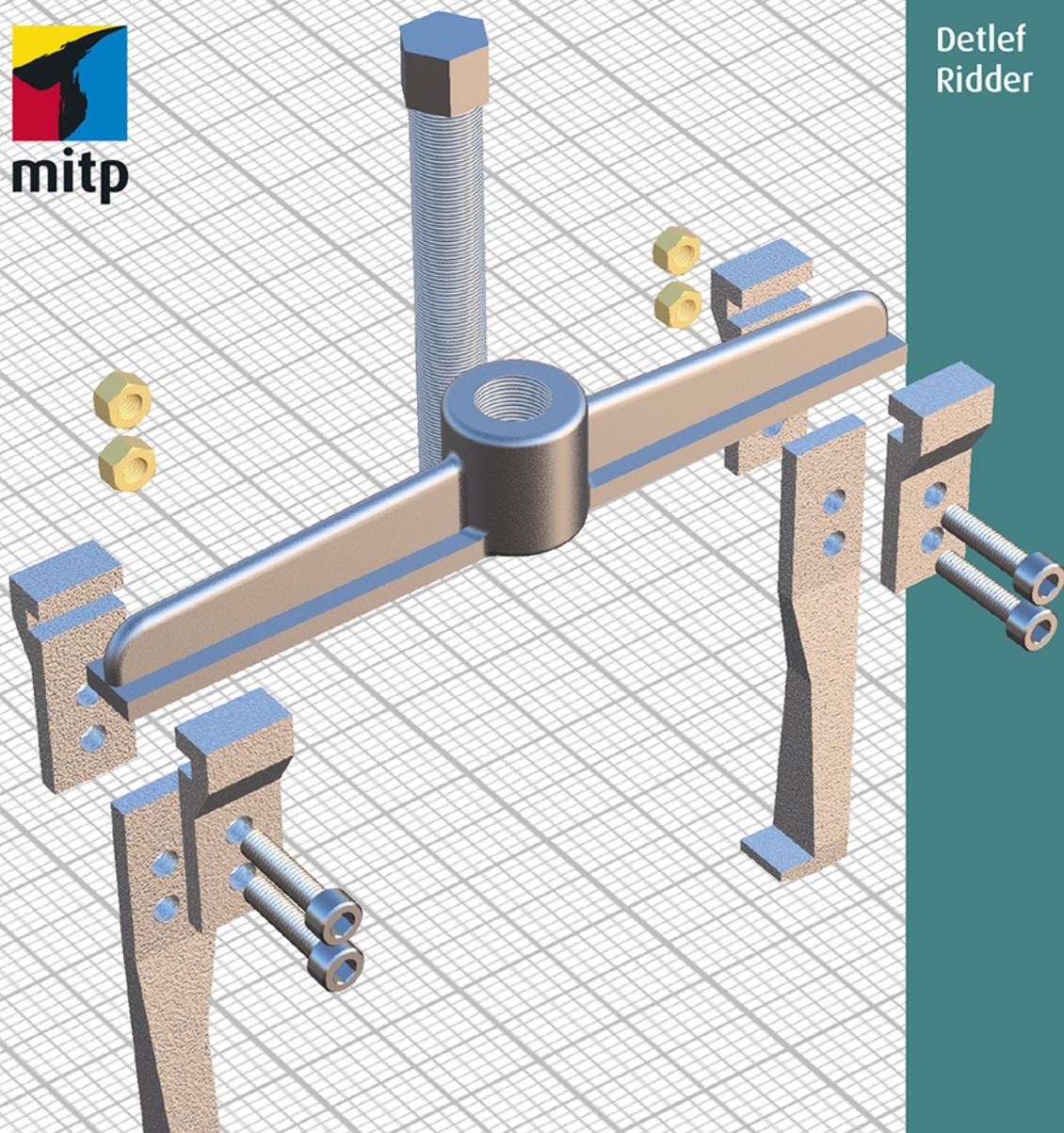




Detlef
Ridder



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 Kontaktsatz 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 geblieben. 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.

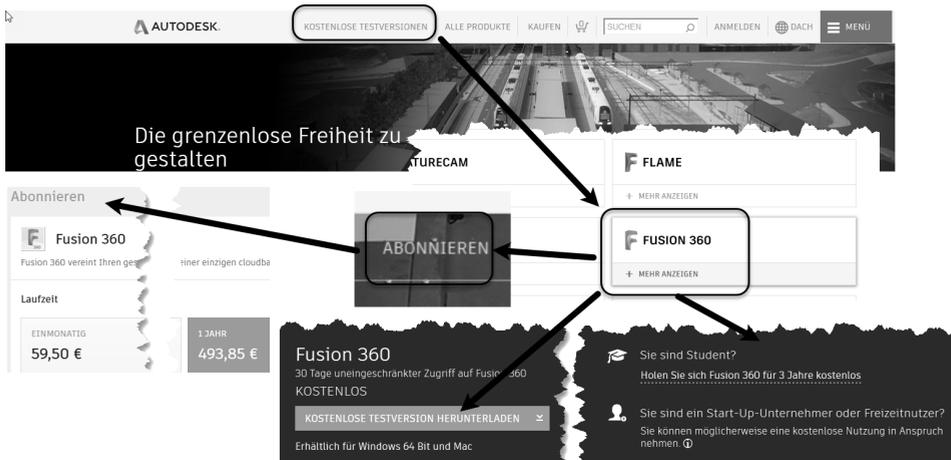


Abb. 1.1: Fusion 360 beschaffen

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 darge-stellt 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 Kon-struktion praktisch ein Unikat und kann später nicht variiert werden und es könn-en keine Produktvarianten über Änderung von Konstruktionsparametern abgelei-tet 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 fer-tige 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.

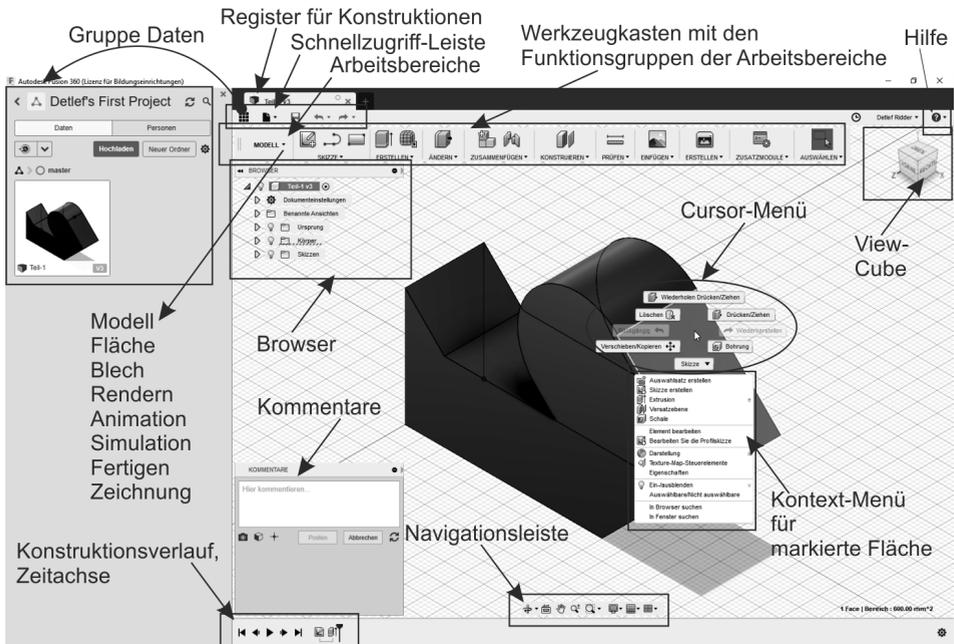


Abb. 1.4: Benutzeroberfläche von Fusion 360

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.

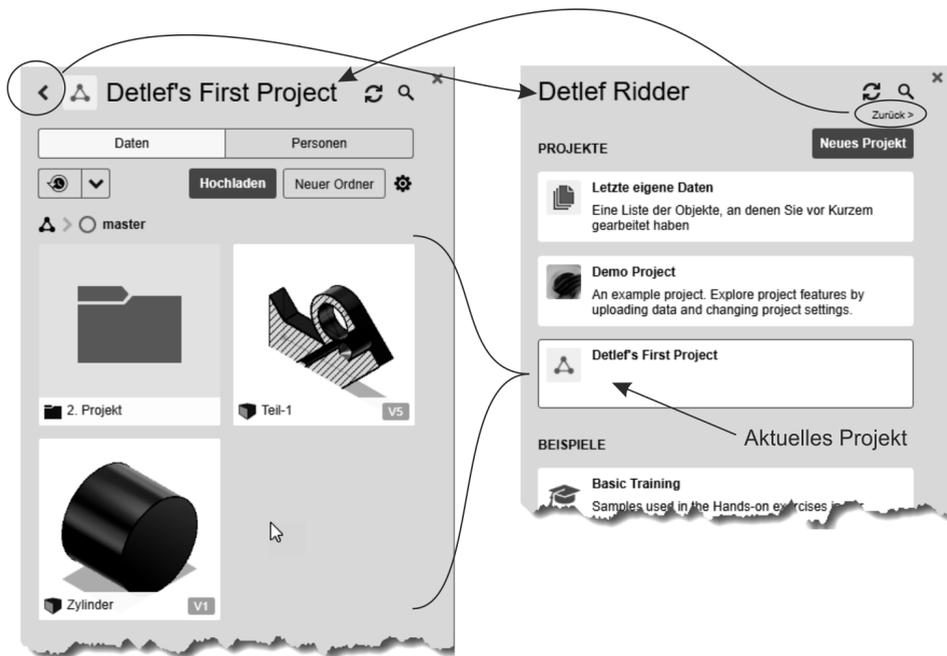


Abb. 1.5: Gruppe DATEN mit Projekten bzw. Ordnern und Konstruktionen

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).

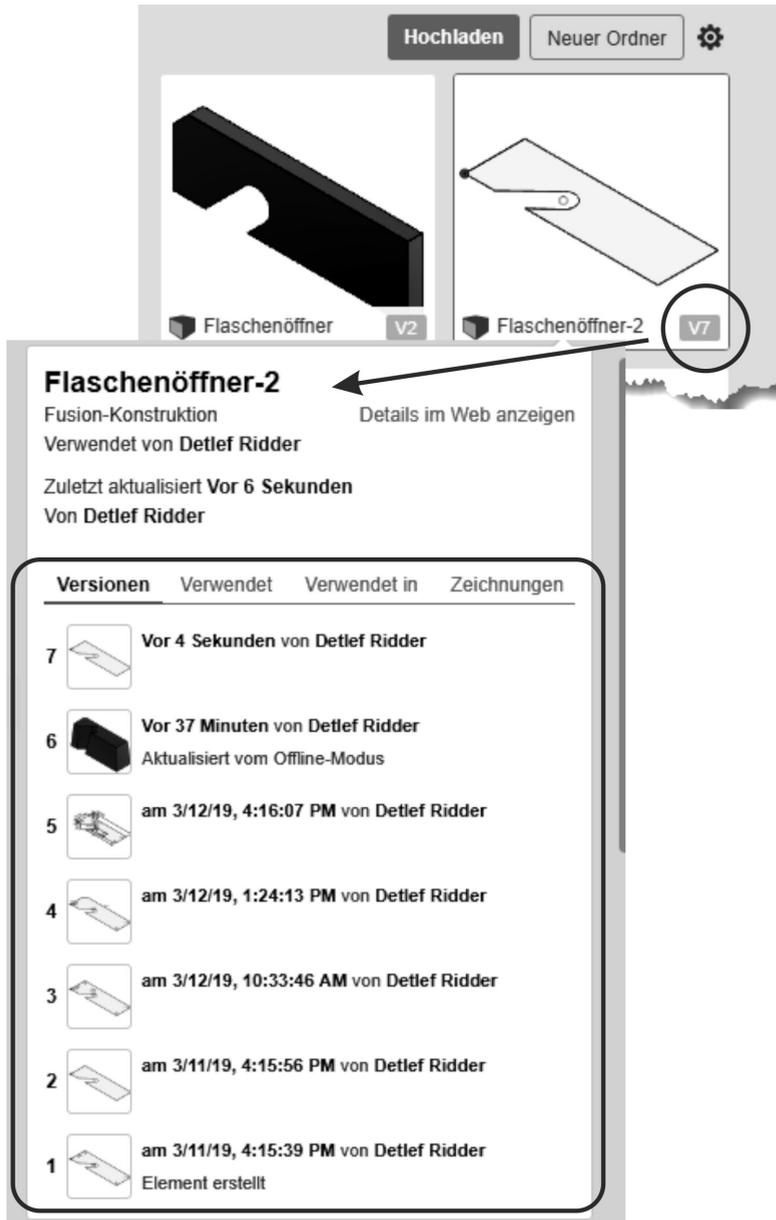


Abb. 1.6: Versionsverwaltung

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).

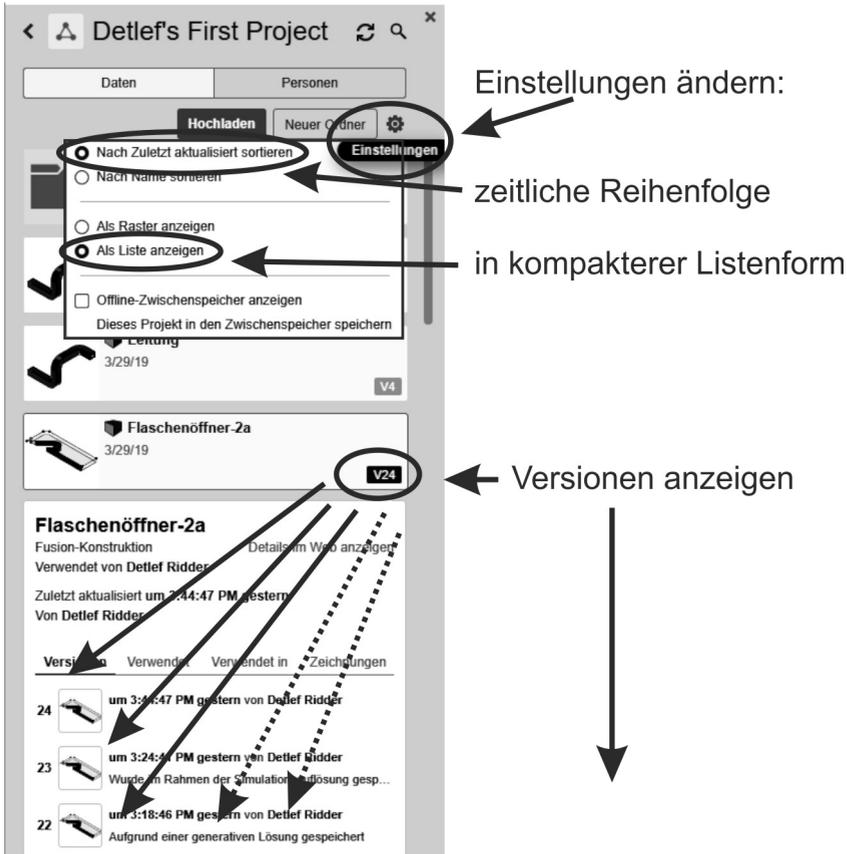


Abb. 1.7: Dateien in zeitlicher Reihenfolge

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 $\text{[Strg]} + \text{[O]}$ – öffnet eine Fusion-Konstruktion oder -Zeichnung aus der Cloud oder auf Ihrem PC.

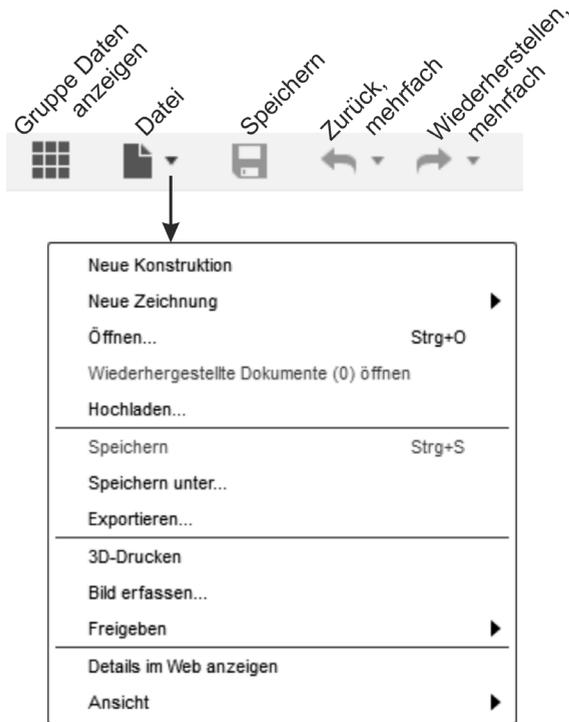


Abb. 1.8: SCHNELLZUGRIFF-Leiste

- **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-Cloudbereich.
- **ANSICHT** – Hiermit konfigurieren Sie die Benutzeroberfläche, indem Sie folgende Elemente ein- oder ausschalten:
 - **VIEWCUBE** – zur Ansichtsteuerung,
 - **BROWSER** – für die Übersicht über die Konstruktionschritte,
 - **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).

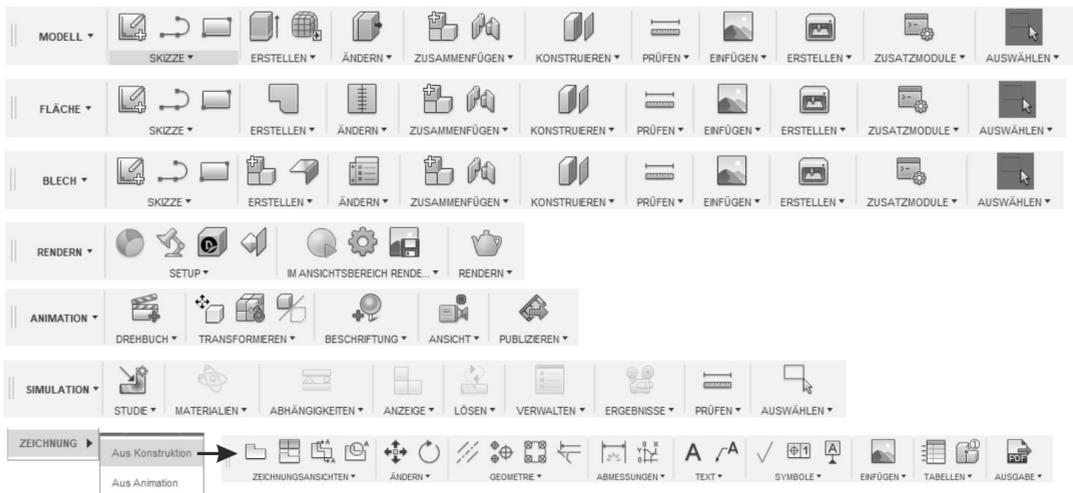


Abb. 1.9: Werkzeugkasten mit den verschiedenen Arbeitsbereichen und deren Funktionen

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 KONSTRUKTIONSVORLAUF ERFASSEN (parametrisch) und KONSTRUKTIONSVORLAUF 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.

Kapitel 1

Allgemeine Informationen und Benutzeroberfläche

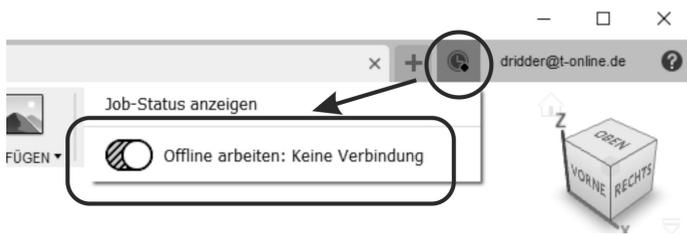


Abb. 1.12: Job-Status ohne Internet

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

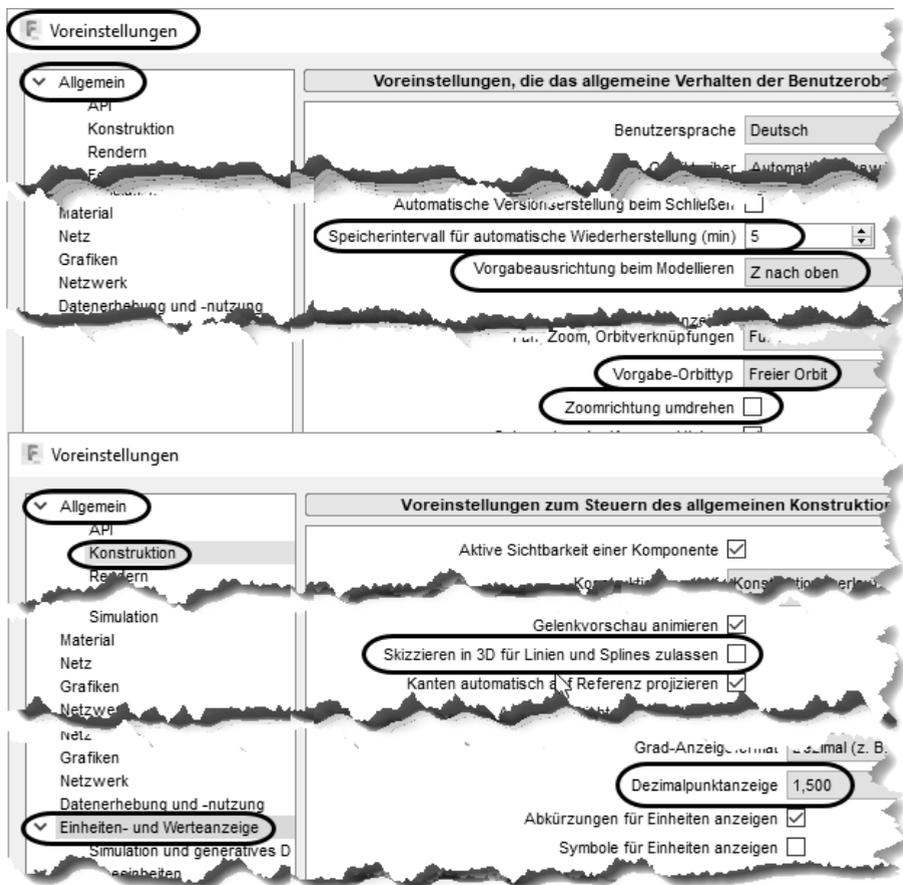


Abb. 1.13: Allgemeine Voreinstellungen

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).

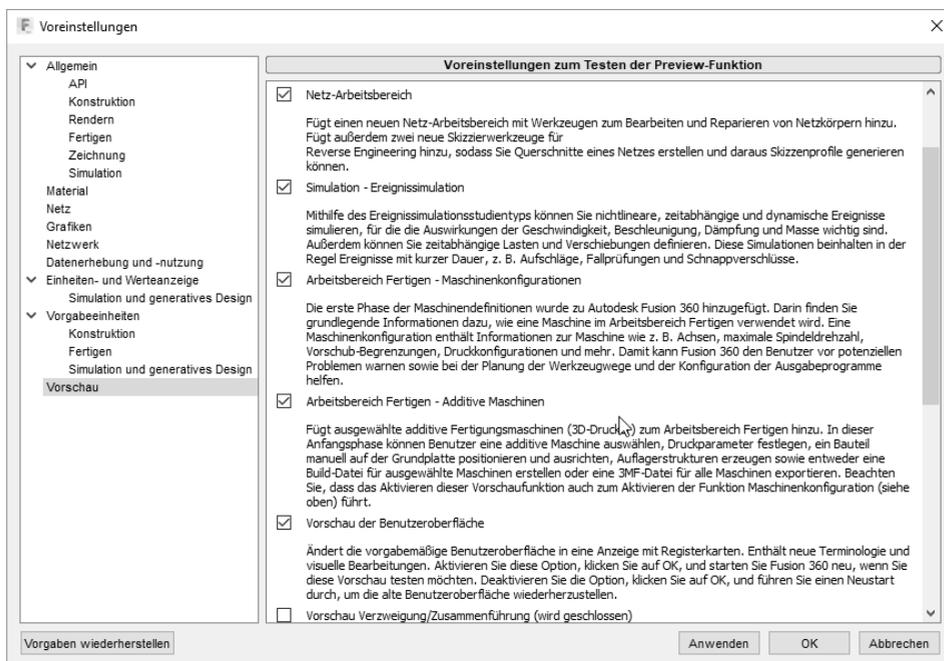


Abb. 1.14: Neue aktivierbare Funktionen im Teststadium

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.

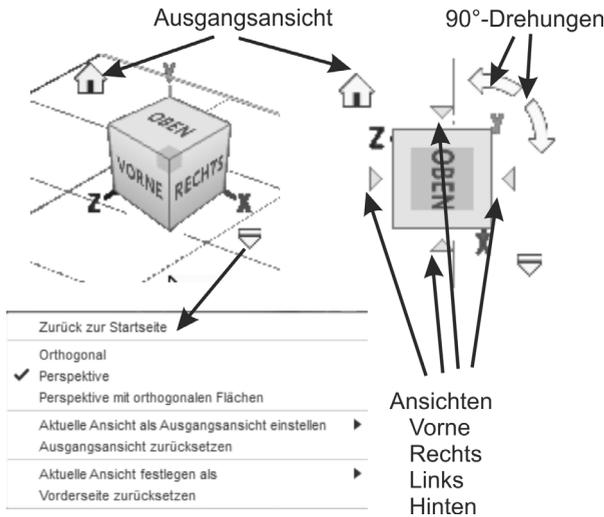


Abb. 1.15: VIEWCUBE mit Bedienelementen

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.

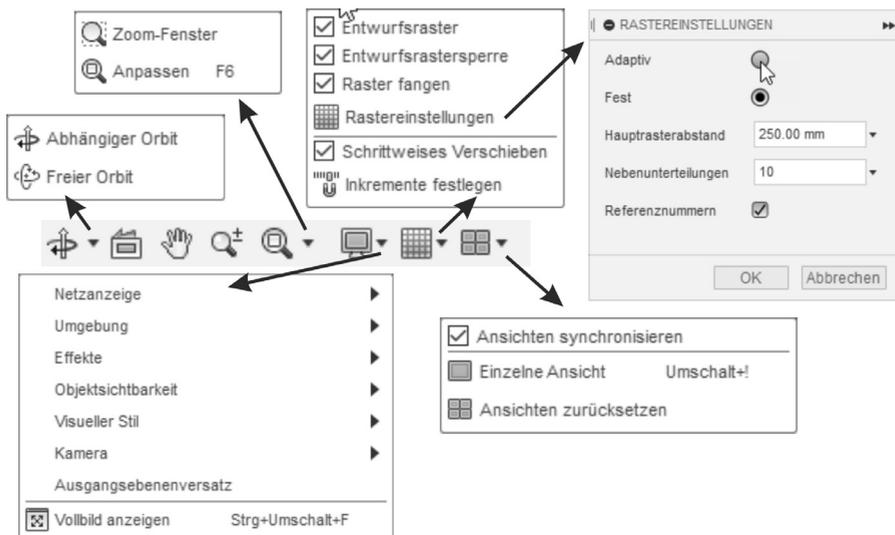


Abb. 1.16: Navigationsleiste mit Untermenüs

- 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 Dropdown-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.

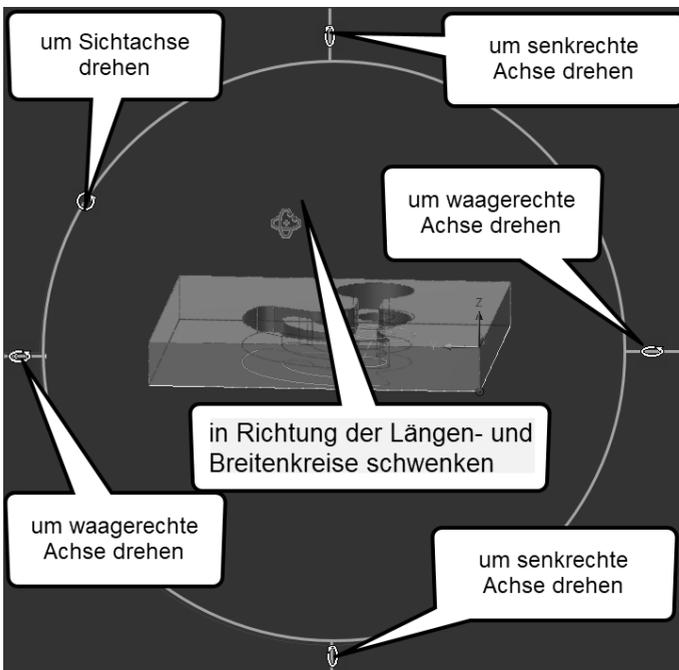


Abb. 1.17: Abhängiger Orbit mit Markierung und unterschiedlichen Cursor-Funktionen

- 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.
 - OBJEKTSICHTBARKEIT – steuert die Sichtbarkeit diverser Projekthilfsmittel.
 - KAMERA – Hier können Sie so wie oben beim VIEWCUBE (siehe Abschnitt 1.4.5, »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 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.

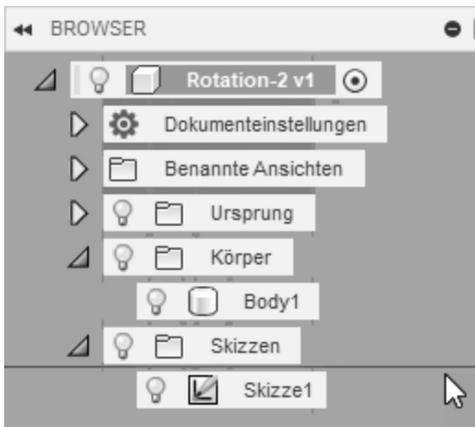


Abb. 1.18: Browser eines Beispielteils

1.4.8 Die Kommentare

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

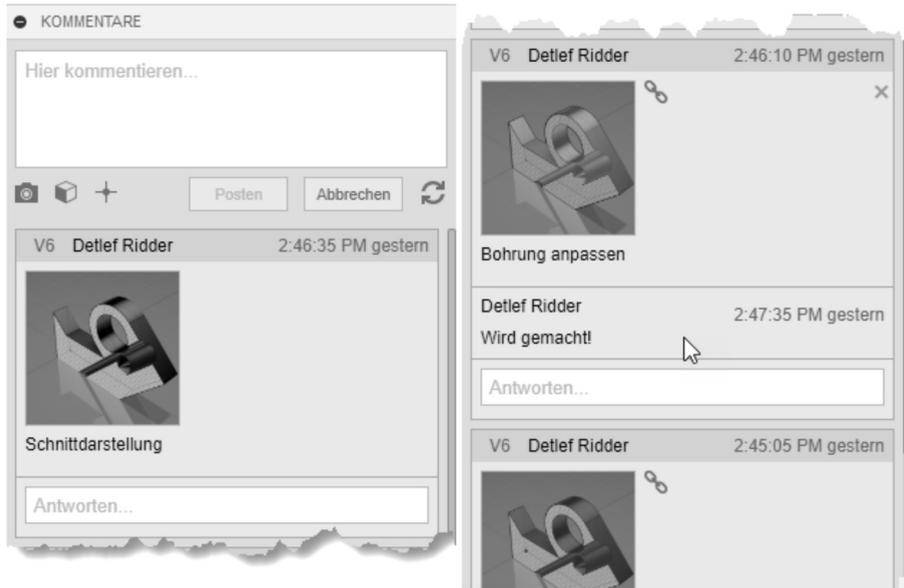


Abb. 1.19: Kommentare mit drei Eintragungen

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.

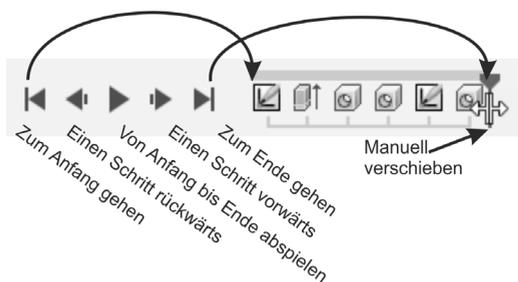


Abb. 1.20: Werkzeuge der ZEITACHSE

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.

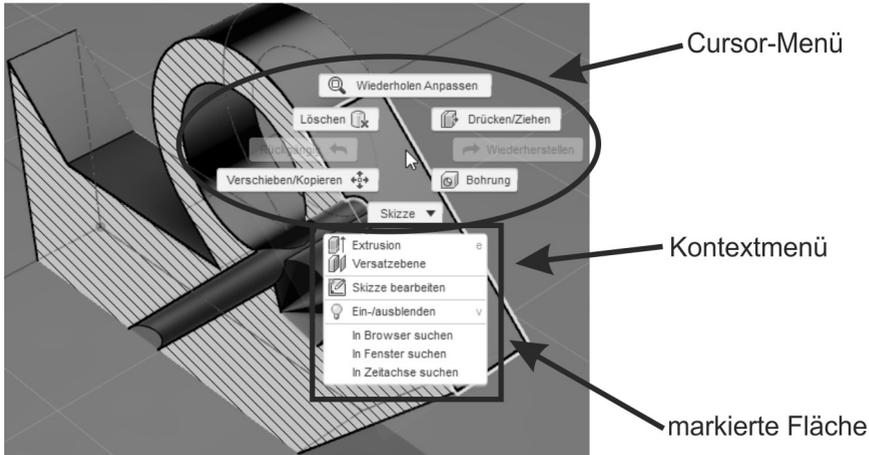


Abb. 1.21: Cursor- und Kontextmenü bei einer markierten Fläche

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* 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.

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 Standardkörpern 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.

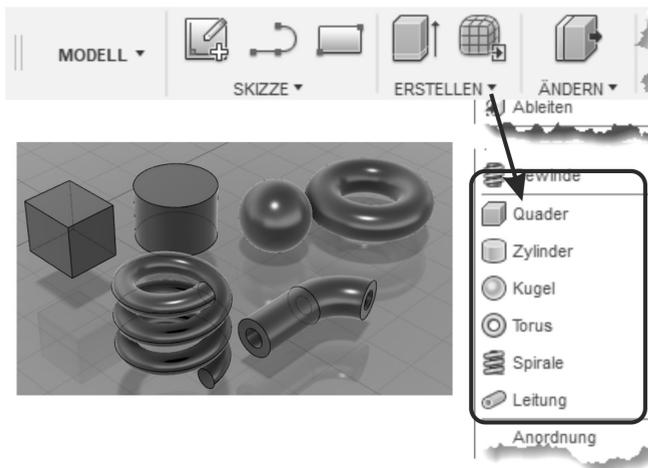


Abb. 1.22: Grundkörper für die Volumenkörpermodellierung

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

- **Verbinden** – Mit VERBINDEN 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.

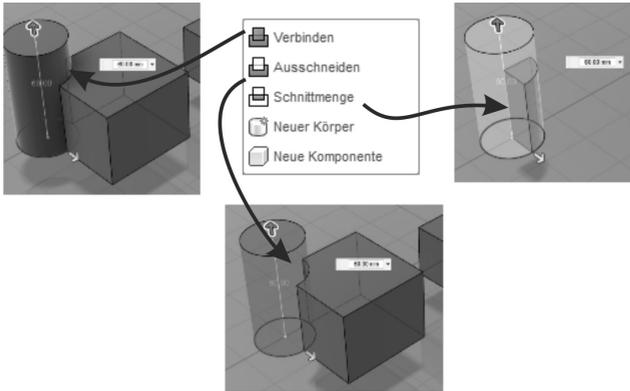


Abb. 1.23: Boole'sche Operationen zum Verknüpfen der Volumenkörper

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.

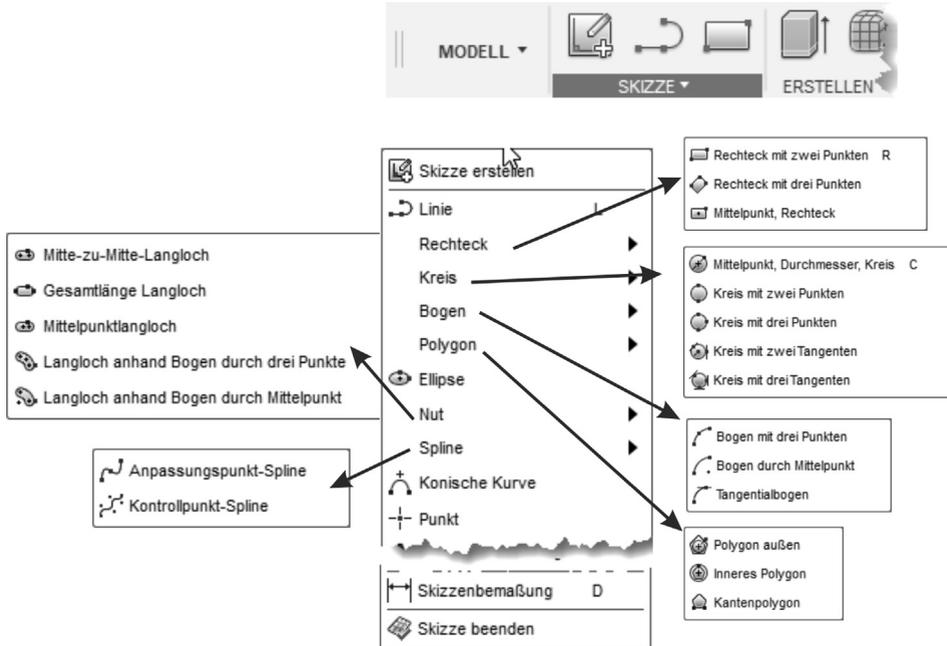


Abb. 1.24: Funktionen zum Skizzieren

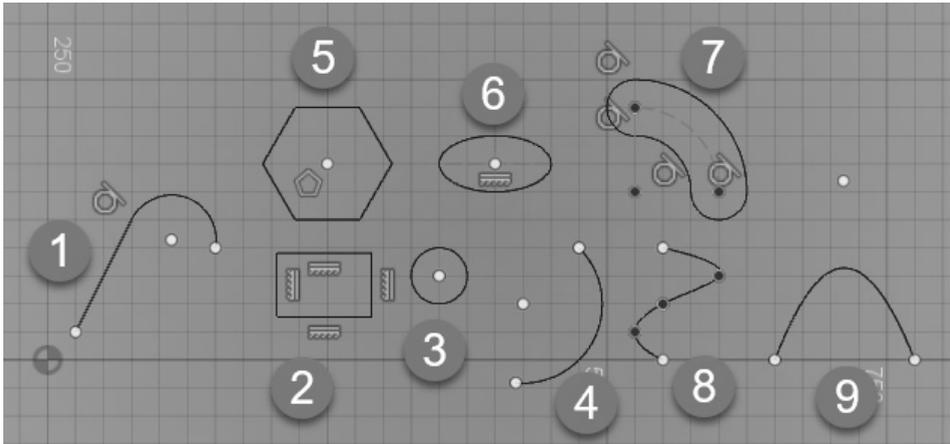


Abb. 1.25: Beispiele für Skizzierelemente

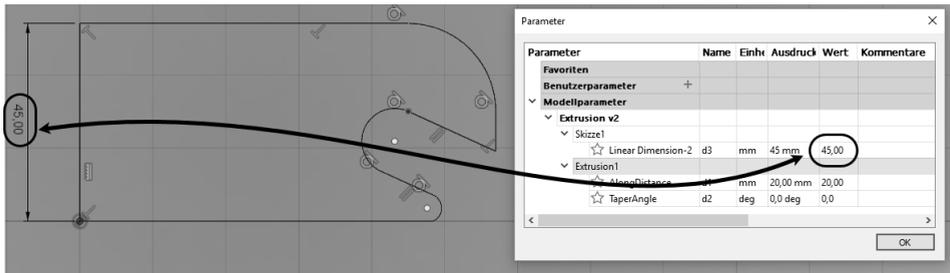


Abb. 1.26: Abmessungen der Skizze über Parametertabelle ändern

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).
- SWEEPING – 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).

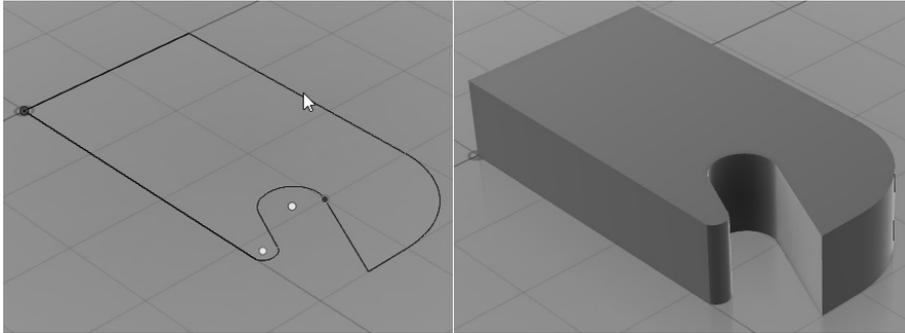


Abb. 1.27: 2D-Skizze und EXTRUSION

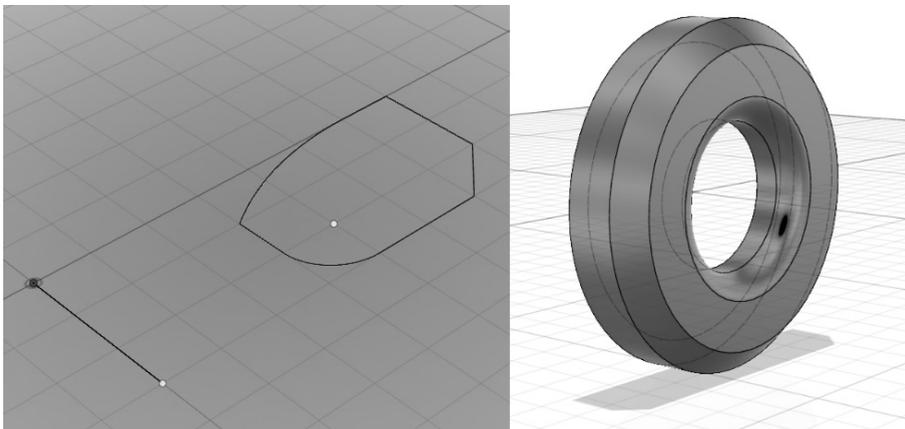


Abb. 1.28: 2D-Skizze und DREHEN

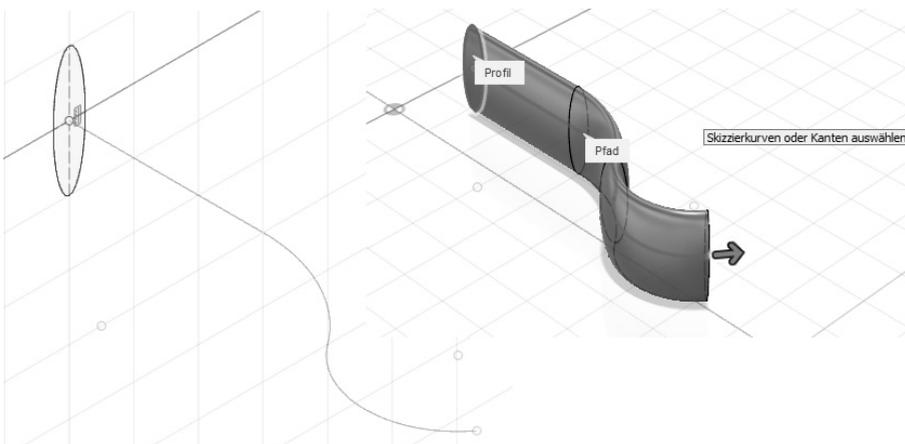


Abb. 1.29: Skizzen für Pfad und Profil und SWEEPING

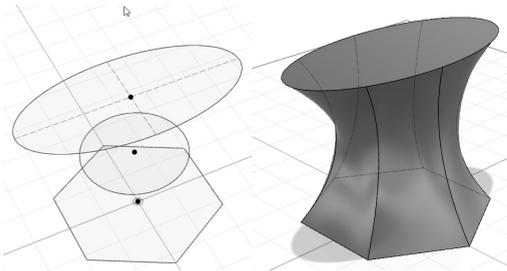


Abb. 1.30: Skizzen in verschiedenen Ebenen und ERHEBUNG

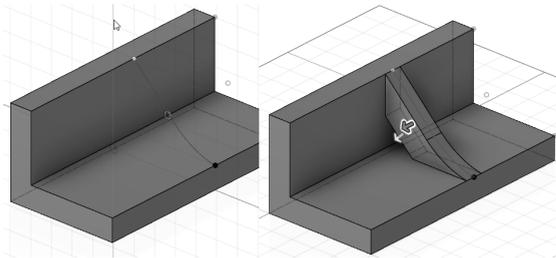


Abb. 1.31: Volumenkörper mit Linie und RIPPE

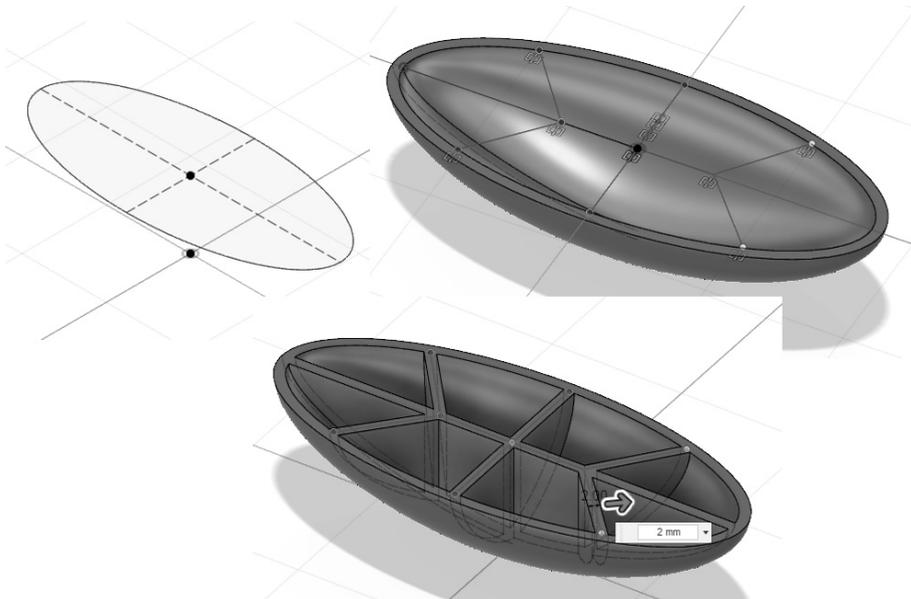


Abb. 1.32: 2D-Skizzen und STEGE

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 Körperformen 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*.

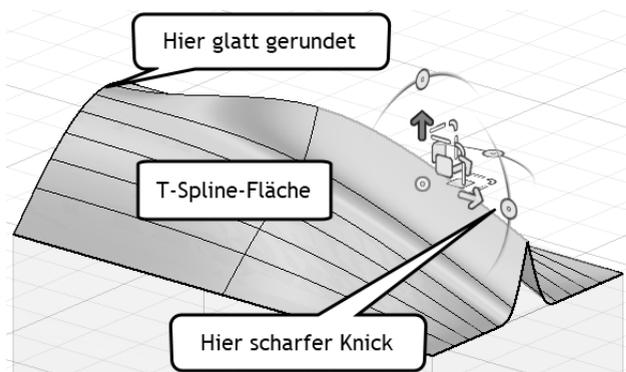


Abb. 1.33: T-Spline-Fläche mit Übergang zwischen scharfer Kante und glatterm Verlauf

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.

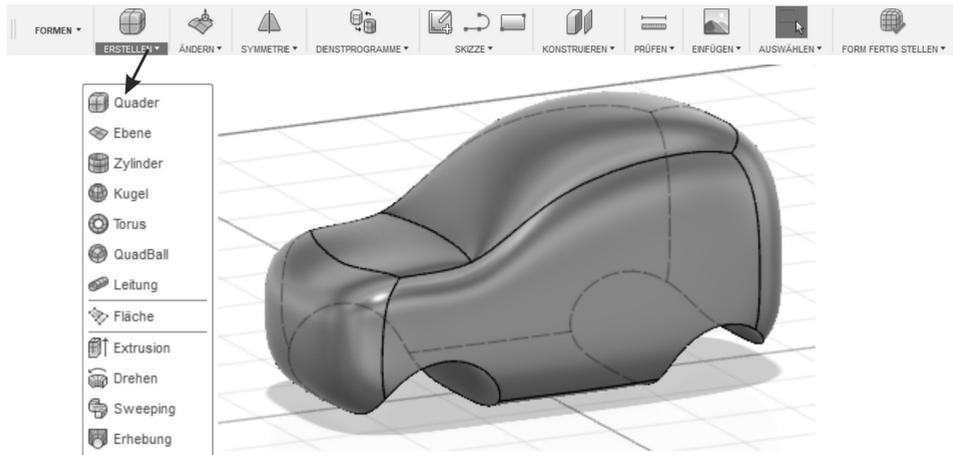


Abb. 1.34: Freiformmodellierung

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.

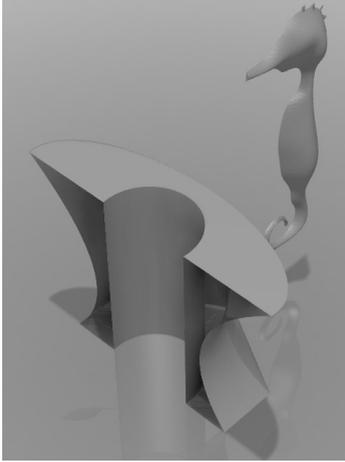


Abb. 1.36: Netz aus Volumenkörper und aus STL-Datei importiertes Netz

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.

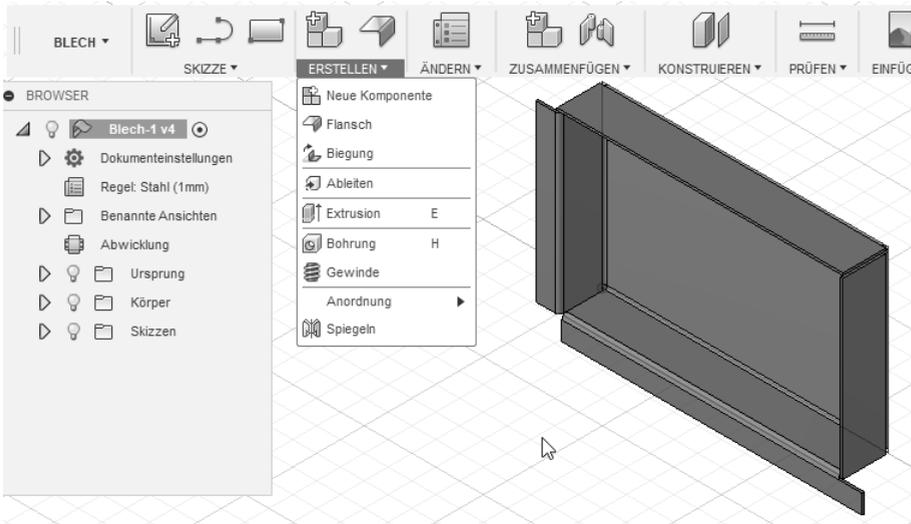


Abb. 1.37: Einfaches Blechteil im gefalteten Zustand

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:

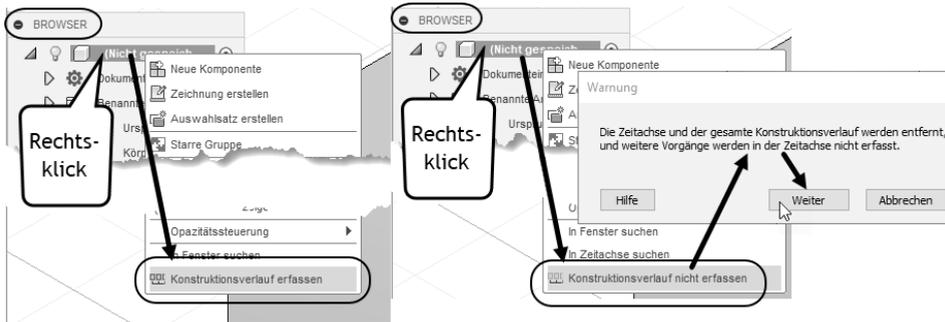


Abb. 1.38: Wechseln zwischen parametrischem und direktem Modus

- 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 68

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
 Dreitafelarstellung 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 Element 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

- Frässtrategie 333
- Freiformauswahl 57
- Freiformfläche 39, 40, 117, 350
- Freiformmodellierung 32, 34, 40, 83, 123
- Freigeben 23
- Frequenzen
 - modale 165
- FRG-Ansicht
 - Freiheitsgrade 166
- Führungslinie 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
- Gelenksprung 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
 Tangentiale 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

Längsschuppen 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
 Punktojekt 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
 Schichten 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
 Schnittverlauf 284
 Schrubbearbeitung 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
 Skizzier raster 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
 Stege 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
Werkzeugbibliothek 180, 351
Werkzeugkasten 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
Zukauffteil 266
Zukauf-Teile 246
Zylinder 34, 92