

university of applied sciences
gegr. 1970 fachhochschule hamburg
FACHBEREICH FAHRZEUGTECHNIK
STUDIENGANG FLUGZEUGBAU

FAHRZEUGTECHNIK

Theoretische Arbeit

Erstellung eines einfachen 3D CAD-
Modells für konventionelle Passagier-
flugzeuge

Verfasser: Stephan Riedel
Abgabedatum: 01. August 2001



Kurzreferat

Im Rahmen des konzeptionellen Flugzeugentwurfes werden oft umfangreiche Datenmengen und Parameter zur Beschreibung eines Flugzeuges bestimmt. Eine Vorstellung über das optische Erscheinungsbild des berechneten Entwurfes ist bei der großen Anzahl an Entwurfparametern manchmal mit Schwierigkeiten verbunden. Um diesen Datensätzen mehr Anschaulichkeit und Übersichtlichkeit zu verleihen, wird in dieser Studienarbeit ein dreidimensionales Flugzeugmodell in parametrischer Form an einem CAD-System des Fachbereiches generiert. Durch gezielte Modifikation einzelner Parameter ist es dann möglich, verschiedene Konfigurationen und Proportionen des Modells auszuprobieren und dem Betrachter so einen visuellen Eindruck vom seinem zuvor errechneten Entwurf zu verschaffen.

Erstellung eines einfachen 3D CAD-Modells für konventionelle Passagierflugzeuge

Theoretische Arbeit nach § 11 (3) Ziffer 6 der Prüfungsordnung.

Hintergrund

Durch die Dimensionierung und den konzeptionellen Flugzeugentwurf wird ein Datensatz erzeugt, der die wesentlichen Parameter zur Beschreibung der äußeren Geometrie des entworfenen Flugzeugs enthält. Dieser Datensatz wird im Entwurf durch eine 3-Seitenansicht veranschaulicht. **Ziel ist**, ein einfaches 3D CAD Modell des Flugzeugs aus einem Datensatz des konzeptionellen Entwurfs vom Computer automatisch erstellen zu lassen. Mit Hilfe des 3D CAD Modells soll sich ein Betrachter dann einen besseren Eindruck vom Entwurf machen können.

Aufgabe

Durch diese theoretische Arbeit soll ein erster Schritt in Richtung des oben beschriebenen Ziels getan werden. Nach Abschluss der Arbeit sollte es möglich sein, ein sehr einfaches Modell eines konventionellen Passagierflugzeugs unter Berücksichtigung wesentlicher Parameter des Datensatzes aus dem konzeptionellen Flugzeugentwurf vom Computer automatisch erstellen zu lassen. Die Arbeit enthält folgende Teilaufgaben:

- Auswahl eines CAD-Systems mit dem das 3D CAD Modell am Fachbereich Fahrzeugtechnik erstellt werden kann.
- Aufbau eines einfachen 3D Modells eines konventionellen Passagierflugzeugs nach Wahl des Kandidaten.
- Erarbeitung einer Vorgehensweise zur automatischen Erstellung eines parametrischen 3D Modells aus einem gegebenen Datensatz.
- Programmierung des CAD-Systems zur automatischen Generierung eines sehr einfachen 3D Modells eines konventionellen Passagierflugzeugs.

Die Ergebnisse sollen in einem Bericht dokumentiert werden. Bei der Erstellung des Berichtes sind die entsprechenden DIN-Normen zu beachten.

Inhalt

Verzeichnis der Bilder	6
Liste der Abkürzungen	7
1 Einleitung	8
2 Auswahl eines CAD-Systems	9
3 Vorgehensweise zur Erstellung eines parametrischen Modells.....	10
4 Vereinfachungen und Idealisierungen im Modell	12
5 Auswahl und Darstellung relevanter Parameter	15
5.1 Parameter des Rumpfes	15
5.2 Parameter der Flügel.....	16
5.3 Parameter des Höhenleitwerks	17
5.4 Parameter des Seitenleitwerks.....	18
5.5 Parameter des Fahrwerks	19
5.6 Parameter der Triebwerke.....	20
6 Modifizierung des parametrisierten Modells	21
6.1 Starten von CATIA und Öffnen des Modells.....	21
6.2 Aufruf des Formeleditors	21
6.3 Bearbeiten von Parametern im Formeleditor	22
6.4 Ansicht des Flugzeugmodells variieren.....	23
6.5 Erstellen einer Dreiseitenansicht.....	24
6.6 Speichern des Modells und schließen von CATIA	25
7 Erweiterungsmöglichkeiten.....	26
8 Zusammenfassung	27
Literaturverzeichnis.....	28
Anhang A – Parameter des Modells.....	29

Verzeichnis der Bilder

Bild 3.1	Auswirkungen unterschiedlich eingefügter Bedingungen	11
Bild 4.1	Fugzeugmodell in unveränderter Form	13
Bild 4.2	Flugzeug mit vorwärts gepfeilten Flügeln in Hochlage.....	14
Bild 4.3	Flugzeug mit Deltaflügeln	14
Bild 5.1	Aufteilung des Rumpfes und zugehörige Parameter	16
Bild 5.2	Parameter der Flügeltrapezgeometrie	17
Bild 5.3	Parameter zur Trapezgeometrie des Seitenleitwerks	18
Bild 5.4	Parameter zur Anordnung der Räder am Flugzeug	19
Bild 6.1	Formeleditor mit geöffneten Parameterfilter	22
Bild 6.2	Eingabezeile des Formeleditors	23
Bild 6.3	Fenster zur Wahl des Zeichnungslayouts	24

Liste der Abkürzungen

CAD	Computer Aided Design
CAE	Computer Aided Engineering
CAM	Computer Aided Manufacturing
CATIA	Computer-Graphics Aided Three Dimensional Interactive Application
HLW	Höhenleitwerk
SLW	Seitenleitwerk

1. Einleitung

Wenn nach den Regeln des konzeptionellen Flugzeugentwurfes endlich der beschreibende Datensatz zur Verfügung steht, dann ist es häufig von Interesse, sich einen visuellen Eindruck vom Modell zu verschaffen. Dabei geht es in erster Linie darum, die Proportionen des Entwurfes und die Qualität des Datensatzes zu überprüfen. Schließlich wird sich ein potentieller Kunde schwer tun, die Entwicklung eines „unförmigen Gebildes“ zu finanzieren. Auf der anderen Seite ist es aber auch möglich, verschiedene Konfigurationen auszuprobieren, wie z. B. die Lage der Triebwerke oder die Positionen der Leitwerke, und so neue - möglicherweise erfolgsträchtige - Wege im Flugzeugdesign zu gehen.

Da diese Arbeit ein erster Schritt für die genannte Aufgabenstellung ist, sind eine Menge von Vereinfachungen notwendig. Es wurde versucht, weitestgehend die Parameter aus den Rechnungen des Flugzeugentwurfes zu übernehmen. Damit soll eine Transparenz des erstellten CAD-Modells erreicht werden. Außerdem soll ohne weitere Zwischenberechnungen der Datensatz direkt in das Programm eingegeben werden können. Mit welchen Daten letztendlich gearbeitet wird, wird in einem der folgenden Abschnitte beschrieben. Dem vorangestellt ist die Auswahl eines CAD-Systems am Fachbereich Fahrzeugtechnik, mit dem die Aufgabe realisiert werden kann. Gewählt wurde hier das CAD/CAM/CAE-System CATIA in der Version V5 von Dassault Systèmes.

Die Vorgehensweise zur Erstellung und anschließenden Modifizierung des parametrischen Modells wird in einem weiteren Abschnitt beschrieben.

Abschließend sollen die Anwenderfreundlichkeit des Programms sowie Hinweise zu Verbesserungen und Erweiterungsmöglichkeiten abgeschätzt werden.

2. Auswahl eines CAD-Systems

Zur Realisierung der gestellten Aufgabe bedarf es eines CAD-Systems mit dreidimensionaler Konstruktionsmöglichkeit (bzw. Darstellung) und der Fähigkeit, Modelle zu parametrisieren. Wünschenswert ist auch das Erzeugen einer gerenderten Darstellung, d. h. von farbigen Oberflächen mit Licht- und Schatteneffekten, sodass eine verbesserte Tiefenwirkung entsteht, in der man die Proportionen des erstellten Flugzeuges besser erkennen kann. Am Fachbereich Fahrzeugtechnik steht dazu das Programm CATIA Solutions der französischen Firma Dassault Systèmes zur Verfügung. Dieses Programm ist modular aufgebaut (eine Basisversion mit verschiedensten Toolboxes zur Erweiterung), um jedem Anwenderbereich sein optimales CAD-System zu erstellen.

Anfänglich nur im Fahrzeugbau stark vertreten findet CATIA nun auch (oder wieder) in vielen Unternehmen der Luftfahrtbranche seinen Einzug, nicht zuletzt dadurch, dass erst seit kurzem das neue CATIA Version 5 mit wesentlichen Verbesserungen vorhanden ist. So werden beispielsweise alle während der Konstruktion verwendeten Parameter und Bemaßungen in einer Tabelle zusammengefasst und sind damit jederzeit für Veränderungen erreichbar. Darüber hinaus lassen sich in der Version 5 diese Werte in Excel- oder Text-Dateien exportieren und können so unabhängig vom CAD-Programm bearbeitet werden, was gerade bei der Verwendung parametrisierter Modelle für mehr Übersichtlichkeit sorgen kann.

Da die Studenten der Studiengänge Fahrzeugbau und Flugzeugbau bereits im Grundstudium auf diesem System geschult werden (hier jedoch derzeit noch Version 4), ist es gerade aus dieser Sicht naheliegend, als CAD-System für diese Aufgabe CATIA zu verwenden.

3. Vorgehensweise zur Erstellung eines parametrischen Modells

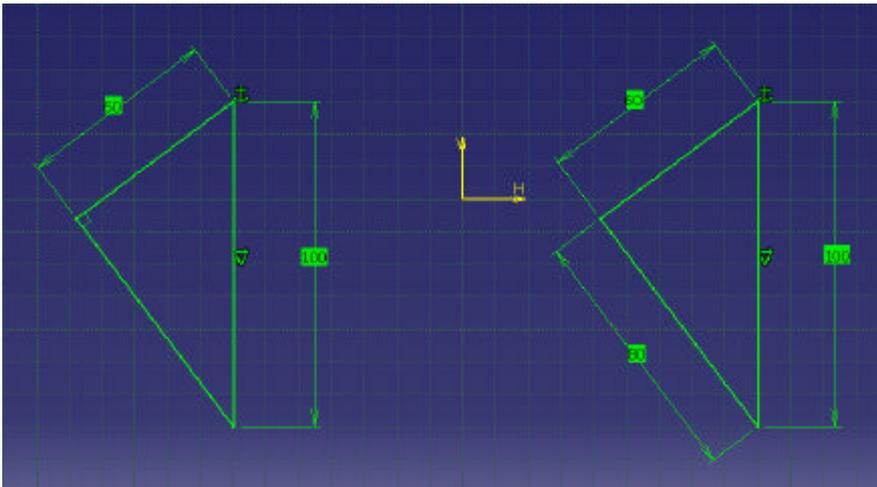
Parametrisierte Geometrie bietet sich insbesondere dann an, wenn eine Konstruktion vielen Veränderungen unterliegt. In der vorliegenden Aufgabe würde viele Veränderungen mit vielen Benutzern gleichzusetzen sein. Der Benutzer des CAD-Modells erhält die Möglichkeit, auf ein bestehendes Basismodell zurückzugreifen. Mit seinem Datensatz kann er dann Veränderungen vornehmen. Da eine völlige Neukonstruktion nicht mehr notwendig ist, ergibt sich eine enorme Einsparung an Zeit. Hierin ist einer der wesentlichsten Vorteile parametrisierter Konstruktionen zu finden. Ebenfalls von Vorteil ist die schnelle Änderung der Konstruktion im Nachhinein, beispielsweise wenn in der Fertigung oder Festigkeitsberechnung Konflikte aufgetreten sind. Dieser Punkt dürfte in der geplanten Anwendung des erstellten Flugzeugmodells allerdings wenig zum Tragen kommen.

Um Konturen zu parametrisieren müssen diese erst einmal erzeugt werden. In CATIA V5 beginnt man die Konstruktion im sogenannten Skizzierer. Hier wird zunächst mit Hilfe verschiedener Symbole die Kontur frei Hand erzeugt. Anschließend erfolgt das Einfügen von Bedingungen. Diese Bedingungen bestimmen die Lage der Linien und Kurven zueinander, halten fest, welche Elemente auf welche Weise miteinander verbunden sind. Solche Bedingungen lauten zum Beispiel Vertikalität, Orthogonalität, Kongruenz oder Parallelität. Zum Erzeugen der Bedingungen gehört auch das Einfügen von Bemaßungen, also Längen, Durchmesser, Winkel usw. Das Festlegen der Konturbedingungen sollte genau überlegt sein, denn alle aufgenommenen Bemaßungen werden sich später als Parameter in der entsprechenden Parameterliste wiederfinden.

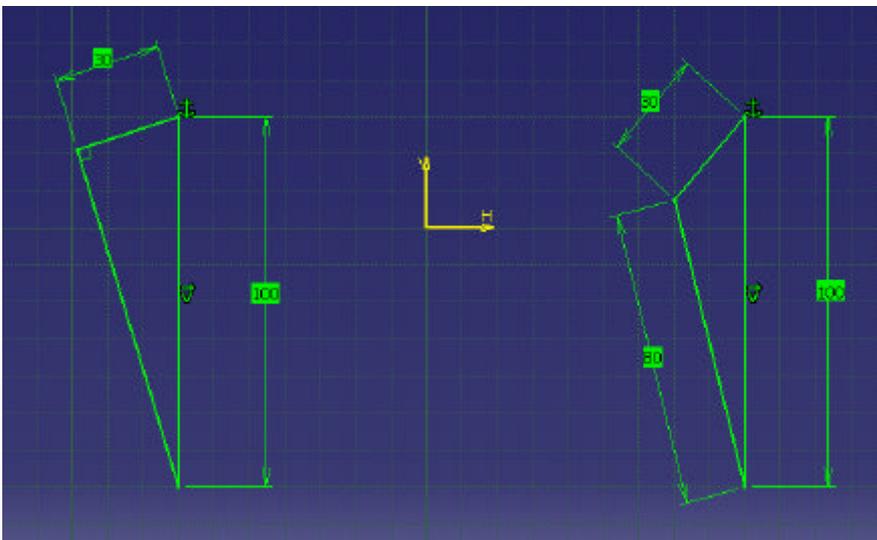
Wie sich unterschiedliche Bedingungen auswirken können, zeigt Bild 3.1. Beide Dreiecke haben zunächst die gleichen Abmessungen. Wird jetzt eine Änderung des oberen Schenkelmaßes vorgenommen, werden sich beide Dreiecke bedingt durch die weiteren Bedingungen „Orthogonalität“ bzw. „Maß 80 mm“ voneinander unterscheiden.

Eine Kontur ist eindeutig bemaßt, wenn sämtliche Linien grün eingefärbt sind (siehe Bild 3.1). Unvollständig bemaßte Konturen werden weiterhin weiß dargestellt, bei zu vielen Bedingungen werden sie violett dargestellt.

Ist eine Kontur erstellt, lässt sich mit Hilfe der Solidfunktionen (analog auch Oberflächendesigns) das entsprechende Bauteil erzeugen.



a) Dreiecke vor der Veränderung, beide gleich



b) Dreiecke nach der Veränderung, verschiedene Abmessungen

Bild 3.1 Auswirkungen unterschiedlich eingefügter Bedingungen

Den verwendeten Parametern kann im Formeleditor eine Formel zugewiesen werden (z. B. Rumpflänge = $8 \cdot$ Rumpfdurchmesser). Wird nun ein Parameter verändert (hier: Rumpfdurchmesser), werden alle anderen Parameter (hier: Rumpflänge) entsprechend den Bedingungen und Formeln überprüft und neu dargestellt. Es ist auch möglich, Formeln bauteilübergreifend anzuwenden. Wie der Formeleditor zur Modifikation des Modells zur Anwendung kommt, wird im Kapitel 6 erläutert.

4. Vereinfachungen und Idealisierungen im Modell

Zum Erstellen des Flugzeugmodells sind eine Reihe von Vereinfachungen notwendig. Dies ist erforderlich, um den Umfang der angewendeten Parameter in einem überschaubaren Rahmen zu belassen. So wäre es zum Beispiel durchaus denkbar, das Cockpitsegment vollständig durch Oberflächenfunktionen zu beschreiben. Dabei könnte auch auf Fensterausschnitte Rücksicht genommen werden. Sicherlich erhält man so eine hervorragende Ansicht dieses Rumpfabchnittes. Die Oberflächen werden hierbei durch sogenannte Splines (Kurven durch mehrere Punkte im Raum, durch mathematische Funktionen 5. Grades berechnet) beschrieben. Diese gekrümmten Oberflächen beinhalten jedoch naturgemäß eine Unmenge an Daten und Bedingungen, welche nicht nur das Modell unnötig verkomplizieren sondern meist auch gar nicht bekannt sind.

Nach Abschluss der Berechnungen aus dem Flugzeugentwurf liegen ohnehin nur eine begrenzte Anzahl an verwertbaren Daten zur Weiterverarbeitung bereit. Um die Übersichtlichkeit zu wahren wurde versucht, weitestgehend auf Basis der Daten des Flugzeugentwurfes zu arbeiten, d. h. es wurden nur die Parameter in das Modell eingefügt, die aus dem Flugzeugentwurf auch wirklich zu errechnen sind. Im Kapitel 5 werden diese Daten aufgelistet, gegebenenfalls anhand zusätzlicher Abbildungen erläutert.

Einige der vorhandenen Parameter sind durch das Einführen von Hilfslinien oder programminternen Bedingungen zum Teil automatisch erstellt worden. Diese werden die Modifikation des Modells nicht stören und können gegebenenfalls ausgeblendet werden. Wie damit umgegangen wird, erklärt Kapitel 6: „Vorgehensweise zur Modifizierung des parametrisierten Modells“.

Des weiteren befasst sich diese erste Entwurfsarbeit zum Thema parametrische Modellerstellung lediglich mit der Darstellung konventioneller Passagierflugzeuge. Darunter sind Flugzeuge mit folgenden Konfigurationseigenschaften zu verstehen:

- Einfachrumpf
- Doppeltrapezflügel (ungeschwenkt, Einfachtrapez und Rechteck als Spezialfälle)
- am Heck liegendes Höhenleitwerk
- ein Seitenleitwerk.

Des weiteren wurden im CAD-Modell folgende Konfigurationen angewendet:

- Dreipunktfahrwerk
- zwei unter den Tragflächen angeordnete Triebwerke.

Bild 4.1 zeigt das Grundmodell in unveränderter Form. Die konventionelle Flugzeugauslegung lässt sich hieran gut erkennen. Zur Vereinfachung wurden folgende Bauteile idealisiert:

- Das Cockpit wird durch den Rumpfdurchmesser und die Länge des Cockpitsegments beschrieben. Es passt sich durch prozentuale Angaben dem Rumpf an.
- Der Heckkonus zeigt nur eine einfache Abschrägung (kein gleitender Übergang zwischen Rumpf und Heckkonus).
- Sämtliche Profilflächen haben eine konstante Dicke, sowohl über die Spannweite als auch über die Profiltiefe.
- Die Triebwerke werden als einfache Zylinder dargestellt und dienen somit lediglich zur Veranschaulichung der Lage in Bezug auf Rumpf/Tragflächen.
- Auf weitere Detaillösungen wie z. B. Klappen, Vorflügel und Spoiler sowie Ruderflächen wurde verzichtet.
- Beim Fahrwerk wurden nur die Räder angedeutet, weitere Details wie Fahrwerksbeine und -gestänge bleiben unberücksichtigt.



Bild 4.1 Flugzeugmodell in unveränderter Form

Dennoch lassen sich durch „Spielen“ mit den Parametern einige unkonventionelle Auslegungen erreichen. Die Flügelparameter können so verändert werden, dass auch die Spezialfälle Einfachtrapezflügel oder Rechteckflügel erzeugt werden können. Bei diesen beiden Darstellungen müssten dann die Parameter für die Profiltiefen und Pfeilwinkel entsprechend geändert werden.

Beim Erstellen eines Rechteckflügels beispielsweise muss das äußere Trapez „weggenommen“ werden, indem die Halbspannweite bis zum Knick (engl.: Kink) auf die Halbspannweite des gesamten Flügels vergrößert wird. Der Knick ist damit gleichzeitig die Flügelspitze, das äußere Trapez hat die (Halb-) Spannweite null.

Bild 4.2 zeigt beispielsweise ein Modell eines Hochdeckers mit vorwärts gepfeilten Flügeln. Durch verschieben der Tragflächen in positive z-Richtung konnte dieses nach oben gebracht werden. Durch einen negativen Winkel der inneren und äußeren Pfeilung erhält man den nach vorne gepfeilten Flügel.

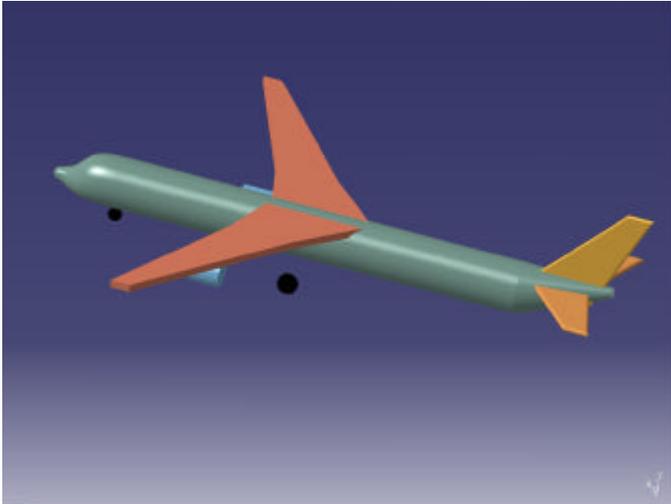


Bild 4.2 Flugzeug mit vorwärts gepfeilten Flügeln in Hochlage

Im Bild 4.3 wurden die Parameter des Doppeltrapezflügels so verändert, dass dieser nun einen Deltaflügler darstellt. Hierzu wurden die Profiltiefen und Pfeilwinkel des Flügels entsprechend variiert. Die Triebwerke wurden ebenfalls nach hinten verlagert.

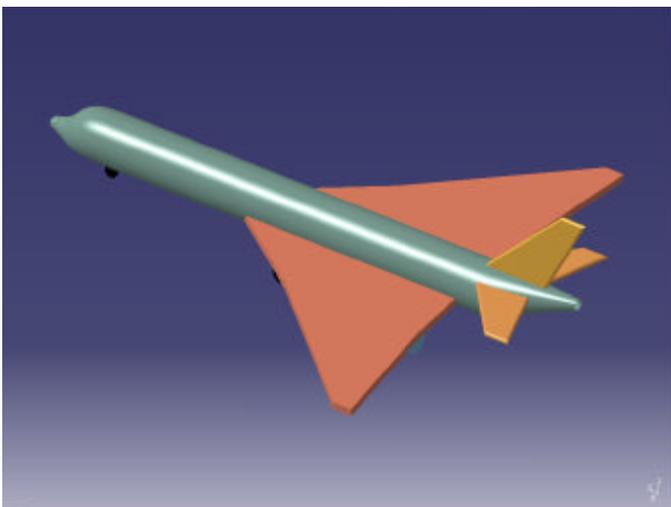


Bild 4.3 Flugzeug mit Deltaflügeln

5. Auswahl und Darstellung relevanter Parameter

Im folgenden werden die bei der Modellerstellung verwendeten Parameter aufgeführt. Wie bereits erwähnt, sind sie in weiten Bereichen an die Daten des Skriptes „Flugzeugentwurf“ von Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz angelehnt. Bei Bedarf erfolgt zum besseren Verständnis die Darstellung anhand von Zeichnungen.

Die Parameter im CATIA-Modell sind mit verbalen Ausdrücken bezeichnet. Bei der Namensgebung wurde jedem Parameter ein Zusatz als Kennzeichnung der Baugruppenzugehörigkeit (also Rumpf, Flügel, HLW, usw.) vorangestellt.

Beispiel: *SLW_Profilitiefe_Tip*
gibt demnach die Profiltiefe an der Spitze des Seitenleitwerkes an.

Die genauen Bezeichnungen der Parameter im CATIA-Modell werden noch einmal in Kurzform in Anhang A zusammengestellt.

5.1. Parameter des Rumpfes

Der Rumpf besteht aus drei Teilen. Das sind das Cockpitsegment, das Rumpfmittelteil und der Heckkonus. Das Cockpitsegment wurde, wie schon erwähnt, der Einfachheit halber mit zwei Parametern (einer davon ist der Rumpfdurchmesser) erfasst, das Mittelteil besteht aus einem zylindrischen Körper, der Heckkonus wie der Name es sagt aus einem Konus (Kegel). Bild 5.1 zeigt die Aufteilung des Rumpfes. Folgende Parameter beschreiben den Rumpf:

- Cockpitsegment
 - Cockpitsegmentlänge
- Rumpfmittelteil
 - Rumpfdurchmesser
 - Länge des zylindrischen Rumpfmittelteils
- Heckkonus
 - Länge des Heckkonus
 - Radius der Konusspitze

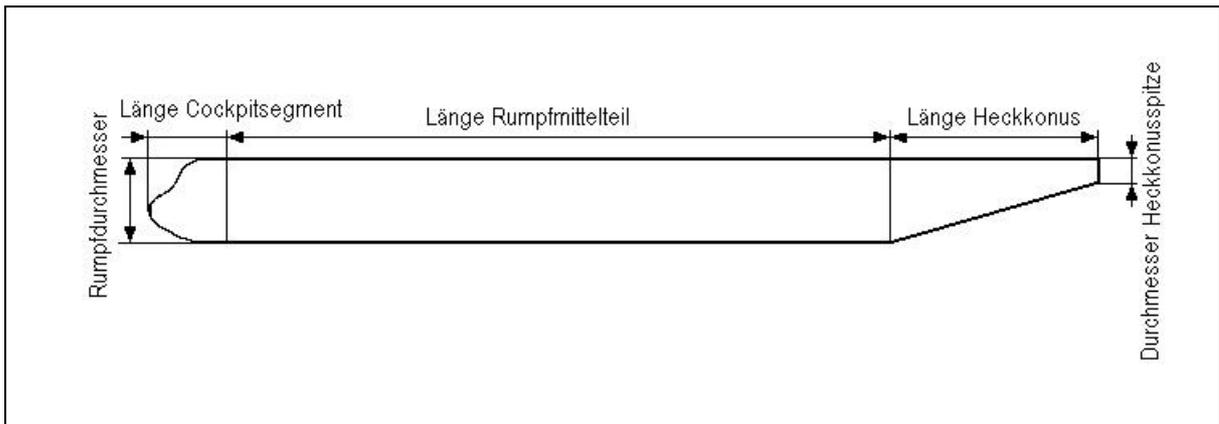


Bild 5.1 Aufteilung des Rumpfes und zugehörige Parameter

5.2. Parameter der Flügel

Die Flügel sind als Doppeltrapeze ausgelegt. Dementsprechend finden sich Parameter sowohl für das innere als auch das äußere Trapez. Die Profildicke ist über die Spannweite und Profiltiefe konstant. Der Flügel kann durch verändern von Abstands-Parametern (Offset) in seiner Position zum Rumpf verschoben werden. Für den Flügel lauten die Parameter wie folgt:

- Position zum Rumpf
 - Versatz in x-Richtung, von Flugzeugnullpunkt (Offset_x)
 - Versatz in z-Richtung, von Rumpfmittellinie (Offset_z)
- Beschreibung der Trapezgeometrien (siehe auch Bild 5.1)
 - Spannweite
 - Halbspannweite zum Flügelknick (Kink)
 - Profiltiefe der Flügelwurzel (auf Symmetrielinie liegend)
 - Profiltiefe des Flügelknicks
 - Profiltiefe der Flügelspitze
 - Pfeilwinkel des inneren Trapezes (bezogen auf 25%-Linie)
 - Pfeilwinkel des äußeren Trapezes (bezogen auf 25%-Linie)
- Beschreibung des Flügelprofils
 - Profildicke (konstant über gesamte Fläche)

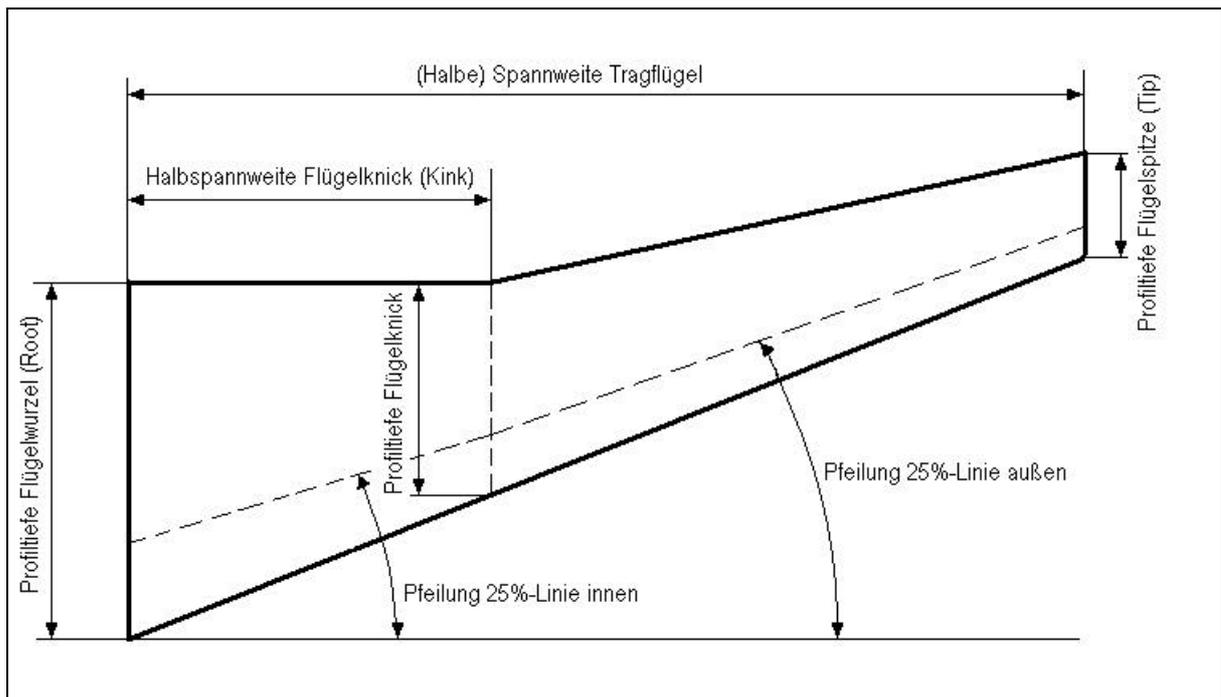


Bild 5.2 Parameter der Flügeltrapezgeometrie

5.3. Parameter des Höhenleitwerks

Die Beschreibung des Höhenleitwerks erfolgt ähnlich der des Flügels. Das Höhenleitwerk ist als Einfachtrapez ausgelegt, auch hier ist die Profildicke über Spannweite und Profiltiefe als konstant angenommen. Die Positionierung am Flugzeug in x-Richtung ist auf die Flügel bezogen. Der Hebelarm wird durch einen Parameter beschrieben, der durch den Abstand des Schnittpunktes der 25%-Linie des Flügels mit der Symmetrielinie des Rumpfes und demselben Schnittpunkt des Höhenleitwerks entsteht. Der Versatz in z-Richtung ist auf die Symmetrielinie des Rumpfes bezogen. Bei der Beschreibung des Höhenleitwerks finden nachfolgend aufgelistete Parameter Verwendung:

- Position zum Rumpf (bzw. zum Flügel)
 - Hebelarm x-Richtung (Offset_x, bezogen auf Flügel)
 - Versatz in z-Richtung (Offset_z, bezogen auf Rumpfmittellinie)
- Beschreibung der Trapezgeometrie
 - Spannweite
 - Profiltiefe der Leitwerkswurzel (auf Symmetrielinie liegend)
 - Profiltiefe der Leitwerksspitze
 - Pfeilwinkel des Trapezes (bezogen auf 25%-Linie)
- Beschreibung des Flügelprofils
 - Profildicke (konstant über gesamte Fläche)

5.4. Parameter des Seitenleitwerks

Im Vergleich zum Höhenleitwerk hat sich hier eigentlich nichts wesentlich geändert. Auch hier wird wieder ein Einfachtrapez mit konstanter Profildicke beschrieben. Eine Positionierung in x-Richtung ist hier ausreichend (wieder auf den Flügel bezogen, Abstand vom Schnittpunkt 25%-Linie Flügel mit Symmetrielinie bis Schnittpunkt 25%-Linie Seitenleitwerk mit Symmetrielinie). Eine Positionierung in z-Richtung ist nicht notwendig. Das Profil ist, wie im Bild 5.3 sichtbar, bis zur Symmetrielinie des Rumpfes durchgezogen, was aber „von außen“ nicht sichtbar sein wird. Beim Seitenleitwerk wurden folgende Parameter verwendet:

- Position zum Rumpf
 - Hebelarm in x-Richtung (Offset_x, bezogen auf Flügel)
- Beschreibung der Trapezgeometrie
 - Halbspannweite
 - Profiltiefe der Leitwerkswurzel (auf Symmetrielinie liegend)
 - Profiltiefe der Leitwerksspitze
 - Pfeilwinkel des Trapezes (bezogen auf 25%-Linie)
- Beschreibung des Flügelprofils
 - Profildicke (konstant über gesamte Fläche)

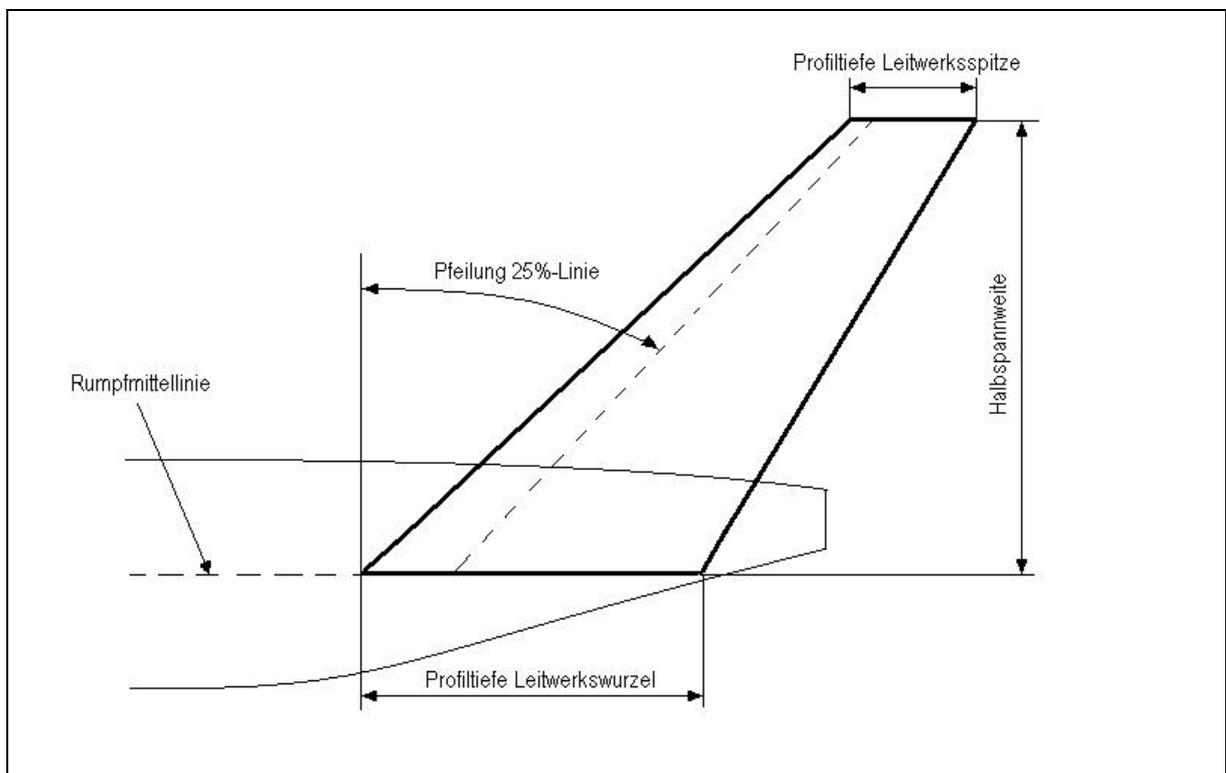


Bild 5.3 Parameter zur Trapezgeometrie des Seitenleitwerks

5.5. Parameter des Fahrwerks

Bei der Beschreibung des Fahrwerks kommt es vor allem auf die Positionierung der Räder zwecks Schwerpunksanalyse an. Wie bereits erwähnt ist im Modell ein Dreipunktfahrwerk mit einfachen Rädern ohne weitere Hebelmechanismen und Fahrwerksbeine dargestellt. Die ausschlaggebenden Größen sind dabei Radstand und Spurweite, was im Bild 5.4 noch einmal grafisch verdeutlicht wird. Zur Bestimmung der Standhöhe des Flugzeuges wird ebenfalls das Fahrwerk hinzugezogen, da hier die Höhe des Rumpfes über Grund festgelegt werden kann. Im Modell erfolgt dies durch Angabe des Abstandes von der Bodenebene bis zur Seitenleitwerksspitze als (meistens) höchster Punkt. Für die Fahrwerksbeschreibung finden sich daher die folgenden Parameter:

- Radabstände
 - Abstand Flugzeugnullpunkt (Cockpitspitze) – Bugrad
 - Radstand (Abstand Hauptträder – Bugrad)
 - Spurweite (Abstand der Hauptfahrwerksräder)
- Radgrößen
 - Bugradradius
 - Bugradbreite
 - Haupttradradius
 - Haupttradbreite
- Standhöhe des Flugzeuges
 - Abstand Bodenebene – SLW-Spitze

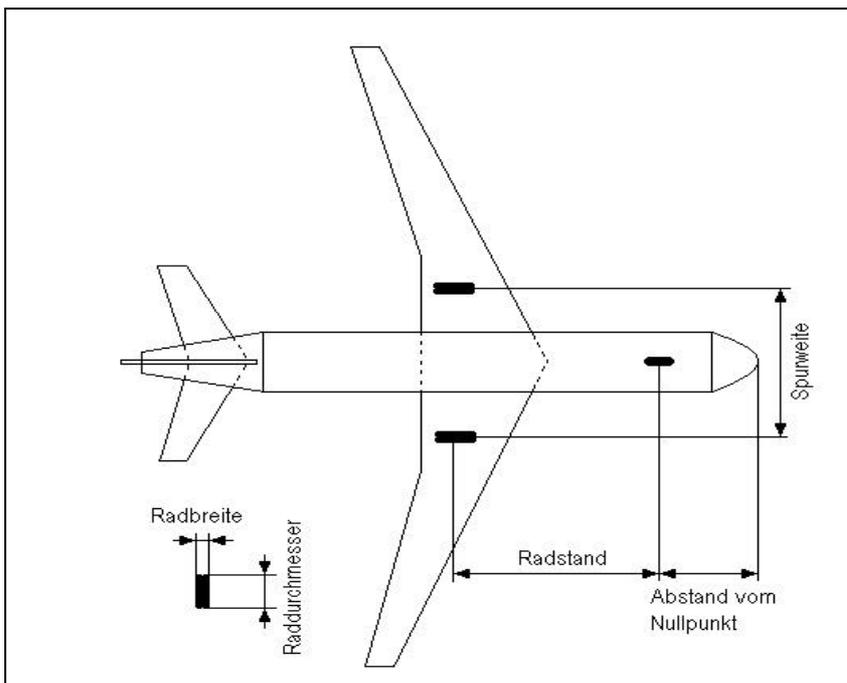


Bild 5.4 Parameter zur Anordnung der Räder am Flugzeug

5.6. Parameter der Triebwerke

Die Triebwerke werden im Modell lediglich durch kleine Zylinder dargestellt. Das Erzeugen von Einlaufgeometrie, Verkleidung und Schubdüse zwecks einer genaueren Darstellung würde sich hier als zu aufwendig erweisen, zumal hierzu eigentlich keine Parameter aus dem Flugzeugentwurf vorliegen. Diese Werte erhält man vielmehr aus einer gesonderten Triebwerksauslegung. Mit den Parametern dieser Baugruppe soll lediglich die Anordnung der Triebwerke am Flugzeug angedeutet werden. Um auch eine Heckanordnung der Triebwerke darstellen zu können, erfolgt die Parametrisierung mit Bezug zum Rumpf (nicht zu den Tragflächen). Folgende Parameter finden hierbei Anwendung:

- Position am Flugzeug
 - Abstand Flugzeugnullpunkt – Triebwerkseinlaufebene (Offset_x)
 - Seitlicher Abstand von Rumpfmittellinie (Offset_y)
 - Vertikaler Abstand von Rumpfmittellinie (Offset_z)
- Beschreibung des Triebwerk
 - Durchmesser
 - Länge

Damit sind nun alle Parameter, die eine eindeutige Beschreibung des Modells zulassen, genannt.

Der folgende Abschnitt erklärt die Vorgehensweise zur Veränderung des parametrisierten CAD-Modells. Dieser Abschnitt kann wohl zurecht als das Kernstück dieser Arbeit angesehen werden, schließlich ging es ja hierbei um die Erstellung und vor allem anschließende Anwendung dieses Modells.

6. Modifizierung des parametrisierten Modells

Ausgangssituation zur Modifizierung ist das ursprünglich erstellte Modell in einer typischen, konventionellen Konfiguration. Anhand der diesem Modell zugrunde liegenden Datenbank können nun Veränderungen vorgenommen werden. In CATIA V5 wird dazu auf den sogenannten Formeleditor zurückgegriffen.

6.1. Starten von CATIA und Öffnen des Modells

Hinweis: Am Fachbereich Fahrzeugtechnik der Fachhochschule Hamburg steht das Modell auf einem Datenträger zur Verfügung. Zur Verwendung bedarf es zunächst einer Lizenz für CATIA V5. Danach ist das Modell vom Datenträger in den persönlichen Ordner zu kopieren.

[Stand 08-2001: Das Modell ist auf einer Diskette gespeichert. Diese befindet sich bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Scholz.]

Starten Sie das CATIA V5 CAD-System auf Ihrem Rechner wie gewohnt. Wählen Sie im Menü *Datei* den Menüpunkt *Öffnen...* Wählen Sie hier den entsprechenden Pfad zur Datei *ParamAircraft* aus, selektieren Sie diese und klicken Sie auf die Schaltfläche *Öffnen*. CATIA lädt nun das Modell. Dieser Vorgang kann durchaus etwas dauern.

Wenn das Modell geöffnet ist, sehen Sie ein in mehreren Farben dargestelltes (vereinfachtes) Flugzeug in konventioneller Auslegung. Auf der linken Seite befindet sich im Bild der sogenannte Spezifikationsbaum. In diesem Baum sind alle zur Erstellung des Modells verwendeten Baugruppen mit ihren Skizzen und weiteren Optionen (Transformationen, Aufbereitungskomponenten, Boolesche Operationen usw.) aufgelistet. Im weiteren Verlauf der Anwendung kann dieser Baum ausgeblendet werden. Dazu wird im Menü *Ansicht* der Menüpunkt *Spezifikationen* selektiert (oder in Kurzform: betätigen von F3). Im Menü *Ansicht* kann bei Bedarf auch der *Kompass* ausgeblendet werden.

6.2. Aufruf des Formeleditors

Der Formeleditor wird durch Anklicken des Symbols  aufgerufen. Der Formeleditor zeigt alle im CAD-Modell verwendeten Parameter an. Dazu gehören auch solche Parameter, die zunächst keinen Zusammenhang zu den Parametern des Flugzeugentwurfes zu haben scheinen.

Diese Parameter resultieren aus Hilfsbedingungen, die während der Erstellung des Modells notwendig waren und aus Bedingungen die CATIA selbst erzeugt hat.

Der Formeleditor zeigt zunächst alle Parameter an. Zur Modifizierung reichen jedoch einige ausgewählte Parameter, entsprechend dem Fugzeugentwurf, aus. Die Parameter sind zur besseren Übersicht bereits mit einem Namen benannt worden. Diese Parameter lassen sich gezielt anzeigen. Dazu wird innerhalb des Formeleditorfensters im Pulldown-Menü *Filter anwenden auf ...* (in der linken oberen Ecke) der Unterpunkt *Umbenannte Parameter* ausgewählt. Bild 6.1 zeigt den Formeleditor mit dem geöffneten Pulldown-Menü.

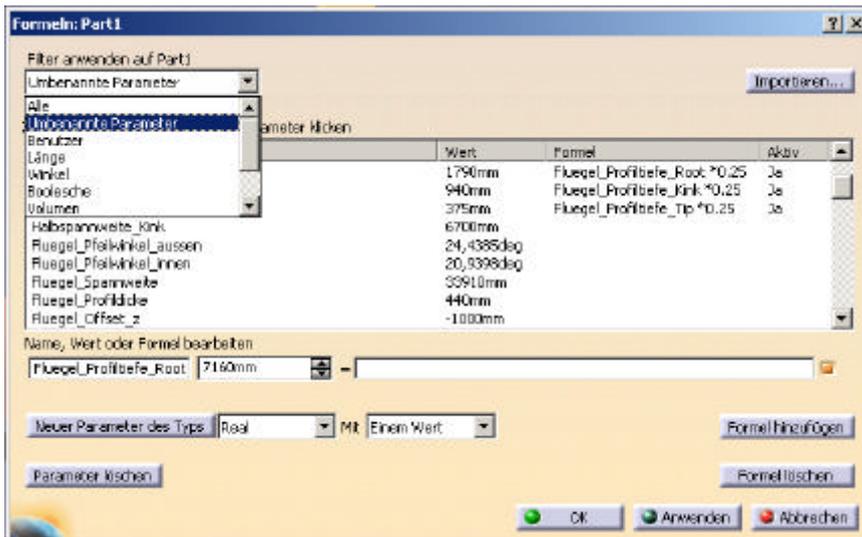


Bild 6.1 Formeleditor mit geöffneten Parameterfilter

Jetzt werden nur noch diejenigen Parameter angezeigt, denen bei der Modellerstellung Namen gegeben wurden. Das sind dann auch gleichzeitig die Parameter, die eine sinnvolle Modifizierung und damit eindeutige Beschreibung des Modells zulassen. Werte, denen Formeln zugrunde liegen, sollen vom Benutzer nicht verändert werden und sind bei Benutzung des Filters *Umbenannte Parameter* nicht angezeigt.

6.3. Bearbeiten von Parametern im Formeleditor

Nun kann mit dem Verändern von Werten begonnen werden. Dem Grundmodell soll durch Eingabe von neuen Werten eine neue Gestalt gegeben werden. Dieses Vorhaben erfolgt in nur drei Schritten:

1. Auswahl eines Parameters
2. Verändern bzw. eingeben seines Wertes
3. Bestätigung und aktualisieren des neuen Modells

Der gewünschte Parameter wird im Editorfenster gesucht (das Fenster kann vergrößert werden oder durch scrollen mit dem Balken auf der rechten Laufleiste die Parameterliste weitergeblättert werden) und durch ein einfaches Anklicken selektiert.

Der Wert des Parameters kann nun schrittweise erhöht oder verringert werden. Dazu werden im Feld *Wert* (im Bild 6.2 der zweite Eingabebereich) des zugehörigen Parameters die Pfeiltasten (nach oben/nach unten) verwendet. Der Wert verändert sich dabei um jeweils eine Einheit (1 Grad, 1 Millimeter).

Es ist aber auch die Eingabe eines Wertes möglich. Dazu wird der Cursor in das Feld *Wert* gesetzt (einmal in das Feld klicken) und ein neuer Wert eingetragen.



Bild 6.2 Eingabezeile des Formeleditors (mit den Eingabefeldern Name, Wert, Formel)

Um sich nun das Ergebnis der Veränderungen anzuschauen wird mit der Schaltfläche *Anwenden* (Das Modell wird aktualisiert, der Formeleditor bleibt geöffnet) bzw. mit *OK* (Das Modell wird aktualisiert, der Formeleditor wird geschlossen) bestätigt.

Um weitere Parameter zu verändern, ist die Prozedur beginnend mit dem Aufruf des Formeleditors zu wiederholen. Sollen gleich mehrere Daten eingegeben werden, empfiehlt es sich, erst alle gewünschten Parameter zu modifizieren und erst zum Schluss mit *Anwenden* oder *OK* zu bestätigen. Das erspart dann Zeit, da jede bestätigte Veränderung erst durch CATIA berechnet und aktualisiert werden muss. Ist die Modifizierung noch nicht zur vollen Zufriedenheit erfolgt, kann jederzeit wieder in den Formeleditor zurückgegangen werden, um dort weitere Veränderungen vorzunehmen.

Die durchgeführten Operationen können schrittweise wieder rückgängig gemacht werden (Widerruf). Entpuppt sich das ganze als ein Fehler, so kann auch der Widerruf wieder zurückgenommen werden. (In anderen Programmen auch Undo und Redo bezeichnet.) Dazu werden die Pfeiltasten in der untersten Symbolleiste verwendet:



für Widerruf



für Widerruf zurücknehmen.

6.4. Ansicht des Flugzeugmodells variieren

Nachdem das Modell fertig generiert worden ist, liegt es sicherlich im Interesse, sich ein Bild des Entwurfes aus verschiedenen Perspektiven zu verschaffen. Das Bild kann zunächst:



verkleinert,



vergrößert und



verschoben werden.



Durch aktivieren des Modus freies Drehen und anschließendes gedrückt halten der linken Maustaste kann das Modell in jede beliebige Richtung rotiert werden.

6.5. Erstellen einer Dreiseitenansicht

Nach dem das Modell nun bearbeitet worden ist, kann aus der isometrischen, farbigen Darstellung eine Dreiseitenansicht erstellt werden. Dazu wird im Startmenü der Menüpunkt *Drafting* selektiert. Es öffnet sich nun das in Bild 6.3 gezeigte Fenster, in dem das automatische Layout *vorne, unten und rechts* ausgewählt werden sollte. (Das Modell liegt im Raum auf „Kopf“, daher *unten*.) Bestätigt wird mit *OK*. Selbstverständlich können auch die anderen automatischen Layoutvorschläge gewählt werden, der genannte entspricht in diesem Fall jedoch der gängigen Darstellung von Flugzeugen. Die automatische Erstellung der Ansichten benötigt viel Rechenaufwand, weshalb dieser Vorgang etwas länger dauern kann.



Bild 6.3 Fenster zur Wahl des Zeichnungslayouts

In einem neuen CATIA-Bildschirm werden nun die Ansichten dargestellt. Sind Ansichten nicht erwünscht, können diese selektiert und gelöscht werden. Die einzelnen Ansichten können auch verschoben werden.

Auf dem Zeichenblatt lässt sich ein Lineal ein- und ausblenden. Da das Lineal aber beim Drucken ebenfalls dargestellt wird (zumindest bei der Einstellung *Druckbereich: Aktuelle Anzeige*), sollte auch dieses ausgeblendet werden. Dazu wird im Menü *Tools/Optionen... Zeichnungserstellung/Registerblatt Allgemein* die Einstellung *Lineal anzeigen* deaktiviert. Diese Einstellung ist damit auch für die nächsten Arbeiten deaktiviert.

Zum Drucken wird im Menü *Datei* der Menüpunkt *Drucken...* angeklickt. Es öffnet sich jetzt ein Fenster zur Definition der Druckeinstellungen. Der Einfachheit wegen empfiehlt es sich, als Druckbereich die *aktuelle Anzeige* zu wählen. Hierbei wird der Druck der momentanen Darstellung am Bildschirm entsprechend gestaltet. Einstellungen zur Skalierung können so umgangen werden bzw. werden durch die Symbole Vergrößern/Verkleinern gesteuert.

Unter der Schaltfläche *Optionen...* lässt sich eine Infozeile mit Name, Datum oder anderem Text ein- oder ausblenden.

Vor dem Druck ist es ratsam, sich die getroffenen Einstellungen nochmals anzeigen zu lassen. Durch betätigen der Schaltfläche Druckvoranzeige (kann alternativ auch ohne Druckmenü über das Menü *Datei* erlangt werden) öffnet sich ein Fenster, in dem das Druckbild begutachtet werden kann. Der Druckvorgang wird letztendlich durch bestätigen mit *OK* eingeleitet.

6.6. Speichern des Modells und schließen von CATIA

Das Modell wird wie gewohnt über das Menü *Datei* und den Unterpunkt *Sichern unter ...* abgespeichert. Alternativ kann auch das entsprechende Symbol (Diskettensymbol) in der unteren Symbolleiste angeklickt werden.

Danach kann CATIA V5 wie gewohnt geschlossen werden.

7. Erweiterungsmöglichkeiten

Obwohl sich diese Arbeit nur mit der Darstellung konventioneller Passagierflugzeuge beschäftigt, wurde in Kapitel 3 gezeigt, dass sich durch geschicktes variieren der Parameter die eine oder andere eher unkonventionelle Auslegung gestalten lässt (wenn auch an einigen Stellen nur stark idealisiert). Allerdings dürfte dieses Ergebnis auf Dauer nicht besonders befriedigend sein. Sicherlich werden schon nach kurzer Zeit Fragen nach einem höheren Detaillierungsgrad oder mehr Variationen in der Auslegung auftreten.

Denkbar wären zwei Wege, die beim Aufbau parametrischer, 3-dimensionaler Darstellungen zur Fortführung dieser Arbeit geeignet sind:

1. Bestehend auf der vorliegenden Arbeit werden Stück für Stück („modulartig“) Ergänzungen und Verfeinerungen eingebracht. Als Beispiel sei die Darstellung von Steuerflächen und Spoilern genannt. Auch weitere Elemente wie Triebwerkspylone, Winglets oder Fahrwerksbeine könnten eingebunden werden.
Interessant wäre auch die Darstellung eines vierstrahligen Flugzeuges oder mehr als drei Fahrwerke. Hierbei müssten je nach Bedarf die überflüssigen Elemente ausgeblendet werden (z.B. Menüpunkt *Verdecken/Anzeigen*).
2. Der zweite Weg verfolgt ein völlig anderes Konzept. Hierbei wird für jede einzelne Komponente – also Cockpit, verschiedene Rumpfsektionen, sämtliche Profilflächen, usw. – eine eigene parametrische Darstellung angefertigt. Erst zum Schluss werden alle Komponenten zusammengebracht (in CATIA V5: mehrere Parts [= Bauteile] werden zu Products [= Baugruppen] zusammengeführt).

In Anbetracht der nur beschränkt zur Verfügung stehenden Zahl an Daten erscheint nur die erste Variante sinnvoll zu sein. Sie ermöglicht eine schnelle und übersichtliche Darstellung eines Flugzeuges, mit dem Ziel, sich einen Eindruck vom Entwurf zu verschaffen und anschließend eine 3-Seitenansicht zu erstellen.

Die zweite Variante scheint vielmehr bei der Entwicklung und Darstellung einzelner Baugruppen ihre Anwendung zu finden. Das Augenmerk liegt auf nur einer Komponente des Flugzeuges, entsprechend werden hier wesentlich mehr Daten zur Verfügung stehen. Für weiter Entwicklungsarbeiten ist hierbei, im Gegensatz zur ersten Variante, eine hohe Genauigkeit erforderlich.

8. Zusammenfassung

Das dieser Ausführung zugrunde liegende parametrische CAD-Modell ist bereits jetzt imstande, viele wichtige Parameter des konzeptionellen Flugzeugentwurfes zu bearbeiten und darzustellen. Die äußeren Abmessungen und Geometrien können mit guter Genauigkeit wiedergegeben werden.

Als nächster Schritt wäre die Aufnahme weiterer Parameter, die im Flugzeugentwurf errechnet werden können, von Interesse. Vorrangig sollen hier die Daten aus der Auslegung des Hochauftriebssystem (Vorflügel, Klappen, Spoiler) und der Steuerflächen (Höhen- und Seitenleitwerksrudder, Querruder) genannt sein. Später wäre eine genauere Definition des Fahrwerks, profilierter Trag- und Steuerflächen sowie der Triebwerke und deren Aufhängung denkbar.

Die Anwendung des parametrisierten Modells auf eigene Datensätze kann ohne Vorkenntnisse von CATIA V5 erfolgen, da dazu nur wenige Schritte notwendig sind. Für die weitere Bearbeitung des vorliegenden Modells sind grundlegenden Kenntnisse zu dieser Version jedoch zu empfehlen. (Vorrangig bei der Anwendung des Formeleditors und – sofern verwendet – bei der Erstellung gekrümmter Oberflächen.)

Literaturverzeichnis

SCHOLZ, Dieter: Skript zur Vorlesung Flugzeugentwurf. Hamburg, 1999.

- Nicht im Handel erhältliches Skript an der Fachhochschule Hamburg.

CATIA V5 Praktikum. TU-Darmstadt, FB Maschinenbau.

http://www.dik.maschinenbau.tu-darmstadt.de/deutsch/lehre/prj_catia/WebR5/index.html

- Internetpräsenz. CATIA V5 Kurs mit (derzeit) 10 Übungen.

Der aktuelle Leitfaden zu CATIA [CATIA-Solutions] mit praktischen Lösungen. Landsberg/Lech: Moderne Industrie, 1999. – ISBN 3-478-91840-5

- CATIA V4. Als Nebeninformation zur Parametrisierung (abweichend von V5).

FREITAG, Carsten: Entwicklung einer Standardspannstelle für den VW-Karosseriebau in fertigungsgerechter und kostengünstiger Brennteilkonstruktion als parametrisierte 3D-CAD CATIA Konstruktion. Hamburg: Diplomarbeit FH Hamburg, 1998.

- CATIA V4. Als Nebeninformation zur Parametrisierung (abweichend von V5).

Anhang A – Parameter des Modells

In Formel und in Dateinamen akzeptiert CATIA keine Umlaute!

Parameter zum Rumpf

Rumpf_Radius
Rumpf_Cockpit_Laenge
Rumpf_Mittelsegment_Laenge
Rumpf_Heckkonus_Laenge
Rumpf_Heckkonus_Endradius

Parameter zu den Tragflächen

Tragflaeche_Spannweite
Tragflaeche_Halbspannweite_Kink
Tragflaeche_Profilitiefe_Root
Tragflaeche_Profilitiefe_Kink
Tragflaeche_Profilitiefe_Tip
Tragflaeche_Pfeilung_innen
Tragflaeche_Pfeilung_aussen
Tragflaeche_Profildicke
Tragflaeche_Offset_x
Tragflaeche_Offset_z

Parameter zum Höhenleitwerk

HLW_Spannweite
HLW_Profilitiefe_Root
HLW_Profilitiefe_Tip
HLW_Pfeilung
HLW_Profildicke
HLW_Hebelarm

Parameter zum Seitenleitwerk

SLW_Halbspannweite
SLW_Profilitiefe_Root
SLW_Profilitiefe_Tip
SLW_Pfeilung
SLW_Profildicke
SLW_Hebelarm

Parameter zu den Triebwerken

Triebwerke_Radius

Triebwerke_Laenge

Triebwerke_Offset_x

Triebwerke_Abstand_y

Triebwerke_Offset_z

Parameter zum Fahrwerk

Fahrwerk_Bugrad_Radius

Fahrwerk_Bugrad_Breite

Fahrwerk_Hauptraeder_Radius

Fahrwerk_Hauptraeder_Breite

Fahrwerk_Bugrad_Offset_x

Fahrwerk_Radstand

Fahrwerk_Spurbreite

Fahrwerk_Hoehel_Rad_SLWSpitze