

3D-Konstruktionen mit Autodesk **Inventor 2020** und **Inventor LT 2020**

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 2020 und Inventor LT 2020	56
2.6	Inventor starten	57
2.6.1	Start	57
2.7	Die Inventor-Benutzeroberfläche	59
2.7.1	Programmleiste	60

2.7.2	Datei-Menü	60
2.7.3	Schnellzugriff-Werkzeugkasten	61
2.7.4	Kommunizieren und Informieren	64
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	73
2.7.9	Ansichtssteuerung mit Maus.	75
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?	78
2.8.1	Multifunktionsleisten.	78
2.8.2	Kontextmenü.	80
2.8.3	Objekte zum Bearbeiten anklicken	81
2.8.4	Hilfe.	82
2.9	Übungsfragen	84
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	162
4.6	Bearbeitungsbefehle für 2D-Skizzen	170
4.6.1	Geometrie projizieren/Schnittkanten projizieren	170
4.6.2	Verschieben	173
4.6.3	Kopieren	173
4.6.4	Drehen	174
4.6.5	Stutzen	174
4.6.6	Dehnen	175
4.6.7	Trennen	175
4.6.8	Skalieren	175
4.6.9	Gestreckt	176
4.6.10	Versatz	176
4.6.11	Muster – Rechteckig	177
4.6.12	Muster – Polar	178
4.6.13	Muster – Spiegeln	179

4.7	Bearbeitungsbefehle für 3D-Skizzen	179
4.7.1	Abhängigkeiten in 3D-Skizzen	179
4.7.2	Die 3D-Transformation	179
4.8	Skizzen-Bemaßung	180
4.8.1	Bemaßungsarten	180
4.8.2	Bemaßungsanzeige	182
4.8.3	Maße übernehmen	186
4.9	Skizzen überprüfen	187
4.9.1	Freiheitsgrade	188
4.9.2	Geometrische Abhängigkeiten	189
4.9.3	Skizzenanalyse	191
4.9.4	Hilfslinien, Mittellinien	194
4.10	Arbeitselemente	194
4.10.1	Arbeitsebenen	195
4.10.2	Arbeitsachsen	205
4.10.3	Arbeitspunkte	206
4.11	Übungsfragen	206
5	Volumenkörper und Flächen erstellen	207
5.1	Volumenkörper erstellen	207
5.1.1	Extrusion	208
5.1.2	Drehung	212
5.1.3	Erhebung	216
5.1.4	Sweeping	222
5.1.5	Spirale	224
5.1.6	Prägen	226
5.1.7	Ableiten	228
5.1.8	Rippe	232
5.1.9	Aufkleber	235
5.1.10	Importieren	237
5.1.11	Abwickeln	241
5.2	Grundkörper	242
5.2.1	Quader	242
5.2.2	Zylinder	243
5.2.3	Kugel	244
5.2.4	Torus	246
5.3	Flächen	247
5.3.1	Heften	248
5.3.2	Umgrenzungsfläche	248

5.3.3	Formen	249
5.3.4	Regelfläche	249
5.3.5	Stützen	250
5.3.6	Dehnen	251
5.3.7	Fläche ersetzen	251
5.3.8	Körper reparieren	252
5.3.9	Netzfläche anpassen	252
5.4	Bemaßungen im Bauteil	253
5.5	Übungsfragen	255
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 (nicht in LT).	301
7.1	Projekt erstellen	301
7.2	Bottom-Up – Top-Down	303
7.3	Funktionsübersicht Baugruppen	305
7.4	Erster Zusammenbau	307
7.4.1	Die Bauteile.	307
7.4.2	Das Platzieren.	308
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.II	iParts	352
7.I2	iAssemblies	354
7.I3	Übungsfragen	356
8	Zeichnungen erstellen	357
8.1	Ansichten erzeugen	358
8.1.1	Standard-Ansichten	358
8.1.2	Parallel-Ansicht	361
8.1.3	Hilfsansicht	361
8.1.4	Schnittansicht	362
8.1.5	Detailansicht	365
8.1.6	Überlagerung	366
8.2	Ansichten bearbeiten	368
8.2.1	Unterbrochen	369
8.2.2	Ausschnitt	370
8.2.3	Aufgeschnitten	371
8.2.4	Zuschneiden	372
8.2.5	Ausrichtung	373
8.3	Bemaßungen	374
8.3.1	Bemaßungsarten	374
8.3.2	Bemaßungsstil	383
8.4	Symbole	386
8.4.1	Gewindekanten	386
8.4.2	Mittellinien	386
8.4.3	Bohrungssymbole	388
8.5	Beschriftungen	389
8.5.1	Form-/Lagetoleranzen	391
8.5.2	Bohrungstabelle	392
8.5.3	Stückliste	392
8.6	Übungsfragen	396
9	Präsentationen, realistische Darstellungen und Rendern	397
9.1	Funktionsübersicht (nicht in LT)	397
9.2	Drehbuch animieren (nicht in LT)	403
9.3	Darstellungsarten	407
9.3.1	iProperties einstellen	407
9.3.2	Die verschiedenen visuellen Stile	408
9.3.3	Halbschnitt	411
9.3.4	Darstellung mit Volumen-Ausschnitt	412

9.4	Inventor Studio	417
9.4.1	Beleuchtung und Szene	418
9.4.2	Kamera einstellen	419
9.4.3	Rendern	421
9.5	Übungsfragen	422
10	Parameter – Excel – Varianten	423
10.1	Parameter nutzen	423
10.1.1	Parameterliste und manuelle Änderungen	424
10.1.2	Benutzerparameter	427
10.1.3	Formeln	428
10.1.4	Multivalue-Parameter für Varianten	429
10.1.5	Excel-Tabelle	430
10.2	Übungsfragen	432
11	Umgebungen – Erweiterungen	433
11.1	Pack and Go	433
11.2	Blechteile	434
11.2.1	Blechstandards	436
11.2.2	Blechteil erstellen	436
11.2.3	Abwicklungen	445
11.2.4	Abwicklung und gefaltetes Modell	448
11.2.5	Zeichnung erstellen	449
11.2.6	DXF-Ausgabe	450
11.3	Gestellgenerator	452
11.3.1	Gestell erzeugen	453
11.3.2	Endstopfen	455
11.3.3	Profile bearbeiten	456
11.4	Wellengenerator	460
11.5	Schweißen	462
11.5.1	Schweißvorbereitung	463
11.5.2	Erstellen der Schweißnähte	464
11.6	BIM-Export	467
11.7	Übungsfragen	469
12	iLogic (nicht in LT)	471
12.1	iLogic aktivieren	472
12.2	Das iLogic-Formular	473
12.3	Arbeiten mit Regeln	477

12.4	iLogic ohne Programmieren.....	482
12.5	Übungsfragen	484
A	Fragen und Antworten	485
B	Benutzte Zeichnungen	497
	Stichwortverzeichnis	521

Einleitung

Neu in Inventor 2020 und Inventor LT 2020

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 2020 gibt es mehrere Schwerpunkte:

- Bereich Benutzeroberfläche und Arbeitsabläufe
 - Moderneres Erscheinungsbild mit hellerer Oberfläche und optimierten Icons
 - Für die Befehle EXTRUSION, DREHUNG, SWEEPING und GEWINDE wurde die Dialogfläche durch eine neue *Eigenschaften-Oberfläche* ersetzt wie in den Vorgängerversionen schon bei BOHRUNG und MESSEN.
 - Eine intelligente Skizzenprofil-Erkennung erleichtert die Auswahl bei komplexen Skizzen.
- Einzelne Funktionsverbesserungen
 - Sweeping ist nun auch mit Volumenkörpern möglich.
 - Verbesserungen gibt es im Gestellgenerator mit neuen Dialogflächen und einer Funktion für Endstopfen.
 - Das Abwickeln komplexer Flächen ist unabhängig von der Blechabwicklung möglich, berücksichtigt dabei aber keine Materialstärke.
 - Im Read-Only Mode kann die Test-Version als Viewer benutzt werden.
 - Gelenke können auch auf Langloch-Führungen angewendet werden.
- Fortgeschrittene Funktionalitäten
 - Datenimport und -export wurden auf weitere CAD-Formate erweitert, speziell auch zum Austausch von Dateien mit Fusion 360.
 - Verbesserungen gibt es bei Rohren und Leitungen.
 - Gestellmodellierung ist nun auch im Expressmodus möglich, der für sehr große Konstruktionen ein vollständiges Laden aller Bauteile vermeidet.
- Diverse Verbesserungen an Stabilität und Qualität
 - In zahlreichen Einzelfunktionen und Arbeitsabläufen gibt es Verbesserungen, die das Arbeiten mit der Software vereinfachen, angenehmer und logischer machen.

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

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

In der rechten Ecke des Gruppentitels findet sich oft ein spezieller Verweis auf besondere Funktionen, mit denen meist Voreinstellungen vorzunehmen sind. Das Zeichen dafür ist ein kleines Pfeilsymbol nach rechts unten, auch als *Südostpfeil* bezeichnet. Es wird im Buch mit ↘ dargestellt.

Anstelle der Befehlsbezeichnungen sind auch oft andere umgangssprachliche Bezeichnungen üblich. In diesen Fällen werden dann neben der üblichen Bezeichnung die korrekten Befehlsnamen in Klammern und in Kapitälchen aufgeführt.

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 bei einem autorisierten Händler erwerben. Adressen erfahren Sie dafür 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 2020 zu geben. Ich wünsche Ihnen viel Erfolg und Freude bei der Arbeit mit dem Buch und der Inventor-Software.

Detlef Ridder

Germering, 13.7.2019

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).

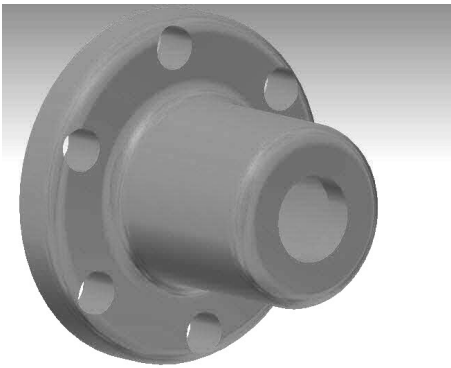


Abb. 1.1: Ein Bauteil (*.ipt-Datei)

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

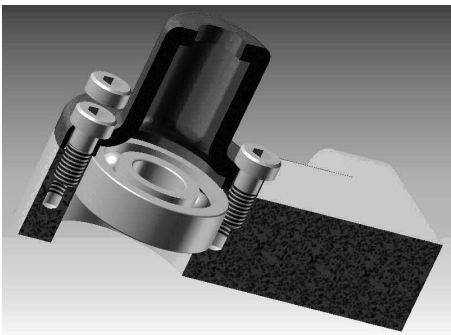


Abb. 1.2: Eine Baugruppe (*.iam-Datei, nicht in Inventor LT) im Halbschnitt

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)

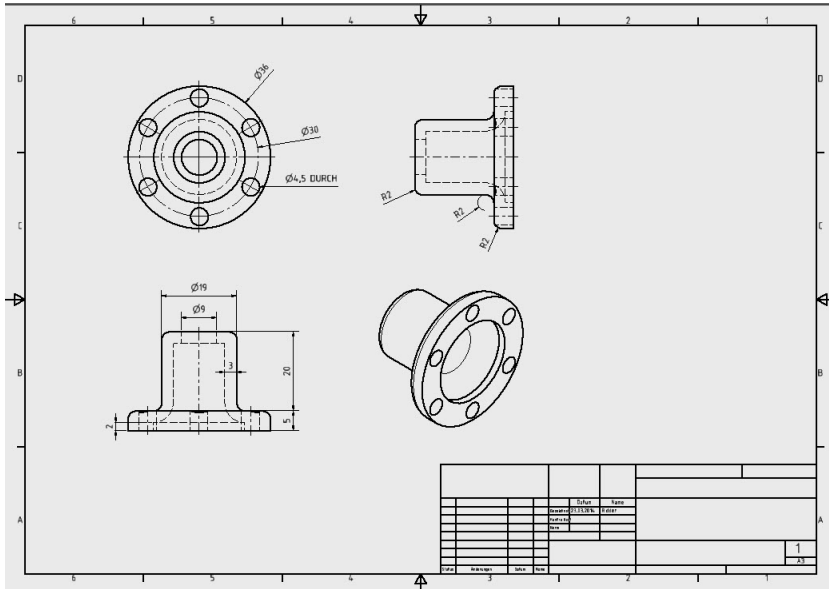


Abb. 1.3: Die technische Zeichnung eines Bauteils (*.dwg-Datei)

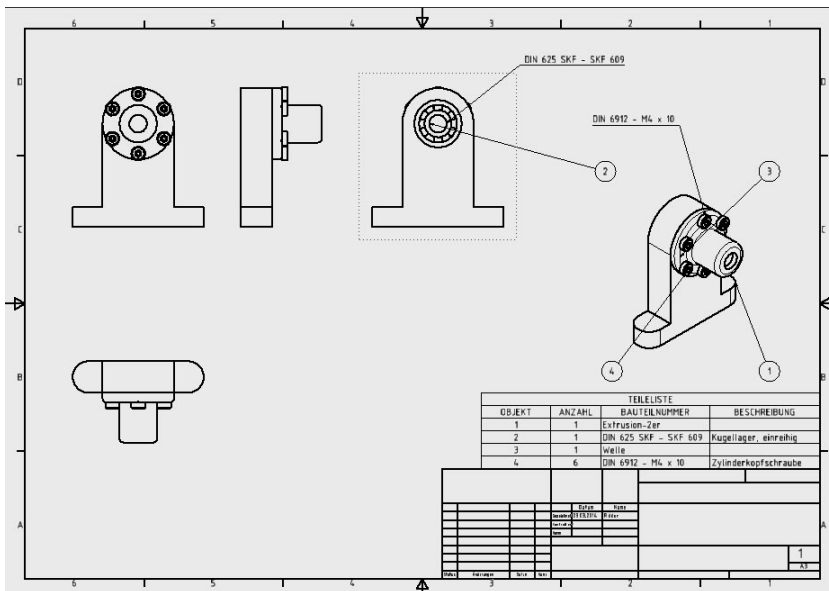


Abb. 1.4: Zeichnung für eine Baugruppe mit Stückliste und Positionsnummern

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

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

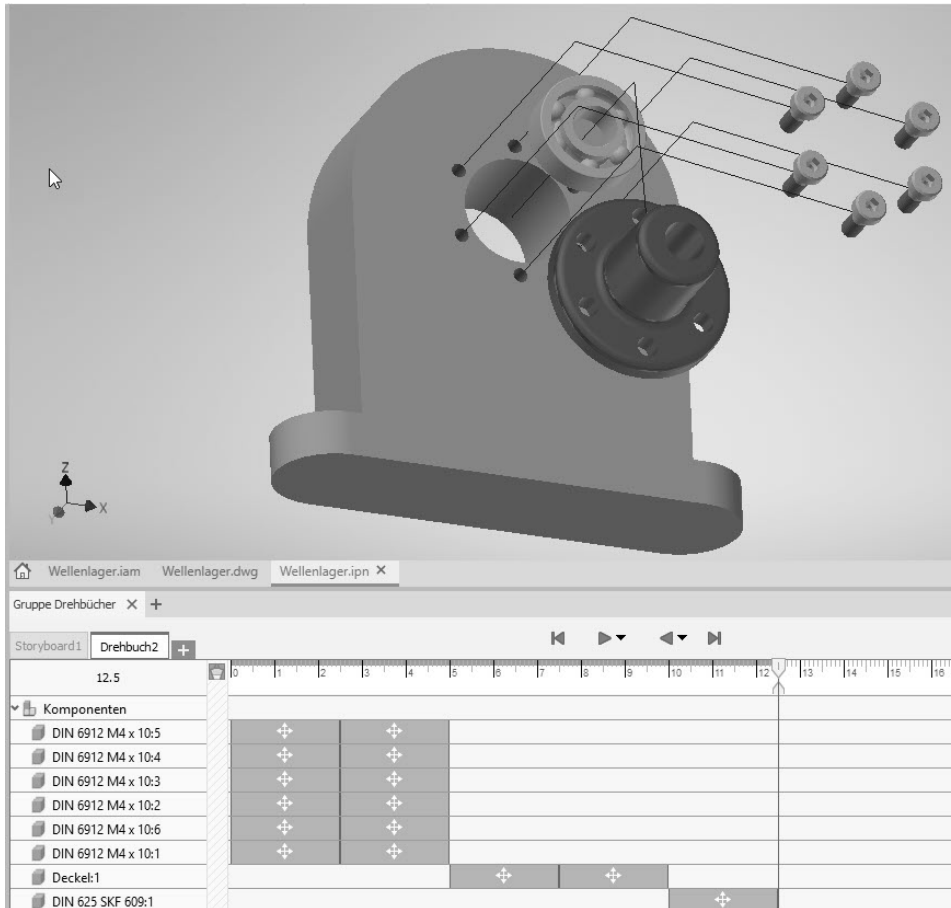


Abb. 1.5: Präsentation mit Animationspfaden und Drehbuch (unten)

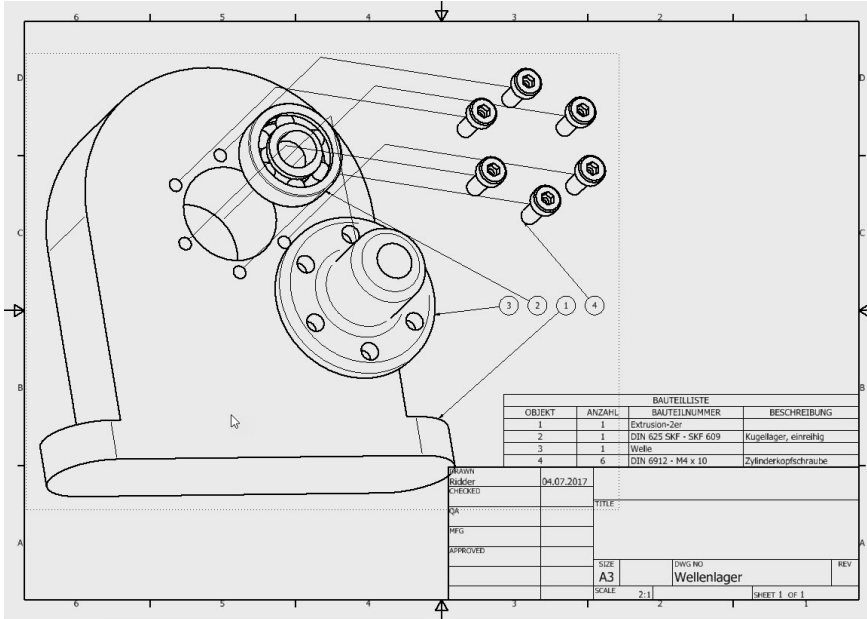


Abb. 1.6: Zeichnung der Explosionsansicht mit Positionsnummern und Stückliste

1.2 Wie entsteht ein 3D-Modell?

Um einen komplexen dreidimensionalen Gegenstand konstruktiv zu erstellen, ist es notwendig, sich eine Vorstellung vom schrittweisen Aufbau aus einfacheren Grundelementen zu machen. 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).

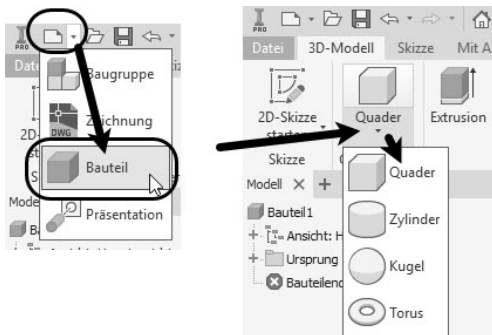


Abb. 1.7: Grundkörper in Inventor

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 .

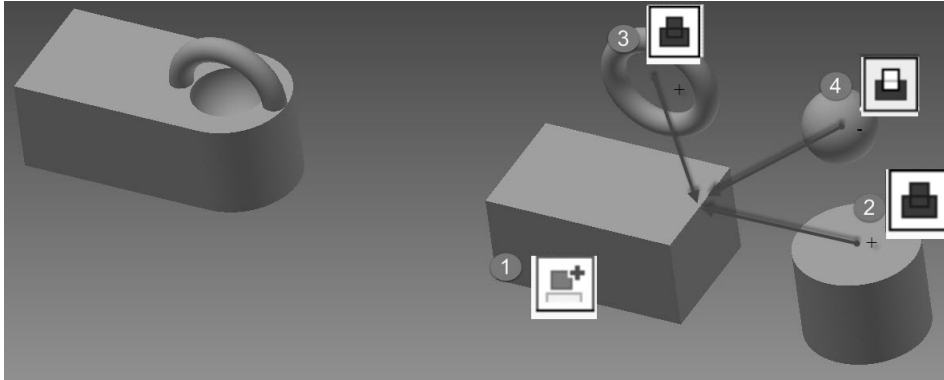


Abb. 1.9: Zusammensetzung eines 3D-Modells aus Grundkörpern

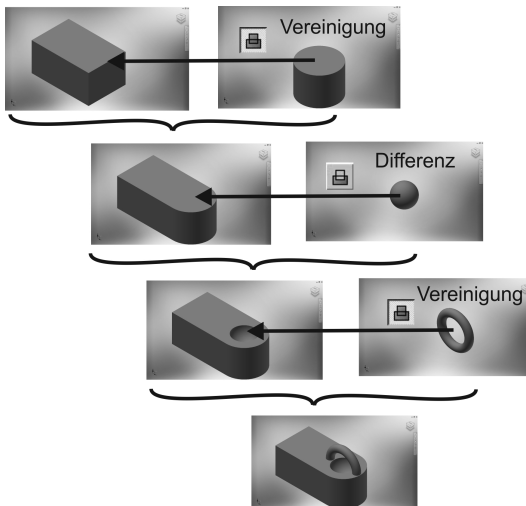


Abb. 1.10: Schrittweiser Zusammenbau aus den Grundkörpern

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.

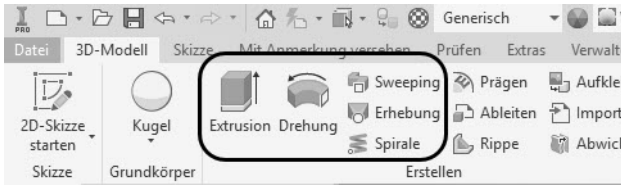


Abb. 1.11: Bewegungskörper in Inventor

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).

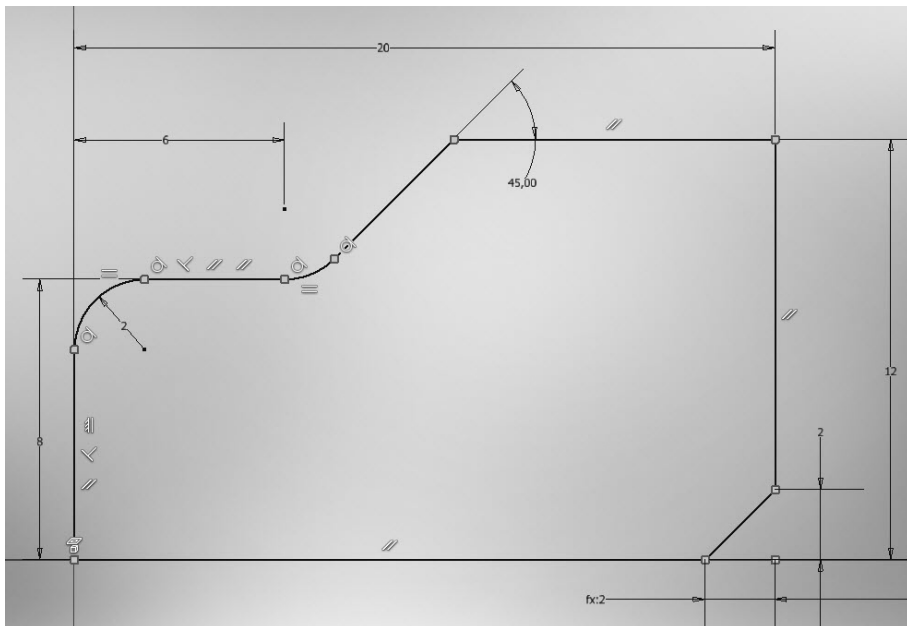


Abb. 1.12: Zweidimensionale vollständig bestimmte Skizze mit angezeigten geometrischen Abhängigkeiten

Extrusion

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

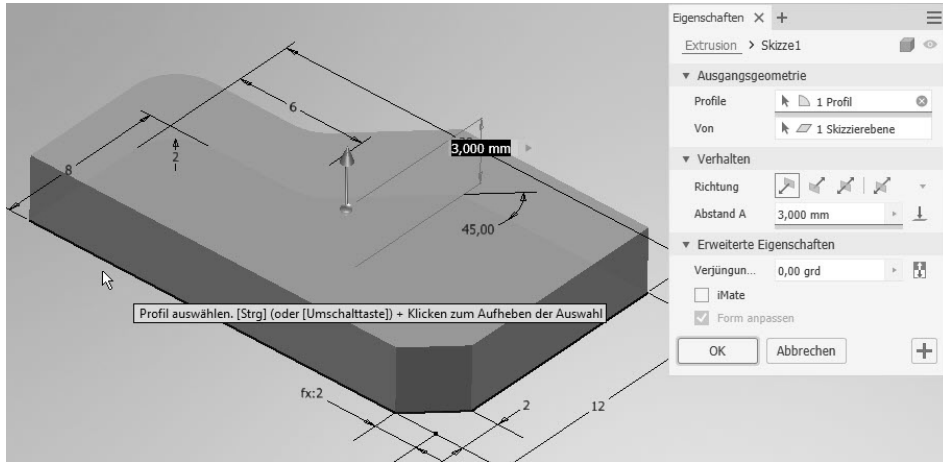


Abb. 1.13: Extrusion eines 2D-Profiles zum 3D-Volumenkörper

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*.

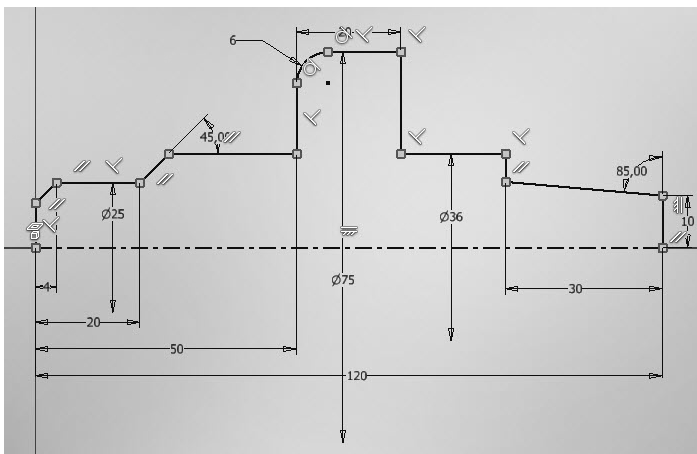


Abb. 1.14: Zweidimensionales Profil mit einer Rotationsachse mit vollständiger Bemaßung und geometrischen Abhängigkeiten

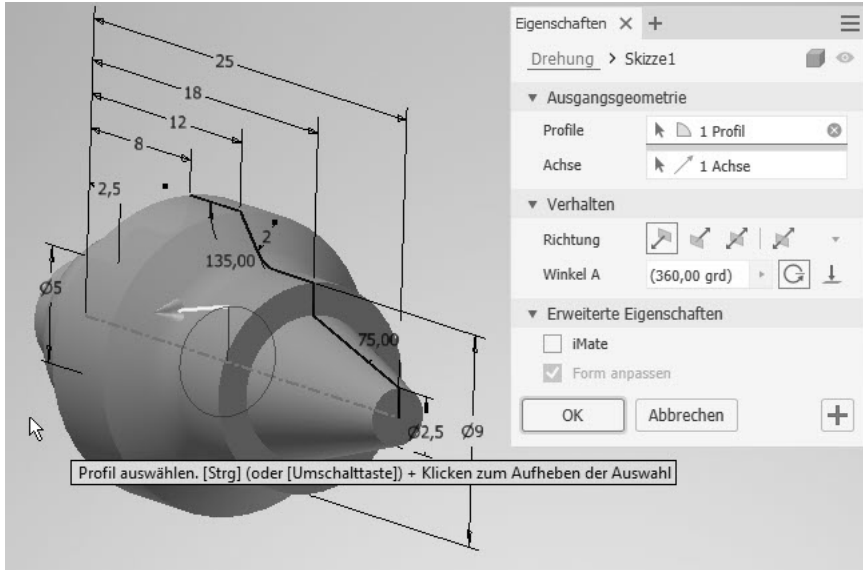


Abb. 1.15: Mit Funktion DREHUNG erzeugtes Rotationsteil

Sweeping

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

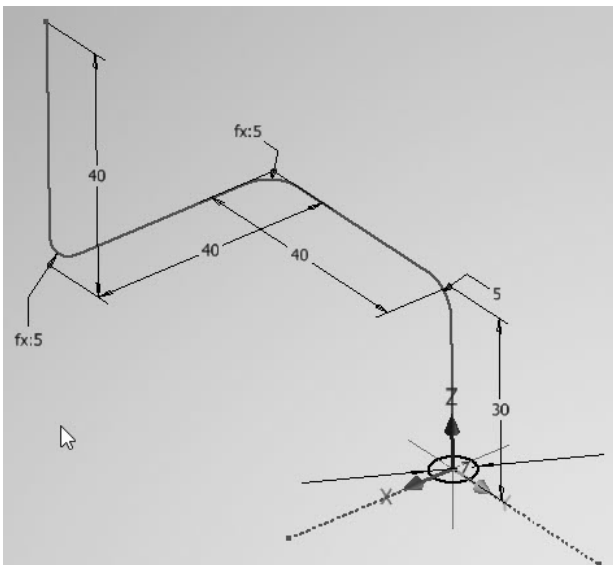


Abb. 1.16: Geschlossene 2D-Skizze (Kreis) für das Profil und 3D-Skizze für den Pfad

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

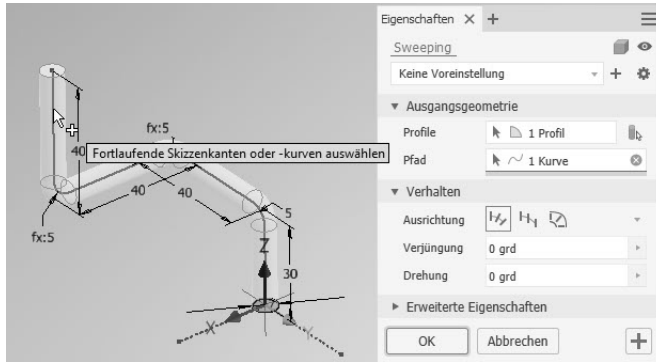


Abb. 1.17: Rohrleitung erstellt mit der Funktion SWEEPING aus Profil und Pfad

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.

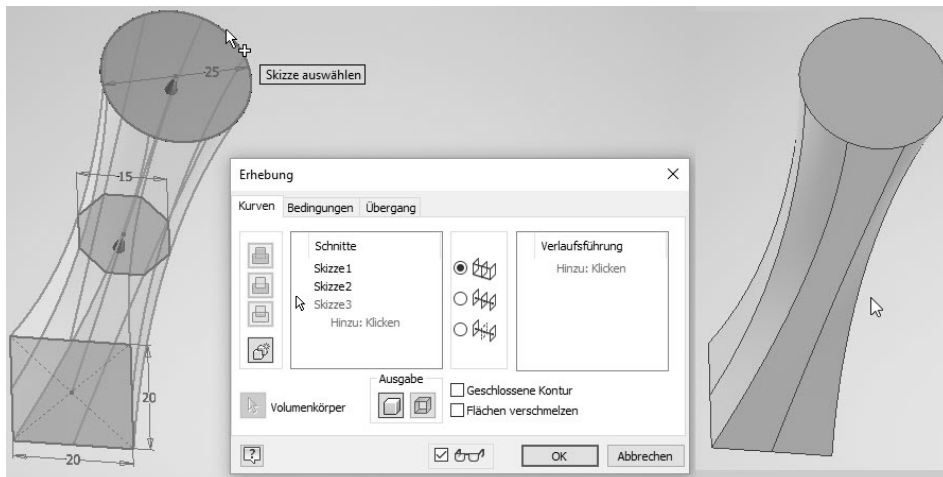


Abb. 1.18: Drei Profilschnitte zur Erstellung eines Lofting-Körpers

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.

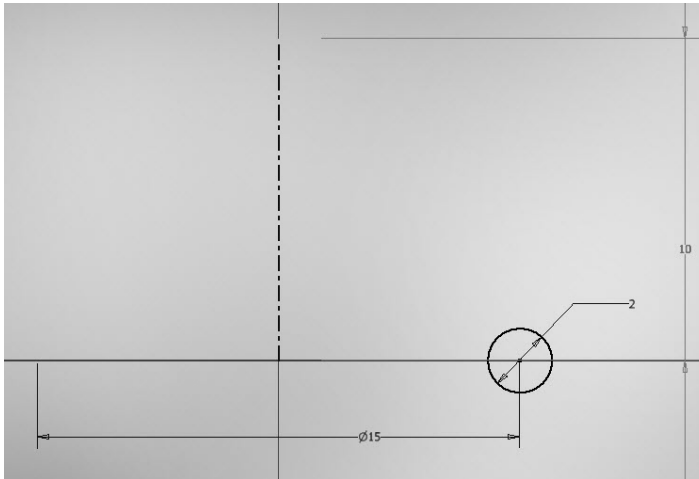


Abb. 1.19: Skizze mit Achse und Kreis-Profil für Spirale

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.

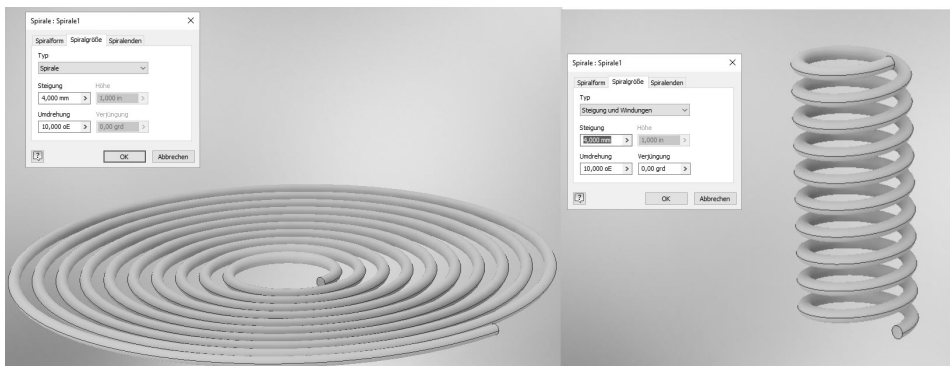


Abb. 1.20: Spirale und Wendel mit Dialogfeldern

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).

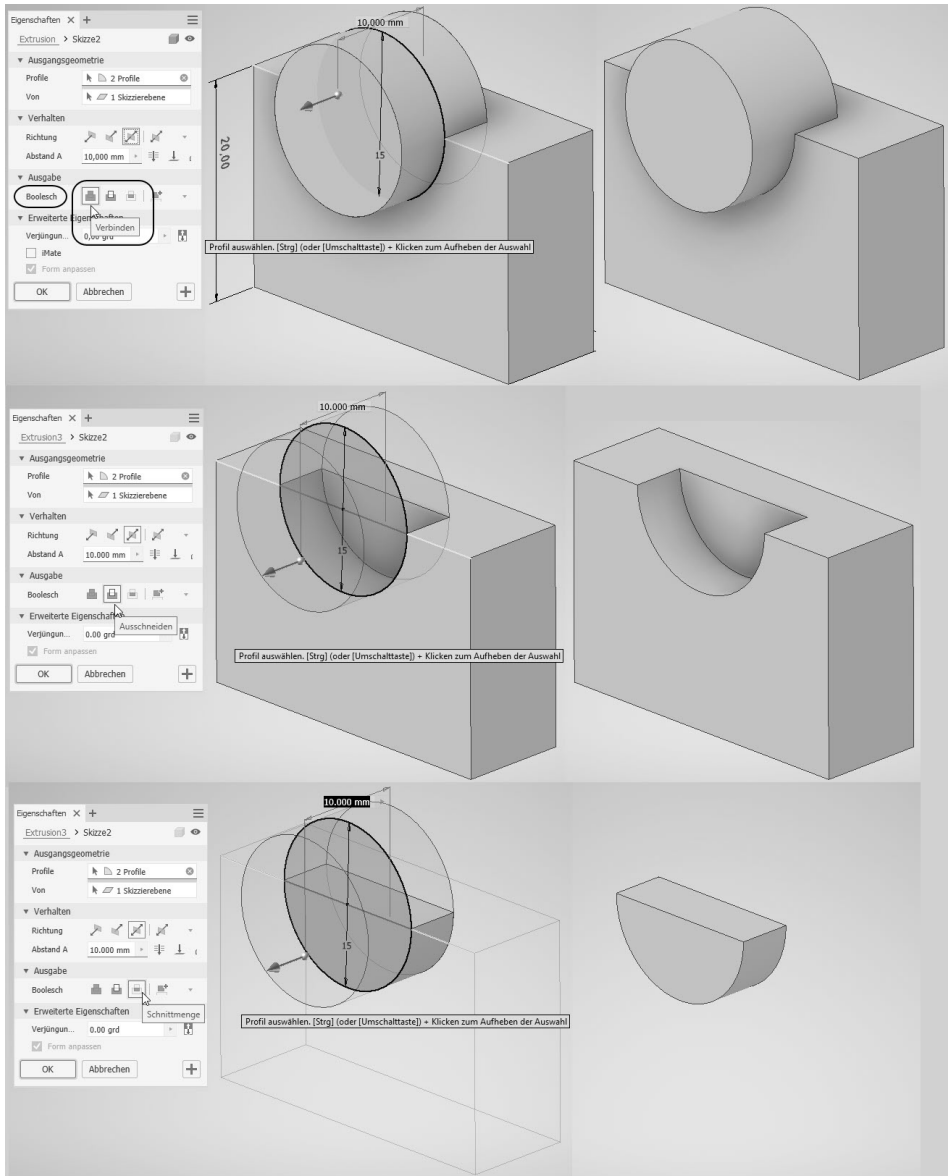


Abb. 1.22: Wirkung der booleschen Operationen

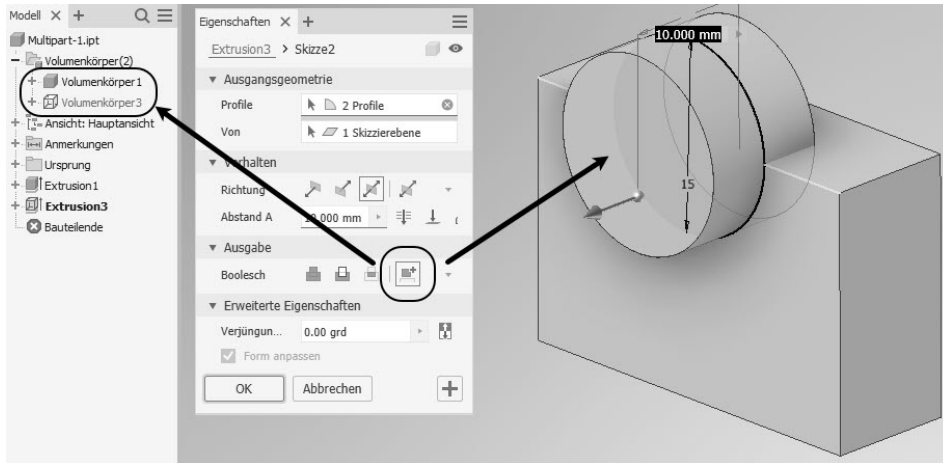


Abb. 1.23: Multipart-Teil mit zweitem Volumenkörper als eigenständiges Teil

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).

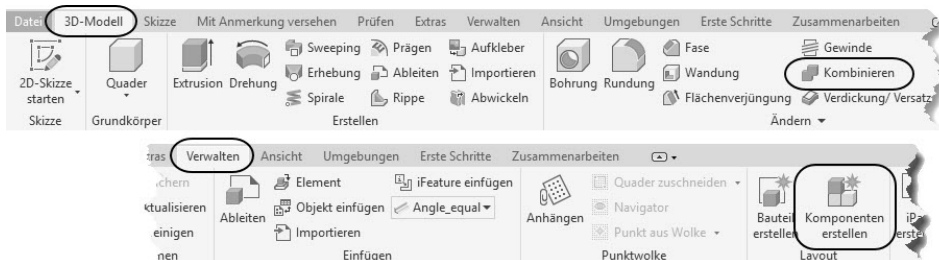


Abb. 1.24: Befehle KOMBINIEREN und KOMponenten ERSTELLEN für Multipart-Konstruktionen

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

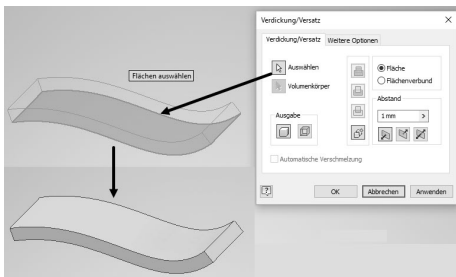


Abb. 1.26: Links: Fläche als Extrusion eines offenen Profils, rechts: Volumenkörper durch Verdicken der Fläche

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|FORMEN.

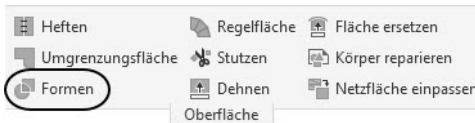


Abb. 1.27: Funktion 3D-MODELL|FORMEN

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.

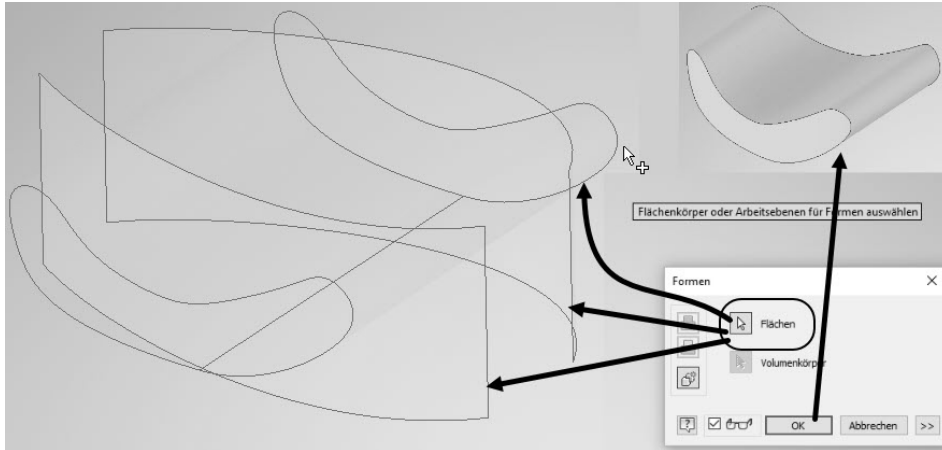


Abb. 1.28: Links: drei Flächen, die wasserdicht einen Volumenbereich einschließen, rechts: mit Formen daraus erstelltes Volumen

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.

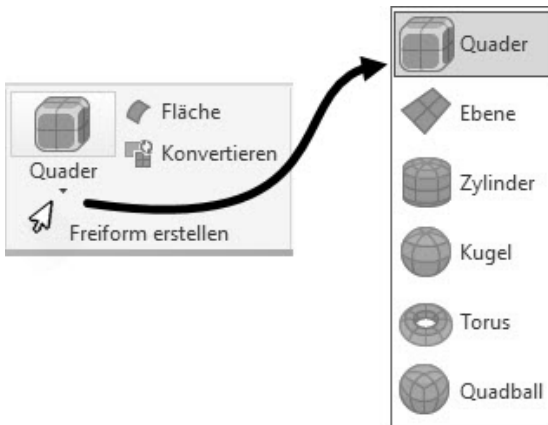


Abb. 1.29: Grundkörper für Freiform-Geometrien

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.

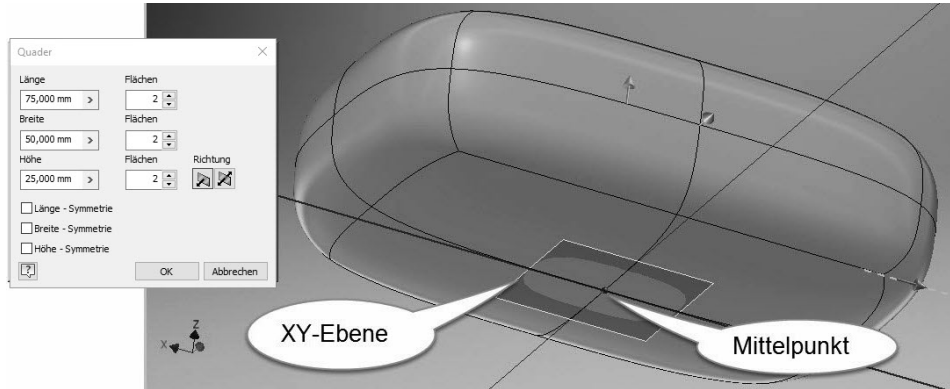


Abb. 1.30: Freiform-Quader mit Grundeinstellungen

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.

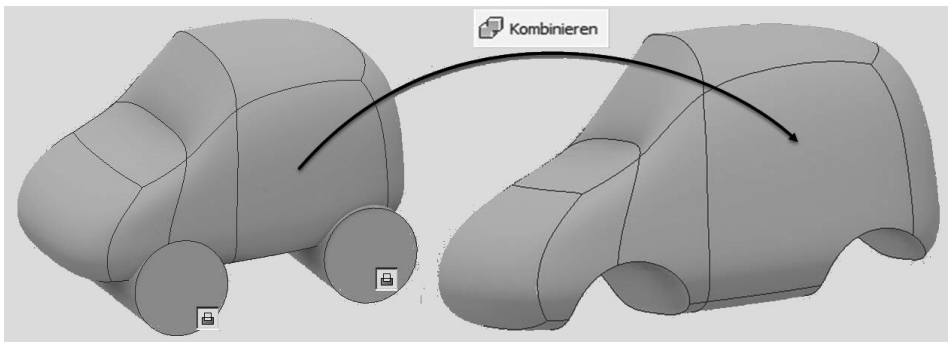


Abb. 1.31: Modifizierte Freiformgeometrie kombiniert mit Zylindern durch Differenzbildung

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.

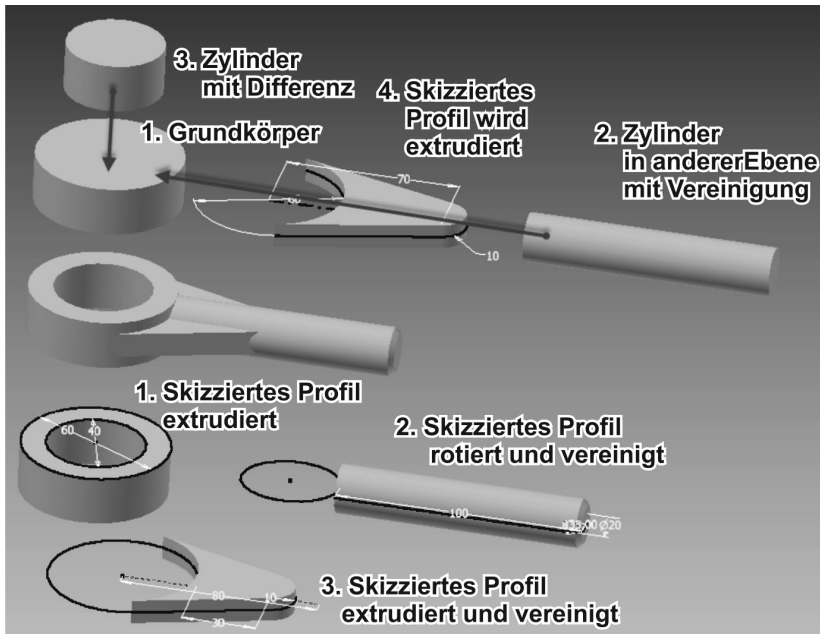


Abb. 1.32: Modellieren mit Grundkörpern und/oder Bewegungskörpern

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.

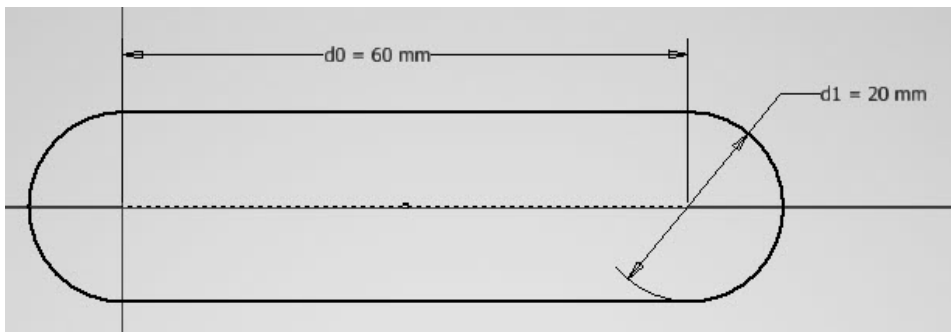


Abb. 1.33: Erste Skizze in der Ansicht OBEN

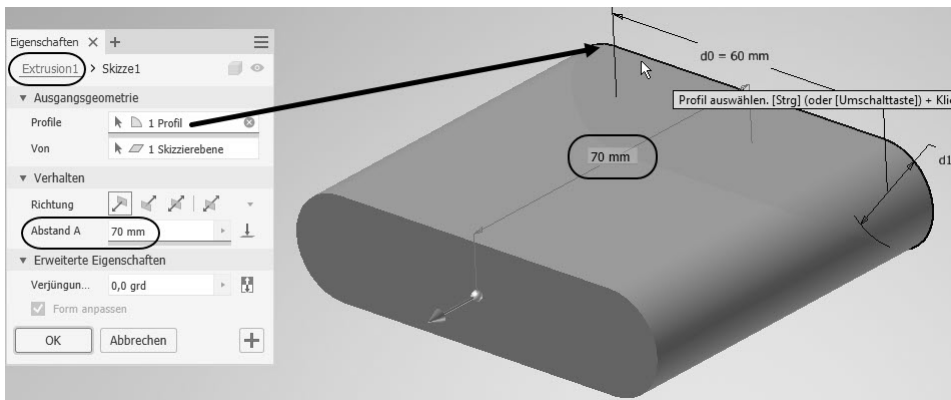


Abb. 1.34: Extrusion des ersten Profils

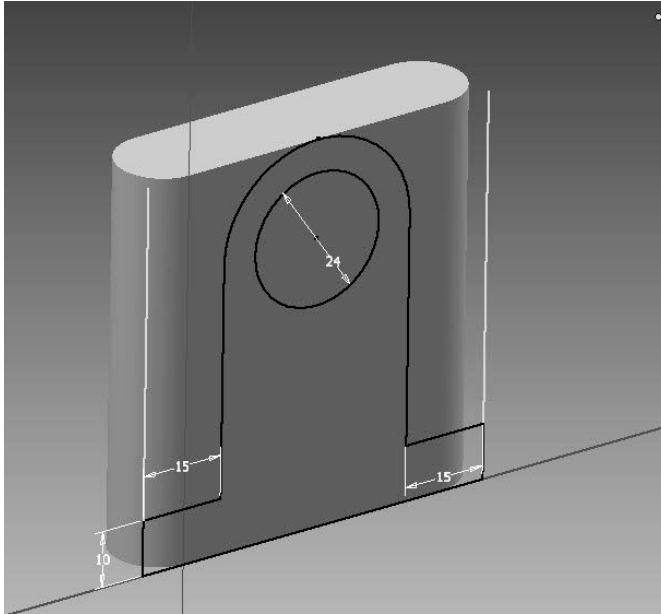


Abb. 1.35: Skizze für zweite Extrusion

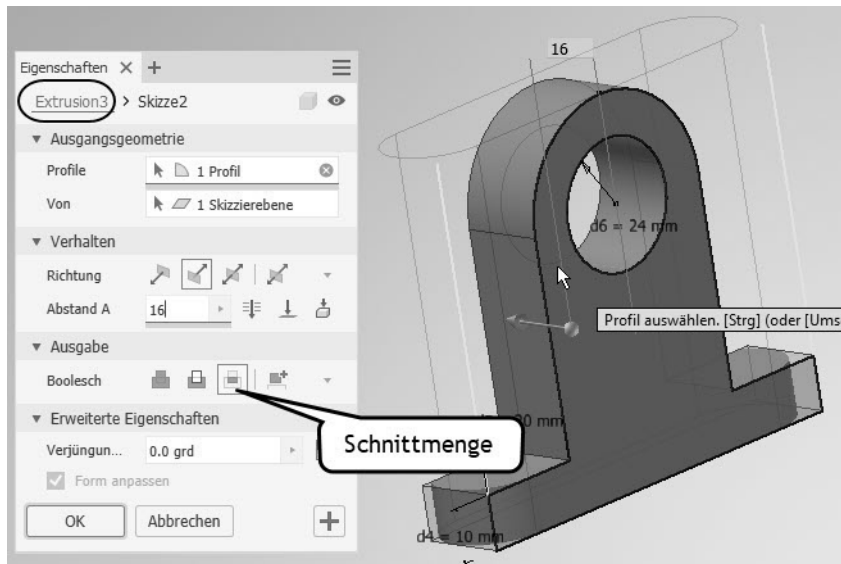


Abb. 1.36: Extrusion des zweiten Profils, Zusammenfügen mit der ersten Extrusion mit der Operation SCHNITTMEGE

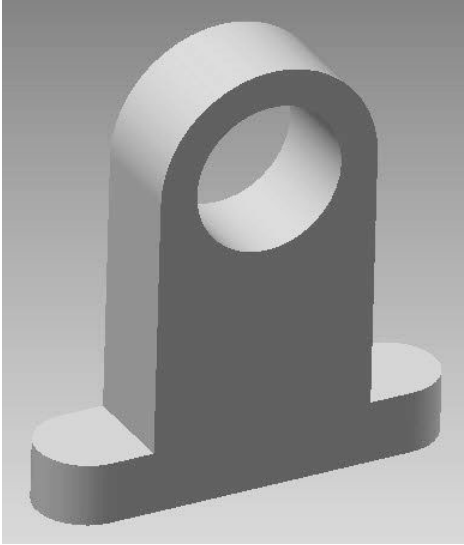


Abb. 1.37: Fertiges Bauteil

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.

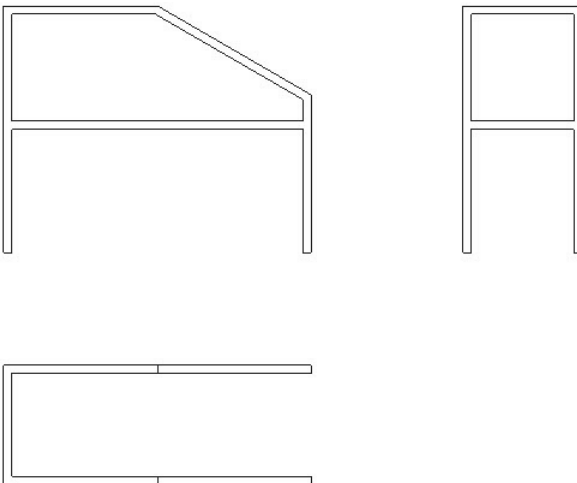


Abb. 1.38: Dreitafelbild der Konstruktion

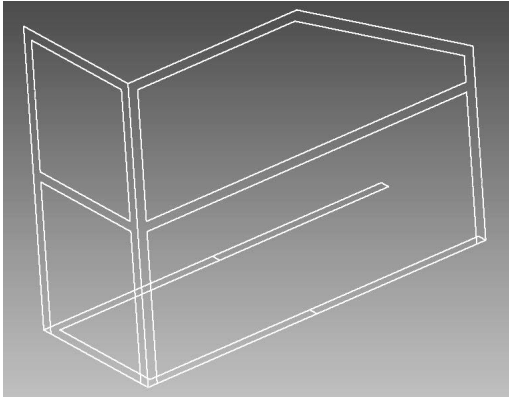


Abb. 1.39: Die drei Ansichten in den korrekten Ebenen gezeichnet

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.

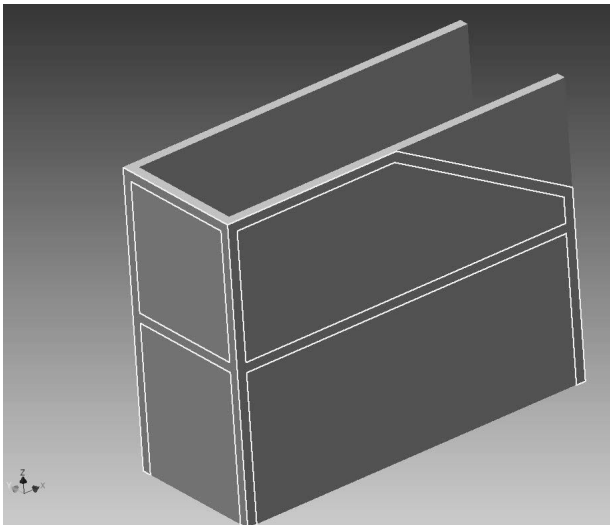


Abb. 1.40: Skizze aus der xy-Ebene (Ansicht OBEN) in z-Richtung extrudiert

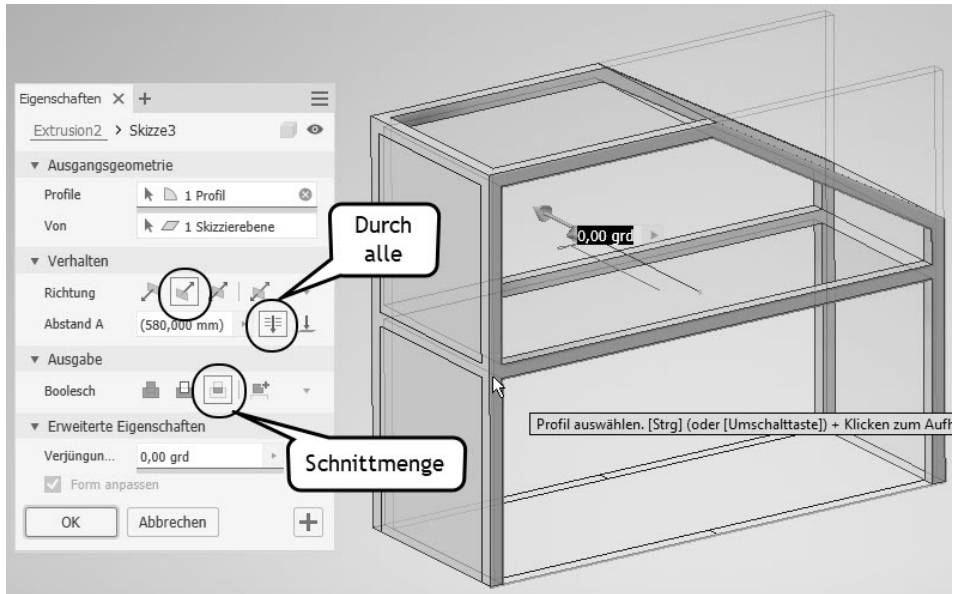


Abb. 1.41: Skizze aus der xz-Ebene (Ansicht VORNE) in y-Richtung extrudiert, mit vorherigem Volumenkörper mit Operation SCHNITTMENGE kombiniert

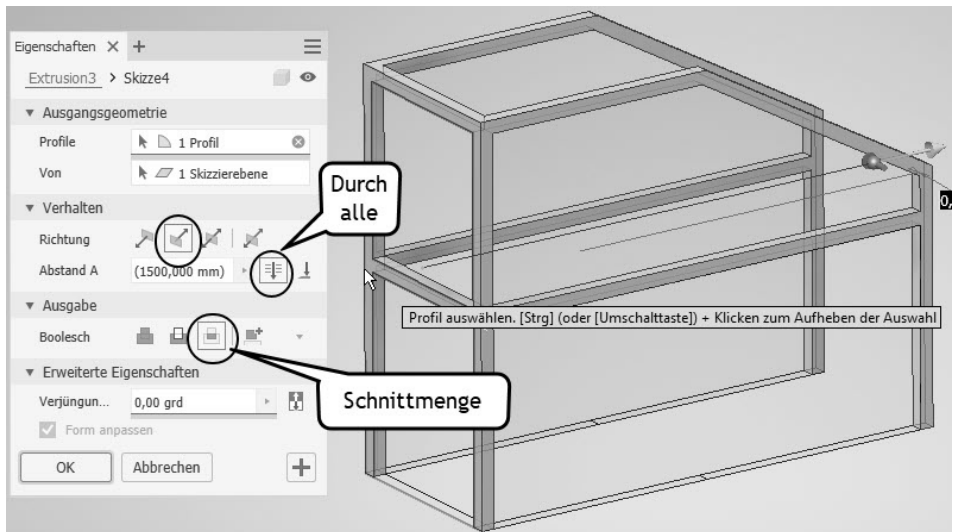


Abb. 1.42: Skizze aus der yz-Ebene (Ansicht LINKS) in x-Richtung extrudiert, mit vorherigem Volumenkörper mit Operation SCHNITTMENGE kombiniert

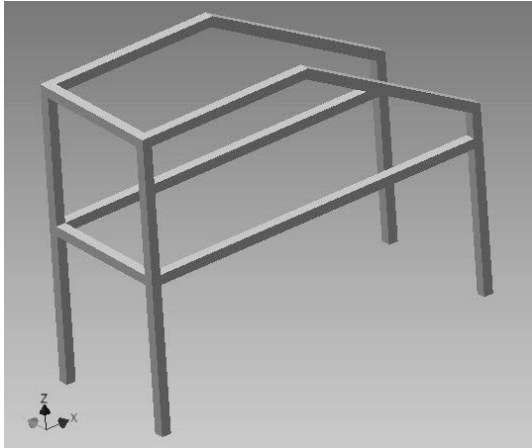


Abb. 1.43: Fertiges 3D-Modell

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.

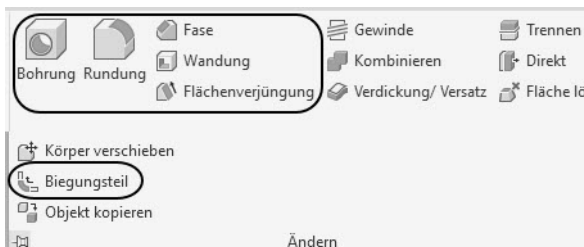


Abb. 1.44: Detailelemente im Register 3D-MODELL

- **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.

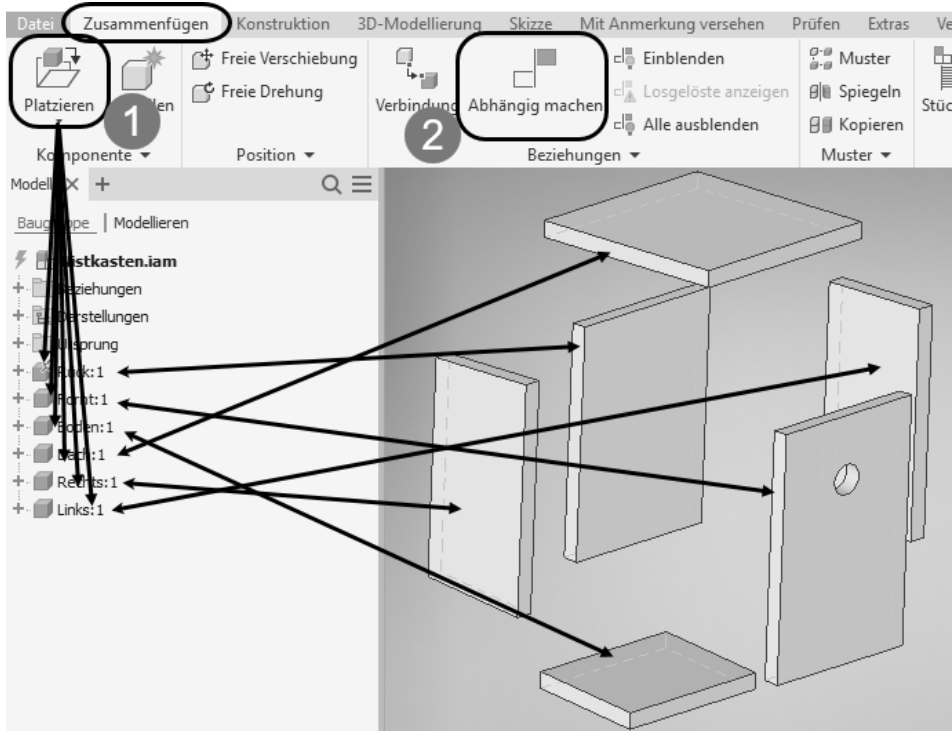


Abb. 1.45: Baugruppe nach dem Bottom-Up-Verfahren zusammenbauen

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.

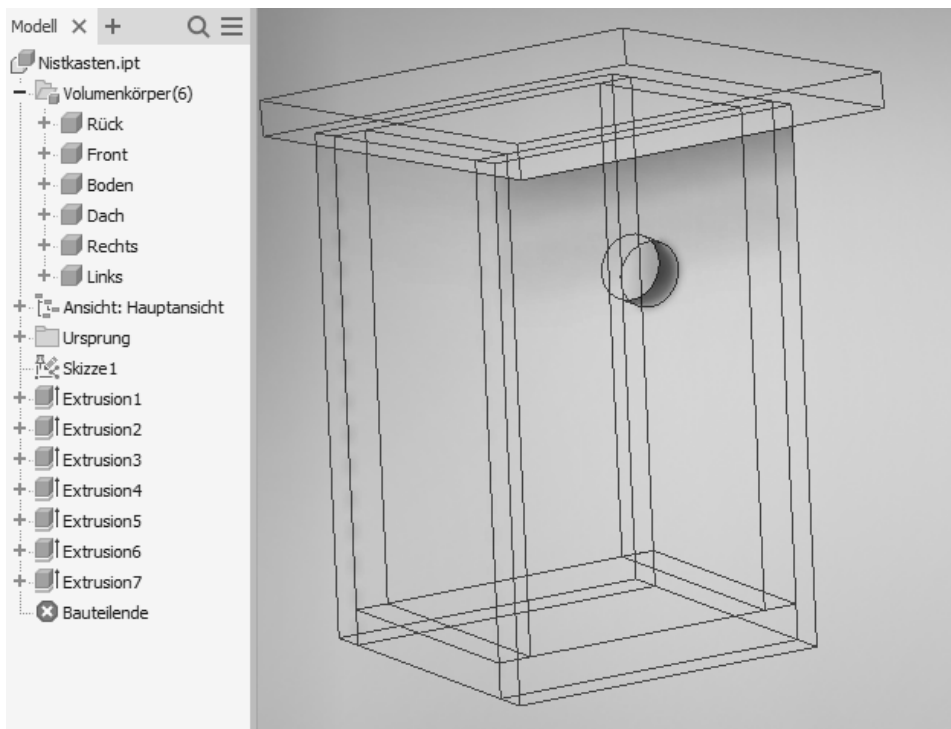


Abb. 1.46: Top-Down-Beispiel mit Gesamt-Skizze und allen einzelnen Volumenkörpern in einer Gesamtbauteil-Datei

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, 60

Numerisch

3D 51
3D-Koordinate 159
3D-Kurve
 projizieren 168
3D-Skizze 78, 159

A

Abhängigkeit 126, 311
 anzeigen 189
 Baugruppe 315
 Einfügen 324
 Koinzident 190
 Symmetrie 328
 Tangential 327
 Typen 129
 Winkel 317
Abhängigkeitssymbol
 ausschalten 188
Ableiten 228
Abschlusskappen 455
Absolut 161
Abwickeln 241
Abwicklung 445
Adaptives Bauteil 341
Anpassungspunkt 145
Ansicht
 aufgeschnitten 371
 ausrichten 92, 373
 Ausschnitt 370
 bearbeiten 368
 Detailansicht 365
 geschnitten 412
 Hilfsansicht 361

 orthogonale 361
 parallel 361
 Schnittansicht 362
 Standard 358
 unterbrochen 369
 zuschneiden 372
Ansichtssteuerung
 Maus 75
 Navigationsleiste 75
Anwendungsoptionen 77
Arbeitsachse 167, 205
Arbeitsebene
 definieren 195
Arbeitspunkt 206, 260
Arbeitsteil 31
Aufkleber 235
Ausklinkung 24
Ausrichten 76
Ausrichtung
 aufheben 373
 Gestellprofile 453
Ausschnitt 370
Austragung 27, 208
Auswahl
 ändern 198
AutoCAD 450
Autodesk Apps-Store 64
Autodesk-Revit 467

B

Basis-Ansatz 45
Basisebene
 auswählen 89
Basislinie 378
Basisteil 309
Baugruppe 305
 Abhängigkeiten 315
Bauteil
 adaptives 341
 Basisteil 309
 neues 115

Bauteilumgebung 65
 Bearbeiten
 mit Doppelklick 81
 Befehl
 eingeben 78
 Befehlsabkürzungen 73
 Befehlszeile
 am Cursor 73
 Bemaßung 106, 374, 376
 anzeigen 182
 Arten 180
 Bezugsbemaßungen 378
 Kettenbemaßung 381
 Koordinatenbemaßung 380
 Skizze 180
 Bemaßungsbefehl 374
 Bemaßungsstil 375
 Benutzer-Koordinaten-System 291
 Benutzername 77
 Benutzeroberfläche 59
 Beschriftung 389
 Betriebssystem 51
 Bewegungskörper 25
 Bezugsbemaßung 378
 Biegeradius 78
 Biegung
 3D-Skizze 166
 Bim 467
 BIM-Export 467
 BKS 291
 Blechstandards 436
 Blechteile 434
 Block
 bearbeiten 158
 Explodieren 158
 Bogen 139, 165
 mit Knick von 90 137
 Bohrung 257
 direkt 261
 Boolesche Operation 31
 Bottom-Up-Prinzip 45, 292, 303
 Browser 71

C

Cursor-Menü 78

D

Datei-Menü 60
 Dehnen
 Skizze 175

Detailansicht 365
 Dezimalzahl
 Schreibweise 134
 Dialogfeld 79
 Direktbearbeitung 283
 Dokumenteinstellungen 77
 Dokument-Registerkarte 71
 Drehen 287
 Skizze 174
 Drehung 27, 329
 freie 316
 Dreitafelbild 40
 DXF-Ausgabe
 Blech 450

E

Ebene 194
 Eigenschaften 158
 Einfügen 324
 Einstellungen
 zurücksetzen 55
 Element
 platziertes 257
 Ellipse 140
 Endstopfen 455
 Erhebung 216
 Explosionsdarstellung 19, 301, 397
 Express Tools 53
 Extrusion 27, 110, 208
 Optionen 111

F

Fase
 definieren 110
 Fasen 109, 267
 Skizze 149
 Feature 43, 257
 Feder 225
 Fläche
 durch Extrusion 166
 löschen 281, 287
 über Drehung 167
 Flächenverjüngung 270
 Flyout 64
 Formular-Editor 473
 Freie Drehung 316
 Freie Verschiebung 316
 Freiform
 Grundkörper 35
 Freiheitsgrad 188

G

Gefaltetes Modell 448
 Gelenk
 Drehbar 336
 Kugelförmig 336
 Planar 336
 Starr 336
 Verschiebbar 336
 Zylindrisch 336
 Geometrie
 projizieren 170
 Geometrietext 150
 Gestreckt
 Skizze 176
 Gewinde 225, 274
 Gewindekante 386
 Gleichheitszeichen im Dialogfenster 109
 Gleichung Kurve 165
 Grafikkarte 51
 Größenänderung 285
 Grundeinstellung 61
 Grundkörper 23, 242
 Gruppe 64

H

Halbschnitt 411
 Hardware-Voraussetzung 51
 Hilfe 64, 82
 Hilfsansicht 361
 Hilfsgeometrie 119
 Hilfslinie 194

I

If...Then...Else 478
 iFeature 277
 iLogic 471
 iLogic-Browser 473
 iMate 333
 Importieren 237
 Inhaltscenter 346
 Installation 52
 Inventor
 starten 57
 zurücksetzen 55
 Inventor LT
 Unterschiede zur Vollversion 56
 Inventor-Bibliothek
 benutzerdefinierte 455
 Inventorkonstruktion
 Phasen 19
 Iso-Ansicht 162

K

Kamera 436
 Kelchnaht 465
 Kettenbemaßung 381
 Kombinieren 36, 279
 Konstruktion
 freigeben 71
 Konstruktionsumgebung 283
 Kontextmenü 80
 Koordinate 162
 Typen 124
 Koordinatenbemaßung 380
 Koordinatendreibein 159
 Koordinatensystem 291
 Kopieren
 Skizze 173
 Körper
 verschieben 281
 Kreis 140
 Kugel 244
 Kurve 147
 3D-Skizzen 162
 spiralförmige 164
 Kurven
 über Formel 165

L

Längeneingabe
 ermöglichen 99
 Linie-Funktion 101
 Lizenzübertragung 55
 Lockerungsmodus 131
 Lofting 29, 208, 216
 Löschen
 Fläche 287

M

Maßlinie
 Abstand anpassen 382
 Maßwert
 übernehmen 186
 Maus
 Ansichtsteuerung 75
 Mauseisrad
 Pan 75
 Maximum 383
 Medianwert 184, 383
 Mini-Dialog 79
 Mini-Menü 78
 Minimum 383

Mittellinie 194
 erstellen 386
 Mittelpunkt 257
 Modell
 aus zwei Extrusionen 38
 Multifunktionsleiste 78
 Multipart-Bauteil 303
 Multipart-Konstruktion 207, 292
 Multipart-Teil 31
 Multivalue-Liste 429
 Multivalue-Parameter 429
 Muster
 in Skizzen 177
 Skizze 178

N

Navigationsleiste 75
 Nennwert 383
 Nullpunkt 119
 Nullpunktsymbol
 entfernen 380

O

Objekt
 kopieren 282
 wählen 126
 Objektfang 120
 Online-Hilfe 64
 herunterladen 83
 Optionen 77
 Orbit 76
 Orthogonale Ansicht 361

P

Pack and Go 433
 Pan 75
 Parabel 147, 148
 Parallel-Ansicht 361
 Parallelprojektion 77
 Parameter 423
 Parameter-Manager 471
 Parametertabelle 423
 Passungsangabe 184
 Perspektivische
 Ansicht 77
 Pfad 29
 dreidimensional 223
 Platzieren 308

Polar

Skizze 178
 Prägen 226
 Präsentation 19, 301, 397
 Präzise Eingabe 161
 Profil 25
 Programmliste 60
 Projekt 58, 301
 anlegen 86
 Projektverzeichnis 302
 Projizieren
 Geometrie 170
 Schnittkanten 170, 179
 Punkt
 Arbeitspunkt 206, 260
 aus Excel importieren 153, 162
 in 3D-Skizze 166
 Skizze 152
 Punktfang 120

Q

Quader 242
 Qualitätsprüfung 283
 QuickInfo 77

R

RAM-Speicher 51
 Rasterfang 316
 Rastergitter 122
 Rasterlinie 122
 Rastpositionen 120
 Read-Only Mode 55
 Rechteck 141
 Rechteckig
 Skizzen-Muster 177
 Regel 477
 hinzufügen 478
 Register 64
 Relativ 161
 Relaxmodus 131
 Reparaturumgebung 283
 Revit 467
 Revit-Familiendateien 467
 Revit-Familienteil 307
 Rippe 232
 Rotation 27, 208
 Rundung 109, 261
 Skizze 149

S

Schlüsselparameter 427, 473
 Schnellzugriff-Werkzeugkasten 61
 Schnittansicht 362
 Schnittdarstellung 412
 Schnittkanten
 projizieren 170, 179
 Schnittkurve
 3D-Skizze 166
 Schraube 350
 Sicherungsdatei 301
 Silhouettenkurve
 3D-Skizze 167
 Skalieren 286
 Skizze 175
 Skizze
 3D 159
 aus AutoCAD importieren 154
 Bemaßung 180
 erstellen 98
 Fasen 149
 Kurve 162
 prüfen 187
 Punkt 152
 Rundung 149
 Text 150
 Skizzenanalyse 191
 Skizzierebene 77
 ausrichten 98
 beim Skizzieren aktivieren 94
 Skizzierfunktion 117
 Skizziermodus 90
 Skizzierpunkt 153, 258
 Snippets 481
 Software-Voraussetzung 51
 Spante 29
 Speichern 91
 Speicherplatzanforderung 54
 Spirale 224, 225
 Spiralförmige Kurve 164
 Spline 145, 165
 Splinekurve 146
 Spurlinien 99
 Stanzmodell 38, 41
 Start 57
 Statusleiste 73
 Stückliste 294
 Stutzen
 Skizze 174

Stützpunktpolygon 145
 Südostpfeil 17
 Sweeping 28, 222
 Symmetrie
 Abhängigkeit 328
 Symmetrielinie 120

T

Tabelle
 im Browser 431
 Tangential
 Abhängigkeit 327
 Testversion 49
 Text 150
 Skizze 150
 Top-Down 45
 Top-Down-Prinzip 303
 Torus 96, 246
 Trennen 272
 Skizze 175
 Trimmen *siehe*

U

Überbau-Ansatz 46
 Überlagerung
 in Ansichten 366
 Unterbrochene Ansicht 369

V

Verbindung 336
 Verdickung 276
 Verjüngung 164
 Versatz 276
 Skizze 176
 Verschieben 284
 Skizzengeometrie 173
 Verschiebung
 freie 316
 ViewCube 76, 358
 Viewer 55
 Volumen
 analysieren 36
 Volumenkörper
 erstellen 34, 207
 Multipart-Konstruktion 207

W

Wandung 269
 Wendel 225

Werkseinstellungen 55
Werkzeugkasten 78, 79
Wiederherstellungsdatei 77
Willkommensbildschirm 58
Winkel 325
 Abhängigkeit 317

Z

Zeichenfunktion
 Fasen 109
 Linie-Funktion 101
 Rundung 109
 Übersicht 100

Zeichnen
 Funktionen 118
Zeichnung
 Blech 449
 erstellen 357
Zeichnungsdatei 60
Zeichnungsdateityp 77
Zeichnungsressource 56
Zeichnungsstart 115
Zoomen 76
Zurücksetzen 55
 AutoCAD-Einstellungen 55
Zylinder 243