

Autodesk
Fusion 360

Praxiswissen für Konstruktion,
3D-Druck und CNC

**komplett
in Farbe**

Inhaltsverzeichnis

	Einleitung	11
1	Allgemeine Informationen und Benutzeroberfläche	15
1.1	Zielsetzung und Umfang der Software	15
1.2	Systemvoraussetzungen	15
1.3	Beschaffung und Installation	16
1.4	Die Benutzeroberfläche	17
1.5	Der Modellierungsmodus	17
1.6	Die Benutzeroberfläche	19
1.6.1	Die Gruppe Daten	20
1.6.2	Die Schnellzugriff-Leiste	22
1.6.3	Der Werkzeugkasten	24
1.6.4	Anpassung der Werkzeugkästen	26
1.6.5	Autodesk-Account, Voreinstellungen und Hilfe-Menü.	27
1.6.6	Der ViewCube	30
1.6.7	Die Navigationsleiste	30
1.6.8	Der Browser	33
1.6.9	Die Kommentare	34
1.6.10	Die Zeitachse	34
1.6.11	Cursor-Menü und Kontextmenü	35
1.7	Konstruktionsverfahren	35
2	Skizzen als Vorbereitung für 3D-Konstruktionen	41
2.1	Typisches Beispiel für die Verwendung von Skizzen	41
2.1.1	Voreinstellungen für Skizzen	42
2.1.2	Skizze starten	43
2.2	2D-Zeichenfunktionen	44
2.2.1	Übersicht über die Zeichenfunktionen	44
2.2.2	Die Skizzenpalette	44
2.2.3	Objektfang-Möglichkeiten	46
2.2.4	2D-Zeichenfunktionen	47
2.3	Die Bearbeitungsfunktionen in Skizzen	53
2.3.1	Objektwahl-Methoden	53
2.3.2	Die Bearbeitungsfunktionen	57
2.3.3	Abhängigkeiten	64

2.4	Bemaßungen	67
2.4.1	Objekte gleich mit Bemaßung erstellen	67
2.4.2	Objekte nachträglich bemaßen	69
2.4.3	Skizze beenden	73
2.5	Beispiel: Skizze für Flaschenöffner	74
3	3D-Volumenkörper-Modellierung	81
3.1	Hilfsmittel: Ebenen, Achsen, Punkte	82
3.2	Volumenkörpermodellierung aus Skizzen heraus	89
3.2.1	Extrusion	90
3.2.2	Parameter variieren	94
3.2.3	Drehen	98
3.2.4	Lofting, Erhebung	103
3.2.5	Sweeping	111
3.2.6	Spirale	113
3.2.7	Leitung	115
3.2.8	Übungsteil für Drehen: Flansch	116
3.3	Volumenkörpermodellierung aus Grundkörpern	119
4	Flächenmodellierung	123
4.1	Parametrische Modellierung	123
4.1.1	Fläche	124
4.1.2	Extrusion	124
4.1.3	Fläche mit Anschlussbedingungen	125
4.1.4	Begrenzungsfüllung	127
4.1.5	Flächen heften	127
4.1.6	Flächen stützen	128
4.2	Freiformflächen	129
4.2.1	Direktbearbeitungsmodus aktivieren	129
4.2.2	Fläche erstellen	129
4.2.3	Fläche bearbeiten	130
4.2.4	Fläche teilen	133
4.2.5	Flächen heften	134
5	Freiformmodellierung	137
5.1	Mit der Konstruktionsart »Form« starten	137
5.2	Gruppe Erstellen	138
5.3	Beispiel aus Quader	139
5.4	Form bearbeiten	140
5.5	Neue Kante als Knick	140

5.6	Kanten und Flächen verschieben	141
5.7	Formen voneinander abziehen	142
5.7.1	Extrusionsformen hinzufügen	142
5.7.2	Begrenzungsfüllung im Volumenkörpermodus	143
5.8	Durchbrüche im Volumenkörpermodus	144
5.9	Modellierbeispiel Dinosaurier	145
5.9.1	Der Körper	146
5.9.2	Schwanz	149
5.9.3	Hals und Kopf	151
5.9.4	Der Kamm	153
5.9.5	Die Beine	155
6	Netzmodellierung	157
6.1	Der Netz-Arbeitsbereich	157
6.2	Netzdateien einlesen	158
6.3	Netz überarbeiten	159
6.4	Querschnitt analysieren	160
6.5	Vom Netz zum Volumen	161
6.6	Reverse Engineering	162
7	2D-Fertigungszeichnungen ableiten	165
7.1	Der Werkzeugkasten Zeichnung	166
7.2	Ansichten erzeugen, Projektionen und Details	169
7.2.1	Erstansicht	169
7.2.2	Projektionsansicht	171
7.2.3	Schnittansicht	172
7.2.4	Detailansicht	172
7.2.5	Ansichten manipulieren	173
7.3	Bemaßung, Texte und Hinweistexte	174
7.3.1	Bemaßungsfunktionen	174
7.3.2	Geometrische Ergänzungen	181
7.3.3	Texte und Hinweistexte	182
7.3.4	Symbole	184
7.4	Ausgabe, Speichern, Plot	186
8	Simulation	189
8.1	Übersicht	189
8.1.1	Die Aufgabenstellung	190
8.1.2	Die Berechnung	191
8.1.3	Die Simulationsergebnisse	192

8.2	Festigkeitsberechnungen für den Flaschenöffner.	193
8.2.1	Lastfall erstellen	194
8.2.2	Berechnen: Lösen	195
8.3	Formoptimierung	197
8.4	Modalanalyse	199
8.5	Thermische Analyse	203
9	3D-Druck	209
9.1	Verfahren	209
9.2	3D-Druckfunktion	210
9.3	Arbeiten mit Meshmixer	213
9.4	Arbeiten mit PreForm	215
9.5	3D-Druck mit einem anderen Filament-Extruder-Drucker	217
9.5.1	Druckbahnen erzeugen	217
9.5.2	Druck-Beispiele.	221
9.5.3	Gcode-Dateien.	223
9.6	Slicer for Fusion 360	225
9.6.1	Stacked Slices	229
9.6.2	Interlocked Slices	232
9.6.3	Curve	234
9.6.4	Radial Slices	234
9.6.5	Folded Panels	235
9.6.6	3D Slices	235
10	Baugruppen zusammenfügen	237
10.1	Voreinstellung einer Baugruppe.	238
10.2	Modellierung der Einzelteile.	239
10.2.1	Skizze, Lofting, Extrusion und Abrunden	239
10.3	Der Zusammenbau	246
10.3.1	Körper und Komponenten	246
10.3.2	Gelenkbeziehungen einbauen.	250
10.3.3	Externes Bauteil einfügen	255
10.3.4	Bibliotheksteile einfügen	258
10.4	Bewegungsstudien.	262
10.4.1	Gelenkbewegungen eingrenzen	263
10.4.2	Bewegungen sichtbar machen.	263
10.4.3	Bewegungen durch Kontaktsatz beschränken	265
10.4.4	Beliebige Bewegungen mehrerer Gelenke	266
10.4.5	Positionsdarstellungen.	267

10.5	Parameter ändern	268
10.6	Beispiel: Zusammenbau eines Schraubenschlüssels	271
10.6.1	Konstruktion der Einzelteile	272
10.6.2	Obere Backe	273
10.6.3	Untere Backe	275
10.6.4	Gelenk für Verschiebung der Backen	279
10.6.5	Zahnstange	281
10.6.6	Trapezgewindespindel	282
10.6.7	Spindelgelenk, Gelenkverbindung und Bewegungssimulation	286
11	Baugruppen – Zeichnungen, Animation, Rendern	289
11.1	Voreinstellungen für Zeichnungen	289
11.2	Zeichnungen von Baugruppen	290
11.2.1	Ansichten	291
11.2.2	Bemaßung und Kommentare	296
11.2.3	Stücklisten	297
11.3	Animationen	299
11.3.1	Voreinstellungen	301
11.3.2	Animationspfade erstellen	302
11.3.3	Animationsfilm erstellen	305
11.4	Zeichnungen von Animationen ableiten	305
11.5	Rendern	306
11.5.1	Material und Darstellung	306
11.5.2	Gestaltung der Beleuchtung	307
11.5.3	Oberflächen-Einstellungen	308
11.5.4	Renderausgabe	309
12	Blech-Bearbeitungen	311
12.1	Blechteil konstruieren	311
12.1.1	Blechregel	313
12.1.2	Flansch-Konstruktionen (Laschen)	314
12.1.3	Einzelne Biegung	318
12.1.4	Ausklinkung	318
12.1.5	Konturlasche	319
12.1.6	Bohrungen	320
12.2	Abwicklung und Zeichnungen	320
12.3	Laserschneiden eines Blechteils	322

13	CNC-Bearbeitung	323
13.1	Fräsbearbeitungen	325
13.1.1	Vorbereitung für Fräsen	325
13.1.2	Fräsbearbeitungen des Teils (2½-Achsen-CNC-Bearbeitungen)	328
13.1.3	NC-Datei aus den Werkzeugwegen erstellen	338
13.2	Drehbearbeitungen	343
13.2.1	Setup fürs Drehen	344
13.2.2	Die Drehbearbeitungen	346
13.2.3	Postprocessing	356
14	Weitere CNC-Bearbeitungen	359
14.1	Taschen-Fräsbearbeitung	359
14.1.1	Skizze zeichnen	360
14.1.2	Volumenkörper aufbauen	360
14.1.3	Schruppbearbeitung der Tasche	362
14.1.4	Schlichtbearbeitung der Tasche	372
14.1.5	Postprozessing	373
14.1.6	G-Code-Datei für die Maschine	374
14.2	Laserschneiden eines Blechteils	376
14.2.1	Vorbereitung des Blechteils	376
14.2.2	Generierung der Werkzeugwege	377
14.2.3	Auswahl eines Postprozessors	379
14.3	Bearbeitung von Freiformflächen	380
14.3.1	Beispiel mit Adaptive Clearing	380
14.3.2	Weitere 3D-Bearbeitungen	385
14.4	Bohrbearbeitungen	389
14.4.1	Setup für Bohren	389
14.4.2	Zentrierbohren	390
14.4.3	Durchgangsbohrung	391
14.4.4	Fase	391
14.4.5	Gewinde	392
	Stichwortverzeichnis	393



Einleitung

Was ist Fusion 360

Fusion 360 ist ein äußerst umfangreiches cloudbasiertes CAD/CAM-Programmsystem (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing). Es deckt viele Bereiche des Konstruktions- und Fertigungsprozesses ab, beginnend mit dem skizzenhaften Entwurf bis hin zur Fertigung mit 3D-Druck oder CNC-Maschinen. Es beinhaltet Funktionen für folgende Konstruktionsschritte:

- Entwurf von 2D- oder 3D-Skizzen
- Modellieren der 3D-Formen
- Zusammenbau einzelner Teile zu Baugruppen mit Abhängigkeiten
- Ableitung der Fertigungszeichnungen
- Strukturuntersuchung mit der Finite-Elemente-Methode
- Simulation von zusammengebauten Mechanismen

Die Software begnügt sich nicht mit der Modellierung und dem Testen von Bauteilen und Baugruppen, sondern bietet eine große Anzahl an Programm-Modulen für die Vorbereitung der Fertigung bis hin zur Erstellung der Steuerungsdaten für 3D-Druck und eine Vielzahl von CNC-Fertigungsverfahren an:

- Aufbereitung von Fertigungsdaten für 3D-Drucker
- Aufbereitung von Fertigungsdaten für diverse NC-Bearbeitungen
- Optimierung von Teilen

Das schon länger am Markt befindliche CAD-Programm Fusion 360 wird seit dem Herbst 2018 zum *Abonnement* angeboten, und zwar nicht mehr in unterschiedlich teuren und unterschiedlich umfangreichen Versionen, sondern mit einer *einzigsten Version und vollem Funktionsumfang*, wobei für die *komplexeren rechenintensiven und nur in der Cloud ausführbaren Funktionen* mit individuellen *Cloud-Credits* bezahlt wird.

Das Programm kann sowohl auf Windows-PCs als auch auf Mac-Rechnern verwendet werden.

Für wen ist das Buch gedacht?

Dieses Buch wurde in der Hauptsache als Buch zum Selbststudium konzipiert. Es soll Fusion-360-Neulingen einen Einstieg und Überblick über die Arbeitsweise der Software geben, unterstützt durch viele Konstruktionsbeispiele. Es wurde absichtlich darauf verzichtet, anhand einer gigantischen Konstruktion nun unbedingt alle Details des Programms vorführen zu können, sondern die Absicht ist es, in die generelle Vorgehensweise vom Entwurf bis zur Fertigstellung von Konstruktionen einschließlich der Zeichnungserstellung einzuführen. Deshalb werden die grundlegenden Bedienelemente schrittweise anhand verschiedener einzelner Beispielkonstruktionen in den Kapiteln erläutert.

Sie werden im Laufe des Lesens einerseits die Befehle und Bedienelemente von Fusion 360 in kleinen Schritten erlernen, andererseits aber auch ein Gespür für die vielen Anwendungsmöglichkeiten entwickeln. Wichtig ist insbesondere, die Funktionsweise der Software unter verschiedenen praxisrelevanten Einsatzbedingungen kennenzulernen. Erlernen Sie die Vorgehensweisen am besten an Beispielen, indem Sie gleich Hand anlegen und mit dem Buch vor sich am Computer die ersten Schritte gehen. Sie finden hier zahlreiche Demonstrationsbeispiele. Wenn darunter einmal etwas zu Schwieriges ist, lassen Sie es zunächst weg. Sie werden sehen, dass Sie etwas später nach weiterer Übung die Lösungen finden. Benutzen Sie das Register am Ende auch immer wieder zum Nachschlagen.

Umfang des Buches

Das Buch ist in vierzehn Kapitel gegliedert. Der gesamte Stoff kann, sofern genügend Zeit (ganztägig) vorhanden ist, vielleicht in zwei bis drei Wochen durchgearbeitet werden. Die meisten Beispielkonstruktionen aus dem Buch finden Sie als Download auf der Website des Verlags unter www.mitp.de/0158.

Sie werden natürlich feststellen, dass dieses Buch nicht alle Möglichkeiten und Optionen von Fusion 360 beschreibt. Sie werden gewiss an der einen oder anderen Stelle tiefer einsteigen wollen. Den Sinn des Buches sehe ich darin, Sie für die selbstständige Arbeit mit der Software vorzubereiten. Bei den meisten Funktionen erhalten Sie automatische Hilfestellungen, sobald Sie länger mit dem Cursor auf einem Begriff oder einem Eingabefeld stehen blieben. Wenn das nicht reicht, stellen Sie dann weitergehende Fragen an die Online-Hilfe und studieren Sie dort auch Videos.

Über die E-Mail-Adresse DRidder@t-online.de erreichen Sie den Autor bei wichtigen Problemen direkt. Auch für Kommentare, Ergänzungen und Hinweise auf eventuelle Mängel bin ich dankbar. Geben Sie als Betreff dann immer den Buchtitel an.

Achtung: Fusion ist dynamisch!

Die Software Fusion 360 wird sehr dynamisch weiterentwickelt. Das bedeutet, dass die Entwicklung besonders schnell fortschreitet und immer wieder neue Funktionen und Verfahren in die Software aufgenommen werden. Daraus ergeben sich natürlich immer wieder kleine Änderungen in der Benutzeroberfläche. Seien Sie also bereit, zu einem späteren Zeitpunkt auch einmal eine bekannte Funktion an anderer Stelle suchen zu müssen. Auch könnten die Funktionen, die mit Cloud-Punkten bezahlt werden müssen, variieren.

Der Verlag wird sich bemühen, durch entsprechend aktualisierte Neuauflagen mit den Entwicklungen der Software Schritt zu halten.

Test-, Schüler- und Gratisversionen

Sie können sich über die Autodesk-Hompage www.autodesk.de eine Testversion für 30 Tage herunterladen. Diese dürfen Sie ab Installation 30 aufeinanderfolgende Tage (Kalendertage) zum Testen benutzen. Der 30-Tage-Zeitrahmen für die Testversion gilt strikt. Eine De-Installation und Neu-Installation bringt keine Verlängerung des Zeitlimits, da die Testversion nach einer erstmaligen Installation auf Ihrem PC registriert ist. Für produktive Arbeit müssen Sie dann eine kostenpflichtige Lizenz erwerben. Es gibt auch für kleine Unternehmen und Startups eine günstigere Abonnementsregelung.

Schüler und Studenten können sich über das Studentenportal der Firma Autodesk nach Angabe ihrer Ausbildungsstelle auch eine freie Studentenversion herunterladen.

Wie geht's weiter?

Mit einer Fusion-360-Testversion, dem Buch und den hier gezeigten Beispielkonstruktionen hoffe ich, Ihnen ein effektives Instrumentarium zum Erlernen der Software zu bieten. Benutzen Sie auch das Stichwortverzeichnis zum Nachschlagen und unter Fusion 360 die Hilfefunktion zum Erweitern Ihres Horizonts.

Ich wünsche Ihnen viel Erfolg und Freude bei der Arbeit mit dem Buch und der Fusion-360-Software.

Detlef Ridder

Germering, 14.5.2020

Allgemeine Informationen und Benutzeroberfläche

1.1 Zielsetzung und Umfang der Software

Die Software FUSION 360 von der Firma AUTODESK beinhaltet viele Funktionen, die für die Bereiche CAD, CAM und CAE benötigt werden. Damit wird sie zu Recht als »Integrierte CAD-, CAM- und CAE-Software« beworben.

Alle nötigen Schritte vom Design, beginnend mit dem Entwurf, über die Entwicklung mit Test, Berechnung und Simulation bis hin zur Produktion mit NC-Fertigung und 3D-Druck werden unter einer *einheitlichen Oberfläche* angeboten.

Die Software läuft sowohl auf dem Windows-PC als auch auf Mac-Rechnern.

Das Programm ist *cloudbasiert*, bietet aber auch die Möglichkeit, lokal zu arbeiten, wenn kein Internet verfügbar ist. Die Basis in der Cloud ermöglicht natürlich die Zusammenarbeit und Kommunikation mit anderen Personen, die an der Produktentwicklung beteiligt sind, über einen umfassenden Zugriff auf die zur Verfügung gestellten Daten, wenn nötig auch ohne die Software über den Browser. Damit wird das Ziel erreicht, dass Sie überall und mit allen zusammenarbeiten können.

In der Vergangenheit gab es noch *verschiedene Ausbaustufen* des Programms, die aber seit Herbst 2018 zusammengefasst wurden. Die Software, die Sie heute benutzen, entspricht ungefähr der zusammengefassten Version FUSION 360 ULTIMATE. Die aktuell im Buch benutzte Version ist 2.0.8412. Die aktuelle Versionsnummer erfahren Sie unter [?/HILFE|INFO](#). Fusion ist eine Software, die sich sehr dynamisch weiterentwickelt und auch in kurzen Abständen aktualisiert wird. Deshalb kann es immer vorkommen, dass gewisse Menüaufrufe, Befehlsdialoge oder Bilder der Icons kleine Abweichungen vom Buch aufweisen.

1.2 Systemvoraussetzungen

FUSION 360 läuft auf Windows-PCs und Mac-Rechnern mit folgenden Betriebssystemen:

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| ■ Microsoft® Windows® 7 SP1 | ■ Apple® macOS™ Mojave 10.14 |
| ■ Windows 8.1 | ■ Apple® macOS™ High Sierra 10.13 |
| ■ Windows 10 (nur 64 Bit) | ■ Apple® macOS™ Sierra 10.12 |

Die CPU muss ein 64-Bit-Prozessor sein. Für den Arbeitsspeicher werden mindestens 3 GB RAM, besser 4 GB oder mehr empfohlen.

1.3 Beschaffung und Installation

Die Software FUSION 360 können Sie über die Autodesk-Homepage unter www.autodesk.de dauerhaft abonnieren (Abbildung 1.1 Mitte).

Alternativ können Sie die Software 30 Tage lang erst einmal kostenlos testen (Abbildung 1.1 Mitte unten).

Als Student oder Auszubildender können Sie die Software zu Studienzwecken kostenlos nutzen, solange Sie jährlich Ihre Berechtigung nachweisen (Abbildung 1.1 unten rechts). Dazu müssen Sie sich zunächst bei Autodesk anmelden. Dabei müssen Sie auch Ihre Ausbildungsstätte angeben. Falls Sie die nicht in der angebotenen Liste finden, gibt es eine Option »Can't find my school«. Dann geben Sie dort die nicht in der Liste befindliche Ausbildungsstätte an. Nach der Anmeldung können Sie dann die Software herunterladen.

Es gibt auch für Start-ups eine Möglichkeit, die Software gratis zu nutzen (Abbildung 1.1 links ganz unten). Dazu müssen Sie sich registrieren lassen und spezielle Bedingungen erfüllen.

Wenn Sie beim Download von Autodesk-Software eine Seriennummer und einen Produktschlüssel erhalten, sollten Sie sie sofort notieren, weil sie später zum Verifizieren Ihrer Lizenz nötig ist.

The screenshot shows the Autodesk Fusion 360 website. At the top left is the Autodesk logo. Below it, there's a section 'Online kaufen' with a sub-header 'Der Kauf eines Autodesk-Abonnements'. A button 'Möchten Sie mit einem Vertriebspartner kaufen?' is visible. To the right, there's a 'Produkt suchen' section with a search bar containing 'Fusion' and a list of results: 'Fusion 360', 'Fusion Connect', and 'Fusion Lifecycle'. An arrow points from the search results to the 'FUSION 360' section. This section features a large 'ABONNIEREN' button and a 'KOSTENLOSE TESTVERSION HERUNTERLADEN >' button. Below this, there's a section 'Wählen Sie die gewünschte Verwendung von Fusion 360 aus' with three options: 'NICHT KOMMERZIELLE VERWENDUNG' (1 Jahr), 'KOMMERZIELLE VERWENDUNG' (30 Tage), and 'VERWENDUNG AN SCHULEN UND HOCHSCHULEN' (jährlich zu verlängern). Each option has a brief description of the license terms.

Abb. 1.1: Fusion 360 beschaffen

Der Download der Gratisversionen kann sofort über die Homepage nach Anmeldung gestartet werden, ansonsten erhalten Sie eine E-Mail mit einer Download-Aufforderung. Der Download läuft unproblematisch ab und führt normalerweise gleich weiter zur Installation und zum ersten Start der Software.

1.4 Die Benutzeroberfläche

Nach erfolgreicher Installation finden Sie das Icon für FUSION 360 unter Windows auf dem Desktop. Das Programm läuft standardmäßig mit Internet-Verbindung. Deshalb dauert es etwas länger als ein normaler Programmstart. Nach dem Doppelklick auf das Icon erscheinen dann noch zwei Vorlauf-Bilder (Abbildung 1.2), ehe sich die Benutzeroberfläche zeigt (Abbildung 1.3).



Abb. 1.2: Icon für FUSION 360 und Vorlaufbilder in der Startphase

Hinweis: Klicken bzw. Rechts-Maus-Klick

In modernen Computerprogrammen findet der Benutzer-Dialog meist durch *Anklicken* von Icons oder Texten statt. Dazu wird üblicherweise die *linke Maustaste* benutzt. Wenn Sie also im Text zum Klicken aufgefordert werden, ist immer die *linke Maustaste* gemeint.

Es gibt aber auch oft weitere Funktionen, die über einen Klick mit der *rechten Maustaste* aktiviert werden können. Dies wird dann im Text oder in den Abbildungen durch *RMK* gekennzeichnet (Rechts-Maus-Klick).

1.5 Der Modellierungsmodus

In Fusion gibt es zwei Modellierungsmodi:

■ PARAMETRISCH

■ DIREKT

Sie können den Modellierungsmodus über die VOREINSTELLUNGEN des Projekts wählen. Wenn Sie dort die dritte Variante BEFEHLSZEILE wählen, wird keine generelle Vorgabe eingestellt, sondern es erscheint bei jedem Projekt eine Abfrage nach dem Modellierungsmodus.

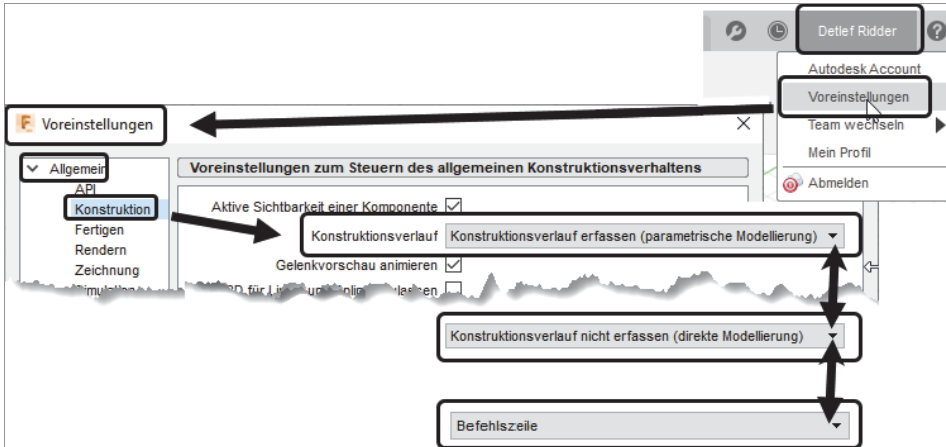


Abb. 1.3: Zwischen PARAMETRISCHER und DIREKTER MODELLIERUNG über VOREINSTELLUNGEN wählen oder die Entscheidung auf BEFEHLSZEILE verschieben

Sie können aber auch mitten im Projekt über den PROJEKTBROWSER den Modellierungsmodus umschalten (Abbildung 1.4). Dadurch ist es beispielsweise möglich, Details der Konstruktion zu verbergen und nicht komplett offenzulegen. Sie erhalten dann allerdings eine Warnung, dass die Zeitachse entfernt wird.

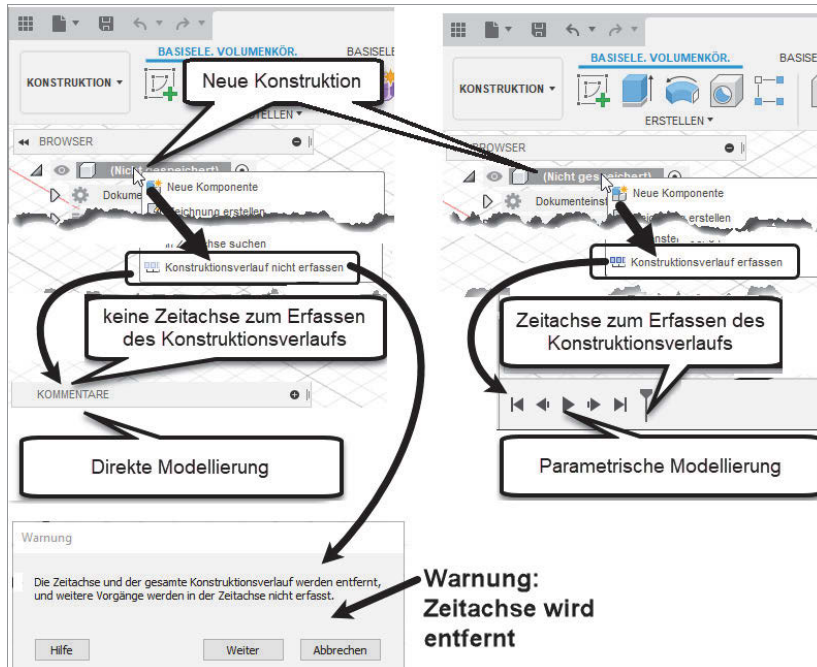


Abb. 1.4: Modellierungsmodus PARAMETRISCH oder DIREKT im Browser wählbar

Der MODELLIERUNGSMODUS PARAMETRISCH legt fest, dass die einzelnen Konstruktionsschritte in der Verlaufsreihenfolge protokolliert werden. Gleichzeitig werden dann die benutzten Abmessungen in einer PARAMETERTABELLE gespeichert und können dort zur Variation der Konstruktion verändert werden. Da der Konstruktionsverlauf erfasst wird, können Sie die Konstruktionsschritte später über die zeitliche Reihenfolge, die in der ZEITACHSE grafisch dargestellt wird, auch rückgängig machen. Bei der DIREKTEN MODELLIERUNG wird der Konstruktionsverlauf nicht protokolliert; dann ist der jeweilige Stand der Konstruktion praktisch ein Unikat und kann später nicht variiert werden und es können keine Produktvarianten über Änderung von Konstruktionsparametern abgeleitet werden. Die derart erstellten Bauteile bezeichnet man als BASISBAUTEILE. Einige Modellierungsfunktionen sind aber *nur* im direkten Modus verfügbar.

1.6 Die Benutzeroberfläche

Die wichtigsten Bereiche der Benutzeroberfläche zeigt Abbildung 1.5. In diesem Beispiel wurde eine ziemlich willkürliche Konstruktion erstellt, die dann als fertige Konstruktion in der Gruppe DATEN angezeigt wird und dort durch einen Doppelklick zur Weiterbearbeitung geöffnet wurde. Die geometrische Form der Konstruktion hat keine besondere Bedeutung. Eine kleine 3D-Konstruktion ist hier nur nötig, um möglichst viele Elemente der Bedienoberfläche vorzustellen.

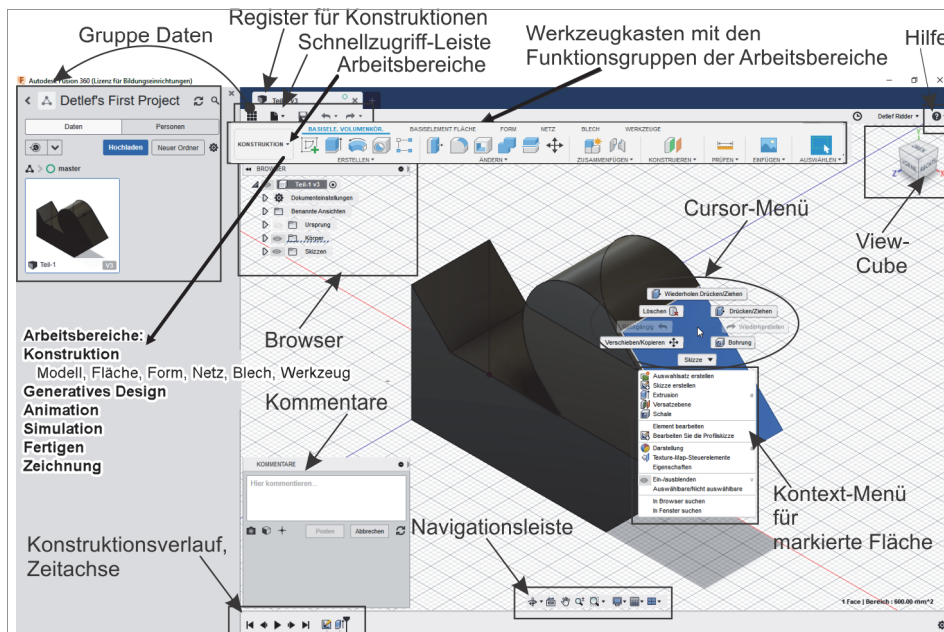


Abb. 1.5: Benutzeroberfläche von Fusion 360

Außerdem ist bei dem hier konstruierten Beispiel eine Fläche des Volumenkörpers markiert worden, um die Möglichkeiten des CURSORMENÜS und des KONTEXTMENÜS zu demonstrieren.

Wenn Ihnen in der Benutzeroberfläche Bedienelemente abhandengekommen sind, dann gibt es unter dem DATEI-Icon die Kategorie ANSICHT mit vielen Möglichkeiten zum Restaurieren bestimmter Elemente. Insbesondere können Sie sie hier auch AUF VORGABE-ANORDNUNG ZURÜCKSETZEN (Abbildung 1.6).

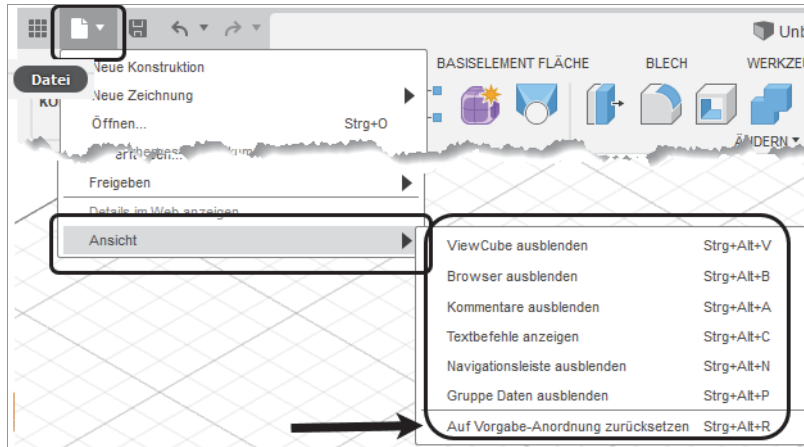



Abb. 1.6: Bedienelemente ein-/ausblenden

1.6.1 Die Gruppe Daten

Die Gruppe DATEN  wird über die SCHNELLZUGRIFF-LEISTE aktiviert und bietet den Zugriff auf bereits erstellte Konstruktionen an (Abbildung 1.7). Es gibt eine Gliederung Ihrer Arbeiten in *Projekte*, darunter können Sie *Ordner* und *Unterordner* einrichten und darin die einzelnen Konstruktionen. Über < bzw. ZURÜCK> können Sie von der Anzeige der aktuellen *Konstruktionen und Ordner* (Abbildung 1.7 links) in die Übersicht der *Projekte* (Abbildung 1.7 rechts) umschalten. Sie finden dort auch die Schaltflächen NEUER ORDNER bzw. NEUES PROJEKT, um neue *Ordner* bzw. *Projekte* anzulegen.

Die Anzahl der *Versionen* einer Konstruktion können Sie im Vorschaubild rechts unten sehen. Mit einem Klick darauf werden sie angezeigt, erst nur die drei letzten, aber Sie können auf ALLE X VERSIONEN ANZEIGEN klicken (Abbildung 1.8).

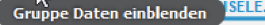


Abb. 1.7: Gruppe DATEN mit Projekten bzw. Ordnern und Konstruktionen

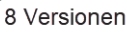


Abb. 1.8: Versionsverwaltung

Die Dateianzeige kann über die Einstellungen auch in eine zeitliche Reihenfolge gebracht und statt in Rasterform etwas kompakter in Listenform gestaltet werden (Abbildung 1.9).

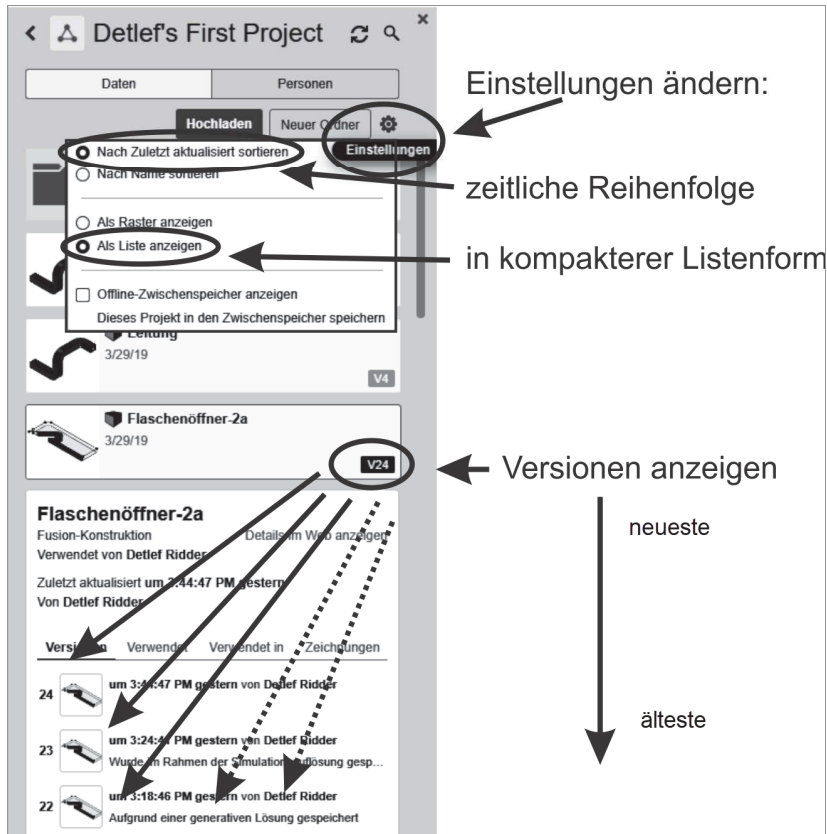


Abb. 1.9: Dateien in zeitlicher Reihenfolge

1.6.2 Die Schnellzugriff-Leiste

In der SCHNELLZUGRIFF-LEISTE finden Sie zuerst den Schalter zur Anzeige der Gruppe DATEN, dann die üblichen Funktionen zur Dateiverwaltung (Abbildung 1.10). Außerdem können Sie mit ZURÜCK und WIEDERHERSTELLEN einzelne Konstruktionsschritte zurückgehen und wieder vorwärtsgehen, auch mehrfach.

Die Dateiverwaltungsfunktionen sind:

- **NEUE KONSTRUKTION** – Hiermit beginnen Sie im aktuellen Projekt und im aktuellen Ordner eine neue 3D-Konstruktion.
- **NEUE ZEICHNUNG** – Hiermit erstellen Sie zu einer 3D-Konstruktion die üblichen 2D-Ansichten einer Standard-Zeichnung.
- **ÖFFNEN** **[Strg]** + **[O]** – öffnet eine Fusion-Konstruktion oder -Zeichnung aus der Cloud oder auf Ihrem PC.
- **SPEICHERN** **[Strg]** + **[S]** – speichert eine Fusion-Konstruktion oder -Zeichnung in der Cloud.

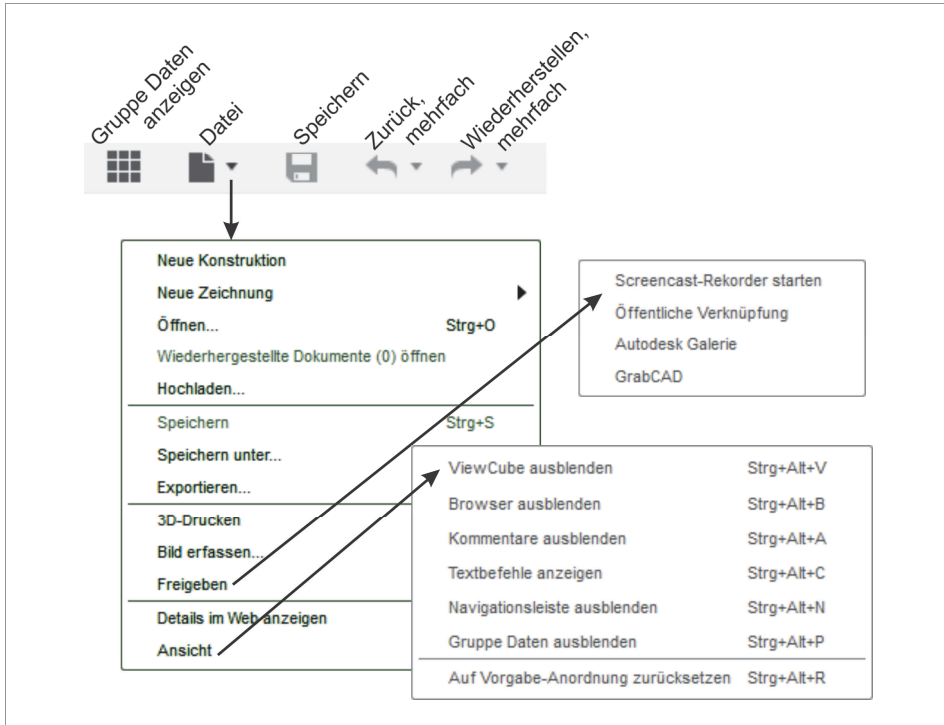


Abb. 1.10: SCHNELLZUGRIFF-LEISTE

- **SPEICHERN UNTER** – speichert eine Fusion-Konstruktion oder -Zeichnung in der Cloud, auch in einem anderen Projekt oder Ordner, oder auf Ihrem PC.
- **EXPORTIEREN** – dient zur Ausgabe Ihrer Konstruktion in einem Austauschformat für 3D-Modelle wie
 - **F3D** – Fusion-3D-Format,
 - **IGS** – allgemeines Austauschformat (Initial Graphics Exchange Specification),
 - **SAT** – Austauschformat vieler CAD-Systeme, die auf dem ACIS-Geometrie-Kern basieren (Standard ACIS Text),
 - **SMT** – Austauschformat zu Fusion und Inventor (Shape Manager Text),
 - **STP** – allgemeines Austauschformat STEP.
- **3D-DRUCKEN** – überträgt die Modelldaten an ein 3D-Druckprogramm oder gibt sie einfach als normale STL-Datei zur Weiterverwendung durch 3D-Druckdienste aus.
- **BILD ERFASSEN** – erzeugt Bilder mit wählbarer Auflösung im Format PNG, JPG oder TIF.

- **FREIGEBEN** – erstellt wahlweise
 - einen Screencast mit einem Rekorder, den Sie von Autodesk herunterladen können,
 - eine öffentliche Verknüpfung,
 - eine Abbildung in der Fusion-360-Galerie,
 - eine Ansicht für die GrabCAD-Plattform.
- **DETAILS IM WEB ANZEIGEN** – generiert eine Ansicht in Ihrem Fusion-Cloudbereich.
- **ANSICHT** – Hiermit konfigurieren Sie die Benutzeroberfläche, indem Sie folgende Elemente ein- oder ausschalten:
 - **VIEWCUBE** – zur Ansichtssteuerung,
 - **BROWSER** – für die Übersicht über die Konstruktionsschritte,
 - **KOMMENTARE** – für den Austausch von Informationen mit Projektpartnern,
 - **TEXTBEFEHLE** – zur manuellen Eingabe,
 - **NAVIGATIONSLEISTE** – zur detaillierten Gestaltung der Ansicht(en),
 - **GRUPPE DATEN** – für die Verwaltung von Konstruktionen und Projekten in einer Ordnerstruktur.
 - **AUF VORGABE-ANORDNUNG ZURÜCKSETZEN** – zeigt die Benutzeroberfläche wie beim ersten Start.

1.6.3 Der Werkzeugkasten

Im WERKZEUGKASTEN kann links der gewünschte ARBEITSBEREICH ausgewählt werden, zu dem dann rechts daneben die zugehörigen Funktionen in Form von Aufklappmenüs mit Unterfunktionen erscheinen (Abbildung 1.11). Beim Arbeitsbereich KONSTRUKTION gibt es noch mehrere Register für verschiedene Modellierungsarten.

Folgende *Arbeitsbereiche* sind bei parametrischer Modellierungsart verfügbar:

- **KONSTRUKTION, Register BASISELE. VOLUMENKÖR.** – Das ist der normale Bereich, um Konstruktionen zu erstellen, üblicherweise zunächst als 2D-Skizze, aus der dann mit den Erstellungswerkzeugen wie EXTRUSION oder ROTATION die Volumenkörper entstehen. Mehrere Volumenkörper können zu Baugruppen zusammengefügt und auch mit Gelenken versehen werden.
- **KONSTRUKTION, Register BASISELEMENT FLÄCHE** – Mit diesen Werkzeugen können Sie ähnlich wie Volumenkörper Flächen und Flächenverbände erstellen und kombinieren. Auch können hier aus komplett geschlossenen Flächenmodellen wieder Volumenkörper erzeugt werden.
- **KONSTRUKTION, Register BLECH** – enthält die Werkzeuge, um Blechkonstruktionen über verschiedenste Biege- und Stanzoperationen zu gestalten.

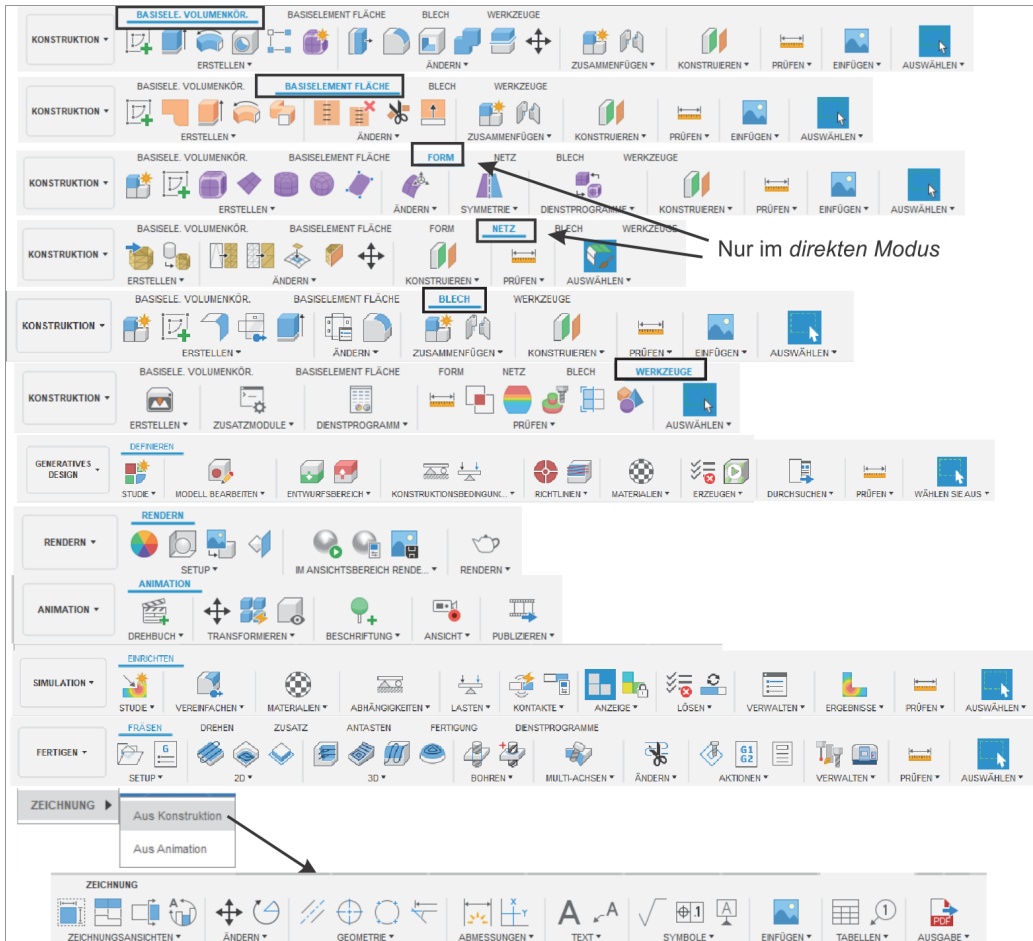


Abb. 1.11: Werkzeugkasten mit den verschiedenen Arbeitsbereichen und deren Funktionen

- **KONSTRUKTION**, Register **WERKZEUG** – enthält verschiedene Hilfs- und Analyseprogramme, unter anderem ein Modul zur Übergabe einer Konstruktion an 3D-Druck-Software.
- **RENDER** – umfasst die Werkzeuge zur Erzeugung einer fotorealistischen grafischen Darstellung.
- **ANIMATION** – Hiermit können Baugruppen in Bewegung gesetzt und auch explodiert werden.
- **SIMULATION** – Bauteile können hiermit bezüglich statischer Belastungen geprüft werden und Baugruppen können auch dynamisch getestet werden.
- **ZEICHNUNG** – Mit diesen Werkzeugen werden die herkömmlichen Zeichnungsansichten von Bauteilen und Baugruppen mit Bemaßung und Beschriftung und auch mit Stücklisten erzeugt.

Bei direkter Modellierungsart, also ohne Parameter und ohne Zeitleiste, sind zusätzlich noch folgende Register im Arbeitsbereich KONSTRUKTION verfügbar (Abbildung 1.11, Zeile 3-5):

- KONSTRUKTION, Register FORM – Hier sind Funktionen für das Modellieren freier Formen enthalten. Die Flächen können in T-SPLINES umgewandelt werden, um weitreichende Modellierungsmöglichkeiten zu erlauben.
- KONSTRUKTION, Register NETZ – Netze aus Facetten können aus vorhandenen Volumenkörpern erzeugt oder importiert und mit speziellen Netzbearbeitungen modelliert werden.


Der Arbeitsbereich KONSTRUKTION, Register BLECH ist bei direkter Modellierung nicht verfügbar, weil dafür Parametrik nötig ist.






Tipp: Parametrische oder direkte Modellierung

Die Wahl zwischen parametrischer oder direkter Modellierung wird normalerweise beim Start einer neuen Konstruktion getroffen. Sie können aber nach Rechtsklick auf den obersten BROWSER-Knoten am unteren Ende des KONTEXT-MENÜS jederzeit auch zwischen KONSTRUKTIONSVERLAUF ERFASSEN (parametrisch) und KONSTRUKTIONSVERLAUF NICHT ERFASSEN (direkt, nichtparametrisch) umschalten.

1.6.4 Anpassung der Werkzeugkästen

Die WERKZEUGKÄSTEN enthalten in der Titelleiste schon einige der nützlichsten Werkzeuge zum direkten Aufruf. Die übrigen Werkzeuge müssen dann eben über die Drop-down-Menüs aufgerufen werden. Wenn Sie für Ihre Arbeit weitere Werkzeuge zum bequemen direkten Aufruf brauchen, dann können Sie bei diesen im Drop-down-Menü auf die drei Pünktchen am rechten Rand klicken und die Option AN WERKZEUGKASTEN FIXIEREN wählen (Abbildung 1.12). Dann erscheinen sie in der Titelleiste und können danach auch dort noch mit gedrückter linker Maustaste verschoben werden.

Als weitere Option für einen schnellen Aufruf können Sie über  AN VERKNÜPFUNGEN FIXIEREN aktivieren. Danach erscheinen diese Funktionen dann im KONTEXTMENÜ, das unter dem CURSOR-Menü angehängt ist.

Als dritte Variante können Sie auch TASTATURKURZBEFEHL ÄNDERN wählen und im Dialogfenster dann ein *Kürzel* eingeben. Sofern das Tastenkürzel schon vergeben ist, erhalten Sie eine Warnung. Sie können das Original dann überschreiben oder Sie verzieren es mit den bekannten Zusatz Tasten wie ,  oder  bzw. bei Apple mit  oder  davor.

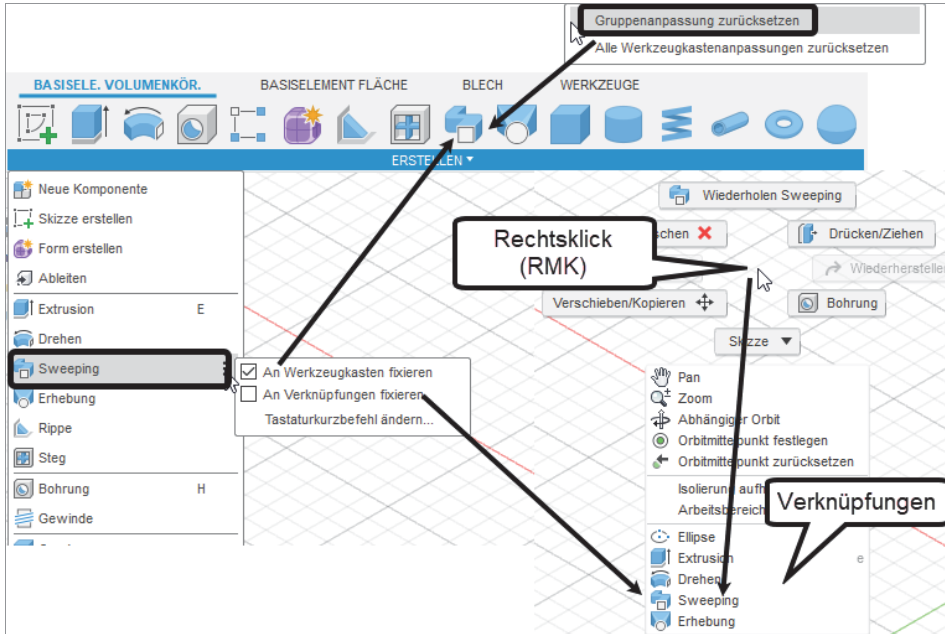


Abb. 1.12: Werkzeugkasten KONSTRUKTION, Register BASISELE. VOLUMENKÖR. mit zusätzlichen fixierten Werkzeugen

1.6.5 Autodesk-Account, Voreinstellungen und Hilfe-Menü

Oben rechts am Rand der Benutzeroberfläche liegt die *Informationsleiste* (Abbildung 1.13).

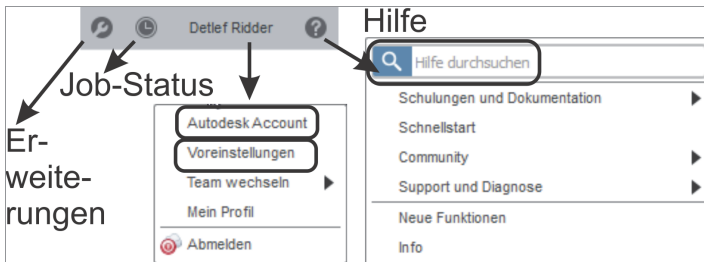


Abb. 1.13: Informationsbereiche

Über das Uhrensymbol ⌚ können Sie den JOB-STATUS abfragen, nämlich ob Berechnungen für generatives Design oder Simulation in Arbeit oder abgeschlossen sind. Auch über Hochladevorgänge können Sie sich hier informieren. Des Weiteren können Sie hier vom *Online-Modus* in den *Offline-Modus* schalten und umgekehrt. Sobald Sie den *Offline-Modus* beenden, werden Ihre Offline-Konstruktionen automatisch hochgeladen.

Falls die Internet-Leitung nicht verfügbar ist, können Sie mit dem letzten Stand der Konstruktionen lokal arbeiten und der Job-Status wird wie in Abbildung 1.14 angezeigt.

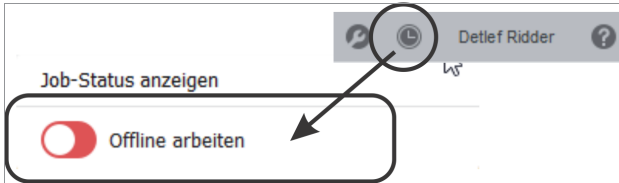


Abb. 1.14: Job-Status ohne Internet

Unter Ihrem *Benutzernamen* finden Sie den direkten Zugang zu Ihrem AUTODESK ACCOUNT. In der nächsten Funktion VOREINSTELLUNGEN finden sich ganz generelle Einstellungen, die Ihre gesamte Arbeit mit dem Programm betreffen (Abbildung 1.15).

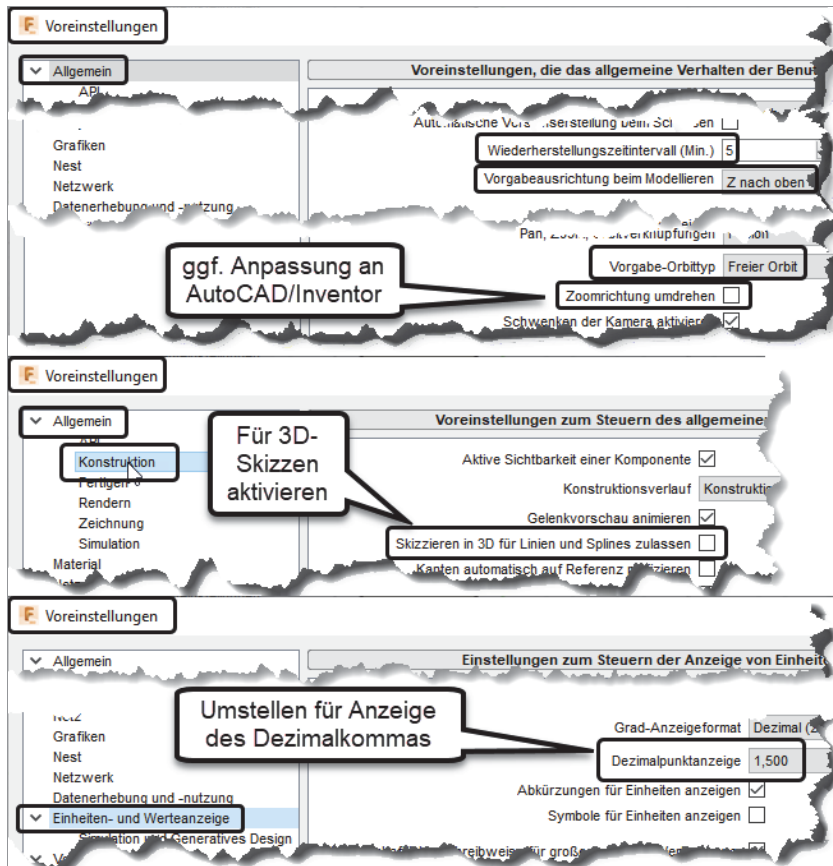


Abb. 1.15: Allgemeine Voreinstellungen

Im Bereich ALLGEMEIN können Sie beispielsweise die *Spracheinstellung* ändern, die dann nach erneutem Programmstart wirksam wird. Interessant ist hier insbesondere das **SPEICHERINTERVALL FÜR AUTOMATISCHE WIEDERHERSTELLUNG**. Geometrisch interessant ist die **VORGABEAUSRICHTUNG BEIM MODELLIEREN**, die ich lieber auf **Z nach oben** ändere. Beim **VORGABE-ORBITTYP** bevorzuge ich den flexibleren **Freien Orbit**. **ZoomRichtung UMDREHEN** ist für diejenigen interessant, die eine andere Rollrichtung bei der Maus wie beispielsweise in Inventor gewöhnt sind.

Unter ALLGEMEIN|KONSTRUKTION können Sie für 3D-Konstruktionen die Eingabe *dreidimensionaler Koordinaten für Linien und Splines* aktivieren.

Unter EINHEITEN- UND WERTEANZEIGE können Sie auf *Dezimalkomma* umstellen.

Unter PREVIEW FEATURES können Sie einige neue Funktionen aktivieren, die sich noch im Teststadium befinden (Abbildung 1.16).

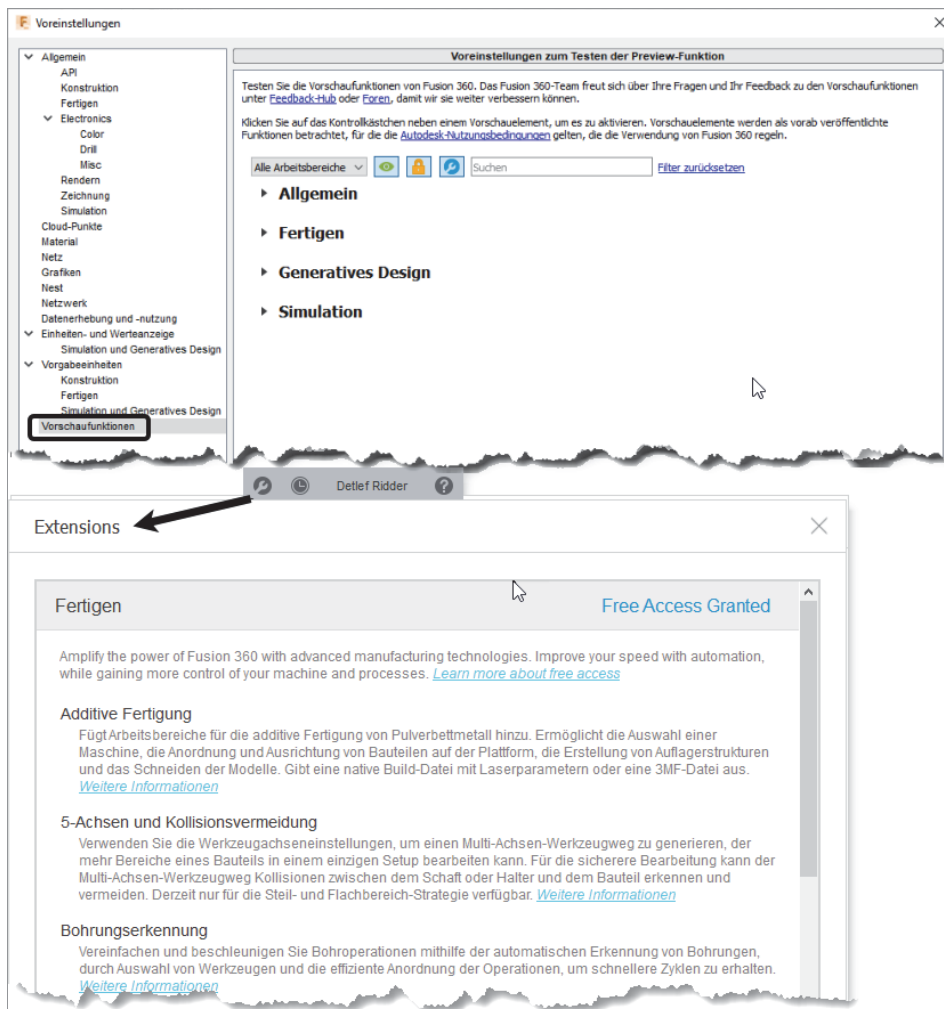



Abb. 1.16: Neue aktivierbare Funktionen im Teststadium

Weitere Zusatzprogramme finden Sie in der INFORMATIONSLISTE unter ERWEITERUNGEN . Dafür müssen Sie dann aber gleich bezahlen. Autodesk rechnet das in Cloud-Punkten ab, die Sie über Ihren Account beziehen können.

1.6.6 Der ViewCube

Der VIEWCUBE ist ein ideales Werkzeug zur Einstellung der Ansichtsrichtung. Sie brauchen nur auf eine der Seiten zu klicken, um die *Standard-Ansichten* zu erhalten. Mit einem Klick auf eine der Ecken erhalten Sie die *Iso-Ansichten*. Über die Optionen am VIEWCUBE können Sie zwischen *perspektivischer* und *orthogonaler Darstellung* wählen. Die Option PERSPEKTIVE MIT ORTHOGONALEN FLÄCHEN bedeutet, dass die Perspektive nur wirkt, wenn die gewählte Ansicht keine der orthogonalen ist.

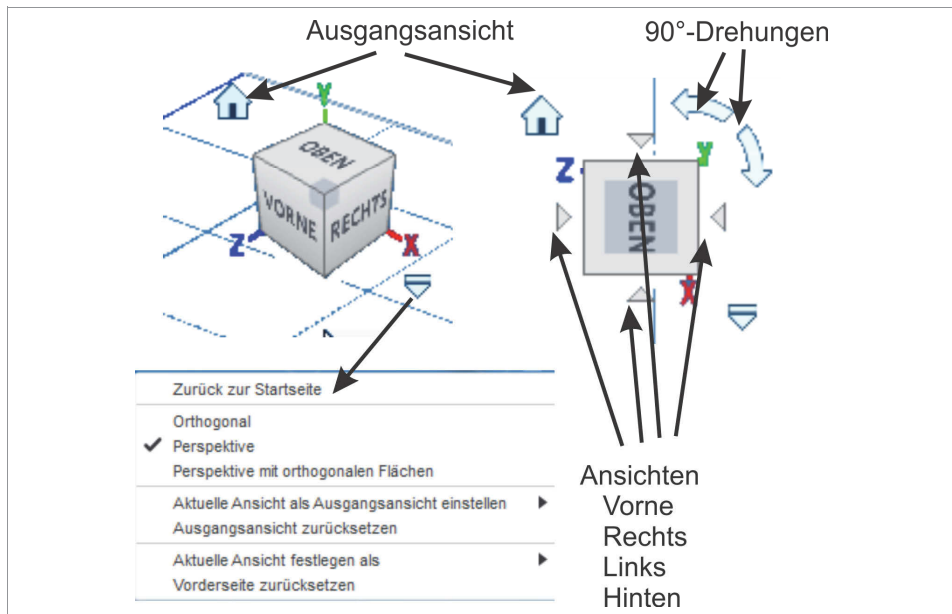


Abb. 1.17: VIEWCUBE mit Bedienelementen

Weitere Funktionen zum Schwenken der Ansicht finden sich unterhalb der Zeichenfläche.

1.6.7 Die Navigationsleiste

Wie es der Name schon sagt, enthält die NAVIGATIONSLEISTE hauptsächlich Werkzeuge zum Navigieren im Projekt, d.h. zum Einstellen der Ansicht.

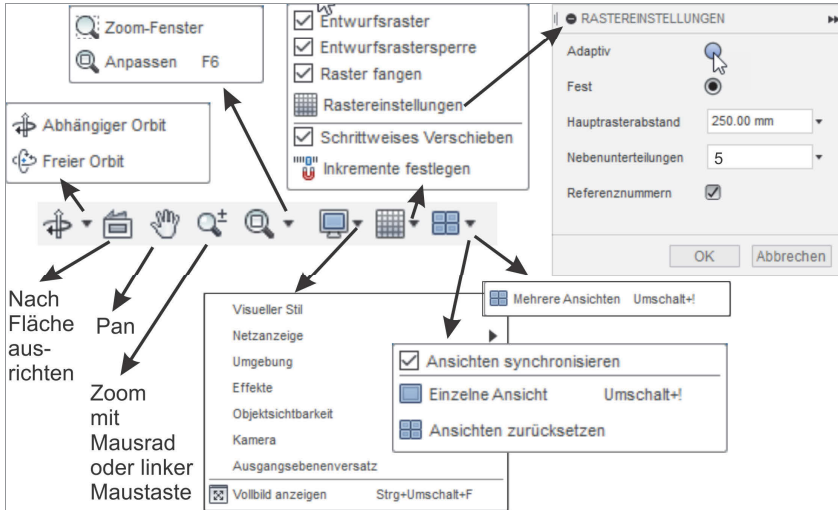



Abb. 1.18: Navigationsleiste mit Untermenüs

- ORBIT – dient zum Schwenken der Ansicht mit gedrückter Maustaste. Alternativ kann die Funktion auch mit der Kombination -Taste und gedrücktes Mausrad ausgeführt werden. Die Standard-Option ist der FREIE ORBIT. Im Drop-down-Menü darunter verbirgt sich der ABHÄNGIGE ORBIT. Er hebt sich auf dem Bildschirm durch eine sehr schwache Markierung mit einem großen Kreis und vier Achsenmarken nur wenig vom Hintergrund ab (Abbildung 1.19).

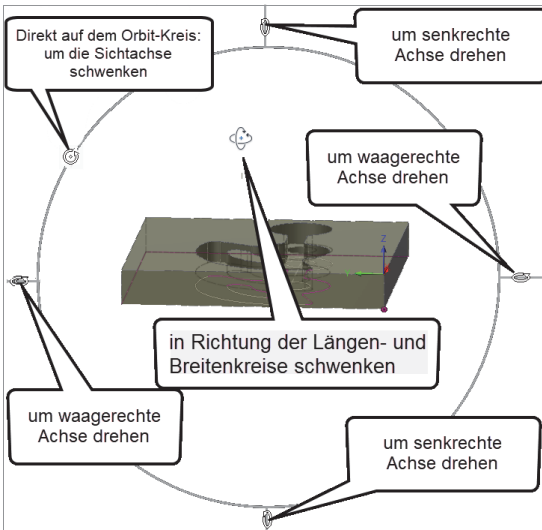


Abb. 1.19: Abhängiger Orbit mit Markierung und unterschiedlichen Cursor-Funktionen

Je nachdem, wo der Cursor steht, wird unterschiedlich geschwenkt. Mit diesem Modus kann man viel gezieltere Schwenks ausführen als mit dem FREIEN ORBIT.

- **AUSRICHTEN NACH** – Hiermit können Sie die aktuelle Ansicht nach einer gewählten Fläche in der Konstruktion ausrichten.
- **PAN** – Damit verschieben Sie den Ansichtsbereich mit gedrückter Maustaste. Alternativ bewegen Sie für die PAN-Aktion die Maus bei gedrücktem Mausexplorer.
- **ZOOM** – erlaubt das Vergrößern oder Verkleinern des Ansichtsbereichs, indem Sie mit gedrückter Maustaste nach oben oder unten fahren. Alternativ wird durch Rollen des Mausexplorers gezoomt.
- **ANPASSEN**
 - **ZOOM-FENSTER** – vergrößert einen als Fenster gewählten Bereich auf die gesamte Zeichenfläche.
 - **ANPASSEN** – zoomt das gesamte Projekt auf das Zeichenfenster. Alternativ können Sie das auch mit einem Doppelklick aufs Mausexplorer erreichen.
- **ANZEIGEEINSTELLUNGEN**
 - **VISUELLE STILE** – Hier stehen verschiedene Darstellungen der Oberflächen zur Verfügung wie schattiert mit und ohne Kanten, Drahtmodell mit oder ohne verdeckte Kanten.
 - **NETZANZEIGE** – steuert die Darstellung von Netzkörpern.
 - **UMGEBUNG** – erlaubt die Wahl zwischen verschiedenfarbigem Umgebungslicht.
 - **EFFEKTE** – Hier können diverse Effekte aktiviert werden, die für eine realistische Darstellung nötig sind.
 - **OBJEKTSICHTBARKEIT** – steuert die Sichtbarkeit diverser Projekthilfsmittel.
 - **KAMERA** – Hier können Sie so wie oben beim VIEWCUBE (siehe Abschnitt 1.6.6, »Der ViewCube«) zwischen *perspektivischer* und *orthogonaler Darstellung* wählen und auch die Option PERSPEKTIVE MIT ORTHOGONALEN FLÄCHEN aktivieren.
 - **AUSGANGSEBENENVERSATZ** – Hiermit können Sie die Ebene für die visuellen Effekte unabhängig von der Vorgabeebene wählen.
 - **VOLLBILD STRG+SHIFT+F** – Der Vollbildmodus unterdrückt die Darstellung der Programmleiste.
- **RASTER UND OBJEKTFÄNGE**
 - Unter ENTWURFSRASTER kann hier die Rasterdarstellung für den Modellbereich aktiviert werden. Das ist aber nicht die Rasterdarstellung der Skizzierebene, die nämlich erst im Skizzenmodus in der Skizzierpalette aktiviert wird. Aber hier muss die Option RASTER FANGEN aktiviert sein, damit im Skizzenmodus der Zeichen-Cursor auf den Positionen des Skizzenrasters einrastet.

- Unter **RASTEREINSTELLUNGEN** können Sie den **HAUPTRASTERABSTAND** für beide Raster einstellen sowie die Anzahl der **NEBENUNTERTEILUNGEN**. Mit der Option **REFERENZNUMMERN** können in der Skizze die Achsen automatisch beschriftet werden. Die Option **ADAPTIV** führt hier beim Heraus-Zoomen, also bei Vergrößerung des sichtbaren Bereichs, zu einer Vergrößerung des Rasters, was nicht so praktisch ist. Beim Hineinzoomen, also bei der Lupenvergrößerung, wird dagegen dann das Raster verfeinert, was sehr nützlich sein kann.
- Mit **SCHRITTWEISES VERSCHIEBEN** können Sie für das interaktive Verschieben und Drehen von Objekten die Schritte aktivieren, die im nächsten Menüpunkt **INKREMENTE FESTLEGEN** unter **LINEARE INKREMENTE** und **ROTATIONSSCHRITTE** definiert werden.
- **ANSICHTSFENSTER** – Hier können Sie die Bildschirmfläche mit **MEHRERE ANSICHTEN** in vier Ansichten aufteilen. Mit **EINZELNE ANSICHT** geht es wieder zurück. **ANSICHTEN SYNCHRONISIEREN** wird verwendet, um die Ansichten gegeneinander nach Änderungen wieder auszurichten.

1.6.8 Der Browser

Im **BROWSER** zeigt sich die Struktur des gesamten Projekts. Es gibt verschiedene Knoten, die oft noch Untergliederungen enthalten. Unter dem obersten Knoten finden sich die **DOKUMENTEINSTELLUNGEN**, die lediglich die Einstellung der **ZEICHENEINHEITEN** enthält, vorgabemäßig sind es **mm**.

Darunter liegen die **BENANNTEN ANSICHTEN**, unter denen Sie die Ansichten **OBEN**, **VORNE**, **RECHTS** und **STARTSEITE** durch Anklicken aktivieren können. Die **STARTSEITE** ist eine isometrische Ansicht.

Unter **URSPRUNG** finden Sie die *orthogonalen Ebenen*, die *x*-, *y*- und *z*-Achsen und den *Nullpunkt*. Sie können hier auch wieder sichtbar gemacht oder ausgeschaltet werden.

Darunter finden sich dann die dreidimensionalen Körper und die zweidimensionalen Skizzen des Projekts.

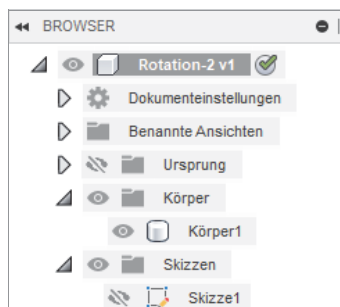


Abb. 1.20: Browser eines Beispielteils

1.6.9 Die Kommentare

Im Bereich KOMMENTARE können Informationen zur Konstruktion für die Kommunikation mit Projektpartnern eingegeben werden.

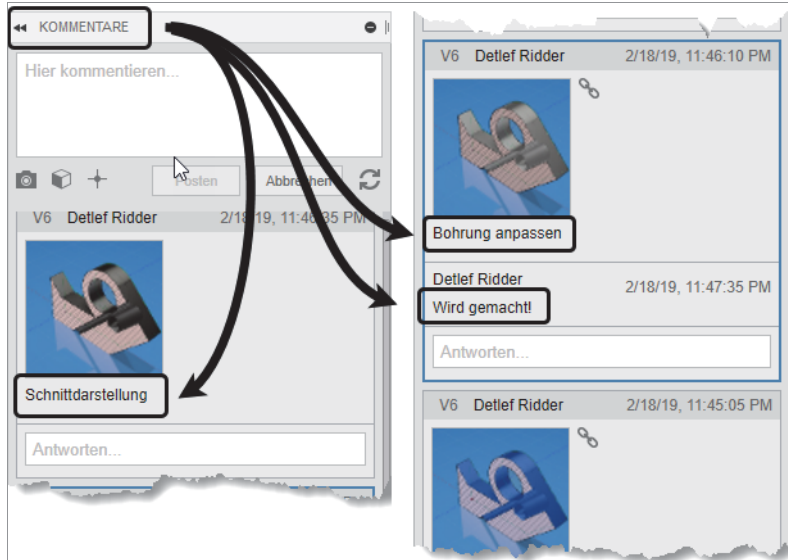


Abb. 1.21: Kommentare mit drei Eintragungen

1.6.10 Die Zeitachse

Die ZEITACHSE gibt den zeitlichen Ablauf des Projekts wieder. Hier können Sie die Historie der Konstruktion virtuell durchlaufen, indem Sie entweder die *Zeitmarke* manuell verschieben oder mit den Pfeilsymbolen auf der linken Seite arbeiten. Hier können Sie auch auf die einzelnen Konstruktionselemente rechtsklicken, um sie nachträglich weiterzubearbeiten.

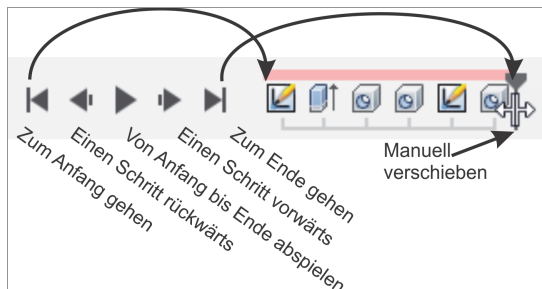


Abb. 1.22: Werkzeuge der ZEITACHSE

Die ZEITACHSE und damit die hier gezeigte Verwaltung des Konstruktionsablaufs kann mit MODELL|ERSTELLEN|BASISELEMENT ERSTELLEN abgeschaltet werden. Damit ist dann auch die Erfassung von Konstruktionsparametern deaktiviert. Das ist für manche Konstruktionsschritte wie beispielsweise die Freiformmodellierung von T-Spline-Flächen nötig.

1.6.11 Cursor-Menü und Kontextmenü

Immer wenn Sie Objekte mit einem Klick markieren und dann rechtsklicken, erscheinen das CURSOR-MENÜ und das KONTEXTMENÜ wie in Abbildung 1.23 gezeigt. Dort finden Sie nützliche Funktionen, die im Zusammenhang mit dem markierten Objekt angewendet werden können.

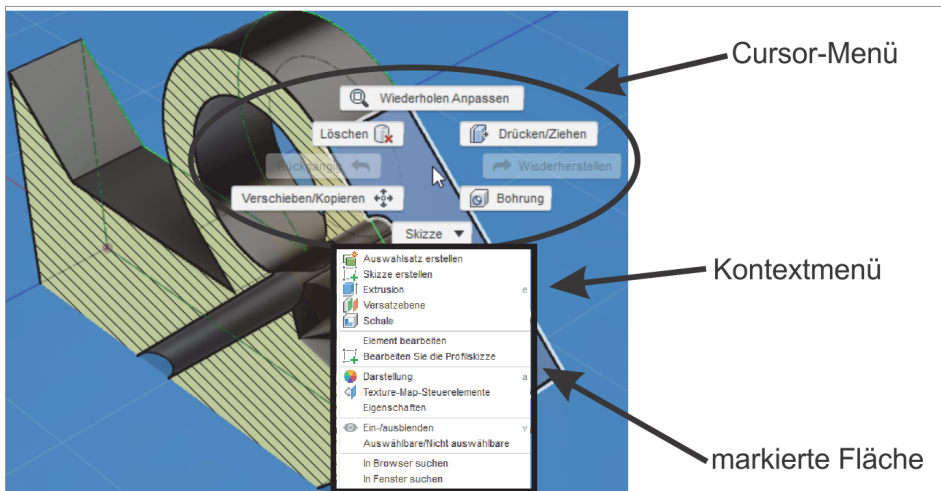


Abb. 1.23: Cursor- und Kontextmenü bei einer markierten Fläche

1.7 Konstruktionsverfahren

FUSION 360 kennt verschiedene Konstruktionsweisen für die Erstellung der dreidimensionalen Objekte:

- Bei der *Volumenkörpermodellierung* aus zwei- und/oder dreidimensionalen *Skizzen* entstehen die Körper durch Bewegung dieser Profile.

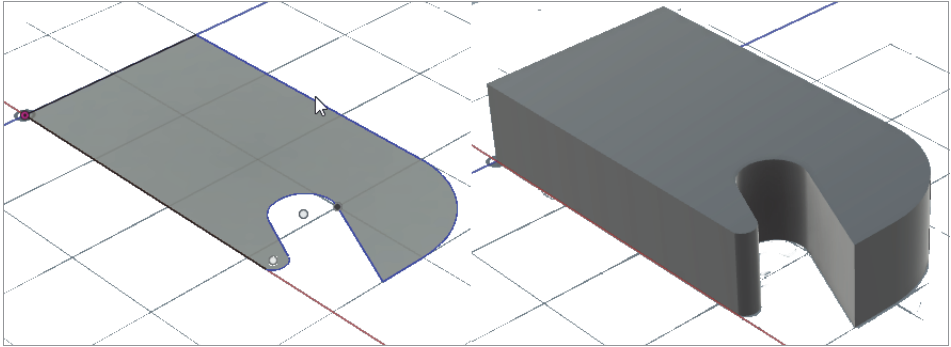


Abb. 1.24: 2D-Skizze und EXTRUSION

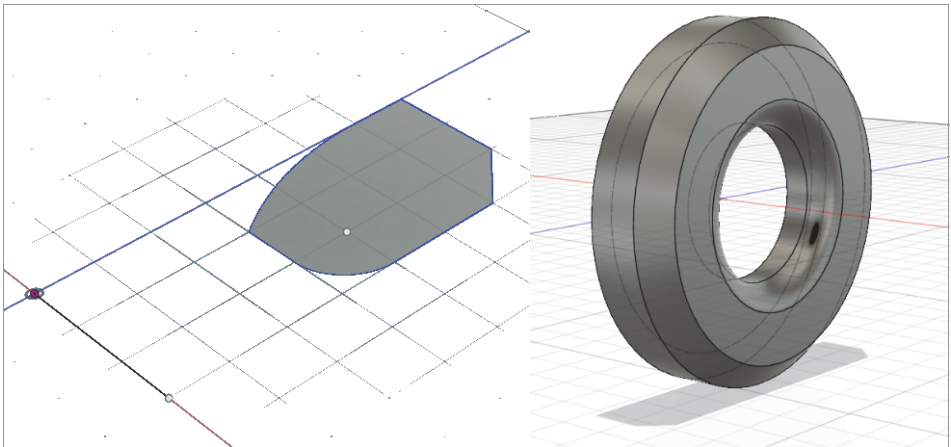


Abb. 1.25: 2D-Skizze und DREHEN

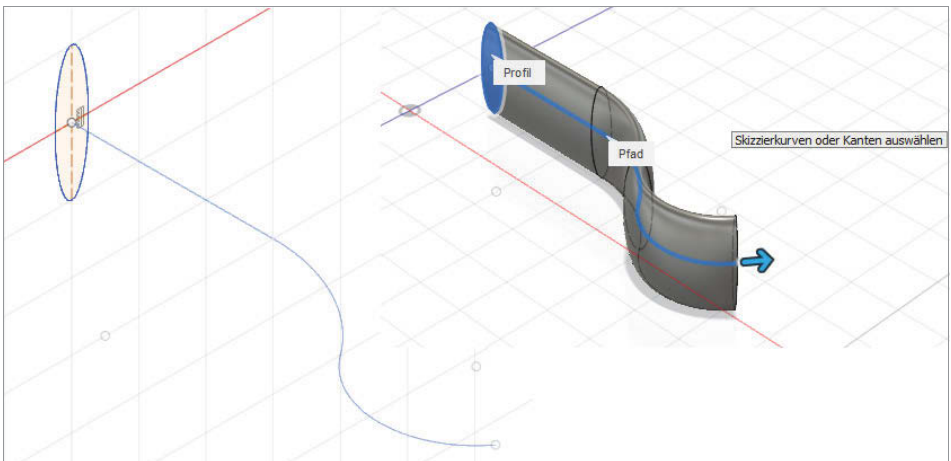


Abb. 1.26: Skizzen für Pfad und Profil und SWEEPING

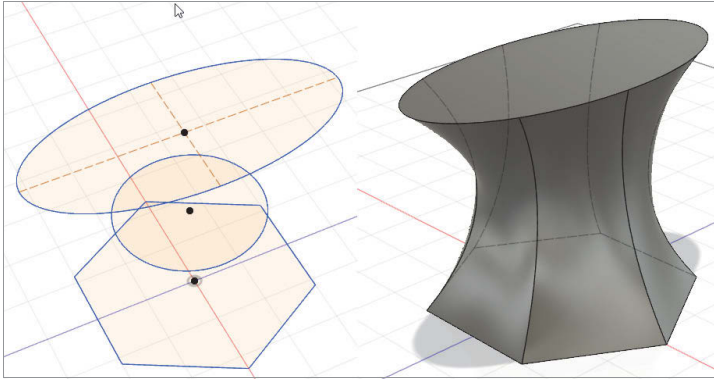


Abb. 1.27: Skizzen in verschiedenen Ebenen und ERHEBUNG

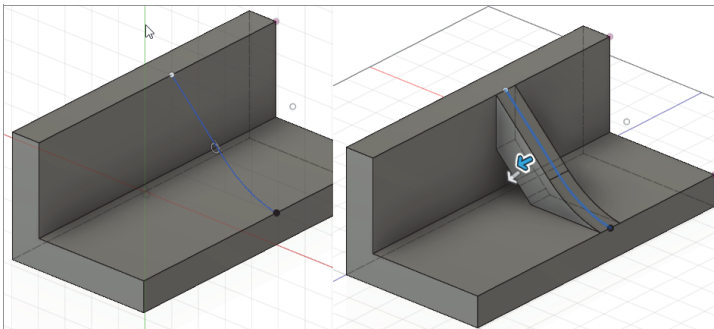


Abb. 1.28: Volumenkörper mit Linie und RIPPE

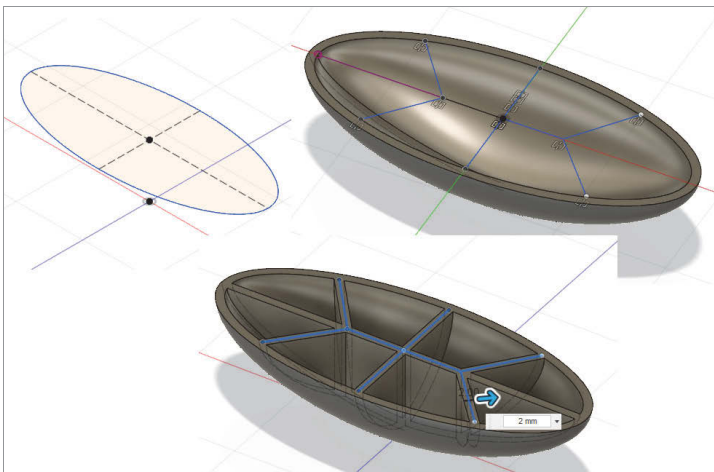


Abb. 1.29: 2D-Skizzen und STEGE

- Bei der *Volumenkörpermodellierung aus Grundkörpern* werden Objekte durch Kombination dieser einfachen Körper erstellt.

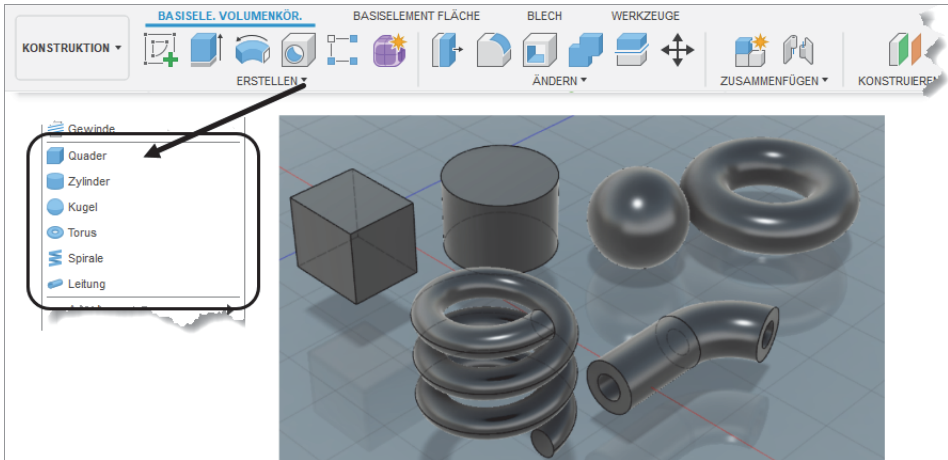


Abb. 1.30: Grundkörper für die Volumenkörpermodellierung

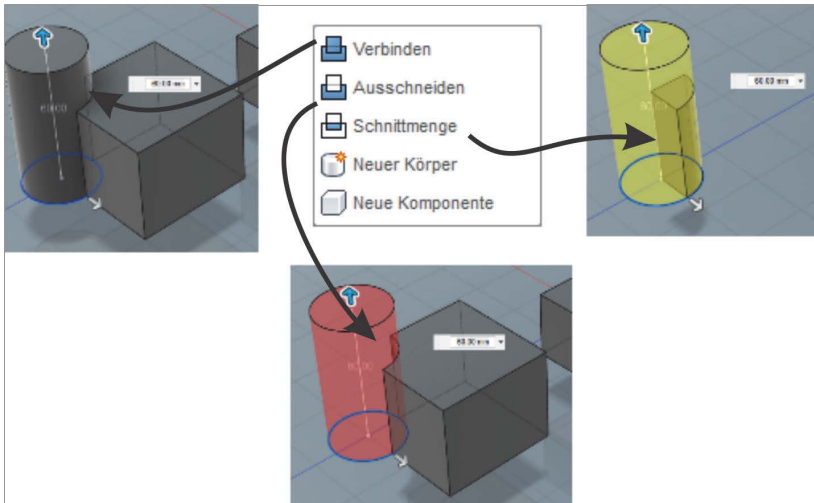


Abb. 1.31: Boole'sche Operationen zum Verknüpfen der Volumenkörper

- Auch die Konstruktionen im Register *FLÄCHE* können ähnlich aus Grundformen oder bewegten Profilen erzeugt werden.

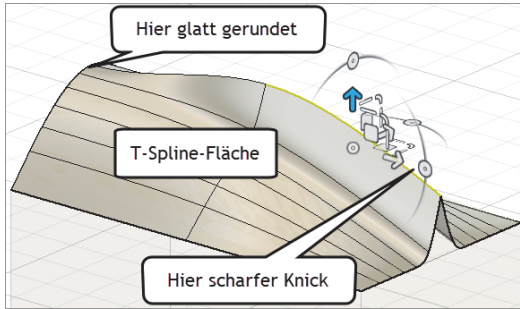


Abb. 1.32: T-Spline-Fläche mit Übergang zwischen scharfer Kante und glattem Verlauf

- Die *Flächenmodellierung* erstellt ähnlich wie die vorangegangene parametrische Volumenmodellierung Flächen und kann sie verbinden und auch frei modellieren. Beim Freimodellieren werden dann allerdings Parametrik und Zeitachse abgeschaltet.

Bei den Volumenkörper- und Flächenmodellierungen können Sie *mit* aktivierter Parametrik und Zeitleiste arbeiten oder auch *ohne*. Im letzteren Fall werden dann keine Parameter und Konstruktionsverläufe für spätere Variationen gespeichert. Dafür können dann aber diese Volumenkörper und Flächen mit den Techniken der Freiformmodellierung bearbeitet werden.

- BLECH – Bei dieser Modellierungsart geht es um spezielle Konstruktionen für Blech-Biegeteile. Sie ist nur bei parametrischer Modellierung mit aktivierter Zeitleiste möglich.

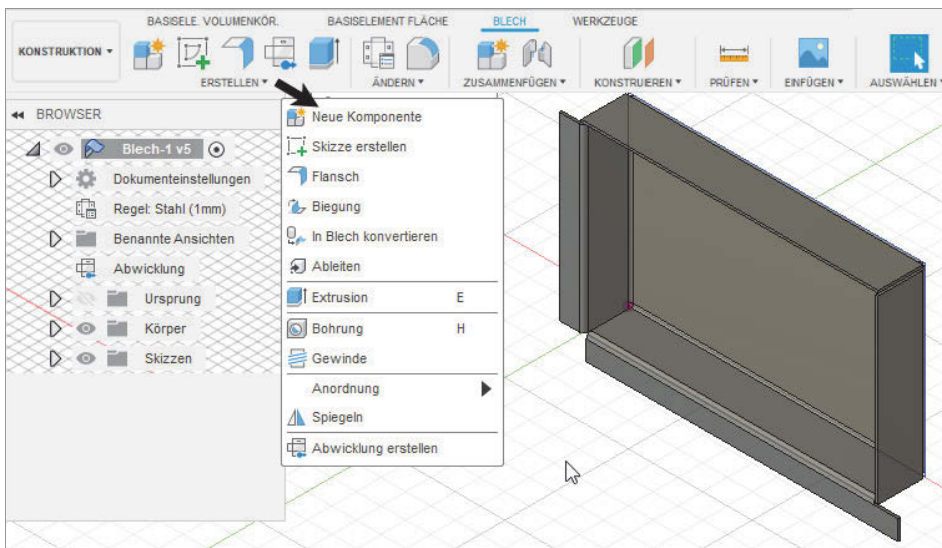


Abb. 1.33: Einfaches Blechteil im gefalteten Zustand

Die nächsten beiden Modellierungsarten sind nur im direkten Modellierungsmodus ohne Parametrik und Zeitleiste möglich:

- Die *Freiformmodellierung* ermöglicht eine sehr freie Gestaltung von Volumenkörpern aus *Basisformen*, die praktisch ähnlich wie *Knete* modelliert werden können.

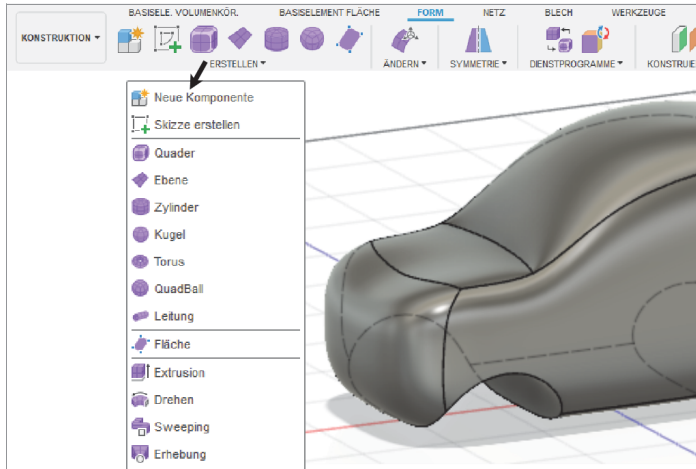


Abb. 1.34: Freiformmodellierung

- Die *Netzmodellierung* importiert Netzkonstrukte aus STL- oder OBJ-Dateien oder wandelt Volumenkörper in Netze um und erlaubt spezielle Modellierfunktionen für facettierte Netze.

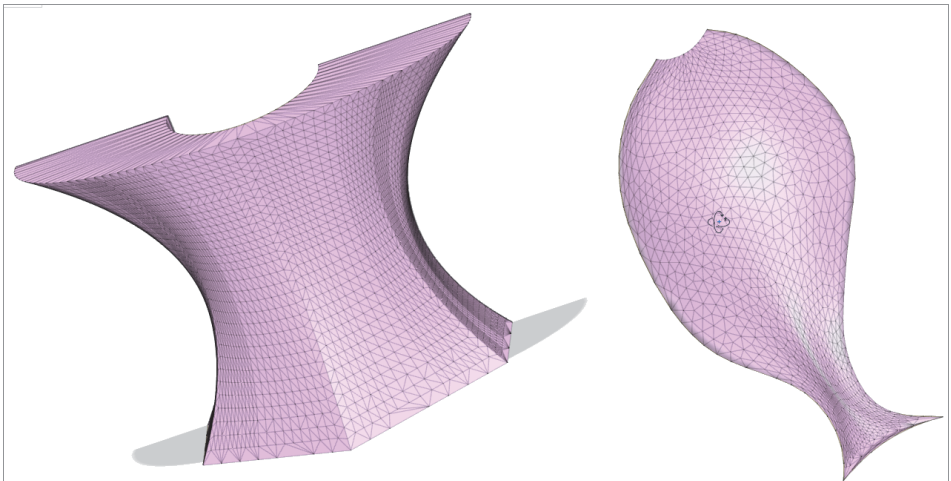


Abb. 1.35: Netz aus Volumenkörper und aus STL-Datei importiertes Netz

Stichwortverzeichnis

2½-D-Bearbeitung 328
2D-Adaptive Clearing 328, 334
2D-Kontur 328
3D-Geometrie einbeziehen 63
3D-Skizze 45

A

Abhängigkeit 64
 anzeigen 45
Abhängigkeiten
 für Simulation 191, 197
Abmessung 167
Abrunden 58
Abstechen 353
Abwicklung 320, 376
 als DXF exportieren 322
 erstellen 313
Abwicklungsansicht 320
Achse
 durch Kante 27
 lotrecht 86
 zwei Ebenen 87
 zwei Punkte 27
 Zylinder/Kegel/Torus 86
Achsenbeschriftung 42
ACIS 23
Adaptive Clearing 365, 382
Additives Herstellungsverfahren 209
Analyse 362
 thermische 203
Anfahr-Wegfahrbedingungen 368
Anfahr-Wegfahrbewegung 333
Animation 25, 299
Animationsfilm 305
Animationspfad
 erstellen 302
Anordnung
 Rechteckige 62
 Runde 61
Anpassungspunkt-Spline 51
Ansicht
 benannte 33
 drehen 173

Erstansicht 169
Orthogonale 293
Projektionsansicht 171, 293
verschieben 173
Zeichnungen 166
Ansichten 291
Ansichtsfenster
 mehrere 33
Arbeitsbereich 24
Arbeitsblatt 342
Arbeitsplan 343, 357
Aufkleber 308
Ausgabe 186
Ausgerichtete Bemaßung 167, 177
Ausklindung 318
Ausrichten
 an Skizzierebene 45
 Ansicht nach Fläche 32
Ausschneiden 121
Austragungen 312
Auswahl
 invertieren 56
 nach Größe 66
Auswählen 54
Auswahlfilter 57
Auswahlpriorität 57
Auswahlwerkzeuge 55
Autodesk-HSM 356

B

Basisbauteile 19
Basislinienbemaßung 167, 178
Baugruppe 237
 Voreinstellung 238
 Zeichnung 290
Bauteil
 einfügen 255
 externes 255
Bearbeitungsfunktionen 57
Bearbeitungsrichtung 332
Befehle
 Bemaßung 167
Begrenzungsfüllung 127

Beleuchtung 307
 Bemaßung 167, 174
 allgemeine 176
 anzeigen 45
 Voreinstellungen 175
 Zeichnungen 174
 Bemaßungsbefehle 167
 Bemaßungsbruch 168, 178
 Bemaßungsfunktion 174
 Benutzeroberfläche 17
 Berechnen
 Lösen 195
 Beschriftung
 Achsen 42
 Beschriftungseinstellungen 290
 Bewegung
 beschränken 265
 sichtbar machen 263
 Bewegungsstudie 262, 266
 Bewegungsverknüpfung 255
 Bezugssymbol 168, 184
 Bibliothek 258
 Hintergrund- 307
 Material- 306
 Bibliotheksteil 261
 einfügen 259
 Biegung 318
 Biegungsinformationen 321
 Biegunskennung 168, 296, 321
 Biegungslinie 322
 Biegungstabelle 296
 Biegungsverhalten 311
 Bild
 einfügen 168
 erfassen 23
 Blech 24
 Blechabwicklung 296, 377
 Blechkonstruktion
 biegen 320
 Blechregel 311, 313
 Blechstärke 311
 Blechteil
 konstruieren 311
 Laserschneiden 322, 376
 Bogen 49
 Bohrbearbeitung 389
 Bohren 389
 Zentrier- 390
 Bohrung 320
 Bottom-Up-Verfahren 239
 Browser 33

C

Cloud-Punkte 189, 195, 198
 CNC 323
 CNC-Maschine 323
 Computerized Numerical Controlled 323
 CSV 186
 Cursor-Menü 35
 Curve 234

D

D Slices 235
 Daten 21
 Daten (Gruppe) 20
 D-Druck 209
 Deckel
 mit Gewindebohrungen 389
 Deformationsskala 193
 Dehnen 59
 Detailansicht 167, 172, 295
 Dicke
 Blech 314
 DIN 66025 376
 Direktbearbeitungsmodus
 ohne Zeitachse 129
 Drehbearbeitung 343, 344, 346
 Drehbuch 299, 300
 Drehen 344
 Ansicht 173
 Dreh-Simulation 349
 Dreitafeldarstellung 291
 Drucken 187
 Durchgangsbohrung 391
 Durchgangserweiterung 332
 Durchmesserbemaßung 167, 178
 DWG 186
 DXF 186
 DXF-Format 322

E

Ebene 82
 an Winkel 83
 durch drei Punkte 85
 durch zwei Kanten 84
 entlang Pfad 86
 tangential 86
 Effekte
 für Darstellung 32
 Einheiten 42
 Einrichteblatt 357
 Einschließen 62
 Einstellblatt 342
 Ellipse 50

Entwurfsraster 32, 120
 Ereignissimulation 191
 Erhebung 103, 239
 Erstansicht 166, 169, 291, 292
 Explosionsdarstellung 299, 303
 manuelle 304
 Exportieren 23
 Extrusion 90, 318, 360

F

F3D 23
 Fang 46
 Farbauswahl 55
 Fase 121, 391
 FDM 209
 FEM 189
 Fensterwahl 54
 Fertigen 323
 Fertigenmodus 376
 Fertigungszeichnung 165
 Filament-Extruder-Drucker 217
 Finite Elemente Methode 189
 Fixieren 66
 Fläche 24
 Freiformflächen 129
 T-Spline-Fläche 131
 Flächen
 heften 127
 stutzen 128
 Flächenmodellierung 39, 81, 123
 Flansch 311
 Flansch-Konstruktion 314
 Folded Panels 235
 Form- und Lagetoleranzen 184
 Formoptimierung 191, 197
 Formoptimierungsberechnung 197
 Formvariante 232
 Fräsbearbeitung 325, 328, 359, 365
 Fräsen
 Vorbereitungen 325
 Frässtrategie 367
 Freiformauswahl 54
 Freiformfläche 129, 380
 Freiformmodellierung 35, 40, 81, 137
 Freigeben 24
 Frequenzen
 modale 190
 FRG-Ansicht
 Freiheitsgrade 191
 Führungslinie 168, 184
 Fused Deposition Modeling 209

G

G0 126
 G1 126
 G2 126
 G54 365
 G-Code 374
 Gcode-Datei 223
 G-Code-Programm 376
 Gelenk
 animieren 264
 erstellen 251
 Gelenkanimation 254
 Gelenkbeziehungen 250
 Gelenkgrenzwert
 bearbeiten 263
 Gelenkursion 251, 257
 Gelenkverbindungen 252
 Gelenkverknüpfung 265
 Geschlossenes Netz
 erstellen 160
 Gewinde 392
 Gewindebohrung 242, 389
 Gewindedarstellung 292
 Gewindekante 170, 292
 Gleich 66
 Gleichlauf 335
 Grundkörper 119
 Gruppe
 Daten 21
 Lösen 192
 Symbole 184

H

Heidenhain-Code 340
 Herstellungsverfahren
 additives 209
 Hilfsgeometrie 82
 Hilfslinie
 im Konstruktionsmodus 45
 Hintergrund
 Umgebung 309
 Hintergrundbibliothek 307
 Höhenbezugspunkt 315
 Hohlkehle 366
 Horizontal 65
 NC-Bearbeitung 366
 HSC-Kontur 366

I

IGS 23
 Informationsbereich 27
 Inkreis 50

Installation 16
Interlocked Slices 232

J

Job-Status 28

K

Kamera 32
Kante
 Tangentiale 170
 Überlagernde 170
Kantensichtbarkeit 170, 291, 295
Kantenverlängerung 167, 179
Kettenbemaßung 168, 178
K-Faktor 314
Knickung
 strukturelle 190
Koinzident 65
Kollinear 66
Kommentar 34, 296
Komponente
 drehen 249
 transformieren 302
 verschieben 249
Konische Kurve 52
Konstruktionsverlauf
 protokollieren 238
Kontakt 191
Kontaktsatz 265
Kontextmenü 35
Kontrollpunkt-Spline 52
Kontur
 NC-Bearbeitung 366
Konturlasche 319
Konzentrisch 66
Koordinaten
 Eingabe 42
Koordinatenbemaßung 167, 176
Koplanar 84
Kreis 48
Krümmung
 Abhängigkeit 67
Kühlmittel 330
Kurve
 konische 52

L

Längsschuppen 350
Laserschneiden
 Blechteil 322, 376
Laserschneidmaschinen 322

Lasten
 für Simulation 191
Leitkurven-Morph 366
Lineare Bemaßung 167, 177
Linie-Befehl 47
Lofting 103, 239, 240
Lösen 59, 192
Lotrecht 66

M

Mac-Rechner 15
Maschinenfunktionen 376
Maßstab 291
Maßtext
 ergänzen 179
Materialbibliothek 306
 Fusion 360 325
Materialeinfahrt 366
Materialien 306
McMaster-Carr 259
Messerkopf 328
Mittelfläche 84
Mittellinie 167, 181
Mittelpunkt
 Abhängigkeit 66
Mittelpunktmarkierung 167, 181
 Muster 167, 182
Modalanalyse 199
Modale Frequenzen 190
Modell 24
Modellierung 81
 parametrische 19
Modellierungsmodus 19
Morph-Spirale 366

N

Navigationsleiste 24, 30
NC-Bearbeitung 359
 horizontal 366
 Kontur 366
 parallel 366
 projizieren 366
 radial 366
 simulieren 370
 Spirale 366
NC-Datei 338
 Drehen 357
NC-Maschine 323
Netz
 geschlossenes Netz erstellen 160
Netzanzeige 32
Netzmodellierung 40, 81

Netz-Umgebung
 Objektwahlmethode 159
 Nichtlineare statische Spannung 191
 Nut 50

O

Oberfläche 308
 Oberflächensymbole 168, 184
 Objektfang 46, 301
 Objektsichtbarkeit 32
 Objektwahl 53
 Methoden 53
 Objektwahlfilter 269
 Operationstyp 326
 Orbit
 abhängig 31
 Freier 31
 Orbits 29
 Orthogonale Ansicht 293

P

Parallel 66
 NC-Bearbeitung 366
 Parameter
 ändern 268
 Parametertabelle 19
 Parametrische Modellierung 19
 PDF 186
 Perspektive 30
 Plan-Drehen 346
 Planen 328
 Plangröße 289
 Plotterausgabe 187
 Polygon 50
 Positionsdarstellung 267, 268
 Positionsnummern 168, 297
 ausrichten 168
 Postprocessing
 Drehen 356
 Postprozess 378, 379
 Postprozessor 339, 356, 379
 Download 373
 Konfiguration 339
 suchen 356
 Print Studio 213, 215
 Profil-Lasche 311
 Programm-Start
 Heidenhain 340
 Projektionsansicht 166, 171, 173, 293
 Projizieren 62
 Auf Fläche 63
 NC-Bearbeitung 366

Projizierte Geometrie
 anzeigen 45
 Publizieren
 Video 301
 Punkt 52
 an Scheitelpunkt 87
 drei Ebenen 88
 Kante und Ebene 88
 Mitte Kreis/Kugel/Torus 88
 zwei Kanten 88
 Punkt-Element
 anzeigen 45
 Punktojekt 52

Q

Quader 120
 Querstellung 332

R

Radial
 NC-Bearbeitung 366
 Radial Slices 234
 Radiusbemaßung 167, 178
 Raster 301
 fangen 32
 Rastereinstellungen 33, 42
 Rasterfang 45
 Rechteck 47
 Referenznummern 42
 Render 25
 Rendereingabe 309
 Rendereinstellungen 309
 Rendern 306
 Restmaterial 351, 368
 Restmaterialanzeige 371
 Restmaterialbearbeitung 352
 Rho
 Parameter 52
 Richtung
 Planbearbeitung 332
 Rohteil 326, 381
 Rohteilversatz 332
 Rückzugshöhe 367

S

SAT 23
 Schlichtaufmaß 349
 Schlichtbearbeitung 337, 372
 Schlichten 351
 Schlichtmeißel 351
 Schlichtspan 332
 Schlichtvorschub 332

Schneidenradius 351
 Schneidstoff 330
 Schnellzugriff-Leiste 22
 Schnittanalyse 160, 362
 Schnittansicht 167, 172, 294
 Schnittdarstellung 362
 Schnittdaten 330
 Schnittkurve 64
 Schnittmenge 63
 Schnittverlauf 294
 Schrubbearbeitung 334, 362
 Setups 325
 Sicherheitshöhe 367
 Simulation 25, 189, 371
 Simulieren
 NC-Bearbeitung 370
 Skalierungsmaßstab 59
 Skizze
 Voreinstellungen 42
 zeichnen 360
 Skizzenpalette 44, 46
 Skizzenprofil
 anzeigen 45
 Skizzierebene
 Aufschneiden 45
 Skizzirraster 45, 46
 Slicer for Fusion 225
 SMT 23
 Spannmittel 326
 Spannung
 nichtlineare statische 191
 statische 190
 thermische 190
 Speicherintervall 29
 Speichern 186
 Spiegeln 60
 Spiegeloperationen 246
 Spirale 113
 NC-Bearbeitung 366
 Spline 51
 Splinekurve
 umwandeln 322
 Stacked Slices 229
 Starre Gruppe 251, 254
 Startansicht
 wiederherstellen 303
 Statische Spannung 190
 STEP 23
 Stereolithografie 209
 Stile
 für Ansichten 291
 STL 209
 STP 23

Strukturelle Knickung 190
 Stückliste 297
 erstellen 297
 Studie 190, 193
 Stützen 58
 Sweeping 111
 Symbole 168, 184
 Symmetrie 66
 Systemvoraussetzungen 15
 Szeneneinstellung 307

T

Tabelle 168
 neu nummerieren 299
 Tangente
 Abhängigkeit 65
 Tangentialebene 84
 Tasche
 fräsen 359
 Taschen-Freiräumen 365
 Task-Manager 369
 Text 52, 168, 182
 Texture-Map-Steuerelement 308
 Thermisch 190
 Thermische Analyse 203
 Thermische Spannung 190
 Tiefenzustellung 332
 Toleranz 332
 Top-Down-Verfahren 239
 T-Spline 138
 T-Spline-Fläche 35, 131
 T-Spline-Geometrie 153
 T-Splines 26

U

Umgebung 32
 Umgebungs-Hintergrund 309
 Umkreis 50
 Ursprung 33

V

Verfeinerungsoption 211
 Verknüpfen
 Volumenkörpern 38
 Verrundung 58
 Versatz 60
 Versatzebene 83
 Verschieben
 Ansicht 173
 Versionen
 einer Konstruktion 20
 Versionsverwaltung 21

Vertikal 65
 Video publizieren 301
 ViewCube 24, 30
 Visuelle Stile 32
 Vollbild 32
 Volumenkörper
 verknüpfen 38
 Volumenkörpermodellierung 38, 81, 119
 Vorbereitung
 Fräsen 325
 Voreinstellungen 28
 Baugruppe 238
 Bemaßung 175
 Fertigen 362
 Skizzen 42
 Zeichnungen 289
 Vorschubreduzierung 354

W

Wählen
 nach Begrenzung 56
 WCS 338
 Web
 anzeigen im 24
 Wegbedingungen 376
 Werkstück Koordinatensystem 326, 363, 378
 Werkzeug
 Studie 193
 Werkzeugauswahl 328

Werkzeugbibliothek 330, 382
 Werkzeugkasten 24
 Zeichnung 166
 Werkzeugliste 329, 342, 343, 357
 Werkzeugweg 338
 generieren 377
 Wiederherstellung 29
 Windows-PC 15
 Winkelbemaßung 167, 177
 WKS 326, 363, 378
 WKS-Aufruf 365
 WKS-Ursprung 363
 Workpiece Coordinate System 338

Z

Zeichenebene 43
 Zeichenfunktion 44
 Zeichnung 25
 Baugruppen 290
 Bemaßung 174
 von Animationen ableiten 305
 Voreinstellungen 289
 Zeichnungsableitung 290
 Zeichnungsansicht 166
 Zeichnungsnorm 289
 Zeitachse 34
 Zentrierbohren 390
 Zukaufteil 237, 258
 Zylinder 122