

Autodesk **Fusion 360**

Praxiswissen für Konstruktion,
3D-Druck und CNC

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	11
Was ist Fusion 360?	11
Für wen ist das Buch gedacht?	12
Umfang des Buches	12
Verwendung einer Testversion	13
Downloads zum Buch	13
Wie geht's weiter?	13
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
1.4.1 Die Gruppe Daten	19
1.4.2 Die Schnellzugriff-Leiste	21
1.4.3 Der Werkzeugkasten	23
1.4.4 Autodesk-Account, Voreinstellungen und Hilfe-Menü	25
1.4.5 Der ViewCube	27
1.4.6 Die Navigationsleiste	28
1.4.7 Der Browser	31
1.4.8 Die Kommentare	31
1.4.9 Die Zeitachse	32
1.4.10 Cursor-Menü und Kontextmenü	33
1.5 Konstruktionsverfahren	33
1.5.1 Volumenkörpermodellierung aus Grundkörpern	34
1.5.2 Volumenkörpermodellierung über Skizzen	35
1.5.3 Flächenmodellierung	39
1.5.4 Freiformmodellierung	40
1.5.5 Netzmodellierung	40
1.5.6 Blechmodellierung	41
1.6 Übersicht über Konstruktionsverfahren und Modellierungsmodus	42

2	Erste Projektarbeit	45
2.1	Erstellen von Skizzen und erste Konstruktion	45
2.1.1	Voreinstellungen für Skizzen	46
2.1.2	Skizze starten	47
2.2	Zeichen- und Bearbeitungsfunktionen	48
2.2.1	Die Zeichenfunktionen	48
2.2.2	Objektfang-Möglichkeiten	55
2.2.3	Objektwahl-Methoden	56
2.2.4	Die Bearbeitungsfunktionen	60
2.2.5	Optionen für die Zeichenarbeit	67
2.2.6	Abhängigkeiten	67
2.3	Erstellen der Flaschenöffner-Skizze	69
2.4	Bemaßungen	75
2.5	3D-Modellierung aus der Skizze heraus	80
2.5.1	Extrusion	80
3	3D-Modellierung	83
3.1	Hilfsmittel: Ebenen, Achsen, Punkte	84
3.2	Volumenkörpermodellierung aus Grundkörpern	89
3.3	Volumenkörpermodellierung aus der Skizze heraus	93
3.3.1	Extrusion	94
3.3.2	Parameter variieren	98
3.3.3	Drehen	102
3.3.4	Lofting, Erhebung	104
3.3.5	Sweeping	108
3.3.6	Spirale	110
3.3.7	Leitung	112
3.4	Flächenmodellierung	113
3.4.1	Parametrische Modellierung	113
3.4.2	Freiformflächen	117
3.5	Freiformmodellierung	123
3.6	Netzmodellierung	130
4	2D-Fertigungszeichnungen ableiten	139
4.1	Der Werkzeugkasten Zeichnung	141
4.2	Ansichten erzeugen, Projektionen und Details	144
4.2.1	Erstansicht	144
4.2.2	Projektionsansicht	145

4.2.3	Schnittansicht	146
4.2.4	Detailansicht	147
4.2.5	Ansichten manipulieren	148
4.3	Bemaßung, Texte und Hinweistexte	149
4.3.1	Bemaßungsfunktionen	149
4.3.2	Geometrische Ergänzungen	156
4.3.3	Texte und Hinweistexte	158
4.3.4	Symbole	160
4.4	Ausgabe, Speichern, Plot	162
5	Simulation	165
5.1	Übersicht	165
5.2	Festigkeitsberechnungen für den Flaschenöffner	167
5.2.1	Lastfall erstellen	169
5.2.2	Berechnen: Lösen	169
5.3	Formoptimierung	173
5.4	Modalanalyse	174
5.5	Thermische Analyse	174
6	CNC-Bearbeitung	175
6.1	Fräsbearbeitungen	176
6.1.1	Vorbereitung für Fräsen	176
6.1.2	Fräsbearbeitungen des Teils (2½-Achsen-CNC-Bearbeitungen)	178
6.1.3	NC-Datei aus den Werkzeugwegen erstellen	190
6.2	Drehbearbeitungen	195
6.2.1	Setup fürs Drehen	196
6.2.2	Die Drehbearbeitungen	197
6.2.3	Postprocessing	207
7	3D-Druck	213
7.1	Verfahren	213
7.2	3D-Druckfunktion	214
7.3	Arbeiten mit Print Studio	217
7.3.1	Drucker wählen	217
7.3.2	Material wählen	218
7.3.3	Importieren und Platzieren	219
7.3.4	Reparieren	220

7.3.5	Stützstrukturen	222
7.3.6	Vorschau	223
7.3.7	Exportieren	224
7.3.8	Gcode-Dateien	225
7.4	3D-Druck mit einem Filament-Extruder-Drucker	227
7.4.1	Druckbahnen erzeugen	228
7.4.2	Druckbeispiele	232
7.5	Slicer for Fusion 360	233
7.5.1	Stacked Slices	236
7.5.2	Interlocked Slices	240
7.5.3	Curve	241
7.5.4	Radial Slices	242
7.5.5	Folded Panels	242
7.5.6	3D Slices	243
7.6	Neue Entwicklung: Netfabb	244
8	Baugruppen erstellen	245
8.1	Voreinstellung einer Baugruppe	246
8.2	Modellierung der Einzelteile	247
8.2.1	Skizze, Lofting, Extrusion und Abrunden	247
8.3	Der Zusammenbau	253
8.3.1	Körper und Komponenten	253
8.3.2	Gelenkbeziehungen einbauen	258
8.3.3	Externes Bauteil einfügen	263
8.3.4	Bibliotheksteile einfügen	266
8.4	Bewegungsstudien	269
8.4.1	Gelenkbewegungen eingrenzen	270
8.4.2	Bewegungen sichtbar machen	271
8.4.3	Bewegungen durch Kontaktatz beschränken	272
8.4.4	Beliebige Bewegungen mehrerer Gelenke	273
8.4.5	Positionsdarstellungen	274
8.5	Parameter ändern	275
9	Baugruppen-Zeichnungen, Animation, Rendern	279
9.1	Voreinstellungen für Zeichnungen	279
9.2	Zeichnungen von Baugruppen	280
9.2.1	Ansichten	281
9.2.2	Bemaßung und Kommentare	286

9.2.3	Stücklisten	287
9.3	Ausgabefunktionen	289
9.3.1	Stückliste ausgeben	289
9.3.2	Ausgabe im DWG-Format	290
9.3.3	PDF-Ausgabe	290
9.4	Animationen	291
9.4.1	Voreinstellungen	292
9.4.2	Animationspfade erstellen	293
9.4.3	Animationsfilm erstellen	298
9.5	Zeichnungen von Animationen ableiten	299
9.6	Rendern	300
9.6.1	Material und Darstellung	300
9.6.2	Gestaltung der Beleuchtung	301
9.6.3	Oberflächen-Einstellungen	302
9.6.4	Renderausgabe	303
10	Blechbearbeitungen	305
10.1	Blechteil konstruieren	305
10.1.1	Blechregel	307
10.1.2	Flansch-Konstruktionen (Laschen)	308
10.1.3	Einzelne Biegung	312
10.1.4	Ausklinkung	313
10.1.5	Konturlasche	314
10.1.6	Bohrungen	316
10.2	Abwicklung und Zeichnungen	317
10.3	Laserschneiden eines Blechteils	319
11	Weitere CNC-Bearbeitungen	321
11.1	Taschen-Fräsbearbeitung	321
11.1.1	Skizze zeichnen	322
11.1.2	Volumenkörper aufbauen	326
11.1.3	Schruppbearbeitung der Tasche	327
11.1.4	Schlichtbearbeitung der Tasche	338
11.1.5	Postprozessing	340
11.1.6	G-Code-Datei für die Maschine	341
11.2	Laserschneiden eines Blechteils	343
11.2.1	Vorbereitung des Blechteils	343
11.2.2	DXF-Ausgabe für Laserschneiden	344

11.2.3	Generierung der Werkzeugwege.....	346
11.2.4	Auswahl eines Postprozessors.....	349
11.3	Bearbeitung von Freiformflächen.....	350
11.3.1	Beispiel mit Adaptive Clearing	350
11.3.2	Weitere 3D-Bearbeitungen.....	355
11.4	Bohrbearbeitungen	358
11.4.1	Setup für Bohren	359
11.4.2	Zentrierbohren	359
11.4.3	Durchgangsbohrung	360
11.4.4	Fase	361
11.4.5	Gewinde.....	362
	Stichwortverzeichnis	363

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 Konstruktionsprozesses 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 Modellierung und Test 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-Fertigungsarten
- Optimierung von Teilen

Das schon länger am Markt befindliche CAD-Programm Fusion 360 wird seit dem Herbst 2018 mit einer *neuen Abonnementsstruktur* angeboten, und zwar nicht mehr in verschiedenen teuren und verschiedenen 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 gleichermaßen auf Windows-PCs oder 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.

Der Leser wird im Laufe des Lesens einerseits die Befehle und Bedienelemente von Fusion 360 in kleinen Schritten erlernen, aber darüber hinaus 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 jetzt 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 elf Kapitel gegliedert. Der gesamte Stoff kann, sofern genügend Zeit (ganztägig) vorhanden ist, vielleicht in zwei bis drei Wochen durchgearbeitet werden.

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 eben 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.

Verwendung einer Testversion

Sie können sich über die Autodesk-Homepage www.autodesk.de eine Testversion für 30 Tage herunterladen. Diese dürfen Sie ab Installation 30 aufeinanderfolgende Tage (Kalendertage) zum Testen benutzen. Der 30-Tage-Zeitrahmen für die Testversion gilt strikt. Eine Deinstallation und Neuinstallation bringt keine Verlängerung des Zeitlimits, da die Testversion nach einer erstmaligen Installation auf Ihrem PC registriert ist. Für produktive Arbeit müssen Sie dann eine kostenpflichtige Lizenz bei einem autorisierten Händler erwerben. Adressen erfahren Sie dafür unter www.autodesk.de.

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

Downloads zum Buch

Auf der Webseite des Verlags können Sie alle im Buch verwendeten Konstruktionsbeispiele kostenlos herunterladen. Besuchen Sie hierzu www.mitp.de/0030 und wählen Sie im Reiter DOWNLOADS die KONSTRUKTIONSBEISPIELE aus.

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 den Index 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, 17.6.2019

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 also der Vorgängerversion FUSION 360 ULTIMATE.

1.2 Systemvoraussetzungen

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

- Microsoft® Windows® 7 SP1,
- Windows 8.1 oder
- Windows 10 (nur 64 Bit) und
- Apple® macOS™ Mojave 10.14,
- Apple® macOS™ High Sierra 10.13,
- 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 www.autodesk.de dauerhaft abonnieren (Abbildung 1.1 links).

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 für drei Jahre kostenlos zu Studienzwecken nutzen (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 rechts 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.

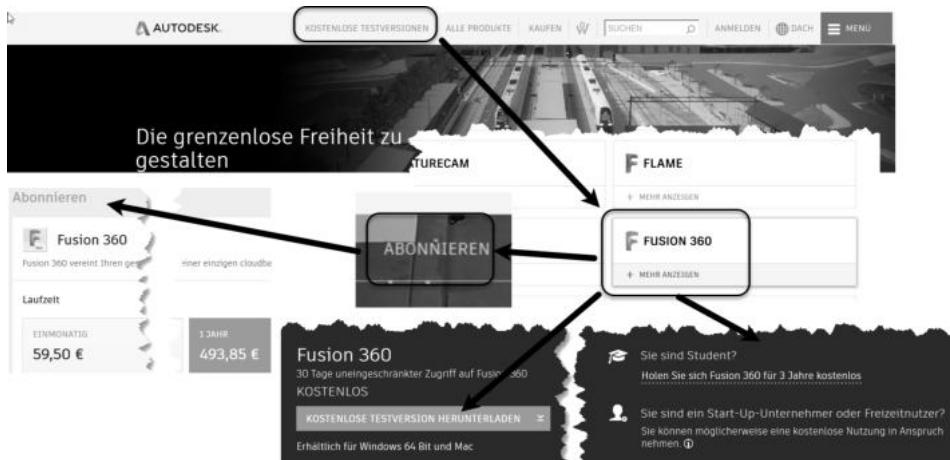


Abb. 1.1: Fusion 360 beschaffen

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) und eine wichtige Frage nach dem Modellierungsmodus (Abbildung 1.3), ehe sich die Benutzeroberfläche zeigt.



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

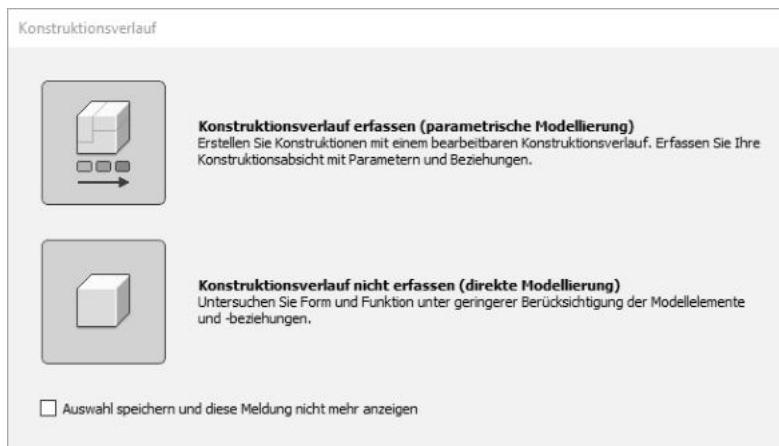


Abb. 1.3: Modellierungsmodus parametrisch oder direkt

Abhängig von den Vorgabeeinstellungen des Programms kann beim Start vor der Benutzeroberfläche noch die Anfrage nach dem MODELLIERUNGSMODUS erscheinen. Wählen Sie hier standardmäßig KONSTRUKTIONSVERLAUF ERFASSEN. Der MODELLIERUNGSMODUS legt fest, ob die einzelnen Konstruktionsschritte in der

Verlaufsreihenfolge protokolliert werden sollen oder nicht. Das entscheidet dann darüber, ob die benutzten Abmessungen gleichzeitig in einer **PARAMETERTABELLE** gespeichert werden sollen.

Solange der Konstruktionsverlauf erfasst wird, können Sie die Konstruktions schritte später über die zeitliche Reihenfolge, die in der **ZEITACHSE** grafisch dargestellt wird, rückgängig machen und auch über die Parametertabelle ändern. Das ist die **PARAMETRISCHE MODELLIERUNG**.

Wird der Konstruktionsverlauf nicht erfasst, 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. Deshalb nennt sich diese Methode dann **DIREKTE MODELLIERUNG**. Die damit erstellten Bauteile bezeichnet man als **BASISBAUTEILE**.

Die wichtigsten Bereiche der Benutzeroberfläche zeigt Abbildung 1.4. 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.

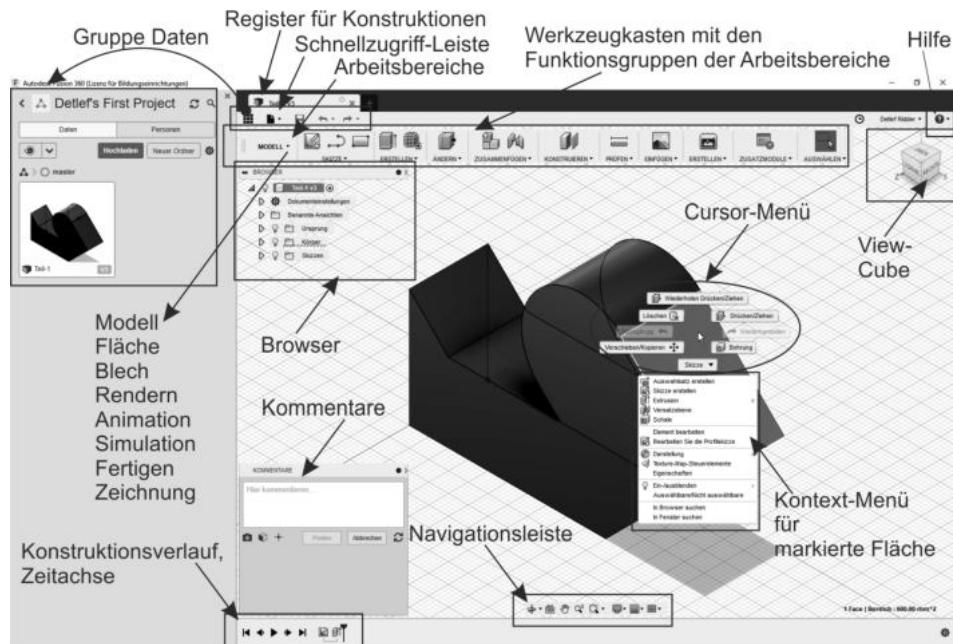


Abb. 1.4: Benutzeroberfläche von Fusion 360

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

1.4.1 Die Gruppe Daten

Die Gruppe DATEN wird über die SCHNELLZUGRIFF-Leiste aktiviert und bietet den Zugriff auf bereits erstellte Konstruktionen an (Abbildung 1.5). 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 1.5 links) in die Übersicht der *Projekte* (Abbildung 1.5 rechts) umschalten. Sie finden dort auch die Schaltflächen *NEUER ORDNER* bzw. *NEUES PROJEKT*, um neue *Ordner* bzw. *Projekte* anzulegen.

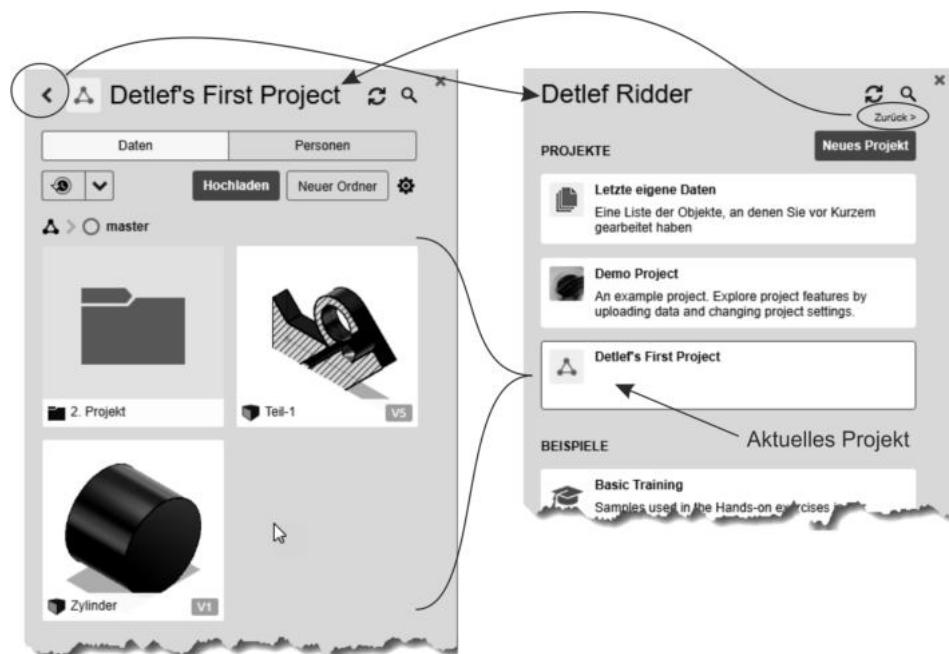


Abb. 1.5: Gruppe DATEN mit Projekten bzw. Ordnern und Konstruktionen

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 1.6).

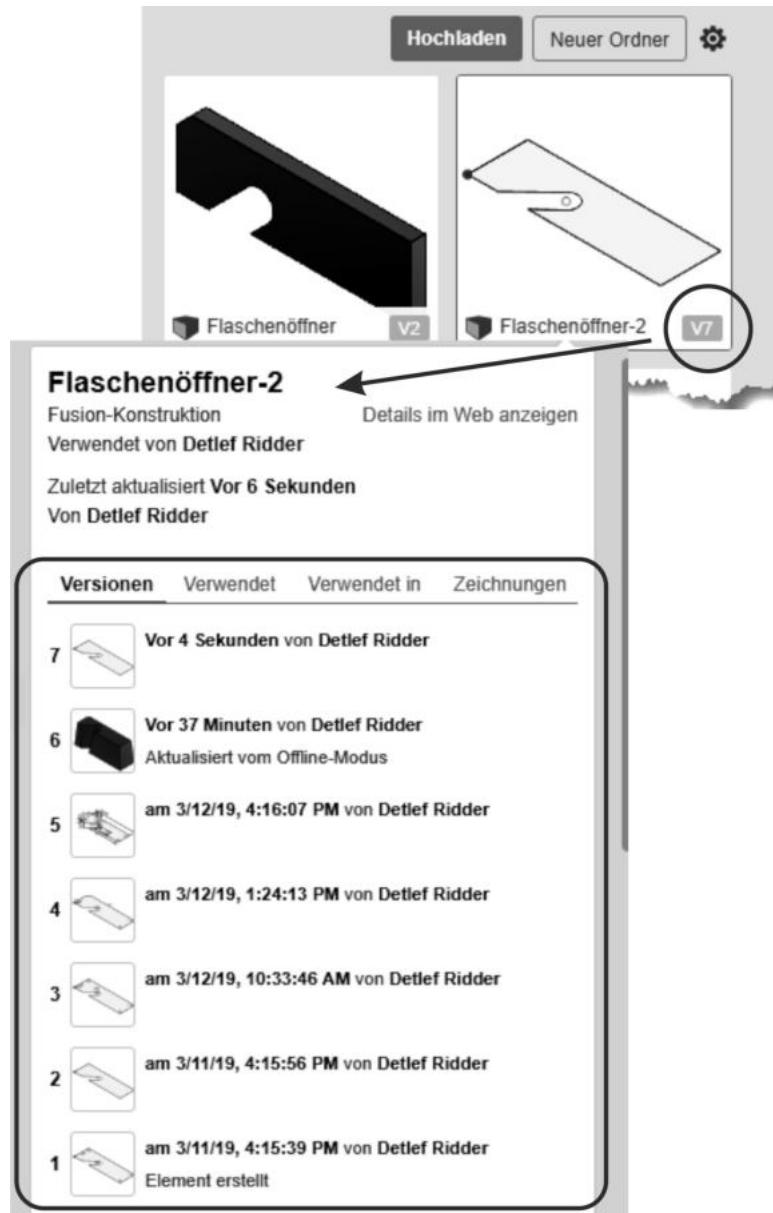


Abb. 1.6: Versionsverwaltung

Die Dateianzeige kann über die Einstellungen auch in eine zeitliche Reihenfolge gebracht werden und statt in Rasterform etwas kompakter in Listenform gestaltet werden (Abbildung 1.7).

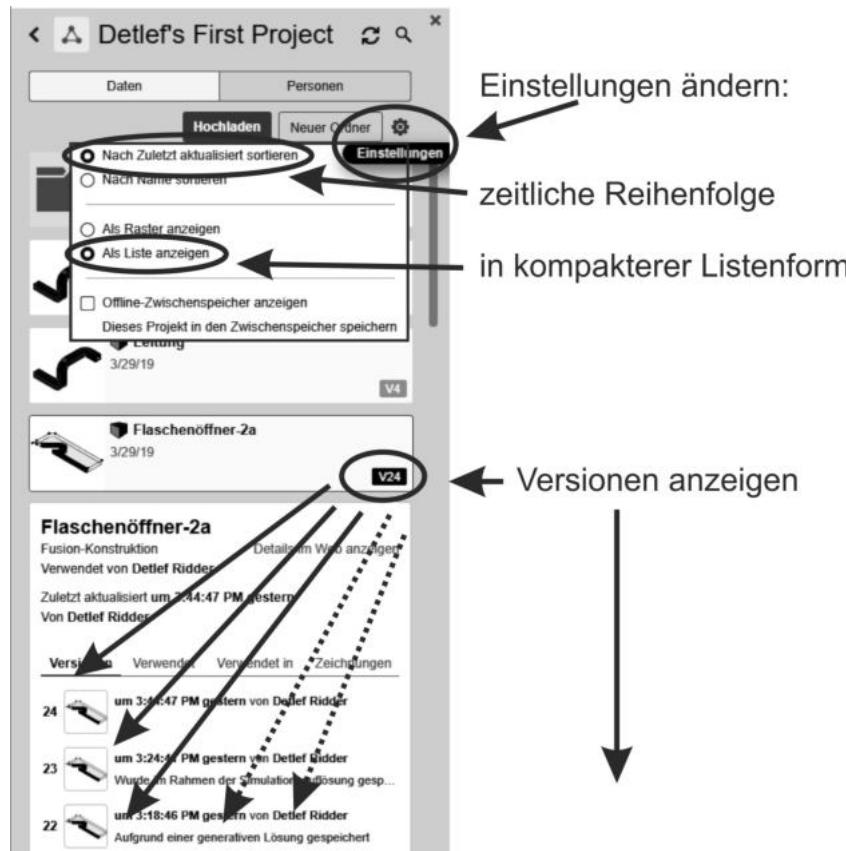


Abb. 1.7: Dateien in zeitlicher Reihenfolge

1.4.2 Die Schnellzugriff-Leiste

In der SCHNELLZUGRIFF-Leiste finden Sie die wichtigsten Funktionen zur Dateiverwaltung (Abbildung 1.8). 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.

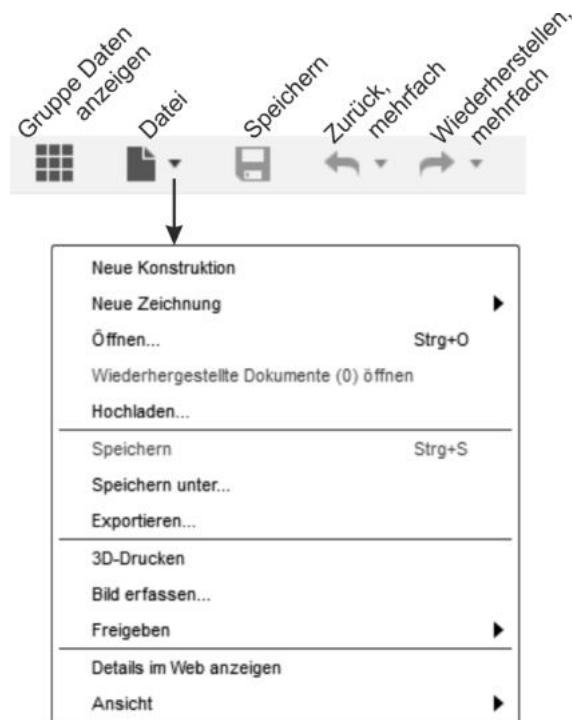


Abb. 1.8: SCHNELLZUGRIFF-Leiste

- SPEICHERN **Strg**+**S** – speichert eine Fusion-Konstruktion oder -Zeichnung in der Cloud.
- 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 einen 3D-Druckdienst oder an ein 3D-Druckprogramm.
- 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-Cloud-bereich.
- 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,
 - WERKZEUGKASTEN – mit den wichtigsten Funktionen,
 - NAVIGATIONSLEISTE – zur detaillierten Gestaltung der Ansicht(en),
 - GRUPPE DATEN – für die Verwaltung von Konstruktionen und Projekten in einer Ordnerstruktur.

1.4.3 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 1.9).

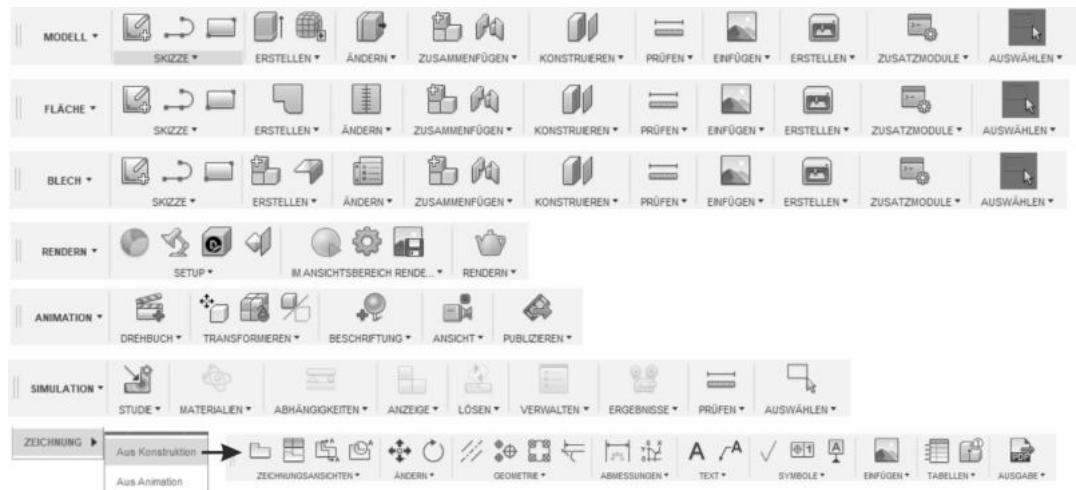


Abb. 1.9: Werkzeugkasten mit den verschiedenen Arbeitsbereichen und deren Funktionen

Folgende *Arbeitsbereiche* sind bei parametrischer Modellierungsart verfügbar:

- MODELL – 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. Unter ERSTELLEN können Sie dann den Volumenkörper an ein Programm zum 3D-Druck weitergeben oder an einen 3D-Druck-Service schicken.
- 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. Am Schluss ist hier ebenfalls ein 3D-Druck möglich.
- BLECH – enthält die Werkzeuge, um Blechkonstruktionen über verschiedenste Biege- und Stanzoperationen zu gestalten.
- 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 *Arbeitsbereiche* verfügbar (Abbildung 1.10):

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



Abb. 1.10: Arbeitsbereiche FORMEN und NETZ bei direkter Modellierung

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

Parametrische oder direkte Modellierung – Tipp

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

1.4.4 Autodesk-Account, Voreinstellungen und Hilfe-Menü

Oben rechts am Rand der Benutzeroberfläche liegen die *Informationsbereiche* (Abbildung 1.11).

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.



Abb. 1.11: Das Hilfe-Menü

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 1.12 angezeigt. Unter Ihrem *Benutzernamen* finden Sie den direkten Zugang zu Ihrem AUTODESK ACCOUNT.



Abb. 1.12: Job-Status ohne Internet

In der nächsten Funktion VOREINSTELLUNGEN finden sich ganz generelle Einstellungen, die Ihre gesamte Arbeit mit dem Programm betreffen (Abbildung 1.13).

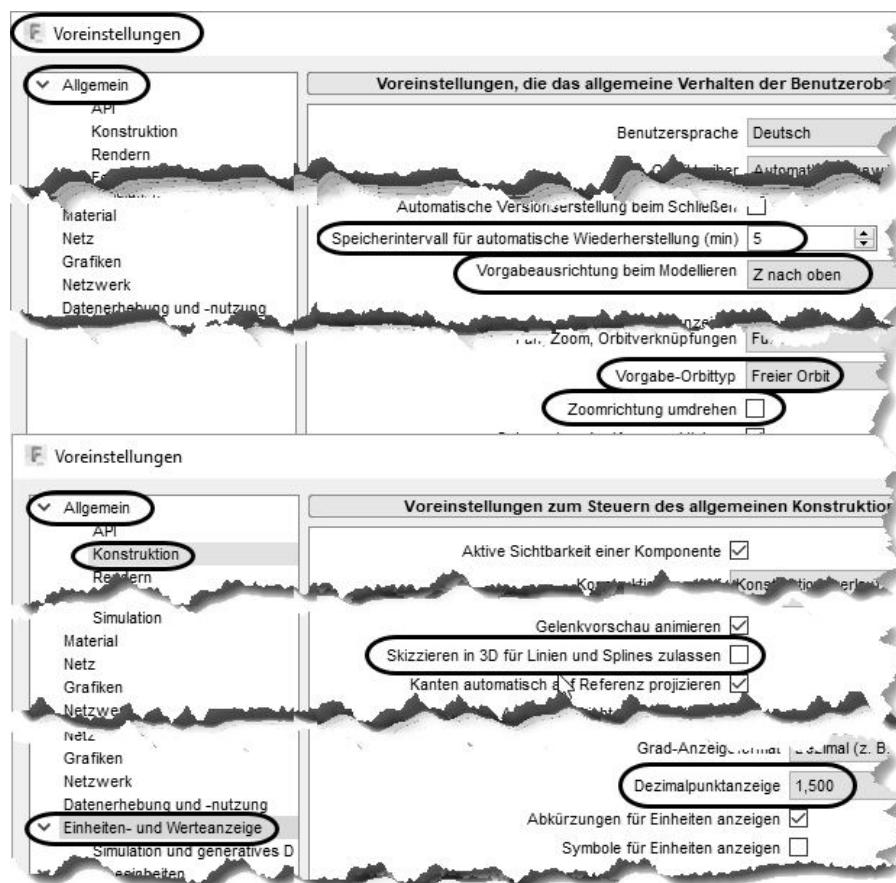


Abb. 1.13: Allgemeine Voreinstellungen

Im Bereich ALLGEMEIN können Sie beispielsweise die *Spracheinstellung* ändern, die dann nach erneutem Programmstart wirksam wird. Interessant ist hier insbeson-

dere 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 Vorschau können Sie einige neue Funktionen aktivieren, die sich noch im Teststadium befinden (Abbildung 1.14).

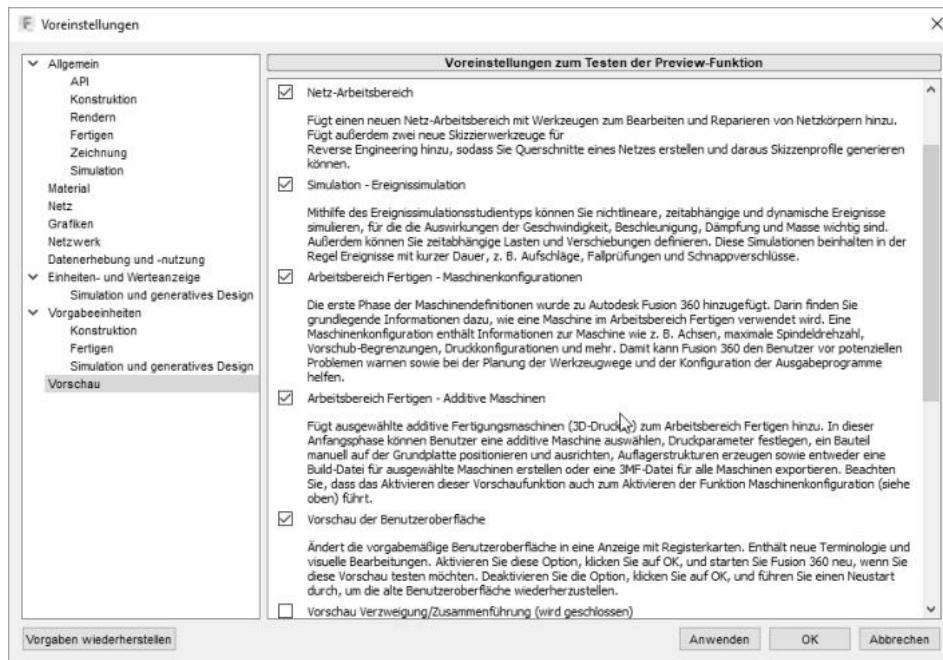


Abb. 1.14: Neue aktivierbare Funktionen im Teststadium

1.4.5 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.

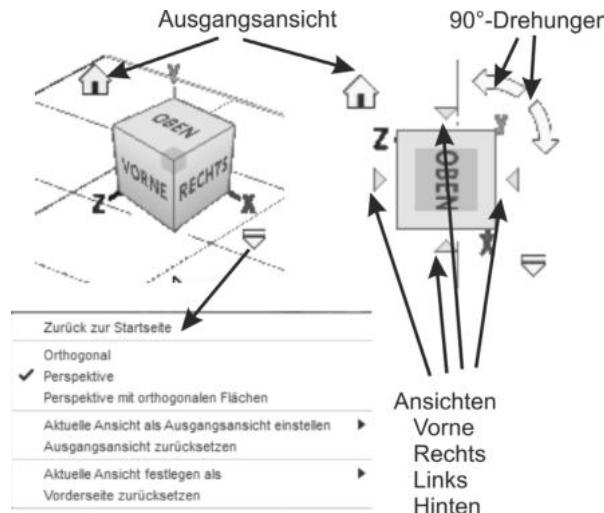


Abb. 1.15: VIEWCUBE mit Bedienelementen

Andere Funktionen zum Schwenken der Ansicht finden sich in der NAVIGATIONSLEISTE (siehe Abschnitt 1.4.6, »Die Navigationsleiste«).

1.4.6 Die Navigationsleiste

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

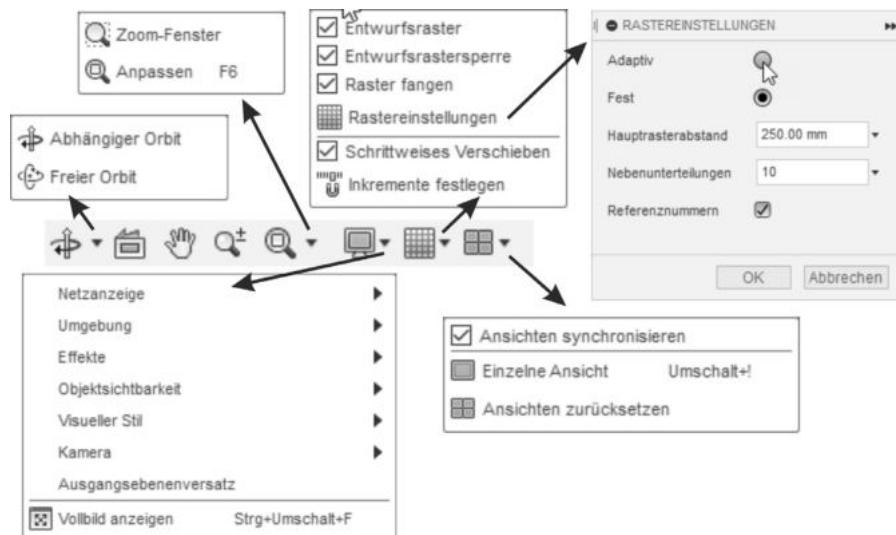


Abb. 1.16: Navigationsleiste mit Untermenüs

- **ORBIT** – dient zum Schwenken der Ansicht mit gedrückter Maustaste. Alternativ kann die Funktion auch mit der Kombination **Shift**-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. Am besten ist er zu erkennen, wenn Sie bei den **ANZEIGEEINSTELLUNGEN** (fünf Werkzeuge weiter rechts) unter **UMGEBUNG** dann **DUNKLER HIMMEL** aktivieren (Abbildung 1.17). Je nachdem, wo der Cursor steht, wird unterschiedlich geschwenkt. Mit diesem Modus kann man viel gezieltere Schwenks ausführen als mit dem **FREIEN ORBIT**. Das Problem ist nur, dass die Markierung oft schwer zu sehen ist.

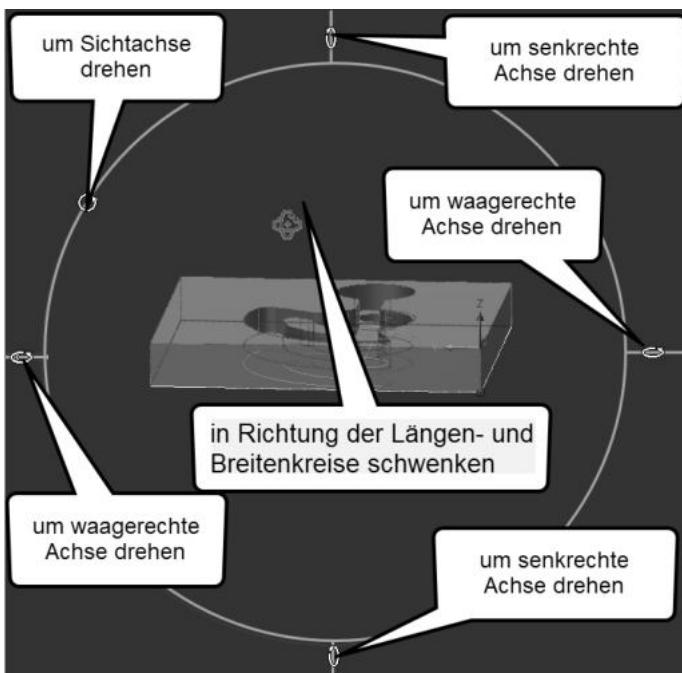


Abb. 1.17: Abhängiger Orbit mit Markierung und unterschiedlichen Cursor-Funktionen

- **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 Mausrad.
- **ZOOM** – erlaubt das Vergrößern oder Verkleinern des Ansichtsbereichs, indem Sie mit gedrückter Maustaste nach oben oder unten fahren. Alternativ wird durch Rollen des Mausrades 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 Mausrad 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.
- OBJEKT SICHTBARKEIT – steuert die Sichtbarkeit diverser Projekthilfsmittel.
- KAMERA – Hier können Sie so wie oben beim VIEWCUBE (siehe Abschnitt 1.4.5, »Der ViewCube«) zwischen *perspektivischer* und *orthogonalen 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 HAUPT RASTERABSTAND für beide Raster einstellen sowie die Anzahl der NEBEN UNTERTEILUNGEN. Mit der Option REFERENZNUMMERN können in der Skizze die Achsen automatisch beschriftet werden. Die Option ADAPTIV führt hier beim Zoomen zu einer Vergrößerung des Rasters, was nicht so praktisch ist.
- 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.

1.4.7 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.

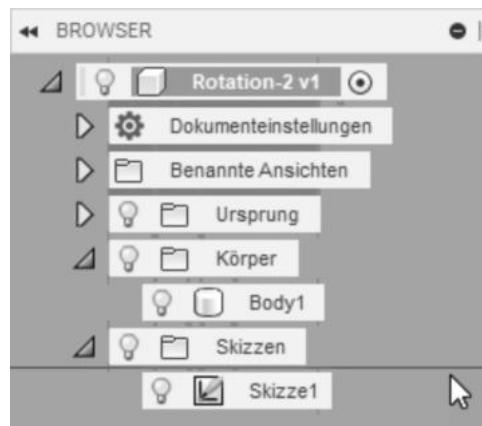


Abb. 1.18: Browser eines Beispielteils

1.4.8 Die Kommentare

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

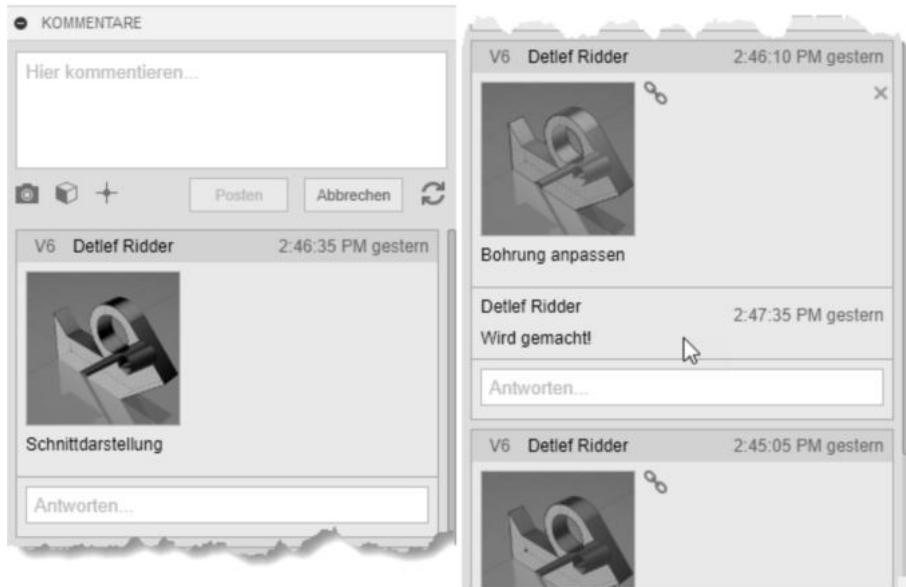


Abb. 1.19: Kommentare mit drei Eintragungen

1.4.9 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.

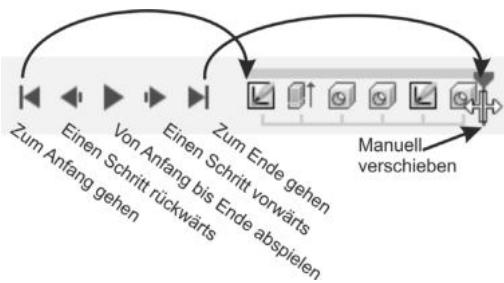


Abb. 1.20: Werkzeuge der ZEITACHSE

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.

1.4.10 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 1.21 gezeigt. Dort finden Sie nützliche Funktionen, die im Zusammenhang mit dem markierten Objekt angewendet werden können.

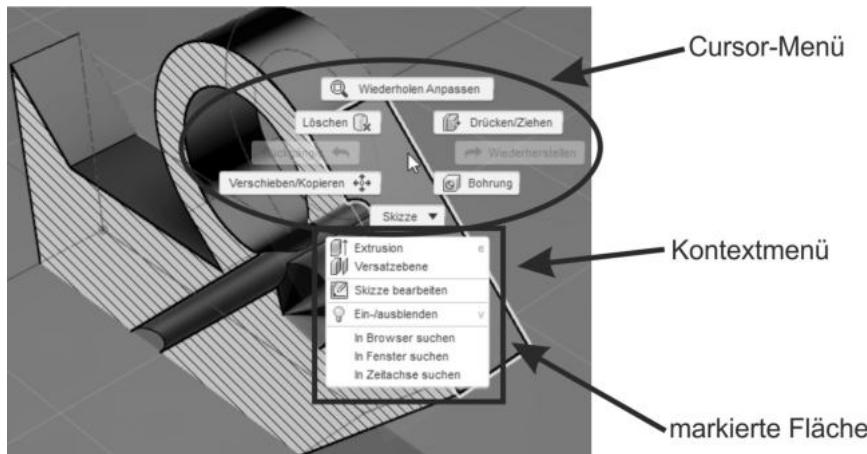


Abb. 1.21: Cursor- und Kontextmenü bei einer markierten Fläche

1.5 Konstruktionsverfahren

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

- Bei der *Volumenkörpermodellierung aus Grundkörpern* werden Objekte durch Kombination dieser einfachen Körper erstellt.
- Bei der *Volumenkörpermodellierung aus zwei- und/oder dreidimensionalen Skizzen* entstehen die Körper durch Bewegung dieser Profile.
- Auch die Konstruktionen im Bereich **FLÄCHE** können ähnlich aus Grundformen oder bewegten Profilen erzeugt werden.
- 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* aktiver 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 aktiver Zeitleiste möglich.

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

1.5.1 Volumenkörpermodellierung aus Grundkörpern

Mit dieser Volumenkörpermodellierung können Sie Konstruktionen aus vorgegebenen Standardköpfen zusammensetzen. Dafür stehen QUADER, ZYLINDER, KUGEL, TORUS, SPIRALE und LEITUNG zur Verfügung. Unter LEITUNG sind runde, dreieckige und quadratische Querschnitte mit oder ohne Hohlraum innen möglich.

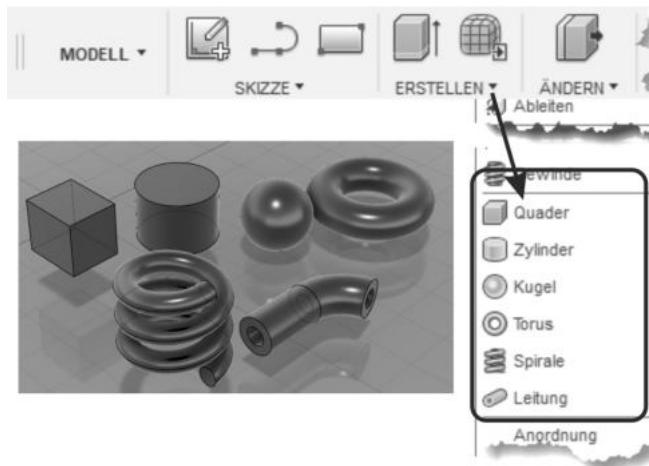


Abb. 1.22: Grundkörper für die Volumenkörpermodellierung

Die Grundkörper lassen sich zu komplexeren Objekten mithilfe der *Boole'schen Operationen* kombinieren (Abbildung 1.23):

- **Verbinden** – Mit VERBINDELN werden Volumenkörper zu einem Gesamtvolumen verschmolzen,
- **Ausschneiden** – Bei AUSSCHNEIDEN wird von einem Basisvolumen ein anderes Volumen abgezogen, also die Differenz zwischen Volumen gebildet,
- **Schnittmenge** – Die SCHNITTMENGE liefert das Volumen, das den beteiligten Volumenkörpern gemeinsam ist.

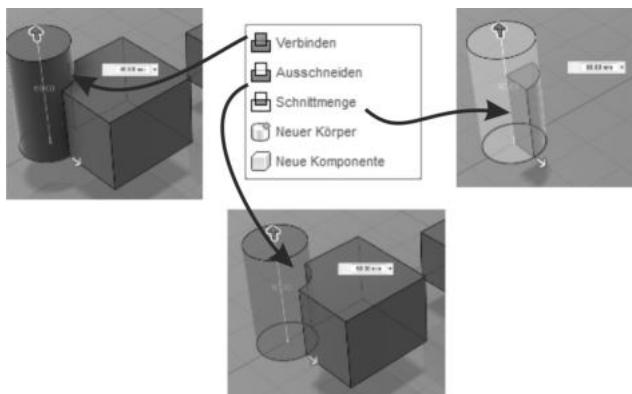


Abb. 1.23: Boole'sche Operationen zum Verknüpfen der Volumenkörper

1.5.2 Volumenkörpermodellierung über Skizzen

Bei dieser Modellierung werden zunächst Skizzen erstellt (Abbildung 1.24, Abbildung 1.25) und dann bemaßt. Sofern die parametrische Modellierungsart aktiviert ist, können die Maße dann über eine Parametertabelle (Abbildung 1.26) nachträglich geändert und damit die Konstruktionen variiert werden. Das entspricht dem Vorgehen der Programmsysteme INVENTOR und SOLIDWORKS.

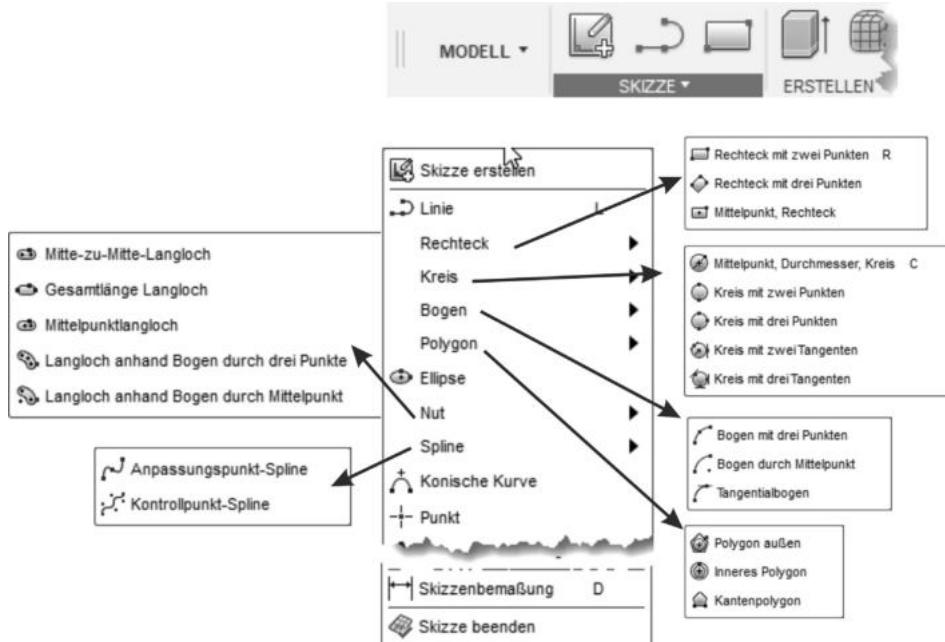


Abb. 1.24: Funktionen zum Skizzieren

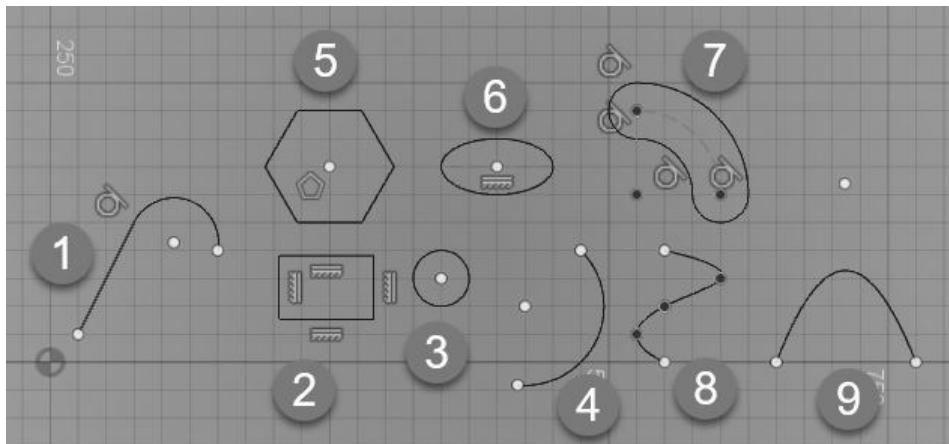


Abb. 1.25: Beispiele für Skizzierelemente

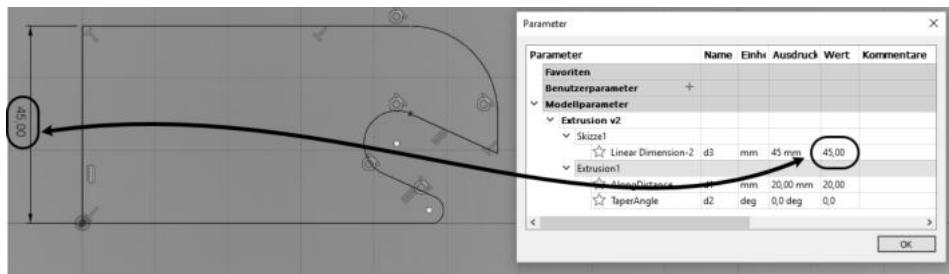


Abb. 1.26: Abmessungen der Skizze über Parametertabelle ändern

Mit diesen Profilen können nun Bewegungskörper erzeugt werden:

- EXTRUSION – Ein ebenes Profil wird senkrecht zur Skizzierebene bewegt, wodurch der Volumenkörper entsteht (Abbildung 1.27).
- DREHEN – Ein ebenes Profil wird um eine Achse rotiert (Abbildung 1.28).
- SWEEEPING – Hiermit wird ein Profil entlang einer Kurve gezogen, um den Volumenkörper zu erzeugen (Abbildung 1.29).
- ERHEBUNG – Diese Funktion verbindet mehrere Profile zu einem Volumenkörper (Abbildung 1.30).
- RIPPE – Mit dieser Funktion können Sie eine Verstärkungsrippe aus einer Pfadskizze erzeugen. Die Rippe entsteht zwischen der Pfadskizze und einem bestehenden Volumen (Abbildung 1.31).
- STEGE – Bei dieser Funktion werden Verstärkungsrippen zwischen mehreren Skizzenkurven und einem Volumenkörper erzeugt (Abbildung 1.32).

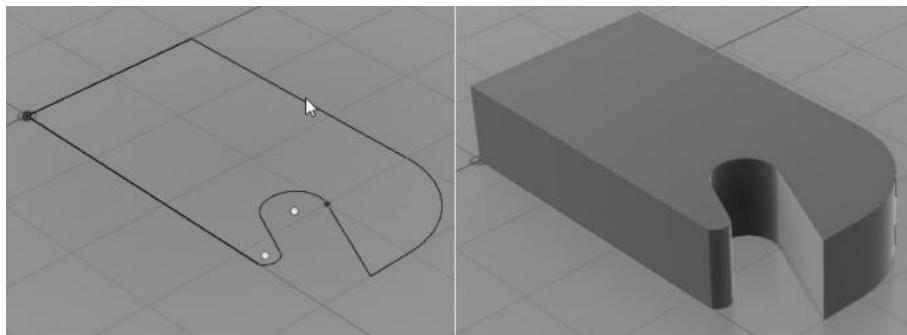


Abb. 1.27: 2D-Skizze und EXTRUSION

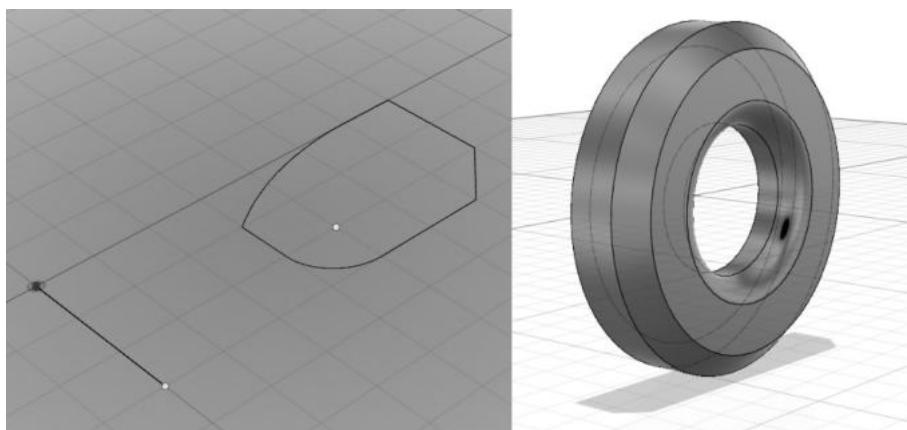


Abb. 1.28: 2D-Skizze und DREHEN

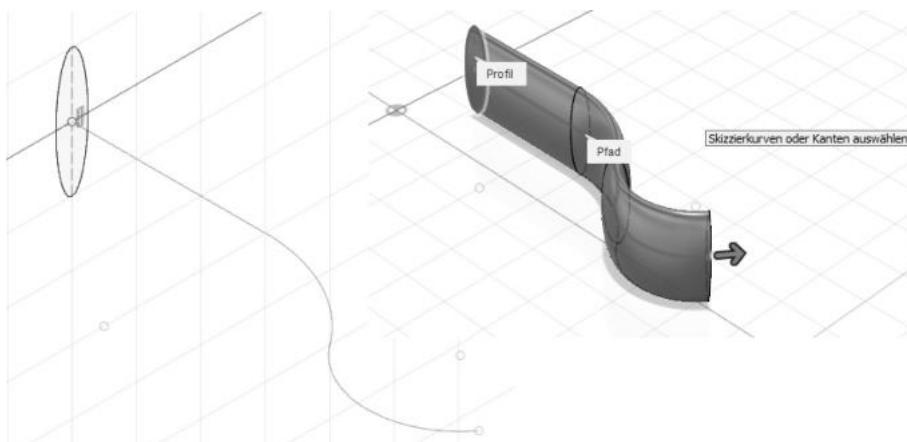


Abb. 1.29: Skizzen für Pfad und Profil und SWEEPING

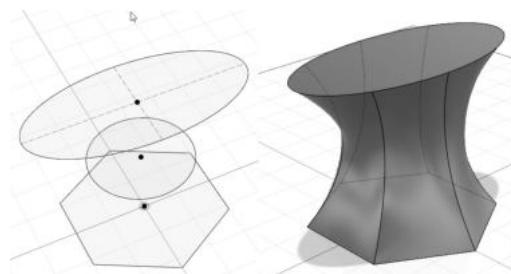


Abb. 1.30: Skizzen in verschiedenen Ebenen und ERHEBUNG

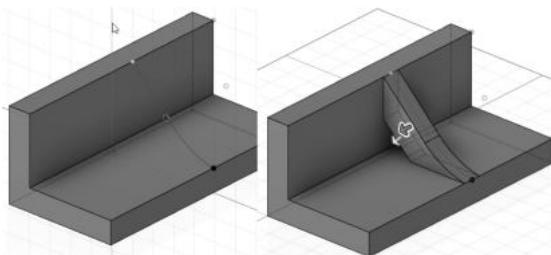


Abb. 1.31: Volumenkörper mit Linie und RIPPE

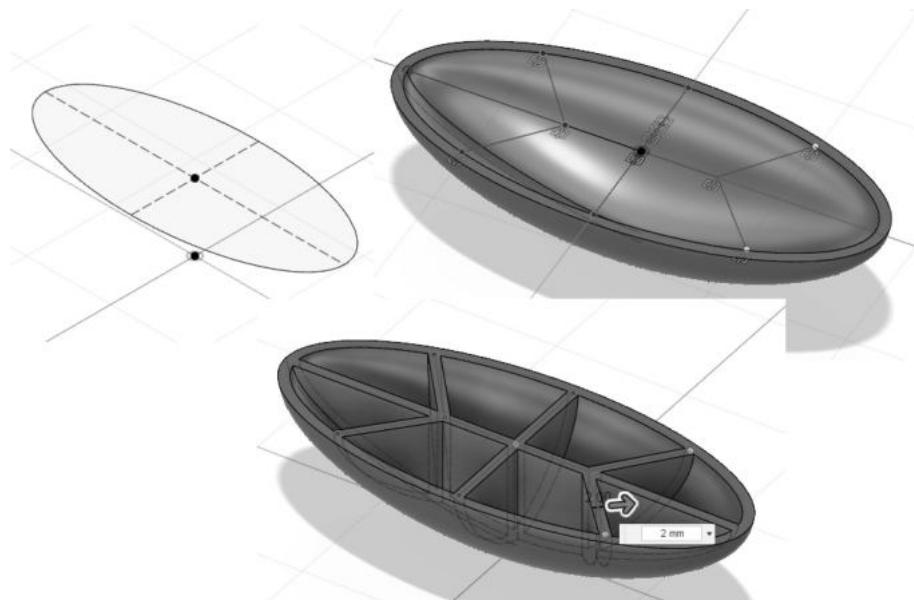


Abb. 1.32: 2D-Skizzen und STEGE

Die Parametrisierung läuft normalerweise mit der Zeitachse Ihrer Konstruktion mit. Es ist aber auch möglich, diese automatische Parametrisierung mit der Funk-

tion MODELL|ERSTELLEN|BASISELEMENT ERSTELLEN zu unterdrücken. Damit wird auch die Zeitachse Ihrer Konstruktion deaktiviert. Mit BASISELEMENT FERTIG STELLEN am Ende des Werkzeugkastens oben wird die Zeitachse und die Parameterprotokollierung wieder eingeschaltet.

1.5.3 Flächenmodellierung

Parallel zur Modellierung von Volumenkörpern gibt es auch die Möglichkeit, Flächen mit ganz ähnlichen Funktionen aus fertigen Körpern oder Skizzen zu erzeugen. Flächen können auch miteinander verschnitten, gestutzt und gedehnt werden.

Schließlich können wasserdichte Flächengruppen wieder benutzt werden, um einen dazu passenden Volumenkörper zu erstellen.

Flächen können auch mit FLÄCHE|ÄNDERN|FLÄCHE MODELLIEREN als Freiformflächen deformiert werden, wenn MODELL|ERSTELLEN|BASISELEMENT ERSTELLEN aktiviert ist, d.h. Zeitachse und Parameterprotokollierung abgeschaltet sind.

Besonders vielseitige Modellierungsmöglichkeiten gibt es, wenn eine solche Fläche in eine *T-Spline-Fläche* umgewandelt wird. Die Flächen werden üblicherweise als BREP bezeichnet, was sich vom englischen Begriff *Boundary Representation* ableitet, weil die Volumenkörper durch diese Außenbegrenzung bestimmt werden. Die Umwandlung solch einer *BRep*-Fläche in eine *T-Spline*-Fläche mit FLÄCHE|ÄNDERN|KONVERTIEREN gestattet noch bessere Modellierfunktionen, die auch auf einzelne Punkte, Kanten oder Teilflächen zugreifen können. *T-Spline*-Flächen ermöglichen extreme Modellierungen, bei denen auch scharfe Kanten erzeugt werden können, die in normal gekrümmte übergehen. Während die normalen Flächenmodellierungen unter FLÄCHE|ÄNDERN|FLÄCHE BEARBEITEN zu finden sind, finden Sie die *T-Spline*-Funktionen nach Wahl des betreffenden Elements im *Kontextmenü*.

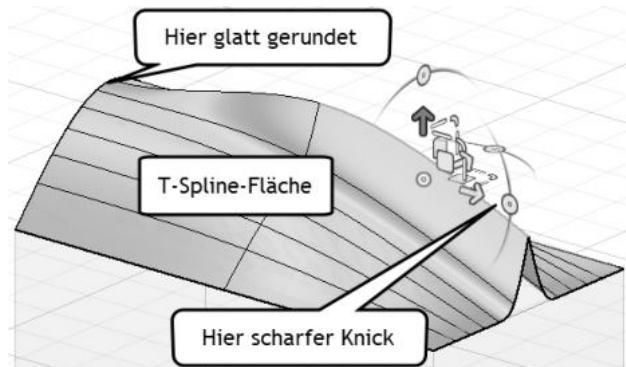


Abb. 1.33: T-Spline-Fläche mit Übergang zwischen scharfer Kante und glattem Verlauf

1.5.4 Freiformmodellierung

Mit der Freiformmodellierung können Sie Oberflächen im Arbeitsbereich FORMEN erstellen und sehr gut modellieren. Sie beginnen mit verschiedenen Grundformen (Abbildung 1.34), die Sie über die Facetten, Kanten oder Facetten-Ecken deformieren können, ähnlich wie ein Stück Knete.

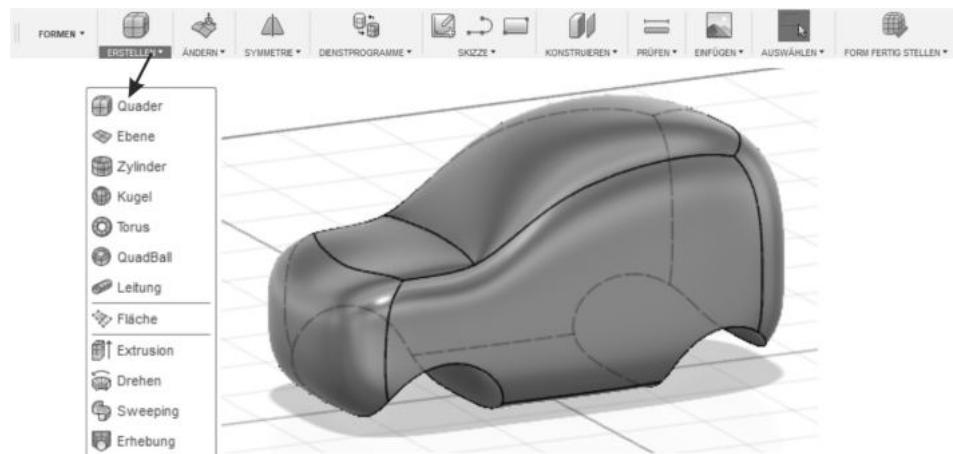


Abb. 1.34: Freiformmodellierung

Ähnlich wie bei der Flächenmodellierung gibt es auch hier die Möglichkeit, Flächen in *T-Spline*-Flächen umzuwandeln und wie oben beschrieben zu modellieren.

1.5.5 Netzmodellierung

Die *Netzmodellierung* ist standardmäßig nicht aktiviert, aber sie kann über die VOREINSTELLUNGEN eingeschaltet werden. Gehen Sie links oben in der *Programmleiste* auf *Benutzernamen* ▾ *VOREINSTELLUNGEN* | *VORSCHAU* und aktivieren Sie die Auswahlbox *NETZ-ARBEITSBEREICH*. Dann können Sie unter *MODELL* | *ERSTELLEN* ▾ *NETZ ERSTELLEN* den Arbeitsbereich *NETZ* aktivieren.

Die Netzmodellierung läuft nur im direkten Modellierungsmodus, also ohne Parametrik und Zeitleiste. Mit der *Netzmodellierung* können Sie Netze aus STL- oder OBJ-Dateien importieren oder normale Volumenkörper in Netzobjekte umwandeln. Die Netzobjekte sind Oberflächen, die Sie hier weiterbearbeiten können. Auch Querschnitte können daraus erstellt werden, um Skizzenprofile zu erzeugen.



Abb. 1.35: Werkzeugkasten NETZ

Abbildung 1.36 zeigt links ein Netz, das aus einem Volumenkörper erzeugt und mit einer Netz-Funktion aufgeschnitten wurde. Die rechte Seepferdchen-Figur wurde aus einer STL-Datei importiert.

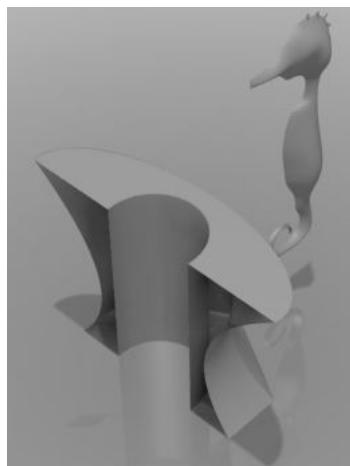


Abb. 1.36: Netz aus Volumenkörper und aus STL-Datei importiertes Netz

1.5.6 Blechmodellierung

Die *Blechmodellierung* erreichen Sie über den Werkzeugkasten BLECH. Er enthält spezielle Konstruktionsfunktionen für Blechteile und kann auch die Abwicklung davon erstellen.

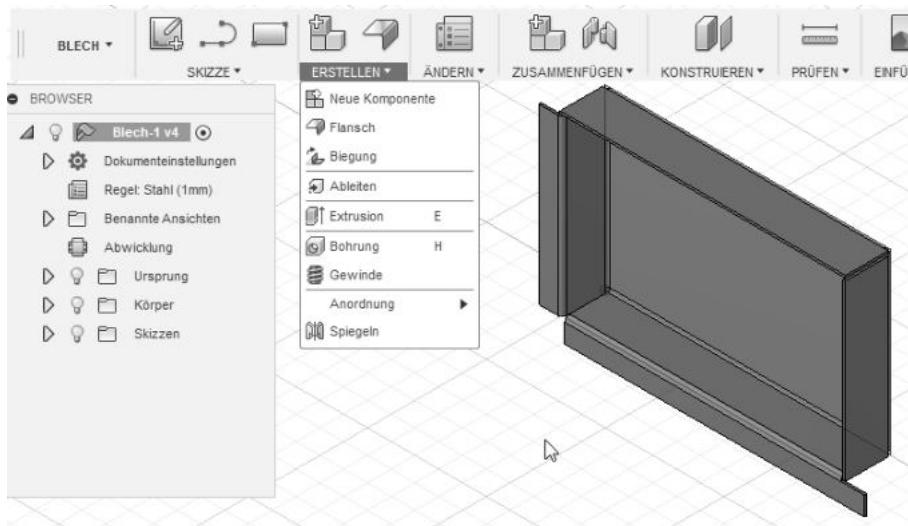


Abb. 1.37: Einfaches Blechteil im gefalteten Zustand

1.6 Übersicht über Konstruktionsverfahren und Modellierungsmodus

In der nachfolgenden Tabelle soll etwas für Klarheit gesorgt werden, was die verschiedenen Konstruktionsverfahren und die beiden Modellierungsmodi betrifft. Es gibt die *parametrische Modellierung*, bei der die Abmessungen in einer *Parameterliste* erfasst werden und eine *Zeitleiste* die Konstruktionsschritte auch in der Verlaufsreihenfolge festhält. Alternativ gibt es die *direkte Modellierung*, bei der die *Parametrisierung* und die *Zeitleiste* nicht aktiv sind. Die nach der letzten Art erstellten Teile werden auch *Basiskörper* genannt, weil sie nachträglich nicht mehr modifiziert oder in grundlegendere Körper zerlegt werden können.

	Parametrische Modellierung	Direkte Modellierung
Modell	x	x
Flächen	x	x
Formen	-	x
Netz	-	x
Blech	x	-

Volumenkörpermodellierung und Flächenmodellierung sind in beiden Modi möglich. Im direkten Modus ist es dann möglich, die Flächen frei zu modellieren und die T-Spline-Funktionalität mit Übergängen von scharfen Kanten in glatte Verläufe zu nutzen.

In den **VOREINSTELLUNGEN** in der Programmleiste rechts oben unter Ihrem Benutzernamen kann für den Programmstart der gewünschte Modus voreingestellt werden mit **VOREINSTELLUNG|ALLGEMEIN|KONSTRUKTION|KONSTRUKTIONSVERLAUF|KONSTRUKTIONSVERLAUF ERFASSEN (PARAMETRISCHE MODELLIERUNG)** bzw. **...|...|KONSTRUKTIONSVERLAUF NICHT ERFASSEN (DIREKTE MODELLIERUNG)**. Dort gibt es auch die Option **...|...|BEFEHLSZEILE**. In diesem Fall werden Sie beim Start jeder Konstruktion gefragt, in welchem Modus Sie arbeiten möchten.

Ein *Umschalten* zwischen den Modi und Konstruktionsarten ist in den **ERSTELLEN**-Menüs möglich:

- **MODELL|ERSTELLEN|BASISELEMENT ERSTELLEN** schaltet vom parametrischen in den direkten Modus um,
- im Werkzeugkasten schaltet **BASISELEMENT FERTIG STELLEN** dann wieder zurück.

Alternativ können Sie dieses Hin- und Herschalten auch im Browser im obersten Knoten per Rechtsklick bewirken:

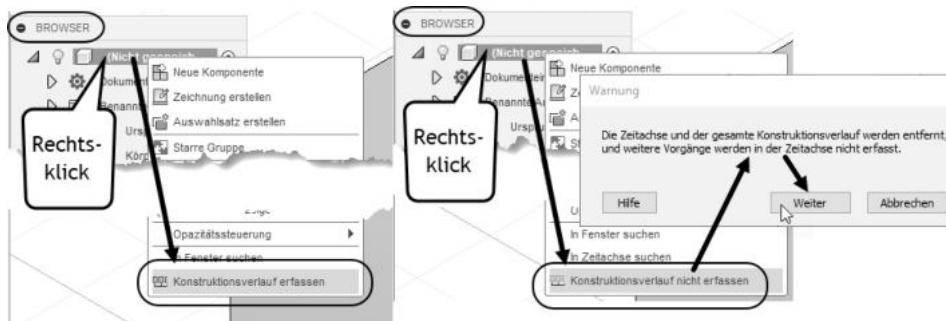


Abb. 1.38: Wechseln zwischen parametrischem und direktem Modus

- MODELL|ERSTELLEN|FORM ERSTELLEN schaltet von der Volumenkonstruktion in das Freiformmodellieren um in den direkten Modus um,
- im Werkzeugkasten schaltet FORMELEMENT FERTIG STELLEN dann wieder zurück.

Stichwortverzeichnis

2½-D-Bearbeitungen 178
2D-Adaptive Clearing 178, 185
2D-Kontur 178
3D-Geometrie einbeziehen 66
3D-Skizze 67

A

Abhängigkeit
 Horizontal/Vertikal 323
Abhängigkeiten 67
 für Simulation 166, 172
Abhängigkeiten anzeigen 67
Abmessung 141
Abrunden 60, 325
Abstechen 205
Abwicklung 317, 343
 als DXF exportieren 319
 erstellen 307
Achse
 durch Kante 88
 lotrecht 88
 zwei Ebenen 88
 zwei Punkte 88
 Zylinder/Kegel/Torus 87
Achsenbeschriftung 46
ACIS 22
Adaptive Clearing 331, 351
Additives Herstellungsverfahren 213
Analyse 327
 thermische 174
Anfahr-Wegfahrbedingungen 334
Animation 24, 291
 Voreinstellungen 292
Animationsfilm 298
Animationspfad
 erstellen 293
Anordnung
 Rechteckige 64
 Runde 64
Anpassungspunkt-Spline 53
Ansicht
 benannte 31
 drehen 148

Erstansicht 144
Projektionsansicht 145
verschieben 148
Zeichnungen 141
Ansichten 281
Ansichtsfenster
 mehrere 31
Anzeigeeinstellungen 69, 292
Arbeitsbereich 23
Arbeitsblatt 193
Arbeitsplan 195, 209
Aufkleber 302
Aufschneiden 67
Ausgabe 162
 DWG 290
Ausgangsebene 69
Ausgerichtete Bemaßung 142, 152
Ausklinkung 313
Ausrichten
 Ansicht nach Fläche 29
Ausrichten nach
 Ansicht 67
Ausschneiden 34, 91
Austragungen 306
Auswahl
 invertieren 59
 nach Größe 59
Auswählen 56
Auswahlfilter 60
Auswahlpriorität 60
Auswahlwerkzeuge 58

B

Basisbauteile 18
Basiskörper 42
Basislinienbemaßung 142, 153
Baugruppe 245
 Voreinstellung 246
Baugruppen
 Zeichnung 280
Bauteil
 einfügen 263
 externes 263

- Bearbeitungsfunktionen 60
Befehle
 Bemaßung 141
Begrenzungsfüllung 115
Beleuchtung 301
Bemaßung 141, 149
 allgemeine 151
 Voreinstellungen 150
 Zeichnungen 149
Bemaßungsbefehle 141
Bemaßungsbruch 142, 153
Bemaßungsfunktion 149
Benutzeroberfläche 17
Berechnen
 Lösen 169
Berechnung 165
Beschriftung
 Achsen 46
Beschriftungseinstellungen 280
Bewegung
 sichtbar machen 271
Bewegungen
 beschränken 272
Bewegungskörper 36
Bewegungsstudie 269, 273
Bewegungsstudien 273
Bewegungsverknüpfung 263
Bezugssymbol 142, 160
Bibliothek 266
 Hintergrund- 301
 Material- 301
Bibliotheksteil 268
 einfügen 266
Biegung 312
Biegungsinformationen 318
Biegungskennung 143, 286, 317
Biegungstabelle 286
Biegungsverhalten 305
Bild
 einfügen 142
 erfassen 22
Blech 24
Blechabwicklung 286, 343
Blechkonstruktion
 biegen 317
Blechmodellierung 41
Blechregel 305, 307, 308
Blechstärke 305
Blechteil
 konstruieren 305
 Laserschneiden 319, 343
Bogen 50
Bohrbearbeitung 358
Bohren 359
 Zentrier- 359
Bohrung 316
Boole'schen Operationen 34
Bottom-Up-Verfahren 247
Browser 31
- C**
Cloud-Punkte 165, 169
CNC 175
Computerized Numerical Controled 175
CSV 143, 162
Cursor-Menü 33
Curve 241
- D**
D Slices 243
Daten 19
Daten (Gruppe) 19
D-Druck 213
Deckel
 mit Gewindebohrungen 358
Deformationsskala 167
Dehnen 62
Detailansicht 141, 147, 285
Dicke
 Blech 307
DIN 66025 342
Direktbearbeitungsmodus
 ohne Zeitachse 117
Direkte Modellierung 18, 42
Drehbearbeitung 195, 196, 197
Drehbuch 291
Drehen 36, 196
 Ansicht 148
Dreh-Simulation 201
Dreitafeldarstellung 281
Drucken 162
Durchgangsbohrung 360
Durchmesserbemaßung 142, 153
DWG 143, 162, 290
DWG-Ausgabedatei 290
DXF 344
DXF-Ausgabe
 Laserschneiden 344
DXF-Format 319
- E**
Ebene 84
 an Winkel 85
 durch drei Punkte 86
 durch zwei Kanten 86

- entlang Pfad 87
tangential 87
Ebenenschnitt 134
Effekte
 Anzeigeeinstellungen 69
 für Darstellung 30
Einheiten 46
Einrichteblatt 209
Einschließen 65
Einstellblatt 193, 194
Ellipse 52
Entwurfsraster 30, 90
Ereignissimulation 166
Erheben 247
Erhebung 36, 104
Erstansicht 141, 144, 281, 282
Explosionsdarstellung 291, 295
 automatisch 296
 manuelle 297
Exportieren 22, 224
Extrusion 36, 80, 94, 313, 326
- F**
F3D 22
Fang 55, 67
Farbauswahl 58
Fase 91, 361
FDM 213
FEM 165
Fensterwahl 56
Fertigen 175
Fertigenmodus 344
Fertigungszeichnung 139
Filament-Extruder-Drucker 227
Finite Elemente Methode 165
Fixieren 68
Fläche 24
 Freiformflächen 117
 T-Spline-Fläche 118
Flächen
 heften 116
 stutzen 116
Flächenmodellierung 33, 39, 83, 113
Flansch 306
Flansch-Konstruktion 308
Folded Panels 242
Form- und Lagetoleranzen 160
Formoptimierung 166, 172
Formoptimierungsberechnung 173
Formvariante 239
Fräsbearbeitung 176, 178, 321, 331
Fräsen
 Vorbereitungen 176
- Frästrategie 333
Freiformauswahl 57
Freiformfläche 39, 40, 117, 350
Freiformmodellierung 32, 34, 40, 83, 123
Freigeben 23
Frequenzen
 modale 165
FRG-Ansicht
 Freiheitsgrade 166
Führungsleitung 142, 160
Fused Deposition Modeling 213
- G**
G0 115
G1 115
G2 115
G54 330
G-Code 341
Gcode-Datei 225
G-Code-Programm 342
Gelenk
 animieren 271
Gelenkanimation 261
Gelenkbeziehungen 258
Gelenke
 erstellen 259
Gelenkgrenzwert
 bearbeiten 270
Gelenkursprung 259, 264
Gelenkverbindungen 259
Gelenkverknüpfung 272
Geschlossenes Netz
 erstellen 134
Gewinde 362
Gewindebohrung 250, 358
Gewindedarstellung 282
Gewindekante 145, 282
Gleich 69
Gleichlauf 186
Grundkörper 89
Gruppe
 Daten 19
 Lösen 166
 Symbole 160
- H**
Heidenhain-Codes 192
Heidenhain-NC-Code 192
Herstellungsverfahren
 additives 213
Hilfe 25
Hilfsgeometrie 84
Hilfslinie 67

- Hintergrund
 Umgebung 304
Hintergrundbibliothek 301
Höhenbezugspunkt 310
Hohlkehle 331
Horizontal 68
 NC-Bearbeitung 331
HSC-Kontur 331
- I**
- IGS 22
Informationsbereich 25
Inkreis 51
Installation 16
Interlocked Slices 240
- J**
- Job-Status 26
- K**
- Kamera 30
Kante
 Tangentielle 145
 Überlagernde 145
Kantensichtbarkeit 145, 281, 285
Kantenverlängerung 141, 154
Kettenbemaßung 142, 153
K-Faktor 307
Knickung
 strukturelle 166
Koinzident 68
Kollinear 68
Kommentar 31, 286
Komponente
 drehen 256
 transformieren 293
 verschieben 256
Konische Kurve 54
Konstruktion 67
Konstruktionsebene 322
Konstruktionslinie 323
Konstruktionsverlauf
 protokollieren 246
Kontakt 166
Kontaktsatz 272
Kontextmenü 33
Kontrollpunkt-Spline 53
Kontur
 NC-Bearbeitung 331
Konturlasche 314
Konzentrisch 68
Koordinaten
 Eingabe 46
- Koordinatenbemaßung 142, 151
Koplanar 86
Kreis 50
Krümmung
 Abhängigkeit 69
Kugel 34
Kühlmittel 180
Kurve
 konische 54
- L**
- Längsschruppen 202
Laserschneiden
 Blechteil 319, 343
 DXF-Ausgabe 344
Laserschneidmaschinen 319
Lasten
 für Simulation 166
Lastfall 173
Leitkurven-Morph 331
Leitung 34
Lineare Bemaßung 142, 152
Linie-Befehl 49
Lofting 104, 247, 248
Lösen 62, 166
Lotrecht 68
- M**
- Mac-Rechner 15
Maschinenfunktionen 342
Maßstab 281
Maßtext
 ergänzen 154
Materialbibliothek 300, 301
Materialeinfahrt 331
Materialien 300
McMaster-Carr 266
Messerkopf 180
Mittelfläche 86
Mittellinie 141, 156
Mittelpunkt
 Abhängigkeit 68
Mittelpunktmarkierung 141, 156
 Muster 141, 157
Modalanalyse 174
Modale Frequenzen 165
Modell 24
Modellierung 35, 83
 direkte 18, 42
 parametrische 18, 42
Modellierungsmodus 17
Morph-Spirale 331

N

- Navigationsleiste 23, 28
- NC-Bearbeitung 321
 - horizontal 331
 - Kontur 331
 - parallel 331
 - projizieren 331
 - radial 331
 - simulieren 336
 - Spirale 331
- NC-Datei 190, 350
 - Drehen 209
- Netfabb 244
- Netz
 - geschlossenes Netz erstellen 134
- Netzanzeige 30
- Netzmodellierung 34, 40, 83
- Netz-Umgebung
 - Objektwahlmethode 132
- Nichtlineare statische Spannung 166
- Nut 52

O

- Oberfläche 302
- Oberflächensymbole 142, 160
- Objektfang 55, 293
- Objektsichtbarkeit 30, 292
- Objektwahl 56
 - Methoden 56
- Objektwahlfilter 276
- Operationstyp 176
- Orbit
 - abhängiger 29
 - Freier 29
- Orbittyp 27
- orthogonale Ansichten 283

P

- Parallel 68
 - NC-Bearbeitung 331
- Parameter
 - ändern 275
- Parameterliste 42
- Parametertabelle 18, 35
- Parametrische Modellierung 18, 42
- Parametrisierung 38
 - unterdrücken 38
- PDF 143, 162, 290
- PDF-Ausgabe 290
- Perspektive 27
- PLA-Material 219
- Plan-Drehen 197
- Planen 178, 179

- Plangröße 279
- Plotterausgabe 162
- Polygon 51
- Positionsdarstellung 274, 275
- Positionsnummer 142, 287
 - ausrichten 143, 289
- Postprocessing 207
- Postprozess 347, 349
- Postprozessor 190, 349
 - beschaffen 208
 - Download 340
 - suchen 208
- Postprozessor-Konfiguration 191
- Print Studio 217
- Profil anzeigen 67
- Profil-Lasche 306
- Programm-Start
 - Heidenhain 192
- Projekt
 - neues 322
- Projektionsansicht 141, 145, 148, 283
- Projizieren 65
 - Auf Fläche 66
 - NC-Bearbeitung 331
- Publizieren
 - Video 292
- Punkt 54
 - an Scheitelpunkt 88
 - drei Ebenen 88
 - Kante und Ebene 89
 - Mitte Kreis/Kugel/Torus 88
 - zwei Kanten 88
- Punkte anzeigen 67
- Punktobjekt 54

Q

- Quader 34, 90

R

- Radial
 - NC-Bearbeitung 331
- Radial Slices 242
- Radiusbemaßung 142, 153
- Raster 293
 - fangen 30
- Rastereinstellungen 30, 46
- Raster-Fang 55
- Rechteck 49
 - zeichnen 323
- Referenznummern 46
- Render 24
- Renderausgabe 303
- Rendereinstellungen 303

- Rendern 300
Reparieren 220
Restmaterial 202, 334
Restmaterialanzeige 338
Rho
 Parameter 54
Rippe 36
Rohteil 176, 351
Rückzugshöhe 333
- S**
SAT 22
Schlichtaufmaß 200
Schlichtbearbeitung 188, 338
Schlichten 202
Schlichtmeißel 202
Schlichtspan 183
Schlichtvorschub 183
Schmelztemperatur 219
Schneidstoffe 180
Schnellzugriff-Leiste 21
Schnittanalyse 134, 327
Schnittansicht 141, 146, 284
Schnittdarstellung 327
Schnittdaten 180
Schnittkurve 66
Schnittmenge 34, 65
Schnitverlauf 284
Schruppbearbeitung 185, 327
Sicherheitshöhe 333
Simulation 24, 165, 336
Simulieren
 NC-Bearbeitung 336
Skalierungsmaßstab 62
Skizze
 Voreinstellungen 46, 322
 zeichnen 322
Skizzenbemaßung 323
Skizzenpalette 55, 67
 Optionen 323
Skizzierbedingung 67
Skizzieren 35
Skizzierraster 55, 67
Slicer for Fusion 233
SMT 22
Spannung
 nichtlineare statische 166
 statische 165
 thermische 166
Speicherintervall 27
Speichern 162
Spiegeln 63
Spiegeloperationen 253
- Spirale 34, 110
 NC-Bearbeitung 331
Spline 53
Stacked Slices 236
Starre Gruppe 259, 262
Startansicht
 wiederherstellen 295
Statische Spannung 165
Steg 36
STEP 22
Stereolithografie 213
Stile
 für Ansichten 281
STL 213
STP 22
Strukturelle Knickung 166
Stückliste 287
 ausgeben 289
 erstellen 287
Studie 165, 168
Stutzen 61, 325
Stützstruktur 222
Sweeping 36, 108
Symbole 142, 160
Symmetrie 69
Systemvoraussetzungen 15
Szeneneinstellung 301
- T**
Tabelle 142
 /Positionsnummern ausrichten 289
 neu nummerieren 288
Tangente
 Abhängigkeit 69
Tangentialebene 85
Tasche
 fräsen 321
Taschen-Freiräumen 331
Task-Manager 335
Text 54, 142, 158
Texture-Map-Steuerelement 303
Thermisch 166
Thermische Analyse 174
Thermische Spannung 166
Top-Down-Verfahren 247
Torus 34
T-Spline 124
T-Spline-Fläche 32, 39, 118
T-Splines 24
- U**
Umgebung 30
Umgebungs-Hintergrund 304

- Umkreis 52
Ursprung 31
- V**
Verbinden 34
Verfeinerungsoption 214
Verknüpfen
 Volumenkörpern 35
Verrundung 60
Versatz 63, 324
Versatzebene 84
Verschieben
 Ansicht 148
Versionen
 einer Konstruktion 19
Versionsverwaltung 20
Vertikal 68
Video publizieren 292
ViewCube 23, 27
Visuelle Stile 30
Vollbild 30
Volumenkörper
 verknüpfen 35
Volumenkörpermodellierung 33, 83, 89
Vorbereitung
 Fräsen 176
Voreinstellung
 Animation 292
 Baugruppe 246
 Vorgaben 327
Voreinstellungen 26
 Bemaßung 150
 Skizzen 46
 Zeichnungen 279
Vorschau 223
- W**
Wählen
 nach Begrenzung 58
WCS 190
- Web
 anzeigen im 23
Wegbedingungen 342
Werkstück-Koordinatensystem 176, 328, 346
Werkzeug
 Studie 168
Werkzeugauswahl 180
Werkzeuggbibliothek 180, 351
Werkzeugkästen 23
 Zeichnung 141
Werkzeugliste 180, 193, 194, 209
Werkzeugweg
 generieren 346
Werkzeugwege 190
Wiederherstellung 27
Windows-PC 15
Winkelbemaßung 142, 152
WKS 176, 328, 346
WKS-Aufruf 330
WKS-Ursprung 328
Workpiece Coordinate System 190
- Z**
Zeichenebene 47
Zeichenfunktionen 48
Zeichnung 24
 Baugruppen 280
 Bemaßung 149
 von Animationen ableiten 299
 Voreinstellungen 279
Zeichnungsableitung 280
Zeichnungsansicht 141
Zeichnungsnorm 279
Zeitachse 32, 38
Zeitleiste 42
Zentrierbohren 359
Zukaufteil 266
Zukauf-Teile 246
Zylinder 34, 92