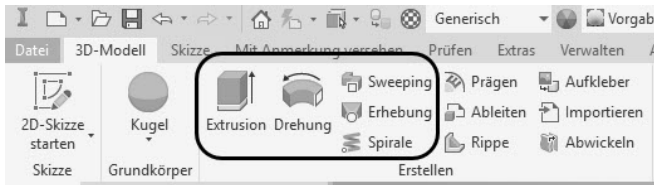


Abb. 1.11: Bewegungskörper in Inventor

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).

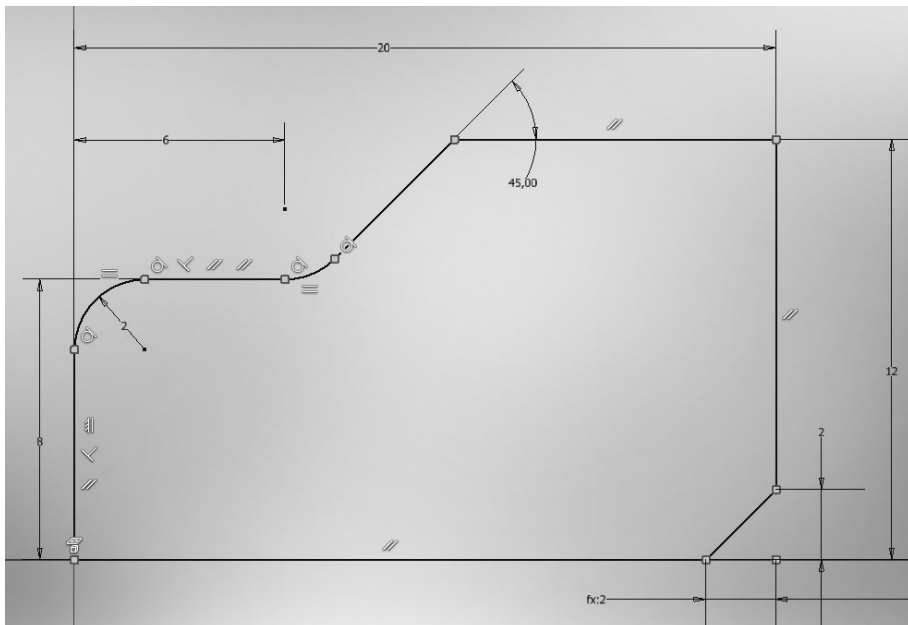


Abb. 1.12: Zweidimensionale vollständig bestimmte Skizze mit angezeigten geometrischen Abhängigkeiten

Extrusion

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

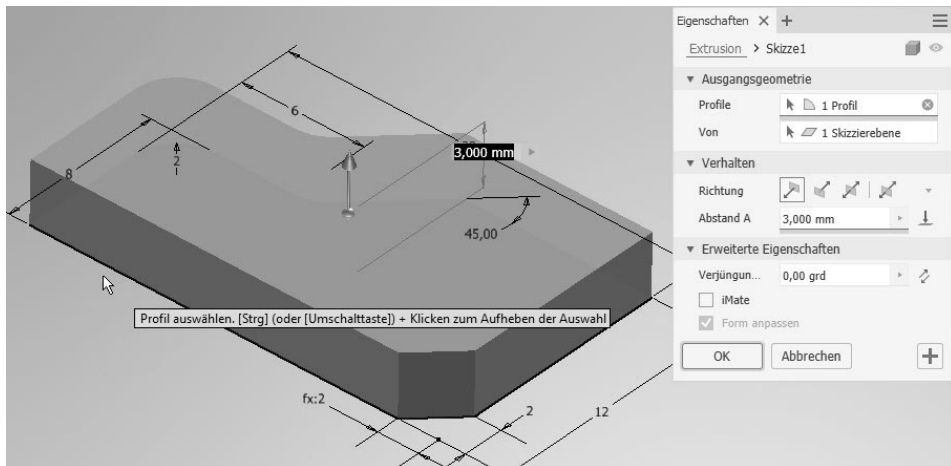


Abb. 1.13: Extrusion eines 2D-Profiles zum 3D-Volumenkörper

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*.

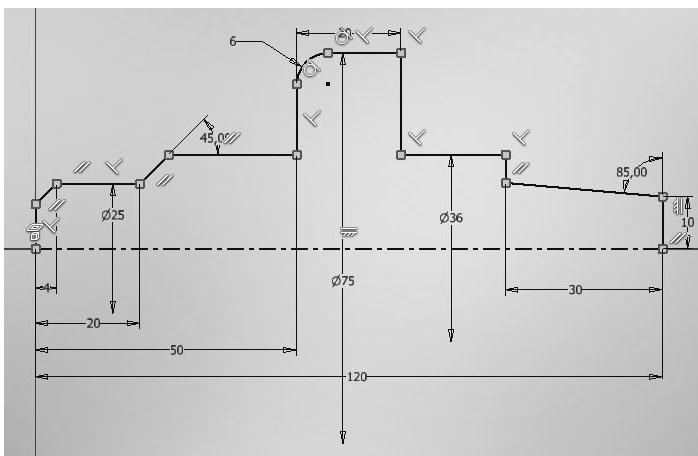


Abb. 1.14: Zweidimensionales Profil mit einer Rotationsachse mit vollständiger Bemaßung und geometrischen Abhängigkeiten

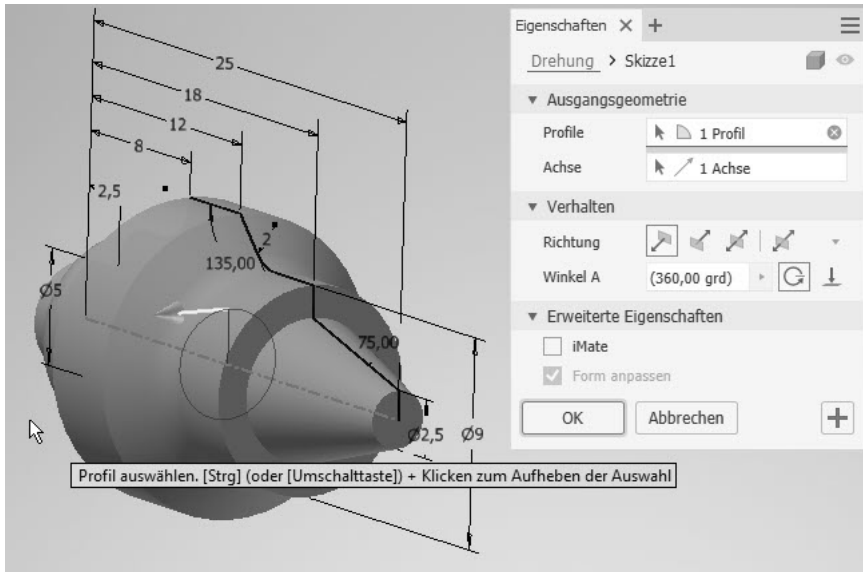


Abb. 1.15: Mit Funktion DREHUNG erzeugtes Rotationsteil

Sweeping

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

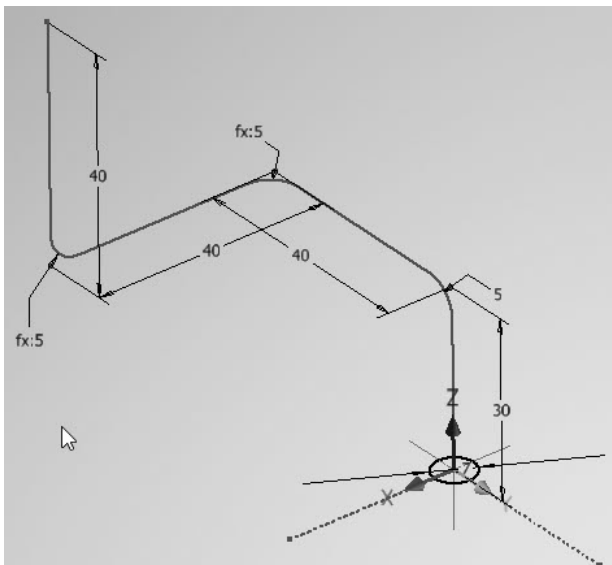


Abb. 1.16: Geschlossene 2D-Skizze (Kreis) für das Profil und 3D-Skizze für den Pfad

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

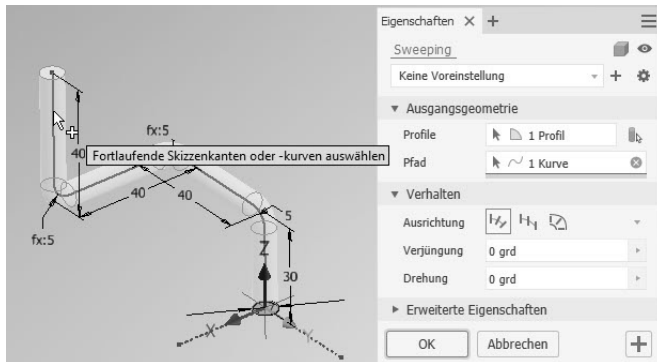


Abb. 1.17: Rohrleitung erstellt mit der Funktion SWEEPING aus Profil und Pfad

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.

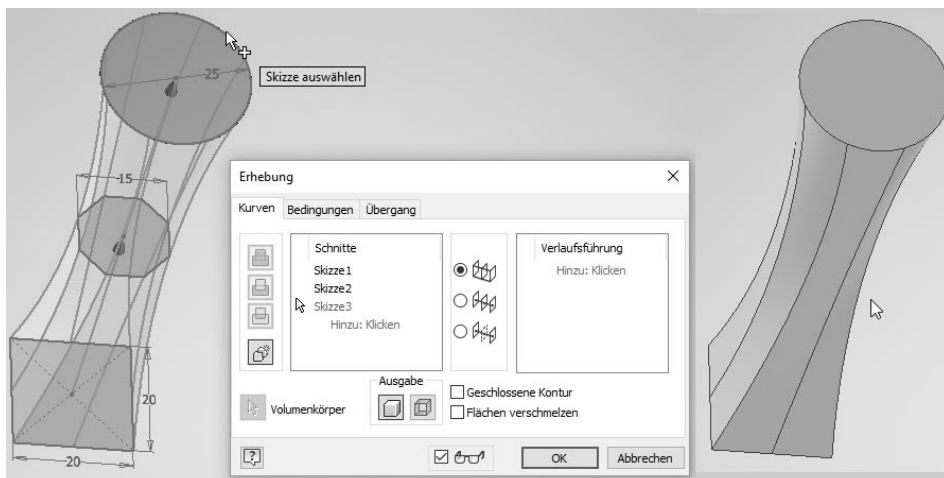


Abb. 1.18: Drei Profilskizzen zur Erstellung eines Lofing-Körpers

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.

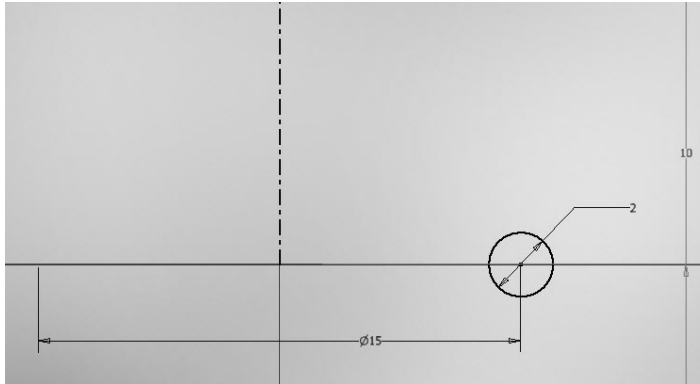


Abb. 1.19: Skizze mit Achse und Kreis-Profil für Spirale

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.

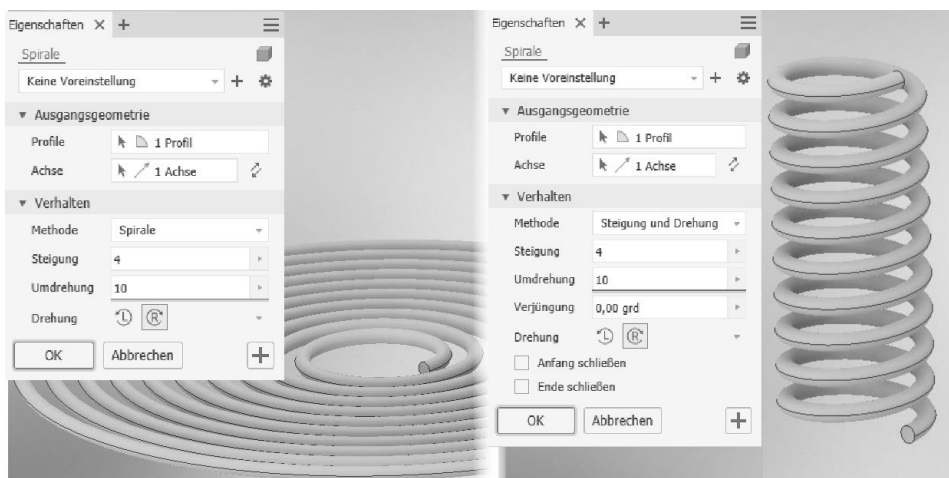


Abb. 1.20: Spirale und Wendel mit Dialogfeldern

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.

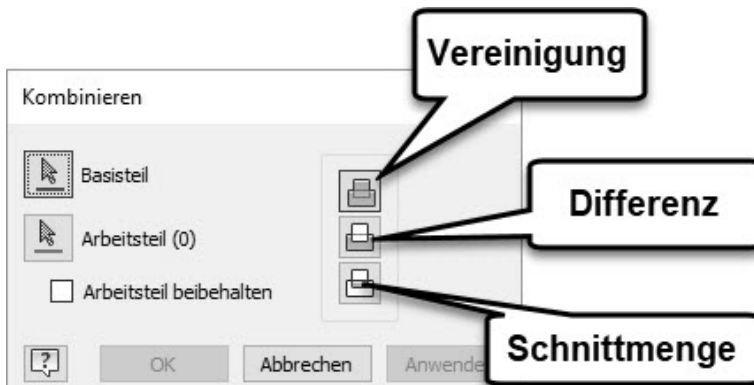


Abb. 1.21: Boolesche Operationen VEREINIGUNG, DIFFERENZ und SCHNITTMENGE

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

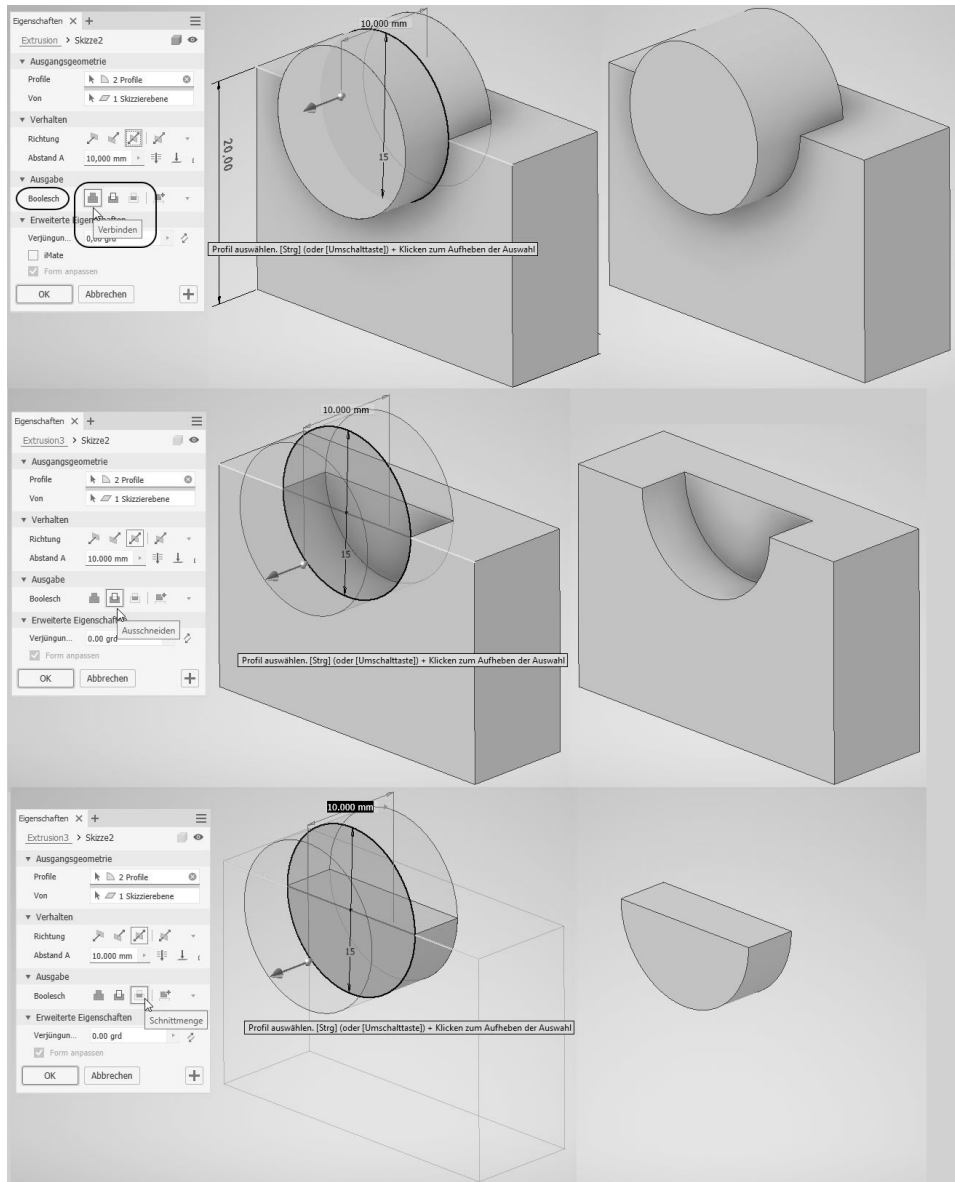


Abb. 1.22: Wirkung der booleschen Operationen

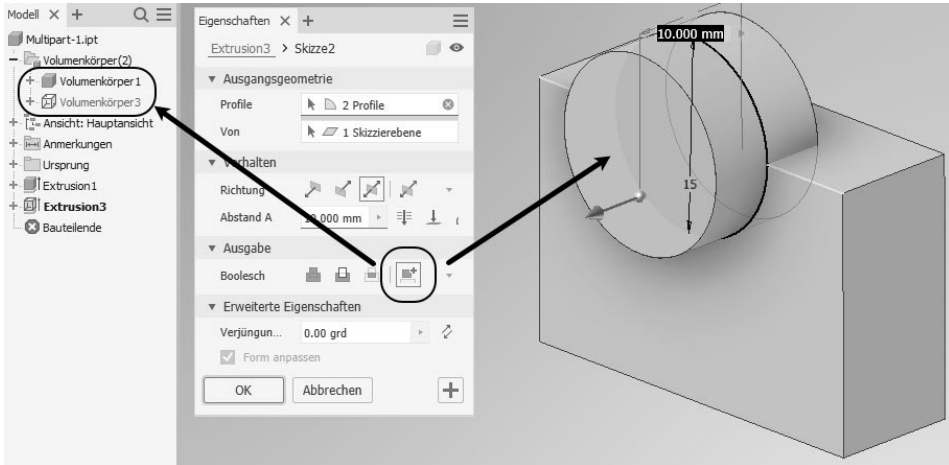


Abb. 1.23: Multipart-Teil mit zweitem Volumenkörper als eigenständiges Teil

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|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

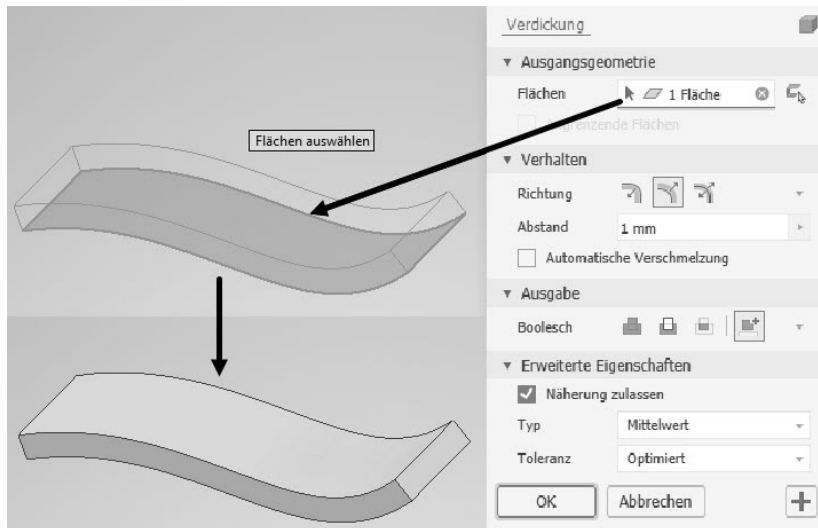


Abb. 1.26: Links: Fläche als Extrusion eines offenen Profils, rechts: Volumenkörper durch Verdicken der Fläche

1.2.4 Erstellung aus geschlossenem Flächenverbund

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

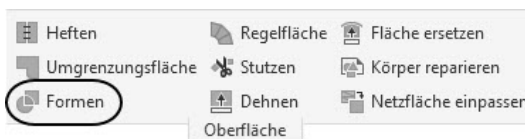


Abb. 1.27: Funktion 3D-MODELL|OBERFLÄCHE|FORMEN

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.

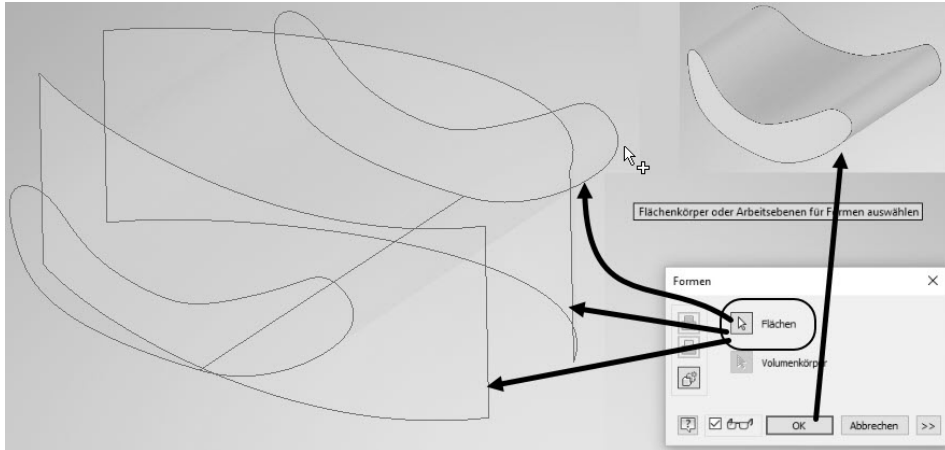


Abb. 1.28: Links: drei Flächen, die wasserdicht einen Volumenbereich einschließen, rechts: mit Formen daraus erstelltes Volumen

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.

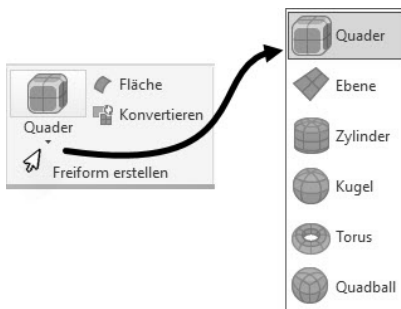


Abb. 1.29: Grundkörper für Freiform-Geometrien

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.

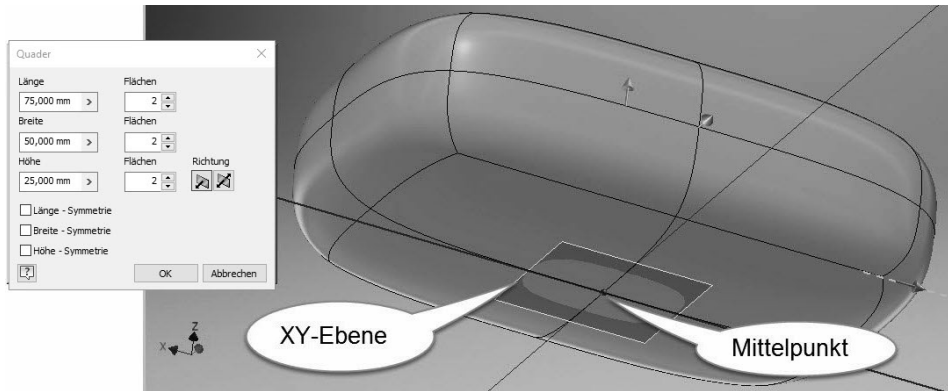


Abb. 1.30: Freiform-Quader mit Grundeinstellungen

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.

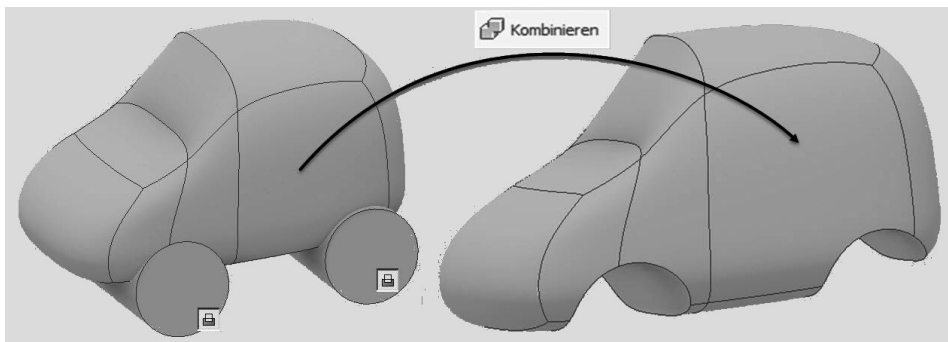


Abb. 1.31: Modifizierte Freiformgeometrie kombiniert mit Zylindern durch Differenzbildung

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 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.

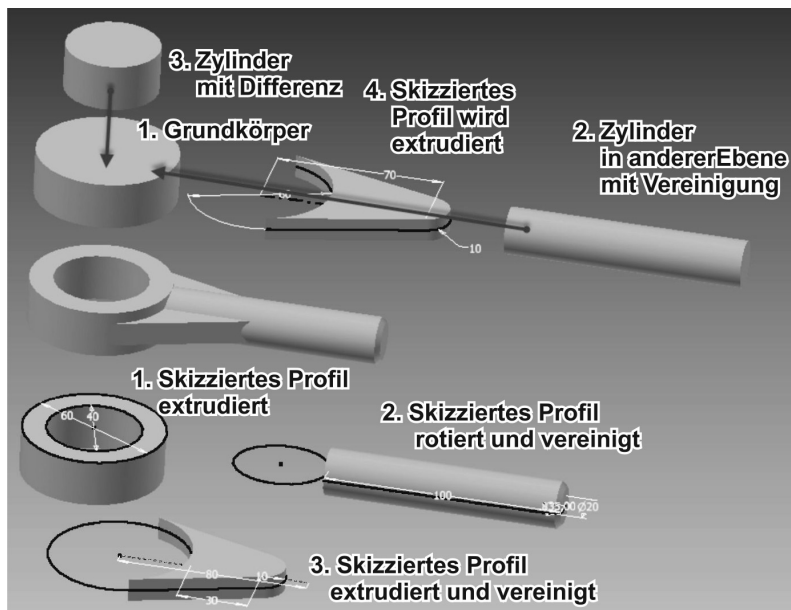


Abb. 1.32: Modellieren mit Grundkörpern und/oder Bewegungskörpern

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.

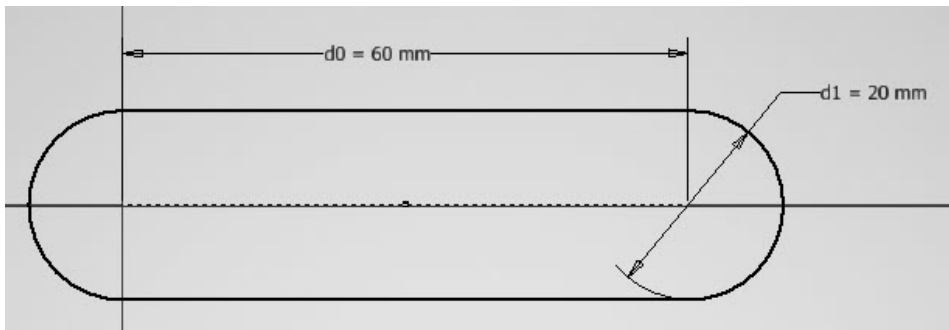


Abb. 1.33: Erste Skizze in der Ansicht OBEN

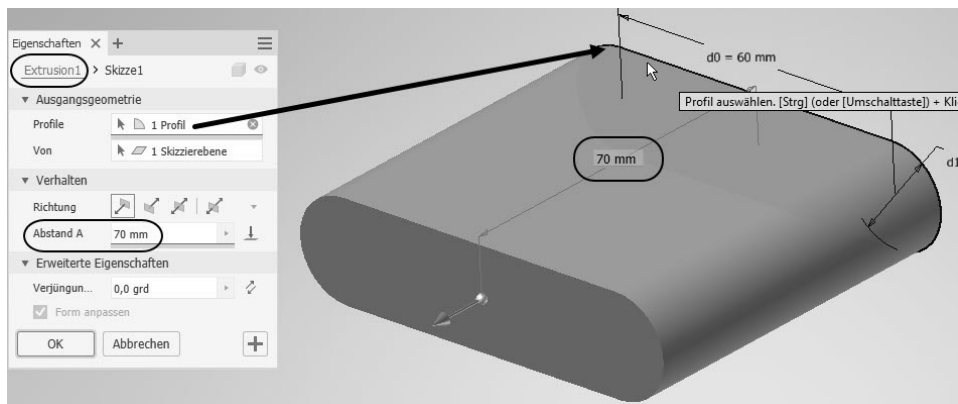


Abb. 1.34: Extrusion des ersten Profils

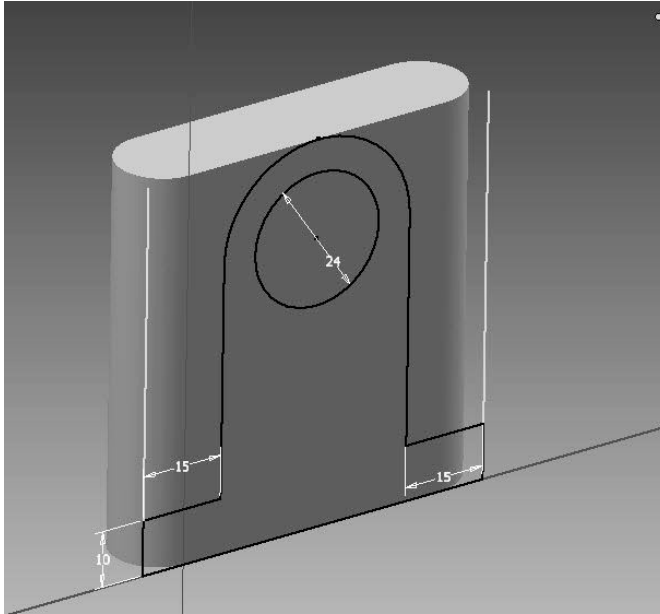


Abb. 1.35: Skizze für zweite Extrusion



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

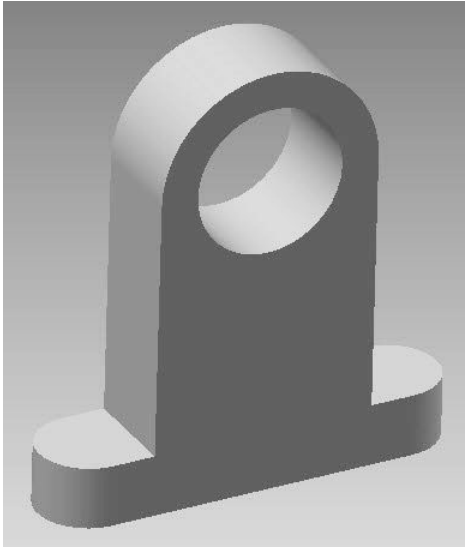


Abb. 1.37: Fertiges Bauteil

1.3.3 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.

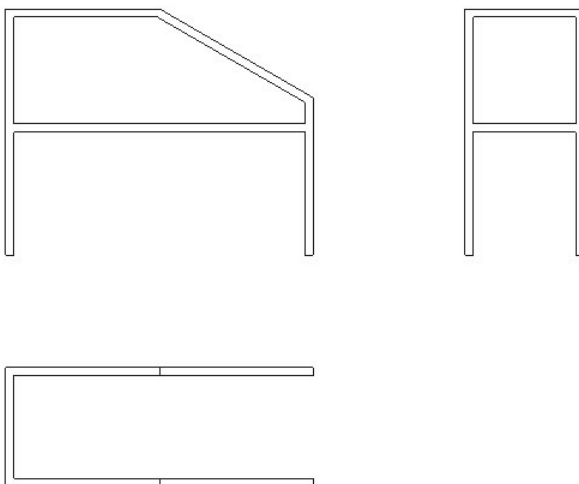


Abb. 1.38: Dreitafelbild der Konstruktion

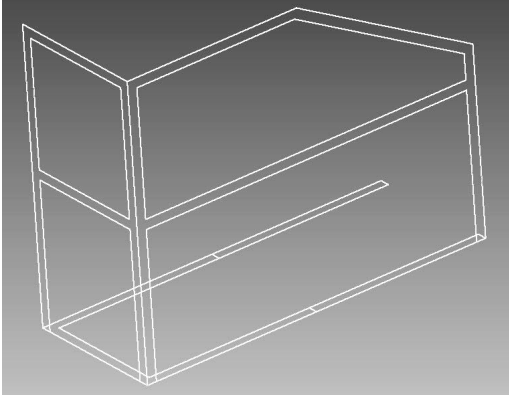


Abb. 1.39: Die drei Ansichten in den korrekten Ebenen gezeichnet

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.

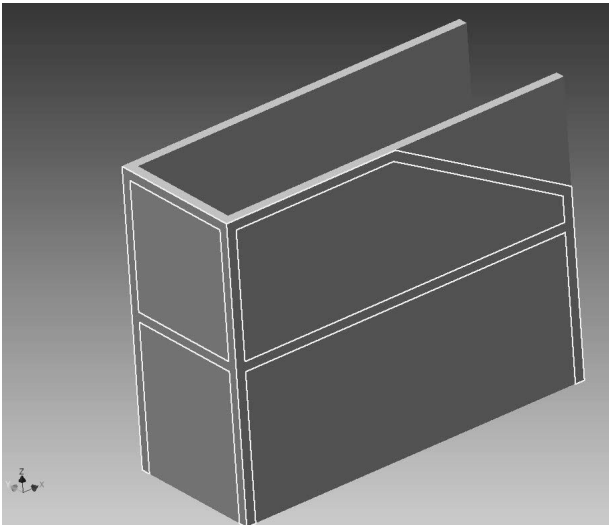


Abb. 1.40: Skizze aus der XY-Ebene (Ansicht OBEN) in Z-Richtung extrudiert

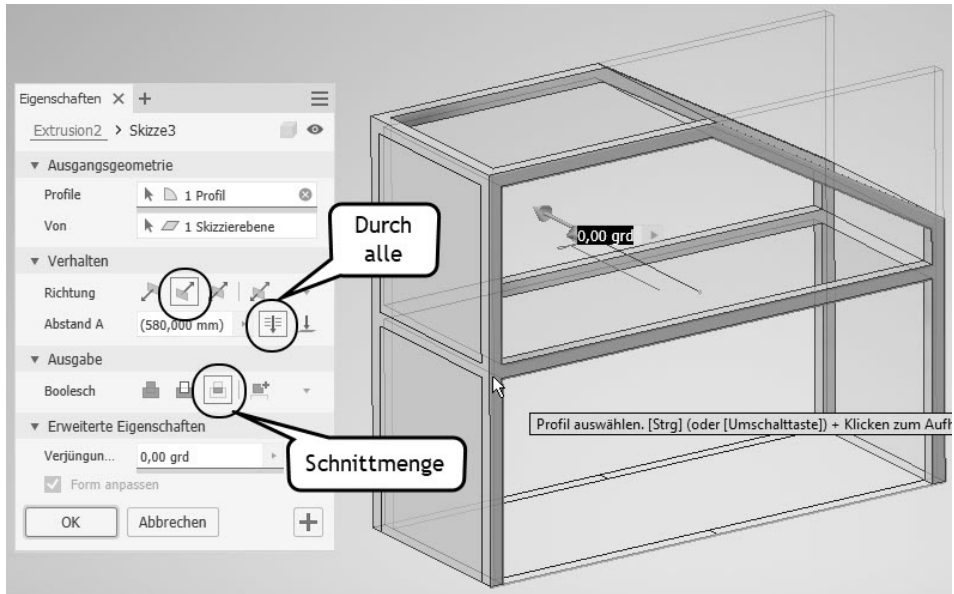


Abb. 1.41: Skizze aus der XZ-Ebene (Ansicht VORNE) in Y-Richtung extrudiert, mit vorherigem Volumenkörper mit Operation SCHNITTMENGE kombiniert

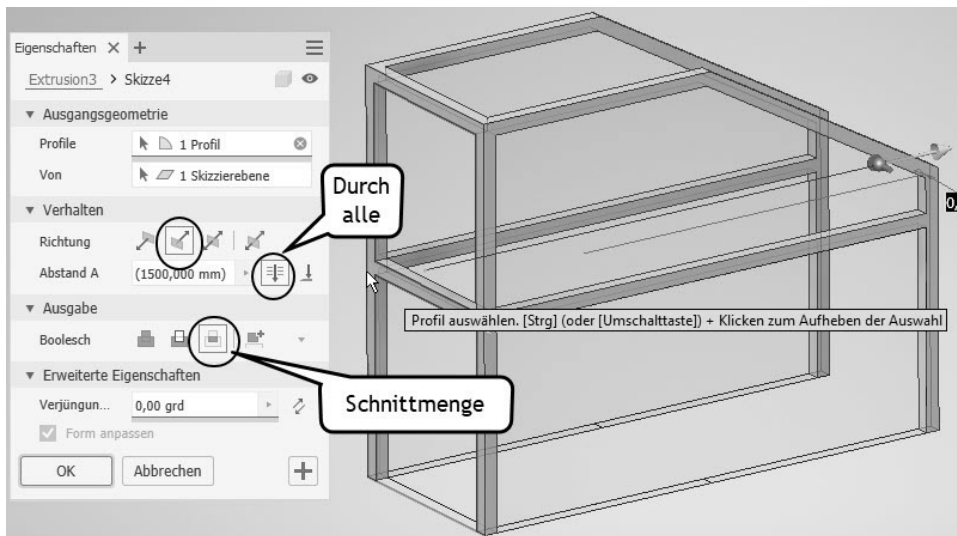


Abb. 1.42: Skizze aus der YZ-Ebene (Ansicht LINKS) in X-Richtung extrudiert, mit vorherigem Volumenkörper mit Operation SCHNITTMENGE kombiniert

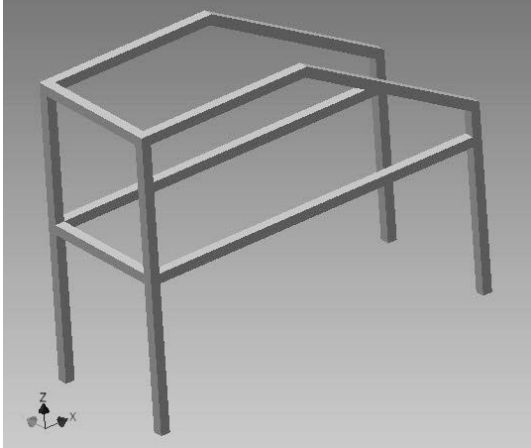


Abb. 1.43: Fertiges 3D-Modell

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 (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.

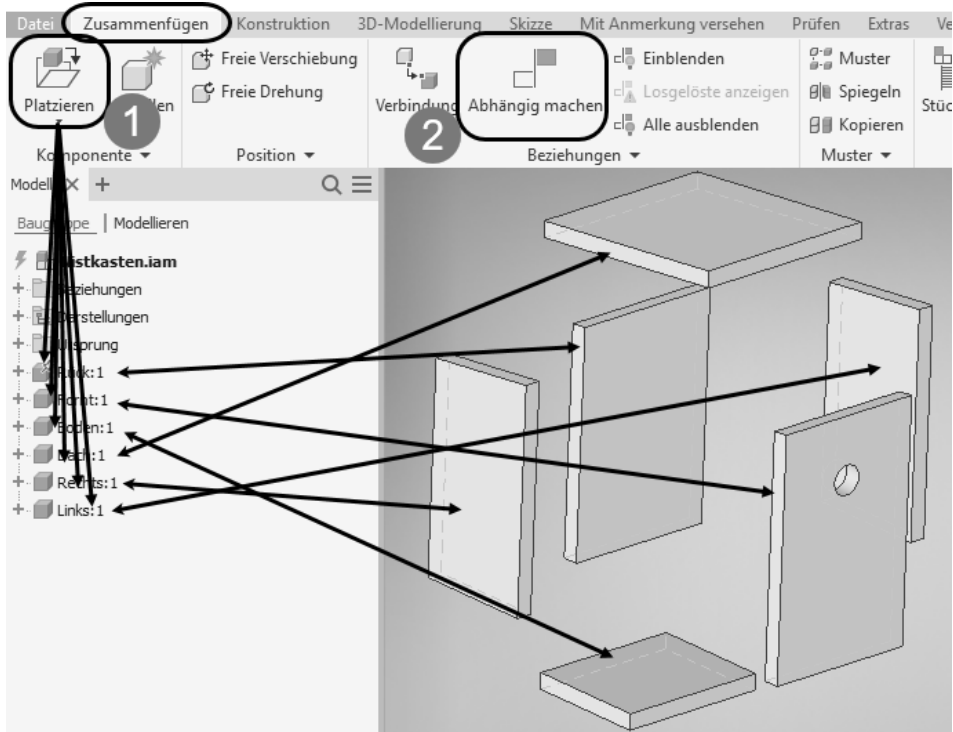


Abb. 1.45: Baugruppe nach dem Bottom-Up-Verfahren zusammenbauen

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.

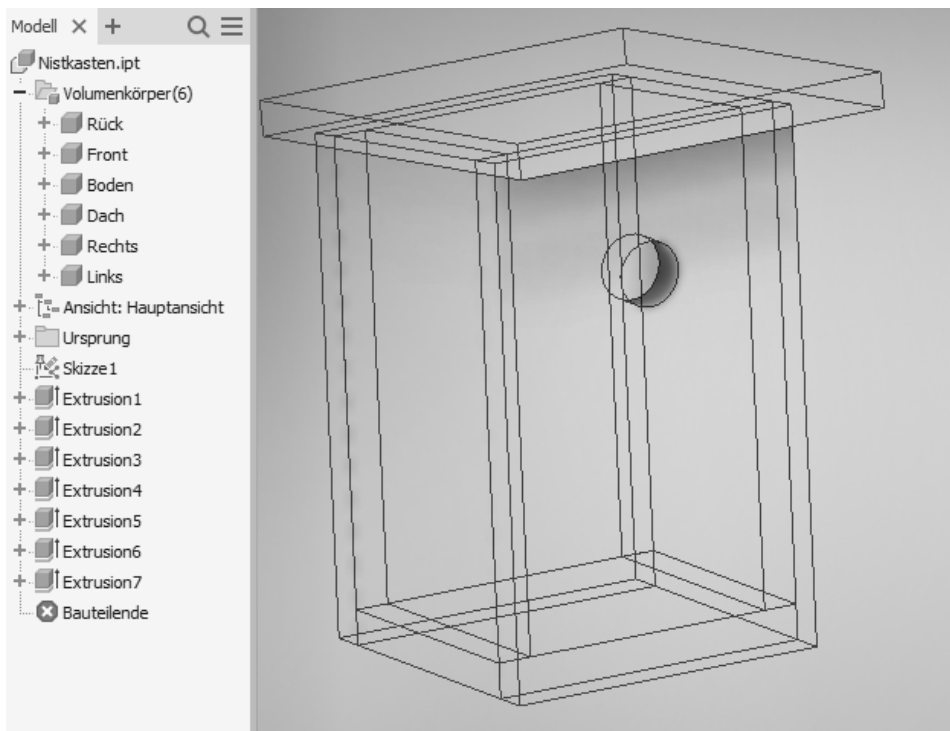


Abb. 1.46: Top-Down-Beispiel mit Gesamt-Skizze und allen einzelnen Volumenkörpern in einer Gesamtbauteil-Datei

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, 59

Numerisch

3D 51
3D-Koordinate 159
3D-Kurve
 projizieren 168
3D-Skizze 77, 159

A

Abhängigkeit 126, 313
 anzeigen 190
 Baugruppe 317
 Einfügen 326
 Koinzident 191
 Symmetrie 330
 Tangential 329
 Typen 129
 Winkel 319
Abhängigkeitssymbol
 ausschalten 189
Ableiten 231
Abschlusskappen 460
Absolut 161
Abwickeln 243
Adaptives Bauteil 343
Anpassungspunkt 145
Ansicht
 aufgeschnitten 373
 ausrichten 92, 374
 Ausschnitt 372
 bearbeiten 370
 Detailansicht 367
 geschnitten 414
 Hilfsansicht 363
 orthogonale 363

 parallel 362
 Schnittansicht 364
 Standard 360
 unterbrochen 371
 zuschneiden 374
Ansichtssteuerung
 Maus 74
 Navigationsleiste 75
Anwendungsoptionen 77
AnyCAD-Verfahren 475
Arbeitsachse 167, 206
Arbeitsebene
 definieren 196
Arbeitspunkt 207, 262
Arbeitsteil 311
Aufkleber 238
Ausklinkung 24, 447
Ausrichten 75
Ausrichtung
 aufheben 375
Ausschneiden 447
Ausschnitt 372
Austragung 27, 210
Auswahl
 ändern 199
Autodesk Apps-Store 64
Autodesk-Revit 473

B

Basis-Ansatz 45
Basisebene
 auswählen 89
Basislinie 380
Basisteil 311
Baugruppe 308
 Abhängigkeiten 317
Bauteil
 adaptives 343
 Basisteil 311
 neues 115

Bauteilumgebung 65
 Bearbeiten
 mit Doppelklick 81
 Befehl
 eingeben 77
 Befehlsabkürzungen 73
 Befehlszeile
 am Cursor 72
 Bemaßung 106, 376, 378
 anzeigen 183
 Arten 181
 Bezugsbemaßungen 380
 Kettenbemaßung 383
 Koordinatenbemaßung 382
 Skizze 181
 Bemaßungsbefehl 376
 Bemaßungsstil 377
 Benutzer-Koordinaten-System 293
 Benutzername 77
 Benutzeroberfläche 58
 Beschriftung 391
 Betriebssystem 51
 Bewegungskörper 25
 Bezugsbemaßung 380
 Bezugsrichtung 273
 Biegeradius 77
 Biegung
 3D-Skizze 166
 Bim 473
 BIM-Export 473
 BKS 293
 Blechstandards 440
 Blechteile 438
 Block
 bearbeiten 159
 Explodieren 159
 Bogen 139, 164
 mit Knick von 90 137
 Bohrung 259
 Boolesche Operation 31
 Bottom-Up-Prinzip 45, 294, 305
 Browser 71

C

Cursor-Menü 78

D

Datei-Menü 59
 Dehnen
 Skizze 175

Detailansicht 367
 Dezimalzahl
 Schreibweise 134
 Dialogfeld 79
 Direktbearbeitung 285
 Dokumenteinstellungen 77
 Dokument-Registerkarte 71
 Drehbar
 Gelenk 338
 Drehen 289
 Skizze 174
 Drehung 27, 331
 freie 318
 Dreitafelbild 40

E

Ebene 195
 Eigenschaften 159
 Einfügen 326
 Einheiten 377
 Einstellungen
 zurücksetzen 55
 Element
 platziertes 259
 Ellipse 140
 Endstopfen 458, 460
 Erhebung 218
 Explosionsdarstellung 19, 303, 399
 Extrusion 27, 110, 210
 Optionen 111

F

Fase
 definieren 110
 Fasen 109, 269
 Skizze 149
 Feature 43, 259
 Feder 228
 Fläche
 durch Extrusion 167
 löschen 283, 289
 über Drehung 167
 Flächenverjüngung 272
 Flyout 64
 Formular-Editor 481
 Freie Drehung 318
 Freie Verschiebung 318
 Freiform
 Grundkörper 35
 Freiheitsgrad 189

G

Gelenktypen 338
 Geometrie
 projizieren 170
 Geometrien
 importiert 254
 Geometrietext 150
 Gestreckt
 Skizze 176
 Gewinde 228, 276
 Gewindekante 388
 Gleichheitszeichen im Dialogfenster 109
 Gleichungskurve 165, 225
 Graffikkarte 51
 Größenänderung 287
 Grundeinstellung 60
 Grundkörper 23, 244
 Gruppe 64

H

Halbschnitt 413
 Hardware-Voraussetzung 51
 Hilfe 63, 82
 Hilfsansicht 363
 Hilfsgeometrie 119
 Hilfslinie 195

I

If...Then...End If 486
 iFeature 279
 iLogic 479
 iLogic-Browser 481
 iMate 335
 Import
 Revit 475
 Importieren 239
 Importierte Geometrien 254
 Inhaltscenter 348
 Installation 52
 Inventor
 starten 57
 zurücksetzen 55
 Inventor LT
 Unterschiede zur Vollversion 56
 Inventor-Bibliothek
 benutzerdefinierte 460
 Inventorkonstruktion
 Phasen 19
 Iso-Ansicht 163

K

Kamera 440
 Kelchnaht 471
 Kettenbemaßung 383
 Kombinieren 36, 281
 Konstruktion
 freigeben 70
 Kontextmenü 80
 Konvertiertes Objekt 475
 Koordinate 162
 Typen 124
 Koordinatenbemaßung 382
 Koordinatendreibein 159
 Koordinatensystem 293
 Kopieren
 Skizze 174
 Körper
 reparieren 254
 verschieben 283
 Kreis 140
 Kugel 247
 Kugelförmig
 Gelenk 338
 Kurve 147
 3D-Skizzen 163
 spiralförmige 163
 Kurven
 über Formel 165

L

Längeneingabe
 ermöglichen 99
 Layout-Bauteil 305
 Linie-Funktion 101
 Lizenzübertragung 55
 Lockerungsmodus 131
 Lofting 29, 210, 218
 Löschen
 Fläche 289

M

Maßlinie
 Abstand anpassen 384
 Maßstexthöhe 377
 Maßwert
 übernehmen 186
 Maus
 Ansichtssteuerung 74
 Mäusrad
 Pan 75

- Maximum 385
- Medianwert 185, 385
- Mini-Dialog 79
- Mini-Menü 78
- Minimum 385
- Mittellinie 195
 - erstellen 388
- Mittelpunkt 259
- Modell
 - aus zwei Extrusionen 38
- Modellierungsfehler 254
- Multifunktionsleiste 77
- Multipart-Bauteil 305
- Multipart-Konstruktion 209, 294
- Multipart-Teil 31
- Multivalue-Liste 432
- Multivalue-Parameter 432
- Muster
 - in Skizzen 178
 - Skizze 178

N

- Nachfolgende Nullen 377
- Navigationsleiste 75
- Nennwert 385
- Nullen
 - nach Komma 377
- Nullpunkt 119
- Nullpunktsymbol
 - entfernen 382

O

- Objekt
 - konvertiertes 475
 - kopieren 284
 - wählen 126
- Objektfang 120
- Online-Hilfe 64
 - herunterladen 82
- Optionen 77
- Orbit 75
- Orthogonale Ansicht 363

P

- Pack and Go 437
- Pan 75
- Parabel 147, 148
- Parallel-Ansicht 362
- Parallelprojektion 76
- Parameter 425

- Parameter-Manager 479
- Parametertabelle 425
- Passungsangabe 185
- Perspektivische
 - Ansicht 76
- Pfad 29
 - dreidimensional 226
- Planar
 - Gelenk 338
- Platzieren 311
- Polar
 - Skizze 178
- Prägen 230
- Präsentation 19, 303, 399
- Präzise Eingabe 161
- Profil 25
- Profil-Bauteil 458
- Programmleiste 59
- Projekt 58, 303
 - anlegen 86
- Projektverzeichnis 304
- Projizieren
 - Geometrie 170
 - Schnittkanten 170, 180
- Punkt
 - Arbeitspunkt 207, 262
 - aus Excel importieren 153, 162
 - in 3D-Skizze 166
 - Skizze 152
- Punktfang 120

Q

- Quader 245
- QuickInfo 77

R

- RAM-Speicher 51
- Rasterfang 318
- Rastergitter 122
- Rasterlinie 122
- Rastpositionen 120
- Read-Only Mode 55
- Rechteck 141
- Rechteckig
 - Skizzen-Muster 178
- Referenzmodell 475
- Regel 485
 - hinzufügen 486
- Register 64
- Relativ 161

Relaxmodus 131
 Reparaturumgebung 254, 285
 Revit 473, 475
 Revit-Familiendateien 473
 Revit-Familienteil 309
 Rippe 235
 Rotation 27, 210
 Rundung 109, 263
 Skizze 149

S

Schlüsselparameter 429, 481
 Schnellzugriff-Werkzeugkasten 61
 Schnittansicht 364
 Schnittdarstellung 414
 Schnittkanten
 projizieren 170, 180
 Schnittkurve
 3D-Skizze 166
 Schraube 352
 Sicherungsdatei 303
 Silhouettenkurve
 3D-Skizze 167
 Skalieren 288
 Skizze 176
 Skelett-Bauteil 458
 Skizze
 3D 159
 aus AutoCAD importieren 154
 Bemaßung 181
 erstellen 98
 Fasen 149
 Kurve 163
 prüfen 188
 Punkt 152
 Rundung 149
 Text 150
 Skizzenanalyse 192
 Skizzierebene 77
 ausrichten 98
 beim Skizzieren aktivieren 94
 Skizzierfunktion 117
 Skizziermodus 90
 Skizzierpunkt 153, 260
 Snippets 489
 Software-Voraussetzung 51
 Spante 29
 Speichern 91
 Speicherplatzanforderung 53
 Spirale 227, 228

Spiralförmige Kurve 163
 Spline 145, 165
 Splinekurve 146
 Spurlinien 99
 Stanzmodell 38, 41
 Starr
 Gelenk 338
 Start 57
 Statusleiste 72
 Stückliste 296
 Stützen
 Skizze 175
 Stützpunktpolygon 145
 Sweeping 28, 224
 Volumenkörper 225
 Symmetrie
 Abhängigkeit 330
 Symmetrielinie 120

T

Tabelle
 im Browser 434
 Tangential
 Abhängigkeit 329
 Testversion 49
 Text 150
 Skizze 150
 Top-Down 45
 Top-Down-Prinzip 305
 Torus 96, 248
 Trennen 272, 274
 Skizze 176
 Trimmen *siehe*

U

Überbau-Ansatz 46
 Überlagerung
 in Ansichten 368
 Unterbrochene Ansicht 371

V

Verbindung 338
 Verdickung 278
 Verjüngung 164
 Verknüpfung 475
 Versatz 278
 Skizze 177
 Verschiebbar
 Gelenk 338

Verschieben 286
 Skizzengeometrie 173
Verschiebung
 freie 318
ViewCube 76, 360
Viewer 55
Volumen
 analysieren 36
Volumenkörper
 erstellen 34, 209
 Multipart-Konstruktion 209

W

Wandung 271
Wendel 228
Werkseinstellungen 55
Werkzeugkasten 77, 79
Wiederherstellungsdatei 77
Willkommensbildschirm 57
Winkel 327
 Abhängigkeit 319

Z

Zeichenfunktion
 Fasen 109
 Linie-Funktion 101
 Rundung 109
 Übersicht 100
Zeichnen
 Funktionen 118
Zeichnung
 erstellen 359
Zeichnungsdatei 59
Zeichnungsdateityp 77
Zeichnungsressource 56
Zeichnungsstart 115
Zoomen 75
Zugrichtung 273
Zurücksetzen 55
 AutoCAD-Einstellungen 55
Zylinder 246
Zylindrisch
 Gelenk 338