



Leseprobe

Günter Scheuermann

Inventor 2016

Grundlagen und Methodik in zahlreichen Konstruktionsbeispielen

ISBN (Buch): 978-3-446-44435-5

ISBN (E-Book): 978-3-446-44538-3

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-44435-5>

sowie im Buchhandel.

Inhalt

TEIL I – Die ersten Schritte	1
1 Einführung	3
1.1 Die Inventor-Story	3
1.2 3D-CAD-Begriffe	4
1.2.1 3D-Kernel	4
1.2.2 3D-Modellverwaltung	5
1.2.3 Geometrieelemente	6
1.2.4 Kurvenübergänge, Stetigkeiten	6
1.3 Einsatzgebiete und Funktionsbereiche	7
1.3.1 Einsatzgebiete im Überblick	7
1.3.2 Inventor-Module	7
1.3.3 Inventor-Versionen und Product Suites	8
1.3.4 Inventor-Schnittstellen	10
1.3.5 Inventor für Schulen, Schüler und Studenten	10
1.3.6 Inventor kostenlos?	10
1.4 Hinweise zur Installation	11
1.5 Systemvoraussetzungen	11
1.5.1 Hardware	11
1.5.2 Betriebssysteme	12
1.5.3 Sonstige Anforderungen	12
1.6 Die DVD zum Buch	12
1.7 Resümee	13
2 Inventor-Probefahrt – ein Rollenständer	15
2.1 Für wen und warum	15
2.2 Die Inventor-Probefahrt beginnt	15
2.3 Der Rollenständer	16
2.4 Das Projekt Rollenständer	17
2.5 Die Baugruppe Ständer	18

2.6	Das erste Bauteil – die Grundplatte	18
2.6.1	Ein neues Bauteil beginnen	18
2.6.2	Eine Skizze erstellen	19
2.6.3	Das Bauteil aus der Skizze erzeugen	26
2.6.4	Abrunden und Anfasen	26
2.6.5	Die fertige Grundplatte	27
2.7	Die Baugruppe Ständer entsteht	28
2.7.1	Eine neue Baugruppe erstellen	29
2.8	Das Ständerrohr als neue Baugruppenkomponente erstellen	31
2.8.1	Das Rohr entsteht	33
2.8.2	Fase und Radius anbringen	34
2.8.3	Das Material zuweisen	34
2.8.4	Die Bearbeitung des Rohrs beenden	34
2.9	Die Rippe in der Baugruppe erstellen	35
2.9.1	Eine Skizze der Rippe zeichnen	35
2.9.2	Die Extrusion der Rippe	37
2.9.3	Die Kanten brechen	38
2.9.4	Das Material zuweisen	38
2.9.5	Aus eins mach vier	38
2.10	Die Bauteile verschweißen	39
2.10.1	Die Schweißkonstruktion	39
2.10.2	Die Schweißnähte erzeugen	40
2.11	Die Arretierbohrung im Ständerrohr	42
2.12	Das Ständerrohr und der Ständer sind fertig	46
2.12.1	Eine fotorealistische Ansicht mit Inventor Studio erstellen	46
2.13	Die Baugruppe Schiebeteil	47
2.14	Das Bauteil Schieberohr	47
2.14.1	Die Arretierbohrungen herstellen	48
2.15	Die Baugruppe Schiebeteil wird erstellt	50
2.15.1	Eine Traverse aus dem Inhaltscenter einfügen	51
2.15.2	Die Traverse bohren	51
2.15.3	Die Traverse genau platzieren	53
2.15.4	Die Traverse und das Rohr verschweißen	55
2.15.5	Die Schraube und Muttern einfügen und platzieren	56
2.16	Das Bauteil Rolle	60
2.17	Die Rolle in die Baugruppe einfügen	62
2.18	Die Baugruppe Rollenständer entsteht	63
2.19	Präsentation und Explosion	65
2.19.1	Eine Präsentation beginnen	66
2.19.2	Die Komponentenposition ändern	66
2.19.3	Den Splint herausziehen	67
2.19.4	Den Bolzen verschieben	68
2.19.5	Das Schiebeteil nach oben ziehen	68
2.19.6	Eine Animation des Rollenständers	69
2.20	Das Ende einer Probefahrt	70

TEIL II – Programmfunktionen und Bedienung	71
3 Inventor-Arbeitsbereiche	73
3.1 Volumenmodellierer	73
3.2 Flächenerstellung	74
3.3 Baugruppen	74
3.4 Zeichnungsableitung	74
3.5 Blechmodul	75
3.6 Schweißumgebung	75
3.7 Rohre und Leitungen	76
3.8 Kabel und Kabelbäume	76
3.9 Kunststoffteile	77
3.10 Werkzeugbau, Moldflow	77
3.11 Das Inhaltscenter, Normteillbibliotheken	78
3.12 iFeatures und Katalog	79
3.13 Autor, iMates, Komponenten	79
3.14 iPart/iAssembly	79
3.15 iLogic	80
3.16 iCopy	80
3.17 Der Konstruktionsassistent	81
3.18 Der Gestell- oder Rahmengenerator	81
3.19 Belastungsanalyse	82
3.20 Dynamische Simulationen	83
3.21 Oberflächenanalysen	84
3.22 Messen	84
3.23 Präsentation und Animation	85
3.24 Inventor Studio	86
3.25 Makroprogrammierung	86
4 Programmbedienung	87
4.1 Der Programmstart	87
4.1.1 Wichtige Fensterbereiche	89
4.1.2 Die Statusleiste	89
4.2 Ein neues Dokument beginnen	90
4.2.1 Icons und Dateitypen	92
4.3 Die Arbeitsumgebung für ein neues Bauteil	92
4.3.1 Der Fensteraufbau	93
4.4 Programmeinstellungen	94
4.5 Der Objektbrowser	95
4.6 Änderung der Konstruktion über den Objektbrowser	95
4.6.1 Eine bestehende Skizze ändern	96
4.6.2 Ein Element ändern	97
4.6.3 Bauteileigenschaften, iProperties	99

4.7	Arbeitsschritte umbenennen	100
4.8	Der Befehlsbereich, die Multifunktionsleiste (MFL) und die Markierungsmenüs	101
4.8.1	Darstellungsarten	102
4.8.2	Tooltips	102
4.8.3	Markierungsmenüs	103
4.8.4	Mausgesten	104
4.9	Ansichten steuern und bearbeiten	105
4.9.1	Zoom und Pan	105
4.9.2	Symbole zum Steuern der Ansicht	105
4.9.3	Freier Orbit, freies Drehen einer Ansicht	106
4.9.4	Das Ausrichten einer Ansicht	107
4.9.5	Ausgewählte Objekte zoomen	107
4.9.6	Alles zoomen	108
4.9.7	Ein Fenster zoomen	108
4.9.8	Die Funktionen Nächste und Vorher	108
4.9.9	Eine Ansicht verschieben	108
4.9.10	Der ViewCube	108
4.9.11	Das Vollnavigationsrad	109
4.9.12	Schnittdarstellungen	109
4.10	Ansicht aktualisieren	110
4.11	Elemente selektieren	111
4.11.1	Mehrere Elemente durch Einzelauswahl selektieren	111
4.11.2	Elemente mit Fenster oder Kreuzen selektieren	111
4.12	Die Materialbibliothek	112
4.12.1	Der Materialien-Browser	112
4.12.2	Mit Materialien und Darstellungen arbeiten	113
4.12.3	Der Eco Materials Adviser	121
5	Die Skizzenerstellung	123
5.1	Die erste Skizze	123
5.1.1	Einstellungen für die Arbeit mit Skizzen	124
5.1.2	Direkte Einstellungen in der Statuszeile	126
5.2	Allgemeines zu Skizzen	127
5.2.1	Skizzenarten	128
5.2.2	Profilskizzen	128
5.2.3	Pfadskizzen	129
5.2.4	3D-Skizzen	129
5.2.5	Grundsätze der Skizzenerstellung	130
5.3	Die Skizzengeometrie	131
5.3.1	Standardgeometrie	131
5.3.2	Konstruktionsgeometrie	132

5.3.3	Mittelliniengeometrie, Mittel- und Skizzierpunkte	132
5.3.4	Linienarten, Format	134
5.3.5	Format anzeigen	134
5.3.6	Referenzgeometrie	134
5.3.7	Blockgeometrie	135
5.4	Die 2D-Abhängigkeiten	136
5.4.1	Absolute Abhängigkeiten	137
5.4.2	Geometrische Abhängigkeiten	137
5.5	Bemaßungsabhängigkeiten	138
5.5.1	Die Parametrik des Systems	138
5.5.2	Die Bemaßungsfunktion	140
5.5.3	Getriebene Bemaßung	140
5.5.4	Ausgerichtete Bemaßung	141
5.5.5	Toleranzangaben	141
5.5.6	Bemaßungsanzeige	142
5.6	Automatisch vergebene Abhängigkeiten	143
5.7	Abhängigkeiten ein- und ausblenden	144
5.7.1	Überbestimmte Abhängigkeiten	145
5.8	Maße mit Excel-Tabelle verknüpfen	146
5.8.1	Die Excel-Tabelle	146
5.8.2	Das Bauteil	147
5.8.3	Die Verknüpfung mit der Excel-Tabelle	148
5.8.4	Das Ergebnis	148
5.8.5	Fazit	149
5.9	Genau positionieren beim Zeichnen	149
5.10	Mehrfache Skizzenverwendung	150
5.10.1	Verwendung innerhalb eines Bauteils	150
5.10.2	Verwendung in anderen Bauteilen/Dokumenten	152
5.11	Skizzen importieren	152
5.11.1	Die Skizzen-Ableitung aus anderen Bauteilen	152
5.11.2	Skizzen von AutoCAD nach Inventor	153
5.11.3	Der Weg von 2D- nach 3D-CAD	153
5.11.4	Eine DWG-Zeichnung importieren	153
5.12	Skizzen ändern	155
5.12.1	Verschieben, Kopieren und Drehen	156
5.12.2	Stützen, Dehnen, Trennen und Versatz	157
5.12.3	Skalieren und Gestreckt	158
5.13	Skizzen analysieren	158
5.14	3D-Skizze	159
5.14.1	Die Stützkonstruktion	160
5.14.2	Die 3D-Skizze	162
5.14.3	Das Rohr sweepen	163

5.15	3D-Punkte importieren	164
5.15.1	Ein Paraboloid	165
5.15.2	Oberflächendaten	166
6	Arbeitselemente und Koordinatensystem	167
6.1	Arbeitselemente	167
6.1.1	Die Ursprungsgeometrie	167
6.1.2	Die Befehlsgruppe Arbeitselemente	168
6.1.3	Die Arbeitsebene	169
6.1.4	Die Arbeitsachse	170
6.1.5	Ein Arbeitspunkt	170
6.2	Koordinatensysteme	170
6.2.1	Benutzerdefinierte Koordinatensysteme	170
7	Bauteile	173
7.1	Übersicht	173
7.1.1	Bauteile erstellen	173
7.1.2	Bauteile bearbeiten	175
7.1.3	Hilfsbefehle	176
7.2	Grundkörper erstellen	177
7.3	Freiformkörper	178
7.3.1	Freiform erzeugen	178
7.3.2	Freiform ändern	179
7.4	Bauteile erstellen	181
7.4.1	Extrusion	181
7.4.2	Drehung	184
7.4.3	Erhebung	185
7.4.4	Sweeping	187
7.4.5	Rippe	190
7.4.6	Spirale	192
7.4.7	Prägen	193
7.4.8	Aufkleber	194
7.4.9	Abgeleitete Komponenten	195
7.5	Bauteile ändern	198
7.5.1	Bohrungen und Innengewinde	198
7.5.2	Abrunden	200
7.5.3	Fasen	202
7.5.4	Wandung, Wandstärke	203
7.5.5	Flächenverjüngung	205
7.5.6	Außen- und Innengewinde	206
7.5.7	Biegungsteil, Biegung	207

7.5.8	Trennen, Teilen	208
7.5.9	Direkt, Direktbearbeitung	209
7.5.10	Verschieben und Drehen	211
7.5.11	Verdickung/Versatz	212
7.6	Flächenbefehle	213
7.6.1	Fläche heften	214
7.6.2	Formen, Körper aus Flächen erstellen	214
7.6.3	Fläche löschen	215
7.6.4	Umgrenzungsfläche	216
7.6.5	Fläche ersetzen	217
7.6.6	Körper reparieren	217
7.7	Muster	218
7.7.1	Rechteckige Anordnung	218
7.7.2	Runde Anordnung	219
7.7.3	Element spiegeln	220
7.8	Weitere interessante Funktionen	221
7.8.1	iFeatures einfügen	221
7.8.2	Mit iMates arbeiten	223
7.8.3	iLogic, parametrische Bauteilsteuerung	225
8	Baugruppen	231
8.1	Grundlagen	231
8.2	Die Freiheitsgrade	232
8.3	3D-Abhängigkeiten, Beziehungen	233
8.3.1	Verbinden	234
8.3.2	Abhängig machen	236
8.3.3	Zusammenfügen	243
8.3.4	Verbindungen und Abhängigkeiten einblenden und bewegen	244
8.4	Bauteile in eine Baugruppe einfügen	245
8.4.1	Das erste Bauteil und Folgeteile platzieren	246
8.4.2	Mit iMates einfügen	248
8.4.3	Fixierte Bauteile	248
8.5	Einzelne Bauteile in der Baugruppe bewegen	248
8.5.1	Freie Verschiebung	249
8.5.2	Freie Drehung	249
8.5.3	Rasterfang	249
8.6	Ein Bauteil in der Baugruppe bearbeiten	251
8.7	Ein neues Bauteil in einer Baugruppe erstellen	255
8.8	Adaptive Elemente in einer Baugruppe	258
8.8.1	Die Welle	258
8.8.2	Die Passfeder	258
8.8.3	Baugruppe mit adaptivem Bauteil	259
8.8.4	Adaptives Ändern	259

8.9	iAssemblies, variable Baugruppen	260
8.9.1	Bauteile erstellen	260
8.9.2	Neue Baugruppe öffnen	260
8.9.3	iAssembly erstellen	261
8.9.4	iAssemblies anwenden	262
8.9.5	Mit Excel bearbeiten	263
8.10	iCopy	264
8.10.1	Beispiel einer iCopy-Baugruppe	264
8.10.2	Rahmenbauteil	264
8.10.3	Rahmenbaugruppe	265
8.10.4	Rampenbauteil	266
8.10.5	Rampenbaugruppe mit iCopy-Elementen	266
8.10.6	Gestell erzeugen	268
8.10.7	Seitenteile	269
8.11	Darstellungen, Ansicht, Position, Detailgenauigkeit	270
8.11.1	Ansicht	271
8.11.2	Position	271
8.11.3	Detailgenauigkeit	272
8.11.4	Kombinierte Darstellungen	272
8.12	Vereinfachung von Baugruppen	273
8.12.1	Komponente einschließen	274
8.12.2	Hüllen definieren	275
8.12.3	Vereinfachtes Bauteil erstellen	276
9	Zeichnungsableitung	277
9.1	Einzelteil- und Gesamtzeichnungen	277
9.2	Arbeiten mit Zeichnungsnormen	277
9.2.1	Normenauswahl im Startfenster	277
9.2.2	Einstellungen an Normvorlagen ändern	278
9.3	Arbeitsblatt, Zeichnungsrahmen und Schriftkopf	279
9.3.1	Blattformate	279
9.3.2	Zeichnungsrahmen	279
9.3.3	Schriftkopf, Schriftfeld	280
9.4	Die verschiedenen Ansichten in einer Zeichnung	281
9.4.1	Erstansicht	281
9.4.2	Parallele und isometrische Ansichten	281
9.4.3	Hilfsansicht	282
9.4.4	Schnittansicht	282
9.4.5	Detailansicht	283
9.4.6	Überlagerung	283
9.4.7	Nagelbrettansicht	283
9.4.8	Entwurfsansicht	283

9.4.9	Lösen, Unterbrochene Ansicht	283
9.4.10	Ausschnittansicht	284
9.4.11	Aufgeschnittene Ansicht	284
9.4.12	Zuschneiden	285
9.4.13	Skizze erstellen	285
9.4.14	Neues Blatt, Ansichten auf mehreren Blättern	285
9.5	Die erste Zeichnung	286
9.5.1	Die Erstantansicht der Kabeltülle	286
9.5.2	Abhängige Ansichten erzeugen	288
9.6	Zeichnung mit Anmerkung versehen	289
9.6.1	Mittellinien	290
9.6.2	Erzeugen einer Schnittansicht	291
9.6.3	Zeichnungen bemaßen	292
9.6.4	Bemaßungen einfügen	293
9.6.5	Bemaßungen ändern	297
9.6.6	Bemaßungen verschieben	297
9.6.7	Tabellen einfügen	298
9.7	Baugruppenzeichnungen	298
9.7.1	Baugruppenzeichnung erzeugen	298
9.7.2	Positionsnummern vergeben	299
9.7.3	Automatische Positionsnummernvergabe	299
9.7.4	Positionsnummernvergabe »von Hand«	300
9.7.5	Positionsnummern ändern	301
9.7.6	Teileliste, Stückliste erzeugen und einfügen	301
9.7.7	Stückliste bearbeiten	302
TEIL III – Übungen und Arbeitstechnik		305
10	Übung: Mehrteiliges Kunststoffgehäuse	307
10.1	Das Konzept	307
10.2	Der Ausgangskörper	308
10.3	Einen Hohlkörper erzeugen	311
10.4	Gehäuse öffnen	311
10.5	Gehäuseteile verschieben	313
10.6	Vorderteil bearbeiten	313
10.7	Lüftungsgitter erzeugen	314
10.8	Montageränder und Dichtungslippen anfügen	316
10.9	Verschraubungsnoppen erstellen	317
10.10	Aus eins mach vier	320
10.11	Glasscheibe herstellen und einfügen	321
10.12	Scheibe fertigstellen	322
10.13	Das fertige Gehäuse	323
10.14	Einzelteile separieren	323

10.15 Die Baugruppe	324
10.16 Präsentation	326
10.17 Zeichnung	327
11 Übung: Zahnstangenpresse	329
11.1 Das Konzept	330
11.2 Ein neues Projekt einrichten	330
11.3 Das Gestell – der Grundkörper	331
11.3.1 Voraussetzung für diese Übung	331
11.3.2 Inventor-Funktionen, die bei diesem Bauteil geübt werden	331
11.3.3 Die erste Skizze	331
11.3.4 Extrusion des Ständers	333
11.3.5 Extrusion des Tisches und der Mittelbohrung	333
11.3.6 Extrusion der beiden Befestigungslaschen	334
11.3.7 Schwalbenschwanzführung	335
11.3.8 Langloch	337
11.3.9 Abrundungen	338
11.3.10 T-Nuten	338
11.3.11 Tischfläche bearbeiten	341
11.3.12 Fasen und Abrundung	341
11.4 Die Führungsplatte	342
11.5 Das Kopfteil	343
11.6 Das Zahnrad	345
11.6.1 Die Zahnradberechnung	346
11.6.2 Skizze eines Evolventenzahnes	347
11.6.3 Die Zahnextrusion	348
11.6.4 Alle Zähne erzeugen	348
11.7 Die Zahnstange	350
11.7.1 Das Zahnstangenprofil	350
11.7.2 Der Grundkörper	350
11.7.3 Gewindebohrung und Nase	351
11.7.4 Die Verzahnung	351
11.8 Die Welle	352
11.9 Knebel und Knebelknopf	354
11.10 Die Druckplatte	355
11.11 Die Abdeckung als Blechteil	355
11.11.1 Der Blech-Grundkörper	356
11.11.2 Laschen biegen	358
11.11.3 Befestigungslöcher bohren	359
11.11.4 Die Blechabwicklung	360
11.12 Aufkleber erstellen	361
11.12.1 Klebefolie erstellen	362
11.12.2 Aufkleber	362

11.13	Der Zusammenbau der Zahnstangenpresse	363
11.13.1	Aufkleber am Gestell anbringen	363
11.13.2	Führung mit Verschraubung	364
11.13.3	Kopfteil mit Schrauben und Zylinderstiften	367
11.13.4	Zahnstange mit Druckstück	368
11.13.5	Welle mit Stirnrad und Distanzbuchse	369
11.13.6	Die Übersetzungsfunktion	370
11.13.7	Die letzten Schritte des Zusammenbaus	372
11.13.8	Bewegung, Kontaktsatz, Kontaktlöser	373
11.13.9	Die Bewegungsfunktion der Presse definieren	374
12	Übung: Elektroinstallation im Maschinenbau – die Kabelverlegung	377
12.1	Die Bauteile der Kabelbaugruppe	377
12.1.1	Die Grundplatte	377
12.1.2	Ein Kabelstützpunkt	378
12.1.3	Kabelschellen für die Kabelführung	378
12.2	Die Kabelbaugruppe	379
12.2.1	Kabelklemmen etc. aus dem Inhaltscenter	379
12.2.2	Eine Sub-D9-Buchse aus dem Inhaltscenter	380
12.3	Die Verkabelung erstellen	381
12.3.1	Die Befehle der Kabelumgebung	381
12.3.2	Die grundsätzliche Arbeitsweise in der Kabelumgebung	382
12.3.3	Kabel erstellen und Pins verbinden	382
12.3.4	Segment erstellen und Kabelverlauf festlegen	383
12.3.5	Den Kabelbaum erstellen – das Routing	385
12.4	Kabelbaum auftrennen und zweites Kabel einziehen	386
12.4.1	Kabelbaum verzweigen	386
12.4.2	Neues Segment erstellen	387
12.4.3	Ein Spleiß als Lötstützpunkt	387
12.4.4	Einzelne Drähte definieren	388
12.4.5	Routing von Hand durchführen	388
13	Übung: Bügelflasche	391
13.1	Der Flaschenkörper	392
13.1.1	Prägung am unteren Flaschenrand	393
13.1.2	Vertiefungen für den Bügelverschluss	393
13.1.3	Braunes Glas erzeugen	394
13.2	Der Verschluss	396
13.3	Der Verschlussbügel	397

13.4	Der Bügel	398
	13.4.1 Erstes Teilstück	398
	13.4.2 Zweites Teilstück: eine Spirale	399
	13.4.3 Drittes Teilstück: der Bügel	399
13.5	Die Gummidichtung	401
13.6	Die Etiketten als eigene Bauteile	402
13.7	Die Baugruppe	404
14	Belastungsanalyse mit FEM	405
14.1	Beispiel einer FE-Analyse	406
	14.1.1 Das Bauteil	406
	14.1.2 Material zuweisen	406
	14.1.3 Einspann- und Belastungsbereiche festlegen	407
14.2	Die Simulation vorbereiten	409
	14.2.1 Neue Simulation erstellen	409
	14.2.2 Die Netzanalyse	411
	14.2.3 Lokale Netzsteuerung	412
	14.2.4 Das Bauteil einspannen	413
	14.2.5 Die Belastung	415
14.3	Die erste Simulation mit einer Zugkraft	416
	14.3.1 Von-Mises-Spannung, Hauptspannungen	416
	14.3.2 Verschiebung, Verformung	417
	14.3.3 Sicherheitsfaktor und Materialzuweisung	418
14.4	Die zweite Simulation mit einer Biegebeanspruchung	419
	14.4.1 Maxima und Minima ermitteln	420
	14.4.2 Werteverlauf prüfen	420
14.5	Eine Torsionsbeanspruchung durch ein Drehmoment	421
14.6	Bericht einer Analyse	422
14.7	Grenzen der Inventor-FEM	422
	14.7.1 Beulen und Knicken	422
	14.7.2 Temperatureinflüsse	423
	14.7.3 Grenzen der GEH	423
	14.7.4 FEM-Genauigkeit	424
	Index	425

1

Einführung

Der Traum eines jeden Entwicklers und Konstrukteurs ist es, die Funktionsweise einer komplexen Konstruktion unter realistischen Bedingungen visualisieren und simulieren zu können, ohne dass hierfür ein kostspieliger Prototyp gebaut werden muss. Seit einigen Jahren heißt das Stichwort hierfür **Digital Prototyping**. Mit dem Einsatz dieser Technik werden die Entwicklungszeiten verkürzt, die Kosten gesenkt und die Qualität der Produkte verbessert.

Die Grundlage stellt dabei ein virtuelles 3D-CAD-Modell dar, an dem mit rechnerischen Methoden, wie kinematische und dynamische Simulation, Finite-Elemente-Methode, Visualisierung, Funktions- und Montagesimulation, sowohl die Werkstoff- und Festigkeitseigenschaften als auch die fertigungs- und die montageseitigen Bedingungen optimiert werden können.

Es existieren weltweit nur noch eine Handvoll Computerprogramme, die annähernd in der Lage sind, solch virtuelle Modelle zu erzeugen und die o.g. Schritte des Digital Prototypings umzusetzen. Die Software **Autodesk Inventor** ist eines davon, und in die Arbeit mit diesem Programmpaket soll dieses Buch eine grundlegende und umfassende Einführung geben.

■ 1.1 Die Inventor-Story

Die Geschichte der 3D-CAD-Software Inventor beginnt bereits in den frühen 80er-Jahren. Damals, in einer Zeit, in der 2D-CAD-Systeme den Markt dominierten, übernahm die Firma Autodesk mit dem Programm **AutoCAD** die weltweite Marktführerschaft.

Ebenfalls zu dieser Zeit brachte Autodesk das heute unter dem Namen 3ds Max, früher auch unter 3D Studio Max, bekannte Multimediaprogramm auf den Markt und begab sich damit erstmals in den 3D-Bereich.

Seit dieser Zeit baute die Firma Autodesk ihr 3D-Programmangebot ständig aus, ging wichtige Kooperationen mit leistungsfähigen Softwareherstellern ein und übernahm die eine oder andere Entwicklungsabteilung verwandter Softwarehersteller.



Heute ist die Firma Autodesk einer der Programmhersteller, der im 3D-Bereich so gut wie alle Branchen abdeckt und mit einem Jahresumsatz von über 2 Mrd. US-Dollar die Mitbewerber um 10er-Potenzen übertrifft. Mittlerweile, im Jahr 2015, nutzen mehr als 10 Millionen professionelle Anwender in 185 Ländern tagtäglich Autodesk-Produkte.

Das Maschinenbau-/Metallbau-CAD-Programm Inventor ist eines der leistungsfähigsten Programme, sowohl im Rahmen der Autodesk-Produkte als auch im Vergleich zu anderen auf dem Markt befindlichen 3D-CAD-Programmen.

Inventor profitiert immer noch von der Kompatibilität zum AutoCAD-DWG-Format, mit der es früheren und heutigen AutoCAD-Anwendern möglich ist, ihren 2D-Zeichnungsbestand problemlos und ohne Datenverlust in 3D-Modelle zu überführen oder 3D-Gebilde aus AutoCAD bzw. aus Mechanical Desktop direkt in den Inventor zu importieren.

Gerade die aktuelle Version Inventor 2016 legt in diesem Bereich weiter zu und baut diese Kompatibilität immer noch weiter aus.

■ 1.2 3D-CAD-Begriffe

Im Folgenden sollen in aller Kürze einige wenige Begriffe aus der 3D-CAD-Welt, die in der Fachliteratur immer wieder in Erscheinung treten, erläutert werden, da ein besseres Verständnis der Arbeitsweise eines CAD-Programms manches Problem im Umgang mit dem Programm verständlicher macht. Denn wer weiß schon, was beispielsweise die Inventor-Online-Hilfe damit meint, wenn bei der Funktion »Glätten« (Smooth) von einem »G2«-Übergang die Rede ist!

1.2.1 3D-Kernel

Ein 3D-CAD-Programmpaket besteht aus mehreren Komponenten. Im Innersten wirkt das eigentliche 3D-Modellierpaket, im Inventor ist dies ein von Autodesk weiterentwickelter ACIS-Kernel, der Shapemanager.



Mit ACIS¹ bezeichnet man einen sehr leistungsfähigen Modellierkern (Programmbibliothek, die CAD-Modellierfunktionalität zur Verfügung stellt), der zum Quasistandard bei vielen CAD-Programmen geworden ist. Es ist also ein Programmteil des CAD-Systems, mit dem die konstruierten 3D-Komponenten verarbeitet werden. Mit ACIS können auch Draht-, Flächen- und Volumenmodelle erzeugt, verwaltet und manipuliert werden.

¹ ACIS ist ein Kunstwort und steht für Alan, Charles, Ian (die Vornamen der früheren Entwickler) und Spatial Technology Inc. (STI), der Firma, die diesen Programmteil vertreibt (<http://www.spatial.com/products/acis.html>). Ebenfalls von Spatial begründet wurde das zum ACIS-Kern passende Dateiformat »*.SAT«, mit dem 3D-Daten gespeichert und zwischen Systemen ausgetauscht werden können.

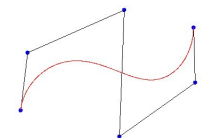
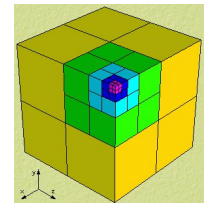
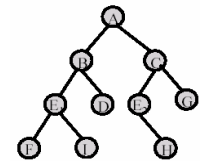
Der auf der ACIS-Version 7 basierende Shapemanager wurde ab 2003 von Autodesk zu einem eigenen, sehr leistungsfähigen 3D-Kernel ausgebaut, der seitdem immer weiterentwickelt wird und in den Inventor-Versionen seinen Dienst tut.

1.2.2 3D-Modellverwaltung

Zur 3D-Modellierung gehören außerdem die unterschiedlichen Arten und Weisen, mit denen 3D-CAD-Systeme die 3D-Arbeitsschritte, aus denen die 3D-Modelle entstehen, verwalten.

Die am häufigsten eingesetzten und hier kurz genannten Arten sind:

- **CSG (Constructive Solid Geometry)**
CSG repräsentiert einen Modellbaum, d. h. eine strukturierte Auflistung von Volumenelementen und ihre booleschen Verknüpfungen: Vereinigung, Differenz und Schnittmenge.
- **B-Rep (Boundary Representation)**
Die B-Rep-Methode baut ein 3D-Modell aus seinen Flächenbestandteilen auf. Flächenbestandteile sind Flächen, Kanten und Punkte. Jede Fläche wird durch Kanten und jede Kante durch Punkte gebildet. Insofern können über die Definitionen Punkt $(x, y, z) \rightarrow$ Kante \rightarrow Fläche \rightarrow Körper beliebige 3D-Modelle dargestellt werden.
- **Voxel- und Octree-Darstellung**
In der Voxel-Darstellung besteht der Aufbau eines 3D-Körpers aus würfelförmigen »Volumen-Pixeln« = Voxel. Jedes »Voxel« wird durch die Koordinaten seines Mittelpunktes repräsentiert. Diese Methode ist sehr speicher- und rechenintensiv.
- **BSP (Binary Space Partition)**
In der BSP-Struktur wird die Lage der Polygone, aus denen ein 3D-Objekt besteht, aufeinander aufbauend beschrieben. Ein BSP-Baum (Binary Space Partition Tree) ist ein binärer Baum, der den Gesamtraum auf jeder Ebene in zwei Teilräume unterteilt. Im Gegensatz zum Octree, dessen Begrenzungsebenen immer parallel zu den drei Dimensionen liegen, können die Teilräume eines BSP-Baums beliebig orientiert und platziert sein.
- **Sweep-Repräsentation**
Im Darstellungsmodell der Sweep-Repräsentation wird ein 3D-Gebilde über die Definition einer 2D-Kontur und einer Transformation der Kontur entlang eines Pfades erstellt. Gespeichert werden dabei die Kontur- und die Pfadgeometrie.



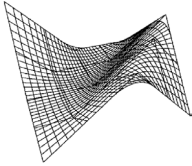
Moderne CAD-Systeme wie der Inventor benutzen nicht nur eine dieser Methoden, sondern speichern die 3D-Modelle als hybride Datenmodelle. Hybride Datenmodelle beschreiben die jeweilige 3D-Form in der für sie günstigsten oder in der durch die Erzeugung vorbestimmten Variante.

1.2.3 Geometrieelemente

CAD-Programme arbeiten mit verschiedenen Geometrieelementen, um damit 3D-Modelle darstellen bzw. erzeugen zu können.

Im Wesentlichen kann unterschieden werden zwischen:

- analytisch definierbaren Geometrieelementen
Linie, Bogen, Kreis, Parabel, Ellipse usw., und alle Kurven, die mithilfe von analytischen Funktionen beschrieben werden können
- parametrisch definierbaren Geometrieelementen
Freiformgeometrien (Kurven, Flächen, Körper), Splines, Bézier-Kurven, Basis-Splines und NURBS (Non Uniform Rational Basis Spline)
Diese Kurvenformen werden durch die Definition von Kontrollpunkten und einen Kurvenverlauf, der mithilfe der Kontrollpunkte interpoliert wird, bestimmt. Die Standard-Freiformkurve im Inventor ist NURBS, wobei jeder einzelne Kontrollpunkt einen bestimmten Kurvenabschnitt formt und über seine Gewichtung einen stärkeren oder schwächeren Einfluss auf diese Kurvenform in diesem Abschnitt nehmen kann.

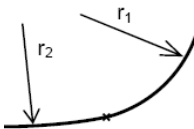


1.2.4 Kurvenübergänge, Stetigkeiten

Die geometrische Stetigkeit wird als Begriff überall dort verwendet, wo zwei geometrische Elemente zusammentreffen und ein harmonischer Übergang von einem zum anderen Element hergestellt werden soll.

Man unterscheidet drei definierte geometrische Stetigkeiten, die mit G0, G1 und G2 bezeichnet werden.

- G0 = Stetigkeit der Lage
- G1 = Stetigkeit der Tangenten
- G2 = Stetigkeit der Krümmungen



Die Stetigkeit der Lage (G0) bedingt lediglich, dass der Anfangspunkt eines Elementes und der Endpunkt eines anderen dieselben X-, Y- und Z-Koordinaten haben, die Richtungen können unterschiedlich sein (Ecken).

Die Stetigkeit der Tangenten (G1) bedingt, dass die Stetigkeit G0 vorliegt und dass die beiden Tangenten, die an den Endpunkten der Elemente zusammentreffen, richtungsgleich sind.

Die Stetigkeit der Krümmung (G2) bedingt, dass die Stetigkeit G1 vorliegt und dass die beiden Krümmungsradien an den Endpunkten der Elemente, die zusammentreffen, gleich groß sind.

Im Inventor gibt es beispielsweise bei den 2D-Abhängigkeiten die Funktion **STETIG MACHEN G2** (früher Glätten, engl. *Smooth*), die beim Skizzieren vergeben werden kann. Diese Funktion fügt einem *Spline*-Übergang oder einer *Abrundung* automatisch eine G2-Stetigkeit hinzu.

■ 1.3 Einsatzgebiete und Funktionsbereiche

Schwerpunkt der Inventor-Funktionalität ist zweifellos der Maschinenbau mit seinen angrenzenden Gebieten. Wobei nicht zuletzt auch aufgrund der fast unüberschaubar umfangreichen Normteillbibliothek die Bandbreite der Einsatzmöglichkeiten von der Feinwerktechnik bis in den Schwermaschinenbau reicht.

1.3.1 Einsatzgebiete im Überblick

Alle möglichen Einsatzgebiete aufzuzählen wäre eine müßige Aufgabe, die auch nie vollständig sein kann. Es gibt immer wieder Berichte von Inventor-Einsatzbereichen, die einen das Staunen lehren. Etwa wenn ein Häuslebauer eine mehrfach gewundene Treppe in sein Dachgeschoss mit schrägen Wänden einbauen möchte und von der 2D-Konstruktion einfach überfordert ist.

Die Standardanwendungen eines so leistungsfähigen 3D-CAD-Programms liegen neben den Nischenanwendungen vor allem in:

- der mechanischen Konstruktion,
- in der Entwicklungskonstruktion des Maschinen- und Gerätebaus,
- im Werkzeug-, Vorrichtung-, Formen- und Modellbau,
- in der blechverarbeitenden Konstruktion und
- im Anlagenbau.

In diesen Konstruktionsbereichen fällt naturgemäß eine Vielzahl sehr unterschiedlicher Aufgaben an, für die der Inventor Module zur Verfügung stellt, mit deren Hilfe auch diese Probleme zu lösen sind.

1.3.2 Inventor-Module

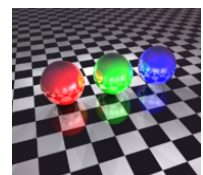
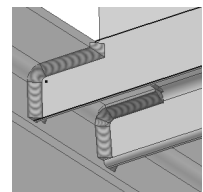
Module sind Inventor-Erweiterungen, die zum Teil fest in das Grundprogramm eingegliedert, zum Teil in den unterschiedlichen Versionen branchenspezifisch zugeordnet oder, in der Version *Inventor Professional*, alle integriert sind.

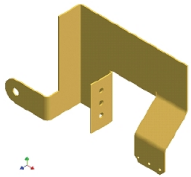
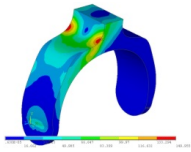
Die Inventor-Module sind in der Regel Arbeitsbereiche, die mit eigenen Funktionen und Befehlen ausgestattet sind und mitunter auch in separaten Arbeitsumgebungen angewendet werden:

- **Blechmodul:** mit vielen speziellen Blechbearbeitungsbefehlen
- **Schweißmodul:** mit Nahtvorbereitung, Nahterzeugung und -nachbereitung
- **Inventor Studio:** ein Renderer, um fotorealistische Bilder und Filme erstellen zu können
- **FEM:** ein Finite-Elemente-Modul für Festigkeits- und Verformungsberechnungen



Inventor.exe





- **Kabel-, Leitungs- und Rohrverlegungs-Modul** für das Konstruieren und Installieren elektrischer Anschlussleitungen und hydraulischer und/oder pneumatischer Rohrleitungen
- **Dynamische Simulation:** ein Programmteil, mit dem die physikalischen Gesetze (Masse, Schwerkraft, Kraft, Moment, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Massenträgheit, Schwingungen etc.) auf Baugruppen angewendet werden können, die sich dabei relativ realitätsnah verhalten
- Der **Moldflow**-Bereich, in dem sowohl Kunststoff-Spritzguss-Teile als auch vollständige Spritzguss-Werkzeuge konstruiert werden können. Darüber hinaus bietet diese Arbeitsumgebung eine Prozessoptimierung, eine Form-Füllungs-Simulation, eine Fehlerdiagnose usw.
- **Autodesk Vault**, ein PDM-System (Dokumenten- und Versionsverwaltung)
- u. v. a. m.

1.3.3 Inventor-Versionen und Product Suites



Inventor 2016 wird in drei unterschiedlichen Ausstattungen ausgeliefert, der Light-Version, der Standard-Version ohne Zusatzmodule und der Professional-Version mit allen Zusatzmodulen. Eine Übersicht über die verschiedenen Ausstattungen zeigt die folgende Tabelle.

Funktionen	Autodesk Inventor LT 2016	Autodesk Inventor 2016	Autodesk Inventor Professional 2016
DWG ² Kompatibilität	X	X	X
BIM ³ Kompatibilität	X	X	X
Kompatibilität mit Inventor Fusion	X	X	X
Integriertes Datenmanagement	X	X	X
Digital Prototyping	X	X	X
Mechanische Konstruktion in 3D	X	X	X
Direktmodellierung	X	X	X
Visualisierungswerkzeuge	X	X	X
Native Datenkonvertierung	X	X	X
Konstruktion großer Baugruppen		X	X
Eco Materials Adviser		X	X
Automatische Stücklisten		X	X
Mehr als 1 Mio. Normteile		X	X
Werkzeuge für automatisierte 3D-Konstruktion		X	X

2 DWG: AutoCAD Drawing, das Dateiformat einer AutoCAD-Zeichnung

3 BIM: Building Information Modeling ermöglicht die gemeinsame Nutzung von Daten im Inventor sowie in Autodesk Revit und in AutoCAD Architecture.

Funktionen	Autodesk Inventor LT 2016	Autodesk Inventor 2016	Autodesk Inventor Professional 2016
Regelbasierte Konstruktion		X	X
Blechkonstruktion	X (eingeschränkt)	X	X
Konstruktion von Kunststoffteilen		X	X
Formteil- und Werkzeugkonstruktion			X
Rohrleitungskonstruktion			X
Kabel und Kabelbäume			X
Dynamische Simulation			X
FEM-Analyse			X

Zusätzlich fasst die Firma Autodesk ihre Engineering-Produkte zu einer Vielzahl branchenorientierter Produktgruppen, den Suites, zusammen, die immer in drei Ausbaustufen (Standard, Premium und Ultimate) angeboten werden.

Für Inventor-Anwender sind vor allem die beiden Produktgruppen **Product Design Suite** und **Factory Design Suite** interessant, für die in der folgenden Tabelle die Programmzugehörigkeiten aufgezeigt sind.



Programme ⁴	Product Design Suite		Factory Design Suite		
	Premium	Ultimate	Standard	Premium	Ultimate
AutoCAD	X	X	X	X	X
AutoCAD Mechanical	X	X	X	X	X
AutoCAD Architecture			X	X	X
Vault Basic	X	X	X	X	X
AutoCAD Raster Design	X	X	X	X	X
AutoCAD ReCap	X	X	X	X	X
AutoCAD MEP					X
Autodesk Showcase	X	X	X	X	X
Autodesk Factory Design Utilities			X	X	X
Autodesk Electrical		X			
Autodesk 3ds Max Design	X	X		X	X
Autodesk Navisworks Simulate	X			X	
Autodesk Navisworks Manage		X			X
Autodesk Alias® Design		X			
Autodesk Inventor	X			X	
Autodesk Inventor Professional		X			X

⁴ Die Zusammenstellung der Suite-Programme entspricht den Versionen 2015, da zur Drucklegung die 2016er-Suite-Programme noch nicht bekannt waren.

Programme ⁴	Product Design Suite		Factory Design Suite		
	Premium	Ultimate	Standard	Premium	Ultimate
Autodesk Fusion 360	X				
Autodesk Fusion 360 Ultimate		X			

1.3.4 Inventor-Schnittstellen

IMPORT-EXPORT

Neben der Möglichkeit des Datenaustausches zwischen den verschiedenen Autodesk-Programmen (AutoCAD, Mechanical Desktop, 3ds Max, Multiphysics, Showcase etc.) kann das Programm mit den meisten 3D-CAD-Mitbewerber-Programmen kommunizieren.

In den Inventor können fast alle Dateiformate der marktüblichen »großen« 3D-CAD-Programme, wie CATIA, NX, Pro/Engineer, Solid Works etc. geladen und bearbeitet werden.

Natürlich kann das Programm mit allen standardisierten Austauschformaten, wie ACIS, STEP, IGES, DXF, STL etc., umgehen und hat ebenso die gängigsten Bild- und Vektorformate, wie BMP, JPG, GIF, PNG etc., integriert.

Ich belasse es bei diesen Ausführungen, denn es würde zu weit führen, alle Import- und Exportmöglichkeiten aufzuführen, die der Inventor beherrscht.

1.3.5 Inventor für Schulen, Schüler und Studenten

Für Schulen, Lehrer, Schüler und Studenten bietet Autodesk die Version Inventor Professional (AIP) sehr günstig an. Eine Klassenraumlizenz für Schulen und Einzelplatzlizenzen für Schüler, Studenten oder Lehrer können beim Inventor-Fachhändler bezogen werden. Diese Versionen sind Vollversionen, mit denen uneingeschränkt gearbeitet werden kann, die jedoch nicht für gewerbliche Zwecke verwendet werden dürfen.

1.3.6 Inventor kostenlos?



Die günstigste, weil kostenlose Möglichkeit, als Schüler/Student mit dem Inventor arbeiten und lernen zu können, finden Sie unter der Internetadresse

<http://students.autodesk.com>

Ist das unterrichtende Institut dort als Schule/Hochschule eingetragen, können dessen Schüler/Studenten kostenlos eine Inventor-Version beziehen und registrieren lassen. In diesen Schüler- und Studenten-Versionen werden die Dokumente an den Rändern mit Wasserzeichen versehen, damit kein Missbrauch zu gewerblichen Zwecken geschehen kann.

■ 1.4 Hinweise zur Installation

Die Installation für die Übungen dieses Buches wurde mit der Option »vollständige Installation« durchgeführt.

Während der Installation wird die Frage nach der Möglichkeit der zu installierenden Bauteilbearbeitung gestellt. Die Installation für die Übungen dieses Buches wurde mit der Option »Bauteilbearbeitung in Zeichnungen aktivieren« durchgeführt. Die Wahl der Bauteilbearbeitung bei der Installation ist insofern von Bedeutung, als sie nachträglich nicht mehr geändert werden kann.

Sollten Sie Inventor mit anderen Optionen als den hier genannten installiert haben, so kann es bei verschiedenen Beispielen im Buch möglich sein, dass Sie diese auf Ihrem System nicht in jedem Detail eins zu eins nachvollziehen können. Auf die zentralen Aspekte, die mit den Beispielen vermittelt werden sollen, hat dies jedoch keinen Einfluss.



■ 1.5 Systemvoraussetzungen

Autodesk gibt folgende Hinweise für die Systemvoraussetzungen.

1.5.1 Hardware

Für die Konstruktion von Bauteilen und Zusammenbauten mit weniger als 1000 Teilen:

- Prozessor 64 Bit, 2 GHz oder mehr, Inventor kann nicht auf Computern installiert werden, deren CPU die erweiterten Befehlssätze nach SSE2 nicht unterstützt.
- 4 GB Arbeitsspeicher (Minimum), für umfangreiche Baugruppen mit mehr als 25000 Komponenten werden ab 20 GB RAM empfohlen.
- Je nach Installationsumfang und Betriebssystem zwischen 12 und 16 GB freier Festplattenspeicher für die Programmdateien, grundsätzlich sollte immer mindestens das Doppelte des RAM-Speichers als freier Festplattenspeicher vorhanden sein.
- Für temporäre und Inhaltscenter-Dateien bis 16 GB freier Festplattenspeicher
- DirectX-Grafikkarte, kompatibel mit DirectX 10, Bildschirmauflösung 1280 × 1024
- Inventor 2016 beinhaltet einige erweiterte Visualisierungsarten, die je nach Leistung der Grafikkarte mehr oder weniger vollständig ausgeführt werden können.

1.5.2 Betriebssysteme

- Windows 7 64 Bit
- Windows 8 64 Bit
- Windows 8.1 64 Bit
- Unterstützte Systemversionen: Home Basic, Home Premium, Business, Enterprise, Ultimate
- Mac OS X 10.5x mit einer Windows-Partition und Boot Camp

1.5.3 Sonstige Anforderungen

- DVD-ROM-Laufwerk
- Internet-Anschluss für Downloads und direkten Zugriff auf Serviceleistungen
- Microsoft Excel für Konstruktionen mit iParts, iFeatures, Gewinde und Tabellen
- Für Datenbankeporte ist eine 64-Bit-Installation von Microsoft Office erforderlich.
- Adobe Flash Player 10 oder höher
- Adobe Reader

■ 1.6 Die DVD zum Buch



Im Buch taucht an wichtigen Stellen das Icon **AVI** auf. Immer wenn Sie es sehen, gibt es zu diesem Abschnitt, der Arbeitssequenz, der Übung oder zu Demonstrationszwecken einen Film auf der DVD, der das Vorgehen, die Arbeitstechnik oder die Funktion in einer Animation erläutert.

Darüber hinaus befinden sich natürlich alle Übungsdateien auf der beiliegenden DVD, in der Regel auch für ältere Inventor-Versionen (ab Version 2012). Lediglich bei den Übungsbeispielen, bei denen neue Funktionen der aktuellen Version integriert sind, kann es sein, dass die Dateien nur ab der Version auf der DVD sind, ab der die Funktion zur Verfügung steht.

Auf den folgenden Autodesk-Internetseiten können Sie kostenlose Zusatz- und Serviceprogramme für die Arbeit mit dem Inventor bzw. mit Inventor-Dokumenten herunterladen:

<http://www.autodesk.com/inventorview>

<http://www.autodesk.com/dwgtrueview>

<http://www.autodesk.com/designreview>

<http://usa.autodesk.com/support/downloads> (Updates & Service Packs)

■ 1.7 Resümee

Inventor ist eines der leistungsfähigsten 3D-CAD-Systeme. Das sollte Sie nicht verunsichern, sondern eher dazu motivieren, das Programm zu Ihrem Nutzen einsetzen zu können. Es ist nicht schwer!

Nicht das Lesen des Buches steht im Vordergrund, sondern das Machen, das Selbsttun. Dafür ist es nötig, das hier behandelte CAD-Programm zur Verfügung zu haben und damit arbeiten zu können.

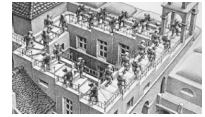
Es ist für das grundsätzliche Kennenlernen des Programms auch nicht unbedingt nötig, die aktuellste Inventor-Version zur Verfügung zu haben. Es sind nur ganz wenige Stellen in den Übungen, welche die Version Inventor 2016 erfordern. Fast alles in diesem Buch kann auch noch mit Inventor-Versionen vor 2015 erarbeitet werden.

Zu Beginn ist vor allem die Vielfalt der gebotenen Möglichkeiten erschreckend groß; aber es ist hier wie so häufig der Fall, dass ca. 80% der zu lösenden Aufgaben mit maximal 20% der zur Verfügung stehenden Möglichkeiten gelöst werden können.

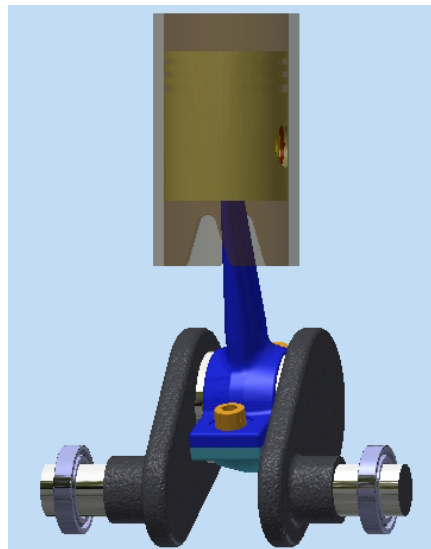
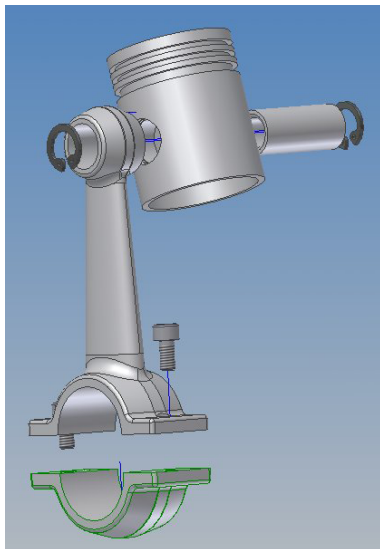
Dies zu erkennen und damit rationell arbeiten zu können, dabei soll Ihnen dieses Buch die richtige Unterstützung bieten und eine Hilfe sein.

Ich wünsche Ihnen viel Freude dabei!

Günter Scheuermann

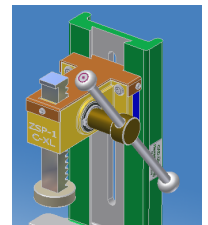
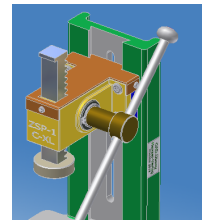
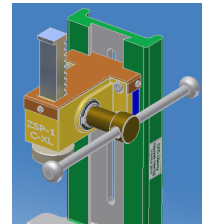
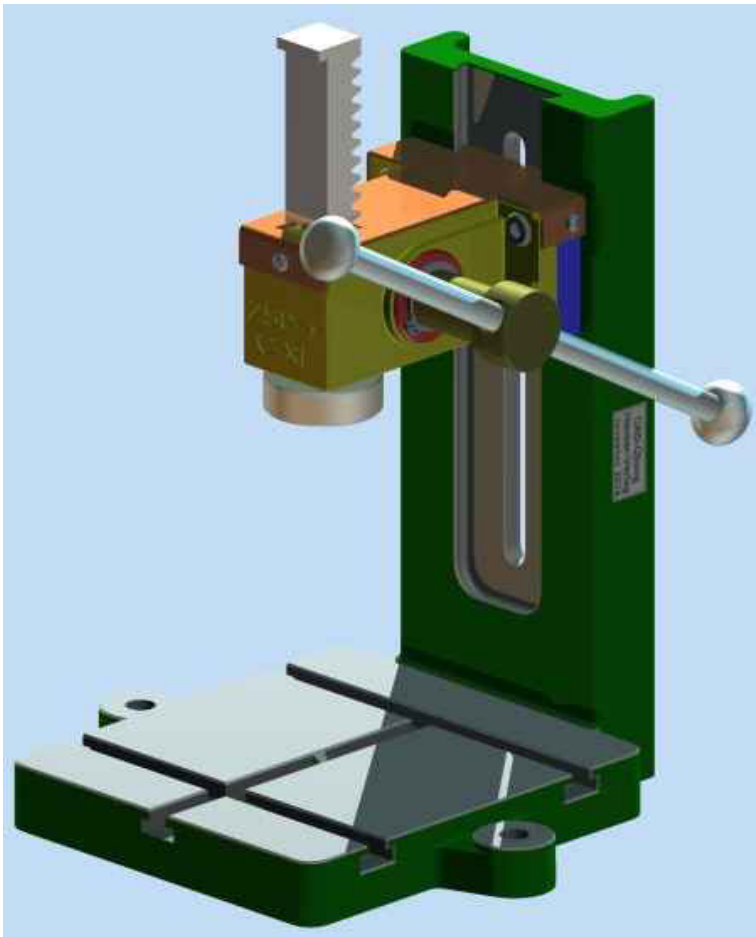


Treppauf, Treppab
(M. Escher)



11

Übung: Zahnstangenpresse



Zahnstangenpresse mit Funktion

Diese Zahnstangenpresse soll nicht nur so aussehen, sie soll auch funktionieren, d. h., wenn man am Knebel nach unten drückt, dann wird über ein Zahnrad und eine Zahnstange die Presse betätigt.

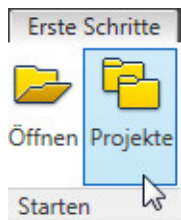
■ 11.1 Das Konzept

Diese Übung wird, im Gegensatz zur vorherigen, traditionell erstellt, d. h., alle Einzelteile werden als solche konstruiert und am Ende in der Baugruppe miteinander so verbunden, dass sie gemäß ihrer technischen Bestimmung funktionieren. Trotzdem enthält die Übung neue Arbeitstechniken, wie etwa eine Generalskizze für das Grundgestell, aus der fast alle Extrusionen entstehen, oder die klassische Konstruktion von Zahnrädern und -stangen und nicht zuletzt die schon genannte Funktionalität mit definierten Bewegungsabläufen.

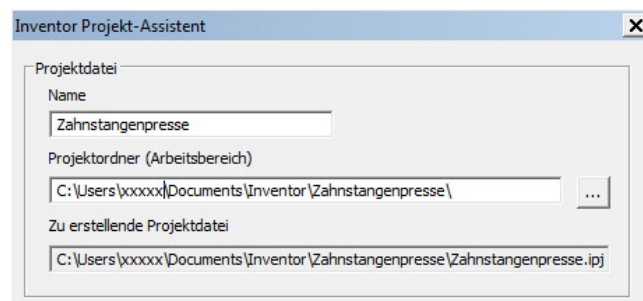
Technische Daten:

- Pressentisch 180 mm breit, 200 mm tief, mit T-Nuten
- Freie Presshöhe ca. 150 mm
- Freier Abstand von der Mitte des Stempels nach hinten ca. 100 mm
- Pressenhub ca. 80 mm
- Übersetzung: Pressenhub bei ca. 180° Hebelbewegung

■ 11.2 Ein neues Projekt einrichten



Da diese Übung mit allen Bauteilen, Baugruppen, Zeichnungsableitungen, Präsentationsdarstellungen usw. ca. 35 Bauteile, Normteile u. a. umfasst, ist es sehr zu empfehlen, die Zahnstangenpresse als eigenständiges Projekt zu bearbeiten.



Der erste Schritt besteht also darin, ein neues Projekt mit dem Namen **Zahnstangenpresse** zu erstellen. Das Vorgehen dazu wurde schon mehrfach beschrieben und soll hier nicht wiederholt werden. Am Ende dieses Vorgangs aktivieren Sie das Projekt, indem Sie den Eintrag in der Projektverwaltung anklicken oder die Schaltfläche **ANWENDEN** betätigen.

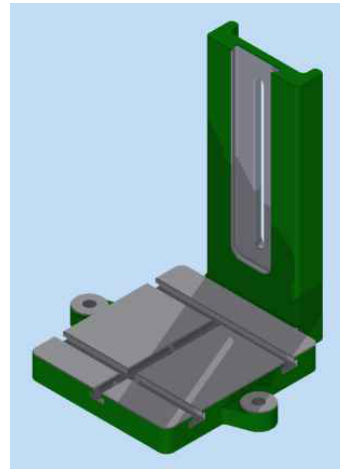
■ 11.3 Das Gestell – der Grundkörper

11.3.1 Voraussetzung für diese Übung

- Allgemeine Bedienung des Inventors im Skizzier-, Bauteil- und Baugruppenbereich
- Grundkenntnisse in der Skizzen- und Ebenen-, Bauteil- und Baugruppenerstellung

11.3.2 Inventor-Funktionen, die bei diesem Bauteil geübt werden

- Generalskizze für mehrere Extrusionen
- Abhängigkeiten, Skizzenbestimmung, Skizzenbearbeitung und Skizzenbemaßung
- Extrusion
- Skizzieren auf Modellflächen, Geometrie projizieren
- Abrundungen, Fasen
- Aufkleber anbringen
- iProperties, physikalische Eigenschaften



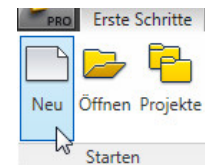
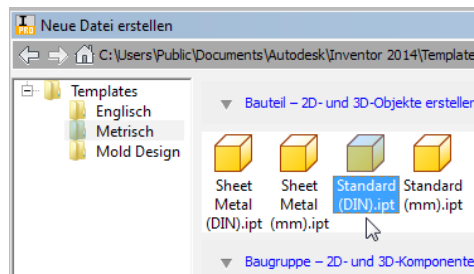
11.3.3 Die erste Skizze

Nachdem Sie eine neue Bauteil-Datei mit der Vorlage **STANDARD (DIN).IPT** geöffnet haben, erstellen Sie die erste Skizze (**NEUE SKIZZE**) auf der **XY-EBENE**.

Die erste Skizze für dieses Bauteil ist eine Generalskizze, in der die meisten Geometrielemente des Gestells bereits enthalten sind.

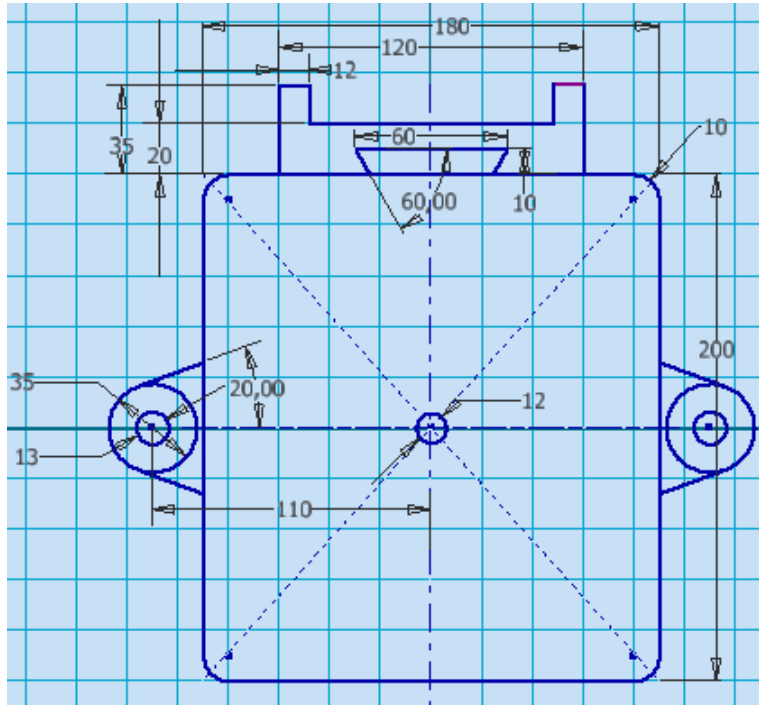
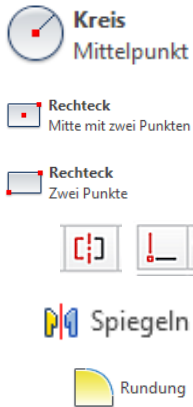
Beginnen Sie diese Skizze mit den beiden **MITTELLINIEN**, die sich im Ursprung des Koordinatensystems kreuzen sollen. Beide Mittellinien bekommen die Abhängigkeit **KOINZIDENZ** zum **URSPRUNG** des Koordinatensystems.

Diese Mittellinien werden als **Symmetrie-Achsen** für die Ausrichtung und für das **Spiegeln** verschiedener Skizzenelemente benötigt.

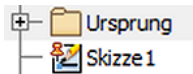


Im Anschluss daran bauen Sie die Skizze gemäß der folgenden Darstellung auf. Verwenden Sie dabei auch die Abhängigkeit **SYMMETRIE**, damit möglichst wenig bemaßt werden muss.

Das große, der Skizze zugrunde liegende Rechteck wurde mit der Funktion **RECHTECK, MITTE MIT ZWEI PUNKTEN** ebenfalls im **URSPRUNG** begonnen und ist damit von vornherein vollbestimmt.



Die fertige Skizze ist aufgrund ihrer Abhängigkeiten und trotz der sparsamen Bemaßung **vollbestimmt**, was an der dunklen Farbe aller Skizzenelemente zu erkennen ist.

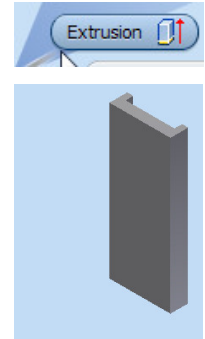
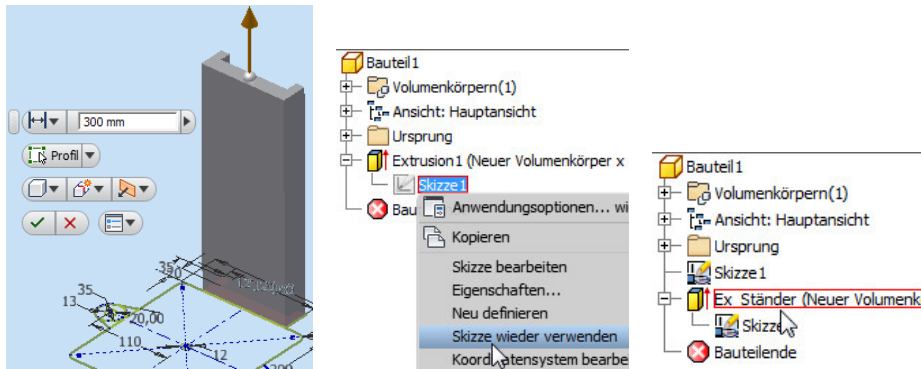


TIPP: Eine vollbestimmte Skizze ist auch an der Reißzwecke im Skizzen-Symbol zu erkennen.

Beenden Sie die Skizze und **SPEICHERN** Sie das Dokument als **GESTELL.IPT**. Nacheinander erfolgen jetzt die Extrusionen des Ständers, des Tisches, der Mittelbohrung, der seitlichen Laschen und der Laschenrundungen.

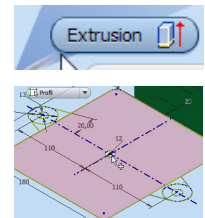
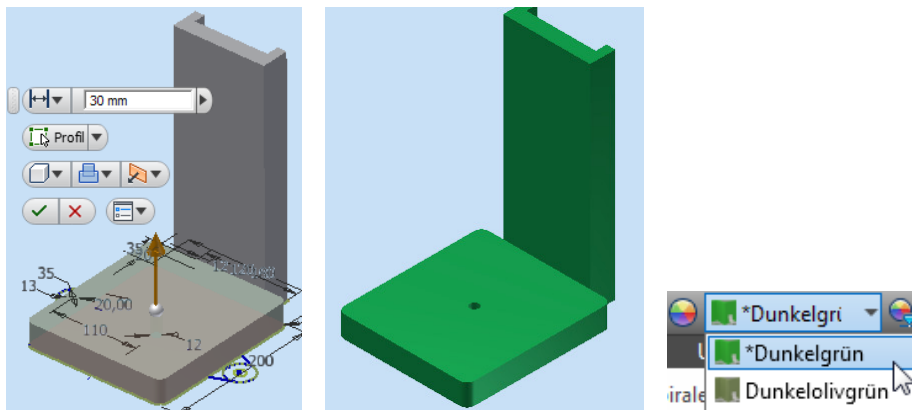
11.3.4 Extrusion des Ständers

Die **EXTRUSION** des Ständers erfolgt in einer Höhe von **300 MM**. Nach erfolgter Extrusion ist **SKIZZE WIEDER VERWENDEN** auszuführen, damit die weiteren Extrusionen durchgeführt werden können. Im Objektbrowser ist die Skizze danach als freie und sichtbar geschaltete Skizze wieder verfügbar.



11.3.5 Extrusion des Tisches und der Mittelbohrung

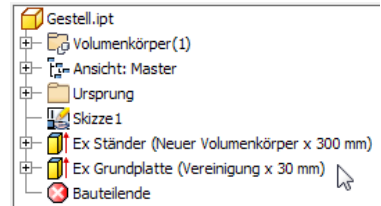
Als nächste zu extrudierende Skizze wird der Tisch ohne die Mittelbohrung gewählt. Der Tisch soll **30 MM** dick werden.



Die Farbe der beiden Extrusionen wurde in **DUNKELGRÜN** geändert. Der Hintergrund dieser Einstellung, die für die folgenden Bearbeitungen beibehalten werden soll, ist, dass der als Gussteil hergestellte Grundkörper die Farbe Grün erhalten soll, die zu bearbeitenden Flächen sich jedoch mit der Farbe Grau davon abheben sollen. Diese Ausführung ist bei den nächsten Arbeitsschritten zu sehen.

Im Objektbrowser sind jetzt beide Extrusionen zu sehen. Zwei beachtenswerte und sinnvolle Ergänzungen sind an den Einträgen zu sehen.

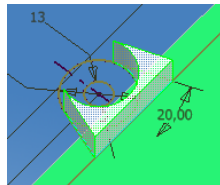
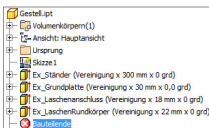
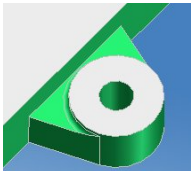
1. Über die Registerkarte **EXTRAS** wurde in den **ANWENDUNGSOPTIONEN** auf der Registerkarte **BAUTEIL** der Eintrag **ERWEITERTE INFORMATIONEN NACH ELEMENTKNOTENNAMEN IM BROWSER ANZEIGEN** aktiviert.
2. Die nichtssagenden Bezeichnungen im Objektbrowser (**Extrusion 1**, **Extrusion 2**) wurden in aussagekräftige Bezeichnungen (**Ex Ständer**, **Ex Grundplatte**) geändert.



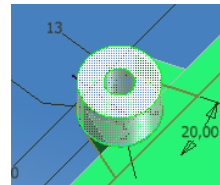
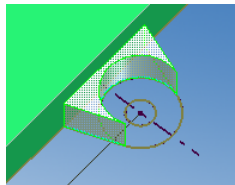
Diese Art der Browsereinträge zeigt auf den ersten Blick, um was es dabei geht und mit welchen Einstellungen gearbeitet wurde. Bei evtl. später notwendigen Änderungen am Bauteil ist dies sehr hilfreich.

11.3.6 Extrusion der beiden Befestigungslaschen

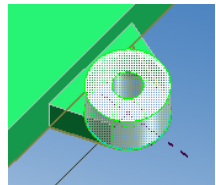
Die Befestigungslaschen werden in zwei Schritten erstellt: zuerst der Verbindungssteg zum Tisch, der **18 MM** hoch werden soll, und anschließend die Befestigungsaugen, die **22 MM** hoch werden. In beiden Schritten werden jeweils die linken und rechten Elemente gleichzeitig ausgewählt.



Die Stege werden **18 MM** hoch extrudiert.

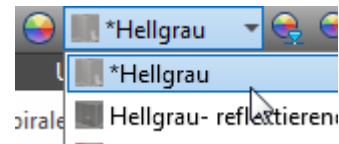


Die Augen werden **22 MM** hoch extrudiert.



Auch hier ist die Farbe **DUNKELGRÜN** für die Grundkörper dieser Elemente eingestellt. Die Oberfläche der Augen soll allerdings als bearbeitet dargestellt werden, da diese Flächen die Auflage für Befestigungsschrauben darstellen.

Markieren Sie die beiden Oberflächen und stellen Sie in der Farbauswahlliste die Farbe **HELLGRAU** ein. Alle bearbeiteten Flächen sollen hellgrau dargestellt werden.





TIPP: Es könnte u. U. sein, dass die Skizzenkontur des Steges der gespiegelten Lasche nicht als geschlossene Profilskizze erkannt wird. Mehrere Manipulationen an der Skizze können dann zielführend sein:

- Setzen Sie Punkte an die Endpunkte der schrägen Linie oder
- zeichnen Sie eine neue Verbindungslinie zwischen den Endpunkten der schrägen Linien über die durchgehende Linie oder
- stutzen Sie die lange Linie und setzen Sie ein neues Liniensegment ein.

11.3.7 Schwalbenschwanzführung

Die Schwalbenschwanznut soll im Ständer untergebracht werden, in einer Höhe von 70 mm beginnen, am oberen Ende des Ständers auslaufen und fertigungsgerecht konstruiert werden.

Extrusionen können zwischen zwei Flächen ausgeführt werden. Die Endfläche in diesem Fall ist die obere Fläche des Ständers, eine **Anfangsfläche in der Höhe 70 mm** muss erstellt werden. Die Anfangsfläche muss jedoch 30° schräg zum Ständer liegen, da der Fräser auch am Grund der Nut eine schräge Fläche herstellt.

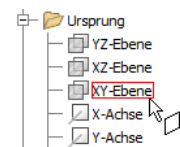
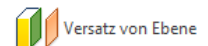
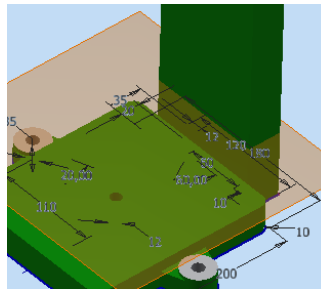
Drei Arbeitsschritte sind zum Erzeugen einer schrägen Arbeitsfläche nötig:

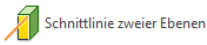
- Eine Arbeitsebene parallel zur XY-Ebene in der Höhe 70 mm muss erzeugt werden.
- Eine Arbeitsachse in der derselben Höhe wird als Drehachse benötigt.
- Eine geneigte Arbeitsebene kann mithilfe dieser beiden Arbeitselemente erstellt werden.

Parallele Arbeitsebene

Eine mit der Funktion **VERSATZ VON EBENE** erzeugte **Arbeitsebene**, die parallel zur **XY-EBENE** im Abstand von **70 MM** erzeugt wird, erfüllt diesen Zweck.

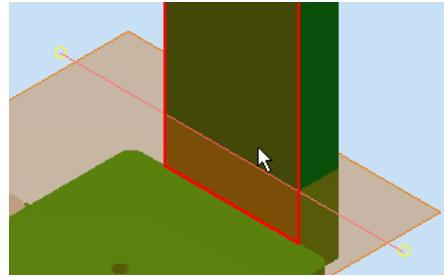
Als Ausgangsebene wird im Objektbrowser die **XY-EBENE** ausgewählt. An einer Ecke kann die so erzeugte Ebene **hochgezogen** und im Textfeld der **ABSTAND 70 MM** eingegeben werden.





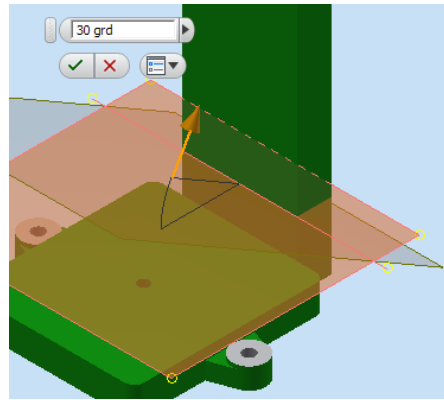
Arbeitsachse

Eine **Arbeitsachse**, die mit der Funktion **SCHNITTLINIE ZWEIER EBENEN** aufgerufen wird, kann mit der **parallelen Arbeitsebene** und der **VORDERSEITE DES STÄNDERS** erzeugt werden.



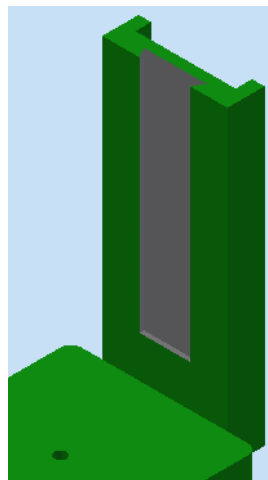
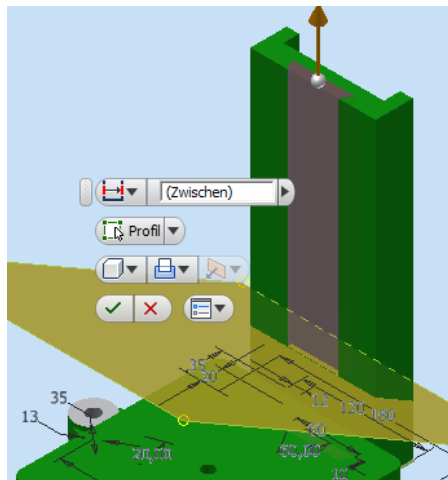
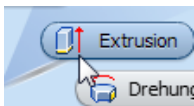
Geneigte Arbeitsebene

Die Arbeitsebenen-Funktion **WINKEL ZU EBENE UM KANTE** ermöglicht jetzt die Erstellung der benötigten Ebene unter einem Winkel von 30° , in dem die **parallele Ebene** und die **Arbeitsachse** als Hilfselemente aufgerufen und der **Winkel** eingegeben wird.



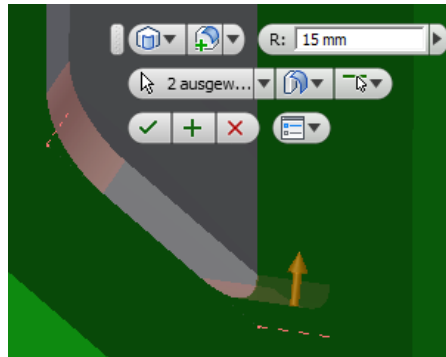
Die Extrusion

Für die Erstellung der Extrusion ist es sinnvoll, die Sichtbarkeit der Hilfselemente auszuschalten.



Die **EXTRUSION** erfolgt jetzt als **DIFFERENZ** mit der Einstellung **ZWISCHEN** und der Angabe der beiden Flächen, zwischen denen sich die Nut befinden soll.

In Abhängigkeit vom Fräser-Durchmesser sind die Ecken der Nut abzurunden. In der Übung wurde dazu der Radius von **15 MM** eingestellt. Die **SICHTBARKEIT** der **Arbeitsebene** und der **Skizze** kann jetzt ausgeschaltet werden.

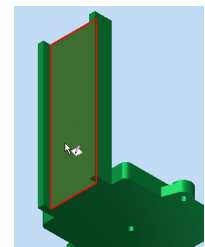
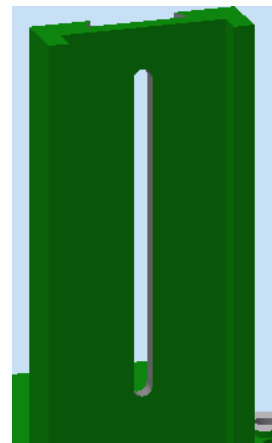
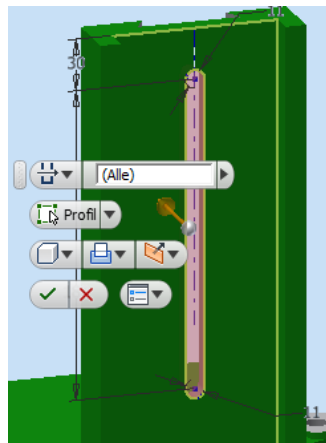
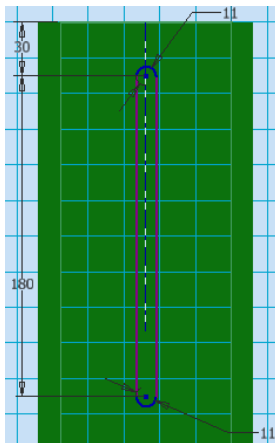
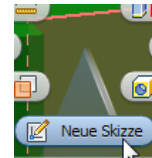


11.3.8 Langloch

Ein Langloch soll in den Ständer eingebracht werden, damit der Pressenkopf in der Höhe verstellbar werden kann. Für diesen Arbeitsschritt benötigen wir eine **NEUE SKIZZE**, die auf der Rückseite des Ständers entstehen soll.

Das Langloch bekommt eine Breite von **11 MM**, und im Abstand **30 MM** von oben soll es **180 MM** lang werden.

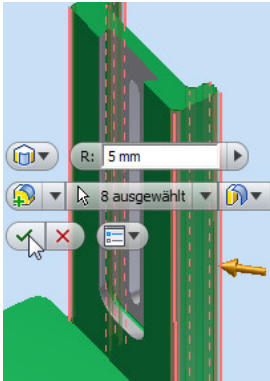
Bei der Skizzenerstellung ist es wichtig, dass sie genau in die vertikale Mitte der Ständerfläche gezeichnet wird. Um diese Mitte einfach zu finden, wird die Geometrie der Ständerfläche in die Skizze projiziert. Jetzt kann genau von der Mitte der oberen Kante aus die Mittellinie nach unten gezeichnet werden. Auf diese **MITTELLINIE** werden zwei **KREISE** platziert, **TANGENTIAL** mit **LINIEN** verbunden und so **GESTUTZT**, dass das Langloch übrig bleibt.



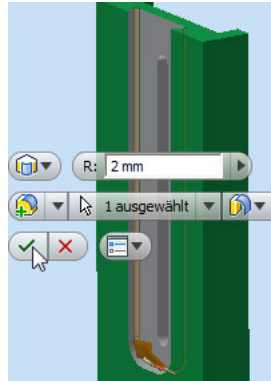
Die Extrusion ist auch hier eine **DIFFERENZ-EXTRUSION**, die entweder **ZUR NÄCHSTEN** oder **DURCH ALLE** Ebenen gehen kann.

11.3.9 Abrundungen

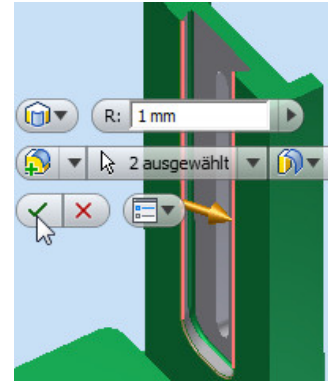
Diverse Kanten am Bauteil müssen abgerundet werden.



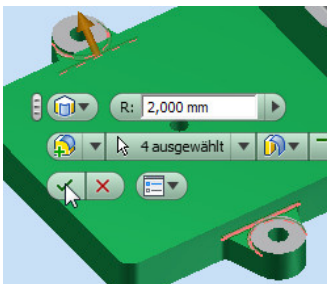
Alle vier senkrechten Außenkanten und die beiden hinteren Innenkanten am Ständer: R = 5 mm



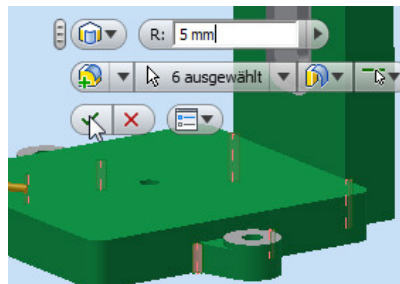
Die Innenkante der Schwalbenschwanzführung: R = 2 mm



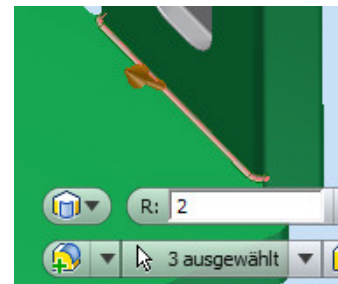
Die Außenkante der Schwalbenschwanzführung: R = 1 mm



Die Verbindungsstege zwischen den Augen und dem Tisch: R = 2 mm

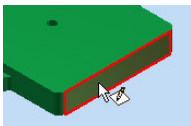


Alle vertikalen Kanten am Tisch (Stege und Ständer): R = 5 mm

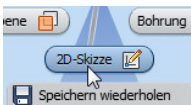


Der Übergang zwischen Ständer und dem Tisch: R = 2 mm

11.3.10 T-Nuten



Im nächsten Schritt sollen nun die T-Nuten im Pressentisch erzeugt werden. Der Tisch bekommt eine Nut, die mittig von vorne nach hinten geht, und zwei Nuten, die quer durch den Tisch gehen.



T-Nuten in einem Gussteil können auf zweierlei Art hergestellt werden. Entweder werden sie zusammen mit dem Grundkörper und entsprechenden Kernen in der Gussform (Sandguss) gegossen oder sie müssen gefräst werden.

Für diese Übung darf es ruhig etwas anspruchsvoller sein, weswegen unsere T-Nuten ins volle Material gefräst werden, und das geht so:

Erster Arbeitsgang: Mit einem Fingerfräser ($\varnothing 10$) wird der obere schmale Teil der Nut bis zum Grund (12 mm tief) gefräst.

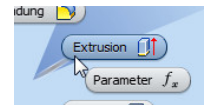
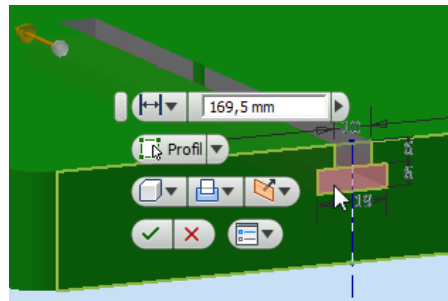
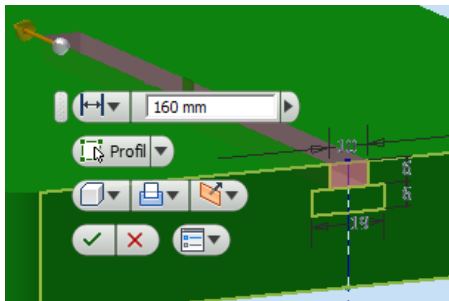
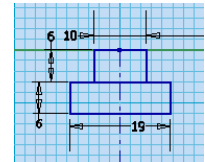
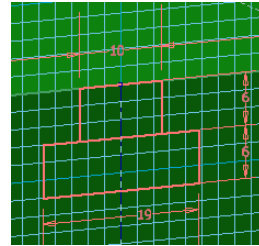
Zweiter Arbeitsgang: Mit einem T-Nuten-Fräser ($\varnothing 19$) wird der untere breite Teil gefräst. Die Konstruktion der Nuten soll fertigungsgerecht erfolgen, was bei durchgehenden Nuten kein Problem darstellt. Die T-Nut jedoch, die von der vorderen Stirnfläche aus nach hinten läuft, ist eine Sacknut, die einen praxiskonformes Ende entsprechend dem Fertigungsverfahren bekommen muss. Demzufolge bekommt das Ende des oberen schmalen Teiles eine volle Abrundung, das Ende des unteren breiten Teils liegt etwas weiter hinten und bekommt ebenfalls eine volle Abrundung.

Auf der vorderen Stirnfläche des Tisches entsteht also wieder eine **NEUE SKIZZE**, welche die Geometrie der T-Nut aufnimmt. Die Konsequenz aus der obigen Beschreibung ist, dass die Nut in zwei Schritten, d. h. mit zwei Skizzen (zwei Rechtecken) und zwei Extrusionen, konstruiert werden muss.

Wie bei der Schwalbenschwanznut und beim Langloch, so ist es auch hier wichtig, dass die Geometrie der Stirnfläche projiziert (**GEOMETRIE PROJIZIEREN**) und die Abhängigkeit **KOINZIDENT** auf die Mitten der Linien (Tischkante und Nut) aufgebracht wird. Nur so befindet sich die Nut immer genau in der Mitte des Tisches, unabhängig davon, wie breit dieser ist.

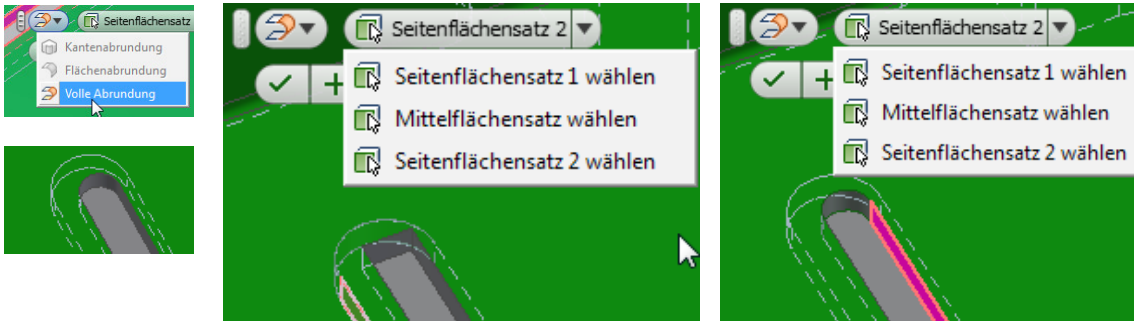
Die Extrusionen werden in zwei unterschiedlichen Längen ausgeführt, wobei bei einer einzigen Skizze nach der ersten Extrusion die Funktion **SKIZZE WIEDER VERWENDEN** aufgerufen werden muss.

Die Länge der ersten Extrusion beträgt **160 MM**, die der zweiten Extrusion muss um den Radius des T-Nuten-Fräasers länger sein, also **169,5 MM**.

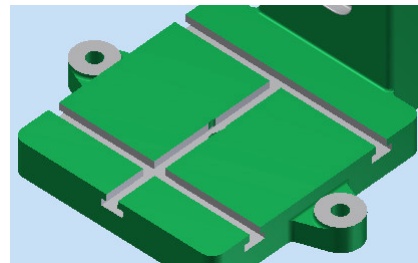
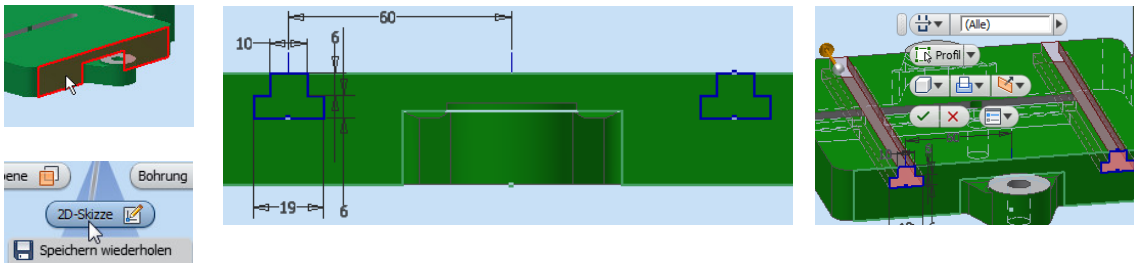


Da die Nut mit einem runden T-Nutenfräser erstellt wird, müssen auch hier die hinteren Enden in zwei Schritten auf die vollen Breiten abgerundet werden.

Die Option **VOLLE ABRUNDUNG** der Funktion **ABRUNDEN** mit der Auswahl der entsprechenden Seiten- und Mittelflächen ist hier zweckdienlich einzusetzen.



Sehr viel leichter sind die beiden durchgehenden seitlichen Nuten mit einer einzigen Skizze zu erstellen. Die **MITTELLINIE** ist wieder **KOINZIDENT** zur **MITTE DER TISCHKANTE**, und die Skizze der zweiten Nut wird durch **SPIEGELN** der ersten erzeugt.



Natürlich werden auch diese Nuten per **DIFFERENZ-EXTRUSION** erzeugt. Da die Tischfläche später noch bearbeitet wird, werden die T-Nuten erst nach dieser Bearbeitung angefast.

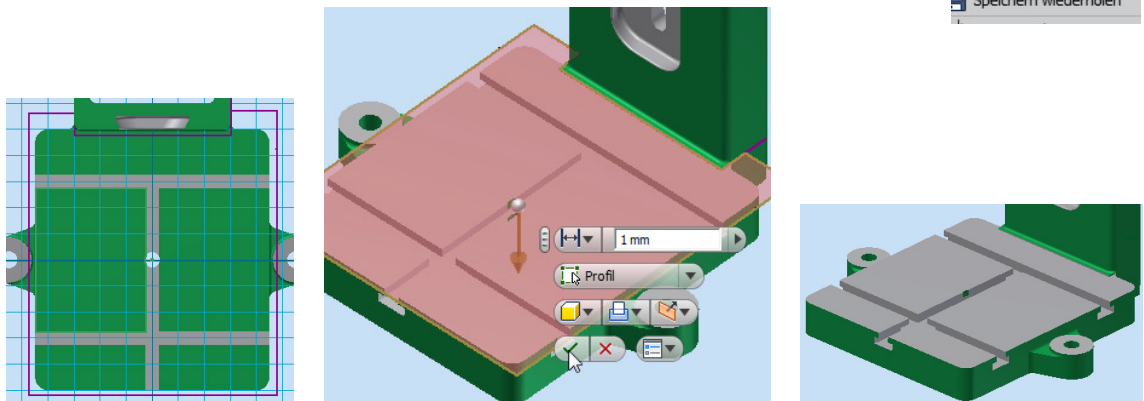
Durch die hintere Quernut wurde unser aufwendig erzeugter Fräserauslauf weggefräst. Macht aber nichts – die Übung war's wert.

11.3.11 Tischfläche bearbeiten

Die Tischoberfläche muss bearbeitet werden. Dieser Schritt, da er für die Funktion des Bauteils wichtig ist und auch Bearbeitungsspuren hinterlässt, soll nicht nur »kosmetisch«, wie bei den Augen, sondern tatsächlich durch eine Materialabtragung ausgeführt werden.

Eine **NEUE SKIZZE** auf der Tischoberfläche ist dazu zu erstellen und eine **LINIENKONTUR**, welche die Größe der zu bearbeitenden Fläche angibt, ist zu zeichnen. Die Konturgrenzen zum Ständer hin können mit **GEOMETRIE** oder **SCHNITTKANTEN PROJIZIEREN** leicht ermittelt werden.

Die **DIFFERENZ-EXTRUSION** wird **1 MM** tief ausgeführt, und die neu entstandene Fläche bekommt den **FLÄCHENFARBSTIL HELLGRAU**.

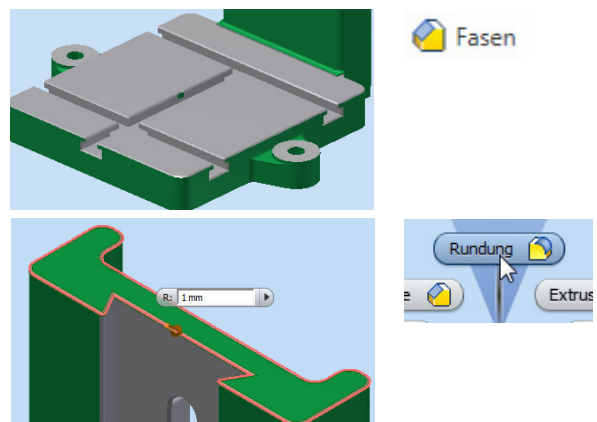


11.3.12 Fasen und Abrundung

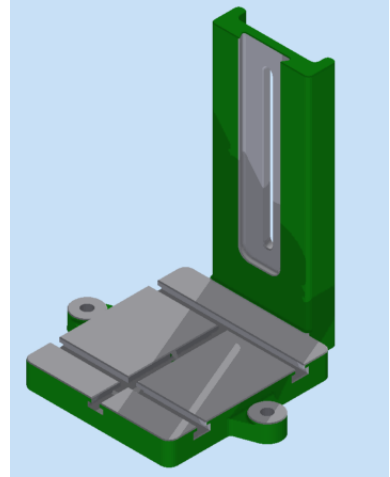
Die folgenden Elemente sind mit einer **1-MM-FASE** zu versehen:

- Alle Tischkanten an der bearbeiteten Tischfläche
- Alle seitlichen Ausgänge der T-Nuten
- Das Langloch im Ständer beidseitig

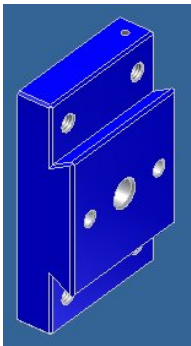
Die Oberseite des Ständers ist mit einer **ABRUNDUNG 1 MM** zu versehen, wobei die Option **KONTUR** einzusetzen ist.



Der Ständer ist fertig, und er ist schön geworden. Die folgenden Teile, die meisten davon sind einfach zu erstellen, werden nur im Schnelldurchgang, mitunter mithilfe von Zeichnungen vorgestellt. Diese Teile können leicht ohne weitere Anleitung erstellt werden. Komplexe Bauteile werden weiterhin detailliert beschrieben.



■ 11.4 Die Führungsplatte

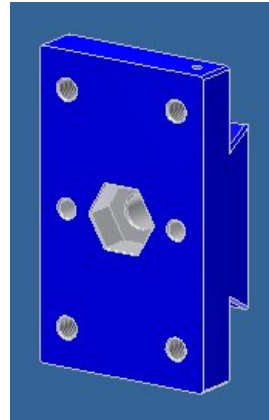


Die Führungsplatte stellt die Verbindung zwischen dem Kopfteil und dem Gestell her. Sie sorgt für die einwandfreie Führung in der Schwalbenschwanznut, und sie beinhaltet die Sechskantschraube für die Höhenverstellung.

Nach dem bisher Geübten sollte es grundsätzlich kein Problem darstellen, dieses Teil aufgrund der vorliegenden Zeichnung eigenständig zu erstellen.

Die Bohrungen werden alle nach Skizze eingebracht, d. h., auf den jeweiligen Flächen werden Skizzen mit den bemaßten Punkten (Bohrungsmittelpunkten) aufgebracht. Die Bohrungen und Gewinde werden mit dem Befehl **BOHRUNG** erstellt.

Die Sechskantaussparung wird als eigene Skizze mit dem Befehl **POLYGON** und einer anschließenden **DIFFERENZ-EXTRUSION** erstellt. Bei der Skizzenerstellung ist darauf zu achten, dass das Sechskant entsprechend ausgerichtet ist.



Index

Symbole

1. Hauptspannung 417
2D-Abhängigkeiten 131, 136
2D-Skizze 123
3D-Abhängigkeiten 54, 79, 233
3D-Beziehungen 233
3D-Kernel 4
3D-Navigationswerkzeug 108, 109
3D-Punkte importieren 164
3D-Skizze 123, 129, 159, 166
3ds Max 3
3D-Verschieben/-Drehen 387
3G-Griffe 98
3. Hauptspannung 417
6-kt-Schraube 364
*.DWG 153
*.IAM 66, 92
*.IDW 92, 277
*.IPN 65, 92
*.IPT 92

A

Abgeleitete Komponenten 152, 195
Abhängige Ansicht 285, 288
Abhängigkeit Bewegung 372
Abhängigkeiten 23
Abhängigkeiten kombinieren 242
Abhängigkeitsbeispiele 239
Abhängigkeitseinstellungen 125
Abhängig machen 54, 234
Ableiten 152, 195
Abrunden 26
Absolute Abhängigkeiten 137
Absoluter Nullpunkt 171
Abstand 84, 235
Abstand der Rasterlinien 126
Abwicklung 360
Achsenkreuz 290
ACIS 10
ACIS-Kernel 4, 73
Adaptiv 98, 254, 357
Adaptives Ändern 259
Adaptivität 251, 258
AIP 10
Aktualisieren 110, 259
Alle 337
Alle Konstruktionselemente bewahren 201
Alles zoomen 108
Allgemeine Eigenschaften 100
An Ansicht anpassen 109
Ändern 155
Animation 85
Anordnungen 218
ANSI 278
Ansicht 270, 281
Ansicht aktualisieren 110
Ansicht bearbeiten 289
Ansicht erstellen 66
Ansichten 95
Ansichten steuern 105
ANSYS 82
Ansys-FEM 7
Anwendungsoptionen 94, 124
Anzeige 125
Äquidistante 157
Arbeitsachsen 167
Arbeitsbereiche 73
Arbeitsblattformat 279
Arbeitsebenen 167
Arbeitselemente 167
Arbeitsordner 17
Arbeitspunkt 167
Arbeitsschritte umbenennen 100
Arbeitsspeicher 11
Assoziativität 138
Aufkleber 194, 361, 402
Ausbeulen 423
Ausgangsansicht 108
Ausgerichtet 367
Ausgerichtete Ansicht 281

Ausgerichtete Skizzenbemaßung 141
Ausgewählte Objekte zoomen 107
Aus Inhaltscenter platzieren 364
Ausrichten einer Ansicht 107
Ausschließen 261
Ausschnittansicht 284
Außen- und Innengewinde 206
Ausstattungen 8
AutoCAD 4
AutoCAD-Zeichnung als Skizze 153
Autodesk Inventor Professional 10
Autodesk Vault 8
Automatische Abhängigkeiten 143
Automatische Positionsnummer 299
Automatisieren mit Parametern 140

B

Baugruppe 28, 231, 363
Baugruppe Auswählen 66
Baugruppe mit adaptivem Bauteil 259
Baugruppen 74
Baugruppenfamilien 80
Baugruppen-Variante 262
Bauteilanimationen 86
Bauteile bearbeiten 175
Bauteile bewegen 248
Bauteile erzeugen 173
Bauteil einfügen 245
Bauteilende 95
Bauteil in einer Baugruppe erzeugen 255
Bauteilwerkstoff 99
Bearbeiten 251, 297

- Bedienung 87
 - Bedienungsfunktionen 105
 - Befehlsbereich 101
 - Belastungsanalyse 82, 409
 - Beleuchtungsarten 86
 - Bemaßen 25
 - Bemaßung 25, 131, 293
 - Bemaßung ändern 297
 - Bemaßungsabhängigkeiten 138
 - Bemaßungsanzeige 142
 - Bemaßungseigenschaften 141
 - Bemaßungsstil ändern 294
 - Bemaßungstext 297
 - Bemaßung verschieben 297
 - Benutzerdefinierte Koordinatensysteme 170
 - Bereichseigenschaften 84
 - Bestimmungsgrad 232
 - Betriebssysteme 12
 - Betriebstemperatur 423
 - Beulen 422
 - Bewegen 244, 375
 - Bewegung 372, 373
 - Beziehungen 233
 - Beziehungen anzeigen 244
 - Bibliothek 78
 - Biegebeanspruchung 419
 - Biegereihenfolgen-Anmerkung 361
 - Biegung 163
 - Biegungsteil, Biegung 207
 - Bilddatei 362
 - Bild einfügen 194, 362
 - Bildschirmdarstellung 93
 - Binary Space Partition 5
 - BKS 170
 - Blattgrößen 279
 - Blechabwicklung 360
 - Blech(mm).ipt 355
 - Blechmodul 7, 75
 - Blechstandards 356
 - Blechteil 355
 - Blockgeometrie 131, 135
 - BMP 10
 - Bohrung 198, 359
 - Boolesche Verknüpfungen 5
 - Boundary Representation 5
 - B-Rep 5
 - Bruchspannung 418
 - BSP 5
- C**
- CATIA 10
 - Constraints 136
 - Constructive Solid Geometry 5
 - CSG 5
- D**
- Darstellung 109
 - Darstellungen 270, 272
 - Darstellungs-Browser 113
 - Darstellungsmaßstab einer Skizze 131
 - Data Management Server 78
 - Datei öffnen 66
 - Dateitypen 92
 - Dehnen 157
 - Designer 81
 - Detailansicht 283
 - Detailgenauigkeit 270, 272
 - Dichtungslippen 316
 - Differenz 182
 - Differenz-Extrusion 353
 - Digital Prototyping 3
 - DIN 278
 - Direkt, Direktbearbeitung 209
 - Dokumenteinstellungen 94, 126
 - Dokumenten- und Versionsverwaltung 8
 - Draht erstellen 388
 - Draufsicht 281
 - Drehachse 192
 - Drehen 106, 156
 - Drehmoment 421
 - Drehung 184, 234, 249, 354
 - Druck 415
 - Durch alle 359
 - Durchmesserbemaßung 296
 - Durchschnittl. Elementgröße 411
 - DWG-Zeichnung importieren 153
 - DXF 10
 - Dynamik 405
 - Dynamische Simulation 8, 82, 83, 405
 - Dynamische Textfelder 280
- E**
- Eben 365
 - Eckenausführung 202
 - Eco Materials Adviser 121
 - Eigenfrequenz 410
 - Eigenfrequenzermittlung 405
 - Eigenschaften 98
 - Einblenden 244
 - Einfügen 236
 - Einschließen 261
 - Einspannung 408, 424
 - Einzelauswahl 111
 - Einzelbenutzer Projekt 17
 - Einzelkraft 415
 - Einzelteilzeichnung 277
 - Elektroinstallation 377
 - Element 223
 - Element bearbeiten 97
 - Elementdefinition 97
 - Elemente selektieren 111
 - Elemente unterdrücken 98
 - E-Modul 406
 - Engineering-Produkte 9
 - Entfallen 360
 - Entgegengesetzt 367
 - Entwurfsanalyse 84
 - Entwurfsansicht 283
 - Erhebung 166, 185
 - Erstansicht 281, 286
 - Erste Bemaßung in einer Skizze 131
 - Erstellen 181
 - Erste Skizze 331
 - Erwärmung 423
 - Erweiterte Informationen nach ... 334
 - Etiketten 402
 - Evolventenzahn 347
 - Excel 263
 - Excel-Tabelle 146, 164, 362
 - Exchange App Manager 94
 - Expertendarstellung 102
 - Extras 94
 - Extrusion 181, 332
- F**
- Factory Design Suite 9
 - Falten 360
 - Fangabstand 126
 - Farbton 116
 - Fasen 202
 - Feature 97
 - FEM 7, 82, 405
 - FEM-Genauigkeit 424
 - Fenster 111
 - Fensteraufbau 93
 - Fensterbereiche 89
 - Fest 137, 413
 - Feste Entfernung 109
 - Festgelegt 137
 - Finite-Elemente-Methode 405
 - Finite-Elemente-Modul 7
 - Fixierte Bauteile 248
 - Fläche 84, 357
 - Fläche anzeigen 107
 - Fläche ersetzen 217
 - Flächenanalyse 84
 - Flächenbefehle 213
 - Flächen entfernen 204
 - Flächenschwerpunkt 84
 - Flächenträgheitsmoment 84
 - Flächenverjüngung 205
 - Fläche trennen 408
 - Fließverhalten 405
 - Fluchtend 367

- Fluidtechnik 405
 - Formen 214
 - Formenbau 77
 - Fortlaufende Kanten 201, 203
 - Fotorealistische Darstellungen 7, 86
 - Freie Drehung 249
 - Freie Lasche 355
 - Freies Drehen 106
 - Freie Verschiebung 249
 - Freiformgeometrien 6
 - Freiformkörper 178
 - Freiheitsgrade 232
 - Führungslinien 300
 - Fußkreis 346
- G**
- G0 6
 - G1 6
 - G2 6
 - GEH, Grenzen der ... 423
 - Genaueres Positionieren 149
 - Genauigkeit 297
 - Geometrieelemente 6
 - Geometrie projizieren 134, 253, 351
 - Geometrische Abhängigkeiten 137
 - Geometrische Makros 79, 86
 - Geometrische Stetigkeiten 6
 - Gesamtzeichnung 277, 298
 - Gestaltänderungsenergiehypothese 423
 - Gestellgenerator 81, 268
 - Gestreckt 158
 - Getriebene Bemaßung 140
 - Gewinde 198, 206
 - Gewindebohrung 252
 - Gewindeteil 318
 - GIF 10
 - Gitterstege 315
 - Glasfaser 423
 - Glasscheibe 321
 - Glätten 6
 - Gleich 138
 - Gleitverbindungen 413
 - Globale Einstellungen 94
 - Grafiken aufschneiden 394
 - Grafikkarte 11
 - Grenzwerte 236
 - Grundkreis 346
 - Gruppenzeichnung 277
- H**
- Halbschnitt 109, 351, 394
 - Hardware 11
 - Heften 214
 - Hilfsansicht 282
 - Hilfsbefehle 176
 - Hohlkörper 203, 311
 - Horizontal 137
 - HSL-Werte 116
 - Hue 116
 - Hülle 311
 - Hüllen definieren 273
 - Hybride Datenmodelle 5
- I**
- iAssembly 80, 260
 - Icons 92
 - iCopy 264
 - iCopy-Definition 265
 - iCopy-Generierung 264
 - iFeatures 79, 221
 - IGES 10
 - iLogic 80, 140, 225
 - iLogic-Regel 226
 - iMates 79, 223, 248
 - Import-Assistent 153
 - importierte Bauteile 217
 - Inhaltscenter 78, 364, 379
 - Innengewinde 198
 - Installation 11
 - IntelliPoint-Maustreiber 105
 - Intensität 116
 - Inventor-Assembly 92
 - Inventor-Designer 81
 - Inventor-Drawing 92, 277
 - Inventor-Part 92
 - Inventor-Präsentation 92
 - Inventor Studio 7, 46, 86
 - iParts 79
 - iProperties 99
 - ISO 278
 - Isometrische Ansichten 108, 281
- J**
- JPG 10
- K**
- Kabel 377
 - Kabelbaugruppe 379
 - Kabelbaum erstellen 385
 - Kabelbaum-Segmente 383
 - Kabelbaum verzweigen 386
 - Kabel erstellen 381
 - Kabelschellen 379
 - Kabelstützpunkte 379
 - Kabelverlegung 76
 - Kameraeinstellung, -fahrten 86
 - Kernel 4
 - Kinematik 405
 - Knicken 422
 - Knotenanzahl 424
 - Kohlefaser 423
 - Koinzident 138
 - Kollinear 138
 - Kompasskreis 106
 - Komponente einschließen 273
 - Komponente erstellen 356
 - Komponente platzieren 364
 - Konstruktionsassistent 81
 - Konstruktionsgeometrie 23, 131
 - Kontaktbedingungen 424
 - Kontakte 410
 - Kontaktlöser 373
 - Kontaktsatz 373
 - Kontur 84
 - Konturvereinfachung 273
 - Konvergenzeinstellungen 424
 - Konzentrisch 138
 - Koordinatensystem bearbeiten 96
 - Kopfkreis 346
 - Kopfknoppe 318
 - Kopfspiel 346
 - Kopieren 156
 - Körper reparieren 217
 - Körper verschieben 313
 - Kraft 415
 - Kreuzen 111
 - Kreuzschlitzschraube 372
 - Krümmungsanalyse 84
 - Kugelförmig 235
 - Kunststoffbearbeitung 308
 - Kunststoffteile 77
 - Kupferblech 357
- L**
- Lagerbedingungen 424
 - Lagerbelastung 415
 - Langloch 337
 - Lasche 355
 - Laschen biegen 358
 - Lastangriffsbedingungen 424
 - Leitungen 76
 - Linienarten 131
 - Lippe 316
 - Lockerungsmodus 90
 - Logische Regeln 225
 - Lokale Netzsteuerung 412
 - Lösen 283
 - Lotrecht 138
 - Lüftungsgitter 314
 - Luminanz 116

M

Makroprogrammierung 86
 Markierungsmenü 19, 103
 Maßsystem 91
 Material 99
 Material-Auswahlliste 114
 Materialbibliothek 394
 Materialdaten 424
 Materialien-Browser 112, 406
 Materialstruktur 86
 Material und Darstellung 112
 Mathematische Kurven 164
 Mausgesten 22, 104, 157
 Maustreiber 105
 Mechanical Desktop 4
 Mehrfachbauteil 308
 Mehrfaches Verwenden einer
 Skizze 150
 Mehrfachkopieren 80
 Member 261
 Messen 84
 Minimale Elementgröße 411
 Mini-Werkzeugkästen 104
 Mit Anmerkung versehen 289
 Mittellinien 184, 290
 Mittelliniengeometrie 23, 131,
 132
 Mittelpunkt 133
 Mittelpunktmarkierung 290
 Modalanalyse 410
 Modellbaum 5
 Modellierkern 4
 Modul 346
 Moldflow 77
 Multifunktionsleiste 101
 Multipart 95, 308
 Muster 218

N

Nachbarbauteile 251
 Nächsten 337
 Nagelbrettansicht 283
 Navigationswerkzeug 108, 109
 Netzmaschenanzahl 424
 Neu 89, 90
 Neuer Volumenkörper 322
 Neues Blatt 285
 Neue Skizze 19, 123
 Normenauswahl 277
 Normteillbibliotheken 78
 Normvorlagen 278
 Nullen, nachfolgende bei
 Bemaßung 294
 Nullpunkt, absoluter 171
 NURBS 6
 Nut 316
 NX 10

O

Oberflächen 86
 Oberflächenrauigkeit 166
 Oberflächenstruktur 166
 Objektbrowser 95, 100
 oE (ohne Einheit) 139
 Öffnen 89

P

Pan 105
 Paraboloid 165
 Parallele Ansicht 281
 Parameter 80, 138
 Parameter-Fenster 147
 Parametrische Bauteilsteuerung
 225
 Parametrische Bemaßung 410
 Passend 236
 Passfeder 369
 PDM-System 8
 Pfadextrusion 187
 Pfadskizze 129, 187
 Pfeilspitzen 297
 Physikalische Eigenschaften 99
 Pin-Abhängigkeit 413
 Pins 382
 Planar 235
 PNG 10
 Polar 348
 Position 270, 271
 Positionsnummer 299
 Positionsnummern ändern 301
 Prägen 193
 Prägung 344, 393
 Präsentation 65, 85
 Premium 9
 Probefahrt 15
 Product Design Suite 9
 Product Suites 8
 Produktgruppen 9
 Pro/Engineer 10
 Profilskizze 128
 Programmbedienung 87
 Programmbibliotheken 4
 Programmeinstellungen 94
 Programmschaltfläche 89
 Programmstart 87
 Projekt 17
 Projekte, Projektverwaltung 89
 Projizierte Ansicht 281
 Prozessor 11
 Prüfmaße 297
 Punkte hinzufügen 386
 Punkte importieren 164

Q

Querkontraktion 423

R

Radbreite 346
 Rahmengenerator 81, 268
 Rasterfang 249
 Rechteckige Anordnung 218, 351
 Rechte Hand-Regel 172
 Referenz 137
 Referenzgeometrie 131, 134
 Regeln 225, 226
 Reibungslos 413
 Renderer 7
 Reverse Engineering 166
 RGB-Werte 116
 Rippe 190
 RMT, rechte Maustaste 19
 Rohrverlegung 76
 Rollen entlang scharfer Kanten
 201
 Rollenständer 16
 Rotation 232
 Rotationskörper 184
 Route erstellen 388
 Routing 381
 Routing von Hand 388
 Runde Anordnung 25, 219, 320,
 348

S

SAT 14
 Sättigung 116
 Saturation 116
 Scheibe 364
 Schieber 234
 Schlitz 353
 Schnellstartleiste 89
 Schnittanalyse 84
 Schnittansicht 282, 291
 Schnittdarstellungen 109
 Schnittebene 109
 Schnittkanten projizieren 134,
 321, 353
 Schnittmenge 182
 Schraubenkopfteil 317
 Schraubloch 317, 319
 Schriftkopf 279, 280
 Schulen 10
 Schüler 10
 Schweißmodul 7
 Schweißumgebung 75
 Schwerkraft 415
 Schwerpunkt 84
 Scrollmaus 105

- Segment erstellen 381
 - Segmentpunkte 383
 - Seitenansicht 281
 - Senkungen 198
 - Shapemanager 4
 - Sicherheitsfaktor 416
 - Sicherungsring 369
 - Sichtbarkeit 96, 370
 - Simulation 82, 405
 - Simulation erstellen 409
 - Skalar 416
 - Skalieren 158
 - Skizze bearbeiten 96
 - Skizzenanalyse 158
 - Skizzenarten 128
 - Skizzenbemaßung 138
 - Skizzenerstellung 123
 - Skizzengeometrie 131
 - Skizzen importieren 152
 - Skizzensteuerung mit Excel 140
 - Skizze starten 285
 - Skizze wieder verwenden 96, 150
 - Skizzierpunkt 133
 - Smooth 6
 - Solid Works 10
 - SpacePilot 105
 - Spannungsverteilung 421
 - Spiegeln 220
 - Spirale 192, 399
 - Spleiß 387
 - Spline 165, 166, 347
 - Spline-Übergang 6
 - Spritzgussformen 77
 - Stabilitätsprobleme 422
 - Standardbauteile 78
 - Standardgeometrie 131
 - Standard.ipn 66
 - Starr 53, 234
 - Startseite 87
 - Startzelle 148
 - Statik 405
 - Statische Analyse 410
 - Statische Texte 280
 - Statusleiste 89
 - Stecker 377
 - Steigung 192
 - STEP 10
 - Stetig 138
 - Stetigkeit der Krümmungen 6
 - Stetigkeit der Lage 6
 - Stetigkeiten 6
 - Stetig machen 6
 - Stil-Editor 278
 - STL 10
 - Streckgrenze 418
 - Strömungssimulation 405
 - Stückliste 301
 - Studenten 10
 - Stutzen 157
 - Stützpunkt 159
 - Stützpunkte 383
 - Sub-D9-Buchse 380
 - Sweeping 129, 163, 187
 - Sweep-Repräsentation 5
 - Symbolleiste 105
 - Symmetrie 236, 239
 - Symmetrielinie 290
 - Symmetrisch 138
 - Systemvoraussetzungen 11
 - Szenenstil 86
- T**
- Tangential 138, 236
 - Teamarbeit 17
 - Teilfamilien 79
 - Teilleiste 301
 - Teilen 312
 - Teilkreis 346
 - Teilung 346
 - Temperatureinflüsse 423
 - Textfelder 280
 - Thermodynamik 405
 - T-Nut 338
 - Toleranzangaben 141
 - Toleranzen 297
 - Tooltipps 102
 - Torsionsspannung 421
 - Trägheitsmomente 100
 - Trägheitsradius 84
 - Translation 232
 - Trapezgewinde 206
 - Trennebenen 311
 - Trennen 157, 208, 312, 408
 - Türgriff 187
- U**
- Überbestimmte Abhängigkeiten 145
 - Überlagerung 283
 - Übersetzung 371
 - Ultimate 9
 - Umgebungstemperatur 423
 - Umgrenzungsfläche 216
 - Unterbrochene Ansicht 283
 - Ursprung 95
- V**
- Variable Baugruppen 260
 - Varianten 262
 - Variantentabelle 263
 - VBA 86
 - VB.NET 80
 - Verankern 413
 - Verbinden 53, 234
 - Verbundwerkstoffe 423
 - Verdickung/Versatz 166, 212
 - Vereinfachtes Bauteil erstellen 273
 - Vereinfachung 273
 - Vereinigung 182
 - Verformung 419, 421
 - Vergleichsspannung 416
 - Verkabelungen 377
 - Versatz 239
 - Verschieben 156
 - Verschiebung 249
 - Verschiebungsfunktion 98
 - Verschraubung 317
 - Vertikal 137
 - Verzahnung 351
 - ViewCube 108
 - Visualisierungsarten 11
 - Visual Studio-Express-Version 86
 - Vollnavigationsrad 108, 109
 - Volumenkörper 95, 187, 192, 312
 - Von-Mises-Spannung 416
 - Voreinstellung 93
 - Vorgabevorlage konfigurieren 88
 - Vorgehensweise bei der Skizzen-erstellung 130
 - Vorlage 90
 - Vorlagendatei 91
 - Voxel-Darstellung 5
- W**
- Wandstärke 311
 - Wärmeausdehnungen 423
 - Wärmewirkungen 423
 - Welle 352
 - Werkzeugbau 77
 - Windungssinn 192
 - Winkel 84, 236, 239
 - Word-Dokument 362
- X**
- X-Achse 168
 - XY-Ebene 168
 - XZ-Ebene 168
- Y**
- Y-Achse 168
 - YZ-Ebene 168
- Z**
- Z-Achse 168
 - Zahndicke 346
 - Zahneingriff 370

- Zahnextrusion 348
- Zähnezahl 346
- Zahnhöhe 346
- Zahnstange 350
- Zebrastreifenanalyse 84
- Zeichnungsansicht 281
- Zeichnungserstellung 74
- Zeichnungskommentare 289
- Zeichnungsnorm 278
- Zeichnungsrahmen 279
- Zeichnungstyp 277
- Zeigegerät 105
- ZerreiBfestigkeit 418
- Zoom 105
- Zoom alles 108
- Zoom Auswahl 107
- Zugbeanspruchung 415
- Zugfestigkeit 406, 418
- Zur Nächsten 337
- Zurückfalten 360
- Zurückspulen 109
- Zusammenbau 231, 363
- Zusammenbauzeichnung 277, 298
- Zusammenfügen 234, 243
- Zusatzmodule 94
- Zuschneiden 285
- Zylinderkopfschraube 367
- Zylinderstift 367
- Zylindrisch 234