

Autodesk

Fusion 360

Praxiswissen für Konstruktion,
3D-Druck und CNC

komplett
in Farbe

Inhaltsverzeichnis

	Einleitung	11
1	Allgemeine Informationen und Benutzeroberfläche	15
1.1	Zielsetzung und Umfang der Software	15
1.2	Systemvoraussetzungen	15
1.3	Beschaffung und Installation	16
1.4	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	66

2.4	Bemaßungen	69
2.4.1	Objekte gleich mit Bemaßung erstellen	69
2.4.2	Objekte nachträglich bemaßen	71
2.4.3	Skizze beenden	75
2.5	Beispiel: Skizze für Flaschenöffner	75
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	128
4.1.3	Fläche mit Anschlussbedingungen	129
4.1.4	Begrenzungsfüllung	131
4.1.5	Flächen heften	131
4.1.6	Flächen stutzen	132
4.2	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	137
4.2.5	Flächen heften	138
5	Freiformmodellierung	141
5.1	Mit der Konstruktionsart »Form« starten	141
5.2	Gruppe »Erstellen«	142

5.3	Beispiel 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.	165
6.6	Reverse Engineering.	166
7	2D-Fertigungszeichnungen ableiten.	169
7.1	Der Werkzeugkasten »Zeichnung«.	170
7.2	Ansichten erzeugen, Projektionen und Details.	173
7.2.1	Erstansicht.	173
7.2.2	Projektionsansicht.	175
7.2.3	Schnittansicht.	175
7.2.4	Detailansicht.	176
7.2.5	Ansichten manipulieren.	177
7.3	Bemaßung, Texte und Hinweistexte.	178
7.3.1	Bemaßungsfunktionen.	178
7.3.2	Geometrische Ergänzungen.	185
7.3.3	Texte und Hinweistexte.	187
7.3.4	Symbole.	189
7.4	Ausgabe, Speichern, Plot.	190

8	Simulation	193
8.1	Übersicht	193
8.1.1	Die Aufgabenstellung	194
8.1.2	Die Berechnung	195
8.1.3	Die Simulationsergebnisse	196
8.2	Festigkeitsberechnungen für den Flaschenöffner	197
8.2.1	Material	198
8.2.2	Abhängigkeiten	199
8.2.3	Lastfall erstellen	199
8.2.4	Berechnen: Lösen	201
8.3	Formoptimierung	202
8.4	Modalanalyse	204
8.5	Thermische Analyse	208
9	3D-Druck	215
9.1	Verfahren	215
9.2	3D-Druckfunktion	216
9.3	Arbeiten mit Meshmixer	219
9.4	3D-Druck mit einem anderen Filament-Extruder-Drucker	221
9.4.1	Druckbahnen erzeugen	221
9.4.2	Druck-Beispiele	225
9.4.3	Gcode-Dateien	227
9.5	3D-Druck unter Fertigung – Additiv	229
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	Voreinstellungen für Zeichnungen	289
11.2	Zeichnungen von Baugruppen	290
11.2.1	Ansichten	291
11.2.2	Stücklisten	296
11.3	Animationen	299
11.3.1	Funktionsübersicht	299
11.3.2	Voreinstellungen	300
11.3.3	Animationspfade erstellen	301
11.3.4	Animationsfilm erstellen	304
11.4	Zeichnungen von Animationen ableiten	305
11.5	Rendern	305
11.5.1	Material und Darstellung	305
11.5.2	Gestaltung der Beleuchtung	306
11.5.3	Oberflächen-Einstellungen	307
11.5.4	Renderausgabe	308
12	Blech-Bearbeitungen	311
12.1	Blechteil konstruieren	311
12.1.1	Blechregel	313
12.1.2	Flansch-Konstruktionen (Laschen)	314
12.1.3	Einzelne Biegung	319
12.1.4	Ausklinkung	319
12.1.5	Konturlasche	320
12.1.6	Bohrungen	321
12.2	Abwicklung und Zeichnungen	321
12.3	Laserschneiden, Stanzen und Biegen eines Blechteils	323
13	CNC-Bearbeitung	325
13.1	Fräsbearbeitungen	327
13.1.1	Vorbereitung für Fräsen	327

13.1.2	Fräsbearbeitungen des Teils (2½-Achsen-CNC-Bearbeitungen)	330
13.1.3	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	361
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	375
14.1.5	Postprozessing	376
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	380
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 für Bohren	393
14.4.2	Zentrierbohren	394
14.4.3	Kernlochbohrungen	395
14.4.4	Fase	396
14.4.5	Gewinde	397
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-Programmsystem* (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing). Es deckt viele Bereiche des Konstruktions- und Fertigungsprozesses ab, beginnend mit dem skizzenhaften Entwurf bis hin zur Fertigung mit 3D-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/0355.

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.

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

Test-, Schüler- und Gratisversionen

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 De-Installation und Neu-Installation bringt keine Verlängerung des Zeitlimits, da die Testversion nach einer erstmaligen Installation auf Ihrem PC registriert ist. Für produktive Arbeit müssen Sie dann eine kostenpflichtige Lizenz erwerben. Es gibt auch für kleine Unternehmen und Start-ups eine günstigere Abonnementsregelung.

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

Wie geht's weiter?

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

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

Detlef Ridder

Germering, 14.3.2021

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 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 2.0.9854. 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/0355 eine Änderungsliste für das Buch erscheinen.

1.2 Systemvoraussetzungen

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

- Windows 8.1
- Windows 10 (nur 64 Bit)
- Apple® macOS™ Big Sur 11.0, Catalina 10.15, Mojave v10.14

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

1.3 Beschaffung und Installation

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

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

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

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



Abb. 1.1: Fusion 360 beschaffen

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.

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 1.5).



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.

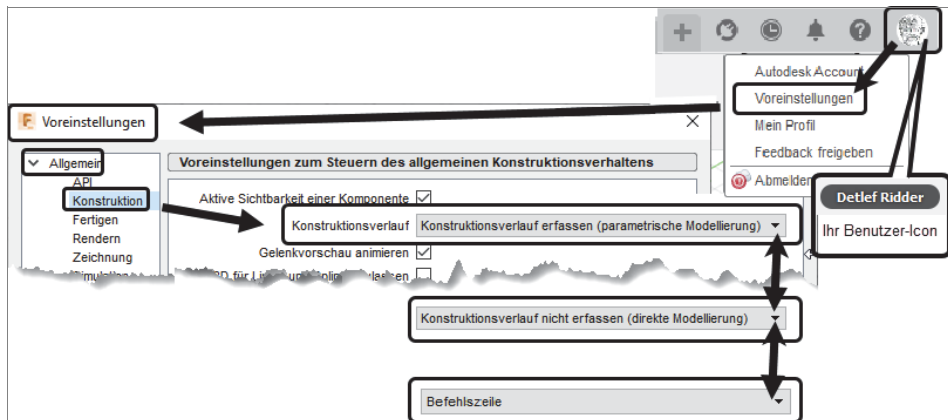


Abb. 1.3: Zwischen PARAMETRISCHER und DIREKTER MODELLIERUNG über VOREINSTELLUNGEN wählen oder die Entscheidung auf BEFEHLSZEILE verschieben

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.

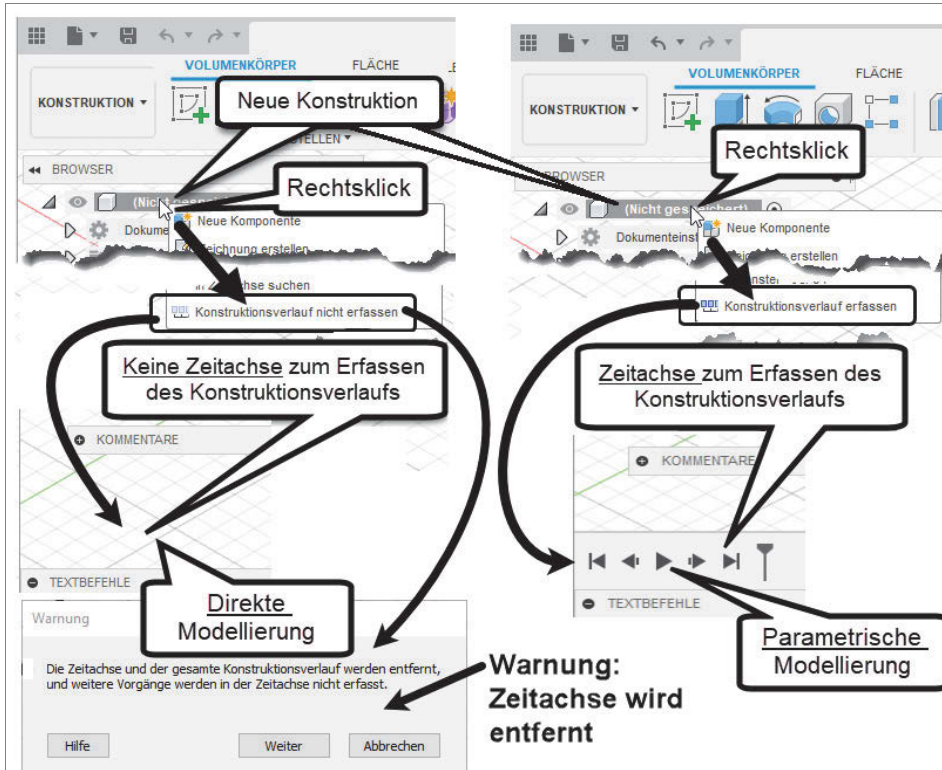


Abb. 1.4: Modellierungsmodus PARAMETRISCH oder DIREKT im Browser wählbar

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).

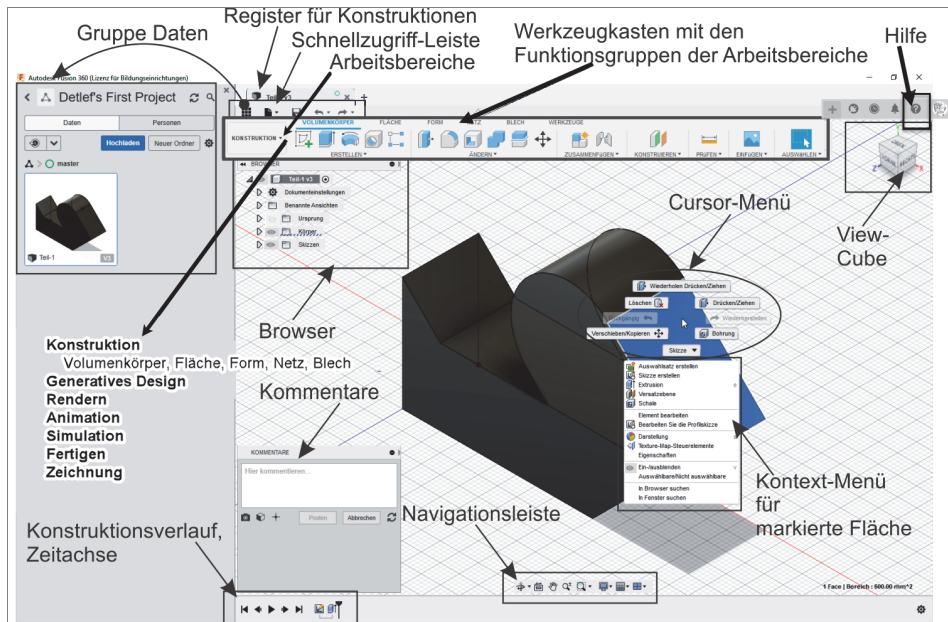


Abb. 1.5: Benutzeroberfläche von Fusion 360

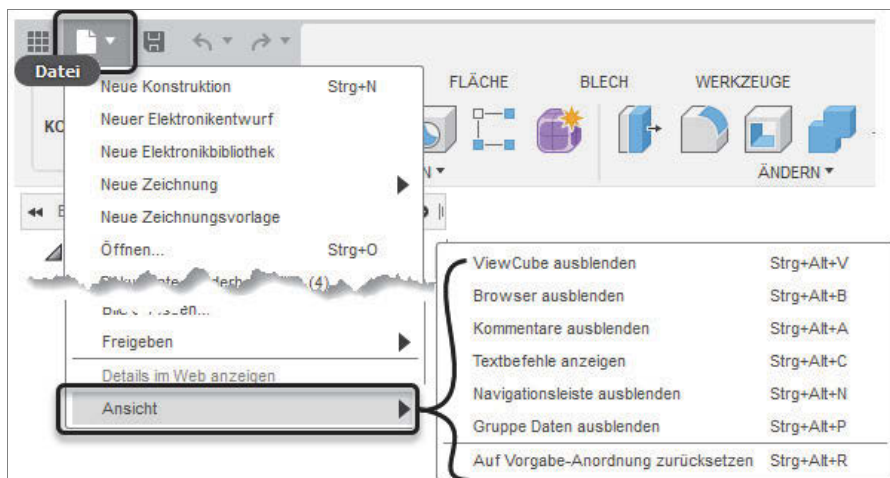



Abb. 1.6: Bedienelemente ein-/ausblenden

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.

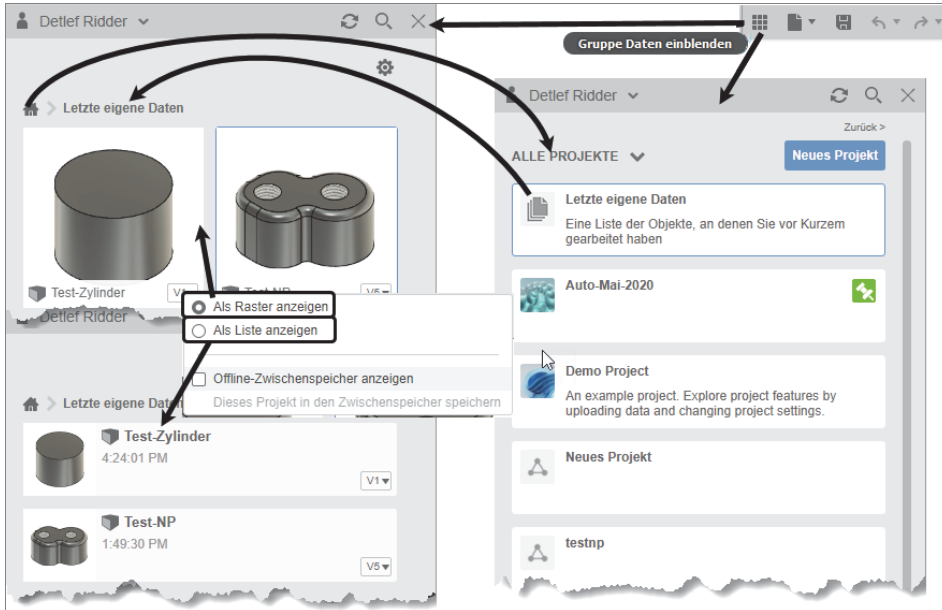


Abb. 1.7: Gruppe DATEN mit Projekten bzw. Ordnern und Konstruktionen

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.

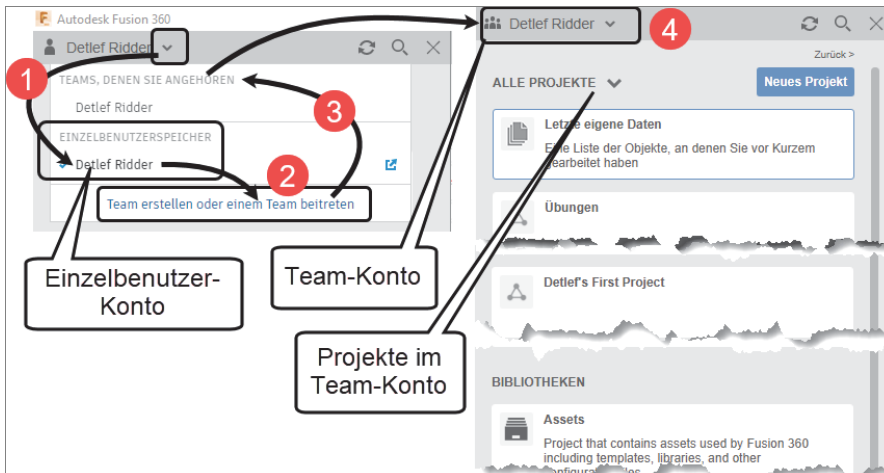


Abb. 1.8: EINZELBENUTZER- und TEAM-KONTO

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).

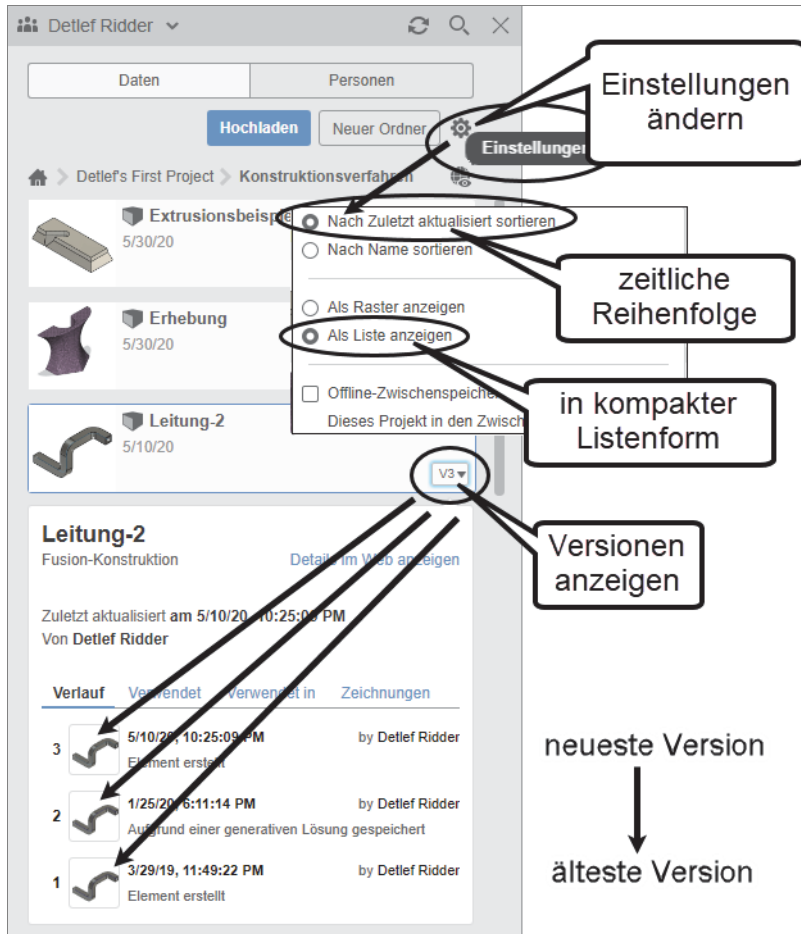


Abb. 1.9: Versionsverwaltung

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

1.6.2 Die Schnellzugriff-Leiste

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

Die Dateiverwaltungsfunktionen sind:

- NEUE KONSTRUKTION – Hiermit beginnen Sie im aktuellen Projekt und im aktuellen Ordner eine neue 3D-Konstruktion.

- 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.
- 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).

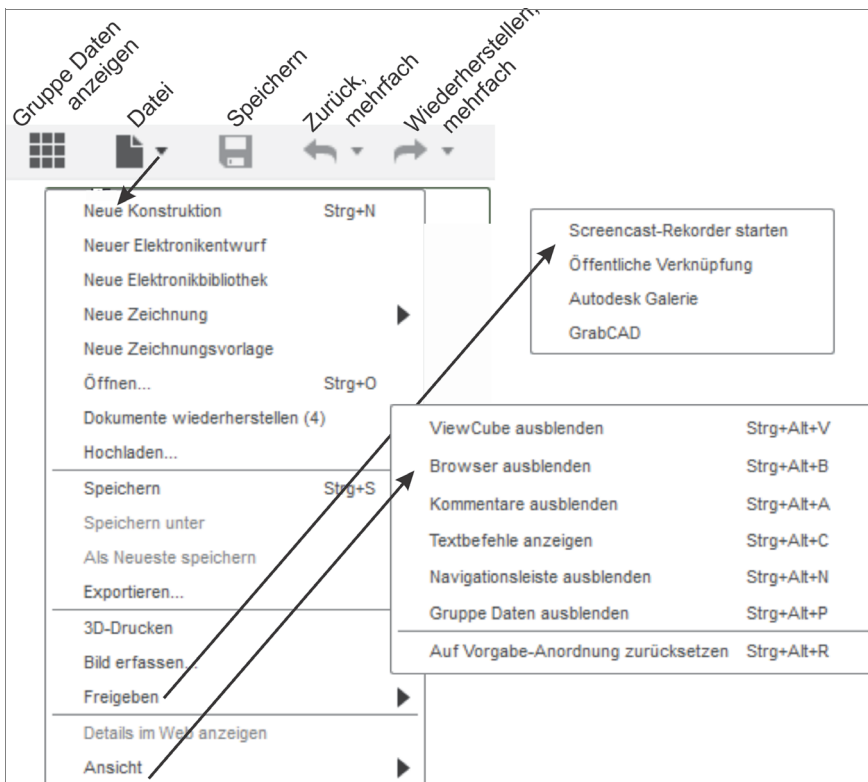


Abb. 1.10: DATEIVERWALTUNGSFUNKTIONEN

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

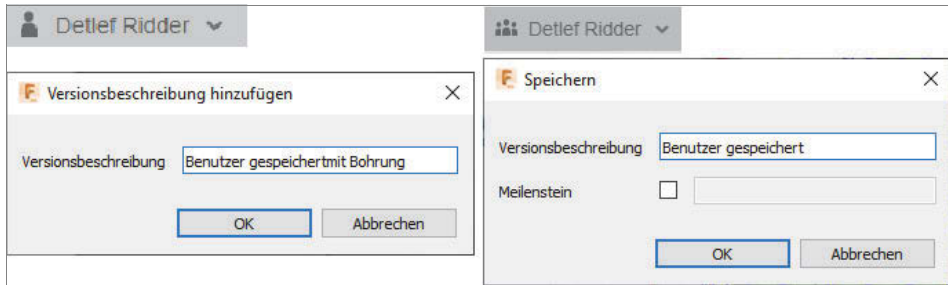


Abb. 1.11: Speichern im EINZELBENUTZER- bzw. TEAM-KONTO

- **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,
 - **IGS** – allgemeines Austauschformat (Initial Graphics Exchange Specification),
 - **SAT** – Austauschformat vieler CAD-Systeme, die auf dem ACIS-Geometrie-Kern basieren (Standard ACIS Text),
 - **SMT** – Austauschformat zu Fusion und Inventor (Shape Manager Text),
 - **STP** – allgemeines Austauschformat STEP.
- **3D-DRUCKEN** – überträgt die Modelldaten an ein 3D-Druckprogramm oder gibt sie einfach als normale STL-Datei zur Weiterverwendung durch 3D-Druckdienste aus.
- **BILD ERFASSEN** – erzeugt Bilder mit wählbarer Auflösung im Format PNG, JPG oder TIF.
- **FREIGEBEN** – erstellt wahlweise
 - einen Screencast mit einem Rekorder, den Sie von Autodesk herunterladen können,
 - eine öffentliche Verknüpfung,
 - eine Abbildung in der Fusion-360-Galerie,
 - eine Ansicht für die GrabCAD-Plattform.

- DETAILS IM WEB ANZEIGEN – generiert eine Ansicht in Ihrem Fusion-Cloudbereich.
- ANSICHT – Hiermit konfigurieren Sie die Benutzeroberfläche, indem Sie folgende Elemente ein- oder ausschalten (Abbildung 1.5):
 - 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 BLECH – enthält die Werkzeuge, um Blechkonstruktionen über verschiedenste Biege- und Stanzoperationen zu gestalten.
- KONSTRUKTION, Register WERKZEUG – 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 diesen Werkzeugen werden die herkömmlichen Zeichnungsansichten von Bauteilen und Baugruppen mit Bemaßung und Beschriftung und auch mit Stücklisten erzeugt.

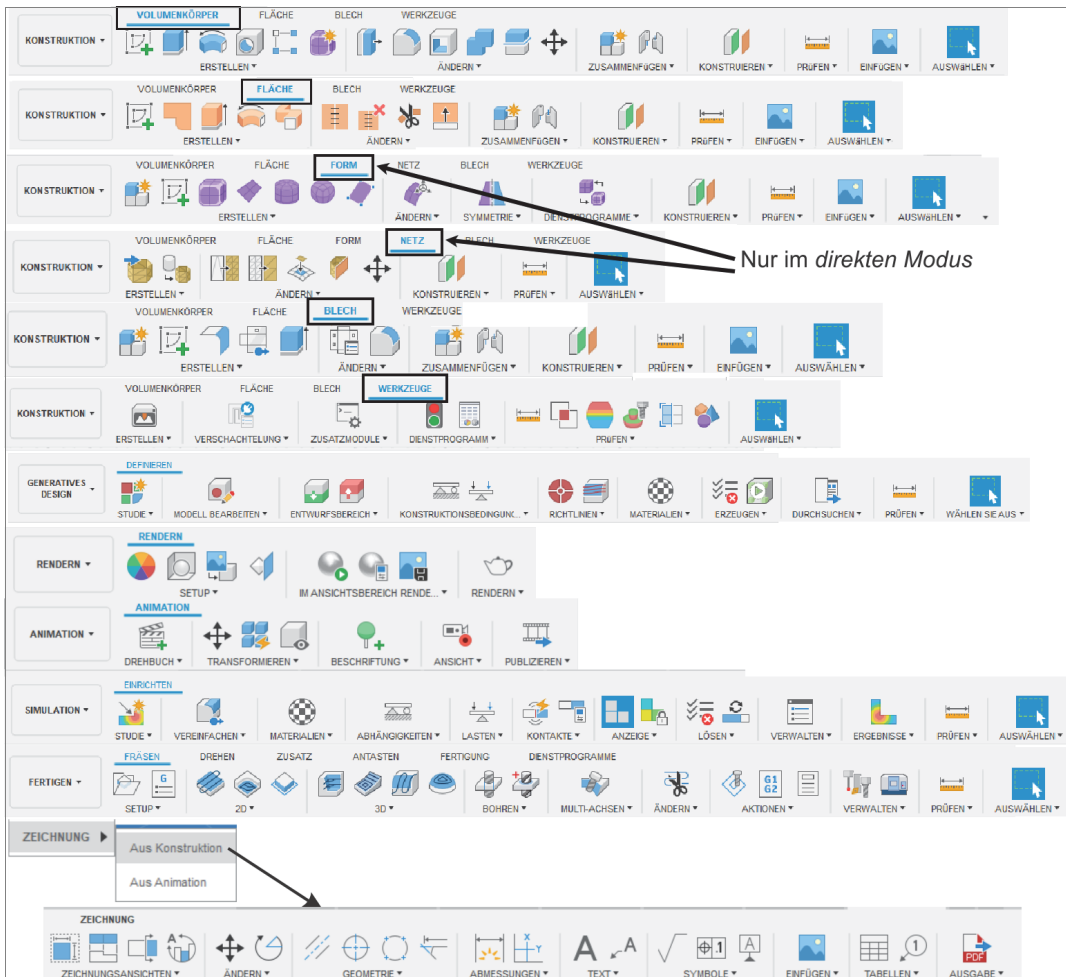


Abb. 1.12: Werkzeugkasten mit den verschiedenen Arbeitsbereichen und deren Funktionen

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 KONTEXTMENÜS 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 1.11). 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 ,  oder  bzw. bei Apple mit  oder  davor.

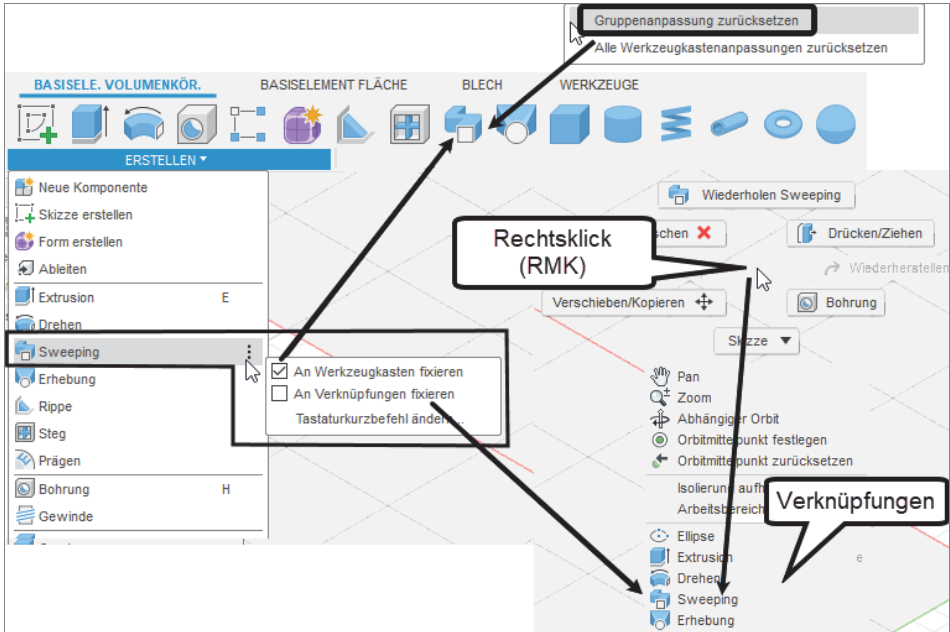


Abb. 1.13: Werkzeugkasten KONSTRUKTION, Register VOLUMENKÖRPER mit zusätzlichen fixierten Werkzeugen

1.6.5 Autodesk-Account, Voreinstellungen und Hilfe-Menü

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

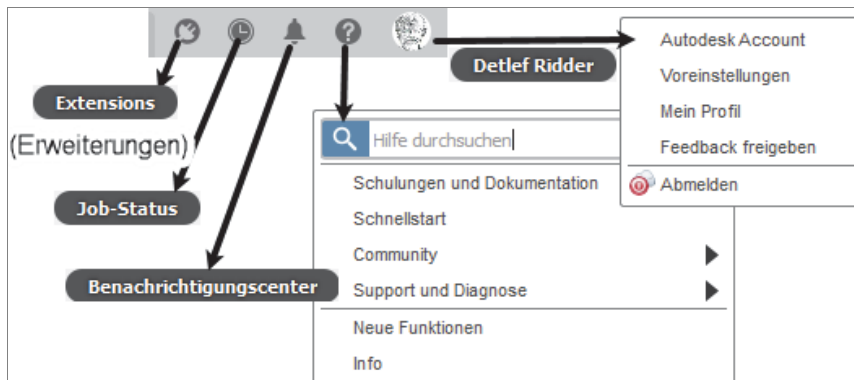




Abb. 1.14: Informationsbereiche

Links in der INFOLEISTE liegt der EXTENSION-MANAGER . Damit können Sie einige Erweiterungen des Programms aktivieren, die nicht im normalen Abonne-

ment enthalten sind und zusätzlich über Cloud-Punkte bei Autodesk zu bezahlen sind. Probeweise 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 BOHRUNGSERKENNUNG  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.

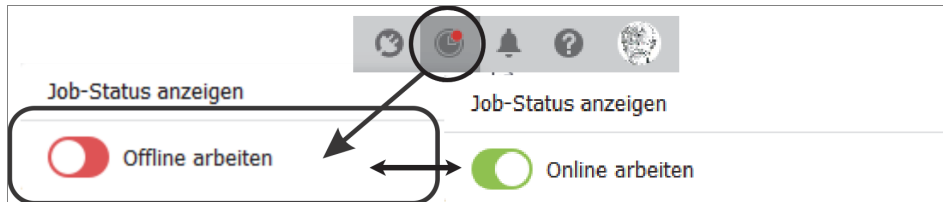


Abb. 1.15: Job-Status ohne Internet

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

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.

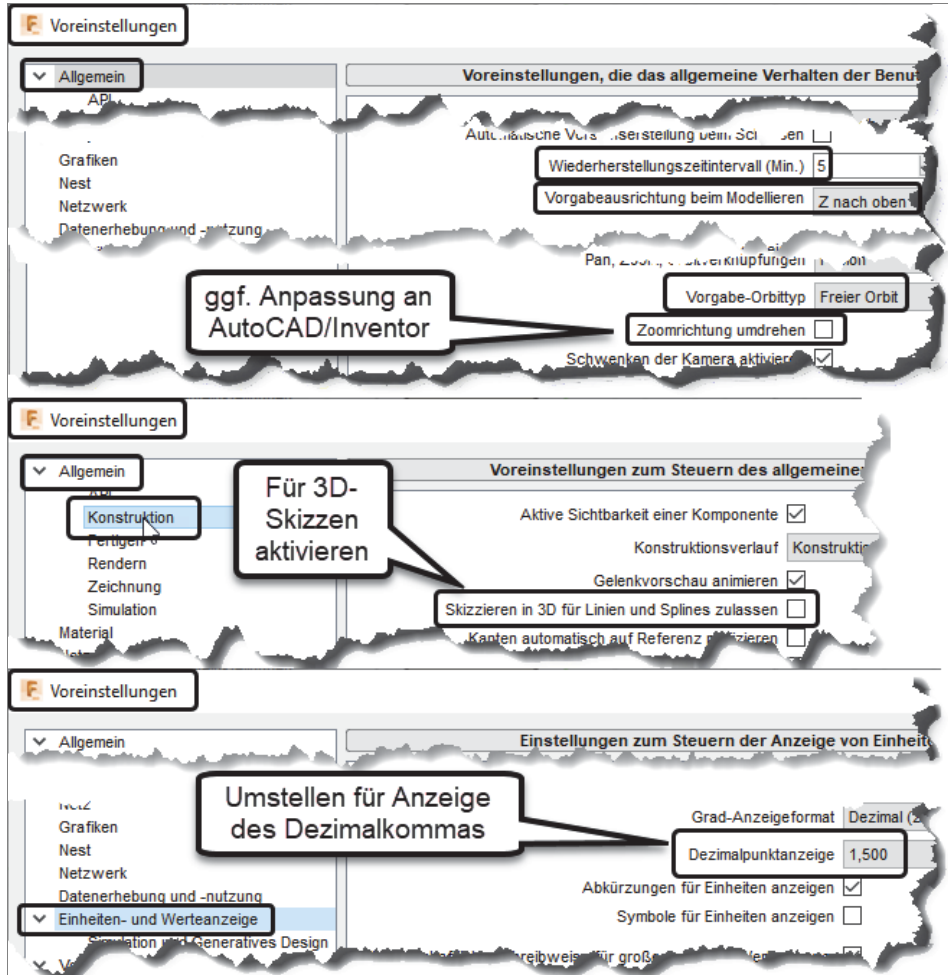


Abb. 1.16: Allgemeine Voreinstellungen

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

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.

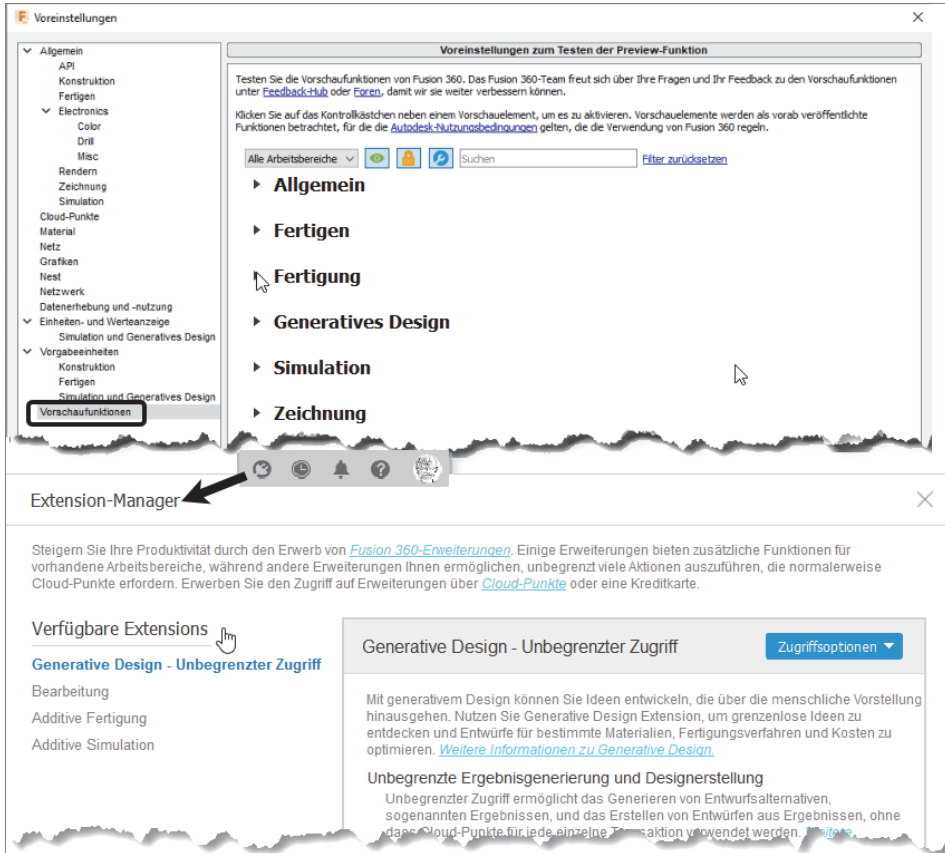


Abb. 1.17: Neue aktivierbare Funktionen im Teststadium

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.

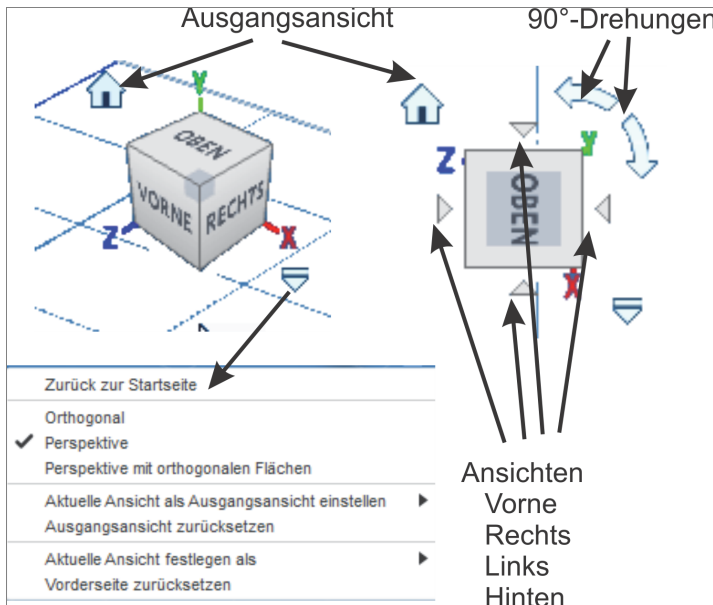


Abb. 1.18: VIEWCUBE mit Bedienelementen

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.

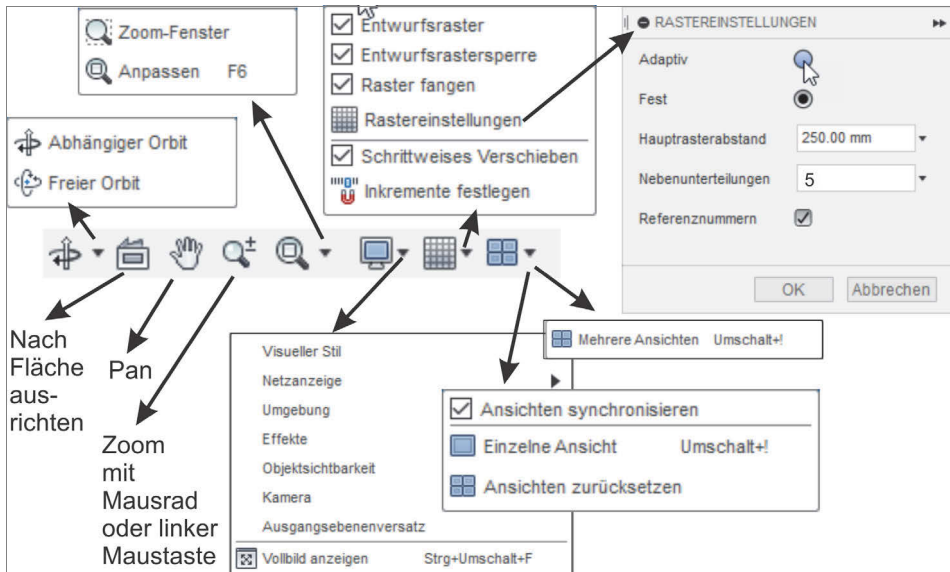



Abb. 1.19: Navigationsleiste mit Untermenüs

- 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).

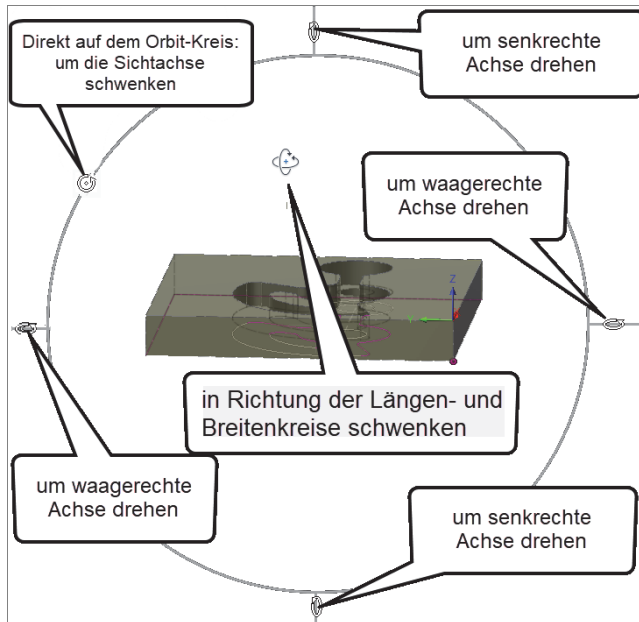


Abb. 1.20: Abhängiger Orbit mit Markierung und unterschiedlichen Cursor-Funktionen

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 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 1.6.6, »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.

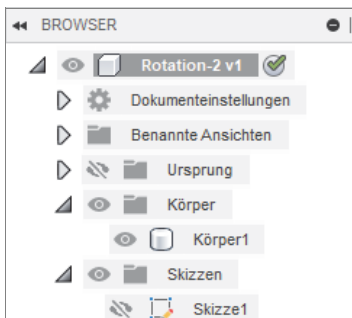


Abb. 1.21: Browser eines Beispielteils

1.6.9 Die Kommentare

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

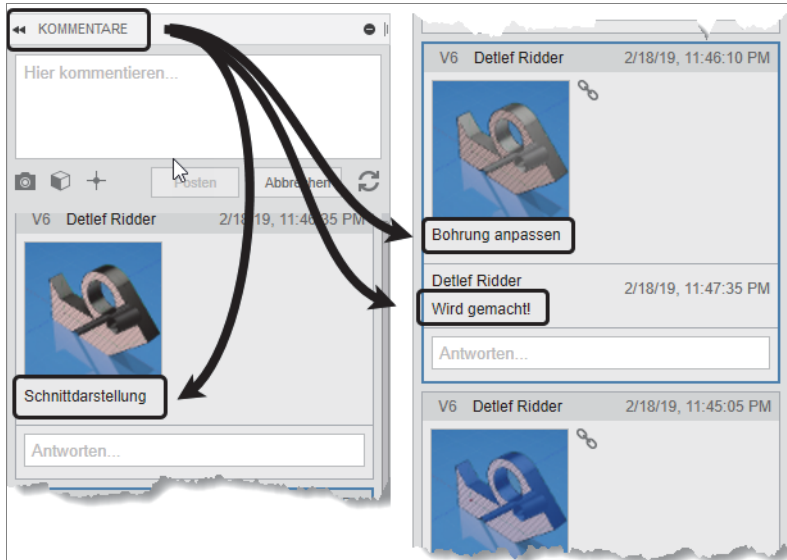


Abb. 1.22: Kommentare mit drei Eintragungen

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.

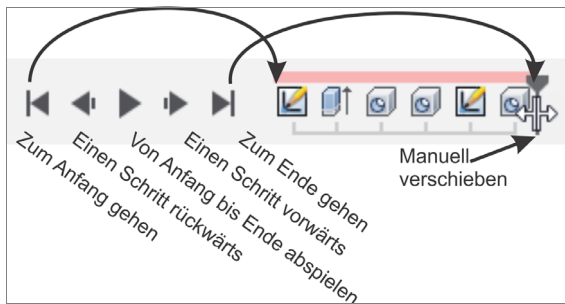


Abb. 1.23: Werkzeuge der ZEITACHSE

Die ZEITACHSE und damit die hier gezeigte Verwaltung des Konstruktionsablaufs kann mit KONSTRUKTION|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.

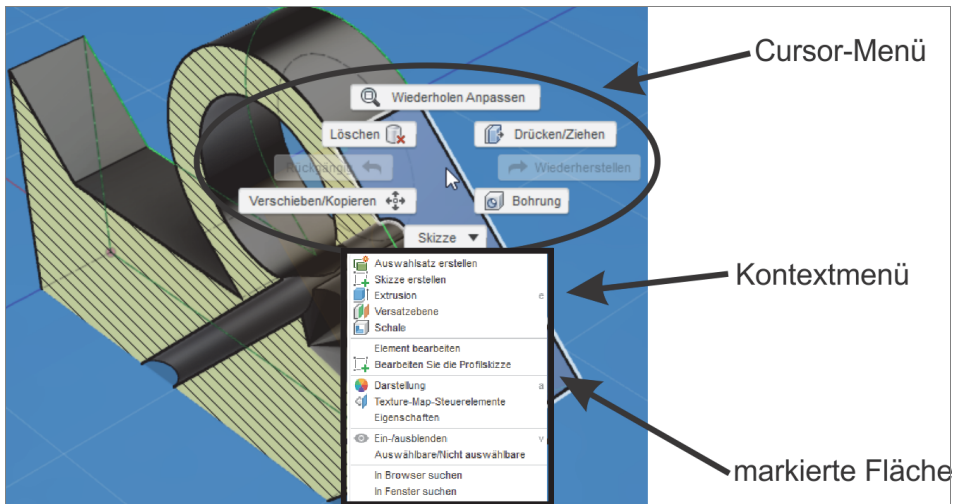


Abb. 1.24: Cursor- und Kontextmenü bei einer markierten Fläche

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.

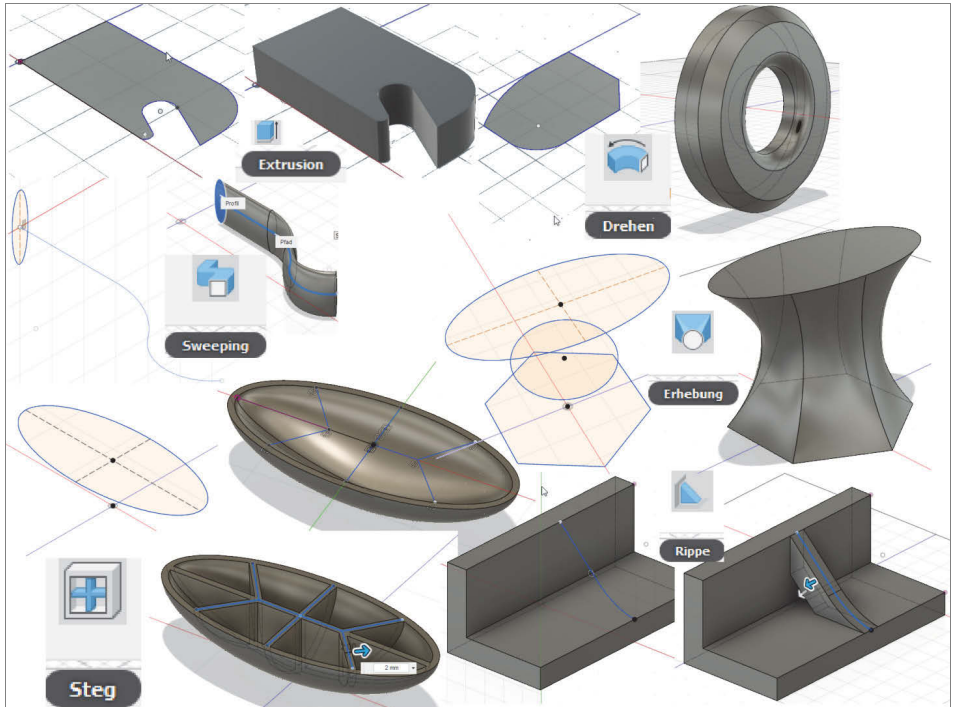


Abb. 1.25: Skizzenbasierte Konstruktionsverfahren

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

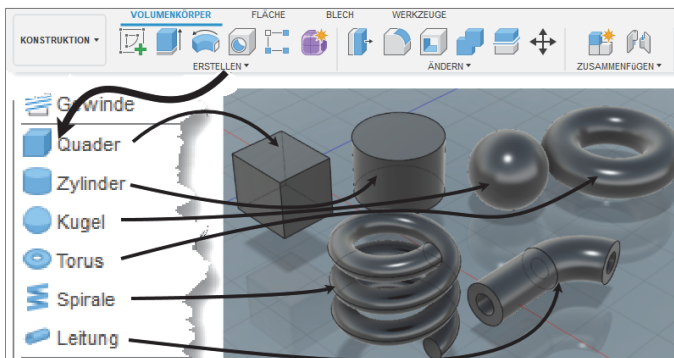


Abb. 1.26: Grundkörper für die Volumenkörpermodellierung

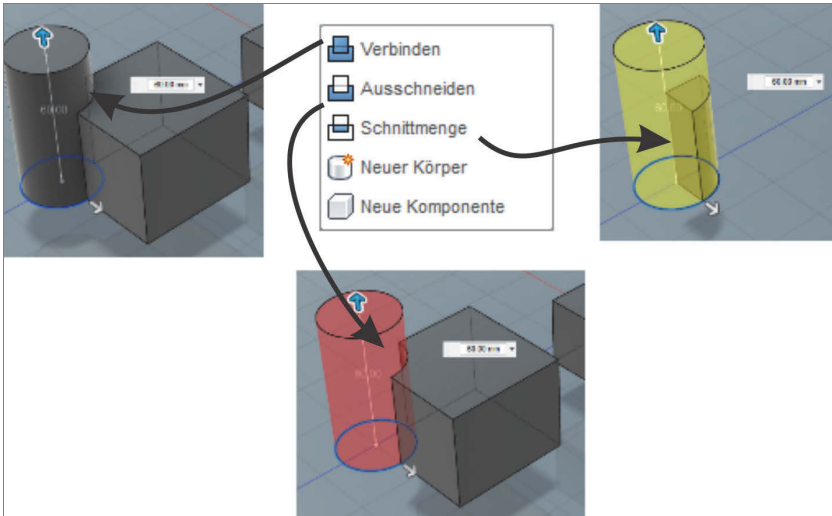


Abb. 1.27: Boolesche Operationen zum Verknüpfen der Volumenkörper

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

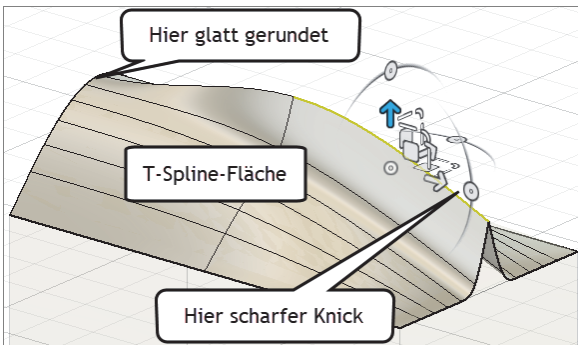


Abb. 1.28: T-Spline-Fläche mit Übergang zwischen scharfer Kante und glattem Verlauf

- 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.

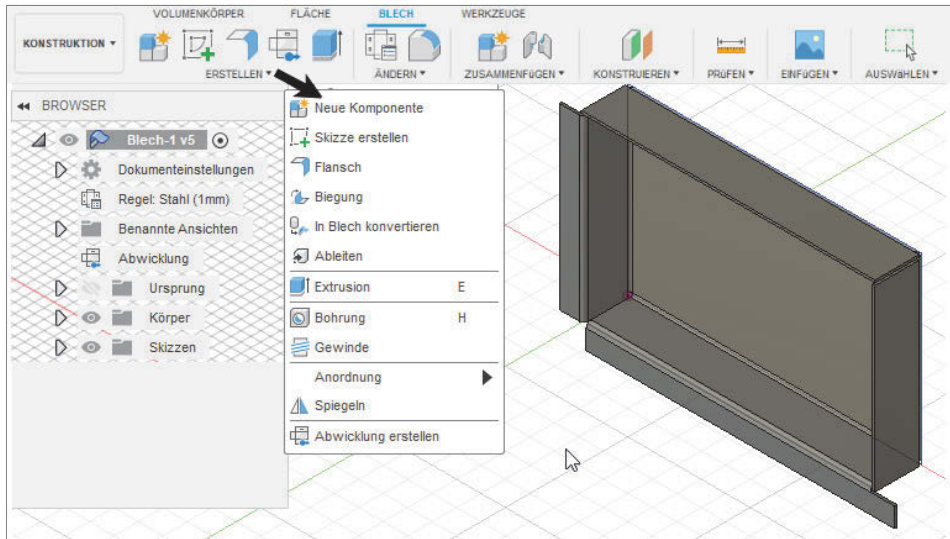


Abb. 1.29: Einfaches Blechteil im gefalteten Zustand

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.

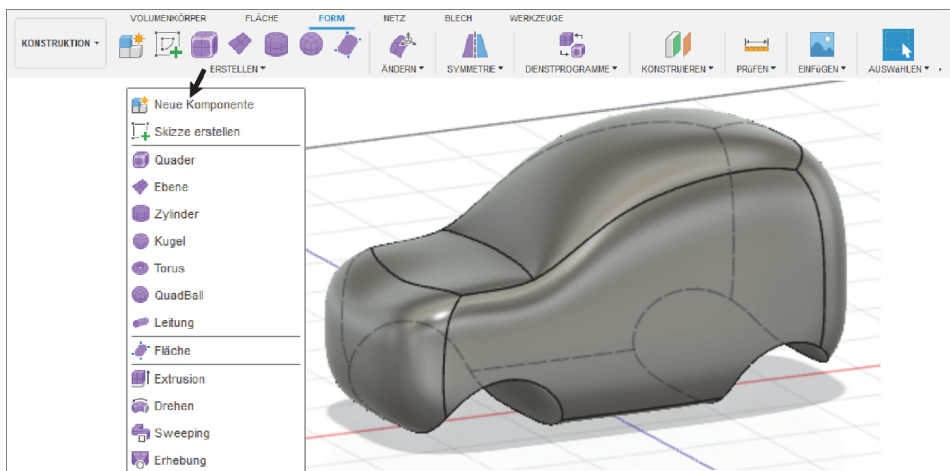


Abb. 1.30: Freiformmodellierung

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

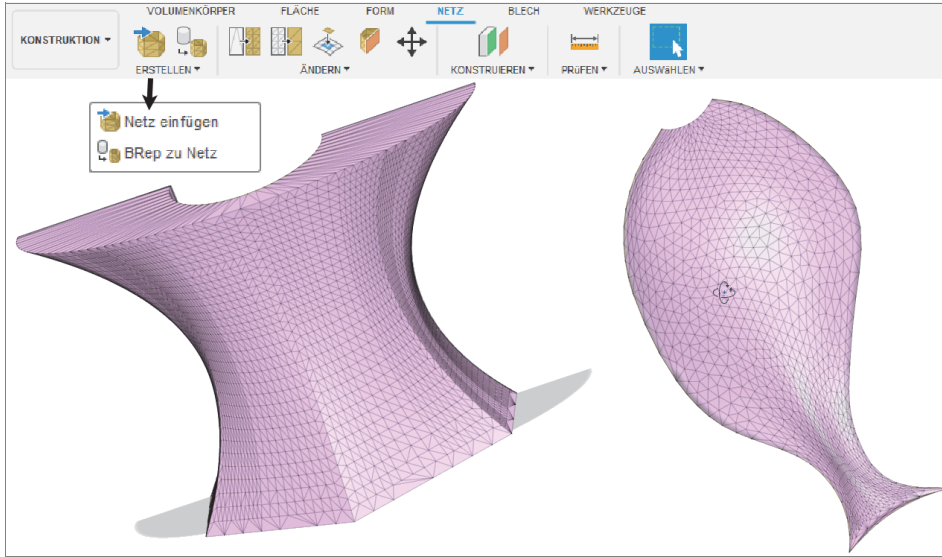


Abb. 1.31: Netz aus Volumenkörper und aus STL-Datei importiertes Netz

Stichwortverzeichnis

2½-D-Bearbeitung 330
2D-Adaptive Clearing 330, 337
2D-Kontur 330
3D-Druck 215
3D-Geometrie einbeziehen 65
3D-Skizze 47

A

Abhängigkeit 66
 anzeigen 47
Abhängigkeiten
 für Simulation 195
Abmessung 171
Abrunden 60
Abstechen 358
Abwicklung 321, 380
 als DXF exportieren 323
 erstellen 313
Abwicklungsansicht 321
Abziehbild 307
Achse
 durch Kante 89
 lotrecht 88
 zwei Ebenen 89
 zwei Punkte 89
 Zylinder/Kegel/Torus 88
Achsenbeschriftung 44
ACIS 24
Adaptive Clearing 368, 384
Additives Herstellungsverfahren 215
Analyse 365
 thermische 208
Anfahr-Wegfahrbedingungen 371
Anfahr-Wegfahrbewegung 336
Animation 26, 299
Animationsfilm 304
Animationspfad
 erstellen 301
Anordnung
 Rechteckige 64
 Runde 63
Anpassungspunkt-Spline 53

Ansicht
 benannte 35
 drehen 177
 Erstansicht 173
 orthogonale 293
 Projektionsansicht 175, 293
 Zeichnungen 170
Ansichten 291
Ansichtsfenster
 mehrere 35
Arbeitsbereich 25
Arbeitsblatt 346
Arbeitsplan 347, 362
Aufkleber 307
Ausgabe 190
Ausgerichtete Bemaßung 171, 181
Ausklinkung 319
Ausrichten
 an Skizzierebene 47
 Ansicht nach Fläche 33
Ausschneiden 122
Austragungen 312
Auswahl
 invertieren 58
 nach Größe 58
Auswählen 56
Auswahlfilter 59
Auswahlpriorität 59
Auswahlwerkzeuge 57
Autodesk-HSM 361
AutoRouter 406

B

Basisbauteil 18
Basislinienbemaßung 171, 181, 182
Baugruppe 239
 Voreinstellung 240
 Zeichnung 290
Bauteil
 einfügen 259
 externes 259
Bearbeitungsfunktionen 59
Bearbeitungsrichtung 335

Befehle

- Bemaßung 171
- Begrenzungsfüllung 131
- Beleuchtung 306
- Bemaßung 171, 178
 - allgemeine 179
 - anzeigen 47
 - Voreinstellungen 178
 - Zeichnungen 178
- Bemaßungsbefehle 171
- Bemaßungsbruch 171, 182
- Bemaßungsfunktion 178
- Benutzeroberfläche 17
- Berechnen
 - Lösen 201
- Beschriftung
 - Achsen 44
- Beschriftungseinstellungen 290
- Bewegung
 - beschränken 265
- Bewegungsstudie 266
- Bewegungsverknüpfung 258
- Bezugssymbol 172, 189
- Bibliothek 261
 - Hintergrund- 306
 - Material- 305
- Bibliotheksteil 264
 - einfügen 262
- Biegen 323
- Biegung 319
- Biegungsinformationen 322
- Biegungskennung 173, 322
- Biegungslinie 323
- Biegungsverhalten 311
- Bild
 - einfügen 172
 - erfassen 24
- Blech 25, 27
- Blechabwicklung 380
- Blechkonstruktion
 - biegen 321
- Blechregel 311, 313
- Blechstärke 311
- Blechteil
 - konstruieren 311
 - Laserschneiden 323, 380
- Bogen 51
- Bohrbearbeitung 393
- Bohren 393
 - Zentrier- 394
- Bohrung 321
- Bottom-Up-Verfahren 241
- Browser 35

C

- Cloud-Punkte 29, 193, 201, 204
- CNC 325
- CNC-Maschine 325
- Computerized Numerical Controlled 325
- CSV 191
- Cursor-Menü 37

D

- Daten 21
- Daten (Gruppe) 20
- Deckel
 - mit Gewindebohrungen 393
- Deformationsskala 196
- Dehnen 61
- Detailansicht 170, 176, 295
- Dicke
 - Blech 314
- DIN 66025 379
- Direktbearbeitungsmodus
 - ohne Zeitachse 133
- Direkte Modellierung 27
- Dokumenteinstellungen 290
- Drehbearbeitung 347, 348, 350
- Drehbuch 299
- Drehen 348
 - Ansicht 177
- Dreh-Simulation 353
- Dreitafeldarstellung 291
- Drucken 191
- Durchgangsbohrung 395
- Durchgangserweiterung 335
- Durchmesserbemaßung 171, 181
- DWG 190
- DXF 190
- DXF-Format 323

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 64
- Einstellblatt 346
- Elektronik-Bauteil 399
- Elektronik-Modul 399

Ellipse 52
 Entwurfsraster 34, 120
 Ereignissimulation 195
 Erhebung 105
 Erstansicht 170, 173, 291, 292
 Erweiterung
 des Programms 28
 Explosionsdarstellung 299, 303
 manuelle 303
 Exportieren 24
 Extension-Manager 28
 Extrusion 92, 319, 364

F

F3D 24
 Fang 48
 Farbauswahl 57
 Fase 121, 396
 FDM 215
 FEM 193
 Fensterwahl 56
 Fertigen 325
 Fertigenmodus 380
 Fertigungszeichnung 169
 Filament-Extruder-Drucker 221
 Finite Elemente Methode 193
 Fixieren 68
 Fläche 25
 Freiformflächen 133
 heften 131
 stutzen 132
 T-Spline-Fläche 135
 Flächenmodellierung 39, 83, 127
 Flansch 311
 Flansch-Konstruktion 314
 Form
 freie 27
 Form- und Lagetoleranzen 189
 Formoptimierung 195, 202
 Formoptimierungsberechnung 202
 Fräsbearbeitung 327, 330, 363, 368
 Fräsen
 Vorbereitungen 327
 Frässtrategie 370
 Freie Form 27
 Freiformauswahl 56
 Freiformfläche 133, 384
 Freiformmodellierung 37, 40, 83, 141
 Freigeben 24
 Frequenzen
 modale 194
 FRG-Ansicht
 Freiheitsgrade 195

Führungslinie 188
 Fused Deposition Modeling 215

G

G0 130
 G1 130
 G2 130
 G54 368
 G-Code 378
 Gcode-Datei 227
 G-Code-Programm 379
 Gelenk
 erstellen 254
 Gelenkanimation 257
 Gelenkbeziehungen 253
 Gelenkursion 254, 260
 Gelenkverbindungen 255
 Geschlossenes Netz
 erstellen 164
 Gewinde 397
 Gewindebohrung 245, 393
 Gewindedarstellung 292
 Gewindekante 175, 292
 Gleich 68
 Gleichlauf 338
 Gruppe
 Daten 21
 Lösen 196
 Symbole 189

H

Heidenhain-Code 344
 Herstellungsverfahren
 additives 215
 Hilfsgeometrie 84
 Hilfslinie
 im Konstruktionsmodus 47
 Hintergrund
 Umgebung 309
 Hintergrundbibliothek 306
 Höhenbezugspunkt 316
 Hohlkehle 368
 Horizontal 67
 NC-Bearbeitung 369
 HSC-Kontur 368

I

IGS 24
 Informationsbereich 28
 Inkreis 52
 Installation 16

J

Job-Status 29

K

Kamera 34

Kante

 Tangentiale 174

 Überlagernde 174

Kantensichtbarkeit 174, 291, 295

Kantenverlängerung 171, 183

Kernlochbohrungen 395

Kettenbemaßung 171, 182

K-Faktor 314

Knickung

 strukturelle 194

Koinzident 67

Kollinear 68

Kommentar 35

Komponente

 drehen 251

 transformieren 301

 verschieben 251

Konische Kurve 54

Konstruktionsverlauf

 protokollieren 240

Kontakt 195

Kontaktsatz 265, 266

Kontextmenü 37

Kontrollpunkt-Spline 53

Kontur

 NC-Bearbeitung 368

Konturlasche 320

Konzentrisch 68

Koordinaten

 Eingabe 44

Koordinatenbemaßung 171, 180

Koplanar 86

Kreis 50

Krümmung

 Abhängigkeit 69

Kühlmittel 332

Kurve

 konische 54

L

Längsschruppen 354

Laserschneiden

 Blechteil 323, 380

Laserschneidmaschinen 323

Lasten

 für Simulation 195

Leiterplatte 399, 405

Leitkurven-Morph 369

Lineare Bemaßung 171, 181

Linie-Befehl 49

Lifting 105

Lösen 61, 196

Lotrecht 68

M

Mac-Rechner 15

Maschinenfunktionen 379

Maßstab 291

Maßtext

 ergänzen 183

Materialbibliothek 305

 Fusion 360 327

Materialeinfahrt 368

Materialien 305

McMaster-Carr 262

Meilenstein 23

Messerkopf 331

Mittelfläche 86

Mittellinie 171, 185

Mittelpunkt

 Abhängigkeit 68

Mittelpunktmarkierung 171, 186

 Muster 171, 186

Modalanalyse 204

Modale Frequenzen 194

Modell 25

Modellierung 83

 direkte 27

 parametrische 18

Modellierungsmodus 18

Morph-Spirale 369

N

Navigationsleiste 25, 32

NC-Bearbeitung 363

 horizontal 369

 Kontur 368

 parallel 368

 projizieren 369

 radial 369

 simulieren 372

 Spirale 369

NC-Datei 342

 Drehen 362

NC-Maschine 325

Netz 27

 geschlossenes Netz erstellen 164

Netzanzeige 34
 Netzmodellierung 41, 84
 Netz-Umgebung
 Objektwahlmethode 163
 Nichtlineare statische Spannung 194
 Nullpunkt
 Elektronik 401
 Nut 52

O

Oberfläche 307
 Oberflächensymbole 172, 189
 Oberflächen-Textur 307
 Objektfang 48, 300
 Objektsichtbarkeit 34
 Objektwahl 55
 Methoden 55
 Objektwahlfilter 269
 Operationstyp 328
 Orbit
 abhängiger 33
 Freier 33
 Orbittyp 29
 Orthogonale Ansicht 293
 Overengineering 201

P

Parallel 68
 NC-Bearbeitung 368
 Parameter
 ändern 268
 Parametertabelle 18
 Parametrische Modellierung 18
 PDF 190
 Perspektive 31
 Plan-Drehen 350
 Planen 330, 331
 Plangröße 289
 Plotterausgabe 191
 Polygon 52
 Positionsdarstellung 267, 268
 Positionsnummern 172, 297
 ausrichten 173
 Postprocessing
 Drehen 361
 Postprozess 381, 383
 Postprozessor 342, 361, 383
 Download 376
 Konfiguration 343
 suchen 361
 Print Studio 219

Profil-Lasche 311
 Programm-Start
 Heidenhain 344
 Projektionsansicht 170, 175, 177, 293
 Projizieren 64
 Auf Fläche 65
 Kanten 245
 NC-Bearbeitung 369
 Projizierte Geometrie
 anzeigen 47
 Publizieren
 Video 300
 Punkt 54
 an Scheitelpunkt 89
 drei Ebenen 90
 Kante und Ebene 90
 Mitte Kreis/Kugel/Torus 90
 zwei Kanten 90
 Punkt-Element
 anzeigen 47
 Punktojekt 54

Q

Quader 121
 Querststellung 335

R

Radial
 NC-Bearbeitung 369
 Radiusbemaßung 171, 181
 Raster 300
 Elektronik 401
 fangen 34
 Rastereinstellungen 34, 44
 Rasterfang 47
 Rechteck 49
 Referenznummern 44
 Renderausgabe 308
 Rendereinstellungen 309
 Rendern 26, 305
 Restmaterial 356, 358, 371
 Restmaterialanzeige 374
 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, 375
Schlichtmeißel 356, 358
Schlichtspan 335
Schlichtvorschub 335
Schneidenradius 356
Schneidstoff 332
Schnellzugriff-Leiste 22
Schnittanalyse 164, 365
Schnittansicht 170, 175, 294
Schnittdarstellung 366
Schnittdaten 332
Schnittkurve 66
Schnittmenge 65
Schnittverlauf 294
Schruppbearbeitung 337, 366
Setups 328
Sicherheitshöhe 370
Simulation 26, 193, 373
Simulieren
 NC-Bearbeitung 372
Skalierungsmaßstab 61
Skizze
 Voreinstellungen 44
 zeichnen 364
Skizzenpalette 46, 48
Skizzenprofil
 anzeigen 47
Skizzierebene
 Aufschneiden 47
Skizzierraster 47, 48
SMT 24
Spannmittel 328
Spannung
 nichtlineare statische 194
 statische 194
 thermische 194
Speicherintervall 29
Speichern 191
Spiegeln 62
Spiegeloperationen 248
Spirale 123
 NC-Bearbeitung 369
Spline 53
Splinekurve
 umwandeln 323

Stanzen 323
Starre Gruppe 254, 257
Startansicht
 wiederherstellen 302
Statische Spannung 194
Steckersymbol 29
STEP 24
Stereolithografie 215
Stile
 für Ansichten 291
STL 215
STP 24
Strukturelle Knickung 194
Stückliste 296
 erstellen 297
Studie 194, 197
Stutzen 60
Sweeping 113
Symbole 172, 189
Symmetrie 68
Systemvoraussetzungen 15
Szeneneinstellung 306

T

Tabelle 172
 neu nummerieren 298
Tangente
 Abhängigkeit 67
Tangentialebene 86
Tasche
 fräsen 363
Taschen-Freiräumen 368
Task-Manager 372
Text 54, 172, 187
Texture-Map-Steuerelement 307
Thermisch 194
Thermische Analyse 208
Thermische Spannung 194
Tiefenzustellung 335
Toleranz 334
Top-Down-Verfahren 241
T-Spline 142
T-Spline-Fläche 135
T-Spline-Geometrie 157
T-Splines 27

U

Umgebung 34
Umgebungs-Hintergrund 309
Umkreis 52
Ursprung 35

V

Verfeinerungsoption 216
 Verknüpfen
 Volumenkörpern 39
 Verrundung 60
 Versatz 62
 Versatzebene 84
 Verschieben
 Ansicht 177
 Versionen
 einer Konstruktion 21
 Versionsverwaltung 22
 Vertikal 67
 Video publizieren 300
 ViewCube 25, 31
 Visuelle Stile 34
 Vollbild 34
 Volumenkörper 25
 verknüpfen 39
 Volumenkörpermodellierung 38, 83, 119
 Vorbereitung
 Fräsen 327
 Voreinstellungen 29
 Baugruppe 240
 Bemaßung 178
 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 330
 Werkzeug
 Studie 197
 Werkzeugauswahl 331
 Werkzeugbibliothek 332, 384
 Werkzeugkasten 25
 Zeichnung 170
 Werkzeugliste 332, 346, 347, 362
 Werkzeugweg 342
 generieren 380
 Wiederherstellung 29
 Windows-PC 15
 Winkelbemaßung 171, 181
 WKS 328, 366, 381
 WKS-Aufruf 368
 WKS-Ursprung 366
 Workpiece Coordinate System 342

Z

Zeichenebene 45
 Zeichenfunktion 46
 Zeichnung 26
 Baugruppen 290
 Bemaßung 178
 von Animationen ableiten 305
 Voreinstellungen 289
 Zeichnungsableitung 290
 Zeichnungsansicht 170
 Zeichnungsnorm 289
 Zeitachse 36
 Zentrierbohren 394
 Zukauftteil 239, 261
 Zylinder 122