

Autodesk

Fusion 360

Praxiswissen für Konstruktion,
3D-Druck und CNC

komplett
in Farbe

Inhaltsverzeichnis

	Einleitung	11
	Was ist Fusion 360	11
	Für wen ist das Buch gedacht?	12
	Umfang des Buches	12
	Achtung: Fusion ist dynamisch!	13
	Test-, Schüler- und Gratisversionen	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	Fusion starten	17
1.5	Der Modellierungsmodus	17
1.6	Die Benutzeroberfläche	19
1.6.1	Die Gruppe »Daten«	20
1.6.2	Die Schnellzugriff-Leiste	22
1.6.3	Der Werkzeugkasten	25
1.6.4	Anpassung der Werkzeugkästen	27
1.6.5	Autodesk-Account, Voreinstellungen und Hilfe-Menü.	28
1.6.6	Der ViewCube	31
1.6.7	Die Navigationsleiste	32
1.6.8	Der Browser	35
1.6.9	Die Kommentare	35
1.6.10	Die Zeitachse	36
1.6.11	Cursor-Menü und Kontextmenü	37
1.7	Konstruktionsverfahren	37
2	Skizzen als Vorbereitung für 3D-Konstruktionen	43
2.1	Typisches Beispiel für die Verwendung von Skizzen	43
2.1.1	Voreinstellungen für Skizzen	44
2.1.2	Skizze starten	45
2.2	2D-Zeichenfunktionen	46
2.2.1	Übersicht über die Zeichenfunktionen	46

2.2.2	Die Skizzenpalette	46
2.2.3	Objektfang-Möglichkeiten	48
2.2.4	2D-Zeichenfunktionen	49
2.3	Die Bearbeitungsfunktionen in Skizzen	55
2.3.1	Objektwahl-Methoden	55
2.3.2	Die Bearbeitungsfunktionen	59
2.3.3	Abhängigkeiten	67
2.4	Bemaßungen	70
2.4.1	Objekte gleich mit Bemaßung erstellen	70
2.4.2	Objekte nachträglich bemaßen	72
2.4.3	Skizze beenden	76
2.5	Beispiel: Skizze für Flaschenöffner	76
3	3D-Volumenkörper-Modellierung	83
3.1	Hilfsmittel: Ebenen, Achsen, Punkte	84
3.2	Volumenkörpermodellierung aus Skizzen heraus	91
3.2.1	Extrusion	92
3.2.2	Parameter variieren	97
3.2.3	Drehen	100
3.2.4	Lofting, Erhebung	105
3.2.5	Sweeping	113
3.2.6	Übungsteil für Drehen: Deckelflansch	116
3.3	Volumenkörpermodellierung aus Grundkörpern	119
3.3.1	Modellierung mit Quader und Zylinder	120
3.3.2	Spirale	123
3.3.3	Leitung	125
4	Flächenmodellierung	127
4.1	Parametrische Modellierung	127
4.1.1	Fläche	128
4.1.2	Extrusion	129
4.1.3	Fläche mit Anschlussbedingungen	129
4.1.4	Begrenzungsfüllung	131
4.1.5	Flächen heften	131
4.1.6	Flächen stutzen	132
4.1.7	Flächen dehnen	133
4.2	Freiformflächen	133
4.2.1	Direktbearbeitungsmodus aktivieren	133
4.2.2	Fläche erstellen	134

4.2.3	Fläche bearbeiten	134
4.2.4	Fläche teilen	138
4.2.5	Flächen heften	139
5	Freiformmodellierung	141
5.1	Mit der Konstruktionsart »Form« starten	141
5.2	Gruppe »Erstellen«	142
5.3	Beispiel: Modellierung aus Quader	143
5.4	Form bearbeiten	144
5.5	Neue Kante als Knick	144
5.6	Kanten und Flächen verschieben	145
5.7	Formen voneinander abziehen	146
5.7.1	Extrusionsformen hinzufügen	146
5.7.2	Begrenzungsfüllung im Volumenkörpermodus	147
5.8	Durchbrüche im Volumenkörpermodus	148
5.9	Modellierbeispiel Dinosaurier	149
5.9.1	Der Körper	150
5.9.2	Schwanz	153
5.9.3	Hals und Kopf	155
5.9.4	Der Kamm	157
5.9.5	Die Beine	159
6	Netzmodellierung	161
6.1	Der Netz-Arbeitsbereich	161
6.2	Netzdateien einlesen	162
6.3	Netz überarbeiten	163
6.4	Querschnitt analysieren	164
6.5	Vom Netz zum Volumen	164
6.6	Reverse Engineering	165
7	2D-Fertigungszeichnungen ableiten	169
7.1	Voreinstellungen für Zeichnungen	169
7.1.1	Allgemeine Voreinstellungen	169
7.1.2	Voreinstellungen bei Zeichnungsstart	170
7.1.3	Änderungen von Einstellungen in der aktuellen Zeichnung	170
7.2	Start einer neuen Zeichnung und Werkzeuge	171
7.3	Ansichten erzeugen, Projektionen und Details	176
7.3.1	Erstansicht	176
7.3.2	Projektionsansicht	177
7.3.3	Schnittansicht	177

7.3.4	Detailansicht	178
7.3.5	Ansichten manipulieren.	179
7.4	Bemaßung, Texte und Hinweistexte	180
7.4.1	Bemaßungsfunktionen	180
7.4.2	Gruppe »Geometrie«	187
7.4.3	Gruppe »Text«	189
7.4.4	Gruppe »Symbole«	191
7.5	Ausgabe, Speichern, Plot.	193
8	Simulation	195
8.1	Übersicht	195
8.1.1	Die Aufgabenstellung.	196
8.1.2	Die Berechnung	197
8.1.3	Die Simulationsergebnisse	198
8.2	Festigkeitsberechnungen für den Flaschenöffner.	199
8.2.1	Material	200
8.2.2	Abhängigkeiten.	201
8.2.3	Lastfall erstellen	201
8.2.4	Berechnen: Lösen	203
8.3	Formoptimierung	204
8.4	Modalanalyse	206
8.5	Thermische Analyse	210
9	3D-Druck	217
9.1	Verfahren	217
9.2	3D-Druckfunktion	218
9.3	3D-Druck mit einem typischen Filament-Extruder-Drucker	221
9.3.1	Druckbahnen erzeugen	221
9.3.2	Druck-Beispiele.	226
9.3.3	G-Code-Dateien.	227
9.4	3D-Druck unter Fertigung – Additiv	230
10	Baugruppen zusammenfügen	239
10.1	Voreinstellung einer Baugruppe.	240
10.2	Modellierung der Einzelteile.	241
10.2.1	Skizze, Extrusion und Abrunden.	241
10.3	Der Zusammenbau	249
10.3.1	Körper und Komponenten	249
10.3.2	Gelenkbeziehungen einbauen.	253
10.3.3	Externes Bauteil einfügen	259

10.3.4	Bibliotheksteile einfügen	261
10.3.5	Bewegungen durch Kontaktsatz beschränken	265
10.3.6	Beliebige Bewegungen mehrerer Gelenke	266
10.3.7	Positionsdarstellungen	267
10.4	Parameter ändern	268
10.5	Beispiel: Zusammenbau eines Schraubenschlüssels	271
10.5.1	Konstruktion der Einzelteile	272
10.5.2	Obere Backe	273
10.5.3	Untere Backe	276
10.5.4	Gelenk für Verschiebung der Backen	279
10.5.5	Zahnstange	281
10.5.6	Trapezgewindespindel	282
10.5.7	Spindelgelenk, Gelenkverbindung und Bewegungssimulation	286
11	Baugruppen – Zeichnungen, Animation, Rendern	289
11.1	Zeichnungen von Baugruppen ableiten	289
11.1.1	Ansichten	289
11.1.2	Stücklisten	295
11.2	Animationen	297
11.2.1	Funktionsübersicht	297
11.2.2	Voreinstellungen	299
11.2.3	Animationspfade erstellen	300
11.2.4	Animationsfilm erstellen	303
11.3	Zeichnungen von Animationen ableiten	303
11.4	Rendern	304
11.4.1	Material und Darstellung	304
11.4.2	Gestaltung der Beleuchtung	305
11.4.3	Oberflächen-Einstellungen	306
11.4.4	Renderausgabe	307
12	Blech-Konstruktionen	309
12.1	Blechteil konstruieren	309
12.1.1	Blechregel	311
12.1.2	Flansch-Konstruktionen (Laschen)	312
12.1.3	Einzelne Biegung	317
12.1.4	Ausklinkung	317
12.1.5	Konturlasche	318
12.1.6	Bohrungen	319

12.2	Abwicklung und Zeichnungen	319
12.3	Laserschneiden, Stanzen und Biegen eines Blechteils	321
13	CNC-Bearbeitungen Fräsen und Drehen.	323
13.1	Fräsbearbeitungen	325
13.1.1	Allgemeine Vorbereitung für Fräsen	325
13.1.2	Setup für NC-Bearbeitungen	326
13.1.3	Fräsbearbeitungen des Teils (2½-Achsen-CNC-Bearbeitungen)	330
13.1.4	NC-Datei aus den Werkzeugwegen erstellen	342
13.2	Drehbearbeitungen	347
13.2.1	Setup fürs Drehen	348
13.2.2	Die Drehbearbeitungen	350
13.2.3	Postprocessing	360
14	Weitere CNC-Bearbeitungen.	363
14.1	Taschen-Fräsbearbeitung	363
14.1.1	Skizze zeichnen	364
14.1.2	Volumenkörper aufbauen	364
14.1.3	Schruppbearbeitung der Tasche	366
14.1.4	Schlichtbearbeitung der Tasche.	376
14.1.5	Postprozessing	377
14.1.6	G-Code-Datei für die Maschine	378
14.2	Laserschneiden eines Blechteils	380
14.2.1	Vorbereitung des Blechteils	380
14.2.2	Generierung der Werkzeugwege.	381
14.2.3	Auswahl eines Postprozessors.	383
14.3	Bearbeitung von Freiformflächen.	384
14.3.1	Beispiel mit Adaptive Clearing	384
14.3.2	Weitere 3D-Bearbeitungen.	389
14.4	Bohrbearbeitungen	393
14.4.1	Setup fürs Bohren.	394
14.4.2	Zentrierbohren	394
14.4.3	Kernlochbohrungen	396
14.4.4	Fase	397
14.4.5	Gewinde.	398

15	Elektronik	399
15.1	Schaltplan	400
	15.1.1 Bauteile einfügen	400
15.2	Bauteil-Bibliotheken	403
15.3	Leiterplattenlayout	405
15.4	3D-Leiterplatte	407
	Stichwortverzeichnis	409

Einleitung

Was ist Fusion 360

Fusion 360 ist ein *äußerst umfangreiches cloudbasiertes CAD/CAM/CAE/PCB-Programmsystem* (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing/Computer Aided Engineering/Printed Circuit Board). Es deckt viele Bereiche des Konstruktions- und Fertigungsprozesses ab, beginnend mit dem skizzenhaften Entwurf bis hin zur Fertigung mit 3D-Druckern 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
- Schaltplanentwurf und Leiterplatten-Layout

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

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

Das schon länger am Markt befindliche CAD-Programm Fusion 360 wird zum *Abonnement* angeboten, und zwar mit einem *großen Funktionsumfang*, wobei für die *komplexeren rechenintensiven und nur in der Cloud ausführbaren Funktionen* mit individuellen *Cloud-Credits* bezahlt wird.

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

Für wen ist das Buch gedacht?

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

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

Umfang des Buches

Das Buch ist in fünfzehn Kapitel gegliedert. Der gesamte Stoff kann, sofern genügend Zeit vorhanden ist, vielleicht in einigen Wochen durchgearbeitet werden. Die meisten Beispielkonstruktionen aus dem Buch finden Sie als Download auf der Website des Verlags unter www.mitp.de/0535.

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

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

Achtung: Fusion ist dynamisch!

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

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

Test-, Schüler- und Gratisversionen

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

Schüler und Studenten können sich über das Studentenportal der Firma Autodesk nach Angabe ihrer Ausbildungsstelle und Zusendung einer Bescheinigung auch eine freie Studentenversion herunterladen. Sie kann jährlich verlängert werden.

Für Hobby-Anwender gibt es auch eine Gratisversion mit etwas reduziertem Funktionsumfang.

Wie geht's weiter?

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

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

Detlef Ridder

Germering, 7.2.2022

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, CAE und PCB benötigt werden. Damit wird sie zu Recht als »Integrierte Software für CAD-, CAM-, CAE- und PCB « 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 inklusive dem Elektronik-Design mit Leiterplatten-Layout 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.

Die aktuell im Buch benutzte Version ist 2.0.12164. Die aktuelle Versionsnummer erfahren Sie unter ?|HILFE|INFO. Fusion ist eine Software, die sich sehr dynamisch weiterentwickelt und auch in kurzen Abständen aktualisiert wird. Deshalb kann es immer vorkommen, dass gewisse Menüaufrufe, Befehlsdialoge oder Bilder der Icons kleine Abweichungen vom Buch aufweisen. Falls die Änderungen in einem Release so umfangreich sind, dass die Menüstruktur und die im Buch geschilderten Befehlsaufrufe nicht mehr zutreffen, wird auf der Homepage des Verlags unter www.mitp.de/0535 eine Änderungsliste für das Buch erscheinen, solange noch keine aktualisierte Neuauflage verfügbar ist.

1.2 Systemvoraussetzungen

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

- Windows 8.1 mit 64 Bit (bis 01/23)
- Windows 10 und 11 (nur 64 Bit)
- Apple® macOS™ Monterey 12.0, Big Sur 11.0, Catalina 10.15, Mojave v10.14 (bis 03/22)

Die CPU muss ein 64-Bit-Prozessor sein. Für den Arbeitsspeicher werden mindestens 4 GB RAM, besser 6 GB oder mehr empfohlen.

1.3 Beschaffung und Installation

Die Software FUSION 360 können Sie über die Autodesk-Homepage unter www.autodesk.de ❶, ❷, ❸ dauerhaft abonnieren (Abbildung 1.1 ❹).

Alternativ können Sie die Software 30 Tage lang erst einmal kostenlos testen (Abbildung 1.1 ❹, ❺, ❻a).

Als *Student* oder *Auszubildender* können Sie die Software zu Studienzwecken kostenlos nutzen, solange Sie jährlich Ihre Berechtigung nachweisen (Abbildung 1.1 ❹, ❺, ❻b). Dazu müssen Sie sich zunächst bei Autodesk anmelden und eine Bescheinigung Ihrer Ausbildungsstätte zufaxen. Nach Akzeptierung durch Autodesk können Sie dann die Software herunterladen.

Es gibt auch für *Hobby-Anwender* eine Möglichkeit, die Software gratis zu nutzen (Abbildung 1.1 ❹, ❺, ❻c). Dazu müssen Sie sich registrieren lassen und erhalten eine im Funktionsumfang etwas eingeschränkte Version.



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 Fusion starten

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



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

Hinweis: Klicken bzw. Rechts-Maus-Klick

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

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

1.5 Der Modellierungsmodus

In Fusion gibt es zwei Modellierungsmodi:

- PARAMETRISCH
- DIREKT

Die PARAMETRISCHE MODELLIERUNG (PM) legt fest, dass die einzelnen Konstruktionsschritte in der Verlaufsreihenfolge protokolliert werden. Gleichzeitig werden die benutzten Abmessungen in einer PARAMETERTABELLE gespeichert und können später zur Variation der Konstruktion verändert werden. Da der Konstruktionsverlauf erfasst wird, können Sie die Konstruktionsschritte später über die zeitliche Reihenfolge, die in der ZEITACHSE grafisch dargestellt wird, auch ändern und rückgängig machen.

Bei der DIREKTEN MODELLIERUNG (DM) wird der Konstruktionsverlauf nicht protokolliert; dann ist der jeweilige Stand der Konstruktion praktisch ein Unikat und kann später nicht variiert werden und es können keine Produktvarianten abgeleitet werden. Die derart erstellten Bauteile bezeichnet man als Basisbauteile. Die Modellierungsfunktionen FORM und NETZ sind aber nur im DIREKTEN MODUS verfügbar.

Sie können den Modellierungsmodus über die VOREINSTELLUNGEN des Projekts vorgeben. Wenn Sie dort die dritte Variante BEFEHLSZEILE wählen, erscheint bei jedem neuen Projekt eine individuelle Abfrage nach dem Modellierungsmodus.

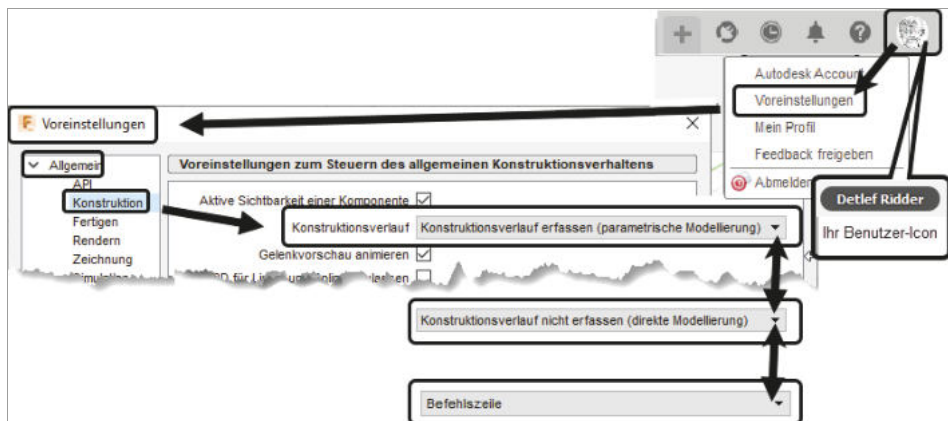


Abb. 1.3: Zwischen PARAMETRISCHER und DIREKTER MODELLIERUNG über VOREINSTELLUNGEN wählen oder die Entscheidung auf BEFEHLSZEILE verschieben

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

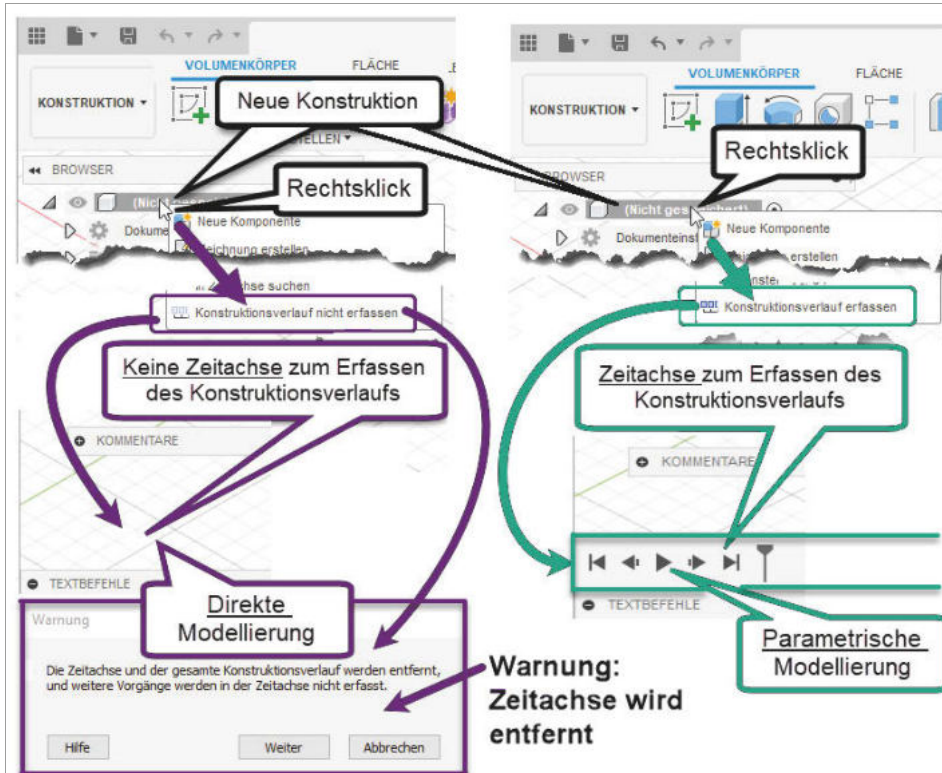


Abb. 1.4: Modellierungsmodus PARAMETRISCH oder DIREKT im Browser wählbar

1.6 Die Benutzeroberfläche

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

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

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

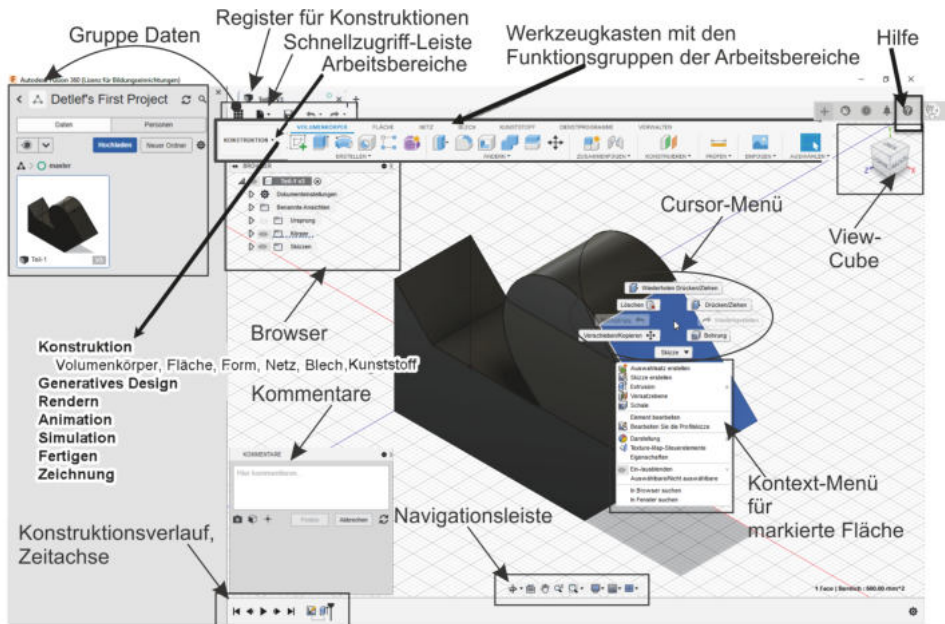


Abb. 1.5: Benutzeroberfläche von Fusion 360

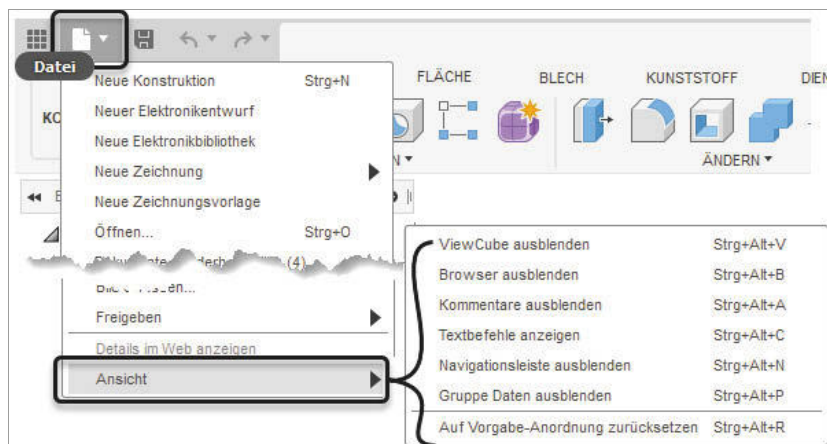



Abb. 1.6: Bedienelemente ein-/ausblenden

1.6.1 Die Gruppe »Daten«

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

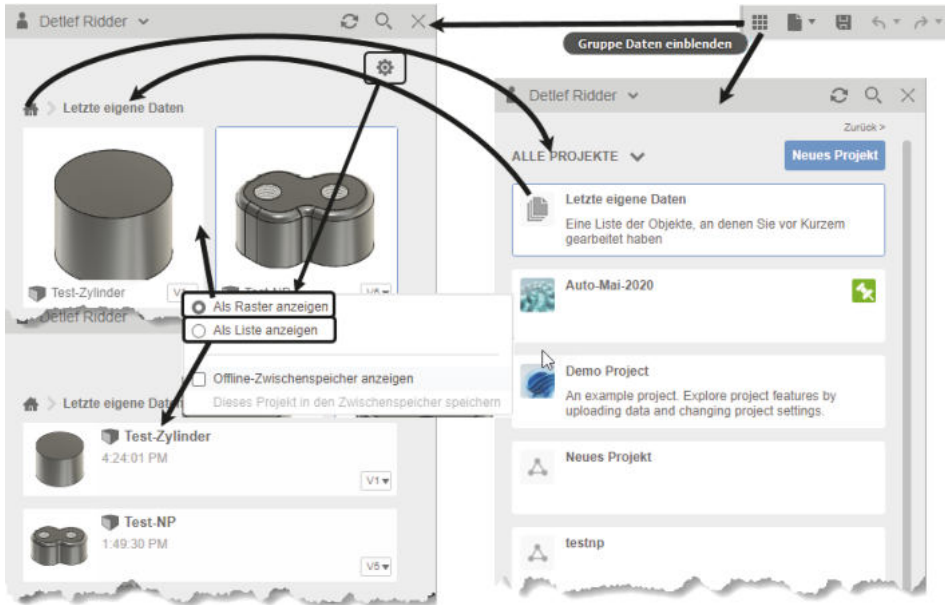


Abb. 1.7: Gruppe DATEN mit Projekten bzw. Ordern und Konstruktionen

Neben dem normalen EINZELBENUTZER-KONTO können Sie auch ein TEAM-KONTO anlegen (Abbildung 1.8) ❶ – ❹, um dort Projekte auch zur Beteiligung anderer freizugeben.

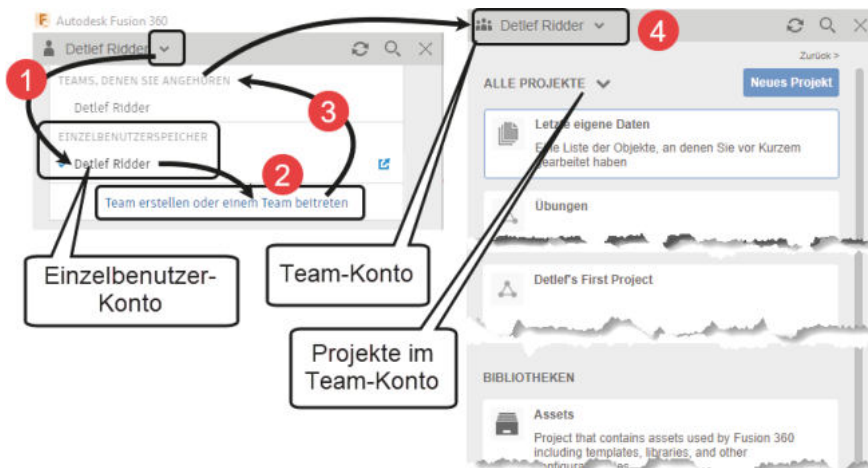


Abb. 1.8: EINZELBENUTZER- und TEAM-KONTO

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 1.9).

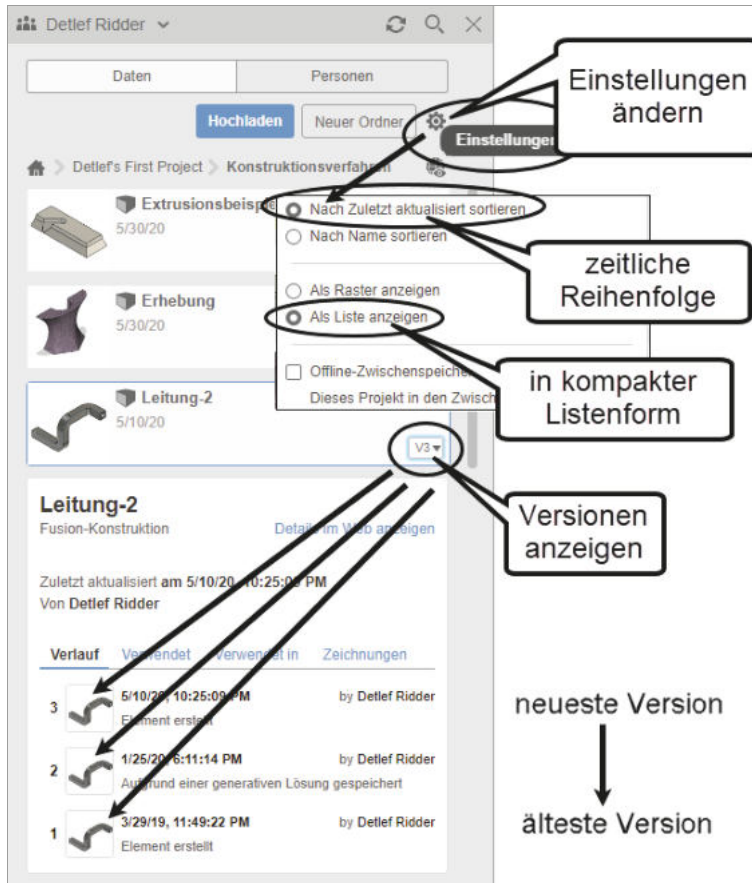


Abb. 1.9: Versionsverwaltung

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

1.6.2 Die Schnellzugriff-Leiste

In der SCHNELLZUGRIFF-LEISTE finden Sie zuerst den Schalter zur Anzeige der Gruppe DATEN, dann die üblichen Funktionen zur Dateiverwaltung (Abbildung 1.11). 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.
- NEUER ELEKTRONIKENTWURF – dient zum Erstellen von Elektronikplänen.

- **NEUE ELEKTRONIKBIBLIOTHEK** – Hiermit kann eine neue Bibliothek für Elektronikbauteile bearbeitet werden.
- **NEUE ZEICHNUNG** – Hiermit erstellen Sie zu einer 3D-Konstruktion die üblichen 2D-Ansichten einer Standard-Zeichnung.
- **NEUE ZEICHNUNGSVORLAGE** – Hiermit gestalten Sie eine Vorlage für Zeichnungen.
- **ÖFFNEN** [Strg] + [O] – öffnet eine Fusion-Konstruktion oder -Zeichnung aus der Cloud oder auf Ihrem PC.
- **DOKUMENTE WIEDERHERSTELLEN** – erlaubt die Wiederherstellung von Konstruktionen mit Fehlern.
- **HOCHLADEN** – dient zum Hochladen lokaler Projekte. Verschiedenste CAD-Formate sind hier möglich, insbesondere auch Dateien von Inventor. Wenn Sie hier Inventor-Baugruppen (IAM) laden wollen, müssen Sie auch die Bauteile (IPT) dazu wählen.
- **SPEICHERN** [Strg] + [S] – speichert eine Fusion-Konstruktion oder -Zeichnung in der Cloud. Beim Speichern können Sie eine eigene VERSIONSBEZEICHNUNG angeben. Wenn Sie im TEAM-KONTO speichern, können Sie eine besonders wichtige Version als MEILENSTEIN markieren (Abbildung 1.11).

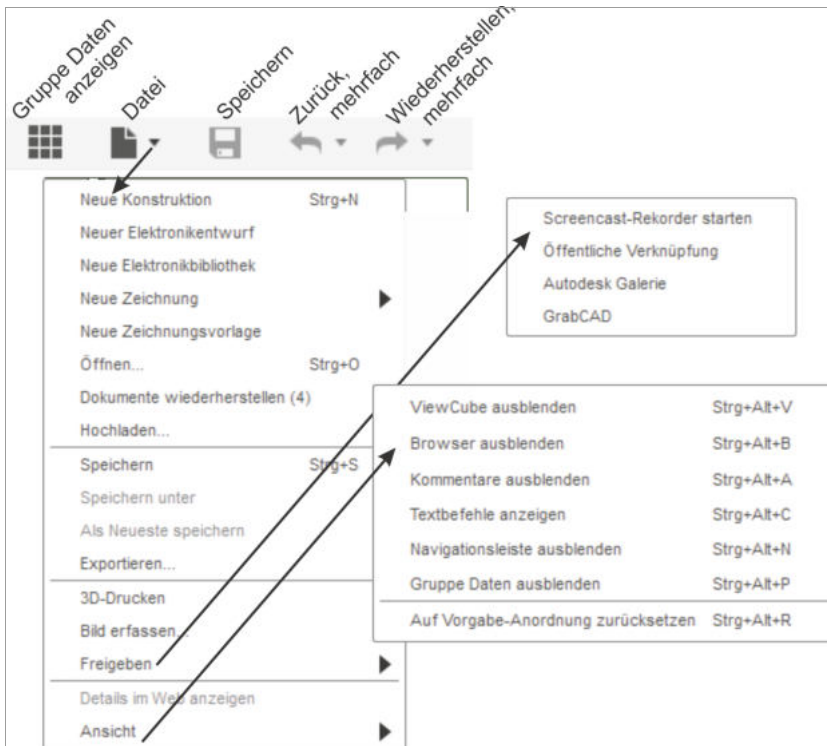


Abb. 1.10: DATEIVERWALTUNGSFUNKTIONEN

Wenn in einer Baugruppe eine Komponente als Meilenstein markiert ist, erfolgt ein Upgrade erst, wenn es auch eine neue Komponente mit Meilenstein-Markierung gibt.

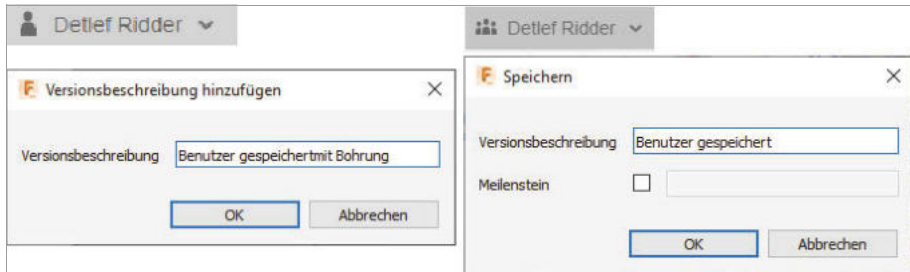


Abb. 1.11: Speichern im EINZELBENUTZER- bzw. TEAM-KONTO

- **SPEICHERN UNTER** – speichert eine Fusion-Konstruktion oder -Zeichnung in der Cloud, auch in einem anderen Projekt oder Ordner, oder auf Ihrem PC.
- **ALS NEUE SPEICHERN** – Hiermit wird aus einer älteren Version die neueste erstellt.
- **EXPORTIEREN** – dient zur Ausgabe Ihrer Konstruktion in einem Austauschformat für 3D-Modelle wie
 - **F3D** – Fusion-3D-Format,
 - **IAM** – Wenn Sie eine Baugruppe für Inventor exportieren, werden mehrere Dateien erstellt; einerseits werden die Bauteile zu IPT-Dateien konvertiert und die Baugruppe selbst als IAM-Datei (Inventor AsseMbly). Alles zusammen wird als ZIP-Datei zusammengefasst, die Sie dann zur Verwendung im Inventor entpacken können.
 - **IGS** – allgemeines Austauschformat (Initial Graphics Exchange Specification),
 - **IPT** – Einzelne Bauteile können für Inventor im Format IPT gespeichert werden (Inventor ParT),
 - **SAT** – Austauschformat vieler CAD-Systeme, die auf dem ACIS-Geometrie-Kern basieren (Standard ACIS Text),
 - **SMT** – Austauschformat zu Fusion und Inventor (Shape Manager Text),
 - **STP** – allgemeines Austauschformat STEP.
- **3D-DRUCKEN** – überträgt die Modelldaten an ein 3D-Druckprogramm oder gibt sie einfach als normale STL-Datei zur Weiterverwendung durch 3D-Druckdienste aus.
- **BILD ERFASSEN** – erzeugt Bilder mit wählbarer Auflösung im Format PNG, JPG oder TIF.

- **FREIGEBEN** – erstellt wahlweise
 - einen Screencast mit einem Rekorder, den Sie von Autodesk herunterladen können,
 - eine öffentliche Verknüpfung,
 - eine Abbildung in der Fusion-360-Galerie,
 - eine Ansicht für die GrabCAD-Plattform.
- **DETAILS IM WEB ANZEIGEN** – generiert eine Ansicht in Ihrem Fusion-Cloudbereich.
- **ANSICHT** – Hiermit konfigurieren Sie die Benutzeroberfläche, indem Sie folgende Elemente ein- oder ausschalten (Abbildung 1.10):
 - **VIEWCUBE** – zur Ansichtssteuerung,
 - **BROWSER** – für die Übersicht über die Konstruktionsschritte,
 - **KOMMENTARE** – für den Austausch von Informationen mit Projektpartnern,
 - **TEXTBEFEHLE** – zur manuellen Eingabe,
 - **NAVIGATIONSLEISTE** – zur detaillierten Gestaltung der Ansicht(en),
 - **GRUPPE DATEN** – für die Verwaltung von Konstruktionen und Projekten in einer Ordnerstruktur.
 - **AUF VORGABE-ANORDNUNG ZURÜCKSETZEN** – zeigt die Benutzeroberfläche wie beim ersten Start.

1.6.3 Der Werkzeugkasten

Im **WERKZEUGKASTEN** kann links der gewünschte **ARBEITSBEREICH** ausgewählt werden, zu dem dann rechts daneben die zugehörigen Funktionen in Form von Aufklappmenüs mit Unterfunktionen erscheinen (Abbildung 1.12). Beim Arbeitsbereich **KONSTRUKTION** gibt es noch mehrere Register für verschiedene Modellierungsarten.

Folgende *Arbeitsbereiche* sind bei parametrischer Modellierungsart verfügbar:

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

- KONSTRUKTION, Register KUNSTSTOFF – enthält die Werkzeuge, um Spritzgusskonstruktionen auf ihre Machbarkeit zu überprüfen und ggf. umzugestalten.
- KONSTRUKTION, Register BLECH – enthält die Werkzeuge, um Blechkonstruktionen über verschiedenste Biege- und Stanzoperationen zu gestalten.

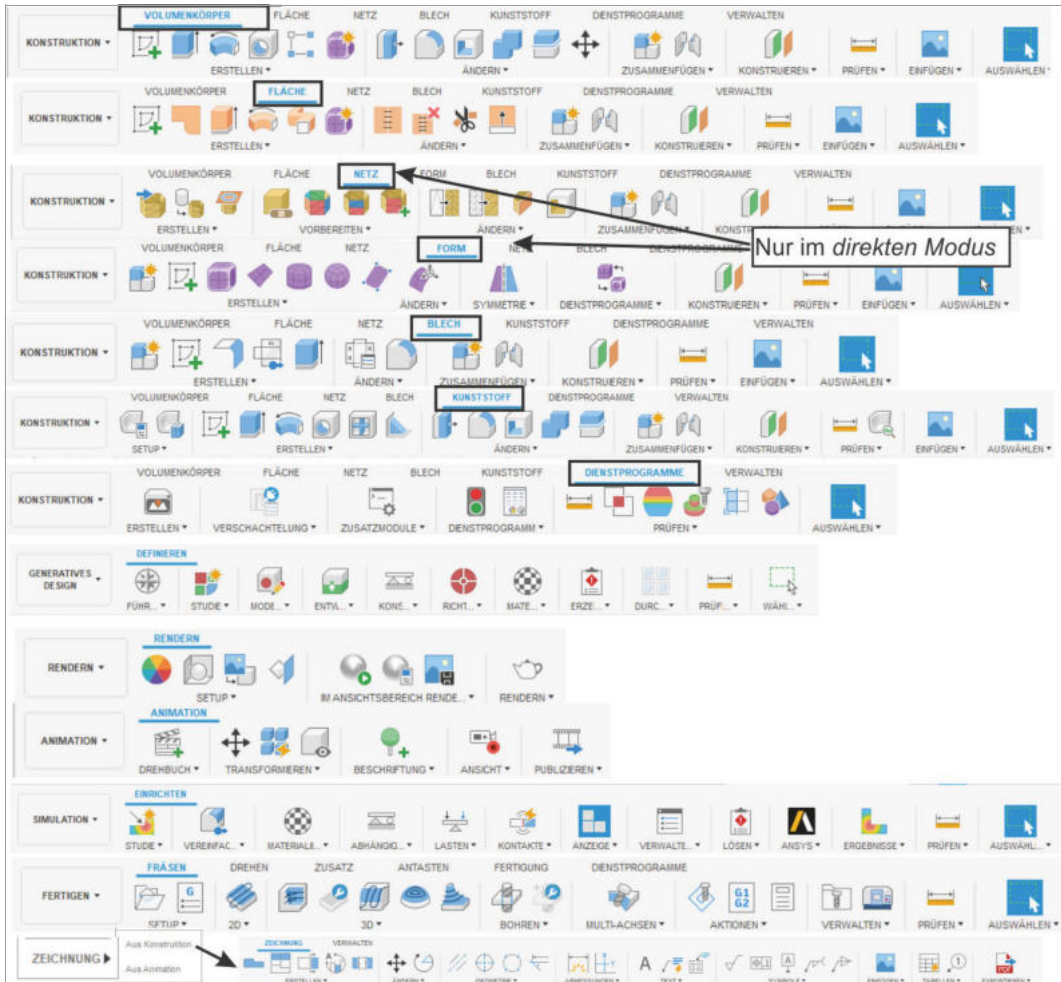


Abb. 1.12: Werkzeugkasten mit den verschiedenen Arbeitsbereichen und deren Funktionen

- KONSTRUKTION, Register DIENSTPROGRAMME – enthält verschiedene Hilfs- und Analyseprogramme, unter anderem ein Modul zur Übergabe einer Konstruktion an 3D-Druck-Software.
- GENERATIVES DESIGN – bietet verschiedene Hilfsmittel zur Optimierung eines Designs unter verschiedenen Zielsetzungen.

- **RENDERN** – 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.
- **FERTIGEN** – Mit diesen Werkzeugen können die Fertigungsdaten für Verfahren wie beispielsweise Fräsen, Drehen oder 3D-Drucken erstellt werden.
- **ZEICHNUNG** – Mit der Optionen **AUS KONSTRUKTION** werden die herkömmlichen Zeichnungsansichten von Bauteilen und Baugruppen mit Bemaßung und Beschriftung und auch mit Stücklisten erzeugt. Mit der Option **AUS ANIMATION** können Anleitungen für Zusammenbau und Service erstellt werden.

Bei **DIREKTER MODELLIERUNG**, also ohne Parameter und ohne Zeitleiste, sind zusätzlich noch folgende Register im Arbeitsbereich **KONSTRUKTION** verfügbar (Abbildung 1.12, Zeile 3–4):

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

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

Tipp: Parametrische oder direkte Modellierung

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

1.6.4 Anpassung der Werkzeugkästen

Die **WERKZEUGKÄSTEN** enthalten in der Titelleiste schon einige der nützlichsten Werkzeuge zum direkten Aufruf. Die übrigen Werkzeuge müssen dann eben über die Drop-down-Menüs aufgerufen werden. Wenn Sie für Ihre Arbeit weitere Werkzeuge zum bequemen direkten Aufruf brauchen, dann können Sie bei diesen im

Drop-down-Menü auf die drei Pünktchen am rechten Rand klicken und die Option AN WERKZEUGKASTEN FIXIEREN wählen (Abbildung 1.13). Dann erscheinen sie in der Titelleiste und können danach auch dort noch mit gedrückter linker Maustaste verschoben werden.

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

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

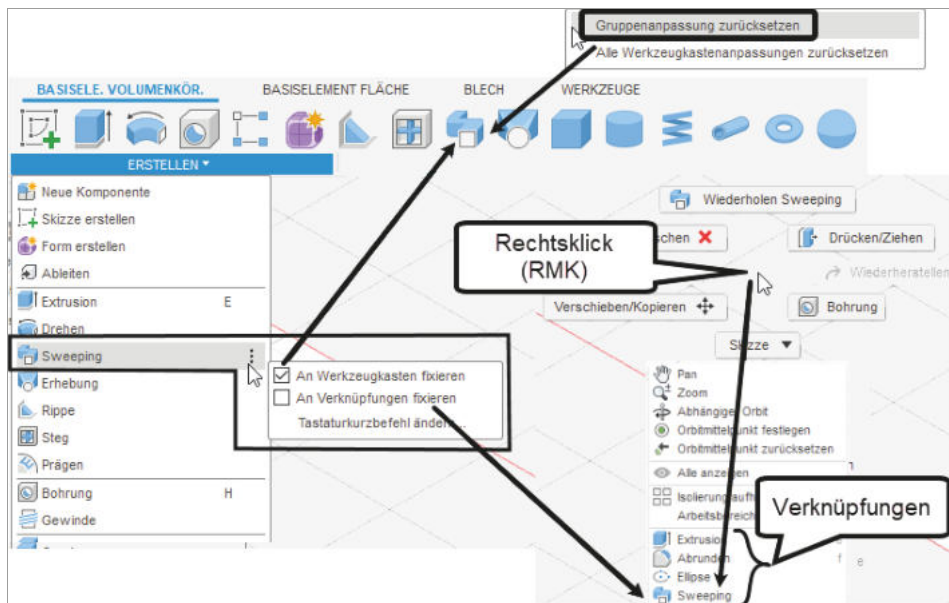


Abb. 1.13: Werkzeugkasten KONSTRUKTION, Register VOLUMENKÖRPER mit zusätzlichen fixierten Werkzeugen

1.6.5 Autodesk-Account, Voreinstellungen und Hilfe-Menü

Oben rechts am Rand der Benutzeroberfläche liegt die *Informationsleiste* (Abbildung 1.14).

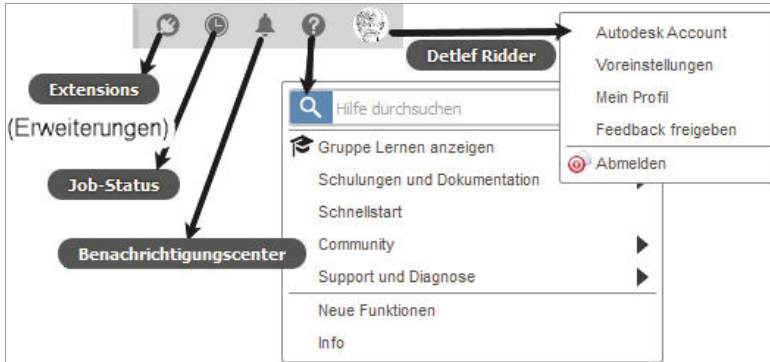





Abb. 1.14: Informationsbereiche

Links in der INFOLEISTE liegt der EXTENSION-MANAGER . Damit können Sie einige Erweiterungen des Programms aktivieren, die nicht im normalen Abonnement enthalten sind und zusätzlich über Cloud-Punkte bei Autodesk zu bezahlen sind. Pro-beweise können diese Erweiterungen kostenlos getestet werden. Funktionen, die als EXTENSIONS aktiviert werden müssen, sind im Icon dann immer durch ein blaues Steckersymbol gekennzeichnet. Dazu gehört beispielsweise die BOHRUNGSEKEN-NUNG  im Bereich FERTIGUNG.

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

Falls die Internet-Leitung nicht verfügbar ist, können Sie mit dem letzten Stand der Konstruktionen lokal arbeiten und der Job-Status wird wie in Abbildung 1.15 angezeigt.

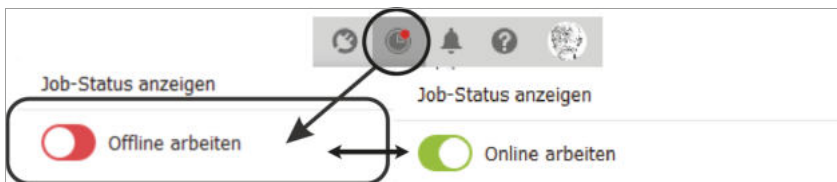


Abb. 1.15: Job-Status ohne Internet

Unter Ihrem *Benutzernamen* finden Sie den direkten Zugang zu Ihrem AUTODESK ACCOUNT. In der nächsten Funktion VOREINSTELLUNGEN finden sich ganz gene-relle Einstellungen, die Ihre gesamte Arbeit mit dem Programm betreffen (Abbil-dung 1.16).

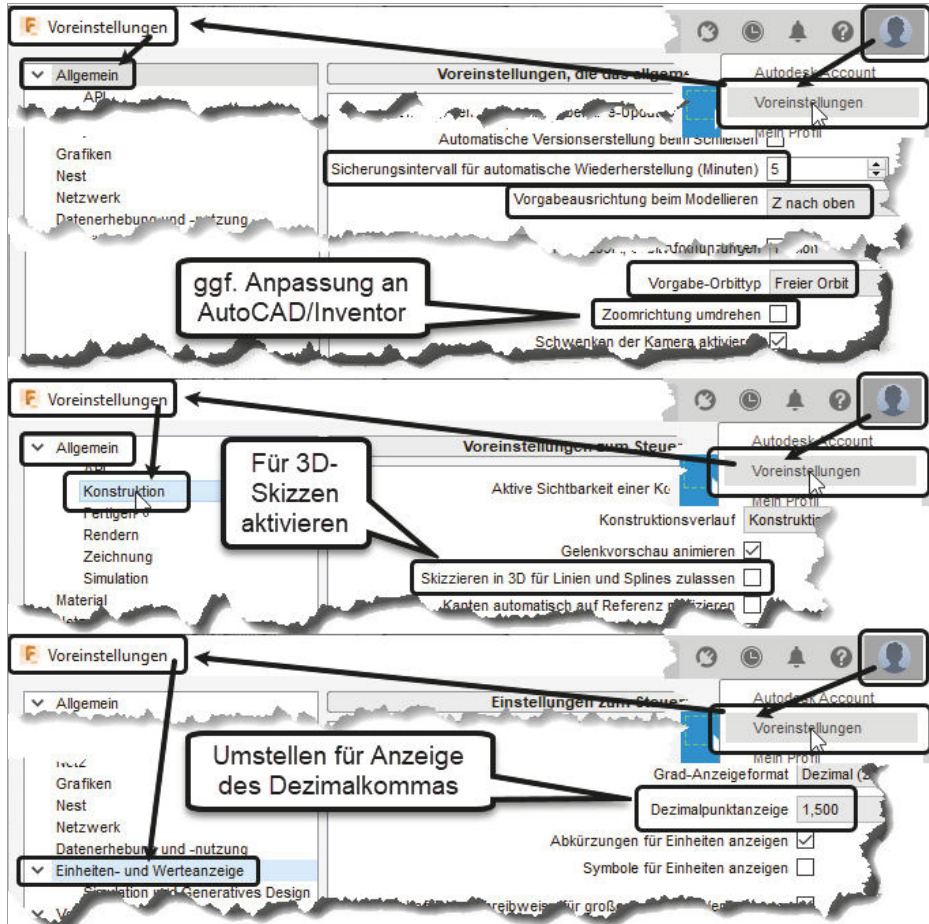


Abb. 1.16: Allgemeine Voreinstellungen

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

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

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

Unter VORSCHAUFUNKTIONEN können Sie einige neue Funktionen aktivieren, die sich noch im Teststadium befinden (Abbildung 1.17).

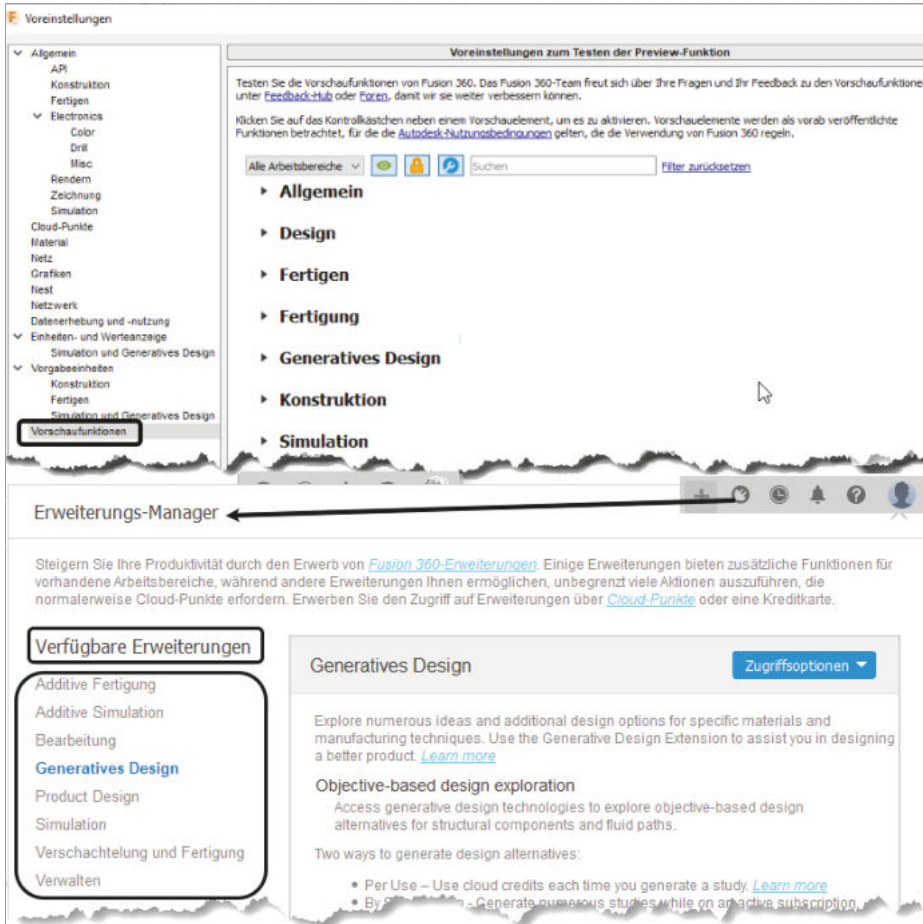



Abb. 1.17: Neue aktivierbare Funktionen im Teststadium

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

1.6.6 Der ViewCube

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

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

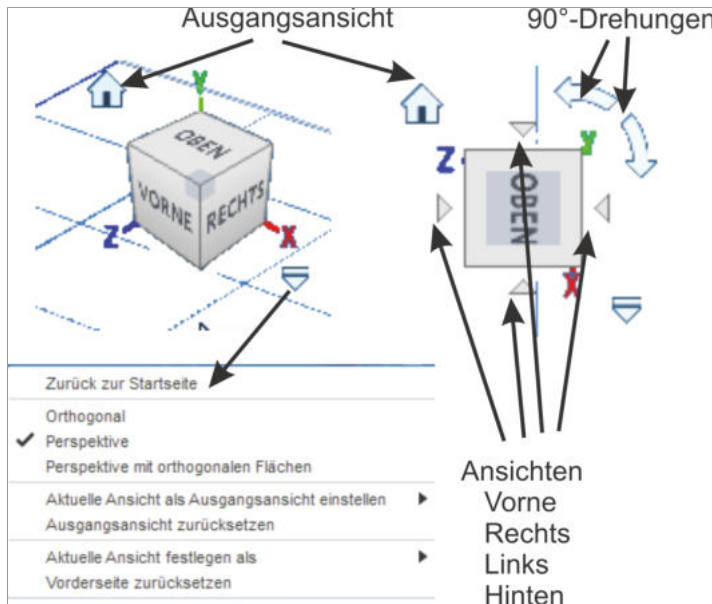


Abb. 1.18: VIEWCUBE mit Bedienelementen

1.6.7 Die Navigationsleiste

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

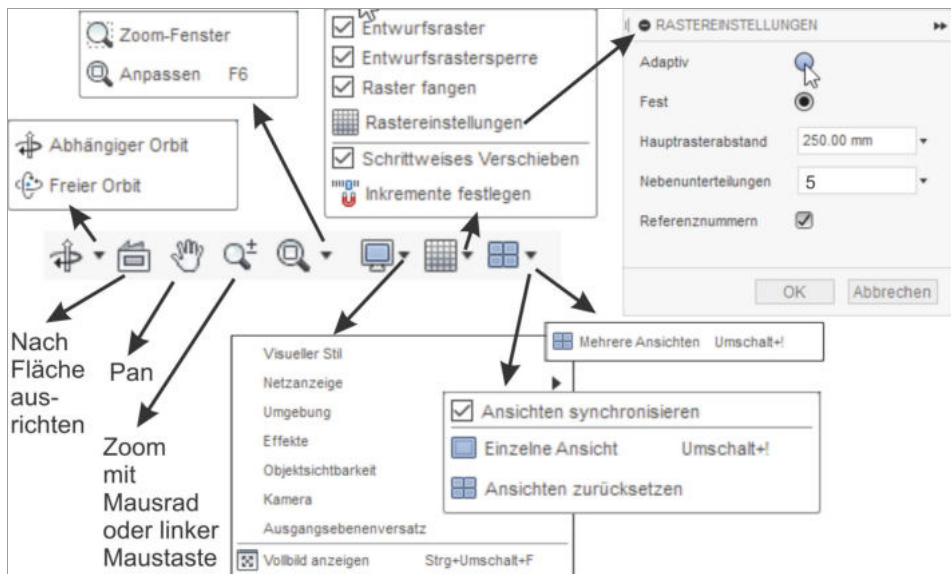



Abb. 1.19: Navigationsleiste mit Untermenüs

- ORBIT – dient zum Schwenken der Ansicht mit gedrückter Maustaste. Alternativ kann die Funktion auch mit der Kombination -Taste und gedrücktes Mausrad ausgeführt werden. Die Standard-Option ist der FREIE ORBIT. Im Drop-down-Menü darunter verbirgt sich der ABHÄNGIGE ORBIT. Er hebt sich auf dem Bildschirm durch eine sehr schwache Markierung mit einem großen Kreis und vier Achsenmarken nur wenig vom Hintergrund ab (Abbildung 1.20).

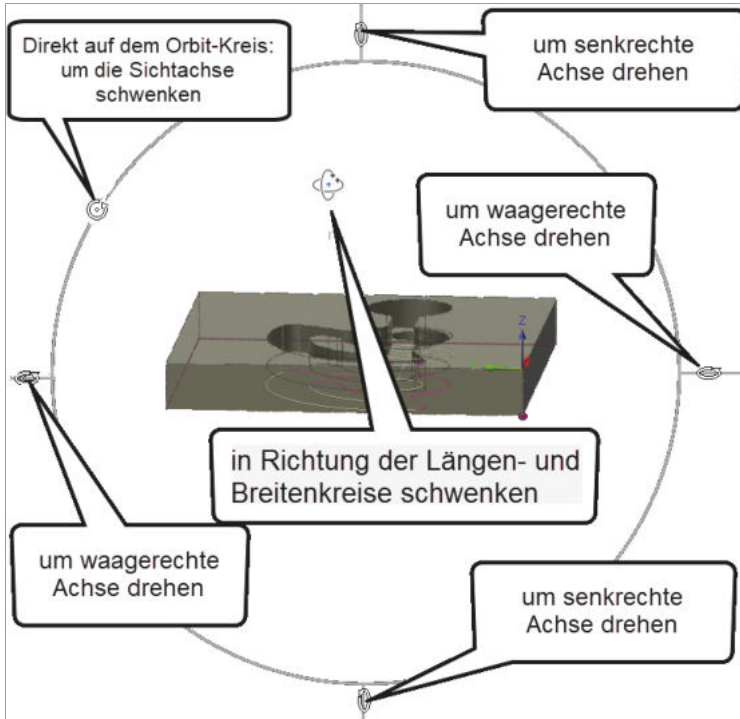


Abb. 1.20: Abhängiger Orbit mit Markierung und unterschiedlichen Cursor-Funktionen

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

- AUSRICHTEN NACH – Hiermit können Sie die aktuelle Ansicht nach einer gewählten Fläche in der Konstruktion ausrichten.
- PAN – Damit verschieben Sie den Ansichtsbereich mit gedrückter Maustaste. Alternativ bewegen Sie für die PAN-Aktion die Maus bei gedrücktem Mausrad.
- ZOOM – erlaubt das Vergrößern oder Verkleinern des Ansichtsbereichs, indem Sie mit gedrückter Maustaste nach oben oder unten fahren. Alternativ wird durch Rollen des Mausekkrades 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 1.6.6, »Der ViewCube«) zwischen *perspektivischer* und *orthogonaler Darstellung* wählen und auch die Option PERSPEKTIVE MIT ORTHOGONALEN FLÄCHEN aktivieren.
- AUSGANGSEBENENVERSATZ – Hiermit können Sie die Ebene für die visuellen Effekte unabhängig von der Vorgabeebene wählen.
- VOLLBILD STRG+SHIFT+F – Der Vollbildmodus unterdrückt die Darstellung der Programmleiste.

■ RASTER UND OBJEKTFÄNGE

- Unter ENTWURFSRASTER kann hier die Rasterdarstellung für den Modellbereich aktiviert werden. Das ist aber nicht die Rasterdarstellung der Skizzierebene, die nämlich erst im Skizzenmodus in der Skizzierpalette aktiviert wird.

Aber hier muss die Option RASTER FANGEN aktiviert sein, damit im Skizzenmodus der Zeichen-Cursor auf den Positionen des Skizzenrasters einrastet.

- Unter RASTEREINSTELLUNGEN können Sie den HAUPTRASTERABSTAND für beide Raster einstellen sowie die Anzahl der NEBENUNTERTEILUNGEN. Mit der Option REFERENZNUMMERN können in der Skizze die Achsen automatisch beschriftet werden. Die Option ADAPTIV führt hier beim Heraus-Zoomen, also bei Vergrößerung des sichtbaren Bereichs, zu einer Vergrößerung des Rasters, was nicht so praktisch ist. Beim Hineinzoomen, also bei der Lupenvergrößerung, wird dagegen dann das Raster verfeinert, was sehr nützlich sein kann.

- Mit **SCHRITTWEISES VERSCHIEBEN** können Sie für das interaktive Verschieben und Drehen von Objekten die Schritte aktivieren, die im nächsten Menüpunkt **INKREMENTE FESTLEGEN** unter **LINEARE INKREMENTE** und **ROTATIONSSCHRITTE** definiert werden.
- **ANSICHTSFENSTER** – Hier können Sie die Bildschirmfläche mit **MEHRERE ANSICHTEN** in vier Ansichten aufteilen. Mit **EINZELNE ANSICHT** geht es wieder zurück. **ANSICHTEN SYNCHRONISIEREN** wird verwendet, um die Ansichten gegeneinander nach Änderungen wieder auszurichten.

1.6.8 Der Browser

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

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

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

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

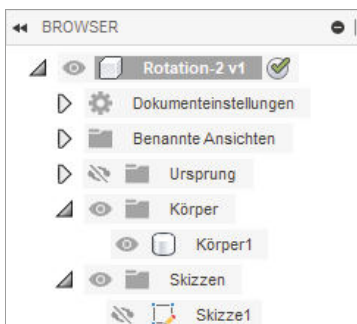


Abb. 1.21: Browser eines Beispielteils

1.6.9 Die Kommentare

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

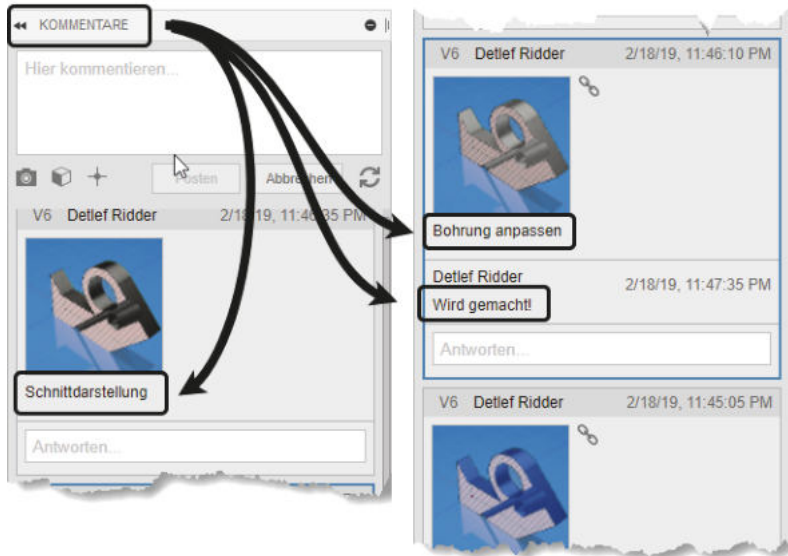


Abb. 1.22: Kommentare mit drei Eintragungen

1.6.10 Die Zeitachse

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

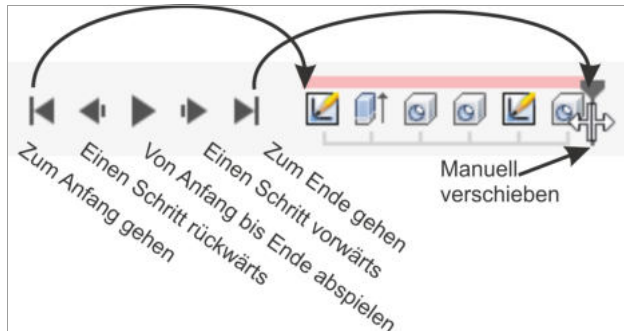


Abb. 1.23: Werkzeuge der ZEITACHSE

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 der Freiformmodellierung nötig.

1.6.11 Cursor-Menü und Kontextmenü

Immer wenn Sie Objekte mit einem Klick markieren und dann rechtsklicken, erscheinen das CURSOR-MENÜ und das KONTEXTMENÜ wie in Abbildung 1.24 gezeigt. Dort finden Sie nützliche Funktionen, die im Zusammenhang mit dem markierten Objekt angewendet werden können.

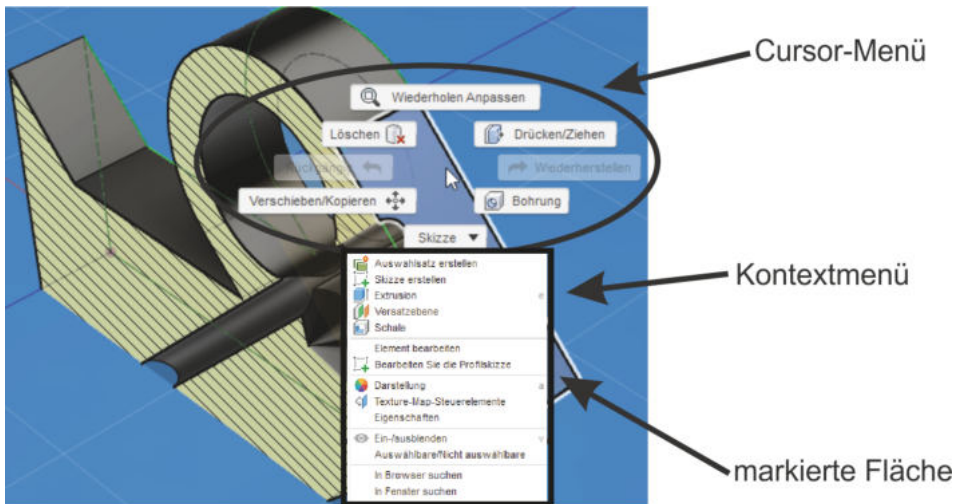


Abb. 1.24: Cursor- und Kontextmenü bei einer markierten Fläche

1.7 Konstruktionsverfahren

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

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

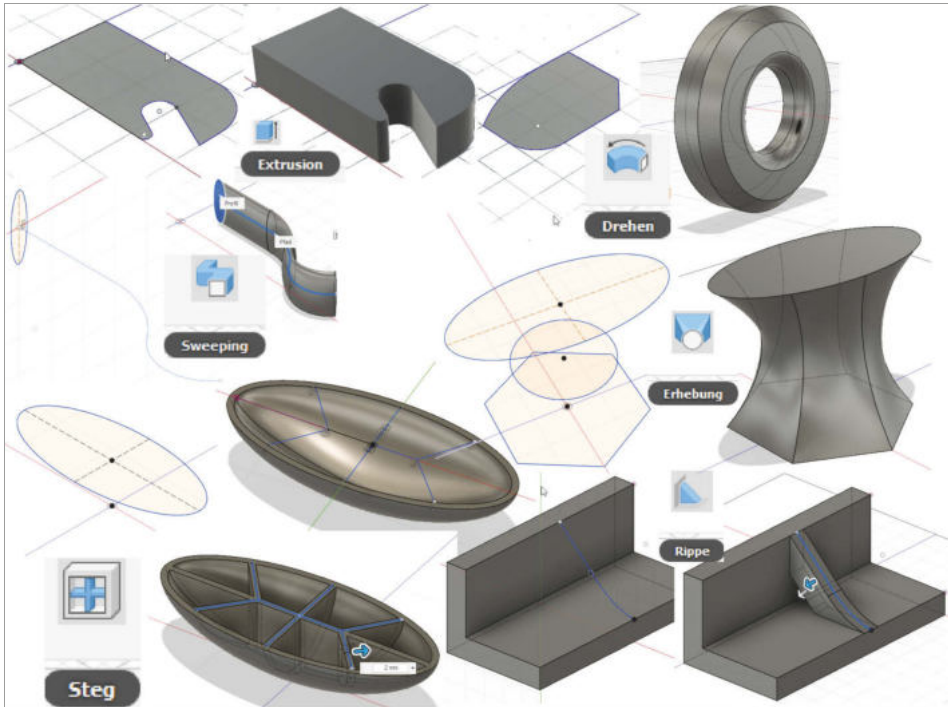


Abb. 1.25: Skizzenbasierte Konstruktionsverfahren

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

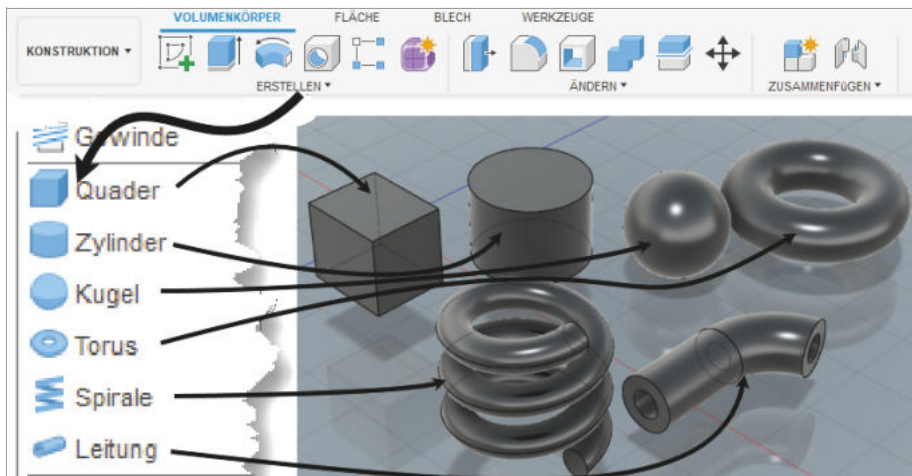


Abb. 1.26: Grundkörper für die Volumenkörpermodellierung

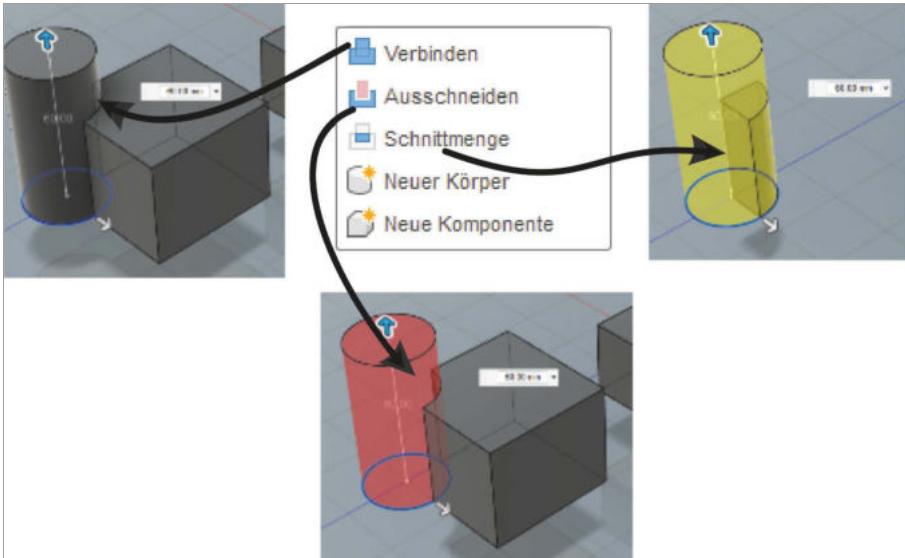


Abb. 1.27: Boolesche Operationen zum Verknüpfen der Volumenkörper

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

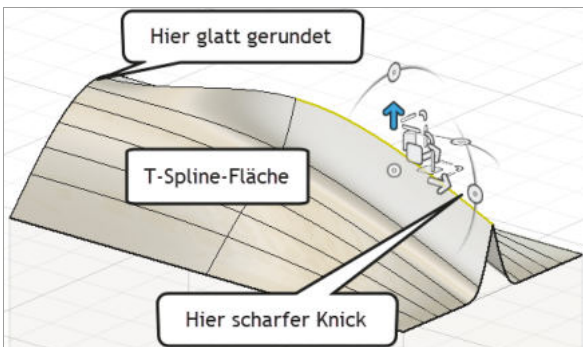


Abb. 1.28: T-Spline-Fläche mit Übergang zwischen scharfer Kante und glattem Verlauf

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

Bei den Volumenkörper- und Flächenmodellierungen können Sie *mit* aktivierter Parametrik und Zeitleiste arbeiten oder auch *ohne*. Im letzteren Fall werden dann keine Parameter und Konstruktionsverläufe für spätere Variationen gespeichert.

Dafür können dann aber diese Volumenkörper und Flächen mit den Techniken der Freiformmodellierung bearbeitet werden.

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

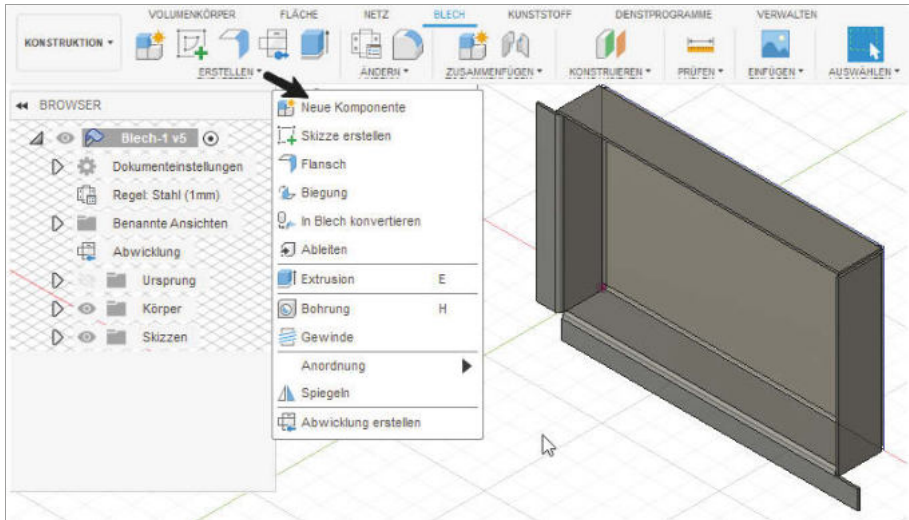


Abb. 1.29: Einfaches Blechteil im gefalteten Zustand

- **KUNSTSTOFF** – Bei dieser Modellierungsart geht es um spezielle Konstruktionen für Spritzgussteile. Fusion analysiert hier die Teile auf Tauglichkeit für Spritzguss. Es werden die nötigen Abzugsschrägen und Bedingungen für die Wandstärken überprüft. Technische Werte dafür werden über eine Werkstofftabelle verwaltet.

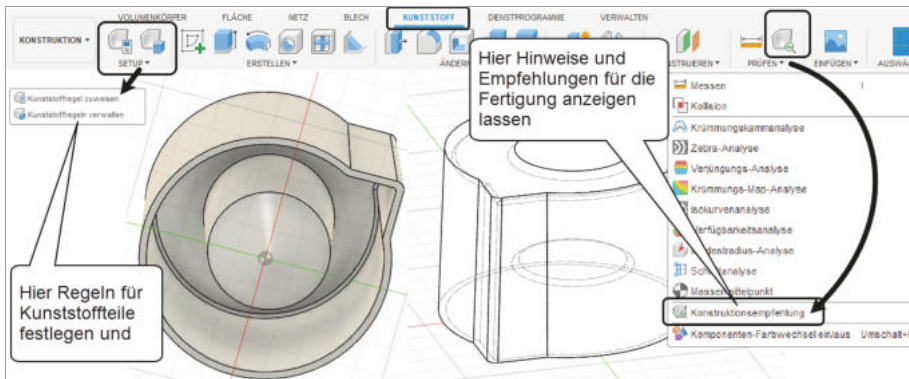


Abb. 1.30: Modellieren von Kunststoffteilen

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

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

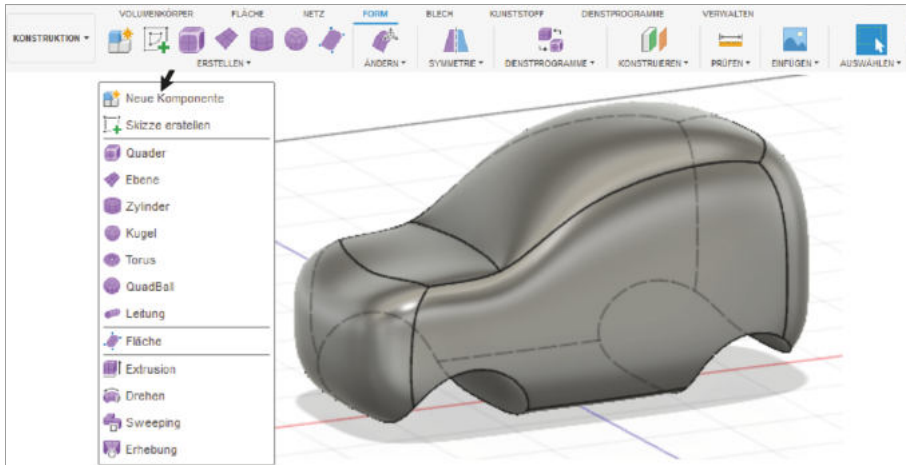


Abb. 1.31: Freiformmodellierung

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

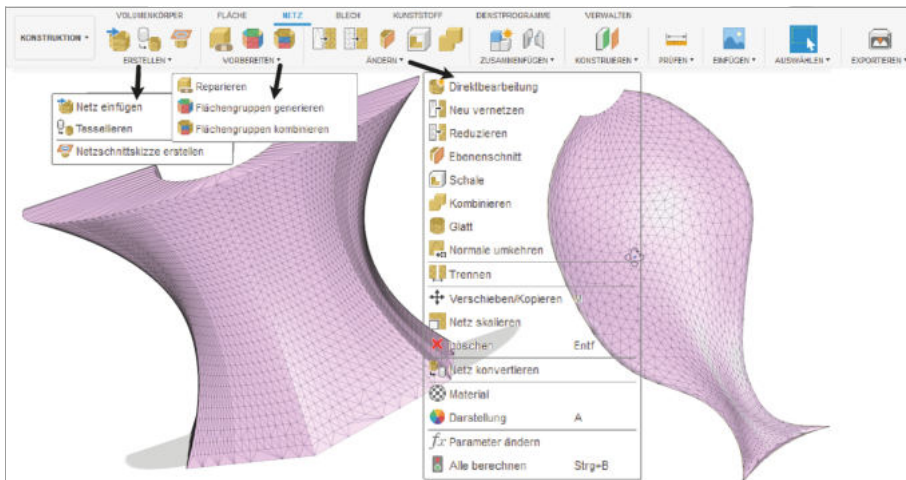


Abb. 1.32: Netz aus Volumenkörper und aus STL-Datei importiertes Netz

Stichwortverzeichnis

2½-D-Bearbeitung 330
2D-Adaptive Clearing 330, 337
2D-Kontur 330
3D-Druck 217
3D-Geometrie einbeziehen 66
3D-Skizze 47

A

Abhängigkeit 67
 anzeigen 47
 für Simulation 197
Abmessung 173
Abrunden 60
Abstechen 358
Abwicklung 319, 380
 als DXF exportieren 321
 erstellen 311
Abwicklungsansicht 319
Abziehbild 306
Achse
 durch Kante 89
 lotrecht 88
 zwei Ebenen 89
 zwei Punkte 89
 Zylinder/Kegel/Torus 88
Achsenbeschriftung 44
ACIS 24
Adaptive Clearing 369, 386
Additives Herstellungsverfahren 217
Analyse 365
 thermische 210
Anfahr-Wegfahrbedingungen 372
Anfahr-Wegfahrbewegung 336
Animation 27, 297
Animationsfilm 303
Animationspfad
 erstellen 300
Anordnung
 rechteckige 64
 runde 64
Anpassungspunkt-Spline 53
Ansicht 289
 benannte 35
 drehen 179

Erstansicht 176
 orthogonale 291
 Projektionsansicht 177, 291
 verschieben 179
 Zeichnungen 172
Ansichtsfenster
 mehrere 35
Arbeitsbereich 25
Arbeitsblatt 346
Arbeitsplan 347, 362
Aufkleber 306
Ausgabe 193
Ausgerichtete Bemaßung 173, 183
Ausklinkung 317
Ausrichten
 Ansicht nach Fläche 33
 an Skizzierebene 47
Ausschneiden 122
Austragungen 310
Auswahl 56
 invertieren 58
 nach Größe 58
Auswahlfilter 59
Auswahlpriorität 59
Auswahlwerkzeuge 57
Auszubildende
 Version für 16
AutoRouter 406

B

Basisbauteil 18
Basislinienbemaßung 174, 183, 184
Baugruppe 239
 Voreinstellung 240
Bauteil
 einfügen 259
 externes 259
Bearbeitungsfunktionen 59
Bearbeitungsrichtung 335
Begrenzungsfüllung 131
Beleuchtung 305
Bemaßung 173, 180
 allgemeine 181
 anzeigen 47

Voreinstellungen 180
 Zeichnungen 180
 Bemaßungsbefehle 173
 Bemaßungsbruch 174, 185
 Bemaßungsfunktion 180
 Benutzeroberfläche 17
 Berechnen
 Lösen 203
 Beschriftung
 Achsen 44
 Beschriftungseinstellungen 170
 Bewegung
 beschränken 265
 Bewegungsstudie 266
 Bewegungsverknüpfung 258
 Bezugssymbol 174, 191
 Bibliothek 261
 Hintergrund- 305
 Material- 304
 Bibliotheksteil 264
 einfügen 262
 Biegen 321
 Biegung 317
 Biegungsinformationen 320
 Biegungskennung 175, 320
 Biegungslinie 321
 Biegungsverhalten 309
 Bild
 einfügen 174
 erfassen 24
 Blech 26, 27
 Blechabwicklung 381
 Blechkonstruktion
 biegen 319
 Blechmodellierung 84
 Blechregel 309, 311
 Blechstärke 309
 Blechteil
 konstruieren 309
 Laserschneiden 321, 380
 Bogen 51
 Bohrbearbeitung 393
 Bohren 394
 Zentrier- 394
 Bohrung 319
 Bottom-Up-Verfahren 241
 Browser 35

C

Cloud-Punkte 29, 195, 203, 206
 CNC 323
 CNC-Maschine 323

Computerized Numerical Controlled 323
 CSV 193
 Cursor-Menü 37

D

Daten 21
 Daten (Gruppe) 20
 Deckel
 mit Gewindebohrungen 393
 Deformationsskala 198
 Dehnen 62
 Detailansicht 173, 178, 294
 Dicke
 Blech 312
 DIN 66025 379
 Direktbearbeitungsmodus
 ohne Zeitachse 133
 Direkte Modellierung 27
 Dokumenteinstellungen 170
 Drehbearbeitung 347, 348, 350
 Drehbuch 297, 298
 Drehen 348
 Ansicht 179
 Dreh-Simulation 353
 Dreitafeldarstellung 290
 Drucken 194
 Durchgangsbohrung 396
 Durchgangserweiterung 335
 Durchmesserbemaßung 173, 183
 DWG 193
 DXF-Format 193, 321

E

Ebene 84
 an Winkel 85
 durch drei Punkte 87
 durch zwei Kanten 86
 entlang Pfad 88
 tangential 88
 Effekte
 für Darstellung 34
 Einheiten 44
 Einrichteblatt 362
 Einschließen 65
 Einstellblatt 346
 Elektronik-Bauteil 399
 Elektronik-Modul 399
 Ellipse 52
 Entwurfsraster 34, 120
 Ereignissimulation 197
 Erhebung 105
 Erstansicht 172, 176, 289, 290

Erweiterung
 des Programms 29
 Explosionsdarstellung 297, 301
 manuelle 302
 Exportieren 24
 Extension-Manager 29
 Extrusion 317, 364

F

F3D 24
 Fang 48
 Farbauswahl 57
 Fase 60, 121, 397
 FDM 217
 FEM 195
 Fensterwahl 56
 Fertigen 323
 Fertigenmodus 380
 Fertigungszeichnung 169
 Filament-Extruder-Drucker 221
 Finite Elemente Methode 195
 Fixieren 69
 Fläche 25
 Freiformflächen 133
 heften 131
 stutzen 132
 T-Spline-Fläche 136
 Flächenmodellierung 39, 83, 127
 Flansch 309
 Flansch-Konstruktion 312
 Form
 freie 27
 Formoptimierung 197, 204
 Formoptimierungsberechnung 204
 Form- und Lagetoleranzen 191
 Fräsbearbeitung 325, 330, 363, 368
 Fräsen
 Vorbereitungen 325
 Frässtrategie 371
 Freie Form 27
 Freiformauswahl 56
 Freiformfläche 133, 384
 Freiformmodellierung 37, 41, 83, 141
 Freigeben 25
 Frequenzen
 modale 196
 FRG-Ansicht
 Freiheitsgrade 197
 Führungslinie 191
 Fused Deposition Modeling 217

G

G0 130
 G1 130
 G2 130
 G54 368
 G-Code 378
 G-Code-Datei 227
 G-Code-Programm 379
 Gelenk
 erstellen 254
 Gelenkanimation 257
 Gelenkbeziehungen 253
 Gelenkursprung 254, 260
 Gelenkverbindungen 255
 Gewinde 398
 Gewindebohrung 245, 393
 Gewindedarstellung 291
 Gewindekante 177, 290
 Gleich 69
 Gleichlauf 338
 Gruppe
 Daten 21
 Lösen 198
 Symbole 191

H

Heidenhain-Code 344
 Herstellungsverfahren
 additives 217
 Hilfsgeometrie 84
 Hilfslinie
 im Konstruktionsmodus 47
 Hintergrund
 Umgebung 308
 Hintergrundbibliothek 305
 Hobby-Anwender 16
 Höhenbezugspunkt 314
 Hohlkehle 369
 Horizontal 68
 NC-Bearbeitung 369
 HSC-Kontur 369

I

IAM 23, 24
 IGS 24
 Informationsbereich 28
 Inkreis 52
 Installation 16
 Inventor 23, 24
 IPT 23, 24

J

Job-Status 29

K

Kamera 34

Kante

Tangentiale 176

Überlagernde 177

Kantensichtbarkeit 176, 290, 292

Kantenverlängerung 173, 185

Kernlochbohrungen 396

Kettenbemaßung 174, 184

K-Faktor 312

Knickung

strukturelle 196

Koinzident 68

Kollinear 69

Kommentar 35

Komponente

drehen 251

transformieren 300

verschieben 251

Konische Kurve 54

Konstruktionsverlauf

protokollieren 240

Kontakt 197

Kontaktsatz 265, 266

Kontextmenü 37

Kontrollpunkt-Spline 54

Kontur

NC-Bearbeitung 369

Konturlasche 318

Konzentrisch 69

Koordinaten

Eingabe 44

Koordinatenbemaßung 173, 182

Koplanar 86

Kreis 50

Krümmung

Abhängigkeit 70

Kühlmittel 332

Kunststoff 26

Kunststoffmodellierung 84

Kurve

konische 54

L

Längsschuppen 354

Laserschneiden

Blechteil 321, 380

Laserschneidmaschinen 321

Lasten

für Simulation 197

Leiterplatte 399, 405

Leitkurven-Morph 369

Lineare Bemaßung 173, 183

Linie-Befehl 49

Lofting 105

Lösen 62, 198

Lotrecht 69

M

Mac-Rechner 15

Maschinenfunktionen 379

Maßstab 290

Maßtext

ergänzen 186

Materialbibliothek 304

Fusion 360 326

Materialeinfahrt 369

Materialien 304

McMaster-Carr 262

Meilenstein 23

Messerkopf 331

Mittelfläche 86

Mittellinie 173, 187

Mittelpunkt

Abhängigkeit 69

Mittelpunktmarkierung 173, 188

Muster 173, 188

Modalanalyse 206

Modale Frequenzen 196

Modell 25

Modellierung 83

direkte 27

parametrische 18

Modellierungsmodus 18

Morph-Spirale 369

N

Navigationsleiste 25, 32

NC-Bearbeitung 363

horizontal 369

Kontur 369

parallel 369

projizieren 369

radial 369

simulieren 372

Spirale 369

NC-Datei 342

Drehen 362

NC-Maschine 323

Netz 25, 27

Netzanzeige 34
 Netzmodellierung 41, 84
 Netz-Umgebung
 Objektwahlmethode 163
 Nichtlineare statische Spannung 197
 Nullpunkt
 Elektronik 401
 Nut 53

O

Oberfläche 306
 Oberflächensymbole 174, 191
 Oberflächen-Textur 306
 Objektfang 48, 299
 Objektsichtbarkeit 34
 Objektwahl 55
 Methoden 55
 Objektwahlfilter 269
 Operationstyp 326
 Orbit
 abhängiger 33
 freier 33
 Orbittyp 30
 Orthogonale Ansicht 291
 Overengineering 203

P

Parallel 69
 NC-Bearbeitung 369
 Parameter
 ändern 268
 Parametertabelle 18
 Parametrische Modellierung 18
 PDF 193
 Perspektive 31
 Plan-Drehen 350
 Planen 330, 331
 Plangröße 169
 Plotterausgabe 194
 Polygon 52
 Polylinie 49
 Positionsdarstellung 267, 268
 Positionsnummern 175, 295
 ausrichten 175
 Postprocessing
 Drehen 360
 Postprozess 382, 383
 Postprozessor 343, 383
 Download 377
 suchen 361
 Profil-Lasche 309
 Programm-Start
 Heidenhain 344

Projektionsansicht 172, 177, 179, 291
 Projizieren 65
 auf Fläche 66
 Kanten 245
 NC-Bearbeitung 369
 Projizierte Geometrie
 anzeigen 47
 Publizieren
 Video 299
 Punkt 54
 an Scheitelpunkt 89
 drei Ebenen 90
 Kante und Ebene 90
 Mitte Kreis/Kugel/Torus 90
 zwei Kanten 90
 Punkt-Element
 anzeigen 47
 Punkt-Objekt 54

Q

Quader 121
 Querstellung 335

R

Radial
 NC-Bearbeitung 369
 Radiusbemaßung 173, 183
 Raster 299
 Elektronik 401
 fangen 34
 Rastereinstellungen 34, 44
 Rasterfang 47
 Rechteck 49
 Referenznummern 44
 Render 27
 Rendrausgabe 307
 Rendereinstellungen 308
 Rendern 304
 Restmaterial 356, 357, 371
 Restmaterialanzeige 375
 Restmaterialbearbeitung 356
 Rho
 Parameter 54
 Richtung
 Planbearbeitung 335
 Rohteil 328, 384
 Rohteilversatz 335
 Routing
 automatisch 406
 Routing-Funktionen 406
 Rückzugshöhe 370

S

SAT 24
 Schaltplan 399
 Schlichtaufmaß 353
 Schlichtbearbeitung 340, 376
 Schlichtmeißel 356
 Schlichtspan 335
 Schlichtvorschub 335
 Schneidstoff 332
 Schnellzugriff-Leiste 22
 Schnittanalyse 164, 365
 Schnittansicht 172, 177, 292
 Schnittdarstellung 366
 Schnittdaten 332
 Schnittkurve 66
 Schnittmenge 66
 Schnittverlauf 292
 Schruppbearbeitung 337, 366
 Setups 326
 Sicherheitshöhe 370
 Simulation 27, 195, 374
 Simulieren
 NC-Bearbeitung 372
 Skalierungsmaßstab 62
 Skizze
 Voreinstellungen 44
 zeichnen 364
 Skizzenpalette 46, 48
 Skizzenprofil
 anzeigen 47
 Skizzierebene
 Aufschneiden 47
 Skizzierraster 47, 48
 SMT 24
 Spannmittel 328
 Spannung
 nichtlineare statische 197
 statische 196
 thermische 196
 Speicherintervall 30
 Speichern 193
 Spiegeln 63
 Spiegeloperationen 248
 Spirale 123
 NC-Bearbeitung 369
 Spline 53
 Splinekurve
 umwandeln 321
 Spritzgussimulation 197
 Stanzen 321
 Starre Gruppe 254, 257
 Startansicht
 wiederherstellen 301

Statische Spannung 196
 Steckersymbol 29
 STEP 24
 Stereolithografie 217
 STL 217
 STP 24
 Strukturelle Knickung 196
 Stückliste 295
 erstellen 295
 Studentenversion 16
 Studie 196, 199
 Stutzen 62
 Sweeping 113
 Symbole 174, 191
 Symmetrie 69
 Systemvoraussetzungen 15
 Szeneneinstellung 305

T

Tabelle 174
 neu nummerieren 297
 Tangente
 Abhängigkeit 68
 Tangentialebene 86
 Tasche
 fräsen 363
 Taschen-Freiräumen 369
 Task-Manager 372
 Text 54, 174, 189
 Texture-Map-Steuerelement 306
 Thermisch 196
 Thermische Analyse 210
 Thermische Spannung 196
 Tiefenzustellung 335
 Toleranz 334
 Top-Down-Verfahren 241
 T-Spline 142
 T-Spline-Fläche 136
 T-Spline-Geometrie 157
 T-Splines 27

U

Umgebung 34
 Umgebungs-Hintergrund 308
 Umkreis 52
 Ursprung 35

V

Verfeinerungsoption 218
 Verknüpfen
 Volumenkörpern 39
 Verrundung 60

Versatz 63
 Versatzebene 84
 Verschieben
 Ansicht 179
 Versionen
 einer Konstruktion 21
 Versionsverwaltung 22
 Vertikal 68
 Video publizieren 299
 ViewCube 25, 31
 Visuelle Stile 34
 Vollbild 34
 Volumenkörper 25
 verknüpfen 39
 Volumenkörpermodellierung 38, 83, 119
 Vorbereitung
 Fräsen 325
 Voreinstellungen 29
 Baugruppe 240
 Bemaßung 180
 Fertigen 366
 Skizzen 44
 Zeichnungen 289
 Vorschubreduzierung 360

W

Wählen
 nach Begrenzung 58
 WCS 342
 Web
 anzeigen im 25
 Wegbedingungen 379

Werkstück Koordinatensystem 328, 366, 381
 Werkstücknullpunkt 329
 Werkzeug
 Studie 199
 Werkzeugauswahl 331
 Werkzeugbibliothek 332, 386
 Werkzeugkasten 25
 Zeichnung 172
 Werkzeugliste 332, 346, 362
 Werkzeugweg 342
 generieren 381
 Wiederherstellung 30
 Windows-PC 15
 Winkelbemaßung 173, 183
 WKS 328, 366, 381
 WKS-Aufruf 368
 WKS-Ursprung 366
 Workpiece Coordinate System 342

Z

Zeichenebene 45
 Zeichenfunktion 46
 Zeichnung 27
 Bemaßung 180
 von Animationen ableiten 303
 Voreinstellungen 289
 Zeichnungsableitung 170
 Zeichnungsnorm 169
 Zeitachse 36
 Zentrierbohren 394
 Zukaufteil 239, 261
 Zylinder 122