



Leseprobe

Harald Vogel

Konstruieren mit SolidWorks

ISBN (Buch): 978-3-446-45432-3

ISBN (E-Book): 978-3-446-45450-7

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-45432-3>

sowie im Buchhandel.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur ersten Auflage	V
Vorwort zur achten Auflage	IX
Gebrauchsanleitung	XI
Teil I: Aller Anfang ist gar nicht so schwer	XI
Teil II: Und jetzt wird's ernst!	XI
Nomenklatur	XII
Die DVD	XIII
Danksagung	XIII
Inhaltsverzeichnis	XV

Teil I: Aller Anfang ist gar nicht so schwer1

1 Die Oberfläche von SolidWorks	3
1.1 Die Arbeitsmodi	4
1.2 Die Bedienelemente	6
1.2.1 Manager unter sich	6
1.2.2 Das Menü	7
1.2.3 Ein- und Ausblenden von Bedienelementen	7
1.2.4 Gemeinsamkeiten	7
1.2.5 . . . und Differenzen: Der <i>CommandManager</i>	8
1.3 Feintunen der Benutzeroberfläche	10
1.3.1 Die Farben des Editors	11
1.3.2 Die Symbolleisten	13
1.3.3 Die <i>Shortcut</i> -Leisten	19
1.3.4 Die Kontext-Symbolleisten	20
1.4 Skizzieren von der Pike auf: Das erste Modell	22
1.4.1 Die Skizzierebene	22
1.4.2 Die Skizze	23
1.4.3 Das Feature	26
1.5 Die Ansichtssteuerung I	27
1.5.1 Das Problem des Maustreibers	29
1.5.2 Die Lupe	30
1.5.3 Mit Messer und Gabel: Navigationsgeräte	30

1.5.4	Ansicht mit Pfeiltasten steuern	30
1.5.5	Die Standardansichten	31
1.6	Die Darstellungsmodi	31
1.7	Die Systemoptionen.....	32
1.7.1	Allgemein	33
1.7.2	Skizze	34
1.7.3	Drehfeldinkremente.....	35
1.7.4	Ansicht.....	35
1.7.5	Sicherungen und Wiederherstellungsdateien	36
1.7.6	Die SolidWorks-Suche	37
1.7.7	Einstellungen speichern und wiederherstellen	38
1.8	Zusatzprogramme	40
1.9	Die Dokumenteigenschaften.....	41
1.9.1	Detaillierung.....	41
1.9.2	Gitter/Fangen	42
1.9.3	Einheiten.....	43
1.9.4	Bildqualität	44
1.9.5	Ebenenanzeige	44
1.9.6	Einstellungen und Befehle in SolidWorks suchen	45
1.9.7	Die Dokumentvorlage	46
1.10	Austauschformate	47
1.10.1	Native 2D- und 3D-Formate	47
1.10.2	3D-Austauschformate	47
1.10.3	Export in 3D-PDF und eDrawing.....	48
1.10.4	2D- und Pixelformate	49
1.11	Dateien auf der DVD	50
2	Das Volumenkörper-Konzept.....	51
2.1	<i>In a nutshell</i> : Das parametrische Prinzip.....	51
2.1.1	Ein parametrisches Feature	52
2.1.2	Eine parametrische Skizze.....	53
2.2	Kombination einfacher Grundkörper	58
2.2.1	Einfügen von Features	62
2.2.2	Wechsel der Skizzierebene	63
2.3	Zusammenfassung bis hier	64
2.4	Ausblick auf kommende Ereignisse.....	65

2.5	Dateien auf der DVD	65
3	Die Kunst der Skizze	67
3.1	Radikal einfach: ein Bohrprisma	68
3.1.1	Leitlinien	68
3.1.2	Konstruktion und erste Beziehungen	69
3.1.3	Der virtuelle Rohling	70
3.1.4	Horizontale und vertikale Beschränkung	71
3.1.5	Symmetrie	72
3.1.6	Steuernde Bemaßungen	74
3.1.7	Symmetrie an sich	76
3.1.8	Objektfang oder Skizzenbeziehung?	77
3.1.9	Die Funktion <i>Beziehungen anzeigen/löschen</i>	78
3.1.10	Elemente spiegeln	79
3.1.11	Einstellen der Bemaßungsschriftart.....	80
3.1.12	Die Bemaßung der Nut.....	81
3.1.13	Elemente trimmen.....	81
3.1.14	Extrusion oder Linear ausgetragener Aufsatz.....	82
3.1.15	Features benennen.....	82
3.2	Die Ansichtssteuerung II	83
3.2.1	Perspektive und Mehrfensterdarstellung	83
3.2.2	Das Dialogfeld <i>Ausrichtung</i>	84
3.2.3	Tastenkürzel und Hotkeys	85
3.3	Editieren von Skizzenbeziehungen	87
3.3.1	Auswahlfilter	88
3.3.2	Winkelbeziehungen	89
3.3.3	Das Konstruktionsziel als Limit	90
3.3.4	Automatisierung einer Skizze	91
3.3.5	Konstruktionsgeometrie	92
3.3.6	Überbestimmung von Skizzen	93
3.3.7	Interaktion von Skizzen.....	94
3.3.8	Doppelt gespiegelt: Die Nuten.....	95
3.3.9	Die <i>voll</i> -automatische Erzeugung von Skizzenbeziehungen	96
3.3.10	Die einzige Art, Skizzen zu definieren	97
3.3.11	Anzeige der Referenzen	98
3.3.12	Wechsel der Skizzierebene.....	99

3.4	Vorteile der parametrischen Konstruktion	100
3.4.1	Massenbestimmung.....	100
3.4.2	Ändern der Skizzenparameter	102
3.4.3	Endlich: Automatische Beziehungen	104
3.5	Ausblick auf kommende Ereignisse.....	105
3.6	Dateien auf der DVD	105
4	Die Kunst der Ebene	107
4.1	Rotationsymmetrie und Achsen	107
4.1.1	Rotationsskizzen	108
4.1.2	Bemaßung: Ein kleiner Tipp vorweg	109
4.1.3	Skizzen auf beliebigen Ebenen: Eine Passfedernut	115
4.1.4	Ein Freistich Form F 0,8 x 0,3	118
4.2	Interaktion zwischen Skizzen.....	121
4.2.1	Variable: Gleichungen	123
4.2.2	Parameter: Globale Variable	127
4.3	Die Ansichtssteuerung III: Gedrehte Ansichten	128
4.4	Albrecht Dürer: Arbeit mit Ebenen.....	129
4.4.1	Komplexe Ebenendefinition.....	132
4.4.2	Die Austragung.....	134
4.4.3	Tabellengesteuerte Bauteile.....	135
4.4.4	Ebenen für Fortgeschrittene: Die Endkappen	142
4.4.5	Schnittkurven.....	143
4.4.6	Arbeiten mit Konfigurationen	145
4.4.7	Modifizieren im Konfigurationskontext.....	149
4.4.8	Ein echter Dürer: Der Rhomboederstumpf.....	151
4.4.9	Die Ansichtssteuerung IV: Benannte Ansichten	159
4.5	Ausblick auf kommende Ereignisse.....	160
4.6	Dateien auf der DVD	161
	Teil II: Und jetzt wird's ernst!	163
5	Die Kunst des Mechanical CAD	165
5.1	Der Grundkörper	166
5.1.1	Alternativfunktion: Der Bogen in der Linie.....	166
5.1.2	Eine Frage der Priorität	170

5.1.3	<i>Flirting with disaster: Die bessere Strategie</i>	171
5.2	Die Montageplatte	172
5.3	Die Dichtflächen	174
5.4	Der Lagersattel	176
5.5	Die Lagerschalen	177
5.6	Eine Aussparung in der Bodenplatte	179
5.6.1	Beziehungen zwischen Features	180
5.6.2	Features verschieben	182
5.7	Die Verstärkungsrippen	183
5.7.1	Lineare Skizzenmuster	184
5.7.2	Verstärkungsrippen.....	186
5.7.3	Bauteilstatistik: Der Nachteil des Rippenfeatures.....	186
5.7.4	MCAD menschlich: Die Eltern/-Kind-Beziehung	187
5.8	Der Ölablass	189
5.8.1	Symmetrie durch Radien	190
5.8.2	Das wahre Potenzial des FeatureManagers	192
5.8.3	Nagelprobe: Die logischen Grenzen eines Modells	193
5.9	Die Handles	196
5.9.1	Vorhandene Elemente in eine Skizze kopieren.....	197
5.9.2	Arbeiten mit der Konturauswahl	199
5.9.3	Und wieder: Die Gleichungen	200
5.10	Eine Verzüngung für die Handles	202
5.10.1	Hilfskonstruktion: Ein Haken für den Kleiderbügel.....	203
5.10.2	Profil und Pfad der Pfadextrusion.....	204
5.10.3	Spiegeln von Features	206
5.11	Ausblick auf kommende Ereignisse	208
5.12	Dateien auf der DVD.....	209
6	Einblicke in einen Volumenkörper	211
6.1	Das Schauloch	211
6.1.1	Erweitern der <i>Skizze Grundkörper</i>	212
6.1.2	Die Skizze des Schaulochs.....	212
6.1.3	Die Ansichtssteuerung V: Beleuchtung und Lichtfarbe.....	214
6.1.4	Aufsatz spezial: Die Option <i>Bis nächste</i>	216
6.2	Die Lagerbohrungen.....	217
6.3	Erzeugen der Wandungen	218

6.3.1	Das Feature <i>Wandung</i>	218
6.3.2	Der Einfügemodus: Features für Vergessliche.....	220
6.3.3	Offset-Elemente	220
6.3.4	Der Nutzen von Mehrkörper-Bauteilen	221
6.3.5	Verrunden des Innenkörpers.....	222
6.3.6	Der Volumenkörper-Modus.....	223
6.3.7	Alt, weil bewährt: die Boole'schen Operanden.....	223
6.3.8	Die Endbedingung <i>bis Nächste</i>	225
6.3.9	Mehrkörperbauteile: Das Dilemma mit den Bezügen	227
6.3.10	Die Ansichtssteuerung VI: Schnittansichten	228
6.3.11	Skizzen mehrfach verwenden	230
6.3.12	Angleichen der Wandstärken.....	231
6.3.13	Ungültige Features: Ein Problem dialektischer Art	233
6.4	Ausblick auf kommende Ereignisse.....	234
6.5	Dateien auf der DVD	234
7	Bohrungen und Gewinde	235
7.1	Das System Bohrskizze.....	236
7.1.1	Der Bohrungs-Assistent.....	237
7.1.2	Und wieder eine kleine Formel.....	241
7.2	Skizzen auf Features: Die Lagerschalen.....	242
7.2.1	Alternative: Die Gleichungs-Lösung.....	243
7.2.2	Kreismuster.....	244
7.2.3	Anatomie einer Bohrung.....	247
7.3	Skizzen-Lektion: Die Montagebohrungen	248
7.4	Die Bohrungen der Dichtfläche.....	249
7.4.1	Kegelbohrung: Was der Bohrungsassistent nicht leistet	251
7.4.2	Rotierter Schnitt.....	254
7.4.3	Skizzengesteuerte Muster	254
7.5	Die Bohrung für den Ölablass	256
7.6	Ausblick auf kommende Ereignisse.....	257
7.7	Dateien auf der DVD	257
8	Arbeiten mit Oberflächen	259
8.1	Ordnung im Bauteil, Ordnung im Kopf.....	259
8.1.1	Ordner im FeatureManager	260

8.1.2	Kärner-Arbeit.....	261
8.1.3	Abhängigkeit im Verborgenen.....	262
8.1.4	Ein kleiner Nachtrag.....	263
8.1.5	Mehr Leistung durch die Einfrieren-Leiste.....	266
8.2	Verstärkungsrippen: ein Experiment.....	267
8.3	Rippchen à la carte: Oberflächen.....	269
8.3.1	Der Feature-Bereich: Achtung bei Mehrkörper-Bauteilen!.....	271
8.3.2	Offset-Oberfläche: Flächen kopieren.....	272
8.3.3	Äquidistanz: Die Theorie der Offset-Fläche.....	274
8.3.4	Die <i>Linear ausgetragene Oberfläche</i>	274
8.3.5	Oberflächen trimmen.....	276
8.3.6	Oberflächen zusammenfügen.....	277
8.3.7	Verrundungen an Oberflächen.....	278
8.3.8	Der Unterschied zwischen tangential und tangential.....	279
8.3.9	Logik über Fummelei.....	279
8.3.10	Oberflächen verlängern: Pingeligkeiten Marke MCAD.....	280
8.3.11	Spiegeln zusammengesetzter Features.....	282
8.3.12	Die Grenzen der Ordnung.....	283
8.4	Ausblick auf kommende Ereignisse.....	284
8.5	Dateien auf der DVD.....	284

9	Verrundungen und Fasen.....	285
9.1	Die Regeln der Verrundung.....	286
9.1.1	Die Großen zuerst.....	286
9.1.2	So viele wie möglich.....	289
9.1.3	Verrunden ganzer Flächen.....	292
9.1.4	Verrundung der Verstärkungsrippen.....	293
9.1.5	Kampf der Radien.....	294
9.2	Verrundungen mit mehrfachen Radien.....	296
9.2.1	Verrundung Ölablass.....	298
9.2.2	Die Handles: Zurück in die Urzeit.....	298
9.2.3	Verrundung Schauloch.....	300
9.2.4	Rundungs-Ordner und Performance-Fragen.....	300
9.2.5	Die Montageplatte: Features und Reihenfolge.....	301
9.2.6	Eine Fase an der Montageplatte.....	301
9.3	Sonderformen der Verrundung.....	302

9.3.1	Flächenverrundung mit Haltelinie	303
9.3.2	Variable Radien: <i>Enduring freedom, enduring chaos</i>	306
9.4	Abschlussarbeiten	310
9.5	Ausblick auf kommende Ereignisse.....	311
9.6	Dateien auf der DVD	311
10	Lager, Welle, Schaulochdeckel	313
10.1	Die Wellen.....	314
10.1.1	Stapeltechnik: Die Schrägstirnwelle.....	314
10.1.2	Das Stirnrad.....	319
10.1.3	Variantenkonstruktion: Die Passfedern.....	321
10.2	Externe Referenzen: Der Schaulochdeckel	322
10.2.1	Einfügen des Referenzteils	322
10.2.2	Zeichnen der Grundskizze.....	324
10.2.3	Ein Zentrierabsatz	326
10.2.4	Die Dichtung des Schaulochdeckels.....	328
10.2.5	Der Vorteil der externen Referenzen	329
10.3	Tabellengesteuerte Features: Die vier Lagerdeckel.....	330
10.3.1	Der Rotationskörper	331
10.3.2	Der Lochkreis	333
10.3.3	Trennender Schnitt: Einkürzen des Deckels.....	335
10.3.4	Feature auf Abruf: Die Bohrungen der Wellendichtringe.....	337
10.3.5	Varianten: Einfügen der Tabelle.....	337
10.3.6	Einfügen von Features in eine Tabelle	338
10.3.7	Die Wellendichtringe: Dateien importieren	340
10.4	Zum Thema Lagerung	340
10.4.1	Die Abstandbuchsen.....	340
10.4.2	Reduzierhülsen.....	341
10.5	Abspalten: Die Gehäusehälften	342
10.5.1	Eltern- und Kind-Dokumente	342
10.5.2	Kind-Dokumente bearbeiten: Anfasen der Dichtflächen	343
10.6	Ausblick auf kommende Ereignisse.....	344
10.7	Dateien auf der DVD	344
11	Baugruppen: Die Kunst des Fügens.....	347
11.1	Gruppen-Arbeit	348

11.1.1	Eine Baugruppe aus abgespaltenen Teilen	348
11.1.2	Tricksen mit SolidWorks: Skizzendaten in abgespaltenen Teilen	348
11.1.3	Serienbohrungen.....	352
11.1.4	Korrekturen im Baugruppenkontext	354
11.1.5	Eigenarten der Bohrungsserien	355
11.2	Der Zusammenbau	356
11.2.1	Bauteile einfügen.....	356
11.2.2	Baugruppenverknüpfungen.....	358
11.2.3	Wiederholteile: Die <i>SolidWorks Toolbox</i>	361
11.2.4	Komponenten im Baugruppenkontext bearbeiten	364
11.2.5	Richtig unterdrücken.....	366
11.3	Die Welle aus Kapitel Vier	366
11.3.1	Intelligente Verknüpfungen	367
11.3.2	Schnellreparatur.....	369
11.3.3	Die Verknüpfungen einer Komponente	371
11.3.4	Einbau der Wellen in das Gehäuse.....	371
11.3.5	Exakte Positionierung ohne Verknüpfung.....	372
11.3.6	Die Abstandsverknüpfung.....	373
11.3.7	Sensoren.....	374
11.3.8	<i>Top-Down, Bottom-Up</i> : Was ist das Richtige?	375
11.4	Unterbaugruppen: Die Lagerdeckel.....	375
11.4.1	Der Konfigurations-Manager: Konfigurieren ohne Tabelle	376
11.4.2	Feinjustage der Deckel	377
11.4.3	Die Eigenschaften einzelner Maße.....	378
11.4.4	Einbau der Lagerdeckel für die Stirnradwelle.....	379
11.4.5	Die Lagerdeckel der Welle	381
11.4.6	Unterbaugruppen <i>in situ</i>	382
11.4.7	Das Gehäuse-Oberteil	384
11.4.8	Verknüpfung ungültig: Die Nachteile der Abspaltung.....	384
11.4.9	Sperren externer Referenzen	386
11.4.10	Der Schaulochdeckel mit Dichtung.....	386
11.4.11	Komponenten austauschen.....	388
11.4.12	Top-Down: Ein Dichtring nach DIN 7603	389
11.5	Kleinmaterial: Der Normteilkatalog.....	391
11.5.1	Ansichtssteuerung via FeatureManager.....	391
11.5.2	Intelligente Verbindungselemente.....	391

11.5.3	Verbindungselemente aus Komponenten.....	393
11.5.4	Kreisförmige Komponentenmuster.....	394
11.5.5	Normteile editieren: Die Dichtflächen	395
11.5.6	Kopieren samt Verknüpfungen: Die Kegelstifte	396
11.5.7	Komponentenmuster linear: Der Schaulochdeckel	397
11.5.8	Zahnradverknüpfung und Animation	398
11.5.9	Eine Bewegungsstudie	399
11.6	Ausblick auf kommende Ereignisse.....	401
11.7	Dateien auf der DVD	401

12	Eine Zeichnungsvorlage nach DIN.....	403
12.1	Das Schriftfeld wählen	404
12.2	Linienarten und Linienstärken	406
12.2.1	Die Zentralsteuerung der Linienstärken	406
12.2.2	Linienstärken kollektiv einstellen	409
12.2.3	Benutzerdefinierte Linienstärken.....	409
12.2.4	Linienarten	410
12.2.5	Die Linienzuordnung für Modellkanten	411
12.3	Einheiten, Gitter und Bildqualität.....	412
12.4	Die Entwurfsnorm.....	412
12.4.1	Hauptebene <i>Beschriftungen</i>	413
12.4.2	Hauptebene <i>Bemaßungen</i>	414
12.4.3	Hauptebene <i>DimXpert</i>	416
12.4.4	Hauptebene <i>Ansichten</i>	416
12.4.5	Hauptebene <i>Virtuelle Eckpunkte</i>	417
12.4.6	Hauptebene <i>Ränder</i>	418
12.4.7	Speichern als <i>Globale Zeichnungsnorm</i>	418
12.5	Das Schriftfeld anpassen.....	419
12.5.1	Variable aus Quelldokumenten.....	419
12.5.2	Ein Schriftfeld abspeichern	423
12.5.3	Variable aus der Zeichnungsvorlage	424
12.5.4	Freitexte und Formularfelder	428
12.6	Layer und Blöcke	430
12.7	Ausblick auf kommende Ereignisse.....	431
12.8	Dateien auf der DVD	431

13 Ansichten eines Bauteils	433
13.1 Bemaßungen vom Modell importieren	435
13.1.1 Modellelemente vom Import ausschließen	435
13.1.2 Modellelemente importieren.....	436
13.2 Arbeiten mit Layern	437
13.2.1 Layer-Logik.....	438
13.2.2 Toleranzen und Passungen.....	440
13.2.3 Maßwerte mit Symbolen.....	441
13.2.4 Der Bemaßungs-Editor	443
13.2.5 Maße, Linien und Kanten einfügen.....	443
13.2.6 Form- und Lagetoleranzen	444
13.2.7 Oberflächensymbole	446
13.2.8 Allgemeine Bearbeitungshinweise.....	447
13.3 Einen Block erstellen	448
13.3.1 Block bearbeiten	454
13.3.2 Block extern speichern.....	455
13.3.3 Linienstärken für Blöcke.....	456
13.3.4 Einen Block auflösen oder löschen	457
13.4 Allgemeine Beschriftung	458
13.5 Unterbrechen der Maßhilfslinien.....	459
13.6 Schnitte und andere Hilfsansichten	460
13.6.1 Ein Querschnitt.....	461
13.6.2 Ein Halbschnitt.....	464
13.6.3 Ein Ausbruch.....	467
13.6.4 Eine Detailansicht	468
13.7 Ausblick auf kommende Ereignisse	470
13.8 Dateien auf der DVD.....	471
 Literaturverzeichnis	 473
 Stichwortverzeichnis	 475

Vorwort zur achten Auflage

Augenpulver der schrillen Art servierten *Dassault Systèmes* ihren Stammkunden im vorletzten Herbst: Aus SolidWorks 2016 waren sämtliche Farben entfernt worden, bis auf Blau. Als Grund nannte man – kein Witz! – die Optimierung des Grafikprogramms für Farbenblinde. Allerdings gab es auch keine Grautöne im Menü und in den Symbolleisten, nicht einmal dunkle Randlinien, um die Schaltflächen vom Editor abzugrenzen. Das Interface versengte die Netzhaut wie etwas, das man am Straßenrand erblickt und wegschaut, damit einem nicht übel wird: bleich, blau, formlos und schwarz. SolidWorks war dermaßen fade, man hätte es getrost mit einer CGA-Karte fahren können. Oder auf einem Braille-Terminal.

Hartnäckige SolidWorks-Kunden machten dem Spuk jedoch ein Ende.

Und deshalb kommen Sie nun – wahlweise – in den Genuss des frohen, bunten *Classic-Skins* mit seinen Farb-Codes, der auch durchgängig in diesem Buch verwendet wird: die Gnade der späten Version!

Ein Wort an die Freunde des 3D-Printings: Sie haben vom Selber-Modellieren erheblich mehr als vom Selber-Drucken. Denn letzteres ist eigentlich ein Handwerk, das in einen Fachbetrieb gehört. Der hat zum Einen mehr Geld für anständige Maschinen und gute Werkstoffe und zum Anderen viel mehr Zeit und Lust, sich damit herumzuzürgern.

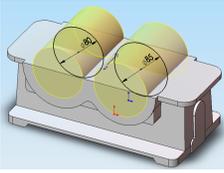
Ein Letztes: Gehen Sie mit Ihrem Produktionsrechner vom Internet. Denn nicht nur stellt dieses im Zeitalter von *ransomware* ein erhebliches Sicherheitsrisiko dar. Das ständige Belämmern stiehlt Ihnen auch Zeit und wertvolle Gedanken, die Sie zum Konstruieren brauchen.

Und das wird Ihrem Auftraggeber nicht gefallen.

Viel Freude mit dem neuen, restaurierten SolidWorks-Buch wünscht Ihnen nun

Harald Vogel

Aachen, im Sommer 2017



- Schließen Sie die Skizze und nennen Sie sie **Skizze Bohrung Lagerschalen**.
- Extrudieren Sie die Skizze mit einem *linear ausgetragenen Schnitt* in beide Richtungen, jeweils wieder mit der Endbedingung *bis nächste*.

Nennen Sie das Feature **Bohrung Lagerschalen**. Ziehen Sie es dann im FeatureManager unter die *Lagerschalen*.

Wir haben hier wieder eine Ausnahme von der wichtigen Regel gemacht, dass Skizzen voneinander unabhängig sein sollten. Bei den Lagerbohrungen ist die Abhängigkeit allerdings sinnvoll, denn die Schalen und ihre Bohrungen sollen stets konzentrisch bleiben.

6.3 Erzeugen der Wandungen

Nun gehen wir daran, das gesamte Bauteil auszuhöhlen – und zwar mit gleichmäßiger Wandstärke, wie es in der Gussgestaltung favorisiert wird. Wieder gibt es mehrere Möglichkeiten, wieder gibt es eine gute.

6.3.1 Das Feature *Wandung*



Natürlich gibt es in SolidWorks wie in jeder MCAD-Software ein Wandungs-Feature:

- **Speichern** Sie Ihr Bauteil und wählen Sie *Einfügen, Features, Wandung*. Hierauf erscheint der PropertyManager für Wandfeatures. Wählen Sie eine beliebige Kombination von Flächen des Modells. Auch *alle* sind erlaubt.
- Stellen Sie eine Wandstärke von **10 mm** ein und bestätigen Sie, nur um zu sehen, was SolidWorks vorschlägt – denn eigentlich sollten **vor** der Wandstärke noch Gehäuseverrundungen definiert werden. Mit der *Schnittansicht* verschaffen Sie sich Klarheit – falls Sie es überhaupt soweit bringen (Abb. 6.7)!

Der erste Eindruck ist nicht schlecht. Allerdings sollten die Lagerschalen nicht ausgewandt werden, ebenso wenig wie der Ölablass und die vielen kleinen Winkel, die durch die Wandung des Lagersattels entstehen . . .

- Sie können jetzt versuchen, mit Hilfe des oberen Auswahlfeldes alle *Flächen* zu *entfernen*, die nicht ausgewandt werden sollen. Allerdings werden Sie so nicht die Bildung von Wandungen verhindern, sondern statt der Flächen Durchbrüche erzeugen.
- Das untere Auswahlfeld ermöglicht Ihnen, Flächen mit *unterschiedlicher Wanddicke* zu versehen. Setzt man die Wandstärke hoch, so kann man einige Löcher der Lagereinspannung „zuschmieren“.

Sehr präzise ist das alles jedoch nicht, und es kommt immer wieder zu spektakulären Fehlermeldungen, abgesehen von der immer länger werdenden Regenerationszeit – was immer ein schlechtes Zeichen ist! Gefahr ist im Verzuge, wenn bereits die Option *Vorschau anzeigen* keine Wirkung zeigt. Dies gilt übrigens generell in SolidWorks (Abb. 6.8).

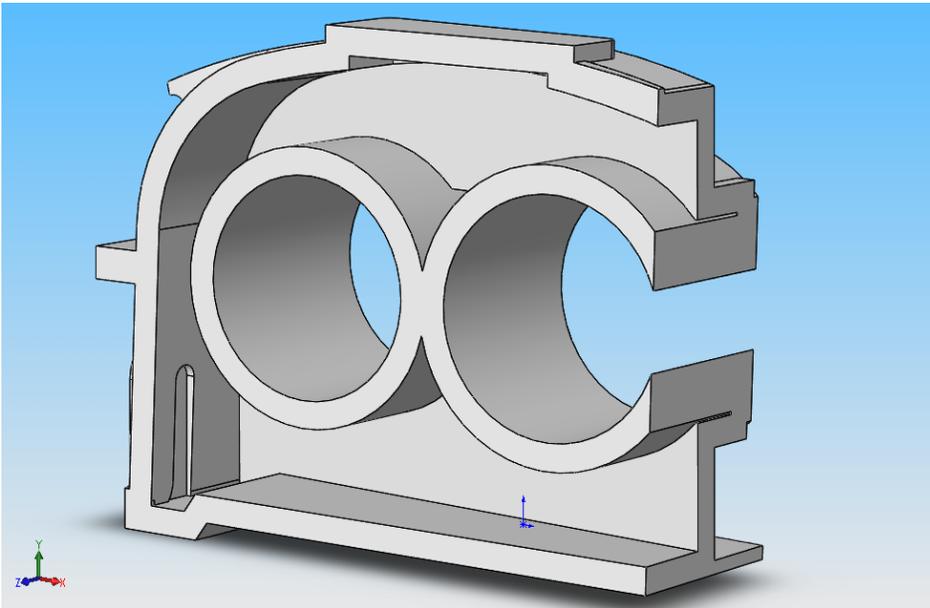


Bild 6.7:
Das Wandungsfeature liefert ein gleichmäßig ausgehöltes Gehäuse. Zu gleichmäßig allerdings.

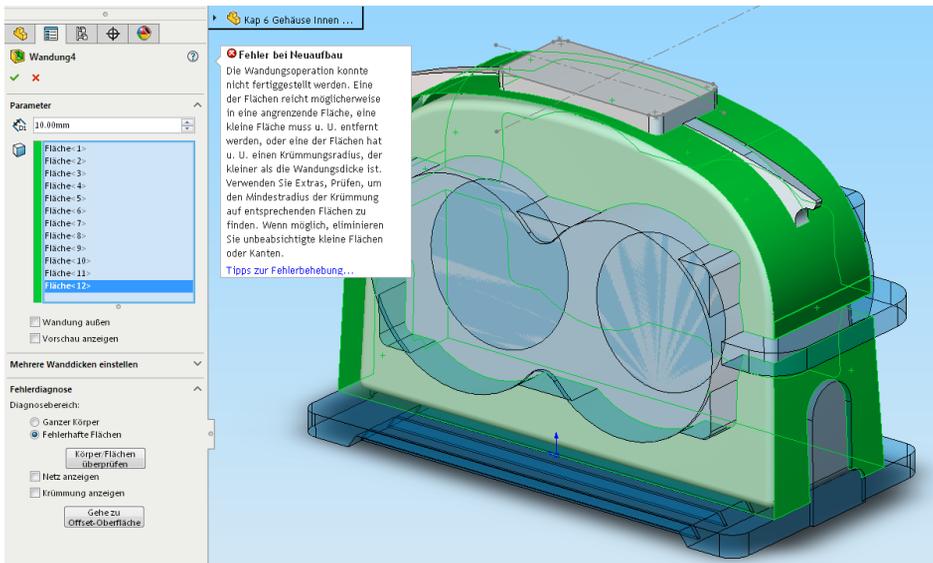
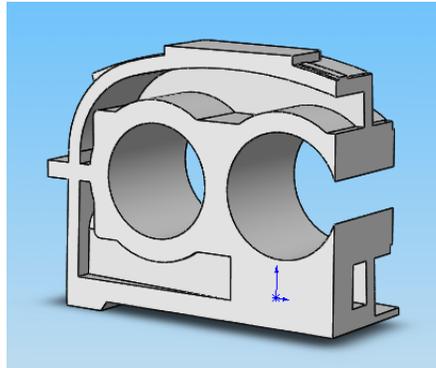


Bild 6.8:
Fehler büschelweise:
Das Wandungsfeature ist hauptsächlich für *einfache* Bauteile gedacht.

Wir können's drehen und wenden: Wir erzeugen mit etwas Glück vielleicht ein Hohlteil, aber kein brauchbares Modell für den Stahlguss. Wir brauchen dicke Lagerschalen und eine dünne Wandung. Die Ölblassfläche sollte überhaupt nicht ausgehöhlt werden, weil dies die Entfernung der Gussform – das Entformen – erschwert.



- Sie können es damit versuchen, das Wandungs-Feature im FeatureManager immer weiter nach oben zu schieben. Nicht ausgewandete Features verstopfen dann allerdings wieder den Innenraum.

Nein, das Wandungs-Feature ist für diesen Zweck ungeeignet. Wir müssen irgendwie „zu Fuß“ einen Kern basteln, der vom Inneren des Gehäuses abgezogen wird. Idealerweise sollte dieser Kern automatisch mit den Verformungen des Außenkörpers mitgehen.

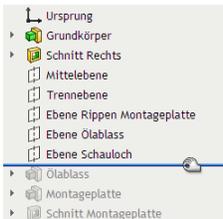
6.3.2 Der Einfügemodus: Features für Vergessliche

Auch die ausgebuffteste Software kommt nicht ohne den einen oder anderen alten Trick aus. Der Trick heißt hier **Boole'sche Differenz**: Wir fertigen einen Innenkörper an, der allseitig um die gewünschte Wandstärke kleiner ist, ziehen ihn dann vom Grundkörper ab – und der erwünschte Hohlraum bleibt übrig. Soweit die Theorie.

Zunächst fertigen wir eine verkleinerte Kopie des Grundkörpers:

- Unter dem letzten Eintrag im FeatureManager befindet sich der *Einfügebalken*. Er markiert den momentanen Schluss des Hierarchiebaums. Ziehen Sie ihn nach oben, bis er unter dem *Grundkörper*, dem *Schnitt rechts* und den darunter befindlichen Ebenen steht.

Ergebnis: Im Editor ist jetzt nur noch der Grundkörper zu erkennen, die anderen Features sind verschwunden. Dies wird in SolidWorks als **Einfügemodus** bezeichnet, wie Sie ihn auch schon in Abschnitt 4.4.8.1 auf S. 151 angewendet haben. Sie sind also jederzeit in der Lage, Features **nachträglich** in der Mitte des Feature-Baums einzufügen – auch wenn dies nicht immer ratsam ist: Hierdurch können Sie logische Fehler ins System eintragen, die sich erst später auswirken.



6.3.3 Offset-Elemente

Unser Ansinnen jedoch ist harmlos, wir wollen lediglich ein paar Kopien anfertigen:

- Blenden Sie den Volumenkörper aus und die *Skizze Grundkörper* ein. Erstellen Sie auf der *Ebene vorne* eine neue Skizze.
- Klicken Sie rechts über einer Linie der Grundskizze und aktivieren Sie die *Kettenauswahl* – dadurch wird die *gesamte* Kontur gewählt. Rufen Sie dann *Extras*, *Skizzieren*, *Offset Elemente* auf. Im PropertyManager stellen Sie nun als *Offset 10 mm* ein. Aktivieren Sie *Umkehren*, um eine verkleinerte Kopie zu erzeugen. Bestätigen Sie dann (Abb. 6.9).
- Schließen Sie die Skizze und nennen Sie sie **Skizze Wand Grundkörper**.



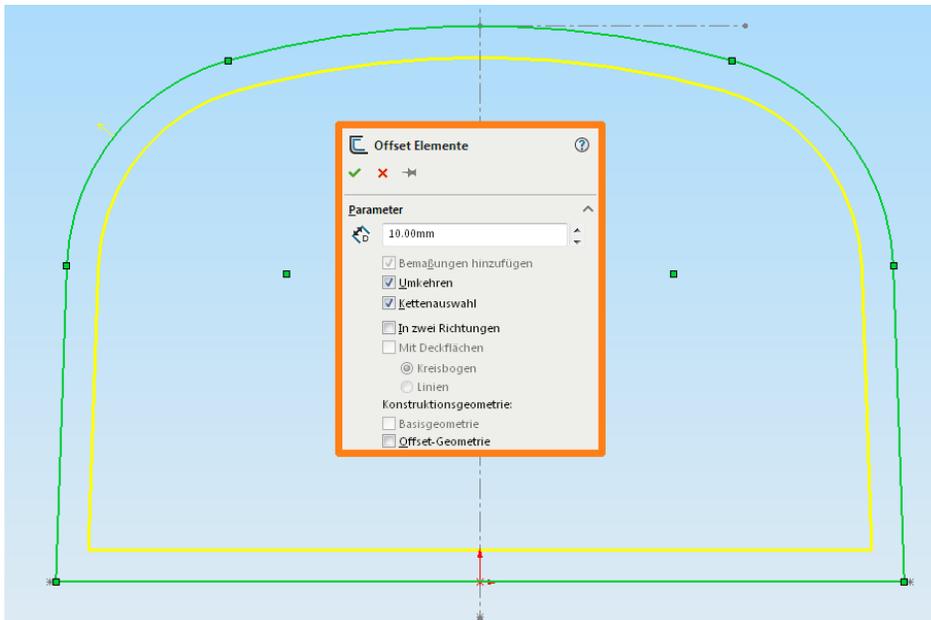


Bild 6.9:

Die erste Kontur des Kernteils steht. Da es sich um eine Musterfunktion handelt, kann der Versatzwert jederzeit wieder geändert werden – und damit auch die Wandstärke.

Die Funktion *Offset Elemente* bewirkt übrigens keine einfache Skalierung. Die entstehende Kontur ist **äquidistant**, d.h. sie ist in Normalenrichtung überall gleich weit vom Ursprungselement entfernt. Sie ist dem Original **ähnlich**, aber nicht mit ihm identisch. Probieren Sie dies aus, indem Sie den Versatzwert versuchsweise steigern.

- Zeigen Sie dann die *Skizze Schnitt rechts* an. Fügen Sie eine neue Skizze auf der *Ebene rechts* ein und führen Sie die gleiche Operation wie eben für diesen Querschnitt aus. Nennen Sie die neue Kontur **Skizze Wand Schnitt rechts**.

Sie bemerken übrigens, dass geschlossene Skizzen im FeatureManager von ganz unten vor die Position des Einfügebalkens springen. Sie werden also tatsächlich eingefügt.

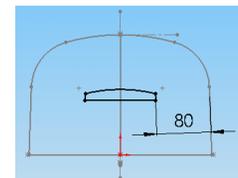
- Blenden Sie nun die beiden Mutterskizzen aus, um Irrtümer zu vermeiden. Stellen Sie eine isometrische Ansicht ein.

6.3.4 Der Nutzen von Mehrkörper-Bauteilen

- Tragen Sie die *Skizze Wand Grundkörper* linear bis zum *Eckpunkt* der zweiten Skizze – *Skizze Wand Schnitt rechts* – aus, ähnlich wie Sie es vorhin beim Grundkörper getan hatten. *Deaktivieren* Sie die Option *Ergebnisse verschmelzen*,

denn wir haben es auf einen **zweiten Körper** in der Bauteildatei abgesehen, das dadurch zu einem sogenannten **Mehrkörper-Bauteil** avanciert.

- Nennen Sie das Feature **Wand Grundkörper**.

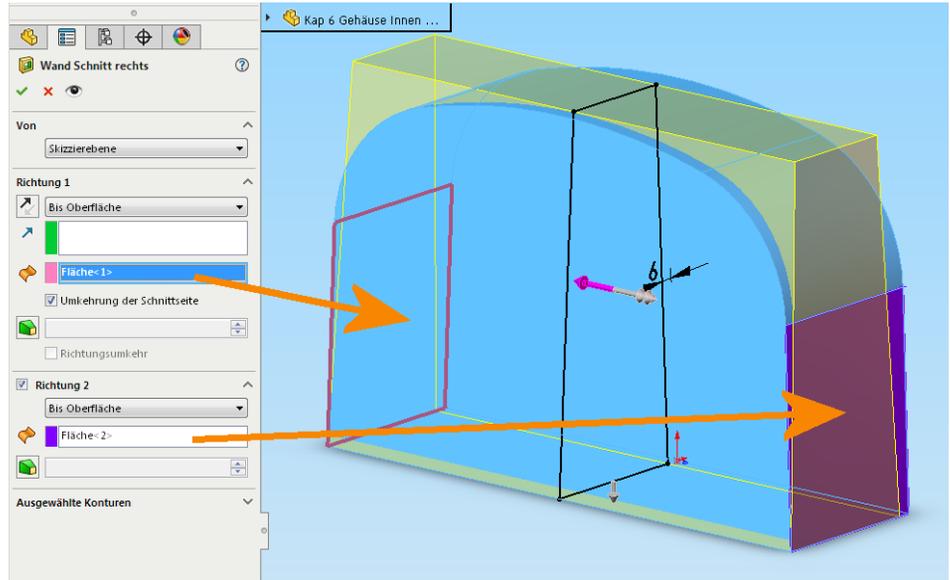




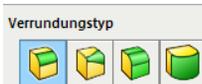
- Tragen Sie dann mit einem *linear ausgetragenen Schnitt* die *Skizze Wand Schnitt rechts* aus, genau wie beim großen Vorbild in zwei *Richtungen*, und zwar jeweils mit der Endbedingung *Bis Oberfläche*. Wählen Sie nacheinander die Seitenflächen von *Wand Grundkörper* (Abb. 6.10, Pfeile). Kehren Sie die *Schnittseite* um. Das Feature heißt **Wand Schnitt rechts**.

Bild 6.10:

Extrusion und Schnitt des Innenkörpers erfolgen ganz analog zum Grundkörper



Hier existiert keine Option *Verschmelzen*, da es sich um ein Schnittfeature handelt.



6.3.5 Verrunden des Innenkörpers

Die Aushöhlung sollte von innen verrundet sein, wie alles an einem Gussteil. Statt jedoch die Verrundungen hinterher mühselig im Innern des Gehäuses zu platzieren, bringen wir sie schon jetzt am Kern an, auch wenn wir damit Kapitel 9 (ab S. 285) vorgreifen:

- Wählen Sie *Einfügen, Features, Verrundung* und dort den ersten der vier Verrundungstypen, *Verrundung mit konstanter Größe*.
- Aktivieren Sie *Tangentenfortsetzung*, um ganze Kantenzüge statt nur Einzelstücke zu wählen.
- Stellen Sie in den *Verrundungsparametern* einen Radius von **5 mm** ein. Wählen Sie dann am Schnittkörper die vordere Ebene, die hintere Ebene und die beiden Seitenkanten am unteren Ende. Damit sollten sämtliche Kanten gewählt sein und die *vollständige Vorschau* überall gelbe Radien anzeigen. Bestätigen Sie.

Der resultierende Körper ist nun allseitig abgerundet und um eine Wandstärke von allseits 10 mm kleiner als die Mutterskizzen. Überprüfen Sie dies vorsichtshalber durch Einblenden dieser Skizzen (Abb. 6.11).

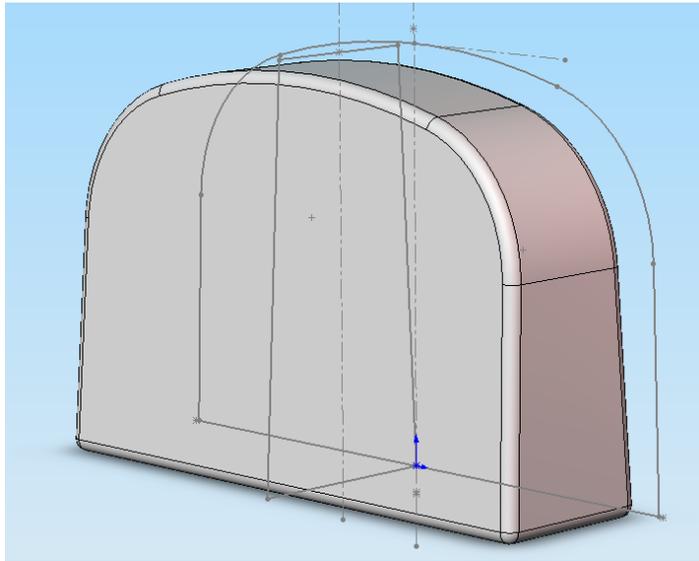


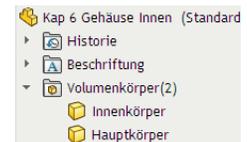
Bild 6.11:

Diese verkleinerte Kopie des Grundkörpers wird bald den Hohlraum des Gehäuses bilden – und zwar komplett mit Innenradien.

6.3.6 Der Volumenkörper-Modus

Um mit *Boole'schen Operationen* operieren zu können, müssen Sie mit ganzen Volumenkörpern arbeiten – Features haben hier nichts verloren!

- Dazu öffnen Sie im FeatureManager ganz oben den Eintrag *Volumenkörper*. Jetzt sollte hier *Volumenkörper(2)* stehen, denn wir haben ja nun einen nicht verschmolzenen, zweiten Volumenkörper in diesem Mehrkörper-Bauteil.
- Benennen Sie zunächst die Volumenkörper um: *Bohrung Lagerschalen* war der Name des letzten Features am **Hauptkörper**, der andere muss demzufolge der **Innenkörper** sein.
- Blenden Sie beide Volumenkörper ein und ziehen Sie den Einfügebalken wieder ganz nach unten.



6.3.7 Alt, weil bewährt: die Boole'schen Operanden

Jetzt aber endlich zu dem „uralten Trick“: In den Anfängen des dreidimensional-virtuellen Konstruierens am Computer wurde zur Bildung komplexer Objekte die **CSG** benutzt, die **Constructive Solid Geometry**, zu Deutsch etwa *Modellieren mit Festkörpern*. In der CSG baute man Objekte durch Verknüpfung von Körpern mit Hilfe der Boole'schen Operationen **Addition**, **Subtraktion** und **Schnittmenge** auf, in einer Art geometrischer Mengenlehre – es ist in etwa so mühselig, wie es sich anhört. In Solid-



Works ist die CSG allgegenwärtig und doch versteckt; explizit hat sie sich nur in Form des Featurebefehls *Kombinieren* gehalten:

- Rufen Sie *Einfügen, Features, Kombinieren* auf.

Frei nach GEORGE BOOLE, *The Mathematical Analysis of Logic*, 1847 – gibt es genau drei Operanden:

Die **Union** oder *Hinzufügen* vereinigt zwei Körper, so dass sie zu einem einzigen werden. Es gibt keine Priorität, die Körper sind austauschbar, genau wie es Assoziativ- und Kommutativgesetz der Mengenlehre vorsehen. Eins plus eins ergibt eins.

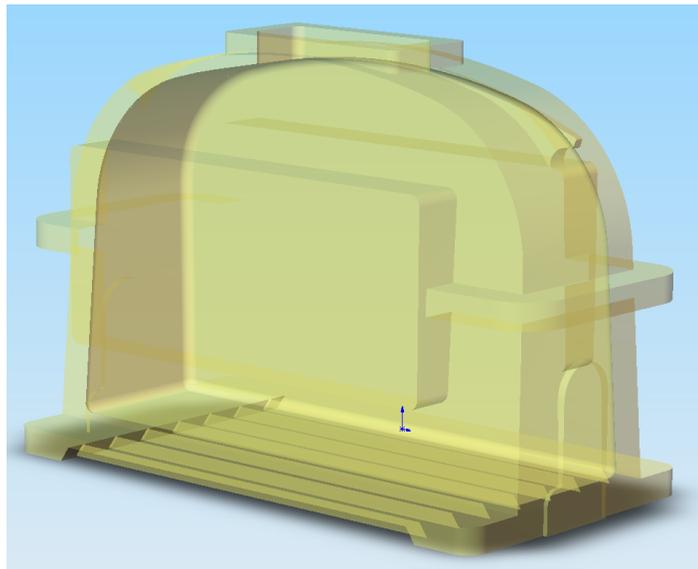
Die **Subtraktion** oder *Entfernen* zieht den einen Körper vom anderen ab, sodass Leere entsteht, wo vorher beide Körper waren. Die Priorität liegt in der Wahl eines *Hauptkörpers* oder Minuenden, von dem der *zu kombinierende Körper* oder Subtrahend abgezogen wird. Genau wie in der Differenz (bzw. dem Komplement) der Mengenlehre und der algebraischen Subtraktion sind die beiden nicht austauschbar. Eins minus eins ergibt allerdings auch hier eins – wirklich sehr einfach, diese Boole'sche Arithmetik!

In Umkehrung der Subtraktion lässt die **Schnittmenge** – beziehungsweise *Gemeinsam* – nur das übrig, was von beiden Körpern eingenommen wurde. In der realen Welt ist das natürlich ein *Uding*, weshalb der Gebrauch der Schnittmenge auch am schwersten zu erlernen ist. Hier gibt es wiederum keine Priorität, die Körper sind austauschbar. Eins geschnitten mit eins ergibt null bis einige. *Oha!* Doch nicht ganz so einfach.

- Wählen Sie *Entfernen*. Als *Hauptkörper* wählen Sie den großen Hauptkörper aus dem aufschwingenden FeatureManager, Abteilung *Volumenkörper*.
- Einziger *zu kombinierender Körper* ist natürlich unser *Innenkörper*. Mit der Schaltfläche *Vorschau ein-/ausblenden* verschaffen Sie sich einen ersten Eindruck. Bestätigen Sie dann und nennen Sie dieses Feature **Wandung** (Abb. 6.12).

Bild 6.12:

Noch ist es umgekehrt:
Das Innenteil massiv, der
Hauptkörper luftig.



6.3.8 Die Endbedingung *bis Nächste*

Dabei zeigt sich, dass die Lagerbohrungen verschwunden sind, genauer gesagt – sie sind nun zu kurz geraten: Weil als Endbedingung dieses Schnittes *bis nächste* eingestellt wurde, reicht der Schnitt nur noch bis zur Grenze des Innenkörpers und ist also unsichtbar, wie die *Schnittansicht* beweist.

- Ändern Sie dies, indem Sie die *Bohrung Lagerschalen* im FeatureManager unter die Kombination *Wandung* ziehen.

Das entstehende Teil ist bereits sehr überzeugend: Wenn Sie durch die Bohrungen hineinschauen, erkennen Sie, dass die Aushöhlung perfekt ist. Sogar die Radien sind bereits integriert – und Sie waren *nicht* gezwungen, das Bauteil in alle möglichen Richtungen zu drehen, um sie anzubringen (Abb. 6.13)!

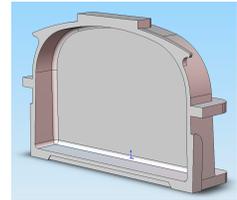
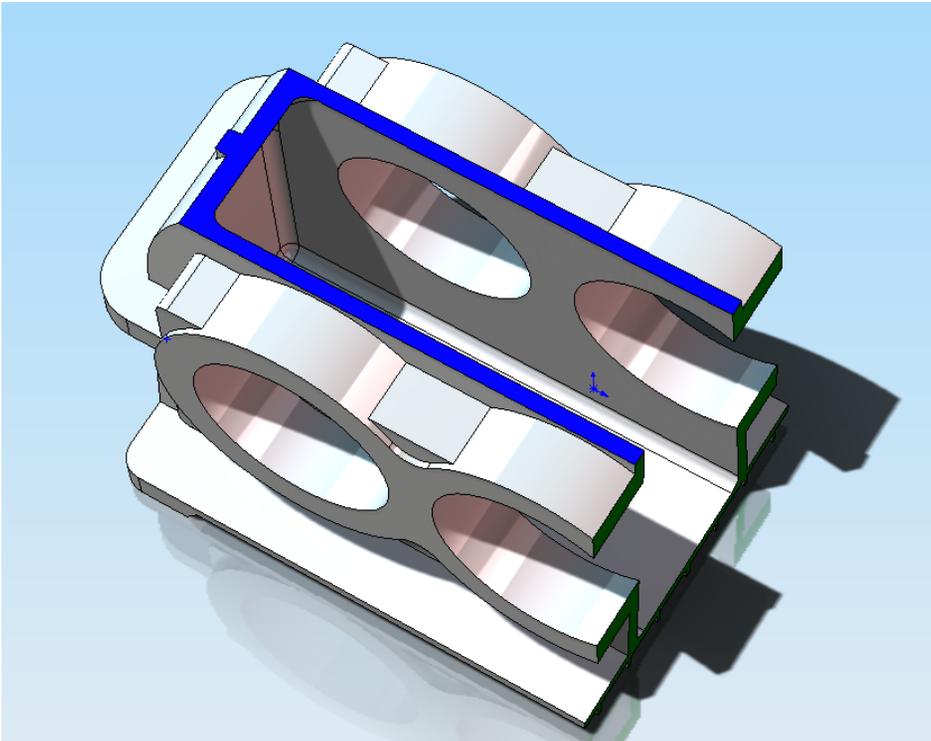


Bild 6.13:

Das Gehäuse hat eine Menge Gewicht verloren. Die Kombination verleitet indessen dazu, den *Innenkörper* zur Bildung des Gusskerns heranzuziehen.



Wenn Sie mit der *Schnittansicht* arbeiten, was bei Hohlkörpern immer zu empfehlen ist, erkennen Sie noch eine weitere Möglichkeit: Das Schauloch sollte ja eigentlich auch röhrenartig sein, und es ist nicht viel Aufwand, ein verkleinertes Offset-Doppel des Schaulochs an den *Innenkörper* anzuhängen:

- Heben Sie den Einfügebalken im FeatureManager über das Feature *Wandung*, um wieder Zugriff auf die einzelnen Volumenkörper zu haben. Blenden Sie den *Haupt-*



6 Einblicke in einen Volumenkörper

körper aus und den *Innenkörper* ein. Letzteren benötigen wir als Schablone. Blenden Sie die *Ebene Schauloch* und die *Skizze Schauloch* ein.



- Beginnen Sie eine neue Skizze auf der *Ebene Schauloch*. Erzeugen Sie mit der Funktion *Offset Elemente* eine verkleinerte Kopie der *Skizze Schauloch* und stellen Sie den Versatz auf **8 mm** ein. *Verrunden* Sie die neue Skizze dann mit **5 mm**-Radien. Schließen Sie die Skizze und nennen Sie sie **Skizze Wand Schauloch** (Abb. 6.14).
- Extrudieren Sie diese Skizze mit der Endbedingung *Bis nächste* in Richtung des *Innenkörpers*. Wählen Sie die Option *Verschmelzen*. Nennen Sie das Feature **Wand Schauloch**.

Bild 6.14:

Auch Offset-Skizzen kann man nachträglich noch verrunden. Im Bild der Innenkörper von oben.

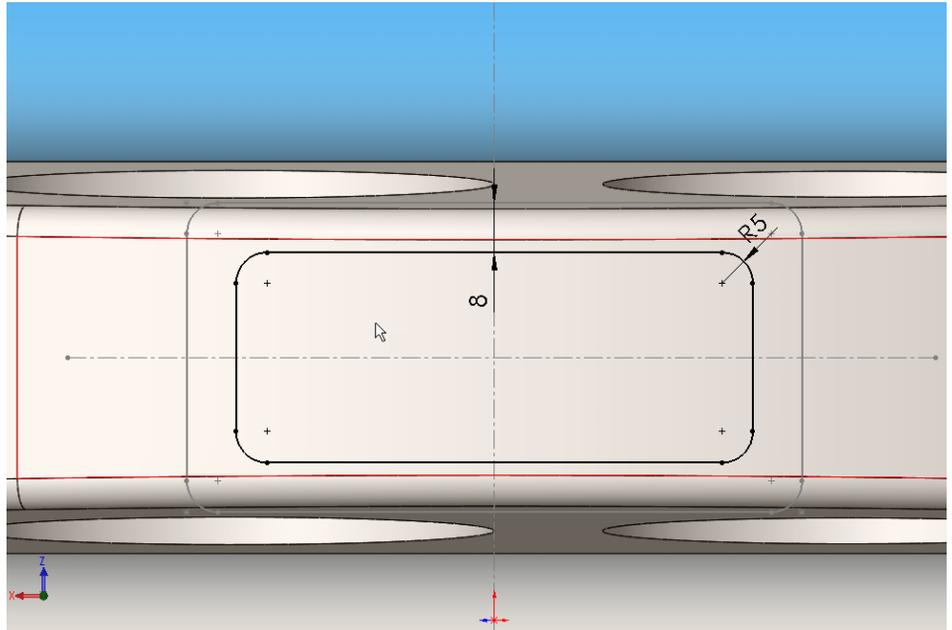
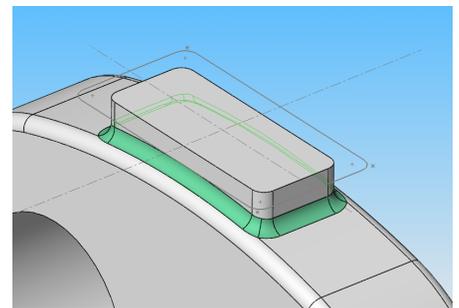


Bild 6.15:

Ineinander laufende Radien sind für SolidWorks zum Glück kein Problem mehr. Eingebildet in Grau ist auch noch die Mutterskizze des Schau Lochs.

- Bringen Sie in der Kehle des Übergangs eine Verrundung von **5 mm** an. Wenn Sie eine der Kanten wählen, sollte die Funktion *Tangentenfortsetzung* die Kette bereits erkennen und den Radius rundum laufen lassen (Abb. 6.15).
- Jetzt brauchen Sie nichts weiter zu tun, als das Boole'sche Feature *Wandung* wieder zu reaktivieren, und die Änderung wird übernommen. Unser Gehäuse wird einem Gussteil immer ähnlicher.



6.3.9 Mehrkörperbauteile: Das Dilemma mit den Bezügen

Wenn Sie nun eine Fehlermeldung erhalten, sobald Sie die *Rippen Montageplatte* reaktivieren, so liegt dies daran, dass seit ihrer Definition ein ganzer Volumenkörper hinzugekommen, die Hierarchie also nicht mehr eindeutig ist – anders gesagt: Die Rippen wissen nicht mehr, wohin sie gehören. Auch hier geht die Korrektur schnell vorstatten:

- *Unterdrücken* Sie die Kombination *Wandung*, um wieder Zugriff auf die beiden Volumenkörper zu haben.
- Öffnen Sie dann das Feature *Rippen Montageplatte*.

Der PropertyManager ist um ein Auswahlfeld reicher geworden, seit unser Getriebe zu einem Mehrkörper-Bauteil wurde: Unterhalb der *Typ*-Option ist es möglich, einen Volumenkörper zu wählen, auf den sich dieses Feature bezieht.

- Wählen Sie im *aufschwingenden FeatureManager* unter der Rubrik *Volumenkörper* den *Hauptkörper*, sodass dieser im Auswahlfeld eingetragen wird, bestätigen Sie und lassen Sie das Modell regenerieren.

Sie sehen also: Wenn Sie vorhaben, ein Mehrkörperbauteil zu definieren, so tun Sie dies **möglichst frühzeitig** im Entwurf. Denn wenn Sie viele Features haben, bedeutet es eine Menge Arbeit, sie alle nachträglich zuzuordnen.

- Hilfreich ist hier auch wieder die Schnittansicht: Mit einer zweiten Schnittebene können Sie das Gehäuse in zwei und maximal drei Ebenen schneiden (Abb. 6.16).

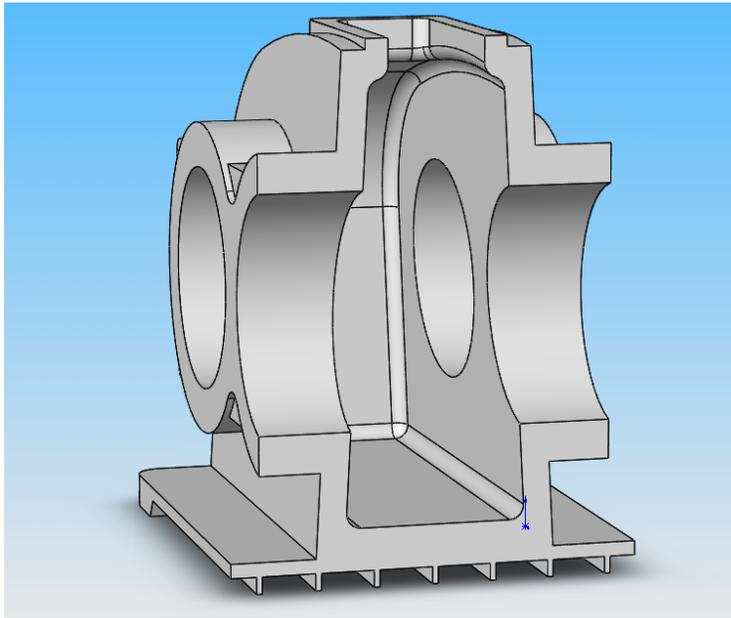


Bild 6.16:

Das Schauloch besitzt bereits die richtige Form. Was fehlt, sind die Lager-schalen auf der Innenseite.

Nun sind wir also doch noch ohne das Wandungs-Feature ausgekommen, und das war höchstwahrscheinlich auch wesentlich schonender fürs Nervenkostüm. Denn unser selbst gebastelter Gusskern verhält sich so automatisch, wie man sich das nur wünschen kann: Wenn Sie nun etwas an der Skizze des Grundkörpers oder des Seitenschnitts ändern, oder etwa das Schauloch an eine andere Position verlegen, werden all die Features des Innenkörpers selbsttätig folgen, da sie zu hundert Prozent von diesen Skizzen abhängen.

6.3.10 Die Ansichtsteuerung VI: Schnittansichten

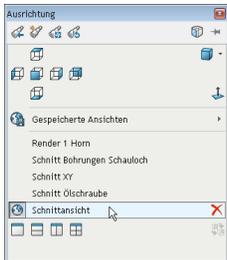
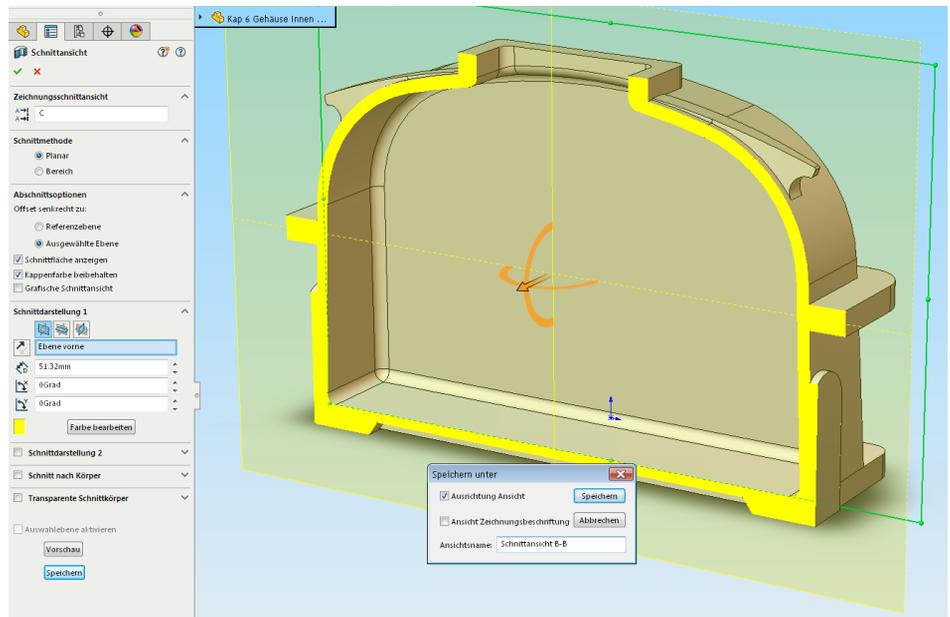


Mit der Innenansicht unseres Gehäuses kommen Sie immer mehr in den Genuss der Schnittfunktion. Da sollten Sie auch langsam von der Möglichkeit Gebrauch machen, Schnittansichten zu speichern:

- Schneiden Sie das Gehäuse von vorne her auf, so dass Sie von innen auf die Lagerbohrungen sehen können. Hierzu wählen Sie unter den drei Schaltflächen unter *Schnittdarstellung* zunächst die Hauptebene aus. (Abb. 6.17).

Bild 6.17:

Innenarbeiten lassen sich leichter ausführen, wenn man das Gehäuse aufschneidet. Dabei lassen sich die Schnittkonfigurationen als benannte Ansicht speichern.



Sie sehen auch, dass der Schnitt hier nicht in Blau, sondern in Gelb angezeigt wird – Sie können bei allen drei Schnittrichtungen die *Farbe bearbeiten*.

- Wählen Sie *Speichern*, so erscheint ein Dialogfeld mit den Zusatzoptionen, mit denen Sie zum Einen bestimmen können, dass dieser Schnitt als *Benannte Ansicht* gespeichert und im Dialogfeld *Ausrichtung* angeboten werden soll,

Stichwortverzeichnis

\$PRP 425, 428
\$PRPMODEL 428
\$PRPSHEET 421, 428
\$PRPVIEW 428
\$STATUS 146, 339
(-), Unterbestimmung 53
<DIM> 440
3D-Ansichten 49
3D-Navigations-Hardware 27, 30

A

Abspalten 342
 Eltern-Datei 343
 Kind-Datei 343
 Probleme 349
 Resultierende Körper 343
 Skizzen Daten 349
 zu Baugruppe 348
Addition 223
Anpassen
 Befehle 13
 Kategorie 13, 14
Ansicht
 Achsen 113
 Ausrichtung 28
 benannt 159, 160
 Definition 28
 Dialogfeld Ausrichtung 128
 Drahtdarstellung 31
 drehen 23, 29
 Entwurfsqualität für Verdeckte
 Kanten ausgeblendet/sichtbar 44
 neu 160
 Normal auf 31, 53
 Normalansicht 87
 Perspektive 32
 Schattendarstellung 31
 Schattiert 31

Schnitt- 32
Schnittansicht speichern 228
Shortcuts 31
Standard- 31
 um Mauspunkt zoomen 29
Verdeckte Kanten ausgeblendet.. 31
Verdeckte Kanten sichtbar 31
Verschieben 29
 vorherige 28
 Zoomen 28
Ansichtenauswahl 85
Ansichtssteuerung
 Linkshändermaus 87
 Maus 85
 mit Pfeiltasten 30
 Tastatur 86
 transparent 87
 wie Inventor 87
Äquidistanz 221, 274
Assistent zur Kopie der
 Anwenderinstellungen 50
Auf Kante 271
Aufsatz/Basis
 Ausformung 122
 austragen 134
 rotiert 111
Aufschwingender FeatureManager. 99
Ausbruch 467
Ausformung 122
ausgeblendete Features wählen 190
Ausrichtung 128, 229
Austauschformat 47
 3D-PDF 48
 ACIS 48
 CadKey 47
 Catia 47
 DWG, DXF 47, 49
 eDrawing 48

IGES 5.3	47	Bemaßung	
Inventor	47	benennen	136
Parasolid	48	Doppelter Abstand	110
Pro/Engineer.....	47	Durchmesser.....	110
Rhino	47	Farbe	94
STEP	47	Für Zeichnung markiert	436
UniGraphics/SolidEdge	47	Genauigkeit	136
VDA-FS.....	47	gesteuert	93
Austragung.....	134	Hilfsmaß	94
Pfad.....	134	horizontal, vertikal.....	74
Profil.....	134	Intelligent.....	57
Schnitt.....	206	kleine Winkel.....	120
Auswahl		Name.....	123
-filter	88, 89, 286, 326	Primärer Wert	136
-liste.....	70	Projiziert	434
-Symboleiste	289	Schriftart (Bauteil).....	80
Zug- und Inversrahmen.....	435	Skalierung der Skizze	110
Auswählen	8	steuernd	57
Automatische Beziehung	166	Unterschied CAD/MCAD	57
Farbe.....	54	Wahr.....	434
Automatische Beziehungen.....	34	Wert	123
B		Winkel.....	90
Backup.....	36	Benutzeroberfläche konfigurieren...10	
Baugruppe.....	347	Bereich.....	229
Basisteil	371	schraffieren/füllen.....	452
bearbeiten	365	Bestätigungs-Eckfeld	26
Freiheitsgrade	347	Bewegungsstudie	399
Komponente ersetzen.....	388	Beziehungen	
Kontext	364	Anzeige im FeatureManager.....	98
Neue Unterbaugruppe	382	anzeigen/löschen	78, 88
Popup-Dialogfeld.....	358	bestehende.....	56, 69
referenzierte Modelle speichern	366	im PropertyManager	88
Unterbaugruppe	379	löschen.....	89
Verknüpfung	358, 385	Muster bearbeiten.....	185
Bauteil		Muster erstellt<n>	60
in Baugruppe definieren.....	389	zwischen Features	180
intelligentes	73	zyklische	127
Logik.....	141	Bezugshinweis.....	419, 422
Statistik	186	Endsymbol	414
Beleuchtung im Editor	214	Hinweislinie	423
		Verknüpfung zu Eigenschaft	420
		Bis Oberfläche.....	273

- Blatt bearbeiten 421
 Blattformat 404
 bearbeiten 419, 420
 Font und Größe 427
 speichern 424
 Block 448
 als Instanz 455
 Attribute 454
 auflösen 457
 bearbeiten 454
 Bemaßungen anzeigen 454
 definieren 452
 Definition löschen 457
 einfügen 456
 extern speichern 455
 Layer 456
 löschen 457
 Pfad 455
 skalieren 451
 verschiedene Linieneigenschaften
 456
 Bohrskizze 236
 mit Gleichung 241
 Bohrung 235
 kegelförmig 251
 Skizze 325
 verschieben 256
 Bohrungsassistent 237
 Durchgangsloch 248
 Favorit 238
 Formsenkung 238
 gelbes Editierfeld 238
 Gewindebohrung 236, 238
 Gewindedarstellung 238
 Gewindetyp 238
 Position 239
 Serienbohrung 352
 Bohrungsserie 352
 Verhalten 355
 Bohrungsspezifikation, s. a.
 Bohrungsassistent 237
 Boole
 Operation 51, 220, 223
 Schnittmenge 166
- C**
 CommandManager 8
 ConfigurationManager 138
 Constraint, s. Skizzenbeziehung 78
 Constructive Solid Geometry, CSG 51,
 223
 Cursor-Formen 24, 54
- D**
 Datei
 Backup 36
 Eigenschaften 419
 -eigenschaften aus
 Textfeldern 430
 importieren 340
 -positionen (Optionen) 406
 Sicherung automatisch 36
 wiederherstellen nach Absturz 36
 Deckungsgleich 25, 56
 Detailansicht 468
 Detaillierte Vorschau 53, 170
 DIN-Liniengruppe, Umstellung der
 Zeichnung 408
 DisplayManager 214
 Dokumentvariable
 Datumsformat 426
 Dokumentvorlage 46
 Drahtdarstellung 31, 233
 Dreipunkt-Kreisbogen 197
- E**
 Ebene 22
 einblenden 23
 Haupt- 23
 vorne, oben, rechts 23
 Ecken abrunden 291
 Ecken-Rechteck 71
 eDrawing 48
 Einfrieren-Leiste 266

Einfügebalken	152, 220	sperrn	386
Einfügen Teil	328	Teil einfügen	323
Einheitsgenauigkeit	378	Extrusion, s. Linear ausgetragener Aufsatz.....	26
Elemente			
spiegeln	79		
trimmen.....	236		
übernehmen.....	197		
verlängern.....	232, 236		
Eltern/-Kind-Beziehung.....	187		
Endbedingung	61		
Bis Eckpunkt.....	144, 169, 232		
Bis nächste.....	170, 216		
Bis Oberfläche.....	273		
Durch alles.....	144, 180		
Mittig.....	175		
Richtungen	170		
Entwurf			
Bottom-Up.....	375		
Top-Down.....	375		
Entwurfsnorm	412		
alternative Liniengruppe.....	417		
Ansichten.....	416		
Bemaßungen.....	414		
Beschriftungen	413		
DimXpert.....	416		
Endsymbol.....	414		
Hinweislinie.....	416		
Maßhilfslinie	416		
Maßlinie	416		
Schnittansicht	417		
Textausrichtung	416		
virtuelle Eckpunkte.....	417		
Ergebnis verschmelzen....	60, 200, 221		
Erscheinungsbild.....	273		
Erstellungshistorie	157		
Excel			
Version.....	135		
Zellenautomatik.....	139		
Zellenformel	139		
Externe Referenz.....	322		
Aktualisierung.....	323, 330		
In Kontext bearbeiten	324		
		F	
		Fangpunkt	25
		Farbe	11, 342
		Einstellung	12
		zur Orientierung	306
		Farbschema	
		eigenes	12
		Farbenkodierung	12
		Klassisch	12
		Fase	109, 302
		Feature	26
		Abspalten.....	342
		Aufsatz/Basis rotiert	111
		Baugruppe erstellen	348
		bearbeiten.....	52
		Bemaßung	321
		-Bereich	271
		Charakteristik.....	54
		einfügen.....	62, 220
		Eltern/-Kind-Beziehung.....	187
		Fase	254, 302
		Hierarchie	317
		Kombinieren.....	224
		Linear ausgetragener Schnitt.....	61
		Maße einblenden	58
		Material.....	101
		Oberfläche.....	272
		Ordner	260
		Performance	186
		Rotation	108
		spiegeln.....	206
		Tabellengesteuert.....	330
		umbenennen	62
		unterdrücken.....	145
		verschieben	182
		Verstärkungsrippe	267
		Vorplanung	241

- Wandung.....218
 Feature/Körper einblenden267
 FeatureManager.....6, 26
 Aufschwingender114
 Beschriftung.....229
 Gleichungen.....126
 Ordner.....260
 Position183
 Referenzanzeige182
 Fehler
 <X> nicht im Modell.....172
 bei Beschriftungsverknüpfung..424
 Fenster
 Nebeneinander.....367
 Flächenverrundung.....303, 327
 Flyout.....7
 Format-Übertragung.....427
 Formschräge61
 Freiheitsgrade.....347, 360
 Freistich.....118
 Für Konstruktion.....92
- G**
 Gerades Langloch.....118
 Gesteuertes Maß350
 Gewinde ff.....238
 Gewindebohrung236
 Ghost-Image34
 Gleichung124, 200
 Editor156
 kopieren.....244
 löschen126
 Punkt vor Strich.....155
 sqr155
 Globale Variable.....127, 156
 Globale Zeichnungsnorm, externe
 Datei.....418
- H**
 Halbprofil76
 Halbschnitt.....464
 Haltelinie327
- Hauptansicht
 neues Bezugssystem128
 Hierarchie.....171
 ändern192
 -Baum.....64
 -Pyramide172
 Hilfskonstruktion203
- I**
 Im- und Exportformate.....47
 Instant3D9
 Intelligente Verbindungselemente 391
 bearbeiten393
 Internet.....40
 ISOCPUR, Normschrift403
- K**
 Kategorie.....11
 Kegellrollenlager.....369
 Kollinear.....92, 96
 Kombinieren224
 Zugriff auf einzelne Körper.....225
 Komponente
 austauschen388
 drehen371
 einfügen357
 fixieren358
 Freiheitsgrade360
 Konfiguration357
 Mit Verknüpfungen kopieren... 396
 Neuer Dateiname364
 umbenennen.....363
 Verknüpfungen359
 Komponentenmuster
 kreisförmig394
 linear397
 Konfiguration138
 \$STATUS.....146
 Alle147
 Baugruppe.....376
 Diese147
 Feature337

Features unterdrücken	376	beliebig	416
festlegen.....	151	Lupe.....	30
modifizieren	149		
ohne Tabelle	376	M	
Parameter.....	147	Maß	
unterdrücken	146	Eigenschaften.....	378
Konstruktions		Masse, Bestimmung.....	102
-absicht	73	Material.....	101
-geometrie	92	Materialeigenschaften.....	101
-variante	151	Mausrad	29
-ziel.....	90, 91	kippen	30
Kontextleiste, s. Kontext-		Maustastenbelegung	29
Symbolleiste	26	MBD, modellbasierte Definition	48
Kontext-Symbolleiste.....	20, 56	MCAD	
anpassen	20	Baugruppendatei	4
Konturauswahl	199	Bauteildatei	4
Koordinatensystem	69	Dateiarten	4
Kreis.....	24	Zeichnungsdatei	5
Kreismuster.....	244, 334	Mehrfachauswahl	69
Kurve		Mehrkörper-Bauteil	221, 271
Trennlinie.....	303	Menü	7
		Alles anzeigen.....	17
L		Messen	158, 243
Layer.....	437	Maßeinheit, Nachkomma-	
aktuell	438	stellen.....	374
Eigenschaften.....	437	Sensor	374
ein-/ausschalten	438	Mit Verknüpfungen kopieren	396
Farbe, Linienstärke, Linienart ...	437	Modell	
Objekt verschieben	438	-ansicht.....	422
Leitlinie	68	-darstellung.....	31
Linear ausgetragene Oberfläche....	274	Dokumentation	403
Linear ausgetragener Aufsatz....	26, 82,	-elemente importieren	436
169		neu aufbauen	8, 58
Linear ausgetragener Schnitt	170	Verhalten testen.....	193
Zwei Körper.....	336	Modifizieren (Dialogbox).....	57
Lineare Austragung.....	52	MotionManager.....	399
Lineares Skizzenmuster.....	270	Multiple Document Interface	7
Lineares Skizzenmuster (Feature) .	184	Muster	
Linie		bearbeiten.....	185
Art.....	410	Drag&Drop	245
Tangentialer Kreisbogen	166	festlegen	185
Linienstärke	406	skizzengesteuert.....	254

spiegeln	185	Gitter/Fangen	42
unterdrücken	314	Maßeinheiten.....	43
N		Skizze	34
Neue Unterbaugruppe.....	382	Standardvorlagen	47
Neues Dokument	3	suchen	45
Normal auf.....	53	Voll definierte Skizzen verwenden	
Normteilkatalog.....	391	34, 160
O		P	
Oberfläche	269	Parallelogramm	131
äquidistant	274	Parameter	57
Feature	272	ändern	58, 102
Linear ausgetragen.....	274	benennen.....	131
offene/geschlossene Kontur.....	275	Parametrisches Konstruieren.....	52
Offset-.....	272	Passfedernut	115
Spiegeln.....	282	Perspektive.....	32, 83
trimmen	276	modifizieren	159
verlängern.....	281	Pfadextrusion	206
Verrundung/Rundung	278	Pixelformat	50
zusammenfügen.....	277	Plug-In	40
Objekt		Polygon.....	59, 122
Farbe	273	Primitiv, Grundkörper.....	51
Freifläche.....	22	Projizierte Ansicht	464
regelbasiert.....	22	PropertyManager.....	27
Objektfang.....	25, 54	Punkt	92, 153
Offset		Q	
Elemente.....	220, 236, 326	Quadrant	25
teilweise.....	231	R	
OLE		Rechengenauigkeit.....	156
Erklärung.....	137	Rechteck, Ecken-.....	71
-Objekt.....	137	Referenz	
Online, Gefahr	40	-achse	112
OpenGL-Hardware.....	44	-anzeige	182
Optionen.....	33	-teil	322
Ansicht	35	-triade, Achsenkreuz	23
Automatische Beziehungen	34	Referenzebene	114
Bemaßung anzeigen	41	Im Winkel	133
Bildqualität	44	zwei Seiten	184
Dokumenteinstellungen	41	Referenzgeometrie.....	107
Drehfeldinkremente	35	Achse.....	112
Einheiten	43		

Ebene.....	114	Skizze.....	23
Renaissance	159	abgeleitet	174
Repetitives Syndrom, Mausarm	30	auf Objekt einfügen	59
Rhomboeder, abgestumpftes	151	automatisieren	91
Rotation		bearbeiten.....	26, 87
Achse.....	111	beenden	26, 82
Richtung.....	112	Befehlsoptionen.....	166
Winkel.....	112	Elemente trimmen.....	81, 236
Rotations-		Elemente verlängern	236
körper.....	108	erstellen	22, 23
motor.....	399	Farben bei Interaktion	25
querschnitt.....	313	Fase	109
Rotierter Schnitt.....	254	für Konstruktion.....	166
Rückgängig.....	7	Halbprofil	76
Rundung.....	287	Konstruktionsgeometrie.....	166
S		Kopie	450
Schattendarstellung.....	31	Lineares Skizzenmuster	184
Schattiert.....	31	logisch aufbauen	73
Schattierte Skizzenkonturen	74	Mehrfach-.....	230
Schnitt		Mittellinie	68
-kurve.....	143	Muster spiegeln.....	185
-menge	223	nicht lösbar	178
-punkt	92	Nullpunkt.....	25
Schnittansicht	32, 225, 302, 461	Offset Elemente.....	220
Bereich.....	229	Ökonomie	75
Komponenten nicht schneiden .	366	Parallelogramm	131
mehrere.....	229	Parameter	
Referenzebene	252	koppeln.....	201
wiederherstellen.....	229	parametrisch.....	53
Schnittseite umkehren.....	170, 222	Polygon.....	122
Schriftfeld		Punkt.....	153
bearbeiten	419	Schnittkurve.....	143
speichern.....	424	Spiegeln	79, 87, 95
Schwerpunkt.....	102	Symmetrie ausnutzen	166
Selbstüberschneidung.....	199	überbestimmt	93
Sensor.....	157, 158, 374	unterdefiniert	53
Serienbohrung.....	348, 352	Unterschied	
Shortcut.....	289	Objektfang/Skizzenbeziehung .	77
definieren.....	30, 86	Ursprung.....	25
Shortcut-Leiste	19	Verrundung.....	119
anpassen	19	verzerrt.....	109

Skizzenbeschränkung, s.	
Skizzenbeziehung	78
Skizzenbeziehung.....	54
anzeigen	56
anzeigen/löschen.....	88
Auf Kante.....	197, 271
automatisch	25, 104, 108
bestehende	56
bilden.....	54
binär.....	70
deckungsgleich	25
Deckungsgleich	54, 56
Fixieren	450
Gleich.....	131, 448
hinzufügen	70
Horizontal	60, 69
kollinear	448
Kollinear.....	92, 96
löschen	89
parallel.....	451
Quadrant.....	25
Schnittpunkt	92, 212
Symmetrisch	72
tangential	94
Tangential	61
ternär	72
unär.....	69
Vertikal	69
Winkel	89
Skizzenelemente	
Gerades Langloch.....	118
Skizzengesteuertes Muster	255
Skizzenmuster.....	60
Skizzenschattierung.....	74
Skizzierebene	22
bearbeiten.....	63
nicht definiert.....	63
wechseln.....	99
SolidWorks	
Suche	37
Speichern	
als Kopie.....	367, 461
unter	52
Spiegeln.....	79
Oberfläche.....	282
Referenzverlust	212
zusammengesetzte Features	282
Spline.....	467
sqr, Square Root.....	155
Standardansicht	31
aktualisieren	128
zurücksetzen	129
Stapeltechnik.....	314
Stecknadel.....	7
STEP (*.STP).....	340
Steuergerät.....	27
Steuernde Bemaßung	57
Steuerung tabellarisch.....	135
Strukturelemente.....	172
einblenden	100
Subtraktion	223
Suchfunktion.....	8
Symbolgröße	14
Symbolleiste	
Ansicht	17, 28
Ansicht (Head-Up)	17
Beschriftung	423
Features.....	18, 26
Schaltfläche	14
Skizze	16
Standardansichten	17
toggeln	9
Symbolleisten	
anpassen	13
Symmetrie.....	72
Systemeinstellungen	
sichern.....	38
wiederherstellen	39
T	
Tabelle	136
als Backup	149
Einfügen.....	337
extern	148

im- und exportieren.....	148	Ordner.....	366
Parameter.....	339	per Konfiguration.....	146
speichern.....	148	Reihenfolge.....	366
Steuerung.....	135	Unterdrückung aufheben.....	384
Verknüpfen von Bauteilen.....	349	Ursprung.....	349
Tabellenfunktionen.....	429	anzeigen.....	366
Tabellengesteuertes Feature.....	330		
Tangente		V	
bemaßen.....	116	Variable	
Tangentenfortsetzung.....	226, 287	Namen permanent einblenden .	124
Anfang.....	299	Variabler Radius.....	306
Tangentialer Kreisbogen.....	116, 166	Eckpunkt.....	307
Task-Fensterbereich.....	3	Kanten.....	307
Tastenkombination.....	86	Steuerpunkt.....	308, 309
Temporäre Achsen.....	112, 331	Variante mit Excel definieren.....	139
Tetraeder.....	121	Variantenkonstruktion.....	136
Titelblock		Verbindungselement	
bearbeiten.....	429	ändern.....	392
Daten eingeben.....	429	aus Komponenten.....	393
-tabelle.....	429	platzieren.....	392
Textfelder.....	428	Verdeckte Kanten	
Toolbox		ausgeblendet.....	31
Konfiguration.....	362	sichtbar.....	31
SolidWorks-.....	361	Verknüpfung.....	358
ToolTips.....	14	Abspalten.....	384
Top-Down		Abstand.....	373
Entwurf.....	364, 389	anzeigen im PropertyManager .	371
Trägheitsmoment, Bezugssystem..	102	anzeigen in Liste.....	371
Transparentdarstellung.....	365	Ausrichtung umkehren.....	379
Trennlinie.....	303	bearbeiten.....	385
Trigonales Objekt.....	131	Benennung.....	359
trimmen.....	81	deckungsgleich.....	359
Trimmen		Elemente ersetzen.....	385
intelligent.....	270	Flächen.....	358
		freistehend.....	366, 384
		intelligent.....	367
U		Kanten.....	360
Überbestimmung.....	93	konzentrisch.....	358
Umkehrung der Schnittseite...61,	170	Ordner.....	360
Unterbaugruppe.....	379, 394	Platziert.....	390
Unterdefiniert.....	57	Positionierung.....	372, 373
Unterdrücken.....	145	Strategie.....	372
Einfluss auf Dateigröße.....	366		

- Überbestimmung 380
- Zahnrad 398
- zwischen Skizzen 169
- Verrundung 119, 222, 287
- Auswahl-Symbolleiste 289
- Ecken abrunden 291
- Flächen- 292, 303
- Haltelinie 303, 305
- kreuzende Features 298
- mehrfache Radien 296
- Mehrkörperbauteil 305
- nicht möglich 294
- Performance 300
- Probleme, f. 286
- Regeln 286
- Reihenfolge 294
- Tangentenfortsetzung 287, 299
- variabel 306
- verschmelzen 294
- Vorschau 288
- Verstärkungsrippe 183, 186, 267
- Verstärkungsrippe aus Skizzenmuster
 269
- Voll definiert 58
- Volumenkörper 27, 223
- Vorschau
 - Detaillierte 117
 - keine Funktion 218
- Z**
- Zahnradberechnungssoftware 319
- Zeichenraster 42
- Zeichnung 403
 - <DIM> 442
 - <MOD-DIAM> 442
 - <MOD-EP> 442
- Andere DIN-Liniengruppe 408
- Ansicht 422, 433, 434
- Ansicht ausrichten 465
- Ansicht bearbeiten 468
- Ansicht benennen 434, 464
- Ansicht drehen 434
- Ansicht löschen 424
- Ansicht verschieben 461
- Ausbruch 467
- Ausbruchtiefe 467
- Bearbeitungshinweis 447
- Bearbeitungssymbole 442
- Bemaßung editieren 440
- Bemaßung Position 443
- Bemaßungen 414
- Bemaßungsabstand 415
- Bemaßungseditor 443
- Bezugshinweis 2. Pfeil 459
- Bezugssymbol 444
- Bildqualität 412
- Datumsformat 426
- Detail 468
- Detaillierung mit Modell
 - verknüpfen 440
- DimXpert 416
- Dokumentvorlage 403, 410
- Druckerzuordnung 406
- Druckvoransicht 460
- Einheiten 406, 412
- Endsymbol 414
- Entwurfsnorm 412
- Fasenmaß 444
- Feld unsichtbar 424
- Form- und Lagetoleranz 444
- Freistich 459
- Gitter/Fangen 412
- Halbschnitt 464
- Hilfsansicht 461
- Hilfskonstruktion 447
- Hinweislinie knicken 445
- Kantenart 411
- Kind-Ansicht 465
- kopieren und einfügen 468
- Layer 437
- Linien einfügen 443
- Linienart 410
- Linienstärke 406
- Linienstärken kollektiv steuern. 409

Linienstärken zuordnen	411	schraffieren, füllen	452
Maße ausrichten	439	Schriftart.....	421
Maßhilfslinie ausblenden.....	440	Schriftfeld.....	403, 404, 419
Maßhilfslinien toggeln.....	441	Schriftfeld bearbeiten	423
Maßlinien unterbrechen.....	415	-snorm, externe Datei.....	418
Maßstab.....	434	Symbol drehen.....	447
mehrere Hinweislinien	447	Symbol wenden	446
Mit Bemaßungshöhe skalieren..	450	Symbolbibliothek	441
Mittellinie	439	Symbol-Code.....	442
Modell einfügen.....	422	Textfeld.....	419
Modelleigenschaften übernehmen		Textfelder	428
.....	421	Textformatierung.....	427
Modellelemente importieren	436	Titelblock bearbeiten.....	429
Modellmaße ausschließen.....	435	Toleranz	440
Modellmaße importieren.....	435	TrueType-Font	404
Modellparameter.....	419	Überschneidung von Linien.....	459
Nicht für Zeichnung markiert	469	Unsichtbar	465
normgerecht	403	Unterstrichene Hinweislinie.....	459
Normschrift.....	403	Variable	425
Oberflächenbeschaffenheit	446	Verdeckte Kanten sichtbar	464
Oberflächensymbol.....	446	Vorlage.....	406
Passung.....	440	Wellenpassung.....	441
Pfeilspitze einstellen.....	415	Werkstückkanten.....	448
Pfeilspitzen wenden	439	Zeichnungsnorm.....	403
Projizierte Ansicht	464	Zeichnungsparameter	419
Referenzgeometrie importieren.	436	Zentrierbohrung	458
-sbemaßung.....	468	Zentrumsmarkierung	325
Schnittansicht	460	Zusatzanwendung	40, 391
Schnitt-Etikett.....	462	Zwangsbedingung s. a.	
Schnittlinie	463	Skizzenbeziehung.....	180
Schnittrichtung	462	Zylinder	26